

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Матеріали XLVII науково-технічної конференції
підрозділів Вінницького національного
технічного університету (НТКП ВНТУ–2018)

14-23 березня 2018 року

Збірник доповідей

Електронне мережне наукове видання

Вінниця
ВНТУ
2018

УДК 001
М34

Видається за рішенням Вченої ради Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Головний редактор: В. В. Грабко
Відповідальний за випуск: С. В. Павлов

Робоча група з підготовки конференції:

Голова робочої групи: проректор з наукової роботи ВНТУ Павлов С. В.;

Заступник голови робочої групи: начальник НДЧ ВНТУ Богачук В. В.;

Члени робочої групи:

заступники деканів факультетів з наукової роботи;

заступник директора ІнЕБМД з наукової роботи;

директор ІРВЦ Власюк А. І.;

начальник відділу з питань інтелектуальної власності Кондратьєва Л. М.;

провідний інженер відділу з питань інтелектуальної власності Петросюк Т. А.

М34 Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2018) [Електронне мережне наукове видання] : збірник доповідей. – Вінниця : ВНТУ, 2018.

ISBN 978-966-641-737-7

Збірник містить тексти доповідей XLVII регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів Вінницького національного технічного університету з участю працівників підприємств м. Вінниці та Вінницької області з загально-інженерних, технічних, гуманітарних та фундаментальних наук.

НТКП ВНТУ проводиться у вигляді конференцій навчальних інститутів, факультетів, конференції Головного центру виховної роботи та конференції гуманітарних підрозділів. Кожна конференція має власну тематику, оргкомітет, строки проведення пленарних та секційних засідань, та складається з однієї або кількох секцій.

УДК 001

ISBN 978-966-641-737-7

© Вінницький національний технічний університет, укладання, оформлення, 2018

Зміст

НТК ВНТУ. Факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем	1945
Секція біомедичної інженерії	
<i>Сергій Володимирович Костішин, Леонід Григорович Коваль, Сергій Васильович Тимчик</i> ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ВІДБОРУ КАНДИДАТІВ НА КОНТРАКТНУ СЛУЖБУ	1946
<i>Сергій Володимирович Костішин, Марина Василівна Паламарчук</i> СТВОРЕННЯ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ХВОРИХ З ПАТОЛОГІЄЮ РУХОВОГО АПАРАТУ	1951
<i>Дмитро Хуанович Штофель, Ксенія Сергіївна Навроцька, Лариса Василівна Ващук</i> СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ЗАСТОСУВАННЯ СТРІЛЕЦЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ У ВОГНЕВІЙ ПІДГОТОВЦІ (ЗА МАТЕРІАЛАМИ ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАКОРДОННИХ ВИСТАВОК)	1955
<i>Руслан Ігорович Білий</i> ЦИФРОВИЙ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ СИНТЕЗАТОР	1963
<i>Альона Володимирівна Наконечна</i> ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА В МЕДИЦИНІ	1965
<i>Дмитро Миколайович Барановський, Сергій Макарович Зленко, Сергій Васильович Тимчик</i> СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АПАРАТІВ «ШТУЧНА БЕТА КЛІТИНА»	1969
<i>Марія Петрівна Козеренко</i> ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ТВАРИН	1971
<i>Євген Крекотень, Дмитро Штофель, Сергій Костішин</i> РЕАЛІЗАЦІЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ	1973
<i>Євген Крекотень, Дмитро Штофель, Ксенія Навроцька</i> ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА	1978
<i>Віталій Іванович Макогон</i> ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ БПЛА	1981
<i>Олександр Харчук</i> ПЛАТФОРМА «MYSIGNALS» ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ	1983
<i>Альона Володимирівна Наконечна</i> МІКРО- ТА НАНОСЕНСОРІ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ	1985
<i>Михайло Ігорович Паламарчук</i> СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ МЕДИЧНИХ ПРИСТРОЇВ	1989
<i>Yosyp Saldan, Sergii Pavlov, Dina Vovkotrub, Yulia Saldan</i> OPTICAL METHODS OF PROCESSING OF BIOMEDICAL IMAGE OF RETINAL MACULAR REGION OF THE EYE	1991

Сергій Володимирович Павлов, Сергій Володимирович Сандер, Тетяна Іванівна Козловська	ЛАЗЕРНА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПЕРИФЕРИЧНОГО КРОВООБІГУ НИЖНІХ КІНЦІВОК	1994
Євгеній Леонідович Загоруйко	ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ В МЕДИЦИНІ	1997
Сергій Володимирович Павлов, Наталія Іванівна Заболотна, Олександр Володимирович Карась	СИСТЕМА ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАТОЛОГІЙ МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗ ЗА ДЖОНС-МАТРИЧНИМ КАРТОГРАФУВАННЯМ ПЛІВОК ПЛАЗМИ КРОВІ	2000
Євген Геннадійович Крекотень, Сергій Володимирович Костішин, Сергій Васильович Тимчик	ЗВУКОВИЙ МАЯК-ІНДИКАТОР	2002
Тетяна Козловська, Володимир Павлов	ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В БІОТКАНИНАХ	2005
Isaac Manuel Domingos	ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ В МЕДИЧНІЙ ТЕХНІЦІ	2008
Секція телекомунікації		
Геннадій Григорович Бортник, Микола Володимирович Васильківський	АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ТРАКТ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ЦИФРОВИМ ОБРОБЛЕННЯМ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ	2010
Микола Анатолійович Григоренко, Сергій Павлович Кононов	СПОСОБИ ФОРМУВАННЯ ЧАСТОТНИХ МІТОК	2012
Дмитро Валерійович Михалевський	ОСОБЛИВОСТІ QOS У БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ 802.11	2014
Віктор Петрович Присяжнюк, Дмитро Валерійович Михалевський	ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ VOIP В БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ	2016
Анастасія Олександрівна Гоголкіна, Дмитро Валерійович Михалевський	ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ЗАВАД В МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ 802.11	2018
Віктор Петрович Присяжнюк, Микола Володимирович Васильківський	ОЦІНЮВАННЯ СПЕКТРАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ КАНАЛІВ У ВОСП	2020
Анастасія Олександрівна Гоголкіна, Микола Володимирович Васильківський	СОЛІТОННІ ОПТИЧНІ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ	2022
Олена Олександрівна Семенова	КЕРУВАННЯ ДОСТУПОМ ДО МЕРЕЖ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ	2024
В'ячеслав Валерійович Шевчук, Микола Володимирович Васильківський	ОПТИЧНІ СИСТЕМИ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI	2025
Антон Сергійович Белов	ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМУ FT8	2027
Сергій Іванович Семчук, Володимир Сергійович Белов	ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ 5G	2029
В'ячеслав Валерійович Шевчук, Володимир Сергійович Белов	ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЇ WIMAX	2031
Сергій Олександрович Кирилюк, Володимир Сергійович Белов	АНАЛІЗ ВРАЗЛИВОСТЕЙ СТАНДАРТУ GSM	2033
Дмитро Сергійович Тищук	ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СТАНДАРТІВ БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ З ТЕХНОЛОГІЄЮ MIMO	2036
Микола Володимирович Васильківський, Роман Петрович Паламарчук	МЕТОДИ ЗАХИСТУ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ	2040
Андрій Станіславович Луцишин, Володимир Сергійович Белов	СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ДИСПЛЕЇВ	2042
Андрій Станіславович Луцишин, Микола Володимирович Васильківський	МЕТОДИ КОМПЕНСАЦІЇ ДИСПЕРСІЇ У ВОЛТ	2044
Ганна Леонідівна Антонюк, Микола Володимирович Васильківський	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДОСТУПУ	2046
Ганна Леонідівна Антонюк, Володимир Сергійович Белов	РАДІОІНТЕРФЕЙСИ ГОЛОСОВОГО ТРАФІКУ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В D-STAR	2048
Олена Олександрівна Семенова, Дмитро Сергійович Тищук	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ GSM	2050
Ольга Сергіївна Полуденко, Микола Володимирович Васильківський	ОПТИЧНІ СИСТЕМИ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ROADM	2052
Ірина Анатоліївна Самолюк, Володимир Сергійович Белов	ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ НАВІГАЦІЇ В СИСТЕМІ GPS	2054
Ольга Сергіївна Полуденко, Володимир Сергійович Белов	ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА РІВНІВ ЗАСТОСУВАННЯ DMR МЕРЕЖ	2057
Володимир Сергійович Белов, Олександр Віталійович Ларюшкін, Роман Андрійович Рибак	ЗМЕНШЕННЯ КОМУТАЦІЙ ТА ЗАТРИМОК В СИСТЕМАХ РАДІОАМАТОРСЬКИХ РЕТРАНСЛЯТОРІВ	2060
Володимир Сергійович Белов, Олександр Іванович Погребняк	ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПРОВОДОВОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ 802.11 ПРИ ДІЇ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ЗАВАД	2062
Володимир Сергійович Белов, Дмитро Михайлович Палагнюк	САМООРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПРОВІДНОЇ СЕНСОРНОЇ MESH-МЕРЕЖІ	2064
Дмитро Олегівич Козін	РОЗРОБКА ВУЗЬКОСМУГОВОГО ВТНП-ФІЛЬТРУ НВЧ-ДІАПАЗОНУ	2067
Володимир Сергійович Белов, Аркадій Леонідович Прибега, Володимир Ігорович Курилович, Марія Вікторівна Белова	РАДІОАМАТОРСЬКІ БАГАТОДІАПАЗОННІ АНТЕННІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ HF, VHF ТА UHF ДІАПАЗОНІВ	2070
Сергій Павлович Кононов	БЕЗІНЕРЦІЙНІ БЛОКИ МІТОК ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИОГРАФІВ	2073
Ірина Анатоліївна Самолюк, Микола Володимирович Васильківський	ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОПТИЧНИХ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ	2075
Ірина Анатоліївна Самолюк, Олена Валеріївна Войцеховська	ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗДРОТОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	2077
Олександр Сергійович Клімов	ОСНОВИ БЕЗПЕКИ В WI-FI МЕРЕЖАХ	2079

Ольга Іванівна Мельничук, Олександр Петрович Шеремета ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ GSM-900.....	2082
Василь Валерійович Олійник, Микола Володимирович Васильківський ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ МЕТРО ETHERNET СИСТЕМ.....	2085
Володимир Сергійович Белов ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖИТЕРУ ТА ПОМИЛОК СИНХРОНІЗАЦІЇ В КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ОКО-ДІАГРАМ.....	2087
Владислав Олєгович Шаталюк НАПІВПРОВІДНИКОВІ ОПТИЧНІ ПІДСИЛЮВАЧІ.....	2090
Олександр Борисович Білик, Оксана Степанівна Городецька ПЕРЕВАГИ СТАНДАРТУ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ DVB-T2.....	2092
Іван Володимирович Слободян, Сергій Юрійович Боржемський ЗАСТОСУВАННЯ ХАЛЬКОГЕНІДНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ GST225 ДЛЯ ПОБУДОВИ ЕЛЕМЕНТІВ ЦИФРОВОЇ ПАМ'ЯТІ НА ОСНОВІ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ.....	2094
Олена Валеріївна Войцеховська, Олександр Олександрович Лазарєв ПОМНОЖУВАЧ ІНДУКТИВНОСТІ НА ПОЛЬОВОМУ ТРАНЗИСТОРІ.....	2097
Олександр Володимирович Стальченко, Микола Володимирович Васильківський ТЕХНОЛОГІЇ ПІДСИЛЕННЯ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ У БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВОСПІ.....	2100
Олександр Володимирович Стальченко, Микола Володимирович Васильківський ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДСИЛЕННЯ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ У ВОЛТ.....	2103
Олександр Володимирович Стальченко, Микола Володимирович Васильківський КОРИГУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК DWDM СИСТЕМ.....	2105
Оксана Степанівна Городецька ОПТИЧНИЙ РЕСІВЕР.....	2108
Євген Володимирович Вільчинський, Дмитро Валерійович Михалевський ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОВОДОВИХ КАНАЛІВ СТАНДАРТУ 802.3.....	2110
Ольга Іванівна Мельничук, Белов Сергійович Володимир РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО БЮДЖЕТУ КАНАЛУ 4G LTE.....	2113
Святослав Барась КОМПЛЕКСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ МОДУЛЯЦІЇ СИГНАЛУ.....	2115
Дмитро Михайлович Палагнюк, Олександр Олександрович Якімцев, Олександр Олексійович Дрючин ОПТИЧНІ ЦИФРОВІ ЕЛЕМЕНТИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ.....	2117
Віталій Іванович Макогон, Дмитро Олєгович Козін, Володимир Олександрович Шкаранута ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ З ПРОТОКОЛОМ MODBUS В ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ ТА СИСТЕМАХ.....	2119
Олександр Миколайович Сметановський, Дмитро Валерійович Михалевський ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПРОВІДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ NFC.....	2121
Дмитро Ігорович Гарбуз, Оксана Степанівна Городецька ПРИЙМАЧ ДЛЯ СИСТЕМИ WIMAX.....	2124
Олексій Юрійович Мазунін ТЕХНОЛОГІЇ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	2126
Дмитро Михайлович Палагнюк, Святослав Тадіонович Барась СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ.....	2128
Микола Володимирович Васильківський ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ НАДПРОВІДНИХ ФОТОННИХ ДЕТЕКТОРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	2130
Василь Мартинович Кичак, Володимир Васильович Кичак, Максим Дмитрович Гузь ГЕНЕРАТОР ТАКОВИХ ІМПУЛЬСІВ НА БАЗІ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ НАДПРОВІДНОСТІ ТА ПЕРЕХОДІВ ДЖОЗЕФСОНА.....	2132
Секція радіотехніки	
Сергій Володимирович Барабан, Владислав Валентинович Літвінов, Ігор Вікторович Пяста ПЕРЕТВОРЮВАЧ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ.....	2135
Сергій Володимирович Барабан, Сергій Володимирович Ліхачорський УДОСКОНАЛЕННЯ САЙТУ КАФЕДРИ РАДІОТЕХНІКИ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ СУЧАСНІ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЇ.....	2137
Володимир Сергійович Мозговий ПРИСТРІЙ СИНТЕЗУ ПЕРІОДИЧНИХ СИГНАЛІВ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ В БАЗИСІ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ФУНКЦІЙ.....	2139
Сергій Володимирович Барабан ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО І ЗВИЧАЙНОГО ЖОРСТКИХ ДИСКІВ ДЛЯ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	2141
Дмитро Русланович Ільчук, Володимир Сергійович Белов ЧАСТОТНІ ЗАСТОСУВАННЯ МІТОК ІДЕНТИФІКАЦІЇ RFID.....	2143
Ростислав Олексійович Сесь, Олександр Сергійович Звягін ПРИЛАД ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ НА МІКРОКОНТРОЛЕРІ ATMEGA8A-RU.....	2146
Антон Савицький ОБРОБКА СИГНАЛУ СЕНСОРА ЗА ДОПОМОГОЮ ДОТИЧНОЇ.....	2149
Сергій Володимирович Барабан, Артем В'ячеславович Левкін, Сергій Сергійович Прокопчук ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ СТАНДАРТІВ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	2151
Антон Юрійович Савицький, Іванна Бриндак ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВОЛОГОСТІ ГАЗІВ НА ОСНОВІ ЧУТЛИВОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ.....	2153
Андрій Олександрович Семенов СХЕМОТЕХНІЧНІ ВАРІАНТИ ЯДРА МОНОЛІТНИХ ГЕНЕРАТОРІВ КЕРОВАНИХ НАПРУГОЮ НА ОСНОВІ ТРАНЗИСТОРНИХ СТРУКТУР З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ.....	2155
Андрій Олександрович Семенов, Богдан Олєгович Пінаєв РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ОБ'ЄКТА.....	2158
Андрій Олександрович Семенов, Сергій Вікторович Фенченко РОЗРОБКА БЛОКА КЕРУВАННЯ РОБОТА "ФАЗБОТ".....	2161
Сергій Володимирович Барабан, Олександр Володимирович Іванюк РОЗРОБКА СЛУХОВОГО АПАРАТУ НА ТРАНЗИСТОРАХ.....	2164
Андрій Юрійович Воловик, Дмитро Володимирович Яровий ФУНКЦІОНАЛЬНО СТІЙКІ НАВІГАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	2166

<i>Ігор Михайлович Швець</i> РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ АВТОНОМНОГО КВАДРОКОПТЕРА НА FPGA.....	2168
<i>Дмитро Сергійович Стець</i> РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЛЮДИНИ З ЗАСТОСУВАННЯМ ГЛИБИННОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ НА FPGA.....	2170
<i>Максим Михайлович Чорний</i> РОЗРОБКА СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ДОРОЖНЬОЇ ОБСТАНОВКИ ТА КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ АВТОМОБІЛЕМ НА FPGA.....	2172
<i>Дмитро Володимирович Гаврілов, Ярослав Віталійович Мельник</i> РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ДОПОМОГИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ НА БАЗІ FPGA.....	2174
<i>Андрій Олександрович Семенов, Сергій Володимирович Ліхашорський, Микола Васильович Кравецький</i> КОМУТАТОР ПАНЕЛІ Zig ДЛЯ ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ATMEL.....	2176
<i>Андрій Олександрович Семенов, Микола Васильович Кравецький, Сергій Володимирович Ліхашорський</i> МЕРЕЖНА РОЗЕТКА З BLUETOOTH КЕРУВАННЯМ.....	2179
<i>Сергій Володимирович Барабан, Віталій Щепанівський</i> ЧАСТОТНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІЙНО-ТЕРМІЧНОГО АНАЛІЗУ.....	2182
Секція електроніки і наносистем	
<i>Олександр Володимирович Осадчук, Володимир Степанович Осадчук, Людмила Вікторівна Крилик, Олена Олександрівна Селецька</i> МІКРОЕЛЕКТРОННІ ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ВОЛОГОСТІ.....	2184
<i>Людмила Вікторівна Крилик, Владислав Вікторович Римар</i> УНІВЕРСАЛЬНИЙ АКУСТИЧНИЙ ДАТЧИК - ВИМИКАЧ ІЗ ЗАТРИМКОЮ ВИМИКАННЯ.....	2186
<i>Олена Миколаївна Жагловська, Денис Станіславович Коваль</i> ВИМІРЮВАЧ РІВНЯ РІДИНИ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ НА ОСНОВІ ЄМНІСНОГО ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА.....	2188
<i>Олександр Олександрович Лазарєв</i> ЧАСТОТНІ НЕГАСЕНСОРІ НА L-НЕГАТРОНАХ.....	2190
<i>Микола Миколайович Половий, Олена Олександрівна Селецька</i> ОПТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ.....	2193
<i>Ілля Васильович Шаргалю</i> ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ІНДУКЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ.....	2195
<i>Богдан Книш, Петро Бровко</i> КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....	2197
<i>Богдан Книш, Денис Попіль</i> БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ.....	2200
<i>Юра Ігорович Мушинський</i> ЗАСТОСУВАННЯ НАБОРІВ «ARDUINO» ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ.....	2203
<i>Валерій Валерійович Матвійчук, Володимир Валерійович Матринюк, Владислав Валентинович Червоний</i> ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НА ОСНОВІ МАГНІТОДІОДА ТА АКТИВНО-ІНДУКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТА.....	2206
<i>Йосип Йосипович Білінський, Оксана Степанівна Городецька, Ярослав Вікторович Яхимович</i> УЛЬТРАЗВУКОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ РІДКИХ І ГАЗОПОДІБНИХ СЕРЕДОВИЩ.....	2208
<i>Степан Михайлович Животівський, Йосип Йосипович Білінський</i> ОБРОБКА ШУМОВИХ СИНУСОЇДАЛЬНИХ СИГНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА.....	2210
<i>Валентин Борисович Бурдейний</i> СТРУКТУРНА СХЕМА ФАЗО-ЧАСТОТНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПЛИННИХ СЕРЕДОВИЩ.....	2212
<i>Віталій Валерійович Красносельський</i> ТЕСТЕР РАДІОЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ.....	2214
<i>Юрій Степанович Кравченко, Єгор Сергійович Проворов</i> СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ НА ОСНОВІ НИЗЬКОРОЗМІРНИХ НАНОКОМПОЗИТНИХ СТРУКТУР.....	2217
<i>Олександр Олександрович Лазарєв, Антон Ігорович Романько</i> ГЕНЕРАТОРИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ НА С-НЕГАТРОНАХ.....	2220

XLVII Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

Оргкомітет

Голова оргкомітету

В. М. Кичак, ВНТУ, Україна

Заступник голови оргкомітету

С. М. Злепко, ВНТУ, Україна

Члени оргкомітету

Г. Г. Бортник, ВНТУ, Україна

О. В. Осадчук, ВНТУ, Україна

Й. Й. Білинський, ВНТУ, Україна

С. В. Тимчик, ВНТУ, Україна

Секції

Пленарне засідання

Секція біомедичної інженерії

Секція телекомунікації

Секція радіотехніки

Секція електроніки і наносистем

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО ВІДБОРУ КАНДИДАТІВ НА КОНТРАКТНУ СЛУЖБУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Визначений перелік проблем, які повинен вирішувати комплекс для психофізіологічного відбору. Проведено опис технології тестування. Визначено склад тестового комплексу і перелік тестових методик.

Ключові слова: Військомат-контракт, технологія тестування, психологічні тести, психологічне дослідження.

Abstract.

The list of problems which a complex for the psychological selection must decide has shown. Description of testing technology has conducted. Composition of test complex and list of test methods has shown.

Keywords: Voenkomat-konrakt, testing technology, psychological tests, psychological investigation.

Вступ

Для формування портрету кандидата на службу за контрактом у військові формування необхідно дослідити наступні сфери особистості: визначення психологічного стану, типу особистості, рівня мотивації і інтелектуального рівня. Це дозволяє зафіксувати найважливіші професійні особливості майбутнього військовослужбовця.

Пропонована технологія забезпечує опис портрету особистості (за тестом Кеттела), формування мотиваційного профілю особистості (за Мільманом), визначає тип темпераменту (за Айзенком), самооцінку особистості (за Айзенком) і розраховує інтелектуальний рівень кандидата (комплекс тестів) [1, 2].

Мета дослідження

Важливим чинником на сьогоднішній день є мотивація. Вивчення мотиваційної сфери здійснюється за допомогою тестів Ротера і Смекала-Кучери, а також тесту Мільмана, який розкриває повну картину мотиваційної сфери і дозволяє визначати як реальну теперішню мотиваційну ситуацію, так і ідеальну, те – до чого кандидат прагне.

Використання, з метою відбору, психодіагностичного інструментарію, який побудований на адекватних теоретичних концепціях, дозволяє визначити готовність кандидатів до служби в Збройних Силах України, відфільтрувати осіб з неадекватною поведінкою, не допустити невідповідності призначень на посади [3].

Опис процесу формування інформаційної технології

А) Діагностика рівня і структури інтелекту.

– Тест 1 (тест інтелектуального потенціалу): призначений для діагностики рівня і структури невербального інтелекту. Дозволяє оцінити рівень сформованості розумових операцій порівняння, виділення головного, абстрагування, аналізу і синтезу, логічних здібностей. Включає в себе 29 завдань, час виконання яких становить - 10 хвилин.

– Тест 2 (числовий тест): дозволяє визначити ступінь розвитку розумових операцій абстрагування, узагальнення, індукції, дедукції, арифметичних здібностей. Включає в себе 20 завдань, час виконання – 10 хвилин.

– Тест 3 (виключення слова): призначений для визначення здібностей до абстрагування, почуття мови, індуктивного мовного мислення, точного вираження мовних значень. Час виконання – 10 хвилин.

– Тест 4 (аналогії): призначений для з'ясування здатності формувати судження, рухливості та мінливості мислення, розуміння відносин. Час виконання – 10 хвилин.

Б) Діагностика особливостей мотиваційної сфери.

– Тест 5 (опитувальник Смекала-Кучери): призначений для визначення спрямованості особистості. Виділяють три види спрямованості:

Спрямованість на себе (НС) - означає домінування мотивів власного добробуту, престижу, лідерства. Така людина в основному зайнята собою, власними проблемами, переживаннями, мало реагує на людей і події навколо себе.

Спрямованість на взаємні дії (НВ) - має місце тоді, коли вчинки людини визначаються потребами в спілкуванні, прагненням підтримувати добрі стосунки з товаришами по роботі. Така людина виявляє інтерес до спільної діяльності, хоча й не завжди сприяє успішному виконанню завдання: заважає надмірна комунікативність.

Різні комбінації видів спрямованості створюють три підсумкових характеристики мотиваційної спрямованості: сприятливу, проміжну і несприятливу. Час виконання даного тесту – 12 хвилин.

– Тест 6 (опитувальник рівня суб'єктивного контролю - РСК): призначений для виявлення ступеня незалежності, самостійності і активності людини в досягненні своєї мети, особистої відповідальності за власні дії, вчинки. Високий рівень суб'єктивного контролю притаманний людям, що інтерпретують значимі події як результат власної діяльності, вважають, що можуть керувати подіями, відчувають власну відповідальність за те, що відбувається. Низький рівень суб'єктивного контролю характерний для людей, які вважають, що життєві події - це результат прояву якихось зовнішніх сил: випадку, фатальної долі, інших людей тощо. Час виконання тесту - 10 хвилин.

В таблиці 1 наведено принцип обрахунку інтегрального заключного резюме по блоках інтелектуальних тестів і тестів на визначення мотивації.

Таблиця 1.

Формула заключного прогнозу по блоку інтелектуальних тестів

№ з/п	Інтелект (тести 1; 2; 3;4)	Мотивація (тести 5 і 6)	Висновок
1.	+ + + +	+ +	придатний
2.	+ + + +	+ -	придатний
3.	+ + + +	- -	непридатний
4.	+ + + -	+ +	придатний
5.	+ + + -	+ -	Частково придатний
6.	+ + + -	- -	непридатний
7.	+ + - -	+ +	придатний
8.	+ + - -	+ -	Частково придатний
9.	+ + - -	- -	непридатний
10.	+ - - -	+ +	непридатний
11.	+ - - -	+ -	непридатний
12.	+ - - -	- -	непридатний
13.	- - - -	+ +	непридатний
14.	- - - -	+ -	непридатний
15.	- - - -	- -	непридатний

В) Тест Мільмана – визначення мотиваційної сфери особистості.

Вимірювання мотиваційної структури з використанням тесту „Мотиваційного профілю особистості” (далі – МПО) засновано на ієрархічній моделі класифікації потреб Абрахама Маслоу, в

якій групи потреб упорядковані в цілісній ієрархії та відповідно їх ролі у розвитку особистості. У МПО визначають 7 мотиваційних шкал та 2 шкали емоційної поведінки.

На основі результатів, отриманих під час тестування будується 3 профілі: два профілі мотиваційної сфери та один емоційний профіль особистості.

1-ий мотиваційний профіль включає в себе підшкали:

- загальножиттєва „ідеальна” мотивація
- загальножиттєва “реальна” мотивація

2-ий мотиваційний профіль:

- продуктивна “ідеальна” мотивація
- продуктивна “реальна” мотивація

3-ій емоційний профіль:

- характер емоційних переваг
- характер переживання фрустрації

Таким чином, загальна оцінка мотиваційної сфери особистості за результатами тестування складається із 28 шкал мотиваційного профілю та 4 шкал емоційного профілю.

Методика МПЛ достатньо компактна (займає 20-30 хвилин) та зручна при проведенні обстежень. Вона являє собою опитувальний збір діагностичних симптомів за даними мотиваційними властивостями і складається з 14 груп тверджень. Кожна група поділяється на 8 альтернативних пунктів (а, б, в, г, д, е, ж, з). Респондент повинен відобразити власне відношення до кожного з них, не вибрати один з восьми підпунктів, а оцінити кожний за п’ятибальною шкалою. Таким чином, респондент повинен дати відповіді на 112 запитань.

Бали додаються за кожною підшкалою, у результаті загальна сума може варіювати від 0 до 12 балів. Усе це заноситься в базу даних, результати відображаються графічно та будуються профілі. У мотиваційному профілі відображається співвідношення основних спрямованостей особистості. Складання загальних висновків здійснюється з урахуванням загального стану мотиваційної сфери особистості, на основі чого формулюються прогностичні тенденції успішності у професійній діяльності конкретного кандидата.

Загальна мотиваційна картина особистості відображається в особистісно – мотиваційному профілі, де в кількісному та графічному вигляді подається співвідношення різних мотиваційних шкал. Це співвідношення, тобто характер мотиваційного профілю (далі - МП) особистості, подібно окремим мотиваційним характеристикам, піддається типологізації. Виділяється 5 основних типів МП та 4 типи емоційного профілю (далі - ЕП). Найбільш вдалим для майбутньої військової діяльності являється прогресивний мотиваційний профіль.

Цей тип МП характеризується переважанням загального рівня мотивів виробничого розвиваючого ряду (Д – ДР – ОД) над рівнем мотивів споживацького типу (П – К – С) не менш ніж на 5 балів: $[(Д+ДР+ОД) - (П+К+С) > 5]$. Графічно відображається значним зростанням профільної лінії зліва на право (рис. 1).

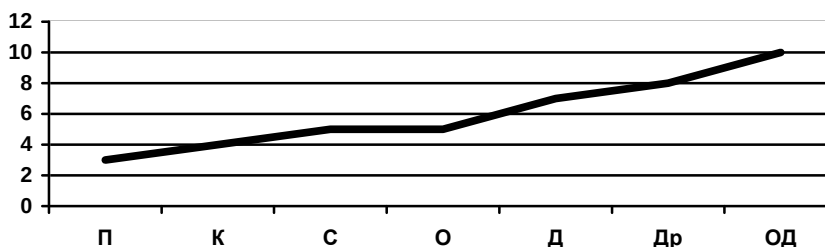


Рисунок 1 – Прогресивний мотиваційний профіль

Характеристики емоційної поведінки включені в методику через їх близькість до мотивації взагалі та практичної значущості в психодіагностичному дослідженні. За результатами тестування фіксується дві якості: „Е” – характер емоційних переваг та „Ф” – толерантність (стійкість) до фрустрації. Крім цього, дані якості можуть проявлятися в 2-х можливих протилежно спрямованих реакціях:

- 1) „с” (або ▲) – стенічна, активна;

2) „а” (▼) – астенічна, пасивна.

Співвідношення вказаних шкал та реакцій створює 4 типи емоційного профілю особистості: стенічний, астенічний, змішаний стенічний та змішаний астенічний.

В цілому, позитивним фактором творчої, або успішної професійної діяльності можна вважати емоційний профіль стенічного типу. Астенічний в даному аспекті може негативним чином позначитись на успішності діяльності. Найбільш розповсюдженим типом емоційного профілю, у той же час є змішаний стенічний тип.

Г) Визначення психічного стану [1].

– Тест Кеттела складається зі 187 питань (опитувальники а і b).

За цим тестом визначається оцінка індивідуально-психологічних особливостей кандидатів на службу. Шкали тесту: замкнутість - товариськість, конкретне мислення - абстрактне мислення, емоційна нестабільність - емоційна стабільність, підлеглість - домінантність, стриманість - експресивність, низька нормативність поведінки - висока нормативність поведінки, боязкість - сміливість, реалізм - чутливість, підозрілість - довірливість, практичність - мрійливість, прямолінійність - проникливість, спокій - тривожність, консерватизм - радикалізм, залежність від групи - самостійність, низький самоконтроль - високий самоконтроль, розслаблення - емоційна напруженість.

Всі вони діляться на 3 блоки:

1. Інтелектуальний блок. Фактори: В - загальний рівень інтелекту; М - рівень розвитку уяви; Q₁ - сприйнятливність до нового.

2. Емоційно-вольовий блок. Фактори: С - емоційна стійкість; О - ступінь тривожності; Q₃ - наявність внутрішньої напруги; Q₄ - рівень розвитку самоконтролю; G - ступінь соціальної нормованості і організованості.

3. Комунікативний блок. Фактори: А - відкритість, замкнутість; Н - сміливість; L - відношення до людей; Е - ступінь домінування - підлеглості; Q₂ - залежність від групи; N - динамічність.

Найбільш важливі для прогнозування майбутньої професійної діяльності військовослужбовця являється емоційно вольовий блок. Фактори цього блок мають найбільші вагові коефіцієнти при формуванні експертного вис тону придатності кандидата.

– Тест „Самооцінка психічних станів” (Г. Айзенк)

Тест дозволяє оцінити деякі не адаптивні стани (тривога, фрустрація, агресія) і властивості особистості (тривожність, фрустрованість, агресивність, ригідність). Відповідно рівень оцінки по кожній шкалі тесту може бути високим, середнім і низьким.

Висновки

1. Вперше розроблено інформаційну технологію психофізіологічного тестування і відбору кандидатів на службу за контрактом, яка забезпечує багаторівневий відбір до Збройних Сил України, відсіювання людей, що не придатні до служби за психічним станом або незадовільним рівнем мотивації: сортування людей за інтелектуальними здібностями на тих, які здатні виконувати роботу, що вимагає високих інтелектуальних навантажень і тих, яким не можна доручати виконання робіт, що викликають інтелектуальне виснаження; відбір на керівні посади, який здійснюється для особистості, що позитивно пройшла всі попередні етапи відбору.

2. Запропонована інформаційна технологія дозволила удосконалити діагностику лідерських якостей в напрямку більш адекватного відбору претендентів на керівні і командирські посади в Збройні Сили України, їх уміння оцінювати підлеглих, бути комунікабельними, професійно здоровими і працездатними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методика и тесты : [Учебное пособие]. – Самара: Изд. дом "БАХРАХ-М", 2000. – 672 с.
2. «Мы собственными силами избавляемся от нерадивых военнослужащих» [Электронный ресурс] / Интервью с заместителем министра обороны Казахстана К. Джанбурчином [Беседовал Юрий Фоменко]. — ЦентрАзия. — 13.09.2005. — № 246 (24856). — Режим доступа: <http://www.centrasia.ru/newsA.php?st=1126586940>.

3. Боченков А.А. Актуальные проблемы военной психофизиологии / Боченков А.А., Шостак В.И., Глушко А.Н. // Военно-медицинский журнал. — 1996. — № 12. — С. 35-40.

Костішин Сергій Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Коваль Леонід Григорович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Тимчик Сергій Васильович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Sergiy V. Kostishyn — Ph. D., Assistant professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Leonid V. Koval — Ph. D., Assistant professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Sergiy V. Tymchyk — Ph. D., Assistant professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

СТВОРЕННЯ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ ХВОРИХ З ПАТОЛОГІЄЮ РУХОВОГО АПАРАТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі розглядається процес створення моделі бази даних для медичної інформаційної системи реабілітації постінсультних хворих, що мають рухові вади. База даних містить таблиці, які зберігають інформацію про об'єкти предметної області, що накопичується в процесі роботи інформаційної системи.

Ключові слова: тренування, база даних, реабілітація, інформаційна технологія.

Abstract

In this paper, the process of creating a database model for a medical information system for rehabilitation of post-stroke patients with motor defects is considered. The database contains tables that store information about objects of the subject area which accumulates during the operation of the information system.

Key words: training, database, rehabilitation, information technology.

Вступ

У зв'язку зі збільшенням інтересу, який приділяється вивченню психофізіологічного стану кандидатів при психодіагностиці особистості і відборі персоналу, виникає необхідність як в оптимізації відомих алгоритмів тестування, так і в створенні нових, більш ефективних методів підтримки процесу тестування.

Значна увага при вирішенні цієї задачі приділяється організації інформаційного контейнера для збереження масиву даних, які отримують в процесі психофізіологічного тестування (наповнення бази даних).

Для підтримки функціонування інформаційного забезпечення, яке використовується для діагностики відновлювального процесу пацієнтів з патологією рухового апарату використовуються спеціалізовані бази даних, які містять персональну інформацію про пацієнта, дані, отримані при його прийомі на лікування і дані про розвиток реабілітаційного процесу у хворих з патологією рухового апарату.

Основна частина

При проектуванні баз даних необхідно передбачити широкий спектр інформаційних об'єктів, які можуть в ній зберігатися. Сюди відносяться як «сирі» та оброблені результати, отримані при проходженні пацієнтом різних тестових методик, так і дані, отримані з різних лабораторних тестів, а також інформація (найчастіше – графічна), отримана в результаті діагностики пацієнта (ЕКГ, ЕЕГ, МГ, КТ-зображення, УЗ-зображення) за допомогою медичної апаратури у форматах, придатних до використання в РС-сумісних комп'ютерах.

Великі масиви інформації, які необхідно зберігати в таких базах даних накладають ще одну вимогу – високої швидкодії. Бази даних повинні швидко реагувати на запити, які формує лікар за допомогою програмного забезпечення. При чому ці запити можуть приводити до прийому лікарем об'єктів, які займають значний об'єм пам'яті, що знижує швидкість реакції комп'ютера і пропускну здатність локальної мережі лікувально-реабілітаційної установи.

Нарешті доступ до бази даних повинен реалізовуватися з декількох персональних комп'ютерів одночасно, оскільки процедура реабілітаційного лікування має значну протяжність у часі і тому

логічно використовувати кілька робочих кабінетів для забезпечення діагностики одразу кількох потоків пацієнтів. Це накладає вимогу її мереженої доступності – база даних повинна одночасно бути серверною.

Структура баз даних для технології реабілітації хворих з порушеннями функцій опорно-рухового апарату представлено на рисунку 1. Вся інформація, яка в ній зберігається логічно розділена на наступні елементи: амбулаторні дані пацієнта, інформація про результати проходження тестових завдань, інформація про результати аналізів і апаратної діагностики.

Структура бази даних амбулаторних даних пацієнта побудована з урахуванням рекомендацій, поданих в проекті ЄС «Сприяння реформі вторинної медичної допомоги в Україні». Сюди необхідно включити наступні поля: повне ім'я, статус пацієнта, дата народження, стать, детальна адреса, інформація про роботу. Слід зазначити, що база даних амбулаторних хворих являється центральним інформаційним контейнером бази даних, оскільки всі інші об'єкти прив'язуються саме до неї. Це дає змогу оперативно управляти вмістом бази, відкладаючи і архівуючи інформаційні записи тих пацієнтів, які вже пройшли курс реабілітації. Також це дозволяє оптимізувати навігацію по базам даних, оскільки звернення до певного запису із бази даних амбулаторних карток пацієнтів дозволяє швидко знайти дані, які відносяться до цього ж пацієнта в інших базах даних.

Для зберігання результатів тестування виділено окремі таблиці на кожну тестову методику, які використовуються в інформаційній технології реабілітації. Таке розділення дозволить розмежувати різну за своєю суттю інформацію і в цілому приведе до підвищення швидкодії роботи бази даних. В цих таблицях зберігається дата і «сирий» результат тестування. Дані з цих таблиць служать в якості архіву для збереження проміжних результатів тестування і використовуються для відновлення результатів, побудови статистичних звітів і формування графіків по динаміці відновлювального процесу.

База даних графічної інформації призначена для збереження інформації в базі даних, яка подана у вигляді растрових зображень. Такі візуальні об'єкти формуються внаслідок діагностики пацієнта на комп'ютеризованій медичній апаратурі, яка має або інтерфейс підключення до локальної мережі, або будь-який інший спосіб інтеграції в загальну інформаційну систему реабілітаційної установи.

База даних лабораторних досліджень дозволяє зберігати довільний масив інформації в текстовому вигляді, який формується внаслідок проходження лабораторних аналізів, оглядів лікарів і т.д.

База даних електронної історії хвороб являється контейнером для зберігання обробленої інформації про весь курс реабілітації пацієнта. Сюди заносяться дані про інтерпретовані результати тестувань пацієнта, опис лабораторних аналізів, опис графічних діагностичних зображень. Крім того, ця база даних дозволяє простежити розвиток реабілітаційного процесу і відслідковувати його загальні тенденції, обґрунтовуючи вибір стратегії лікування.

Зв'язок між окремими таблицями, який необхідний для оптимізації роботи баз даних і зменшення рівня непотрібної технічної надлишковості виконується за допомогою спеціального ключового поля (ID-номер), яке співвідносить дані, які стосуються одного і того ж самого пацієнта, але знаходяться в різних предметних таблицях. Ця прив'язка організована по принципу «один-до-багатьох», тобто один запис в головній таблиці може зв'язуватися з багатьма записами в підрядній таблиці. Бази даних створені з використанням системи управління базами даних MySQL, що являється швидкодіючим, простим і надійним сервером баз даних SQL. Використання MySQL було зумовлене необхідністю одночасної роботи з кількома потоками від багатьох комп'ютерів локальної мережі. База даних кандидатів на службу побудована по принципу дворівневих баз даних за технологією реляційних баз.

При створенні баз даних необхідно оптимальним чином дотримуватися типології полів для зменшення недоцільних витрат при резервуванні місця під базу даних. Раціональний вибір типу поля при створенні таблиці дозволяє зменшити надлишковий об'єм пам'яті, який витрачається і підвищити її швидкодію.

Висновки

Таким чином, розроблена база даних створена за технологією реляційних баз з використанням системи управління MySQL, яка є зручним сервером баз даних SQL. Використання клієнт-серверної MySQL зумовлене необхідністю одночасної роботи з декількома потоками від багатьох комп'ютерів локальної мережі.

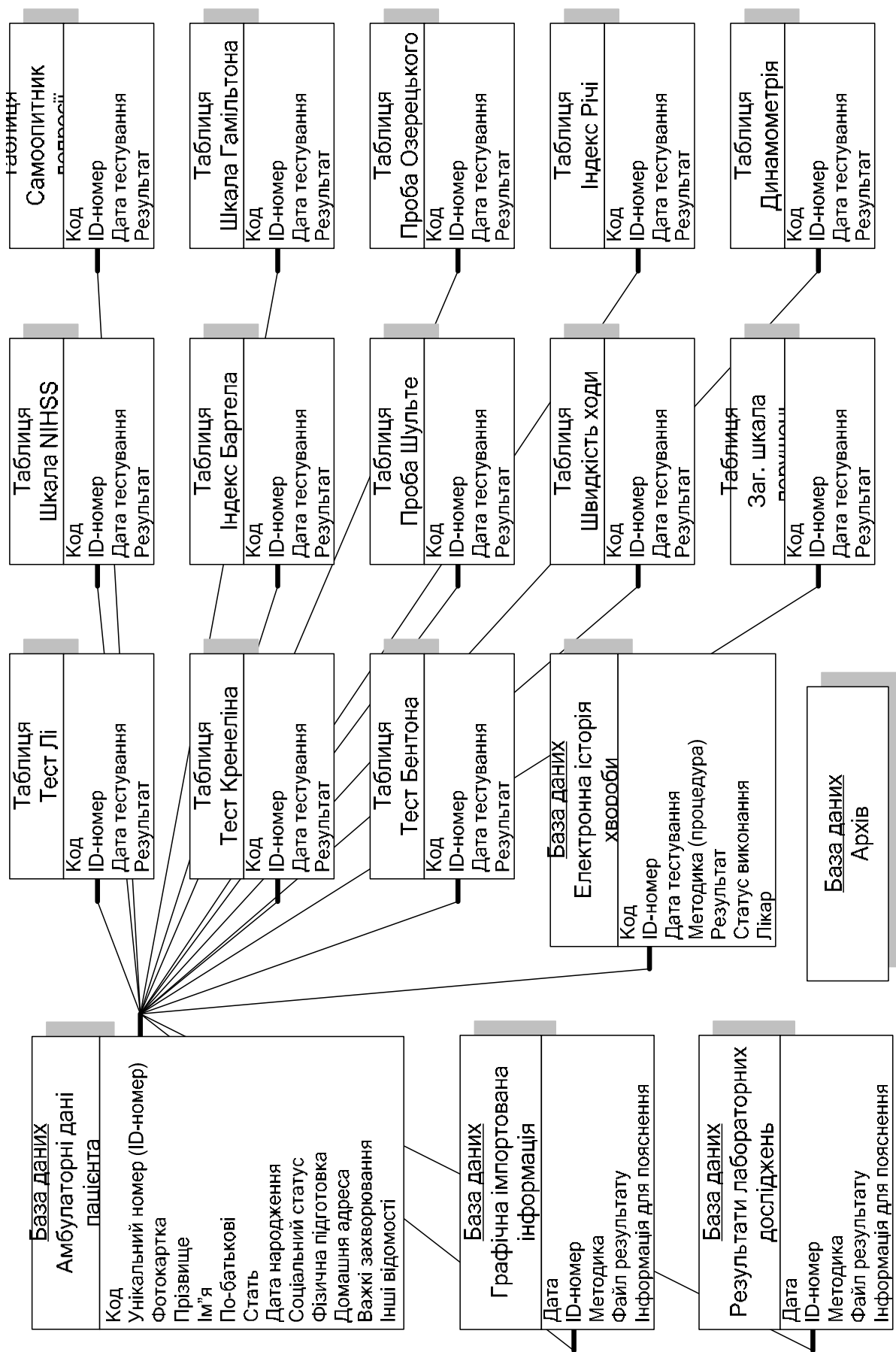


Рисунок 1 - Структурна схема бази даних

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дюбуа П. MySQL – К: Вільямс, 2004 – 1056 с.
2. Сучасні інформаційні технології в управлінні санаторно-курортними установами. Монографія: за заг. ред. С.М. Злепка і С.В. Павлова. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 234 с.
3. Особливості побудови інформаційного забезпечення комп'ютерних систем призначень лікарських засобів в перинатальній медицині / С. М. Злепка, Г. С. Лепьохіна, С.В. Костішин та ін. // Актуальні питання педіатрії, акушерства та гінекології. – 2016. - № 1 (17). – С. 63-65. – ISSN 2411-4944. - DOI: <http://dx.doi.org/10.11603/24116-4944.2016.1.5990>.
4. База даних корекції рухових розладів у новонароджених / С.В. Костшин, Г.С.Лепьохіна, І.О. Криворучко, О.С. Козоріз // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції у чотирьох частинах, м. Харків, 18-20 травня 2016 р. – Харків : НТУ «ХПІ». – Ч. III. – С. 39.

Костішин Сергій Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Паламарчук Марина Василівна — канд. техн. наук, асистент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Sergiy V. Kostishyn — Ph. D., Assistant professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Marina V. Palamarchuk — Ph. D., Assistant of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Д. Х. Штофель
К. С. Навроцька
Л. В. Ващук

СУЧАСНИЙ СТАН, ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ І ЗАСТОСУВАННЯ СТРІЛЕЦЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ У ВОГНЕВІЙ ПІДГОТОВЦІ (ЗА МАТЕРІАЛАМИ ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАКОРДОННИХ ВИСТАВОК)

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглядаються сучасні проблеми при тренування військовослужбовців, способи підвищення якості навчання вогневої підготовки із стрілецької зброї. Розглядаються сучасні тренажери, зокрема лазерні з ефектом імітації пострілу.

Ключові слова: стрільковий тир, тренажер, вогнева підготовка.

Abstract.

Modern problems at training of servicemen, methods of upgrading studies fire preparation from a shooter weapon are examined in the article. Modern trainers, in particular laser with an effect imitations of shot are also examined.

Keywords: shooting gallery, simulator, fire training.

Вступ

На сьогоднішній день ми спостерігаємо тенденцію зміни змісту та рівня виконуваних військовими підрозділами бойових завдань. Розвиваються способи їх виконання, змінюється тактика дій, удосконалюються і технічно ускладнюються засоби озброєної боротьби. Все це вимагає від військовослужбовців відповідних часу професійно значимих якостей особистості та професійної підготовки.

Ці чинники обумовлюють необхідність розробки і впровадження нових технологій, засобів та методів навчання.

У сучасних умовах великого поширення набули найрізноманітніші засоби самооборони, зокрема вогнепальна, травматична і пневматична зброя.

Перед викладачами і інструкторами вогневої підготовки виникає проблема: як привести у відповідність кількість учбового часу і матеріальні ресурси (зброя, боєприпаси, учбові приміщення, тири і т.д.) відповідно вимогам, які пред'являються до співробітників і курсантів. Ця проблема особливо гостро стоїть перед навчальними закладами. Велика кількість слухачів, курсантів або інших категорій учнів, їх початковий (як правило, нульовий) рівень підготовки, недостатня кількість приміщень для проведення занять, висока завантаженість професорсько-викладацького складу й інші чинники негативно позначаються на рівні підготовки. Економлячи на навчальному процесі, ми отримуємо «міну сповільненої дії». Недостатньо підготовлений співробітник, що опинився в ситуації, яка вимагає чітких, відпрацьованих дій із зброєю, прийняття миттєвого і єдино правильного рішення, не зможе виконати покладені на нього функції і поставить під загрозу оперативно-бойове завдання і безпеку інших людей.

Поява інтерактивних лазерних тирів викликала великий, цілком природний у фахівців, інтерес.

Досвід одноразових випробувань і тривалого застосування різних модифікацій тренажерів, по відгуках фахівців, свідчить про безперечні переваги їх використання у вогневій підготовці особового складу.

В першу чергу, якість стрілецької підготовки збільшується за рахунок інтенсивності стрільби (необмеженого використання «патронів») і можливості організовувати тренування в не спеціально відведених приміщеннях, що приносить і значний економічний ефект [1].

По-друге, можливість проводити тренування із стрілками різного рівня підготовки, стрільби з імітацією різних цілей, по статичних і динамічних мішенях [2].

Особливо слід відзначити практично необмежені властивості тренажера з імітації різного навколишнього оточення при тренуваннях, зокрема використання шумових, фонових ефектів і цифрових відеофільмів. Останнє, додатково здійснює як психологічну, так і тактичну підготовку курсантів.

В цілому стає зрозумілим, що застосування подібних технологій дозволяє вивести стрілецьку підготовку на якісніший рівень, що відповідає сучасним вимогам.

Існуюча проблема

В умовах ведення озброєної боротьби без застосування засобів масового ураження вирішальна роль належить звичайним видам озброєння, серед яких важливе місце займає стрілецька зброя.

Підвищення якості навчання військовослужбовців вогневій підготовці із стрілецької зброї продовжує залишатися важливою проблемою військової педагогіки. Без науково-практичного вирішення питань про спрямованість, зміст, засоби, структури і методи навчання фахівців неможливо забезпечити високий рівень їх професійної діяльності.

У зв'язку з цим очевидна необхідність введення в систему навчання вогневій підготовці сучасних тренажерів і використання нових інформаційних та комп'ютерно-тренажерних технологій навчання військовослужбовців, що дасть можливість вирішувати завдання по застосуванню стрілецької зброї, створити необхідну навчально-методичну базу.

При проведенні занять з виконанням вправ стрільби в стрілецькій галереї розгортаються декілька учбових місць, на яких організовується і проводиться навчання слухачів одночасно із стрільбою. Зміст і цілі занять на учбових місцях залежать від загальної теми заняття. Як правило це:

1. Тренування в одноманітності і правильності прицілювання.
2. Напрацювання техніки виконання вправ стрільби і переміщення в ході стрільби.
3. Тренування у виконанні нормативів.

Загально-методичні принципи застосування тренажерів у вогневій підготовці

Комп'ютерно-тренажерні технології відповідно до цілей і завдань навчання використовують наступні методичні принципи застосування тренажерів:

- раціональний розподіл завдань навчання по створюваних технічних засобах (тобто складність засобів, що розробляються, повинна відповідати значущості вирішуваних на них завдань підготовки);

- узгодженість всіх засобів навчання вогневій підготовці із стрілецької зброї, що пов'язані між собою загальними і єдиними нормами оцінок (тобто перехід курсанта з одного технічного засобу вогневої підготовки на інший здійснюється тільки на основі оцінки його діяльності на попередньому засобі);

- достатність кожного технічного засобу системи засобів вогневої підготовки вирішувати певне коло завдань навчання, не дублюючи таких, що вирішуються на інших засобах системи;

- перелік кількісних і технічних характеристик засобів, складових систем засобів вогневої підготовки вибирається з метою забезпечення безперервного процесу навчання при повному завантаженні засобів, що його реалізують. Даний принцип вимагає урахування специфіки діяльності фахівця в процесі навчання. При цьому найбільш складні для засвоєння елементи діяльності (дії, операції), що вимагають великих витрат часу, відпрацьовують на пристроях з більшою пропускнуою здатністю;

- запозиченість досвіду використання в навчанні курсантів і експлуатації створених раніше тренажерних засобів. Нові засоби без значних змін в структурі навчального процесу вписуються в існуючу систему навчання, як методично, так і конструктивно.

Наші дослідження показують, що найбільша ефективність вогневої підготовки забезпечується при врахуванні індивідуальних особливостей стрільців – рівня їх антропометрично-психофізіологічної функціональної сумісності з певним типом зброї [3].

Методи навчання

У комп'ютерно-тренажерній технології методи навчання реалізуються як взаємозв'язані цілеспрямовані способи пізнавальної діяльності педагога і учнів, що розвивають творче професійне мислення, забезпечують оволодіння фахівцями знаннями, практичними вміннями, навиками і формування у них професійно значущих якостей особистості.

Метод програмованого навчання застосовується:

- 1) при навчанні правилам стрільби з використанням навчаючих комп'ютерних програм;
- 2) при практичному виконанні елементів техніки стрільби, вправ; вирішенні завдань на тренажерах вогневої підготовки;
- 3) застосування психофізіологічних методик підготовки та оцінювання емоційної стійкості курсантів [4].

Дослідження поглядів і підходів різних наукових шкіл до програмованого навчання дає підставу визначити його основні принципи [5]:

- 1) наявність мети, що піддається вимірюванню, і алгоритму досягнення цієї мети;
- 2) розподіл учбової частини на кроки, пов'язані з відповідною інформацією, яка забезпечує виконання кожного кроку;
- 3) завершення кожного кроку самоперевіркою, результати якої дають можливість судити про те, наскільки він успішний, і пропонувати курсанту достатньо ефективний засіб для цієї самоперевірки, а якщо потрібно, то і відповідної корегуючої дії;
- 4) використання автоматичного або напівавтоматичного пристрою;
- 5) індивідуалізація навчання (у достатніх і доступних межах);
- 6) забезпечення максимальної антропометрично-психофізіологічної сумісності людини та короткоствольної зброї шляхом її періодичного визначення [6].

Матеріальною основою програмованого навчання є навчальна програма – це спеціально створений на основі п'яти принципів програмованого навчання документ, який:

- 1) служить джерелом інформації;
- 2) організовує навчальний процес;
- 3) контролює ступінь засвоєння учбового матеріалу;
- 4) регулює темп вивчення матеріалу;
- 5) дає необхідні роз'яснення;
- 6) попереджає помилки і т.д.

Використовувана при програмованому навчанні комп'ютерна техніка і відповідне програмне забезпечення дають можливість в процесі навчання на тренажерах контролювати виконання курсантами елементів техніки стрільби зі стрілецької зброї, ефективності вирішення поставлених завдань; виявляти допущені помилки, аналізувати їх і визначати способи їх усунення; вносити необхідні корективи в процес навчання.

Досвід застосування тренажерних засобів у вогневій підготовці.

Інновації в системі навчання вогневій підготовці із стрілецької зброї проявляються в широкому впровадженні інформаційних технологій і створених на їх основі тренажерно-імітаційних засобів. Застосування тренажерно-імітаційних засобів в освітньому процесі обумовлене економічними міркуваннями, безпекою навчання, можливістю корегування процесу моделювання, наявністю інформативного зворотного зв'язку з викладачем (інструктором), реалізацією різноманітних технологій навчання.

Створено ряд лазерних стрілецьких тренажерів (наприклад, "Рубін", ЛТ-110ПМ, ЛСК М430 (УБ), ЛТ-111), що забезпечують візуальний контроль за діями учнів і комп'ютерну обробку результатів стрільби. Розроблений і впроваджений в навчання тренажер "СКАТ" дозволяє проводити заняття по навчанню прийомам стрільби з різних зразків стрілецької зброї, яка використовується як в армії, так і в інших силових структурах. Проте, жоден з перерахованих

тренажерів не забезпечує імітації віддачі зброї при стрільбі. Останні розробки дозволили вирішити і цю проблему. Створений ЦНДІТОЧМАШ (Центральним науково-дослідним інститутом точного машинобудування, Росія) уніфікований тренажер для навчання стрільбі із стрілецької зброї ІУ35 володіє повною імітацією силової дії зброї на стрільця [7].

В навчальному процесі на заняттях по вогневій підготовці активно використовується тренажер ЛСК М430 (УБ). В ході проведеної науково-дослідної роботи по введенню його в експлуатацію в умовах тир, зроблений висновок про ефективність застосування тренажера при навчанні стрільбі як на початковому етапі навчання, так і при підтримці отриманих навичок, їх вдосконаленні і тренуванні достатньо досвідчених стрільців [8]. Розроблено методику проведення занять і вправ для різних груп курсантів залежно від рівня їх підготовки. Установка додаткової програми «Тренувальні вправи», призначеної для роботи у складі інтерактивного тиру «Рубін», дозволяє вхолосту (без витрати боєприпасів) відпрацьовувати техніку прицілювання, перенесення вогню, зміни швидкостей прицілювання, прицілювання в русі, стрільбі при зміні положень.

Для своєчасного виявлення помилок у виконанні прийомів стрільби, а також напрацювання і закріплення навичок при стрільбі з пістолета, застосовують спосіб висвічення мішеней через проектор безпосередньо на кулевловлювач. Суть цього способу полягає в наступному. Висвічуються білі мішені на чорному фоні; курсант, прийнявши відповідне положення для стрільби, утримуючи рівну мушку в районі прицілювання, проводить плавний спуск курка з бойового взводу. При плавному спуску курка лазерна точка повинна бути точно на вершині мушки у вигляді чіткої червоної крапки. Якщо лазерний промінь у момент пострілу дав криву лінію на мішені, то це означає, що стрілець різко натиснув на спусковий гачок і по напрямку руху променя викладач (інструктор) може визначити тип помилки, допущеної курсантом. Це характерно для стрільців-початківців [2].

Для вдосконалення рівня підготовки стрільців застосовують програму відображення на екрані різних видів цілей з заданим часом їх показу, місцем і характером самих цілей. Це дозволяє керівникові заняття проводити тренування змодельованої вправи з будь-яких положень (зокрема при роботі по відеосюжету) в реальному часі з подальшим повтором даної вправи, але вже з результатами стрільби.

В даний час технічні можливості дозволяють виготовляти мультимедійні бойові і пневматичні тир, мобільні мішені для кульової стрільби. Їх характеристики перевершують характеристики «Рубіна». Але через їхню велику вартість не кожна організація здатна придбати ці тренажерні засоби. Застосування ж в навчанні лазерних стрілецьких комплексів «Рубін», які, як показує практика, володіють всіма необхідними якісними вимогами для навчання військовослужбовців і співробітників силових структур стрільбі із стрілецької зброї, обійдеться в два рази дешевше.

Лазерний стрілецький тренажер з яскравим ефектом імітаційного пострілу

Розробка тренажерів, що володіють більш вираженим ефектом пострілу, є одним з актуальних напрямів розвитку імітаційної техніки для навчання стрільбі. Це пов'язано з тим, що різкий звук, робота механізму затвора і віддача від пострілу створюють реалістичніші відчуття, розвивають правильні навички поводження із зброєю і розвивають психологічну стійкість курсантів; не менш важливим є і те, що зброя з яскравим ефектом пострілу привабливіша для підлітків, ніж «мовчазні» моделі, а це означає, що підвищується їх інтерес до процесу навчання та відповідальність за його результати. Разом з цим тренажери з яскравим ефектом пострілу дорожчі, потребують додаткового обслуговування і витратних матеріалів.

Спроби створити безпечні стрілкові тренажери, які володіють ефектом пострілу, здійснювалися давно. Ще в 70-х роках були виготовлені пневматичні прилади, які імітували віддачу та звук пострілу. Але ці прилади не отримали широкого розповсюдження, оскільки були громіздкими та базувалися на використанні невеликої компресорної станції, що з'єднувалася шлангом із спеціальним пістолетом. З появою малогабаритних пневматичних пістолетів, які використовують газові балончики, що вбудовується в конструкцію зброї, стало можливим створення компактних тренажерів з більш яскравим ефектом пострілу. Поява

лазерного тренажера (такого, як, наприклад, ЛТ-330ПМ) є цікавим прикладом конструкції, в якій поєднані можливості безкулевої лазерної стрільби та ефект пострілу.

Щоб з'ясувати ефективність такого тренажера у порівнянні з тренажером без ефекту пострілу, і визначити, яке місце він зможе займати в учбовому процесі, були проведені експерименти. В якості досліджуваних об'єктів були вибрані лазерний стрілецький тренажер «Рубін»-330ПМ на базі пневматичного пістолета МР-654К (з яскравим ефектом пострілу) і стандартний лазерний тренажер ЛТ110ПМ (без яскравого ефекту пострілу).

В результаті експериментальних досліджень за критерієм ефективності встановлено, що середня оцінка першої групи курсантів при одиночній стрільбі підвищилася на 53% від початкового рівня, а середня оцінка другої групи курсантів при одиночній стрільбі підвищилася на 58% від початкового рівня. Результати контрольної бойової індивідуальної стрільби після третього етапу курсантів, що навчалися на тренажері ЛТ-330ПМ, трохи вищі, ніж аналогічні характеристики першої групи.

Разом з цим встановлено, що при стрільбі у складі відділення середня оцінка курсантів першої групи знизилася на 10% від досягнутого рівня, а середня оцінка курсантів другої групи не змінилася по відношенню до досягнутого рівня. Це говорить про те, що курсанти, навчені на тренажері з яскравим ефектом пострілу, володіють більшою психологічною стійкістю і в їхній практиці виникає менше помилок, пов'язаних з реакцією організму на постріл.

В цілому результати контрольної бойової стрільби при стрільбі у складі відділення після третього етапу курсантів, що навчалися на тренажері з ефектом пострілу, на 15% вище, ніж аналогічні характеристики першої групи, що використовують тренажер без ефекту пострілу. З аналізу отриманих результатів досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Тренажер з яскравим ефектом пострілу дозволяє підвищити ефективність навчання курсанта первинним навичкам стрільби з пістолета в порівнянні з тренажером без ефекту.
2. З практичної точки зору, з урахуванням критерію ціна/ефективність і етапності навчання, тренажери з яскравим ефектом пострілу доцільно використовувати після занять на звичайному тренажері перед проведенням бойової стрільби з пістолета.
3. Будучи по суті пневматичною зброєю, що здатна спричинювати травми, тренажер привчає також до правильного та безпечного поводження з вогнепальною зброєю.

Оптико-електронні стрілецькі тренажери

Необхідність розробки і впровадження в навчальний процес дисципліни «Вогнева підготовка» інноваційних методів навчання викликана наявністю деяких суперечностей, виявлених в особового складу (постійного і змінного) при застосуванні стрілецької зброї в сучасних умовах:

1. Суперечності між можливостями матеріально технічної бази, засобів навчання і необхідністю забезпечити потреби різних категорій курсантів по застосуванню стрілецької зброї в сучасних умовах вогневого контакту з супротивником.
2. Суперечності між методикою викладання вогневої підготовки і відсутністю обґрунтованої сучасної методики для навчання особового складу застосуванню стрілецької зброї в особливих умовах.
3. Суперечності між основною формою проведення занять по вогневій підготовці - групове заняття – і необхідністю індивідуалізувати роботу з категорією курсантів, які мають невисоку успішність.

На даний момент використовуються два оптико-електронні стрілецькі тренажери: «СКАТ» і «АМА». Досвід застосування стрілецьких тренажерів дозволяє говорити про їх переваги та недоліки. Перевагою оптико-електронного тренажера «СКАТ» є:

- можливість контролювати траєкторію руху прицільних пристосувань в кожному елементі пострілу, що важливо як для новачка в стрільбі, так і для досвідченого стрільця-спортсмена, тобто для основних категорій курсантів;
- висока якість виготовлення апаратури і програмного забезпечення.

Недоліком цього тренажера є дротяне з'єднання системи зброя-комп'ютер, що не дозволяє виконувати тактичну стрільбу; неможливість тренуватися більше однієї людини по одній мішені.

Оптико-електронний тренажер «АМА» використовується в навчальному процесі трохи довше, що дозволяє віднести до його переваг можливість одночасно тренувати до трьох курсантів по трьом мішеням. Проте на практиці реалізація цієї можливості вимагає збільшення кількості апаратури; перевагою є відсутність дротяного зв'язку системи зброя-комп'ютер, а недоліками – невисока надійність апаратно-програмного комплексу (особливо можна «виділити» оптичні випромінювачі, що встановлюються в ствол зброї) та збіжність імітаційної і бойової стрільби.

Для формування психологічної стійкості курсантів практика застосування стрілецьких тренажерів повинна відповідати вимогам можливості відпрацьовувати тактичні дії, що моделюють ситуації раптового відкриття вогню на надкоротких дистанціях, появи супротивника збоку, ззаду. На жаль, по вищезгаданих причинах оптико-електронні стрілецькі тренажери «СКАТ» і «АМА» не дозволяють досягати навчальних цілей тактичної стрільби [8]. Практика застосування електронних стрілецьких тренажерів дозволяє зробити наступні висновки і прослідкувати закономірності, що виникають в навчальному процесі викладання вогневої підготовки :

1. Застосування оптико-електронних стрілецьких тренажерів «СКАТ» і «АМА» є найбільш ефективним в початковій стадії навчання, оскільки дозволяє виявити помилки, що допускаються при стрільбі, а також пояснити учням вплив цих помилок на результат пострілу.

2. Використання оптико-електронних стрілецьких тренажерів «СКАТ» і «АМА» в перепідготовці курсантів і слухачів до здачі заліків і іспитів дає можливість досягати високого рівня їх готовності до виконання контрольних вправ стрільби з бойової зброї.

3. Інтенсивне використання стрілецьких тренажерів дозволяє скоротити терміни навчання, підвищити рівень володіння табельною зброєю. Ця обставина дозволяє займатися підготовкою фахівців в умовах скорочених форм навчання без погіршення якості.

4. Проведення занять з використанням стрілецьких тренажерів дає можливість більш ефективно використовувати час учбових занять.

5. Використання оптико-електронних стрілецьких тренажерів пред'являє нові вимоги викладацькому складу, сприяє їх професійному росту, оволодінню новими технологіями навчання.

6. Застосування стрілецьких тренажерів відкриває нові напрямки науково-дослідної роботи з вогняної підготовки, що в перспективі визначить методичний рівень проведення занять в довгостроковій перспективі [9].

7. Використання стрілецьких тренажерів є невід'ємною частиною методики підготовки груп спортивного вдосконалення і дозволяє досягати високих спортивних результатів.

Висновки

Встановлено, що для забезпечення ефективного тренувального процесу, при проектуванні такого комплексу необхідно орієнтуватися на вирішення наступних завдань [10]:

- зниження вартості тренування;
- забезпечення високої реалістичності тренування;
- забезпечення безпеки тренування;
- організацію контролю за фізіологічними показниками стрілка;
- організацію контролю за динамікою його тренувального процесу.

В процесі навчання оволодіння стрілецькою зброєю і навичками стрільби за допомогою тренажерних засобів рекомендується розрізняти два послідовно доповнюючих один одного етапи:

1. Базовий етап - в процесі, якого курсантам необхідно вивчити матеріальну частину зброї, прийоми стрільби, правила стрільби і практичну стрільбу. Навчання на цьому етапі допускає послідовне ускладнення вправ. Курсант послідовно відпрацьовує всі ці дії, виробляє певну техніку стрільби, доводячи її до автоматизму - утримання зброї, наведення її на ціль, спуск курка з бойового взводу. При цьому учень виробляє рухові навички у виборі правильного і плавного спуску курка з бойового взводу, отримує інші повчання з боку викладача, який у свою чергу займає головне місце в методиці навчання.

2. Другий етап - тактичний. В процесі навчання необхідна орієнтація на формування навичок ведення вогню не тільки за умов учбових вправ без обмеження часу, але і на ведення, так званої, «міліційної стрільби». На цьому етапі тренажерний комплекс дозволяє виробити навички ведення швидкострільної стрільби з нестійкого положення, в русі, з обмеженням в часі з різних положень, стрільбу "навскидку", після фізичного навантаження, стрільбу здвоєними пострілами, із зміною магазину, відходом з лінії ведення вогню і т.д.

3. На учбових заняттях необхідно моделювати ситуації, наближаючи їх до тих, в яких може опинитися курсант (це може бути під'їзд, машина, квартира, дія звукового ефекту, ситуації підвищеного стресу і ін.), оскільки стрільба по нерухомій мішені в так званих «тепличних» умовах в значній мірі відрізняється від бойової.

4. Інтерактивний тир дозволяє в умовах імітації різних нештатних ситуацій, що проектуються на екран, здійснювати тренування і відпрацювання елементів тактичної стрільби, швидше і ефективніше оволодівати прийомами ведення бою в сучасних умовах. Перевагою є можливість забезпечення тренування основних груп курсантів початкового рівня навчання, які удосконалюють навички оволодіння табельною зброєю і груп спортивного вдосконалення, комплексом програм, відповідних певному рівню вогневої підготовки. Стримуючим чинником широкого застосування інтерактивного тиру є досить висока вартість програмного комплексу і апаратного забезпечення. Включення інтерактивного тиру в учбовий процес вогневої підготовки дозволить використовувати його в стрілецьких конференціях, в системах дистанційного і програмованого навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лазерные и интерактивные тиры [Электронный источник] / Б.М. Абрамкин, В.М. Коржов, В.А. Домбровский // Методические приемы отработки техники стрельбы из пистолета с использованием лазерных стрелковых тренажеров. – Новосибирск, 2005. – Режим доступа : http://www.lasertools.ru/metod_Abramkin.htm.

2. Особливості координації м'язової діяльності у стрільців-початківців / Д. Х. Штофель, Р. М. Вирозуб, В. О. Гомолінський, К. С. Постемська // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. — 2012. — № 2. — С. 135—139.

3. Штофель Д. Х. Антропометрично-психофізіологічна функціональна сумісність людини і короткоствольної зброї / Д. Х. Штофель, С. В. Костішин, В. О. Гомолінський // Становлення особистості професіонала: перспективи й розвиток : матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції ; м. Одеса, 19 лютого 2010 року. — Одеса : ОДУВС, 2010. — С. 418—421.

4. Злепко С. Вибір психологічних тестів для оцінювання емоційної стійкості людини / Сергій Злепко, Дмитро Штофель // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП-2009) : матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 8—10 жовтня 2009 року. — Частина 2. — Вінниця, 2009. — С. 44.

5. Обґрунтування вимог та критеріїв до кандидатів на контрактну службу в Збройні сили України / С. М. Злепко, В. В. Петренко, Д. Х. Штофель, А. П. Моторний // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2008. — № 6. — С. 47—50.

6. Штофель Д. Х. Метод визначення антропометрично-психофізіологічної сумісності людини та короткоствольної зброї / Д. Х. Штофель // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 4/8 (46). — С. 60—64.

7. Лазерные и интерактивные тиры [Электронный источник] / Ю.О. Корниенко // Применение лазерных тренажерных комплексов для выработки профессиональных навыков ведения боя на коротких дистанциях. – Режим доступа : <http://www.lasertools.ru/obuchenie.htm#%E0.%EF.%EB%CF%D2%CE%C9% C5%CE%CB%CF>.

8. Матеріали з виставки «Зброя та безпека 2009». – Режим доступу : <http://www.iec-expo.com.ua/index.php?id=64>.

9. Штофель Д. Х. Багатофункціональний психофізіологічний тренажер для тренування стрільців вищої кваліфікації / Штофель Д. Х., Вирозуб Р. М. // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей XIX міжнародної науково-практичної

конференції у чотирьох частинах, м. Харків, 15—17 травня 2012 р. — Харків : НТУ «ХПІ». — Ч. III. — С. 110.

10. Basic Concepts of Modern Shooting Galleries Design / Sergiy Zlepko, Dmytro Shtofel, Sergiy Kostishyn, Sergiy Tymchyk // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications, and Computer Science : Proceedings of the XIth International Conference TCSET'2012, Lviv—Slavske, February 21—24, 2012. — Lviv : Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012. — P. 217.

Штофель Дмитро Хуанович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Навроцька Ксенія Сергіївна — асистент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Ващук Лариса Василівна — інженер кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Dmytro Kh. Shtofel — Ph.D., Associate Professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Ksenia S. Navrotska — Assistant Lecturer of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Larysa V. Vashchuk — Engineer of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

ЦИФРОВИЙ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ СИНТЕЗАТОР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі розглядається цифровий обчислювальний синтезатор, його короткий опис, особливості та практична реалізація.

Ключові слова: цифровий обчислювальний синтезатор, DDS, генератор.

Abstract

In this paper, a digital computing synthesizer, its short description, features and practical implementation are considered.

Keywords: digital computing synthesizer, DDS, generator.

Цифровий обчислювальний синтезатор (ЦОС) або англ. Direct digital synthesizer (DDS) — електронний прилад, призначений для синтезу сигналів довільної форми і частоти з єдиною опорною частотою, що генерується генератором тактових імпульсів. Однією з важливих особливостей таких пристроїв є висока роздільна здатність завдання значень відтворюваних частот і їх абсолютна точність (вважаючи тактовий генератор ідеальним). Як недолік можна вказати більш високе, у порівнянні з рішеннями на ФАПЧ, енергоспоживання через великий обсяг обчислень, і більш високий рівень негармонічних паразитних складових в спектрі синтезованого сигналу[1].

DDS унікальні своєю цифровою визначеністю - генерований ними сигнал синтезується з властивою цифровим системам точністю. Частота, амплітуда і фаза сигналу в будь-який момент часу точно відомі і підконтрольні. DDS практично не схильні до температурного дрейфу і старіння. Єдиним елементом, який володіє властивою аналоговим схемам нестабільністю, є ЦАП. Високі технічні характеристики стали причиною того, що останнім часом DDS витісняють звичайні аналогові синтезатори частот.

Основні переваги DDS: висока роздільна здатність по частоті і фазі, управління якими здійснюється в цифровому вигляді; швидкий перехід на іншу частоту (або фазу), перебудова по частоті без розриву фази, без викидів і інших аномалій, пов'язаних з часом встановлення; архітектура, заснована на DDS, зважаючи на дуже малий крок налаштування по частоті, виключає необхідність застосування точного підстроювання опорної частоти, а також забезпечує можливість параметричної температурної компенсації; цифровий інтерфейс дозволяє легко реалізувати управління мікроконтролером; для квадратурних синтезаторів є DDS з I і Q виходами, які працюють узгоджено.

Частотний діапазон DDS складає соті і навіть тисячні частки герца при вихідній частоті порядку десятків мегагерц. Така роздільна здатність недосяжна для інших методів синтезу. Іншою характерною особливістю DDS є дуже висока швидкість переходу на іншу частоту. Синтезатори на основі PLL використовують зворотний зв'язок і фільтрацію сигналу помилки, що уповільнює процес переходу частоти. Для DDS швидкість переходу обмежена практично тільки швидкодією цифрового керуючого інтерфейсу. Більш того, всі переходи по частоті в DDS відбуваються без розриву фази вихідного сигналу. Оскільки вихідний сигнал синтезується в цифровому вигляді, дуже просто можна здійснити модуляцію різних видів.

Параметри синтезатора частоти дуже важливі для апаратури зв'язку. Будучи серцем системи настройки, синтезатор в основному визначає споживчі властивості конкретного апарату. Як з технічної, так і з економічного боку DDS задовольняє більшості критеріїв ідеального синтезатора частоти: простий, високо інтегрований, з малими габаритами. Крім того, багато параметрів DDS програмно-керовані, що дозволяє закласти в пристрій нові можливості. Сучасні DDS використовують субмікронну CMOS-технологію, трьох вольтну логіку, мініатюрні корпуси. Одночасно постійно знижуються ціни на них. Все це робить DDS дуже перспективними приладами.

З процесами дискретизації і цифро-аналогового перетворення, які мають місце в DDS, пов'язані і деякі обмеження: максимальна вихідна частота не може бути вище половини тактової (на практиці вона ще менше). Це обмежує область застосування DDS в області HF і частини VHF-діапазону; окремі побічні складові вихідного сигналу на виході DDS можуть бути значними, в порівнянні з синтезаторами інших типів. Спектральна чистота вихідного сигналу DDS сильно залежить від якості ЦАП; споживана DDS-потужність практично прямо пропорційна тактовій частоті і може досягати сотень мілліватт. При великих тактових частотах DDS можуть виявитися непридатними для пристроїв з батарейним живленням.

При практичній реалізації для генерації синусоїдального сигналу буде потрібно ЦАП. Тип ЦАП можна обрати - R2R на 8 біт. Він дозволить працювати на високих частотах, порядку мегагерц. Щоб спростити задачу, можна виконати генератор не у вигляді окремого пристрою з кнопками і LCD екраном, а у вигляді пристрою, який підключається до ПК через USB. Для цього підійде плата USB2RS232. Інтерфейс програми можна написати на Delphi7. Також знадобиться плата з ПЛІС, такі як Cyclone iv EP4CE10E22C8N або Cyclone ii EP2C5. За швидкістю роботи вони не відрізняються. Обидві плати мають «на борту» генератори 50 МГц, а всередині ПЛІС є PLL, за допомогою якого можна збільшити частоту до 200 МГц. При необхідності можна розширивши проект за потрібне функціоналом. Додати простіше, ніж зробити з нуля[2].

Синтез частот забезпечує набагато більш високу точність і стабільність, ніж традиційні електронні генератори, які використовують змінну індуктивності або ємності, дуже широкий діапазон роздільної здатності без будь-яких комутацій і практично миттєве перемикавання на будь-яку задану частоту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Paul Kern (July 2007). "Direct digital synthesis enables digital PLLs". RFDesign.
2. Алексейченко А. В. Функциональный DDS генератор на ПЛИС [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habrahabr.ru/post/260999/>.

Білий Руслан Ігорович — студент групи БМА-17, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ram13b.biliy@gmail.com.

Науковий керівник: **Костішин Сергій Володимирович** — док. техн. наук., доцент, кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Biliy Ruslan Igorovich — student of BMA-17, Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, c. Vinnitsa, e-mail: ram13b.biliy@gmail.com.

Supervisor: **Kostishyn Sergey Volodymyrovych** — Ph.D., assistant professor, department of biomedical engineering, Vinnitsa National Technical University, c. Vinnitsa.

ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА В МЕДИЦИНІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація Проведено огляд сучасного стану розвитку волоконно-оптичних сенсорів, які домінують серед інших волоконно-оптичних пристроїв, завдяки високій чутливості й можливості прецизійного вимірювання. Особливу увагу приділено сенсорам для здійснення інвазивного і малоінвазивного дослідження біотканин. Розглянуті переваги використання оптичного волокна саме у біомедичних сенсорах.

Ключові слова: оптичне волокно, датчик, передача інформації, ендоскоп, діагностика

Abstract In this paper, reviewed a large amount of literature on the current state of development of optical fiber sensors which dominate among the other fiber optic devices. Due to its high sensitivity and possibility of the precision measurement. A special attention is paid to the sensors for invasive and minimally invasive study of biological tissues. Discussed of the advantages of using optical fibers is in biomedical sensors.

Keywords: optical fiber sensor, information transfer, endoscope, diagnostics

Вступ

Оптичне волокно на сьогоднішній день вважається найдосконалішим фізичним середовищем для передачі інформації, особливо великих її потоків на значні відстані. У сучасних телекомунікаційних системах інформація передається у вигляді послідовностей двійкових посилань, або бітів [1].

Вважається, що ВОЛЗ, в силу особливостей поширення електромагнітної енергії в оптичному волокні (ОВ), мають підвищену перехованість. Це пояснюється тим, що оптичне випромінювання, що є носієм інформації, поширюється в ОВ згідно закону повного внутрішнього відображення, а в ОВ електромагнітне випромінювання експоненціально спадає. Ділянки, де можливий витік електромагнітного випромінювання і вилучення інформації внаслідок несанкціонованого доступу (НД), відносно нечисленні, «класичними» радіотехнічними методами (приймально-передавальна апаратура, регенераційні пункти) вони можуть бути визначені і локалізовані. Тому ці ділянки порівняно легко можна контролювати. Конфіденційність переданої по ВОЛЗ інформації може бути забезпечена застосуванням спеціальних методів і засобів захисту лінійного тракту від НД. До основних переваг застосування захищених ВОЛЗ відносяться: незалежність від структури цифрових сигналів, що передаються; незалежність від швидкості передачі цифрових сигналів; універсальність застосування в локальних, абонентських або зонових мережах зв'язку. Але втрата фотонів на мікросгинах й макросгинах можуть бути використані з метою НД.

Інформаційно-вимірювальні системи на основі ВОЛЗ

Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) є невід'ємною частиною сучасної науки і техніки. На сьогодні, у зв'язку з комплексним ускладненням існуючих і розробкою якісно нових технологічних процесів в промисловості, посилюються вимоги, що пред'являються до експлуатаційно-технічних характеристик датчиків. Одним з найбільш перспективних і ефективних способів вирішення питання задоволення зростаючих вимог є перехід від класичних електронних вимірювальних технологій до волоконно-оптичних датчиків й ІВС на їх основі. Найважливішим з елементів вимірювальних систем є чутливі елементи, тобто датчики вимірюваних величин. Інформаційно-вимірювальні системи повинні органічно поєднувати канали передачі інформації з чутливими елементами, тому переважно отримувати в чутливих елементах сигнали тієї ж природи, що використовуються в каналі передачі. Для волоконно-оптичних систем, таким чином, бажано мати чутливі елементи оптичного типу. Тому появу волоконно-оптичних датчиків (ВОД) можна вважати закономірним кроком в розвитку сучасної науки і техніки [2].

Оптичне волокно широко використовується в медичній сфері діагностики та лікування. Оскільки ОВ можуть бути дуже тонкими і можуть бути звиті в гнучкі нитки, вони можуть бути використані для досліджень кровоносних судин, легенів та інших ділянок тіла людини. Оптичні волокна дозволяють медикам проводити візуальний аналіз і лікування різних захворювань через крихітні надрізи за допомогою інструменту під назвою ендоскоп (де один пучок оптичних волокон використовується для проектування світла на ділянки тканини, а другий передає відбите світло від тканин, й дозволяє тим самим отримати чітке зображення на екрані монітору).

Слід зауважити, що діагностичні та лікувальні можливості в різних сферах медицини значно розширилися при впровадженні в клінічну практику ендоскопічних методів дослідження [3, 4]. Ендоскопи – це універсальні прилади, призначені для візуальної діагностики важкодоступних зон та областей [5] (вони знайшли широке використання не лише в медицині). Кожен з них використовуються для вивчення конкретної області людського тіла [6]. Ще один метод досліджень, при якому використовуються оптичні волокна, що одержав широке поширення для лікування різних захворювань, є артроскопія. При цьому методі використовується прилад під назвою артроскоп. Цей інструмент являє собою прямий циліндр з серією лінз і оптичних призм, які вводять в розріз шириною від двох до п'яти міліметрів, безпосередньо в суглоб. Артроскоп використовується для діагностики стану суглобових з'єднань організму, де ОВ можуть бути використані для вимірювання температури та інших біологічних параметрів, а також при виконанні хірургічних операцій. Крім того, ОВ широко й успішно використовуються для дослідження і лікування серцево-судинної системи, а також для прямого інтенсивного лазерного опромінювання рани [7] для зупинки кровотечі або спалення аномальних тканин.

У волоконно-оптичних датчиках оптичне волокно може бути застосоване просто як канал передачі інформації, а може відігравати роль чутливого елемента датчика. В останньому випадку використовуються чутливість волокна до електричного поля (ефект Керра), магнітного поля (ефект Фарадея), до вібрації, температури, тиску, деформації (наприклад, до вигину) [1]. Багато з цих ефектів в оптичних системах зв'язку оцінюються як недоліки, але у датчиках їх наявність є скоріше перевагою, яку варто використовувати. Оптичне волокно застосовується в системах колориметрії, зокрема в датчиках кольору [8].

В той же час, останні досягнення в мінімально інвазивній хірургії потребують менших розмірів катетерів й одноразових зондів. Ендоскопічні прилади добре відомі, але внутрішні фізичні характеристики оптичних волокон, надають їм неймовірну привабливість для біомедичного зондування. Некаліброване волокно (зазвичай діаметр менше 250 мкм) може бути вбудоване безпосередньо до підшкірних голок й катетерів, так що їх використання може бути як мінімально інвазивним, так і сильно локалізованим. Волоконно-оптичні датчики, виконані таким чином, можуть виконувати багатоточкове й багатопараметричне дистанційне зондування. Оптичні волокна нейтральні до електромагнітних перешкод, хімічно інертні, нетоксичні і вибухобезпечні. Їх використання не буде створювати перешкоди в роботі електронних приладів, які знаходяться у медичних установах. Й найголовніше, інертність волокон до електромагнітних й радіохвильових сигналів робить їх ідеальними для використання в режимі реального часу під час діагностичної візуалізації з МРТ, КТ та ін. А також при тепловому апеляційному лікуванні з участю радіохвиль чи НВЧ–випромінювання.

Волоконно-оптичні датчики містять джерело світла, оптичне волокно, зовнішній датчик, і фотодетектор. Їхня чутливість пов'язана з виявленням модуляції одного або кількох характеристик світла, які визначаються інтенсивністю випромінювання всередині волокна, наприклад, довжини хвилі або поляризації. Модуляція виникає прямим і відтвореним чином від зовнішнього збудження, викликаного фізичним параметром, величина якого повинна вимірюватись. Величина вимірюваного параметра вираховується з виявлених змін у світлових параметрах.

Існують два основних типи волоконно-оптичних датчиків. Зовнішні ВОД працюють завдяки передачі випромінюванню і прийманню світла.

У внутрішньому датчику світло не покидає волокна, а вимірюваний фізичний параметр впливає на властивості світла, що поширюється вздовж волоконної лінії, діючи безпосередньо на саме волокно. В зовнішньому датчику збудження діє на перетворювач, і оптичне волокно просто пропускає світло з місця перехоплення.

Багато різних принципів волоконно-оптичних датчиків були продемонстровані вже промисловими зразками, зокрема для біомедичного застосування, серед яких волоконні брегівські решітки (ВБР), порожнини Фабрі-Перо або торцеві волоконно-оптичні інтерферометри Фабрі-Перо, інтерферометр Саньяка, інтерферометр Маха-Цандера та інші. До цих пір найбільш поширені ті, що основані на інтерферометрі Фабрі-Перо і брегівських решітках. Також поширені спектроскопічні датчики, які базуються на поглинанні світла і флуоресценції. Біомедичні ВОД можна розділити на чотири основні типи: фізичні, хімічні, біологічні та візуалізаційного призначення (табл. 1).

Таблиця 1. Класифікація біомедичних сенсорів за вимірюваними біомедичними параметрами

Тип сенсора	Фізичні	Хімічні	Біологічні	Візуалізаційні
Параметри	Температура тіла	pH	Антигени	Ендоскопія
	Кров'яний тиск	pO ₂	Антитіла	Оптично-когерентна томографія
	Кровотік	pCO ₂	Електроліти	Фотодинамічна терапія
	Частота серцевих скорочень	Оксиметрія (SaO ₂ , SvO ₂)	Ензими	
	Сила	Глюкоза	Інгібітори	
	Позиція	Жовч	Метаболіти	
	Дихання	Ліпіди	Протеїни	

Фізичні датчики вимірюють різні фізіологічні параметри, такі як температура тіла, кров'яний тиск і механічні переміщення м'язів. Датчики, призначені для візуалізації знаходять застосування як в ендоскопічних приладах для внутрішнього спостереження та обробки зображень, так і в більш просунутих методиках, таких як оптична когерентна томографія і фотоакустична візуалізація, де внутрішні сканування і візуалізація можуть бути зроблені неінтрузивно (тобто з мінімально можливим ступенем проникнення).

Хімічні сенсори базуються на явищі флуоресценції, спектроскопічних методах і індикаторах для виявлення та визначення наявності певних хімічних сполук і метаболічних змінних (таких як водневий показник pH, концентрація кисню в крові або рівень глюкози). Вони виявляють специфічні хімічні домішки для діагностичних цілей, а також контролюють хімічні реакції організму і активність ферментів.

Біологічні сенсори мають тенденцію бути більш складним і базуються на біологічних реакціях, таких як розпізнання ферменту-субстрату, антиген-антитіло або ліганд-рецептор для ідентифікації і кількісної оцінки конкретних біохімічних молекул, що представляють інтерес.

З точки зору напрацювань, базові візуалізаційні датчики є найбільш розвиненими. Другі за рівнем розвитку і поширенням – волоконно-оптичні датчики для вимірювання фізичних параметрів. І найменш розвинена область в плані успішності сенсорних продуктів – це датчики для біохімічного зондування.

Висновок

Біомедичне зондування за допомогою ВОД – це незаповнений, прибутковий і повний зростаючих можливостей ринок, особливо для великих обсягів наявних зондів. Попит на обширний моніторинг пацієнтів в поєднанні з тенденцією до мінімально інвазивної хірургії, яка сама по собі вимагає різноманітних мінімально інвазивних медичних пристроїв, а також приладів одноразового використання. Одноразові датчики невеликого розміру можуть бути включені в катетери та ендоскопи, а тому для цього ідеально підходять волоконно-оптичні датчики. Існує також незаперечна можливість для ВОД як датчиків для моніторингу життєво важливих функцій під час використання МРТ, а також радіочастотних процедур з електромагнітними перешкодами. Слід окремо відзначити, що розглянуті види датчиків широко використовуються не тільки в медичній практиці, але й в лабораторних дослідженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Павлов С. В. Використання волоконно-оптичних сенсорів у біомедичних дослідженнях / С. В. Павлов, Р. В. Просоловський, Т. І. Козловська // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2008. — № 2 (15). — С. — 159.
2. Шандаров В. М. Волоконно-оптические устройства технологического назначения / В. М. Шандаров — Томск. — 2012. — 199 с.
3. Трембовецкая Р. В. Выбор оптической системы для медицинских эндоскопов / Р. В. Трембовецкая // Вісник ЧДТУ. — 2013. — № 4. — С. 49—53.
4. Дудковская М. А. Преломление света, законы преломления. Рефрактометрия. Волоконная оптика. Эндоскопия. Лапароскопия / М. А. Дудковская, Н. П. Лобко. — Минск : БГМУ, 2002. — 23 с.
5. Проектування волоконно-оптичних сенсорів в контексті побудови оптико-електронних приладів дослідження периферійного кровотоку / С. В. Павлов, О. Д. Азаров, В. Б. Василенко, Р. В. Просоловський // Біомедичні оптико-електронні системи та прилади. — 2010. — № 1(19). — С. 124—133.

6. Кожем'яко В. П. Комп'ютерні моделі оптико-електронних систем та приладів для ендовазальної лазерної коагуляції / В. П. Кожем'яко, В. В. Мороз // Біомедичні оптико-електронні системи та прилади. — 2010. — С. 173—177.

7. Влияние оптического излучения синего диапазона на реологические свойства крови у больных бронхиальной астмой / Н. П. Александрова, Е. И. Островский, В. И. Карандашов и др. // Физиотерапия. Бальнеология. Реабилитация. — 2014. — № 4. — С. 15—18.

8. Colorimeter based on color sensor / D. V. Snizhko, O. A. Sushko, E. A. Reshetnyak et al. // Przegląd Elektrotechniczny. — 2017. — Vol. 93, Issue 5. — P. 96—101.

Альона Володимирівна Наконечна – студентка групи БМА-17мн, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ram13b.nakonechna@gmail.com.

Науковий керівник: **Штофель Дмитро Хуанович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Alyona V. Nakonechnaya - student of the group BMA-17mn, Department of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ram13b.nakonechna@gmail.com.

Supervisor: **Dmytro Kh. Shtofel** – Cand. Sc. (Eng.), Docent, Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АПАРАТІВ «ШТУЧНА БЕТА КЛІТИНА»

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено структурний аналіз існуючих апаратів «Штучна бета клітина», який дозволив оцінити переваги та недоліки окремих блоків апарату та можливості його вдосконалення і покращення ефективності.

Ключові слова: штучна бета клітина, цукровий діабет, структурний аналіз.

Abstract

The structural analysis of the existing "Artificial Beta Cells" devices was carried out, which allowed to assess the advantages and disadvantages of individual units of the apparatus and the possibilities of its improvement and efficiency improvement.

Keywords: artificial beta cell, diabetes mellitus, structural analysis.

Вступ

Апарати «Штучна бета клітина», являються технічним регулятором, збудованим на кібернетичних принципах. Загальна структура апарату зображена на рисунку 1 та складається з трьох основних функціональних модулів [1]:

- модуля моніторингу глікемії;
- модуля керування глікемією;
- модуля інфузії інсуліну.

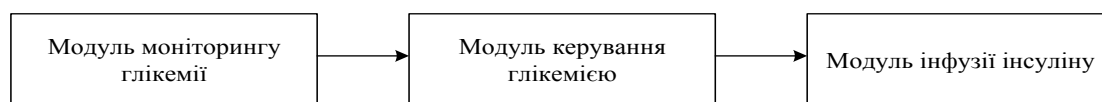


Рисунок 1 – загальна структурна схема апаратів «Штучна бета клітина»

Виклад основного матеріалу

Модуль моніторингу глікемії виконує функцію неперервного моніторингу та визначення глікемії. На основі визначеної інформації про глікемію в модулі алгоритму керування формується сигнал на інфузію інсуліну із умови забезпечення необхідних характеристик перехідних процесів. Модуль інфузії призначений для введення необхідної кількості інсуліну в організм пацієнта. Визначення результату дії інсуліну на глікемію за допомогою модуля моніторингу замикає контур зворотного зв'язку.

Окрім основних модулів апарати «Штучна бета клітина» можуть мати додаткові функціональні модулі: модуль реєстрації, відображення, зберігання інформації про розрахункові та фактичні значення глікемії, швидкість інфузії інсуліну та інших препаратів, їх сумарних величинах [1], а також модулі оповіщення про низький / високий рівень інсуліну в крові, закінчення інсуліну або заряду акумулятора.

Модуль моніторингу глікемії реалізується у вигляді глюкозного сенсора, що перетворює вимірювану величину, пов'язану з глікемією в електричний сигнал. Цей сигнал підсилюється та перетворюється за допомогою АЦП для подальшої обробки. Для доставляння крові до сенсора використовується, у разі необхідності, кровозабірна магістраль із пластикової трубки та катетера і спеціальний насос [2].

Модуль керування глікемією реалізується на стандартних засобах обчислювальної техніки, включаючи центральний процесор, оперативну на зовнішню пам'ять та інтерфейси вводу-виводу.

Модуль інфузії інсуліну реалізується у вигляді спеціального керованого насосу та інсулінонагнітаючої трубки та переходника. До переходника під'єднується магістраль для нагнітання фізіологічного розчину з мінімальною постійною швидкістю з цілю кращого вимивання гормону в кровотік без суттєвої затримки.

В деяких апаратах із за недосконалості алгоритмів може бути передбачена інфузія глюкози або глюкагону, для попередження гіпоглікемії [2].

Апарати «Штучна бета клітина» працюють наступним чином: давач фіксує глікемію пацієнта, цей сигнал із давача (рисунок 2) оцифровується за допомогою АЦП і передається по дротовому або бездротовому з'єднанню на модуль керування, там у відповідності до алгоритму формується сигнал роботи насоса (рисунок 3).



Рисунок 2 – Рівень глікемії пацієнта [3].

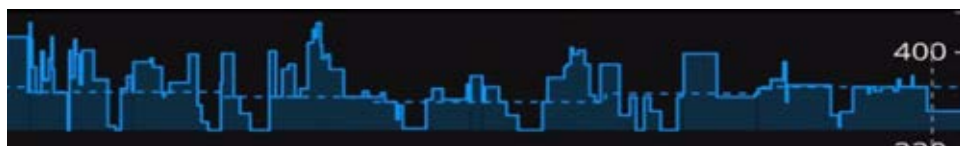


Рисунок 3 – Сигнал керування насосом [3].

Клавіатура використовується для коригування налаштування апарату «Штучна бета клітина», блок індикації забезпечує своєчасне оповіщення пацієнта про закінчення заряду акумулятора, закінчення інсуліну, помилки в роботі апарату. Блок вводу виводу даних застосовується для зберігання результатів вимірювань, оновлення програмного забезпечення та дистанційного моніторингу та керування апаратом лікаря.

Висновки

Блок вводу виводу даних є слабким місцем в апараті «Штучна бета клітина», потрібне його вдосконалення та створення додаткового інтелектуального блоку який зможе додатково коригувати та контролювати алгоритм роботи апарату «Штучна бета клітина», та в разі необхідності оповіщати лікаря про необхідність перевірки, приймати рішення в разі гіпо- або гіперглікемії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Злепко С. М. Медична апаратура спеціального призначення. Біокібернетична концепція «Штучна бета-клітина» навч. п. / Злепко С. М., Коваль Л. Г., Гаврілова Н. М., Тимчик І. С. // [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://posibnyky.vntu.edu.ua/masp/roz6_1.html
2. Kate Linebaugh Tech-Savvy Families Use Home-Built Diabetes Device [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.wsj.com/articles/tech-savvy-families-use-home-built-diabetes-device-1462728637>
3. Open Artificial Pancreas System [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://openaps.org/>

Барановський Дмитро Миколайович — аспірант кафедри біомедичної інженерії, Вінницького національного технічного університету

Злепко Сергій Макарович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри біомедичної інженерії, Вінницького національного технічного університету

Тимчик Сергій Васильович — к. т. н., доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницького національного технічного університету

Baranovskyi Dmytro M. — aspirant of the department of biomedical engineering, Vinnitsa national technical university

Zlepko Sergiy M. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Biomedical engineering, Vinnitsya national technical university

Timchik Sergey V. — Candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of biomedical engineering, Vinnitsa National Technical University

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ТВАРИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Заналізовано питання створення штучного інтелекту для моделювання поведінки живої істоти. Описано основну характеристику поведінки кіберслимака в комп'ютерному просторі. Зазначено перспективи розробок штучного інтелекту для задач моделювання біологічних систем.

Ключові слова: штучний інтелект, технологія, моделювання, поведінка, кіберпростір, адаптація.

Abstract

The issue of creating an artificial intelligence for modeling the behavior of living beings is raised. The basic characteristic of the behavior of cybercrime in the computer space is described. The prospects of the artificial Intelligence of man are elaborated.

Keywords: artificial intelligence, technology, modelling, behavior, cyberspace, adaptation.

Вступ

Людина розробляє все нові і нові технології, причому все це відбувається з величезною швидкістю. XX століття стало століттям науково-технічного прогресу. Зовсім недавно були розроблені прості механізми, що полегшують працю людини, цей процес науки і техніки викликав у суспільстві глибокі перетворення, що зачіпають всі сфери і сторони людського буття. Сьогодні технології досягли такого рівня, що простими механізмами сучасне суспільство обійтися не в змозі. Технології вимагають від людини високого рівня знань і професіоналізму тільки для того, щоб грамотно використовувати їх. В XXI столітті виникає проблема розвитку більш складних та інтелектуальних розробок, яких вимагає сучасний спосіб життя, щоб суспільство могло легко використовувати їх. Технології застосування штучного інтелекту – це те, що вимагає сьогоднішній день [1, 2].

Результати дослідження

Завдання моделювання людської поведінки в її сьогоднішньому представленні відображає в собі основні проблемні моменти, які склалися в філософії, психології, соціології, кібернетиці і в інших науках. Питання, підняті ними, мають фундаментальне значення як для пізнання людиною навколишнього світу, так і самої себе, процесів функціонування когнітивних механізмів [3]. Попереднє сторіччя відзначено першими спробами дати визначення штучному інтелекту, побудувати парадигму для його реалізації і навіть передбачити, які можуть від цього бути наслідки. Однак коли справа доходила до практики, до реалізації тих чи інших теоретичних побудов – процес упирався в глухий кут, який був обумовлений двома причинами [2]:

1. Недостатній рівень розвитку технічних засобів моделювання поведінки людини.
2. Відсутність чітких формальних визначень ознак розумності і відповідної поведінки.

Під інтелектом ми розуміємо здатність будь-якого організму (або пристрою) досягати деякого вимірюваного ступеня успіху при пошуку однієї з багатьох можливих цілей у великому різноманітті засобів. Необхідно відрізнити знання від інтелекту, маючи на увазі, що знання – корисна інформація, накопичена індивідумом, а інтелект – це його здатність передбачати стан зовнішнього середовища в поєднанні з умінням перетворювати кожне передбачення у відповідну реакцію, що веде до заданої мети [4].

Вчені не один рік займаються створенням штучного інтелекту, і якщо перша причина в наші дні поступово сходила нанівець, то друга продовжувала залишатися перешкодою на шляху побудови адекватних моделей поведінки живого організму. На початку 2018 р. в США вчені представили унікальну модель простого організму (кіберслимака), який був наділений штучним інтелектом, що дає поштовх до більш складної розробки людського мислення [5].

Прототипом віртуальної моделі слимака став слимак виду *Pleurobranchaea californica*. Розробка з зачатками самосвідомості отримала назву *Cyberslug*. Розробка здійснювалась в співробітництві з біологами, кіберслимак має здатність сприймати зовнішній світ, покладаючись на мотивацію і спогади, має смакові рецептори, може відчувати голод і на рівні почуттів реагувати на різні події [5].

На спеціальному сайті кожен охочий може запустити віртуальну симуляцію слимака виду *Pleurobranchaea californica*. Екран інтерфейсу програми відображає поточні значення асоційованих змінних та статистики. Користувачі можуть вибрати автоматичну навігацію слимака шляхом ручного керування [6].

При зустрічі з невідомою істотою молюск може з'їсти її, захищатися або спаровуватися, якщо вона виявиться його виду. Голодний слимак здатний напасти і на сильніший об'єкт, а ситий не доторкнеться навіть до самої смачної їжі.

Експеримент допоможе, як заявляють учені, вивчити мозок людини, примітивною моделлю якого є кіберслимак. В подальшому дослідники планують додати в модель додаткові схеми для вивчення пізнання і соціальної адаптації [5].

Висновок

Ми розглянули досягнення і можливості для подальшого розвитку моделювання поведінки живих істот на основі штучного інтелекту. Розробка моделі простого організму на прикладі кіберслимака, представлена вченими США, дала новий поштовх до розробки більш складних моделей людського мислення. Основними характеристиками розглянутого штучного організму є здатність сприймати зовнішній світ та адаптація до умов середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баженов Л. Б. Интеллект и машина / Л. Б. Баженов, И. Б. Гутчин. – М. : Знание, 1973. – 32 с.
2. Искусственный интеллект: современный подход / Стюарт Рассел, Питер Норвиг. – М. : Вильямс, 2006. – 1410 с.
3. Стан досліджень по проблемі впливу когнітивних функцій на емоції і поведінку людини / М. В. Бачинський, Д. Х. Штофель, С. М. Горбатюк, Г. С. Лепьохіна // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах : матеріали XVI міжнар. наук.-техн. конференції. – Одеса-Хмельницький : ХНУ, 2016. – С. 133–134.
4. Смолин Д. В. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций / Д. В. Смолин. – М. : Физматлит, 2004. – 208 с.
5. Implementing Goal-Directed Foraging Decisions of a Simpler Nervous System in Simulation [Web] / Brown, J. W., Caetano-Anollés, D., Catanho, M. et al. // eNeuro. – 2018. – 5(1). – 10 p. – Access mode : <http://www.eneuro.org/content/eneuro/5/1/ENEURO.0400-17.2018.full.pdf>
6. Cyberslug [інтелектуальний симулятор слимака] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mikhailvoloshin.com/cyberslug>

Козеренко Марія Петрівна – студентка групи БМІ-16б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kozerenko.masha@ukr.net.

Науковий керівник: **Штофель Дмитро Хуанович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Mariya P. Kozerenko – student of group BMI-16b, Faculty of infocommunications, radioelectronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kozerenko.masha@ukr.net.

Supervisor: **Dmytro Kh. Shtofel** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

РЕАЛІЗАЦІЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ГАЗІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглядається питання розробки і виконання компактного і недорогого аналізатора вибухонебезпечних газів. Запропонована структурна схема та конструкція пристрою для реєстрації підвищеної концентрації горючих вуглеводнів та чадного газу. На базі промислового датчика «MQ-9» та обчислювальної платформи «Arduino» реалізовано і випробувано побутовий газоаналізаторний пристрій, який забезпечує виявлення вибухонебезпечних газів в повітрі при їх концентрації від 10 ppm.

Ключові слова: газоаналізатор, мікроконтролер, сенсор газу, пристрій, конструкція, макет.

Abstract

The paper considers the development and implementation of a compact and inexpensive analyzer of explosive gases. The structural scheme and design of the device for the registration of increased concentration of combustible hydrocarbons and carbon monoxide is proposed. Based on the industrial sensor "MQ-9" and the computer platform "Arduino" a household gas analyzer device was realized and tested. It provides the detection of explosive gases in the air in concentration over 10 ppm.

Keywords: gas analyzer, microcontroller, gas sensor, device, design, layout.

Вступ

Чи в кожную хвилину свого дорогоцінного життя Ви впевнені у власній безпеці? Чи уважно Ви слідкуєте за середовищем свого перебування і знаєте, які небезпеки Вас оточують повсякчас? Мабуть, що ні. Ми ніколи напевно не знаємо, що нам приготувала доля, де б ми не знаходились. Особливо це стосується тих моментів, коли ми працюємо, адже трудова діяльність людини здійснюється в умовах можливого виникнення чималої кількості різноманітних небезпек, серед них найбільш раптовими є вибухи та пожежі, між якими спостерігаються причинно-наслідкові зв'язки. Вони можуть виникати як на об'єктах, що виробляють чи використовують вибухонебезпечні матеріали та речовини (зокрема об'єкти вугільної, нафтової, газової, хімічної, металургійної промисловості та ін.), так і в будь-яких інших місцях, що пов'язані з життєдіяльністю людини. Однією з причин вибухів є вибухонебезпечні гази [1].

Вибухонебезпечні гази (explosive gases) – це горючі гази, які здатні утворювати з повітрям вибухову суміш [2]. Найбільш вибухо- та пожежонебезпечні суміші з повітрям утворюються при витоку газоподібних та зріджених речовин вуглеводневого ряду – метану, пропану, бутану, етилену, пропілену тощо [1]. На деяких об'єктах, таких як полігони, звалища твердих побутових відходів, вугільні шахти, ці продукти можуть з'являтися випадково і спонтанно, тому задля забезпечення пожежної безпеки у подібних місцях потрібно обов'язково здійснювати контроль концентрації вибухонебезпечних газів у повітрі поблизу об'єктів, де вони можуть утворюватись та/або накопичуватись. Такий же контроль доцільно здійснювати у школах, університетах, магазинах, інших установах значного скупчення людей і навіть у звичайних помешканнях, адже існує велика небезпека витоку природного газу, що використовується для опалювання приміщень та приготування їжі.

Результати досліджень

Вимірювальні пристрої, що дозволяють визначати якісний і кількісний склад сумішей газів, називають газоаналізаторами. На сьогодні вони у широкому асортименті наявні у продажу, але їхня ціна є надто високою, що не дозволяє в повному обсязі встановити газоаналізатори у всіх місцях, де вони необхідні. Для аналізу вибухонебезпечних сумішей газів в промислових масштабах часто застосовуються магнітоєфузійні газоаналізатори, проте вони вимагають високоточної стабілізації витрат аналізованої суміші та порівняльного газу, а також постійної температури і параметрів електроживлення [3]. Проте для більшості випадків не потрібно, щоб пристрій здійснював детальний аналіз суміші газів, достатньо лише сповіщення про небезпечну концентрацію будь-якої з вибухонебезпечних речовин та сполук. Зважаючи на це, конструкцію газоаналізатора можна значно спростити, що зменшить його вартість.

Такий пристрій для задач побутового виявлення вибухонебезпечних газів та використання в навчальному процесі було розроблено нами на базі плати з мікроконтролером «Arduino» (Mega, Uno, Nano), яка є апаратною обчислювальною платформою, та датчика найпоширеніших вибухонебезпечних газів «MQ-9», що є досить недорогим (ціна становить близько 100 грн.) і легкодоступним. Структурна схема конструкції такого газоаналізатора наведена на рис. 1.

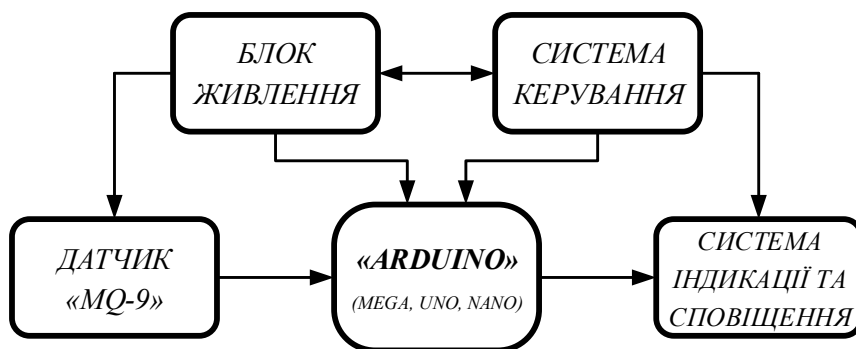


Рисунок 1 – Структурна схема газоаналізатора з датчиком «MQ-9»

Система керування містить у своєму складі усі необхідні для управління та налаштування пристрою кнопки, вимикачі, перемикачі та потенціометри (також можна вмонтовувати енкодери).

Система індикації та сповіщення, залежно від потреб споживача, може містити у своєму складі різні пристосування. Базовими елементами є: червоний світлодіод (для світлової індикації небезпечної концентрації газів), зумер або інше джерело звуку (для звукового сповіщення про вміст у повітрі небезпечної концентрації газів), дисплей будь-якого типу (для точного відображення концентрації газів та здійснення налаштувань пристрою).

Чутливим елементом цього пристрою є електронний сенсор хімічного типу виробництва Hanwei Electronics Group Corporation «MQ-9» (рис. 2). Цей датчик чутливий до диму і вибухонебезпечних газів, таких як природний газ, бутан, пропан, метан, водень і пари спирту.

Сенсор MQ-9 – це напівпровідниковий електронний прилад, виконаний на основі плівкової металооксидної технології. Принцип роботи сенсора оснований на зміні опору тонкоплівкового шару діоксиду олова SnO_2 при контакті з молекулами газів у повітрі, що аналізується. Використовуючи цю властивість, можна подавати відому напругу на датчик, а потім зчитувати її змінені значення. Чутливий елемент датчика складається з керамічної трубки, покритої оксидом алюмінію Al_2O_3 і нанесеного на неї чутливого шару діоксиду

олова. Всередині трубки встановлений нагрівальний елемент, який підвищує температуру чутливого шару до значення, при якому він починає реагувати на наявність газів (250 ± 10 °C) [4]. Чутливість до різних газів досягається варіюванням складу домішок в чутливому шарі. Недоліком цього сенсору є залежність показників від температури і вологості навколишнього середовища, а також невисока чутливість у порівнянні з іншими п'єзоелектричними сенсорами, які мають високу вартість, та з напівпровідниковими давачами, які натомість мають обмежений термін роботи [5]. Однак чутливості «MQ-9» до горючих вуглеводневих газів в межах від 100 до 10000 ppm, а для чадного газу від 10 до 1000 ppm цілком достатньо для побутових задач [6].



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд модуля сенсора газу «MQ-9»

«MQ-9» має аналоговий і цифровий виходи. Напруга на аналоговому виході буде змінюватися пропорційно концентрації газів у навколишньому середовищі. Чим більше значення вихідної напруги, тим вища кількість вибухонебезпечного газу міститься в повітрі. Для визначення логічного рівня (0 або 1) датчик також оснащений цифровим виходом. У модулі датчика є вбудований потенціометр, який дозволяє налаштувати чутливість цього датчика залежно від того, наскільки точно необхідно реєструвати рівень концентрації вибухонебезпечного газу в оточуючому повітрі [7] і яка концентрація газів вважається гранично допустимою.

Згідно з даними виробника датчик «MQ-9», а з ним і весь газоаналізаторний пристрій, має такі технічні характеристики [4]:

- Напруга нагрівача: $5 \text{ В} \pm 0.1 \text{ В}$ (постійного або змінного струму);
- Робоча напруга: 3...15 В (постійного струму);
- Час відгуку: менше 10 с;
- Потужність: 340 мВт;
- Відносна чутливість: $\leq 0,6$;
- Опір нагрівача: 33 Ом;
- Діапазон робочих температур: $-20...+50$ °C.

Нами було зібрано макет описаного газоаналізатора, необхідні компоненти підібрані згідно з вищенаведеною схемою, у пам'ять мікроконтролера завантажено відповідну програму та під'єднано блок живлення, який слугує для забезпечення стабілізованого живлення схеми) до джерела енергії. Система індикації складається з червоного світлодіода та LCD дисплея BC-1602. Додатково на плату можна встановлювати засіб звукової сигналізації. В результаті було отримано досліdnий лабораторний зразок газоаналізатора (рис. 3).

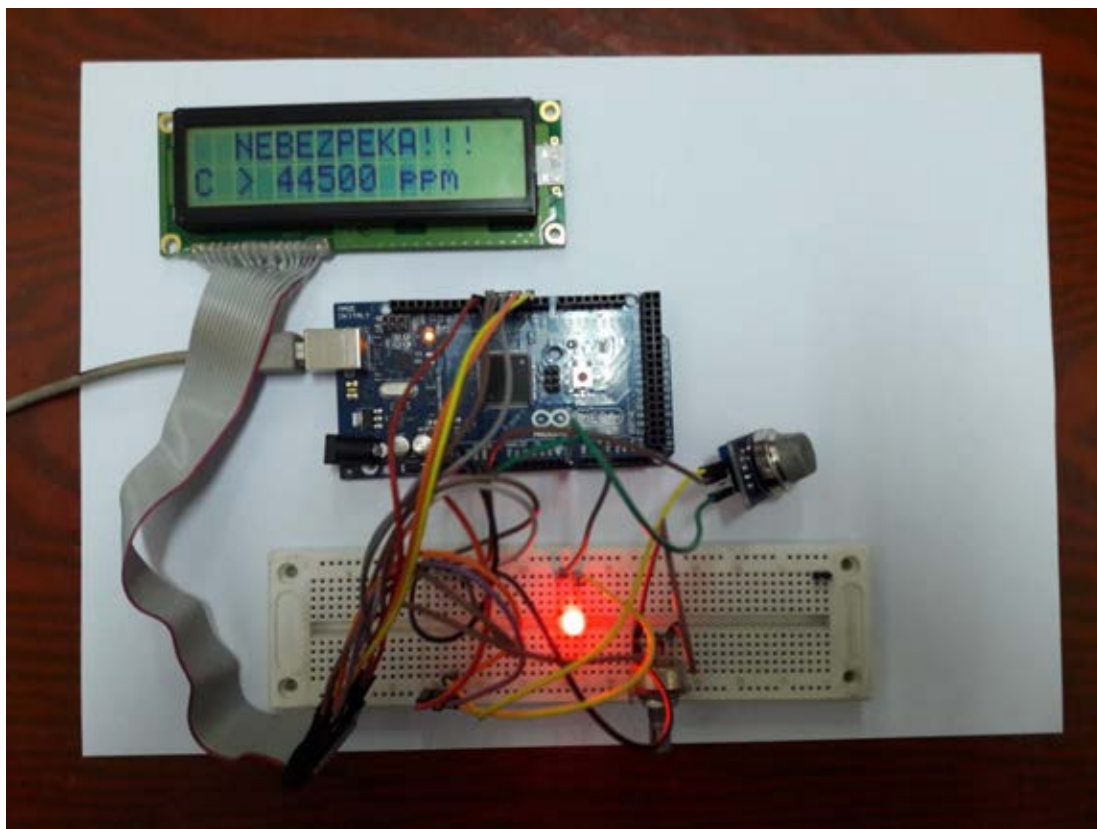


Рисунок 3 – Дослідний зразок аналізатора вибухонебезпечних газів

Як показали випробування, для правильної роботи сенсора нагрівальний елемент необхідно поперемінно живити від напруги 1,5 В (протягом 90 секунд) та від 5 В (протягом 60 секунд). Також можна забезпечити синусоїдальну зміну напруги з відповідною амплітудою і площею під графіком. В інтервалі живлення від низької напруги досягається максимум чутливості до чадного газу, а в інтервалі високої напруги відбувається фіксування вуглеводневих газів і випаровування конденсату. Якщо ж необхідно фіксувати лише чадний газ, досить живити сенсор постійною напругою 1,5 В.

Сенсор починає видавати коректні дані після 20 секунд роботи, оскільки цей час необхідний для розігріву трубки датчика. Варто зазначити, що подібна затримка властива більшості сенсорів газу.

Висновок

В роботі було розроблено макетний зразок побутового газоаналізатора, який може використовуватись в житлових, офісних приміщеннях та інших будівлях суспільного призначення. Газоаналізатор має просту конструкцію, він недорогий і технологічний у виготовленні та забезпечує виявлення вибухонебезпечних газів в повітрі при концентрації від 10 ppm.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Желібо Є. П. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / Є. П. Желібо, Н. М. Заверуха, В. В. Зацарний ; за ред. Є. П. Желібо. – 6-е вид. – К. : Каравела, 2008. – 344 с.
2. Гірничий енциклопедичний словник. Т. 1 / гол. ред. колеґії проф. В. С. Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2001. – 512 с.
3. Аналітичні екологічні прилади та системи / під заг. ред. В. А. Порєва. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 336 с.

4. MQ-9 Semiconductor Sensor for CO and Combustible Gas [Електронний ресурс] / Henan Hanwei Electronics. – Режим доступу : www.haoyuelectronics.com/Attachment/MQ-9/MQ9.pdf
5. Марікуца У. Технічні системи розпізнавання газів на основі електронних сенсорів / У. Марікуца // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2008. – № 626 : Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – С. 16–20.
6. Іщенко В. А. Високочутливі засоби контролю малих концентрацій газів : монографія / В. А. Іщенко, В. Г. Петрук. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 138 с.
7. Полупроводниковые датчики газов [Електронний ресурс] // Сенсорика. – Режим доступу : <http://www.sensorica.ru/d9-1.shtml>

Крекотень Євген Геннадійович – студент групи РАМ–14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Штофель Дмитро Хуанович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: striks@ukr.net.

Костішин Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: seruykost@gmail.com.

Krekoten Evgeniy Gennadyevich – student of group RAM-14b, Faculty of Infocommunications, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Dmytro Kh. Shtofel – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: striks@ukr.net.

Sergii V. Kostishyn – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: seruykost@gmail.com.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі розглядаються особливості побудови мікроконтролерного електрокардіографа та вимоги до нього. Проаналізовано принцип його роботи, розроблено узагальнену структурну схему пристрою та описано його складові частини.

Ключові слова: електрокардіограф, мікроконтролер, біомедична апаратура, пристрій, структурна схема.

Abstract

In this paper the features of construction of a microcontroller electrocardiograph and requirements to it are considered. The principles of ECG performing are analyzed, the generalized structural scheme of the device is developed and its constituent parts are described.

Keywords: electrocardiograph, microcontroller, biomedical equipment, device, structural scheme.

Вступ

В наш час різноманітна цифрова техніка досить популярна. Висока швидкість обробки цифрової інформації, зручність її зберігання та передавання, відображення сприяє невпинному зростанню рівня використання цифрової техніки в усіх галузях народного господарства. Цифрові комутаційні системи та системи вимірювання та контролю зустрічаються скрізь.

Простота та гнучкість в програмуванні, можливість побудови різних систем сприяють широкому використанню мікропроцесорної техніки в усіх сферах суспільного життя. Крім того, при використанні мікропроцесорної техніки зменшується вплив людського фактору на процес керування чи обробки інформації, зменшується ймовірність помилок, збільшується швидкість роботи [1].

Не є винятком і пристрої біомедичної апаратури, зокрема електрокардіографи, що являють собою медичні електровимірювальні прилади, за допомогою яких вимірюють і реєструють різницю потенціалів між характерними точками поверхні тіла людини. Прямим результатом роботи електрокардіографа є отримання електрокардіограми (ЕКГ) – графічного представлення різниці потенціалів, що виникають в результаті роботи серця і проводяться на поверхню тіла. Використання у складі його конструкції мікроконтролера (МК), що є основою побудови пристрою, спрощує побудову, розширює функціональні можливості та збільшує надійність електричної схеми [2].

Основна частина

Вхідні ланцюги електрокардіографа повинні підсилювати дуже слабкі сигнали від тіла людини, які знаходяться в діапазоні від 0,5 мВ до 5 мВ в поєднанні з постійною складовою величиною ± 300 мВ, яка виникає при контакті електродів зі шкірою (це явище називається шкірно-гальванічною реакцією), плюс синфазна складова між електродами і загальним (земляним) проводом величиною до 1,5 В. Смуга частот, що підлягає обробці й аналізу, становить, залежно від виду дослідження, від 0,5 Гц до 50 Гц (в пристроях моніторингу під час інтенсивної терапії), і до 1 кГц. Стандартний клінічний апарат ЕКГ працює зі смугою частот 0,05 – 100 Гц.

Так як сигнали від тіла дуже слабкі, у першу чергу їх необхідно підсилити. Підсилювачі, які використовуються в біомедицині для роботи з сигналами, мають дуже невеликі коливання напруги разом з напругою зміщення, називаються інструментальними операційними підсилювачами. Інструментальні підсилювачі мають високу ступінь завадостійкості від синфазних перешкод, що означає здатність до диференціального підсилення сигналу на входах «+» і «-». Найвідомішими виробниками інструментальних підсилювачів є Texas Instruments і Analog Devices [3].

При стисненні передсердя і шлуночків, а також від контактів електродів і інших електронних пристроїв виникає певний шум. Для фільтрації шуму необхідний смуговий фільтр (він обмежує сигнал зверху і знизу).

Далі сигнал необхідно перетворити з аналогового сигналу в цифровий за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). АЦП перетворює вихідний сигнал мікросхеми інструментального підсилювача в цифровий код і зазвичай розташовується у складі структури МК.

АЦП будь-якого мікроконтролера здатний вимірювати тільки напругу. Сигнал завжди вимірюється відносно точки, що називається опорною напругою, ця ж точка є максимумом, який можна виміряти. В якості джерела опорної напруги (ДОН) зазвичай обирається дуже стабільне джерело напруги, інакше всі вимірювання будуть нестабільними.

Однією з найважливіших характеристик є роздільна здатність, яка впливає на точність вимірювання. Весь діапазон вимірювання розбивається на частини. Мінімум – нуль, максимум – напруга ДОН. Для 8-ми бітного АЦП це: $2^8 = 256$ значень; для 10 бітного: $2^{10} = 1024$ значення. Таким чином, чим вища розрядність, тим точніше можна вимірювати сигнал.

Електроди, встановлені на тілі людини, реєструють електричні коливання (зміни різниці потенціалів), та передають їх на мікросхему інструментального підсилювача, яка виконує функції фільтра високих частот і підсилювача одночасно. Вона опрацьовує отриману напругу, формує аналоговий сигнал ЕКГ і передає його на АЦП мікропроцесора. Оцифрований сигнал може записуватися на microSD, SD – карту через послідовний інтерфейс SPI.

Для живлення схеми необхідний відповідний блок живлення, а для стабільної роботи мікропроцесора – кварцовий резонатор.

Програмується мікроконтролер за допомогою завантажувача UART.

Для зручного користування електрокардіографом часто використовують індикаторні світлодіоди. Червоний – для відображення рівня живлення, зелений – для контролю коректного зняття ЕКГ.

Всі компоненти розміщуються на спеціально розробленій і виготовленій друкованій платі.

Розроблена в роботі загальна структурна схема типового мікроконтролерного електрокардіографа наведена на рисунку 1.

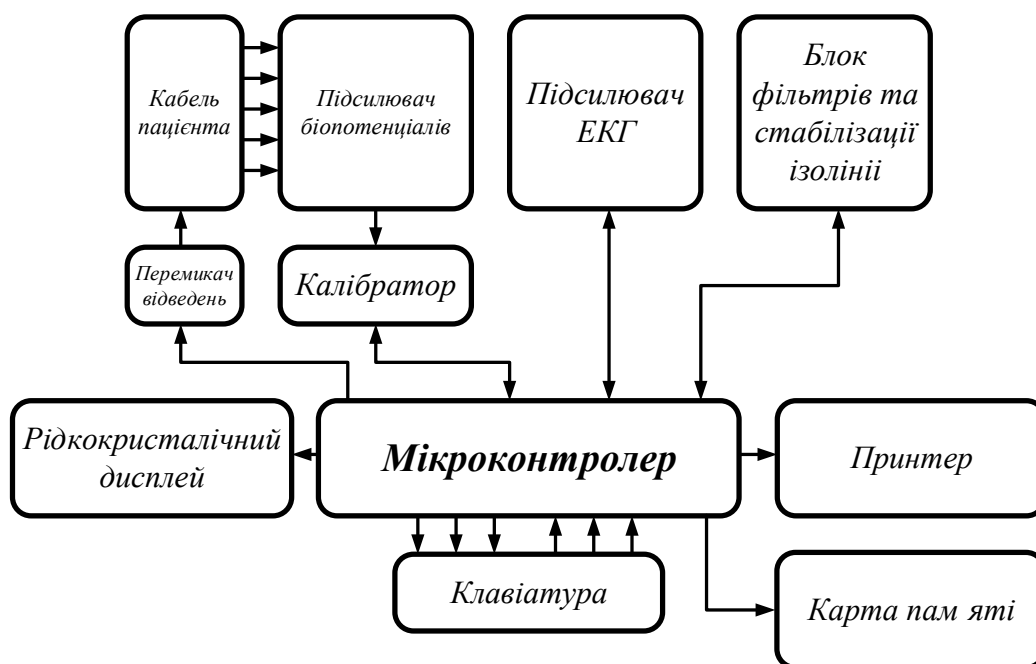


Рисунок 1 – Структурна схема мікроконтролерного електрокардіографа

Загалом прилад можна умовно розділити на такі блоки:

- електроди – за допомогою відповідної кількості електродів проводиться реєстрація електрокардіограми по чотирьох відведеннях (кабель пацієнта), перемикання між якими, здійснюється блоком перемикачів відведень, який керується мікроконтролером;
- підсилювачі – блоки операційних підсилювачів кардіосигналу (біопотенціалів та ЕКГ);

- калібратор – блок, що регулює та узгоджує з МК коефіцієнт підсилення блоку підсилювача біопотенціалів;
- фільтри – блок активних і пасивних фільтрів, які служать для фільтрації сигналу від завад та артефактів;
- мікроконтролер – основний блок електрокардіографа, який керує роботою приладу та проводить первинну обробку даних;
- ОЗП – оперативно запам'ятовуючий пристрій (міститься у складі МК);
- ПЗП – постійно запам'ятовуючий пристрій – мікросхема Flash-пам'яті на яку записується електрокардіограма (міститься у складі МК);
- рідкокристалічний дисплей – дисплей на якому висвітлюється меню керування приладом, а також різні системні повідомлення;
- гальванічна розв'язка – блок гальванічної розв'язки ЕОМ з приладом, зібраний на оптопарах;
- принтер використовується для виведення ЕКГ на паперову стрічку;
- карта пам'яті використовується для запису результатів досліджень [4].

Висновок

В роботі розроблена узагальнена структурна схема мікроконтролерного електрокардіографа, який може використовуватись в складі універсальних медичних інформаційних систем [5], на мобільних станціях швидкої допомоги, в скринінгових центрах для моніторингу стану здоров'я населення та навіть як побутовий діагностичний прилад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мілих В. І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : підручник/ В. І. Мілих, О. О. Шавьолкін. – К. : Каравела. – 2007. – 688 с.
2. Мурашко В. В. Электрокардиография / В. В. Мурашко, А. В. Струтынский. – 9-е изд. – М. : Медпресс-информ, 2008. – 320 с.
3. Борьба с помехами на собранном электрокардиографе [Электронный ресурс] / Студенческая библиотека. – Режим доступа : http://studbooks.net/2129730/matematika_himiya_fizika/borba_pomehami_sobrannom_elektrokardiografe (дата звернення 18.03.18). – Назва з екрана.
4. Илясов Л. В. Биомедицинская измерительная техника : учеб. пособие для вузов / Л. В. Илясов. – М. : Высшая школа, 2007. – 342 с.
5. Медична система прийняття та підтримки прийняття рішень / Д. Х. Штофель, Л. Г. Коваль, С. М. Злепко, Л. В. Космач // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Серія: Інформатика та моделювання. – 2013. – № 19 (992). – С. 167–172.

Крекотень Євген Геннадійович – студент групи РАМ–14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Штофель Дмитро Хуанович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: shtofel@vntu.edu.ua.

Навроцька Ксенія Сергіївна – асистент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ksysha33@ukr.net.

Evgen G. Krekoten – student of group RAM-14b, Faculty of Infocommunications, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Dmytro Kh. Shtofel – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shtofel@vntu.edu.ua.

Ksenia S. Navrotska – assistant lecturer, department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ksysha33@ukr.net.

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВІДБОРУ ОПЕРАТОРІВ БПЛА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено результати огляду сучасних комплексів для психофізіологічного відбору персоналу. Наведено недоліки існуючих комплексів для роботи з операторами безпілотних апаратів, та обґрунтовано необхідність їх доповнення методами діагностики мілкої моторики.

Ключові слова: Психофізіологічне тестування, оператор БПЛА, мілка моторика.

Abstract

The paper presents the results of the review of modern complexes for psychophysiological selection of personnel. The drawbacks of existing complexes for work with the operators of unmanned vehicles are presented, and the necessity of their supplementation with the methods of diagnostics of shallow motility is substantiated.

Keywords: Psychophysiological testing, UAV operator, motor skills.

Вступ

Швидкий розвиток інформаційних технологій та енергетики дозволив реалізувати нові типи безпілотних літальних апаратів, таких як мультиротори або «коптери». Значно розширилась і сфера використання БПЛА, якщо до 70-х років 20-го століття їх розглядали як радіокеровані іграшки, то після успішного використання подібних апаратів Ізраїлем у ході арабо-ізраїльських війн ставлення до них змінилося. Провідні західні країни почали активно впроваджувати БПЛА у війська та силові відомства. Керування БПЛА відбувається за допомогою пульта дистанційного керування, що вимагає певних навичок від оператора БПЛА. Для відбору осіб придатних для такої діяльності використовуються різноманітні методи та засоби.

Виклад основного матеріалу

На сьогодні відсутні системи професійного психофізіологічного відбору операторів БПЛА. Але актуальність цього питання стимулює роботу науковців з цього напрямку у всьому світі.

В Україні існують та впроваджені автоматизовані психодіагностичні комплекси для різних сфер діяльності різних виробників. Найбільш близьким за набором необхідних тестів та методів для відбору операторів БПЛА є автоматизований психодіагностичний комплекс ІАПДК-01 та система психологічної діагностики «Лідер-1». З основними можливостями даних комплексів можна ознайомитися в мережі Інтернет.

Для роботи оператора БПЛА, крім психологічних, важливим показником є також рівень розвитку мілкої моторики, адже більшість пультів керування БПЛА використовують важелі, які керуються великими пальцями рук або аналоги штурвалів з великою кількістю перемикачів. Для ефективної роботи з такими органами керування рівень розвитку мілкої моторики дуже важливий показник, який надалі визначатиме успішність навчання та роботи оператора БПЛА. ІАПДК-01 та система «Лідер-1» мають у своєму складі лише теплінг-тест, який дозволяє оцінити стан нервової системи, але не дозволяє оцінити рівень мілкої моторики. Тому розробка автоматизованого комплексу для діагностики мілкої моторики є актуальним завданням, вирішення якого дозволить значно підвищити якість відбору кандидатів на навчання операторів БПЛА.

Протягом останніх років створюються комп'ютеризовані комплекси для визначення рівня мілкої моторики. Серед них можна виділити метод автоматизованого тестування мілкої моторики руки на графічному планшеті[1]. Даний метод дозволяє оцінити рівень мілкої моторики шляхом порівняння

зразкових та отриманих в процесі тестування графічних фігур. Недоліком такого методу для відбору операторів БПЛА є те, що він не враховує особливості роботи кисті людини при роботі із апаратурою дистанційного керування БПЛА. Для усунення цього недоліку необхідно для тестування рівня мілкої моторики використовувати пульт дистанційного керування БПЛА[2].

Висновки

Огляд сучасних комплексів для психофізіологічного відбору операторів БПЛА показав, що на сьогоднішній день відсутні комплекси які можуть здійснювати якісний відбір осіб придатних до роботи оператором БПЛА. Однією з причин цього є відсутність у їх складі модулів, які дозволяють проводити оцінку рівня розвитку мілкої моторики кандидатів, з урахуванням особливостей роботи апаратури дистанційного керування БПЛА. Авторами запропоновано для оцінки рівня мілкої моторики кандидатів в оператори БПЛА використовувати комплекс, в складі якого є пульт для керування БПЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аврунин О. Г. Разработка метода автоматизированного тестирования мелкой моторики ведущей руки на графическом планшете / Аврунин О.Г., Селиванова К.Г. // Прикладная радиоэлектроника. – 2013. – Том 12. – №3 – С.459-465.

2. Макогон В.І. Особливості відбору кандидатів на навчання пілотування безпілотних літальних апаратів(БПЛА) / Макогон В.І., Злепко С.М., Коваль Л.Г., Тимчик С.В. // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки сухопутних військ». – 2015. – С.247-248.

Макогон Віталій Іванович – завідуючий лабораторіями кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Коваль Леонід Григорович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Костішин Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

ПЛАТФОРМА «MYSIGNALS» ДЛЯ РОЗРОБКИ МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі розглянуто платформу для розробки медичних приладів, яка має назву «MySignals». Дана платформа може використовуватись для моніторингу різних життєвих показників людини, які вимірюються за допомогою спеціальних зовнішніх датчиків, а також їх збереження для подальшого аналізу та обробки.

Ключові слова: портативна електронна платформа, вимірювання, мікроконтролер, медичний прилад, бездротова передача даних.

Abstract.

In this paper, the "MySignals" platform for the development of medical devices. This platform can be used to monitor various vital indicators of a human, which are measured by means of special external sensors, and also their storage for then analysis and processing.

Keywords: portable electronic platform, measurement, microcontroller, medical device, wireless data transmission.

«MySignals» це апаратна платформа для розробки пристроїв та різних програмних додатків медичного призначення. Платформа може використовуватись для моніторингу різних життєвих показників людини, які вимірюються за допомогою спеціальних зовнішніх датчиків, їхнього збереження для подальшого аналізу та обробки. Пристрій дозволяє вимірювати 20 різноманітних біомедичних параметрів таких як: пульс, насиченість кисню у крові, артеріальний тиск, електрокардіограма, швидкість дихання, сигнали електроміографії, рівень глюкози, ємність легень, швидкість потоку повітря, обмін речовин, вага тіла та ін. [1] Ця інформація може відображатись у режимі реального часу на ЖК-дисплеї пристрою або на мобільних пристроях та ЕОМ де встановлений спеціальний додаток. Для передачі інформації використовується бездротовий канал зв'язку Wi-Fi або Bluetooth, в залежності від налаштувань користувача. Крім того, пристрій може використовувати інші сумісні модулі: GPS, GPRS та 3G.

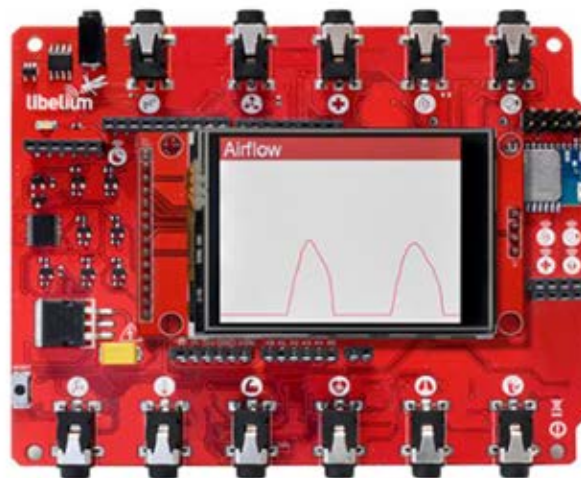
Існує 2 моделі платформи «MySignals» в залежності від потреб розробника [2]:

1) Модель «SW» англ. «SoftWare» - готове апаратне рішення для розробників програмного забезпечення та додатків мобільних пристроїв для медичного моніторингу (рис. 1а);

2) Модель «HW» англ. «HardWare» - рішення для розробників апаратної частини пристрою, які мають знання у галузі електроніки, та бажають повністю контролювати апаратні можливості платформи. Для роботи з пристроєм використовується середовище Arduino IDE (рис. 1б).



а



б

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд платформи «MySignals»

Кожна модель має свої особливості та обмеження використання. Платформа «MySignals SW» має можливість використання більшості датчиків одночасно. Тоді, як платформа «MySignals HW» тільки одну групу датчиків в залежності від їх типу. Це пов'язано з апаратними обмеженнями мікропроцесора, на базі якого працює платформа. При цьому модель HW більш «відкрита» для розробника, та дозволяє підключати, різні зовнішні модулі в залежності від потреб користувача. Технічні параметри платформи «MySignals» наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Технічні параметри платформи «MySignals»

Параметр	«MySignals SW»	«MySignals HW»
Мікропроцесор	ATmega 2560	ATmega 328 (Arduino)
Пам'ять ОЗП	8 КБіт	2 КБіт
Відображення	Дисплей TFT	Дисплей TFT (базова графіка)
Зовнішні пристрої	-	BT, 4G, 3G, GPRS
Напруга живлення	7...12 В	7...12 В
Струм споживання	не більше 2 А	не більше 2А

Для проведення вимірювань біомедичних показників використовуються зовнішні датчики які підключаються до відповідних роз'ємів плати. До складу платформи «MySignals» входять наступні типи датчиків:

- електроди для вимірювання електрокардіограми (ЕКГ);
- електроди вимірювання електроміограми (ЕМГ);
- пристрій для вимірювання сигналів храпу;
- датчик вимірювання та контроль потоку повітря користувача;
- датчик вимірювання температури тіла;
- електроди для вимірювання електричного опору шкіри;
- пристрій для вимірювання пульсу та насиченості крові киснем (дротовий та бездротовий режим);
- акселерометр для визначення положення тіла у просторі;
- тонометр для вимірювання та контроль артеріального тиску (дротовий та бездротовий режим);
- глюкометр для визначення рівня цукру у крові (дротовий та бездротовий режим);
- спірограф для проведення спірографічних досліджень;
- електронні ваги для вимірювання маси тіла (дротовий та бездротовий режим);

Існує можливість підключення власних датчиків для створення нових медичних пристроїв, завантаження спеціальних програм у пам'ять пристрою. Така властивість дуже важлива для легкої інтеграції платформи в інформаційну систему медичного закладу [3].

Розглянута платформа «MySignals» має широкі можливості для проведення вимірювань та контролю різних біомедичних показників людини, які постійно вдосконалюються, що робить її досить привабливою на ринку сучасних медичних пристроїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. eHealth and Medical IoT Development Platform for Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cooking-hacks.com/> – Заг. з екрану. – Мова англ.
2. Presentation of the MySignals HW Complete Kit Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.generationrobots.com/en/402507> – Заг. з екрану. – Мова англ.
3. Медична система прийняття та підтримки прийняття рішень / Д. Х. Штофель, Л. Г. Коваль, С. М. Злепко, Л. В. Космач // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Серія: Інформатика та моделювання. – 2013. – № 19 (992). – С. 167–172.

Олександр Сергійович Харчук – студент групи БМА-17м, факультет інфокомунікацій радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ra15ms.harchuk@gmail.com.

Науковий керівник: **Штофель Дмитро Хуанович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Alexander S. Harchuk – student of BMA-17m, Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University. Vinnitsa, e-mail: ra15ms.harchuk@gmail.com.

Supervisor: **Dmytro Kh. Shtofel** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

МІКРО- ТА НАНОСЕНСОРИ ДЛЯ МЕДИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто використання мікро- та наносенсорів, заснованих на електрохімічних, акустичних, п'єзоелектричних і оптичних принципах дії, для медичної діагностики, догляду та спостереження за пацієнтами і наукових досліджень.

Ключові слова: біомедичні вимірювання; мікросенсори; наносенсори; біоміметичні сенсори.

Abstract

This paper considers the use of micro- and nanosensors based on electrochemical, acoustic, piezoelectric and optical operating principles for medical diagnostics, care and patients observation, and scientific research.

Key words: biomedical measurements; microsensors; nanosensors; biometric sensors.

Вступ

Наука і технологія вимірювань відіграють важливу роль в біомедичних дослідженнях та охороні здоров'я. Протягом останніх десятиліть спостерігається розвиток сенсорів для біомедичних вимірювань, призначених для спостереження за станом пацієнтів в стаціонарах, для виконання фундаментальних досліджень в лабораторіях і навіть для самостійного контролю стану пацієнта вдома [1]. Вимірюванню підлягають різні величини: тиск, сила вдиху, сила серцевих скорочень, потоки рідин, зміщення органів.

Фундаментальне дослідження біологічних систем включає детальний аналіз біологічних механізмів сприйняття, що відповідають за зір, слух, смак, нюх і дотик [2].

Конфігурації сенсорів повинні істотно варіюватися для забезпечення вимірювань безпосередньо в місці дослідження, будь то зразки крові або тканини, живі клітини або органи. З цієї причини важливим параметром сенсора є його фізичний розмір, що забезпечує зменшення обсягу необхідних зразків біоматеріалу, так і для мінімізації впливу на навколишнє біологічне середовище. Це та область, де нові методи і технології виробництва, такі як MEMS (мікроелектромеханічні системи) і NEMS (наноелектромеханічні системи), відіграють вирішальну роль і де останні розробки змістили акценти вивчення механізмів сприйняття з мікрообласті в наносвіт [3]. Незважаючи на це, для створення повнофункціонального сенсора потрібне відповідне комплектування (корпус, спеціальні з'єднувачі), що в багатьох випадках істотно збільшує загальний розмір пристрою [4].

Мікросенсори для моніторингу *in vivo*

Найбільш відчутний вплив мікросенсорів простежується зараз при медичному догляді за пацієнтами в критичному стані, що знаходяться у відділеннях інтенсивної терапії або кардіології, а також при серйозному хірургічному втручанні [5, 6]. В таких умовах спостереження буде більш ефективно при постійному моніторингу важливих фізіологічних показників. По-перше, це потрібно для оперативного фіксування змін у стані пацієнта і, по-друге, для оцінки результатів лікування, щоб його можна було вчасно оптимізувати. Постійний моніторинг ключових

параметрів в реальному часі може досягатися шляхом поміщення сенсорів в тіло пацієнта (інвазивно) або встановлення сенсорів на поверхні тіла (неінвазивно).

Мікросенсори розроблені для вимірювання великої кількості фізичних і хімічних параметрів. Вимірювання кров'яного тиску надзвичайно важливе у відділеннях реанімації. Для цього використовуються мікросенсори тиску, засновані на напівпровідникових тензометричних датчиках [3]. Такий моніторинг може здійснюватися шляхом введення гнучкого полімерного катетера в артерію на зап'ясті. Катетер заповнюється фізіологічним розчином, а зовнішній датчик тиску прикріплюється до катетера. Або ж мікродатчик тиску можна помістити безпосередньо в артерію. В даному випадку в якості чутливого елемента використовується напівпровідниковий тензометричний датчик, а також інтерферометричні оптоволоконні сенсори на основі резонатора Фабрі-Перо [4]. Останні придатні і для вимірювання внутрішньочерепного тиску.

Наразі активно розвивається нова гілка медичних мікросенсорів – це хімічні (або молекулярні) сенсори [5]. На сьогодні розроблені пристрої для визначення концентрації газів в крові, іонів молекул, що беруть участь в метаболічних процесах (глюкоза, лактат, сеча, креатинін), препаратів, гормонів і мікроорганізмів, пов'язаних з інфекцією. Один з важливих класів хімічних мікросенсорів заснований на електроаналізі, в якому сила струму або різниця потенціалів визначаються концентрацією аналізованої речовини. Ці сенсори можуть бути виготовлені з мікродротів діаметром від 1 до 20 мкм в амперометричних або потенціометричних електрохімічних пристроях, вкладених в гнучкий полімерний катетер [5]. У звичайному амперометричному сенсорі робочий електрод і опорний комбінуються з буферним електролітом і покриваються полімерною мембраною. Властивості мембрани важливі при контролі руху досліджуваних молекул до робочого електроду, де їх можна ідентифікувати, наприклад, при реакції відновлення за допомогою відповідного електронегативного потенціалу. Конструкція мікросенсора цього типу повинна забезпечувати дифузійно-обмежений режим роботи для встановлення передбачуваного зв'язку між концентрацією досліджуваної речовини і струмом сенсора [3]. Це означає, що параметри дифузії мембрани повинні бути постійними, а одним із факторів, що впливають на ці параметри, є адсорбція білків з крові або тканинної рідини навколо сенсора. Тому в останні два десятиліття проводилися дослідження по обробці поверхні мембран для контролю або протидії адсорбції білків; один з найуспішніших способів – це використання фосфоліпідних матеріалів, що імітують клітинні мембрани.

Оптичні сенсори дуже важливі для клінічного моніторингу. Їх конструкція часто використовує скляне або полімерне оптоволокно, яке в поєднанні з хромофорами дозволяє визначати властивості широкого спектру об'єктів, включаючи гази і іони [6]. Хоча цей сенсор можна сконструювати на основі амперометричних принципів, як розглянуто вище, в цьому випадку застосовуються оптичні принципи. Отриманий оптичний сенсор містить флюорофор в спеціальному відсіку з мембраною, проникною для досліджуваної речовини. Таким чином одне або два оптоволокна можуть підводити збудливе випромінювання і приймати емісійне [6]. Флюорофор вибирається так, щоб флюоресценція придушувалася аналізованою речовиною, наприклад киснем.

Значимість сенсорного моніторингу в медицині істотна при внутрішньоутробному спостереженні за плодом до і під час народження, в інтенсивній терапії недоношених немовлят, в дитячій і дорослій реанімації.

Сенсорні мікробірки і матриці

Поряд з вдосконаленням існуючих мікросенсорів у клінічному моніторингу, що працюють в режимі реального часу, активно ведуться роботи зі створення мультисенсорів, що поєднують в собі мікро- і наносенсори для комплексного аналізу біологічних зразків, таких як кров, сеча, тканини і клітини. Одним з найбільш важливих напрямків дослідження є створення так званої «лабораторії на чипі» [1, 3] в різних формах, завдяки якій аналізи (для їх проведення раніше було потрібно громіздке лабораторне обладнання) тепер можуть бути виконані за допомогою простих

переносних інструментів. Взяті у пацієнта або підготовлені в лабораторії зразки аналізуються за допомогою зворотної камери, це може бути мікрофлюїдна або нанофлюїдна сенсорна збірка. Інтенсивний розвиток MEMS і NEMS технологій сприяє створенню компактних аналітичних платформ з надзвичайно широкими вимірювальними можливостями.

Аналіз зразків крові може бути зроблений пацієнту на місці за допомогою сенсорного чіпа, який має відповідний вхід. Відразу після взяття крові проба у вигляді рідини або газу надходить в мікроканал сенсорного пристрою, де завдяки особливостям його конструкції вступає в контакт з декількома сенсорами послідовно або одночасно. Найпростіші системи можуть використовувати товстоплівкові сенсори, наприклад, для вимірювання газів крові і рН. Напівпровідникові сенсори (1SFET, ChemFET, EmmunoFET) зараз активно застосовуються в пристроях такого типу і надають широкий вибір можливих речовин для аналізу, включаючи гази, іони, білки, препарати і гормони [2]. Також можуть бути використані і оптичні сенсори на напівпровідникових чіпах. У таких системах успішно застосовуються потужні методи спектрофотометричного аналізу. Поверхнева плазмонна резонансна діагностика є ще однією ефективною оптичною технологією, що використовується в сенсорах, наприклад, в сенсорних рецепторах або сенсорах для виявлення антигенів і антитіл [6].

Область застосування, в якій отримано найбільш значний ефект від використання сенсорних масивів, – це генетичні дослідження, націлені на визначення генної схильності до хвороб [7]. Мікроматриця ДНК або ген-чіп, складається з набору певних сегментів одноланцюгового ДНК, зазвичай прикріплюються до предметного скла, і при його гібридизації з відповідним комплементарним сегментом ДНК виникає флюоресценція приєднаного флюорофора. Цей малюнок мікроточок потім аналізується як зображення. Мікроматриці зараз використовуються для вивчення залежності між генетичним складом і поведінкою клітин, наприклад, для знаходження методів ранньої діагностики раку, серцево-судинних захворювань і порушень мозкового кровообігу.

Розглянуті сенсорні матриці часто об'єднують при обробці інформації в нейронні мережі для забезпечення високої вибіркової. Вони починають помітно впливати на новий підхід до відновлення і заміни органів в області генетичної інженерії [7].

Висновок

Мікро- та наносенсори широко розробляються і використовуються для досліджень в біології і для підвищення рівня діагностики та лікування захворювань. Ці два класи сенсорів логічно згадувати разом, так як на практиці мікро- і наносенсори комбінуються для виготовлення ефективних пристроїв. Це особливо важливо для сенсорів, які розміщуються в артерії або вені для моніторингу стану пацієнта у відділеннях інтенсивної терапії. В результаті виникає необхідність в більш компактних сенсорах, наприклад заснованих на квантових точках розміром близько 10 нм. Однак для сенсорів інтенсивного моніторингу актуальною проблемою є не стільки розмір сенсорів, скільки їх небажана взаємодія з кров'ю (адсорбція білків), що може призвести до її згортання і виходу з ладу сенсора.

Мікроматричні сенсори також справили істотний вплив на генетичні та клітинні дослідження. Проте розвиток наноматриць має відкрити можливості для більш швидкого аналізу дуже великого числа сполук, і це буде особливо важливо для виявлення ознак захворювання у зразках біологічного матеріалу та для розробки нових медикаментів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колесник К. К. Автоматизована технологія розрахунку мікросенсорів п'єзорезистивного типу / К. К. Колесник // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2009. – № 651 : Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – С. 213–217.
2. Мікроелектронні сенсори фізичних величин : в 3 томах / за редакцією З. Ю. Готри. – Львів : Ліга-Прес, 2003. – Т. 2. – 595 с.

3. Егизарян Э. Л. Проектирование микродатчиков давления / Э. Л. Егизарян // Микроэлектроника. – 1981. – № 6. – С. 320-332.

4. Куліжко В. Р. Нанотехнологічні сенсори в наномедичній галузі / В. Р. Куліжко // Перший крок у науку : матеріали VI студентської конференції фак-ту електроніки та інформаційних технологій, м. Суми, 7 грудня 2014 р. – Суми : СумДУ, 2014. – С. 65.

5. Ульберг З. Нанотехнології в медицині: роль колоїднохімічних процесів / З. Ульберг, Т. Грузіна, О. Карпов // Вісник Національної академії наук України. – 2008. – № 8. – С. 28-41.

6. Фукуяма Ф. Социальные последствия биотехнологических новаций / Ф. Фукуяма // Человек. – 2008. – № 2. – С. 80–88

7. Дослідження з генетичної інженерії в установах НАН України / Д. Гродзинський, О. Дембовецький, О. Левчук, Р. Рудий // Вісн. НАН України. — 2006. — N 7. — С. 3-12.

Наконежна Альона Володимирівна – студентка групи БМА-17мн, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ram13b.nakonechna@gmail.com.

Науковий керівник: **Штофель Дмитро Хуанович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Alyona V. Nakonechnaya – student of the group BMA-17mn, Departament of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ram13b.nakonechna@gmail.com.

Supervisor: **Dmytro Kh. Shtofel** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ МЕДИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі проводиться огляд системи живлення електричних пристроїв, а також їх використання в сфері медичного радіоелектроніки.

Ключові слова: система живлення, живлення.

Summary

In this work, a review of the power supply of electrical devices is carried out, as well as their use in the field of medical electronics.

Keywords: power system, power supply.

Джерело живлення — елемент електричного кола, в якому зосереджена електрорушійна сила. Джерела живлення характеризуються значенням електрорушійної сили і внутрішнього опору. До джерел живлення належать гальванічні елементи, електрохімічні батареї, акумулятори, термопари, сонячні батареї, електричні генератори тощо. Залежно від виду електрорушійної сили джерела живлення поділяють на джерела живлення постійного струму і джерела живлення змінного струму. Розрізняють первинні джерела живлення, які безпосередньо перетворюють інші види енергії в електричну і вторинні джерела живлення, які виконують роль проміжних перетворювачів електричної енергії, такі як блоки живлення електронних приладів, трансформатори тощо[1, 4].

Джерело напруги або генератор напруги — елемент електричного кола, який забезпечує на своїх клеммах певне значення напруги, яке не залежить від струму в колі. Іншим терміном, який застосовується в електриці, є джерело струму, що забезпечує певне значення сили струму в колі. Ідеальне джерело напруги характеризується певним значенням електрорушійної сили і нульовим внутрішнім опором. Реальні джерела напруги мають скінченні значення внутрішнього опору[2, 3].

Джерело струму або генератор струму — елемент електричного кола, який забезпечує в ньому протікання певного електричного струму. Інший термін — джерело напруги використовується для позначення елемента, який задає певне значення напруги. Якщо електронне коло не замкнене, то струм не буде проходити до електроспоживача. Ідеальне джерело струму створює в електричному колі струм, який не залежить від навантаження і будь-яких зовнішніх умов. Такий елемент є абстракцією. Електрорушійна сила та внутрішній опір в такому ідеальному джерелі струму повинні бути нескінченними і пропорційними одне одному. Концепція генератора струму використовується для реальних електронних компонентів у вигляді еквівалентних схем. Еквівалентні схеми вводяться для опису активних елементів, що включають у себе керовані генератори струму: генератор струму, керований напругою (ГСКН); генератор струму, керований струмом (ГСКС)[2, 3].

Первинні джерела живлення включають в свій склад хімічні джерела струму (гальванічні елементи, паливні елементи, акумулятори, редокси-елементи) та інші джерела струму (фотоелектричні перетворювачі, електро механічні джерела струму, термоелектричні перетворювачі, МГД-генератори, радіоізотопні джерела енергії). Вторинні джерела перетворюють електричну енергію. Вони дозволяють отримати електроживлення для різних пристроїв з необхідними параметрами. У цю групу входять трансформатори і автотрансформатори, стабілізатори напруги, стабілізатори струму, імпульсні перетворювачі, віброперетворювачі, інвертори, умформери. Мережеві БЖ входять до складу будь-якого радіоелектронного пристрою. Вони поділяються на такі типи: безтрансформаторні; лінійні; імпульсні.

Безтрансформаторні - ці пристрої дуже прості, дешеві, не вимагають настройки. Схема джерела живлення складається всього з декількох елементів: вхідний ланцюга, випрямляча і параметричного стабілізатора. Пристрої розраховані на струм до сотень мА. Мають малу вагу і габарити. Споживач живиться від мережі через гасящий конденсатор чи резистор і постійно знаходиться під мережевим напругою. Тому при роботі слід дотримуватись обережності: не можна торкатися неізольованих елементів.

Лінійні - почали застосовувати в радіоелектронній техніці початок 20 століття. До теперішнього часу застаріли і застосовуються в основному в дешевих конструкціях із-за властивих їм недоліків: великої ваги і габаритів, низький ККД. Перевагами лінійних джерел живлення є простота і висока надійність, низький рівень шумів і випромінювань. Принцип дії блоку живлення надзвичайно

простий. Вхідна напруга поступає на трансформатор, знижується до необхідної величини, випрямляється, згладжується конденсатором і подається на вхід стабілізатора, який складається з транзистора та схеми управління. "Надлишки" напруги компенсуються регулюючим транзистором. Тому на ньому виділяється значна потужність у вигляді тепла. Лінійне джерело живлення доцільно застосовувати при струмі споживання до 1А.

Імпульсні БЖ - в електронних пристроях, які споживають струм від 1 до 5 ампер, використовують імпульсні блоки живлення. Принцип дії таких пристроїв заснований на перетворенні напруги в змінний струм високої частоти. Високочастотні трансформатори мають невелику вагу і габарити. Тому імпульсні джерела живлення значно менше і легше лінійних. Відмінною рисою цих пристроїв є великий рівень паразитних випромінювань, що призводить до необхідності захисту та фільтрації високочастотних перешкод. Особливе місце займають імпульсні джерела живлення з бестрансформаторним входом і високочастотним перетворювачем, розрахованим на роботу з частотами 20-400 кГц. Коефіцієнт корисної дії цих пристроїв досягає 90% і більше. Але поки вони не знайшли широкого застосування із-за високої вартості, складності пристрою, низькій надійності, великого рівня перешкод.

Джерела живлення постійного струму - ці пристрої призначені для отримання стабільного постійної напруги або струму. Відповідно, вони мають режими стабілізації як по струму так і по напрузі. Тобто при максимальному зміні струму напруга практично не змінюється, і аналогічно при значних коливаннях напруги величина струму залишається постійною. Є режим відсічки струму. В цьому режимі з питомого пристрою знімається напруга, якщо струм перевищує встановлену величину. Сучасний джерело живлення має кілька регульованих виходів і додаткові виходи на фіксовані напруги (33 В, 5В, 12В). Управління роботою БП здійснюється вбудованим мікроконтролером. Режими роботи і окремі параметри записуються в комірки пам'яті. Потужність джерела живлення залежить від призначення приладу і розв'язуваних завдань. Підприємства-виробники випускають прилади малої (до 100 Вт), середньої (до 300 Вт) і великої (понад 300 Вт) потужності[1, 3, 4].

Джерело живлення надає передачу потужності, перетворення форми напруги, стабілізацію, захист, гальванічну розв'язку кіл, регулювання, керування, контроль.

Сучасні імпульсні джерела живлення працюють у багатьох медичних електронних приладах. Тенденція в медичному оснащенні спрямована на те, щоб зробити його компактнішим, легшим по вазі, більш ефективним, більш надійним і конкурентоспроможним по вартості. Стандарти безпеки, що застосовуються до медичного обладнання, залежать від області застосування, вид контакту з пацієнтом і оператором, а також від розташування обладнання.

При розробці медичного електронного обладнання одним із найважливіших пунктів є безпека пацієнта и оператора. Крім того, деяке електронне медичне обладнання працює з сигналами дуже низького рівня. Таке медичне обладнання більш чутливо до електромагнітних перешкод, чим більшість обладнання, що використовується в промисловості, що також робить електромагнітну сумісність ключовим фактором у медичних програмах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2011.— 736 с.
2. Довідник сільського електрика / За редакцією кандидата технічних наук В.С. Олійника. - 3-тє видання, перероблене і доповнене. - Київ, Вид-во "Урожай", 1989. - 264 с.
3. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. Підручник. — Львів: Афша, 2001. — 424 с.
4. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. Чинний від 1995-01-01. – Київ: Держспоживстандарт України, 1995. – 65 с.

Паламарчук Михайло Ігорович — студент групи БМА-17, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: **Костішин Сергій Володимирович** — канд. техн. наук., доцент, кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Palamarchuk Mykhaylo Igorovich — student of BMA-17, Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa.

Supervisor: **Kostishyn Sergey Volodymyrovych** — Ph.D., assistant professor, department of biomedical engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa.

Yosyp R. SALDAN¹
Sergii V. PAVLOV²
Dina V. VOVKOTRUB²
Yulia Y. SALDAN¹

Optical methods of processing of biomedical image of retinal macular region of the eye

¹Pyrogov Vinnytsia National Medical University

²Vinnytsia National Technical University

Abstract

This work develops the processing technology of the tomogram image of retina macular area of the human eye that allows to achieve higher efficiency in contour determination.

Key words: *image processing; retinography; tomography.*

Анотація

В роботі розроблена технологія обробки томографічного зображення макулярної області сітківки ока людини, що дозволяє досягати підвищеної ефективності визначення контурів.

Ключові слова: *обробка зображень; ретинографія; томографія.*

Purpose

The aim of the work is to improve the efficiency of medical diagnosis of the eye, including macular area by creating new technology edge in optical coherence tomograms macular area of the retina of the eye.

Methods

OCT (optical coherent tomography) is the method of ophthalmic studies which allows to receive the image of optically transparent eye tissues with high spatial resolution. To receive the tomograms, there had been used at optical coherent tomography CT STRATUS OCT 3000, which has the following features: diagnostics of pathologies of the bottom of the fundus, the early diagnosis of glaucoma tracking pathology of retina and optic nerve in the dynamics, the fundus picture, optical coherence tomography of the anterior part of the eye.

Results

For the determination of the contour in the tomogram of the retina macular area, there had been carried out a number of transformation on of the above image as follows. Preliminary analysis of the images of cellular structures during histological studies allows to make a conclusion that most of the images in the process of their formation (photography, scanning, etc.), are influenced by a number of negative factors that lead to the appearance of fuzzy and noisy areas. Vertical limits of the output image correspond to the pixels with high modulus values on the final image. Therefore, the different filters are filters which find the edges. The above allows to state that the application of our processing technology to the tomogram of retina macular area of an eye allows to achieve the better efficiency in contour determination.

Conclusion

The results are essential for the determination of the small sized changes in the macular area of an eye retina. It allows the expert to evaluate the degree of the visual acuity as well as to trace the dynamics of the pathological changes, which is especially important in the modern ophthalmology.

REFERENCES

- [1] Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz// Information Technology in Medical Diagnostics . London, July 11, 2017 by Taylor & Francis Group CRC Press Reference - 210 Pages.
- [2] Vassilenko, S Valtchev, JP Teixeira, S Pavlov. Energy harvesting: an interesting topic for education programs in engineering specialties / «Internet, Education, Science» (IES-2016) – 2016. – P. 149-156.
- [3] Physical principles of biomedical optics: monograph / [S.V. Pavlov, V.P. Kozhemiako, P.F. Kolesnik et al.]. - Vinnytsya: VNTU, 2010. - 152 p.
- [4] Photoplethysmographic technologies of the cardiovascular control / [Pavlov S.V., Kozhemiako V.P., Petruk V.G., Kolesnik P.F.]. - Vinnitsa: Universum-Vinnitsa, 2007. - 254 p.
- [5] Processing of coherent tomographic images / S. Pavlov, A. Poplavskiy, Y. Nikolaychuk, D. Vovkotrub // VI International conference on optoelectronic information technologies «Photonics-ODS 2012», 1-4 october 2012.: abstracts. – Vinnytsia: VNTU, 2012. – P. 115-116.
- [6] Methods of processing biomedical image of retinal macular region of the eye/ Pavlov S. V., Vassilenko V. B., Vovkotrub D. V. [and other] // Optical Fibers and Their Applications 2012 – Lublin and Nałęczów, Poland, 2012 – Proc. of SPIE Vol. 8698 8698-17-1 - 8698-17-6. – ISBN: 9780819494856.
- [7] Pavlov. S. V. Optical-electronic diagnostics of peripheral circulatory / S. V. Pavlov, T. I. Kozlovskaya, V. P. Dumenko // Modern problems of radio electronics, telecommunications and instrumentation (SPRTP 2009). - Part 2: Fourth Intern. scientific-technical. Conf., Vinnytsia - 2009. - P. 48.
- [8] Ukraine Patent 89377, IPC A61V 5.2. Optical-electronic device for peripheral circulation diagnostics / Pavlov S. V., Kozlovskaya T. I.; patent owner. Vinnytsia National. Technical. University. № u201306212; appl. 05/20/2013; publ. 04.25.2014, Bul. № 8/2014.
- [9] Ukraine Patent 98939, IPC A61V 5.2. Optical non-invasive device for determining the level of saturation of peripheral blood supply and blood / Zlepko S. M., Sander S. V., Pavlov V. S., Kozlovskaya T. I.; patent owner. Vinnytsia National. Technical. University. № u2014 13,182; appl. 12/08/2014; publ. 05.12.2015, Bul. № 9/2015.
- [10] Zabolotna N. I., Wojcik W., Pavlov S. V., Ushenko O. G., Suleimenov B. Diagnostics of pathologically changed birefringent networks by means of phase Mueller matrix tomography. Proc. SPIE 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980E (January 11, 2013); doi:10.1117/12.2019715
- [11] Snizhko, D. V., Sushko, O. A., Reshetnyak, E. A. et al. Colorimeter based on color sensor // Przegląd Elektrotechniczny, 2017, 93.5: 96–101.
- [12] Ronald Rovira, Marcia M. Bayas, Sergey V. Pavlov, Piotr Kisała, Gulbahar Yussupova. Application of a modified evolutionary algorithm for the optimization of data acquisition to improve the accuracy of a video-polarimetric system. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 981619 (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229087
- [13] Zabolotna N.I., Pavlov S.V., Ushenko A.G., Sobko O.V., Savich V.O. Multivariate system of polarization tomography of biological crystals birefringence networks. Proc. SPIE 9166, Biosensing and Nanomedicine VII, 916615 (August 27, 2014); doi:10.1117/12.2061105
- [14] Bachynskiy M. V. et al. System and algorithm for evaluation of human auditory analyzer state // Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 1044537 (7 August 2017); doi: 10.1117/12.2280738
- [15] Chepurna O., Shton I., Kholin V., Voytsekhovich V., Popov V., Pavlov S., Gamaleia N., Waldemar Wójcik, Zhassandykzy M. Photodynamic therapy with laser scanning mode of tumor irradiation. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161F (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229030
- [16] Rovira R.H, Pavlov S.V, Kaminski O.S, Bayas M.M. Methods of Processing Video Polarimetry Information Based on Least-Squares and Fourier Analysis // Middle-East Journal of Scientific Research, 2013.
- [17] Vladimir V. Kholin ; Oksana M. Chepurna ; Irina O. Shton, Valerii S. Voytsekhovich ; Olexiy D. Azarov, et al. Methods and fiber optics spectrometry system for control of photosensitizer in tissue during photodynamic therapy , *Proc. SPIE* 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, 1003138 (September 28, 2016); doi:10.1117/12.2249259.

- [18] Ronald H. Rovira ; Stanislav Ye. Tuzhanskyy ; Sergii V. Pavlov ; Sergii N. Savenkov ; Ivan S. Kolomiets, et al. " Polarimetric characterisation of histological section of skin with pathological changes ", *Proc. SPIE* 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, 100313E (September 28, 2016); doi:10.1117/12.2249373.
- [19] S. V. Pavlov ; V. B. Vassilenko ; D. V. Vovkotrub ; A. A. Poplavskaya and O. Hotra. Methods of processing biomedical image of retinal macular region of the eye ", *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980A (January 11, 2013); doi:10.1117/12.2019472.
- [20] Olexander N. Romanyuk ; Sergii V. Pavlov ; Olexander V. Melnyk ; Sergii O. Romanyuk ; Andrzej Smolarz, et al. " Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model ", *Proc. SPIE* 9816

С. В. Павлов¹
С. В. Сандер²
Т. І. Козловська¹

ЛАЗЕРНА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЯ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПЕРИФЕРИЧНОГО КРОВООБІГУ НИЖНІХ КІНЦІВОК

¹ Вінницький національний технічний університет

² Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова

Анотація

В роботі проведена оцінка діагностичної цінності методу лазерної фотоплетизмографії при обстеженні хворих на хронічну ішемію нижніх кінцівок.

Ключові слова: діагностична цінність; фотоплетизмографія; ішемію нижніх кінцівок.

Abstract

In this work performs an estimation of the diagnostic value of the method of laser photoplethysmography in the examination of patients with chronic lower limb ischemia.

Key words: diagnostic value; photoplethysmography; lower limb ischemia.

Мета роботи

Метою роботи є оцінка діагностичної цінності методу лазерної фотоплетизмографії (ЛФПГ) в обстеженні хворих на хронічну ішемію нижніх кінцівок.

Матеріали та методи

Було обстежено 82 особи. Ішемію II ступеня було діагностовано у 18 хворих, IIIA – у 8, IIIB – у 12, IV – у 15. Контрольну групу становили 29 осіб без ознак облітеруючих захворювань артерій нижніх кінцівок. Вік обстежених становив 18 – 82 років. Проводили фізикальне обстеження та ЛФПГ. Рівень регіонарного систолічного тиску (СТ) визначали по тиску в манжеті сфігмоманометра при якому з'являлась постоклюзійна реактивна гіперемія. За допомогою пульсоксиметра досліджували сатурацію крові на стопі та кисті і розраховували співвідношення стопа/кисть. Остання дозволяла оцінити мікроциркуляцію (місцевий кровообіг) у ділянці дослідження. ФПГ проводили за допомогою розробленого оптико-електронного приладу діагностування стану периферичного кровообігу. Визначали характер плинку крові на основі отриманої фотоплетизмограми (пульсуючий високоамплітудний, пульсуючий низькоамплітудний, непульсуючий).

Обговорення результатів

Серед 29 осіб без ознак облітеруючих захворювань артерій нижніх кінцівок високоамплітудний пульсуючий плин крові був зареєстрований у 28, низькоамплітудний пульсуючий – лише в одному випадку. При наявності ішемії високоамплітудний пульсуючий плин крові був зареєстрований у 12 пацієнтів (при критичній ішемії – у жодного), низькоамплітудний – у 13 (при критичній ішемії – у 7), непульсуючий – 27 (при критичній ішемії – у 27).

В результаті проведених експериментальних та клінічних досліджень було проведено 7 ампутацій, 1 нижню кінцівку збережено, а іншим пацієнтам було призначено індивідуальне лікування та нагляд лікаря.

Висновки

Отже, за допомогою розробленого оптико-електронного приладу можливо визначити пульсативність плин крові в різних ділянках стопи і гомілки, ступінь компенсації і перспективи збереження кінцівки та рівень ампутації. Інформативність його (зокрема показника високоамплітудного пульсуючого плин крові при критичній ішемії) перевищує 90%. ФПГ – високоінформативний метод, що дозволяє оцінити пульсативність кровоплину у конкретній ділянці. Найбільш інформативний параметр – високоамплітудний пульсуючий плин крові.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz// Information Technology in Medical Diagnostics . London, July 11, 2017 by Taylor & Francis Group CRC Press Reference - 210 Pages.
- [2] Vassilenko, S Valtchev, JP Teixeira, S Pavlov. Energy harvesting: an interesting topic for education programs in engineering specialities / «Internet, Education, Science» (IES-2016) – 2016. – P. 149-156.
- [3] Zenon Gotra, Roman Golyaka, Sergii Pavlov, Sergii Kulenko. High resolution differential thermometer. Technology and Design in Electronic Apparatuses. – 2009, № 6. - P. 19-23.
- [4] Physical principles of biomedical optics: monograph / [S.V. Pavlov, V.P. Kozhemiako, P.F. Kolesnik et al.]. - Vinnytsya: VNTU, 2010. - 152 p.
- [5] Photoplethysmographic technologies of the cardiovascular control / [Pavlov S.V., Kozhemiako V.P., Petruk V.G., Kolesnik P.F.]. - Vinnitsa: Universum-Vinnitsa, 2007. - 254 p.
- [6] Усовершенствование и развитие вычислительного алгоритма для диагностики нарушений кровообращения головного мозга / С. М. Злепко, А. Ю. Азархов, Д. Х. Штофель // Кибернетика и вычислительная техника. – 2011. – Вып. 166. – С. 68–73.
- [7] A simulation model of distribution of optical radiation in biological tissues / S.V. Pavlov, S.E. Tuzhansky, T.I. Kozlovskaya, A.V. Kozak // Visnyk VNTU. - 2011. - №3. - P. 191-195.
- [8] Calibration of the metrological characteristics of photoplethysmographic multispectral device for diagnosis the peripheral blood circulation / Sergii V. Pavlov, Tatiana I. Kozlovskaya and etc. // Przegląd Elektrotechniczny. - 2017. - R. 93 NR 5. – P. 79–82.
- [9] Analysis of microcirculatory disorders in inflammatory processes in the maxillofacial region on based of optoelectronic methods / Pavlov, S.V., Barylo, A.S., Kozlovskaya, T.I. and etc. // Przegląd Elektrotechniczny. - 2017. - R. 93 NR 5. – P. 114 -117.
- [10] Valentina K. Serkova, Sergey V. Pavlov and etc. "Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules", Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104453O (7 August 2017).
- [11] S. V. Pavlov; S. V. Sander; T. I. Kozlovskaya; A. S. Kaminsky; W. Wojcik, et al. Laser photoplethysmography in integrated evaluation of collateral circulation of lower extremities, *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 869808 (January 11, 2013).
- [12] Tetyana I. Kozlovskaya, Peter F. Kolisnik, Sergey M. Zlepko, and etc. "Physical-mathematical model of optical radiation interaction with biological tissues", Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104453G (7 August 2017)
- [13] Volodymyr S. Pavlov, Yuriy O. Bezsmernyi, Sergey M. Zlepko, Halyna V. Bezsmertna, "The photonic device for integrated evaluation of collateral circulation of lower extremities in patients with local hypertensive-ischemic pain syndrome ", Proc. SPIE 10404, Infrared Sensors, Devices, and Applications VII, 1040409 (30 August 2017);
- [14] Sergii M Zlepko, Sergii V Sander, Tatiana I Kozlovskaya, Volodymyr Pavlov. Analysis of the vascular tone and character of the local blood flow to assess the viability of the body using the photoplethysmographic device // Przegląd Elektrotechniczny. - 2017. - R. 93 NR 5. – P. 92-95.
- [15] Tetyana I. Kozlovskaya, Sergii V. Sander, Sergii M. Zlepko and etc. "Device to determine the level of peripheral blood circulation and saturation", Proc. SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, 100312Z (28 September 2016)
- [16] Процедура отримання діагностичної інформації для медичних інформаційних систем / О. Ю. Азархов, Д. Х. Штофель, А. П. Моторний // Український журнал телемедицини і медичної телематики. – 2011. – Т. 9, № 2. – С. 161–165.

- [17] Sergii V. Sander, Tatiana I. Kozlovska and etc. "Laser photoplethysmography in integrated evaluation of collateral circulation of lower extremities", Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161K (17 December 2015)
- [18] Sergiy Kostishyn; Sergiy Tymchyk; Roman Vyrozyb; Alexandra Zlepko; Volodymyr Pavlov. Design features of automated diagnostic systems for family medicine. Proc. of 13th International Conf. on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET), 2016, (14 April 2016), 10.1109/TCSET.2016.7452180.

ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ В МЕДИЦИНІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

В роботі розглядаються використання автономного живлення в медицині.

Ключові слова: Автономне живлення, медична апаратура.

Abstract.

The paper considers the use of autonomous power supply in medicine.

Keywords: autonomous power supply, medical equipment.

Установам охорони здоров'я необхідно забезпечити безперебійним живленням численне важливе медичне обладнання. Крім того, великі комплекси безперебійного живлення необхідні для високоточних діагностичних систем. Тому перебої в подачі живлення в лікарні всього на кілька секунд може перервати тисячі залежних одна від одної операцій. Така ситуація не тільки стане неприємним фактором для пацієнтів, але і здатна привести до збоїв в роботі обладнання і систем, поломки обладнання або втрата даних.

До систем забезпечення резервного живлення в медичних установах пред'являються більш високі стандарти, ніж до аналогічних комерційних і промислових систем. Компанії пропонують широкий ряд джерел безперебійного живлення, що забезпечують захист медичних систем і устаткування завдяки безперервній подачі живлення навіть в надзвичайних обставинах. Джерело безперебійного живлення являє собою електричний прилад, що забезпечує резервне електроживлення при відмові інших джерел. Вони відрізняються від резервних генераторів, допоміжних систем електроживлення і систем аварійного енергопостачання тим, що при відключенні подачі живлення вони забезпечують майже миттєвий захист, використовуючи енергію своїх батарей.

ДБЖ (джерело безперебійного живлення) - не тільки захищає вашу мережу від стрибків і перепадів напруги, але і дозволяє короткочасно працювати в автономному режимі за відсутності електроенергії. Пристрій являє собою акумулятор, мережевий фільтр із захистом від стрибків і замикань і перемикач, який переключається в режим автономного живлення при відключенні електроенергії від зовнішнього джерела живлення [1].

Line Interactive - джерело безперебійного живлення, виконане за схемою з комутуючим пристроєм (Off-Line) доповненою автоматичним регулятором напруги на основі автотрансформатора з обмотками, що перемикаються. Основна перевага лінійно-інтерактивного ДБЖ у порівнянні із джерелом резервного типу off-line, полягає в тому, що він здатний забезпечити нормальне живлення навантаження при підвищеній або зниженій напрузі електромережі без переходу в автономний режим [2].

Джерела безперебійного живлення On - Line - відрізняються тим, що надходить на вхід ДБЖ змінна мережева напруга перетворюється випрямлячем в постійну, а потім за допомогою інвертора знову в змінну. Акумуляторна батарея, постійно включена між випрямлячем і інвертором, живить останній в аварійному режимі. Схема On - Line забезпечує ідеальну вихідну напругу при будь-яких неполадках в електромережі. Вона характеризується нульовим часом перемикавання з нормального режиму в автономний і назад без перехідних процесів в вихідній напрузі. Захист таких пристроїв, як файлові сервери та телекомунікаційне обладнання, медичне обладнання, здійснюється тільки з використанням ДБЖ зі схемою On -Line.

Альтернативна енергетика стає все більш актуальною. Незважаючи на деяке відставання у застосуванні автономних джерел живлення від Заходу, наші розробки йдуть в ногу з часом. Найбільш успішно автономні джерела електроенергії використовуються в системах життєзабезпечення розумний

будинки. Все більше бажаючих встановлювати додаткові автономні джерела струму серед мешканців заміських будинків, де не рідко трапляються перебої в основній мережі [3].

Що ж являє собою автономне джерело живлення? Це система, що включає в себе цілий комплекс елементів:

- сонячні батареї ;
- вітрогенератор;
- дизельний або бензогенератор;
- акумуляторні батареї;
- контролери заряду;
- інвертори і конвертори.

Джерела автономного електроживлення можуть застосовуватися у сферах індивідуального будівництва, на об'єктах телекомунікації та за спеціальними замовленнями. Серед споживачів продукції Балтійської Енергетичної Компанії є такі як: Міністерство оборони РФ, ФСТ Президента РФ, Уряд міста Москви та інші.

Продукція компанії дуже високого рівня, завдяки величезному досвіду і роботи високо кваліфікованих інженерів і конструкторів. Переваги автономних джерел електропостачання Балтійської Енергетичної Компанії:

- висока надійність;
- немає необхідності в обслуговуванні;
- безшумна робота;
- швидка окупність;
- робота на малих швидкостях вітру і в широкому температурному діапазоні від -50 до +60 градусів за Цельсієм [4].

Кожен елемент автономного джерела електроенергії заслуговує окремого розгляду. Сонячні батареї, вітрогенератори, акумулятори повинні бути належної якості, тоді і система, з них складається буде працювати довго і надійно.

Таким чином, системи автономного живлення є незамінні для медичних установ, які повинні зберігати високу відмовостійкість в надзвичайних умовах. З огляду на залежність медичних установ від подачі електрики, потреба в надійних системах резервного живлення стає як ніколи велика. При аварійному відключенні живлення через буревій, аномальну спеку, торнадо і інших негативних природних явищ наражається на небезпеку здоров'я тисяч пацієнтів.

Такі джерела забезпечують захист від найрізноманітніших проблем з живленням, в тому числі від сплесків і падіння напруги, повної втрати електроенергії і зміни частоти. Забезпечивши системи медичного центру доступом до джерела стабільного харчування навіть у випадках відмови, можна істотно скоротити витрати, продовжуючи підтримувати безперервну роботу систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хрусталева Д.А. Аккумуляторы. — М.: Изумруд, 2003. — 224 с. — ISBN 5-98131-001-4.
2. ГОСТ 30331.1-2013 (IEC 60364-1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения
3. ГОСТ 29284-92 Источники тока химические первичные. Методы контроля электрических параметров
4. ГОСТ Р 55266-2012 (ЕН 300 386-2010) Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование сетей связи. Требования и методы испытаний п.3.31

Загоруйко Євгеній Леонідович — студент групи БМА-17, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: jekaz1996ag@gmail.com.

Науковий керівник: **Костішин Сергій Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет.

Zagoruiko Yevhenii Leonidovich - student of BMA-17, Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, c. Vinnitsa, e-mail: jekaz1996ag@gmail.com

Supervisor: **Sergiy V. Kostishyn** — Ph. D., Assistant professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

СИСТЕМА ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ПАТОЛОГІЙ МОЛОЧНИХ ЗАЛОЗ ЗА ДЖОНС-МАТРИЧНИМ КАРТОГРАФУВАННЯМ ПЛІВОК ПЛАЗМИ КРОВІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі вирішено задачу підвищення ефективності системи Джонс-матричного картографування плівок плазми крові шляхом застосування статистичного аналізу отриманих мап матриці Джонса плівок плазми крові та диференціацією патологій на їх основі за правилами нечіткої логіки.

Ключові слова: поляриметрія, матриця Джонса, нечітка логіка, статистичний аналіз.

Abstract

The problem of improving the effectiveness of the system of Jones Matrix mapping blood plasma films was solved by applying statistical analysis of the Jones matrix maps blood plasma films and differentiation of abnormalities on their basis under the rules of fuzzy logic in this work.

Keywords: polarimetry, Jones matrix, fuzzy logic, statistical analyses.

На сьогоднішній день лазерна зображальна поляриметрія є інноваційною та досить перспективною технологією раннього медичного діагностування [1-3]. Дана технологія дає можливість отримати додаткову інформацію про поляризаційні характеристики як біологічних шарів так і розсіяного світлового потоку, що пройшов крізь них [4].

В результаті огляду вже існуючих методик діагностування патологій біологічних тканин/рідин було проаналізовано, що визначальна кількість методів є травматичними [5,6] і тому було вирішено використати технологію джонс-матричного картографування, як найбільш підходящу для ранньої діагностики [7]. Найбільш ефективне використання матриць Джонса полягає у дослідженні прозорих середовищ, де майже відсутня втрата поляризації світла [8].

Метою даної роботи є підвищення ефективності системи двовимірної лазерної поляриметрії для оцінювання патологічних змін молочних залоз шляхом застосування методів поляризаційного джонс-матричного картографування плівок плазми крові людини в поєднанні із статистичним аналізом отриманих зображень та диференціацією патологій на їх основі за правилами нечіткої логіки.

Для дослідження було обрано 20 зразків плазми крові, 10 взятих у пацієнтів зі здоровою молочною залозою та 10 патологічними відхиленнями відповідно.

Двовимірна система лазерної поляриметрії, що використовувалася для отримання дійсних та уявних елементів матриці Джонса, складається з вимірювального каналу, до складу якого входять такі основні елементи як: лазер, коліматор, чвертьхвильові пластинки, лінійний поляризатор, світлочутлива камера, що використовується для вимірювання параметрів анізотропії біологічних об'єктів, та з персонального комп'ютера для аналізу, обробки та класифікації отриманих зображень[9].

Найбільш об'єктивно статистичну структуру координатних розподілів поляризаційних параметрів біологічних шарів описує сукупність статистичних характеристик виміряних розподілів матриць Джонса біологічних шарів: середнє, дисперсія, асиметрія та ексцес випадкової величини.

Було проведено статистичний аналіз двовимірних розподілів параметрів анізотропії біологічних шарів. В ході аналізу одержаних даних було встановлено найбільш інформативні ознаки для подальшої ідентифікації нозологій «норма» та «патологія».

Під час здійснення процедури діагностики не завжди доцільним є використання чітких цифрових критеріїв у зв'язку із виникненням так званих «зон перекриття», до яких з легкістю можна відносити пограничні стани в діагностиці онкопатологій молочної залози.

В даній роботі було сформовано базу даних для комплексної діагностики стану пацієнта при онкопатологіях молочної залози за лазерними зображеннями полікристалічних мереж білків альбумінів і глобулінів зразків плазми крові пацієнтів двох груп.

На підставі отриманої бази даних була виведені математичні моделі на основі нечіткої логіки для комплексної діагностики онкопатологій.

Для характеристики інформативності будь якого діагностичного методу користуються об'єктивними параметрами, що називають операційними характеристиками. Виділяють основні та допоміжні характеристики. До основних характеристик відносяться чутливість S_e , специфічність S_p та достовірність A_c .

Аналіз одержаних даних про силу методу Джонс-матричного картографування мікроскопічних лазерних зображень для діагностики злоякісних змін молочної залози виявив наступне: сила методу поляризаційної діагностики злоякісних змін молочної залози для дійсних елементів матриці Джонса ($S_e = 80\%$, $S_p = 90\%$, $A_c = 85\%$) вища за аналогічні показники уявних елементів матриці Джонса. Хоча аналіз показників уявних елементів матриці Джонса також відповідає необхідному рівню ($S_e = 80\%$, $S_p = 80\%$, $A_c = 80\%$).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. V. Pavlov, N.I. Zabolotna, and etc. Methods and system of 2D polarization multi-matrix tomography of birefringent biological tissues and fluid / by editors: Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz// Information Technology in Medical Diagnostics . London, July 11, 2017 by Taylor & Francis Group CRC Press Reference - 210 Pages. - ISBN 9781138299290 - P.65 – 93.
2. N. I. Zabolotna; S. V. Pavlov; A. G. Ushenko; A. O. Karachevtsev; V. O. Savich, et al. System of the phase tomography of optically anisotropic polycrystalline films of biological fluids, *Proc. SPIE* 9166, Biosensing and Nanomedicine VII, 916616 (August 27, 2014).
3. Natalia I. Zabolotna, Bogdan P. Oliinychenko, Kostiantyn O. Radchenko, Anastasiia K. Krasnoshchoka, Olga K. Shcherba, "System of polarization phasometry of polycrystalline blood plasma networks in mammary gland pathology diagnostics", *Proc. SPIE* 9613, Polarization Science and Remote Sensing VII, 961311 (1 September 2015); doi: 10.1117/12.2187383
4. N. I. Zabolotna; S. V. Pavlov; A. G. Ushenko; O. V. Sobko and V. O. Savich. Multivariate system of polarization tomography of biological crystals birefringence networks, *Proc. SPIE* 9166, Biosensing and Nanomedicine VII, 916615 (August 27, 2014); doi:10.1117/12.2061105.
5. Natalia I. Zabolotna; Sergii V. Pavlov; Kostiantyn O. Radchenko; Vladyslav A. Stasenko; Waldemar Wójcik, et al. Diagnostic efficiency of Mueller-matrix polarization reconstruction system of the phase structure of liver tissue, *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161E (December 18, 2015).
6. N. I. Zabolotna; W. Wojcik; S. V. Pavlov; O. G. Ushenko and B. Suleimenov. Diagnostics of pathologically changed birefringent networks by means of phase Mueller matrix tomography, *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980E (January 11, 2013).
7. Zabolotna N.I. System of Mueller-Jones matrix polarizing mapping of blood plasma films in breast pathology / N. I. Zabolotna, K. O. Radchenko, M. H. Tarnovsiky // *Proceedings SPIE* Volume 10407, Polarization Science and Remote Sensing VIII; 1040714 (2017)
8. O. P. Mintser, N. I. Zabolotna, B. P. Oliinychenko, P. Komada, "Differential phase analysis of laser images of a polycrystalline component of blood plasma in diagnostics of pathological changes in mammary gland", *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 86980D (11 January 2013); doi: 10.1117/12.2019714
9. Zabolotna N. I. A multifunctional automated system of 2D laser polarimetry of biological tissues / N. I. Zabolotna, K. O. Radchenko // *Proc. SPIE*. — 2014. — Vol. 9205, 92050V.

Павлов Сергій Володимирович – д.т.н., професор, проректор з наукової роботи, вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Заболотна Наталя Іванівна – к.т.н., виконувач обов'язків завідувача кафедри лазерної і оптоелектронної техніки, вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Карась Олександр Володимирович – аспірант кафедри біомедичної інженерії, вінницький національний технічний університет, Вінниця, karas2014.o.11@gmail.com.

Serhii V. Pavlov - professor, vice-rector for scientific work, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Natalia I. Zabolotna - Ph.D., Acting Head of the Department of Laser and Optoelectronic Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Oleksandr V. Karas - post-graduate student of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, karas2014.o.11@gmail.com.

ЗВУКОВИЙ МАЯК-ІНДИКАТОР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі запропонований новий підхід до вирішення проблеми орієнтації людей з вадами зору, який передбачає використання звукового маяка-індикатора. В роботі представлена ідея його використання та наведена структурна схема з описом основних блоків такого приладу та взаємозв'язків між ними.

Ключові слова: акустика, втрата зору, пристрій орієнтації сліпих, маяк-індикатор.

Summary

In this paper, a new approach is proposed to address the problem of people with visual impairments orientation, which involves the use of an audible beacon-indicator. The paper presents the idea of its use and the structural scheme, which describing the main blocks of such a device and the relationship between them.

Keywords: acoustics, vision loss, the orientation device for the blind, the beacon indicator.

Звуковий маяк-індикатор – це спеціальний електронний прилад, який допомагає людям із вадами зорового аналізатора організму орієнтуватися на місцевості. За його допомогою люди з обмеженими можливостями за звуковим сигналом отримують всю необхідну інформацію про правильність напрямку руху, наближеність місця підвищеної небезпеки тощо. Цей прилад є надзвичайно корисним і необхідним, адже він також вберігає інвалідів по зору від різноманітних небезпек шляхом випромінювання відповідного звукового сигналу. Цей захист безпеки є особливо актуальним в місцях великого скупчення людей. Саме тому досить часто маяки-індикатори можна зустріти у метро, біля світлофорів, торговельних центрів та чималої кількості різноманітних установ.

Усі звукові маяки-індикатори поділяються на: зовнішні (використовуються на відкритих майданчиках) та внутрішні (застосовуються у приміщеннях).

Деякі високовартісні звукові маяки-індикатори можуть використовуватися також для інформування відвідувачів про послуги, режим роботи установи і будь-які інші важливі повідомлення. При встановленні такого звукового маяка може бути записаний будь-який аудіосигнал, актуальний для установи [1]. Записані повідомлення можуть програватися по команді оператора, а також при натисканні на спеціальну кнопку виклику або при спрацюванні датчика руху.

Зазвичай, маяк-індикатор складається з джерела сигналу – генератора, тобто пристрою з самозбудженням, наприклад підсилювача охопленого ланцюгом позитивного зворотного зв'язку (ПЗЗ) і формувача (наприклад, електричного фільтра) [2]. Спрощена структурна схема такого маяка-індикатора зображена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Спрощена структурна схема маяка-індикатора

Ланцюги ПЗЗ виконують дві функції: зміщення сигналу по фазі для отримання петлевого зсуву та фільтра, який пропускає потрібну частоту. Випромінювання звукового сигналу відбувається через вбудований у прилад гучномовець, який здатен відтворити сигнал певного діапазону частот. Важлива вимога до вихідного звуку полягає у тому, що він не повинен викликати подразнень слухового аналізатора людини та негативно впливати на нервову систему організму.

Бурхливий розвиток цифрової електронної техніки дозволяє в більшій кількості випадків формувати аналогові сигнали використовуючи цифрові методи, оскільки цифрові генератори аналогових сигналів мають ряд переваг: універсальність, точність налаштувань, висока стабільність вихідних параметрів.

Оскільки структурна схема приладу визначає його основні функціональні частини, їх призначення і взаємозв'язки та слугує для загального ознайомлення з конструкцією, то доцільною для наших цілей буде розробка саме такої схеми.

Розроблюваний нами пристрій є одним із можливих варіантів звукового маяка-індикатора для людей з особливими потребами. Сучасні схеми подібних пристроїв зазвичай працюють на основі мікроконтролерів або цифрових інтегральних мікросхем, що обумовлює великі зручності у використанні, широкі можливості та високу надійність. Основними перевагами даних пристроїв є: висока точність встановлення і стабільність вихідного сигналу звукової частоти, малий коефіцієнт нелінійних спотворень, сталість рівня вихідного сигналу, висока швидкодія, малі габарити та енергоспоживання, наочна індикація [3]. Виходячи з вищесказаного, за основу нашого пристрою обираємо інтегральну мікросхему. Розроблена структурна схема пристрою зображена на рисунку 2.

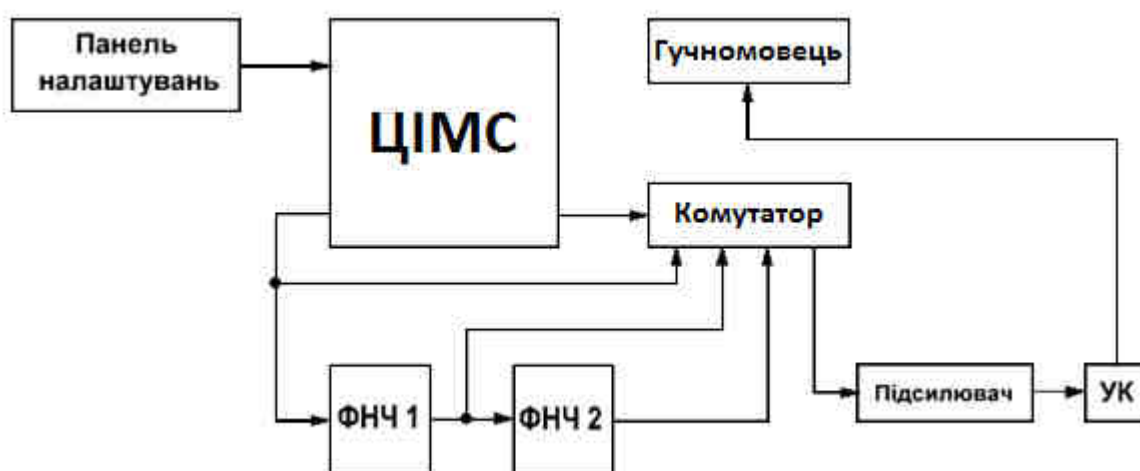


Рисунок 2 – Розроблена структурна схема звукового маяка-індикатора

Пристрій складається з таких основних структурних блоків:

- цифрова інтегральна мікросхема (ЦІМС);
- панель налаштувань;
- пристрій виведення (гучномовець);
- комутатор сигналів;
- фільтр низьких частот (ФНЧ 1, 2);
- підсилювач напруги;
- узгоджувач каскад (УК).

Пояснимо призначення складових елементів розробленої структурної схеми:

- Цифрова інтегральна мікросхема (ЦІМС). Її основне завдання полягає у отриманні та обробці даних з панелі налаштувань, формуванні керуючих імпульсів низького і високого рівня тривалості, тобто з певними частотами, та комутації сигналу між блоками, відповідно до налаштувань передачі звуку на пристрій виведення (гучномовець);

- Панель налаштувань. Вона має у своєму складі елементи керування пристроєм за допомогою яких встановлюється його робота та рівень звукового сигналу;

- Пристрій виведення (гучномовець) – пристрій, що призначений для ефективного випромінювання звуку в навколишній простір, що конструктивно містить одну або декілька випромінюючих голівок і, при необхідності, акустичне оформлення. Він потрібен для випромінювання сигналу, який формує ЦІМС;

- Комутатор сигналів. У нашій схемі це електричні зв'язки, що здійснюють комутацію формованого сигналу до підсилювального каскаду (за його наявності) одразу з виходу цифрової інтегральної мікросхеми або попередньо перетвореного сигналу з виходу першого або другого фільтра (якщо необхідні сигнали іншої форми);

- Підсилювач напруги – пристрій який необхідний для підсилення отриманого звукового сигналу до необхідної амплітуди (за умови, що рівень вихідного звукового сигналу є достатнім, може бути відсутній);

- Узгоджуючий каскад – повторювач напруги, що необхідний для зменшення вихідного опору генератора, тобто для погодження високого опору виходу цифрової інтегральної мікросхеми з низьким опором навантаження гучномовця.

Принцип роботи даного звукового маяка-індикатора заснований на формуванні за допомогою можливостей цифрової інтегральної мікросхеми прямокутних імпульсів звукової частоти та їх подачі на вихід пристрою у певні проміжки часу, що визначаються тривалістю керуючих імпульсів. Узгоджуючий каскад забезпечує підсилення по струму, погодження опорів схеми і гучномовця.

На розробленій структурній схемі, що зображена на рисунку 2, розкривається не принцип роботи окремих функціональних частин виробу, а тільки взаємодія між ними. Тому складові частини конструкції були зображені спрощено у вигляді прямокутників довільної форми. Ця структурна схема дозволить визначити тип використовуваних компонентів для подальшого створення схеми електричної принципової та дасть змогу обрати саме ті, які зможуть забезпечити реалізацію усіх функцій і параметрів створеного у процесі виконання роботи звукового маяка-індикатора належним чином.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Звуковые маяки [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступа: <http://bezpregrad.com/acoustic-beacon.html> (дата обращения 20.03.18). – Название с экрана.

2. Дьяконов В. П. Генерация и генераторы сигналов / В. П. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 384 с.

3. Введение в цифровую схемотехнику [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/104/104/info> (дата обращения 20.03.18). – Название с экрана.

Крекотень Євген Геннадійович – студент групи РАМ–14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Костішин Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: seruykost@gmail.com.

Тимчик Сергій Васильович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Evgeniy G. Krekoten – student of group RAM-14b, Faculty of Infocommunications, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Sergii V. Kostishyn – Cand. Sc. (Eng.), Assistant professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: seruykost@gmail.com.

Sergii V. Tymchyk — Cand. Sc. (Eng.), Assistant professor of department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОХОДЖЕННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В БІОТКАНИНАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено імітаційне моделювання проходження оптичного випромінювання крізь біотканину за допомогою методу Монте-Карло.

Ключові слова: моделювання; метод Монте-Карло; біотканина.

Abstract

The simulation modeling of the passage of optical radiation through a bioassay using the Monte Carlo method was performed in this work.

Key words: simulation; Monte-Carlo method; biotissue.

Актуальність: Застосування в медичній практиці експериментів з використанням оптичного випромінювання викликає певні труднощі, оскільки виникає необхідність в розробці моделей, що можуть достовірно описувати розповсюдження світла в біологічних тканинах. Так як аналітичні рішення задач розповсюдження світла в біологічних середовищах досить складно отримати, для цього використовуються чисельні методи, серед яких одним із універсальних методів є метод Монте-Карло. Моделі на основі даного методу легко реалізуються і є досить гнучкими, що дозволяє проводити дослідження в складних тканинах [1-6, 11-13].

Метод: Суть методу полягає в моделюванні випадкових траєкторій фотонів в середині досліджуваного зразка. Кожна траєкторія складається із відрізків вільного пробігу фотонів та точок взаємодії їх з речовиною. На всьому оптичному шляху фотони можуть поглинатися, розсіюватися, а також відбиватися від межі поділу двох середовищ. Для врахування поглинання фотону присвоюється певна вага, що зменшується до тих пір, поки фотон повністю не поглинеться. При розсіюванні визначається новий напрямок руху фотона із врахуванням фазової функції та випадкового числа. Рух фотона продовжується до тих пір, поки він не поглинеться, або не вийде за межі середовища

Розглянемо детально алгоритм моделювання, який складається з 8 основних кроків:

1. Генерація середовища (задаються основні його параметри).
2. Генерація фотона. Кожному фотону присвоюється початкова енергія $W_0=1$.
3. Програма генерує довільне значення кута розходження світлодіода α в межах константи кута розходження.
4. Фотон попадає на межу поділу двох середовищ. Після запуску фотона, якщо показник заломлення тканини і показник заломлення зовнішнього середовища відрізняються, і дорівнюють n_0 і n_1 відповідно, має місце дзеркальне відбиття, що визначається за формулою [3, 6]:

$$R_{\text{дз}} = \frac{(n_0 - n_1)^2}{(n_0 + n_1)^2}. \quad (1)$$

В результаті проходження через границю поділу двох середовищ, енергія фотона зменшується: $W = W_0 - R_{\text{дз}} = 1 - R_{\text{дз}}$.

5. Генерація траєкторії. Для цього визначається довжина вільного пробігу L фотона, тобто відстань до першого зіткнення в середовищі:

$$L = -l_{\text{сер}} \cdot \ln(1 - \xi), \quad (2)$$

де $l_{\text{сер}}$ – середня довжина вільного пробігу фотона, $l_{\text{сер}} = 1/\mu_t$. ($\mu_t = \mu_a + \mu_s$ – коефіцієнт послаблення середовища);

$\xi = \text{rand}(0,1)$ – випадкове число, яке генерує комп'ютер за допомогою генератора випадкових чисел на інтервалі $(0,1)$. [6]. ξ описується за допомогою функції густини ймовірності [5, 8-11]:

$$\int_a^x p(\chi) d\chi = \xi \text{ для } \xi \in (0,1). \quad (3)$$

Після чого визначається новий напрямок руху фотона (рис. 3), тобто кут його відхилення θ ($0 \leq \theta \leq \pi$) в результаті розсіювання за допомогою фазової функції Хені-Грінштейна [6, 7]:

$$P(\cos\theta) = \frac{1 - g^2}{2(1 + g^2 - 2g\cos\theta)^{3/2}}, \quad (4)$$

де g – фактор анізотропії, що дорівнює $\cos\theta$ і приймає значення від -1 до 1. Значення близькі до 0 – вказують на ізотропічне розсіювання а значення близькі до 1 вказують на пряме розсіювання. [7]. Використовуючи (3) і (4):

$$\theta = \arccos\left(\frac{1 + g^2 - ((1 - g^2)/(1 - g + 2g\xi))^2}{2g}\right). \quad (5)$$

6. Поглинання. В результаті проходження крізь непрозоре середовище вага фотона постійно зменшується за рахунок таких ефектів як поглинання та частково розсіювання. Для врахування цих ефектів використовується відношення коефіцієнта поглинання μ_a до коефіцієнта послаблення μ_t . Тому, енергія фотона зменшується на величину:

$$\Delta W = (\mu_a / \mu_t) \cdot W \quad (6)$$

В результаті ми отримуємо нову енергію фотона $W_l = W - \Delta W$.

7. Слід зазначити, що якщо сумарна висота пробігу фотона в шарові більша за висоту шару, то ми розраховуємо подвійну втрату енергії:

$$W = W_0 - R_{\text{дз}}, \text{ а потім } \Delta W = (\mu_a / \mu_t) \cdot W.$$

8. Пункти 5-8 повторюються до тих пір, поки фотон не вийде за межі середовища, або не поглинеться.

Висновки: Розроблена імітаційна модель проходження фотонів на основі відомих методів Монте-Карло дозволяє визначати глибину проникнення фотонів та інтенсивність випромінювання в різних шарах біотканини. На відміну від відомих методів нами було враховано ефект повного внутрішнього відбиття на межі поділу двох середовищ що дає достовірніші результати моделювання, а також враховано втрату енергії фотона за рахунок поглинання з використанням відношення коефіцієнта поглинання μ_a до коефіцієнта послаблення μ_t . Крім того, розроблена нами модель дозволяє підраховувати кількість фотонів, що пройшли крізь середовище, кількість поглинутих та кількість розсіяних фотонів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz// Information Technology in Medical Diagnostics . London, July 11, 2017 by Taylor & Francis Group CRC Press Reference - 210 Pages.
2. Vassilenko, S Valtchev, JP Teixeira, S Pavlov. Energy harvesting: an interesting topic for education programs in engineering specialities / «Internet, Education, Science» (IES-2016) – 2016. – P. 149-156.
3. Zenon Gotra, Roman Golyaka, Sergii Pavlov, Sergii Kulenko. High resolution differential thermometer. Technology and Design in Electronic Apparatuses. – 2009, № 6. - P. 19-23.

4. Physical principles of biomedical optics: monograph / [S.V. Pavlov, V.P. Kozhemiako, P.F. Kolesnik et al.]. - Vinnytsya: VNTU, 2010. - 152 p.
5. Photoplethysmographic technologies of the cardiovascular control / [Pavlov S.V., Kozhemiako V.P., Petruk V.G., Kolesnik P.F.]. - Vinnitsa: Universum-Vinnitsa, 2007. - 254 p.
6. A simulation model of distribution of optical radiation in biological tissues / S.V. Pavlov, S.E. Tuzhansky, T.I. Kozlovska, A.V. Kozak // Visnyk VNTU. - 2011. - №3. - P. 191-195.
8. Calibration of the metrological characteristics of photoplethysmographic multispectral device for diagnosis the peripheral blood circulation / Sergii V. Pavlov, Tatiana I. Kozlovska and etc. // Przegląd Elektrotechniczny. - 2017. - R. 93 NR 5. - P. 79 – 82.
9. Analysis of microcirculatory disorders in inflammatory processes in the maxillofacial region on based of optoelectronic methods / Pavlov, S.V., Barylo, A.S., Kozlovska, T.I. and etc. // Przegląd Elektrotechniczny. - 2017. - R. 93 NR 5. - P. 114 -117.
10. S. V. Pavlov; S. V. Sander; T. I. Kozlovska; A. S. Kaminsky; W. Wojcik, et al. Laser photoplethysmography in integrated evaluation of collateral circulation of lower extremities, *Proc. SPIE* 8698, Optical Fibers and Their Applications 2012, 869808 (January 11, 2013).
11. Tetyana I. Kozlovska, Peter F. Kolisnik, Sergey M. Zlepko, and etc. "Physical-mathematical model of optical radiation interaction with biological tissues", *Proc. SPIE* 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104453G (7 August 2017)
12. Sergii M Zlepko, Sergii V Sander, Tatiana I Kozlovska, Volodymyr Pavlov. Analysis of the vascular tone and character of the local blood flow to assess the viability of the body using the photoplethysmographic device // Przegląd Elektrotechniczny. - 2017. - R. 93 NR 5. – P. 92-95.
13. Tetyana I. Kozlovska, Sergii V. Sander, Sergii M. Zlepko and etc. "Device to determine the level of peripheral blood circulation and saturation", *Proc. SPIE* 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, 100312Z (28 September 2016)
14. Sergii V. Sander, Tatiana I. Kozlovska and etc. "Laser photoplethysmography in integrated evaluation of collateral circulation of lower extremities", *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 98161K (17 December 2015)

Козловська Тетяна Іванівна - к.т.н, старший викладач, ВНТУ, кафедра загальної фізики, Вінниця, Kozlovska.t.i@gmail.com

Володимир Сергійович Павлов - ст. гр. О-15б, факультет комп'ютерних систем і автоматики

Tetiana I. Kozlovska - Ph.D, Senior Lecturer, VNTU, Department of General Physics, Vinnytsia

Volodymyr S. Pavlov - Faculty of Computer Systems and Automatics, VNTU, Vinnytsia

ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ В МЕДИЧНІЙ ТЕХНІЦІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглядаються використання мікроконтролерів в медичній електронній апаратурі.

Ключові слова: мікроконтролер, медична апаратура.

Abstract

The paper discusses the use of microcontrollers in medical electronic equipment.

Keywords: microcontroller, medical equipment.

Мікроконтролер (англ. microcontroller), або однокристальна мікроЕОМ — виконана у вигляді мікросхеми спеціалізована мікропроцесорна система, що включає мікропроцесор, блоки пам'яті для збереження коду програм і даних, порти вводу-виводу і блоки зі спеціальними функціями (лічильники, компаратори, АЦП та інші).

Використовується для керування електронними пристроями. По суті, це — однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів.

Мікроконтролери можна зустріти в багатьох сучасних приладах, таких як телефони, пральні машини, вони відповідають за роботу двигунів і систем гальмування сучасних автомобілів, з їх допомогою створюються системи контролю і системи збору інформації. Більшість процесорів, що випускаються у світі — мікроконтролери.

Atmel Corporation — виробник напівпровідникових електронних компонентів. Компанія заснована в 1984 році. Акції продаються на біржі, NASDAQ: ATML. Один з лідерів у виробництві напівпровідників (флеш-пам'ять, EEPROM, мікроконтролери з ядром MCS-51 та ARM, а також мікроконтролери власної архітектури AVR та AVR32). Також розробляє та виготовляє невеликі модулі енергонезалежної пам'яті для електронних виробів, ПЛІС, цифрові мікросхеми-радіоприймачі та передавачі, сканери відбитків пальців. Компанія може запропонувати клієнтам систему на кристалі, яка об'єднує потрібні компоненти. Продукцію Atmel використовують в комп'ютерних мережах, промисловості, медицині, зв'язку, автомобілях, космосі, воєнних пристроях, а також у смарт-картках.

При проектуванні мікроконтролерів доводиться дотримувати баланс між розмірами і вартістю з одного боку і гнучкістю і продуктивністю з іншого. Для різних застосувань оптимальне співвідношення цих і інших параметрів може розрізнятися дуже сильно. Тому існує величезна кількість типів мікроконтролерів, що відрізняються архітектурою процесорного модуля, розміром і типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв, типом корпусу.

В той час, як 8-розрядні процесори загального призначення повністю витіснені продуктивнішими моделями, 8-розрядні мікроконтролери продовжують широко використовуватися. Це пояснюється тим, що існує велика кількість застосувань, в яких не потрібна висока продуктивність, але важлива низька вартість. В той же час, є мікроконтролери, з більшими обчислювальними можливостями, наприклад цифрові сигнальні процесори.

Обмеження за ціною і енергоспоживанням стримують також зростання тактової частоти контролерів. Хоча виробники прагнуть забезпечити роботу своїх виробів на високих частотах, вони, в той же час, надають замовникам вибір, випускаючи модифікації, розраховані на різні частоти і напругу живлення. У багатьох моделях мікроконтролерів використовується статична

пам'ять для ОЗП і внутрішніх регістрів. Це дає контролеру можливість працювати на менших частотах і навіть не втрачати дані при повній зупинці тактового генератора. Часто передбачені різні режими енергозбереження, в яких відключається частина периферійних пристроїв і обчислювальний модуль.

Окрім ОЗП, мікроконтролер може мати вбудовану незалежну пам'ять для зберігання програми і даних. У багатьох контролерах взагалі немає шин для підключення зовнішньої пам'яті. Найбільш дешеві типи пам'яті допускають лише одноразовий запис. Такі пристрої підходять для масового виробництва в тих випадках, коли програма контролера не оновлюватиметься. Інші модифікації контролерів мають можливість багатократного перезапису незалежної пам'яті. На відміну від процесорів загального призначення, в мікроконтролерах часто використовується гарвардська архітектура.

Неповний список периферії, яка може бути присутня у мікроконтролерах, включає:

Різні інтерфейси вводу-виводу, такі як UART, I2C, SPI, CAN, USB;

Аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі;

Компаратори;

Широтно-імпульсні модулятори;

Таймери.

Програмування мікроконтролерів зазвичай здійснюється на асемблері або Сі, хоча існують компілятори для інших мов, використовуються також вбудовані інтерпретатори Бейсіка і Форту. Для відлагодження програм використовуються програмні симулятори (спеціальні програми для персональних комп'ютерів, що імітують роботу мікроконтролера), внутрішньосхемні емулятори (електронні пристрої, що імітують мікроконтролер, які можна підключити замість нього до вбудованого пристрою, що розробляється) та інтерфейс JTAG.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тонкошкур О. С. Мікроконтролерні пристрої : навч. посіб. / О. С. Тонкошкур, І. В. Гомілко, О. В. Коваленко. – Д. : Вид-во ДНУ ім. О. Гончара, 2011. – 264 с.
2. Бродин В. Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики / В. Б. Бродин, А. В. Калинин. — М. : ЭКОМ, 2002. — 400 с.
3. Рабаи Ж. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования = Digital Integrated Circuits / Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2007. — 912 с.
4. Микушин А. Занимательно о микроконтроллерах / А. Микушин. — М. : БХВ-Петербург, 2006. — 432 с.
5. Новиков Ю. В. Основы микропроцессорной техники. Курс лекций / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов. — М. : Интернет-университет информационных технологий, 2003. — 357 с.

Домінгос Ісаак Мануель — студент групи БМА-17м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: isaacdomingos1@gmail.com.

Науковий керівник: **Штофель Дмитро Хуанович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Isaac Manuel Domingos — student of BMA-17m, Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: isaacdomingos1@gmail.com.

Supervisor: **Dmytro Kh. Shtofel** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ТРАКТ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ЦИФРОВИМ ОБРОБЛЕННЯМ ВИСОКОЧАСТОТНИХ СИГНАЛІВ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі представлено метод цифрового коригування розрядної нелінійності аналого-цифрового тракту радіотехнічних систем. У рамках запропонованого методу формування коригувальних членів базується на обробленні вибірок тестового сигналу у часовому та частотному поданні. Показано високу ефективність запропонованого методу при високих значеннях нелінійності характеристики перетворення АЦТ.

Ключові слова: радіотехнічна система, аналого-цифровий тракт, високочастотні сигнали, динамічний діапазон.

Abstract

Method of digital correction of bit nonlinearity of analog-digital path of radio-technical systems is represented in the research. The method suggests that the formation of correction components is based on the processing of test signal samples in time and frequency presentation. It is proved that the given method is characterized by high performance on conditions of nonlinearity high values of ADP conversion.

Keywords: radio-technical system, analog-digital path, high-frequency signals, dynamic range.

Вступ

Розширення сфер використання радіотехнічних систем з цифровим обробленням високочастотних (ВЧ) сигналів неможливі без покращення характеристик засобів аналого-цифрового перетворення. Аналого-цифровий тракт (АЦТ) встановлює граничні можливості сучасних радіотехнічних систем як за швидкодією так і за динамічним діапазоном. Тому удосконалення АЦТ ВЧ-сигналів відбувається як шляхом підвищення смуги частот перетворюваних сигналів, так і шляхом розширення динамічного діапазону [1].

Особливий інтерес до швидкодієвих АЦТ з широким динамічним діапазоном обумовлений тим, що в багатьох радіотехнічних системах з цифровим обробленням сигналів (ЦОС) все частіше використовуються схеми прямого перетворення сигналів без проміжного перетворення частоти. Важливою особливістю більшості цих систем є наявність широкого динамічного діапазону АЦТ для однозначного реєстрування як сильних за рівнем, так і слабких сигналів. Однак, використання відомих методів та підходів у швидкодієвих АЦТ ВЧ-сигналів не дозволяють реалізувати потенційно досяжний динамічний діапазон [2, 3]. Це пояснюється тим, що реальні тракти аналого-цифрового перетворення ВЧ-сигналів вносять суттєві спотворення в цифрове представлення сигналів у вигляді паразитних спектральних складових, що обумовлені нелінійністю функціональних елементів АЦТ [4]. Таким, чином актуальною задачею є розробка АЦТ з розширеним динамічним діапазоном при збереженні потенційно високої швидкодії перетворювача.

Метою роботи є розширення динамічного діапазону АЦТ високочастотних сигналів за рахунок коригування нелінійності характеристики перетворення (ХП) трактів.

Результати дослідження

Розв'язання задачі розширення динамічного діапазону АЦТ можна здійснити за рахунок підвищення лінійності передатної характеристики тракту при перетворенні ВЧ-сигналів. При реалізації запропонованого методу цифрового коригування передбачається виконання таких етапів:

- а) визначення розрядної нелінійності АЦТ за допомогою методів ЦОС;
- б) обчислення коригувальних поправок для досліджуваного АЦТ;
- в) формування скоригованих сигналів АЦТ.

Знайдено взаємозв'язок між розрядною нелінійністю АЦТ та спектральними складовими у базисі Уолша. ХП ідеального АЦТ з n -розрядним АЦП та числом кроків квантування $N = 2^n - 1$ може бути повністю представлена лише $m + 1$ складовими спектра у базисі Уолша. При цьому $X_w(0)$ відповідає зміщенню ХП АЦТ, а інші складові $X_w(k)$ – відповідним вихідним розрядам АЦТ. Тому використання дискретного перетворення Уолша (ДПУ) дозволяє при відповідному виборі типу тестового сигналу достатньо просто та наочно оцінити нелінійність досліджуваного АЦТ.

Амплітудний спектр Уолша відображає рівень нелінійності ХП і в результаті чітко визначаються розряди, які впливають на спотворення ХП АЦТ. Таким чином, розрядна нелінійність АЦТ знаходить своє відображення у відповідній складовій у базисі Уолша. Причому наявність інтермодуляційних складових сигналу не спотворює спектр Уолша і не зменшує точність опису нелінійних властивостей АЦТ, що дає можливість виконати адекватне коригування нелінійності ХП АЦТ. ДПУ послідовності, що відображає нелінійність АЦТ для кожного спотвореного розряду формує лише одну частотну складову, що спрощує процес визначення поправки для коригування вихідного сигналу АЦТ.

Шкала квантування АЦТ будується так, щоб спотворення обмеження не виникали, тому значення u_i збігається з амплітудним значенням сигналу u_m . Коефіцієнт k , що встановлює зв'язок між значеннями параметрів сигналу та шкали квантування чисельно дорівнює пік-фактору сигналу.

Точність формування коригувальної складової визначається середньоквадратичною похибкою оцінювання нелінійності гістограмного методу. Необхідно врахувати також втрати на неоптимальність оброблення послідовності нелінійності L згідно алгоритму ДПУ, що обумовлені квантуванням коефіцієнтів у базисі Уолша та масштабуванням даних:

$$\sigma_L = \frac{u_m \cdot \pi}{2q} \cdot \frac{1}{\sqrt{M}} \cdot 10^{\frac{L}{10}}.$$

Ефект від коригування зростає зі збільшенням нелінійності АЦТ і при значенні нелінійності 10 ОМР динамічний діапазон АЦТ з цифровим розрядним коригуванням на 22 дБ ширший, ніж в аналогового АЦТ без коригування

Висновки

У роботі запропоновано метод цифрового коригування розрядної нелінійності аналого-цифрового тракту радіотехнічних систем з цифровим обробленням ВЧ-сигналів. При цьому формування коригувальних членів базується на обробленні вибірок тестового сигналу у часовому та частотному поданні. У рамках запропонованого методу встановлено, що частотно-впорядковані функції Уолша мають таку ж періодичність, що і послідовності порушення лінійності АЦТ. Тому їх можна застосовувати для аналізу нелінійності ХП АЦТ. Встановлено, що розрядна нелінійність АЦТ знаходить своє відображення у відповідній складовій у базисі Уолша. Причому наявність інтермодуляційних складових не спотворює спектр Уолша і не зменшує точність опису нелінійності АЦТ, що дає можливість виконати адекватне коригування тракту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Методи та засоби обробки високочастотних сигналів. Г.Г. Бортник, В.М. Кичак. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998.- 132с.
2. Кестер У. Аналого-цифровое преобразование : пер. с англ. / Уолт Кестер. – М. : Техносфера, 2007. – 1016 с.
3. Бортник Г.Г. Пристрій аналого-цифрового перетворення високочастотних сигналів. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.В. Стальченко.- Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.-2013, № 2.- С.82-85.
4. Бортник Г.Г. Аналіз ефективності аналого-цифрового перетворення сигналів у радіотехнічних комплексах. Г.Г. Бортник, М.Л. Мінов, О.В. Стальченко. – 2012. Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, 2011, № 2.- С. 12-15.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

Vasylkivskyi Mikola Volodymyrovych – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

СПОСОБИ ФОРМУВАННЯ ЧАСТОТНИХ МІТОК

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В панорамних телекомунікаційних вимірювальних приладах використовують блоки формування частотних міток. Подана детальна класифікація існуючих і розроблених способів формування міток. Наведений базовий вузол, описано його роботу.

Ключові слова: телекомунікації, панорамний вимірювальний прилад, частотна мітка, свіп-генератор, генератор гармонік, змішувач.

Abstract

In the panorama of the telecommunications measuring instruments use units of frequency marks. Presents a detailed classification of existing and developed methods of forming marks. The basic node is given, its work is described.

Keywords: telecommunications, panoramic measuring instrument, frequency marks, sweep generator, harmonics generator, mixer.

Вступ

Однією з головних функцій панорамних вимірювальних приладів, які широко застосовуються в галузі телекомунікацій є формування ними частотних міток. Блоки міток в таких приладах повинні в широкому частотному діапазоні мати малу похибку формування.

Основна частина

Класифікація існуючих способів формування частотних міток наведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Способи формування частотних міток

Для формування міток використовують сигнал з частотою $f(t)$ від свіп-генератора. Виняток становить метод, згідно з яким мітки формуються по напрузі керування.

Структурна схема базового вузла каналу міток з перетворенням частоти показана на рис. 2. Якщо змішувач (ЗМ) лінійний по відношенню до напруги гетеродину, то формуються мітки в момент, коли $f(t) = f_{\Gamma}$. Перетворювач з гетеродином, виконаним у вигляді генератора гармонік (ГГ), дозволяє формувати послідовність фіксованих міток в моменти, коли $f(t) = n \cdot f_{\Gamma}$, де n – ціле число. В обох випадках напруга мітки виділяється вузькосмуговим фільтром нижніх частот (Ф), а методи формування отримали назву «з нульовим биттям» [2].

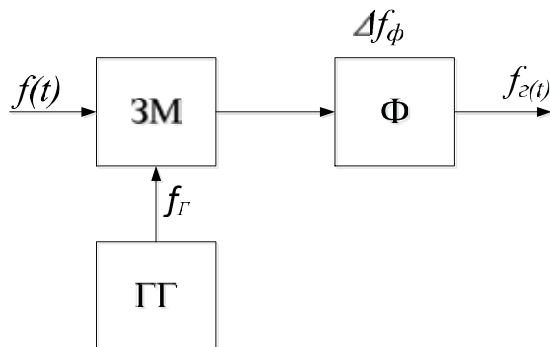


Рисунок 2 – Базовий вузол каналу міток з перетворенням частоти

Висновки

Подано класифікацію способів формування частотних міток в панорамних вимірювальних приладах. Розглянуті способи, основані на перетворення частоти свіп-генератора, а також ті, які використовують в алгоритмі роботи приладу напругу керування свіп-генератора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. Учебное пособие/Под общей редакцией Б.Н. Тихонова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 360, с.: ил.
2. Кононов С. П. Метод визначення частоти свіп-генератора панорамного вимірювача частотних характеристик/ С.П. Кононов, А.А Негур // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2017. - №70. – с. 23-29.

Григоренко Микола Анатолійович – ст. групи ТКП-156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail nikolaonline123@gmail.com

Науковий керівник: **Кононов Сергій Павлович** – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця ;

Hryhorenko Mykola A. – Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinntsia, e-mail nikolaonline123@gmail.com

Supervisor: **Kononov Sergiy P.**– Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ОСОБЛИВОСТІ QoS У БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ 802.11

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуто особливості технології QoS у безпроводних мережах стандарту 802.11.

Ключові слова: безпроводний канал стандарту 802.11, QoS, кадри MPDU.

Abstract

This paper is considered features of QoS technology in wireless networks of 802.11 standard.

Keywords: wireless channel 802.11, QoS, MPDU frame.

Вступ

Як правило, для функціонування телекомунікаційних та інфокомунікаційних послуг, ефективна швидкість передачі визначається прикладним додатком [1]. Цей параметр має значно менше значення відносно пропускної здатності каналу за рахунок додавання службової інформації, виникнення завад та існування перешкод у середовищі передачі. Однією із таких службових інформацій є технологія QoS.

Основна частина

У стандарті 802.11 передбачено формування власних 15-ти інформаційних типів кадрів. Кожен такий кадр містить у керуючому полі (КП) ідентифікатор типу кадру рівний 10 та 4 біти які визначають підтип кадру. Структура кадру для стандарту 802.11 наведено на рис. 1 [2].



Рис. 1 – Структура кадру MPDU

Кадр складається із керуючого поля (КП), поля мережного вектора розміщення (ПМБР), полів адресації (ПА), поля керування послідовністю (ПКП), поля даних (ПД) та поля циклічного надлишкового коду (ЦНК). Поле контролю якості (ПКЯ) визначає параметри для сервісу контролю якості QoS. Наявність цього поля є необов'язковим і використовується при наявності доступу до інфокомунікаційних послуг, що має вісім рівнів пріоритету. Підтип кадру якраз і містить інформацію про призначення кадру MPDU, та встановлює один із рівнів пріоритету роботи технології QoS.

Пристрій який підтримує QoS є як правило сумісним із обома типами кадрів QoS MPDU та non-QoS MPDU. Точка доступу може формувати обидва типи кадрів в залежності від сумісності приймального обладнання. Але QoS кадри застосовуються тільки при обміну інформацією у так званих радіоколах [3]. При застосуванні режимів трансляції використовуються тільки non-QoS кадри.

Висновки

Таким чином, механізм QoS призначений для підвищення якості передачі корисної інформації, але при цьому додатково вноситься службова інформація у канал. Але з точки зору підвищення стабільності передачі такий компроміс є виправданим, особливо при наявності великої кількості інтерференційних завад та передачі сучасних видів мультимедійного трафіку [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михалевський Д. В. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Сборник научных трудов SWord. – Выпуск 3(40). Том 3. Иваново: Научный мир, 2015. – С.43-47.
2. Михалевський Д.В. Дослідження впливу довжини пакетів верхніх рівнів на ефективну швидкість передачі для стандарту Wi-Fi / Д. В Михалевський, М. Д. Гузь, Р. О. Красота // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №4. – С. 189 – 192.
3. Михалевський, Д. В. Особливості технології MIMO у стандарті 802.11 [Текст] / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Научные труды SWorld. – Выпуск 3(44). Том 1. – 2016. – С. 49-54. DOI: 10.21893/2410-6720-2016-44-1-106.
4. Michalevskiy D. V. The research of wi-fi channel for multimedia traffic / D. V. Michalevskiy, V. E. Mondlyak, R. O. Krasota // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №2. – С. 173 – 177.

Михалевський Дмитро Валерійович — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет

Mikhalevskiy Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ VOIP В БЕЗПРОВІДНИХ МЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуто особливості оцінки параметрів VoIP технології і ефективність передачі FTP трафіку з певним навантаженням на канал передачі.

Ключові слова: VoIP, безпроводний канал, QoS, FTP трафік, оцінка параметрів, CoS, TS.

Abstract

In the article the features of estimation of parameters of the VoIP technologies and transmission of FTP traffic with a specific bandwidth of transmission.

Keywords: VoIP, wireless channel, QoS, FTP traffic, estimation of parameters, CoS, TS.

Вступ

На шляху до впровадження і широкого використання IP-телефонії є ряд перешкод, які необхідно усунути за допомогою науково-технічних рішень [1].

Може здаватися, що якість передачі голосу недостатня для використання в комерційних цілях. Таке твердження має місце в тому випадку, коли для виклику відводиться недостатня смуга пропускання або коли частина голосових пакетів втрачається через недостатню продуктивність мережі. В концепції мультисервісних мереж, для користувача є важливими час отримання доступу до послуги, забезпечення мінімально необхідної швидкості передачі у каналі, для певного виду послуги, що є особливо критичним при передачі сучасних видів мультимедійного трафіку [2].

Основна частина

VoIP – це технологія передачі медіа даних в реальному часі за допомогою протоколів TCP/IP. IP-телефонія – система зв'язку, при якій аналоговий звуковий сигнал від одного абонента дискретизується (кодується в цифровий вигляд), компресується і пересилається по цифрових каналах до іншого абонента, де проводиться зворотна операція – декомпресія, декодування і відтворення аналогового сигналу [1].

Процес встановлення з'єднання починається із обміну керуючими пакетами та знаходженням адрес абонентів, після чого виконується потокова передача голосових пакетів. Для забезпечення високої якості розмови (без ехо та затримок) пакети передаються по IP-мережі в режимі реального часу. Всі стандарти VoIP для потокової передачі голосових пакетів в реальному часі використовують протокол RTP.

Стандарт RTP не визначає і не вимагає використання якогось певного UDP-порту. У кожному голосовому пакеті RTP міститься додаткова інформація, включаючи ідентифікацію корисного навантаження для визначення типу переданих даних, порядкові номери для виявлення та ідентифікації втрачених пакетів і часові маркери для синхронізації і розрахунку джитера (флуктуації часу затримки). Для цього використовується механізм якості обслуговування (QoS). Основними показниками QoS у VoIP є [3]: смуга пропускання; максимальна кількість даних, яку мережа може передавати; надійність каналу передачі в цілому; джитер; затримка; втрати пакетів; наявність ехо.

Одним із перспективних стандартів, для використання VoIP є обладнання, яке можна налаштувати під власні потреби, в даному випадку це стандарт 802.11 [4].

В стандарті 802.11 використовується два види модуляції MPSK для низькошвидкісної передачі та QPSK для високошвидкісної передачі. Як показують дослідження одним із критеріїв ефективності передачі інформації є забезпечення відповідного рівня сигнал/шум. Як відомо основним параметром

який характеризує будь-який канал передачі є пропускна здатність. З іншого боку розглядаючи безпроводні канали стандарту 802.11 Wi-Fi, можна спостерігати невеликий виділений частотний ресурс на якому розміщується велика кількість мереж, які використовують однакові канали для передачі інформації [5].

Використання IP-мереж для передачі голосового трафіку вимагає гарантованих параметрів QoS, а їх забезпечення залежить в першу чергу від визначення основних параметрів каналу передачі, які повинні максимально забезпечити передачу трафіку в реальному режимі часу [6].

Для аналізу параметрів трафіку можна використати результати роботи [3]. Тут встановлено, що забезпечення параметрів QoS або широкої смуги пропускання є майже рівноцінними методами, при використанні ресурсів безпроводних каналів. В будь-якому випадку формування або керування характеристиками трафіку передбачає наявності методів контролю за основними критеріями якості – швидкість передачі пакетів і обсяг потоку, що надходять на вхід мережі.

Висновки

Таким чином, для забезпечення необхідної якості VoIP трафіку, необхідно забезпечити гарантоване значення параметра ефективної швидкості передачі інформації. Це досить просто може забезпечити обладнання стандарту 802.11, яке має досить високу пропускну здатність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гольдштейн Б.С. «IP-телефония» (третье издание) / Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. – М.: Радио и связь, 2006. – 336 с.: ил.
2. Michalevskiy D. V. The research of wi-fi channel for multimedia traffic / D. V. Michalevskiy, V. E. Mondlyak, R. O. Krasota // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №2. – С. 173 – 177.
3. Покушев А. Н. Исследование качественных характеристик VoIP / Прокушев А.Н., Ступак Г.В., Бойко В.В. // X Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми телекомунікацій" ПТ-2016: Збірник матеріалів конференції. — К.: НТУУ "КПІ", 2016. – 582с.
4. Mykhalevskiy, D. Development of a spartial method for the estimation of signal strength at the input of the 802.11 standard receiver [Text] / D. Mykhalevskiy // Easten-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 4/9 (88). – С. 29-36. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.106925.
5. Михалевський Д. В. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 3(40). Том 3. Иваново: Научный мир, 2015. – С.43-47.
6. Информационно-коммуникационные технологии в управлении: монография / [авт. кол. Косолапов А. А., Кувшинов А. В., Нирков А. П., Михалевский Д. В. и др.]. – Одесса: Куприенко СВ, 2015, – 245 с.

Михалевський Дмитро Валерійович — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет

Mikhalevskiy Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Присяжнюк Віктор Петрович — студент групи ТКС-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: prusyashnuk@gmail.com

Prysiazhniuk Viktor Petrovych — a student of group TKC-17mi, the faculty of Infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia national technical University, Vinnytsia, e-mail: prusyashnuk@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ЗАВАД В МЕРЕЖІ СТАНДАРТУ 802.11

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено дослідження інтерференційних завад в мережі стандарту 802.11.

Ключові слова: інтерференційні завади, SINR, SNR, безпроводна мережа стандарту 802.11, безпроводний канал, сусідній і суміщений канали.

Abstract

In this paper was research of interference noise in wireless networks of the 802.11 standard.

Keywords: interference interference, SINR, SNR, 802.11 wireless network, wireless channel, adjacent and inter-connected channels.

Вступ

На даному етапі розвитку спостерігається досить широке використання безпроводних мереж. При цьому, виникає певна кількість негативних факторів, які впливають на їх працездатність. Одним із значних негативних факторів є інтерференційні завади [1].

Основна частина

Інтерференційні завади можна визначити як відношення рівня сигналу випромінювання передавача до рівня інтерференційного сигналу (SINR, Signal to Interference plus Noise Ratio), що виділяється на вході приймача [2]. Враховуючи досить значне завантаження радіочастотного ресурсу, на даний час показник SINR є одним з основних критеріїв якості функціонування бездротової мережі [3].

В загальному випадку, інтерференція - це поява на антені приймача як хвилі прямої видимості від передавача, так і хвиль відбитих від перешкод зі зміщеними фазами. Для мереж 802.11 Wi-Fi інтерференційні завади можна розділити на дві групи: завади створюванні іншими передавачами цього ж стандарту та завади приймачів інших стандартів і побутових приладів (як правило, їх відносять до шумів). Впливу інтерференційних завад можна оцінити із досить простих досліджень. Для прикладу наведено фрагмент моніторингу середовища передачі у гуртожитку ВНТУ, як показано на рис. 1.

Для оцінки впливу інтерференційних завад на параметри безпроводного каналу передачі використовують два випадки: сумісний канал, де центральна частота точки доступу (ТД) і інтерференційної точки доступу (ІТД) співпадають; сусідній канал, де частотні канали ТД та ІТД не перетинаються [4]. Суміщений канал значно зменшує ефективну швидкість передачі інформації, при цьому залишаючи мережу дієздатною, але непридатною для передачі мультимедійного трафіку високої якості. Сусідній інтерференційний канал також значно зменшує ефективну швидкість передачі інформації, але цей ефект виникає в тому випадку, коли до головної пелюстки спектра мережі попадає спектр від інтерференційної мережі, в результаті чого виникають колізії та помилки у пакетах. Такий режим є найбільш небажаний, хоча тут ефективність каналу із смугою 40 МГц є вищою.

Як видно із наведеного фрагменту моніторингу, картина є досить складною. В такому випадку, тут існує досить багато сусідніх інтерференційних каналів. Коефіцієнт SINR в такій мережі буде досить низьким і клієнтські пристрої найчастіше будуть працювати з невисокою пропускну здатністю.

Висновки

Таким чином, проведені дослідження дають можливість надати рекомендації по оптимізації

структури безпроводної мережі. В цьому випадку є доцільним перейти на більш широкосмуговий канал та вибрати частотний діапазон, де буде найменший вплив сусідніх інтерференційних каналів.

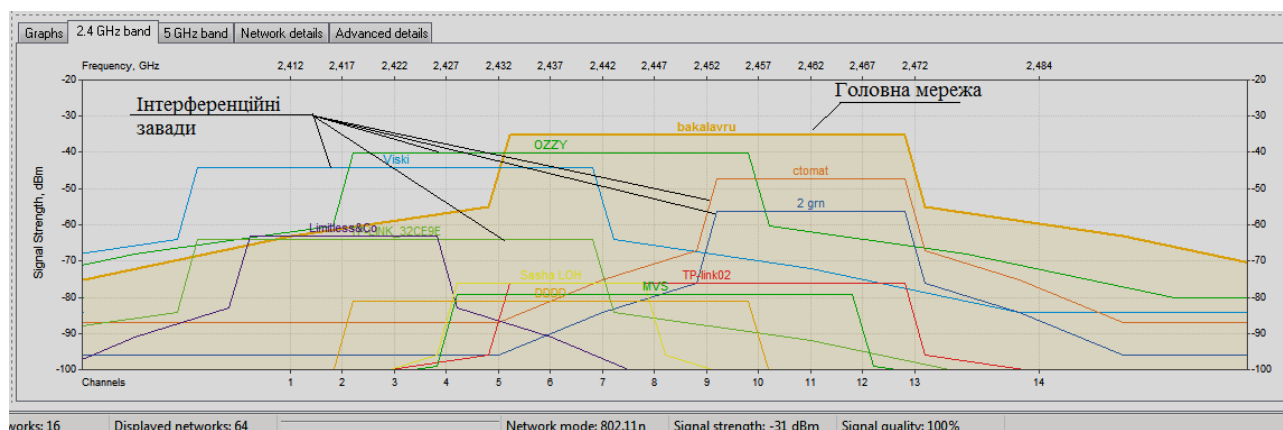


Рисунок 1 – Частотні спектри середовища передачі у гуртожитку ВНТУ

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михалевський, Д. В. Оцінка параметрів безпроводного каналу передачі інформації стандарту 802.11Wi-Fi / Д. В. Михалевський // Східно - Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 6/9 (72). – С. 22-25. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.31666.
2. Михалевський Д. В. Передача трафіку у мережах Wi-Fi при дії інтерференційних завад / Д. В. Михалевський, М. Д. Гузь, Р. О.Красота. – Сборник научных трудов Sword. – 2014. – №4(37) Том 5. – С. 12-17.
3. Михалевський Д. В. Дослідження передачі інформації в умовах суміщеного та сусіднього інтерференційного каналів для стандарту 802.11n / Д. В. Михалевський, В.В. Номировська, О.М. Постернак // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №2. – С. 155 – 159
4. Михалевський Д. В. Передача трафіку у мережах Wi-Fi при дії інтерференційних завад / Д. В. Михалевський, М. Д. Гузь, Р. О.Красота. – Сборник научных трудов Sword. – 2014. – №4(37) Том 5. – С. 12-17.

Михалевський Дмитро Валерійович — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет

Mikhalevskiy Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Гоголкіна Анастасія Олександрівна— студентка групи ТКС-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tknastya@ukr.net

Gogolkina Anastasia Aleksandrovna — a student of group TKC-17 mi, the faculty of Infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia national technical University, Vinnytsia, e-mail: tknastya@ukr.net

ОЦІНЮВАННЯ СПЕКТРАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ КАНАЛІВ У ВОСП

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі виконано оцінювання спектральної ефективності формування оптичних сигналів та характерні обмеження при передачі сигналів оптичними каналами. Також розглянуті деякі види модуляцій та показані можливості оптичних каналів із застосуванням цих типів модуляцій.

Ключові слова: спектральна ефективність, OSNR, теорема Шеннона, QPSK, QAM, RZ, оптичні канали.

Abstract

In work the estimation of the spectral efficiency of the formation of the optical signals and the characteristic restrictions in the transmission of optical signal channels. It also discusses some modulation types and capabilities of optical channels with the use of these types of modulations.

Keywords: spectral efficiency, OSNR, theorem of Shannon, QPSK, QAM, RZ, optical channels.

Вступ

Враховуючи значну кількість факторів та фізичних явищ, які обмежують пропускну здатність ВОСП (дисперсія, загасання, втрати на з'єднаннях) актуальною задачею є визначення шляхів мінімізації їх впливу на ВОСП та знаходження оптимального варіанту підвищення ефективності ВОСП, зокрема спектральної ефективності використання оптичних каналів у ВОЛТ.

Для оцінки спектральної ефективності формування сигналів в оптичних каналах використовується теоретичний критерій Шеннона (теорема Шеннона).

Основна частина

Для всіх багаторівневих та багатофазних методів модуляції і кодування теорема Шеннона характеризує пропускну здатність каналу при заданій середній потужності оптичного сигналу за умови впливу адитивного білого гаусового шуму, згідно формули:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

При збільшенні сукупної потужності оптичних каналів, або при збільшенні оптичної потужності в одному каналі за умови дотримання необхідного OSNR, критерій Шеннона має враховувати нелінійні властивості волокон (ефект Керра) у техніці волоконно-оптичного зв'язку.

Таблиця 1 – Класифікація пропускну здатності ВОСП згідно критерію Шеннона

Формула	Вид
$\frac{C}{B} = \log_2(1 + SNR)$	Пряма модуляція (амплітуда+фаза) з прямим детектуванням в системі
$\frac{C}{B} = \frac{1}{2} \log_2(SNR) + 1.1$	Фазова модуляція з когерентним детектуванням
$\frac{C}{B} = \frac{1}{2} \log_2(SNR) - 1.0$	Пряма модуляція (амплітуда+фаза) з когерентним детектуванням

Нелінійні межі спектральної ефективності з урахуванням шумів підсилювачів та нелінійних властивостей волокон оцінюються за співвідношеннями:

$$P_n = N_a(G - 1)n_{sp}h\nu$$

$$P_{NL} = B \sqrt{\frac{\lambda^2 B D \Delta f}{c \gamma^2 L_{eff} 2 \ln \left(\frac{N_{ch}}{2} \right)}}$$

$$\frac{C}{B} = \log_2(1 + SNR) = \log_2 \left\{ 1 + \frac{P e^{-\left(\frac{P_s}{P_{NL}}\right)^2}}{P_N + \left(1 - e^{-\left(\frac{P_s}{P_{NL}}\right)^2}\right)} \right\}$$

Дослідження показує, що найгірші умови функціонування ВОСП створюють ефекти фазової крос-модуляції (ХРМ) і чотирихвильове змішування (FWM). Ці явища обмежують спектральну ефективність 8 біт/с/Гц при співвідношеннях сигнал/шум 20-25 дБ і дисперсії 17 пс/нм×км для волокон SMF.

Серед проблем багатопозиційної фазової і амплітудної модуляції необхідно відзначити фазові і амплітудні шуми, викликані такими факторами: шуми спонтанної емісії, фазові флуктуації в каналах модуляторів, фазовий шум через нелінійність оптичних ефектів, температурний дрейф характеристик модуляторів та ін. Підсумком цих дестабілізуючих факторів є амплітудно-фазові шуми, що призводять до розширення спектру каналного оптичного сигналу. (див. табл. 2).

Таблиця 2 - Швидкість передачі і спектральна ефективність оптичних високошвидкісних каналів

Лінійна швидкість, Гбіт/с	Швидкість в Бод, ГБод	Модуляція	Біт/символ	Спектральна ефективність, біт/с/Гц	Вимоги OSNR, дБ при BER = 10 ⁻³
112	28	DP-QPSK	2	4	12.6
224	28	DP-16QAM	4	4	17.4
448	112	DP-QPSK	2	4	19.3
448	56	DP-16QAM	4	8	23.1
448	37	DP-64QAM	6	12	27.3
448	28	DP-256QAM	8	16	31.9

Висновки

Для оцінки спектральної ефективності застосовують теорему Шеннона, яка характеризує всі комбінації багаторівневих та багатофазних методів модуляції.

Серед проблем формування оптичних сигналів виділяються проблеми їх стійкості: до шумів спонтанної емісії, до хроматичної та поляризаційно-модової дисперсії, до нелінійних спотворень.

Проведений порівняльний аналіз результатів досліджень показав явні переваги завадостійкості фазових методів модуляції (RZ-DPSK, RZ-DQPSK) по відношенню до шумів, ПМД, нелінійних спотворень у волокні. За винятком, DB формату, який має кращі показники завадостійкості до хроматичної дисперсії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фокин В.Г. Когерентные оптические сети: Учебное пособие. - Н.: СибГУТИ. 2015
2. Бортник Г.Г. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник/ Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. – Вінниця: ВНТУ, 2017 – 162 с.

Васильківський Микола Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет

Vasylykivskiyi Mykola Volodymyrovych — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Присяжнюк Віктор Петрович — студент групи ТК-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: prusyashnuk@gmail.com

Prysiashniuk Viktor Petrovych — a student of group TK-17mi, the faculty of Infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia national technical University, Vinnytsia, e-mail: prusyashnuk@gmail.com

СОЛІТОННІ ОПТИЧНІ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено дослідження солітонних оптичних ліній зв'язку на основі нових форматів та технологій передачі даних.

Ключові слова: оптичне волокно, волоконні лінії зв'язку, солітонні лінії зв'язку.

Abstract

The research of soliton optical communication lines on the basis of new formats and technologies of data transmission has been carried out.

Keywords: optical fiber, fiber lines, soliton communication lines.

Вступ

Дослідження волоконно-оптичних технологій в даний час є одним з найбільш перспективних та актуальних завдань в сфері нелінійної оптики та фотоніки. Великий інтерес представляють завдання передачі інформації із використанням оптичних ліній зв'язку. Лідерами ринку телекомунікацій є ВОЛЗ, які володіють рядом переваг в порівнянні з лініями електропередач і радіозв'язку, а саме: низькі втрати потужності сигналу, широкий спектр передачі, стійкість до механічних пошкоджень, відсутність взаємних впливів між волоконними кабелями та інші [1].

Враховуючи високу собівартість експериментальних ВОЛЗ та складність проведення експериментальних досліджень, які вимагають значних витрат часу, тому в завданнях оптимізації параметрів і розробки ліній зв'язку широко використовується математичне моделювання. Воно дозволяє досліджувати механізми спотворення сигналів в процесі їх поширення по ВОЛЗ та проводити аналіз ефективності ліній зв'язку. Таким чином, математичне моделювання та чисельні методи представляють собою потужний інструментарій для вирішення завдань волоконної оптики. Чисельне моделювання особливостей використання солітонних технологій, як в задачах передачі інформації по лініях зв'язку, так і в задачах генерації локалізованих імпульсів, з використанням високопродуктивних обчислювальних комплексів, без сумніву, є важливою і актуальною задачею.

Метою роботи є: дослідження переваг використання солітонних технологій в волоконно-оптичних лініях зв'язку, а також дослідження використання функціональних характеристик в багатоосередних ОВ; розробка та адаптація математичних моделей, задіяних в дослідженні нелінійних спотворень сигналу при поширенні в волоконно-оптичних солітонних лініях зв'язку.

Об'єктом дослідження справжньої роботи є солітонні волоконно-оптичні лінії зв'язку, головними елементами яких є модулятор, волоконний світловод, модуль цифрової обробки і детектор сигналу. Методологія і методи дослідження складаються з комплексного аналізу вивчення поширення солітонів сигналу по ВОЛЗ.

Основна частина

За рахунок впровадження волоконно-оптичних технологій протягом останніх 30 років забезпечується експоненціальне зростання швидкості передачі інформації [2]. В даний час ВОЛЗ зв'язку є найбільш поширеним способом передачі інформації на значні відстані: приблизно 10000 км (трансокеанські лінії зв'язку), 1000 км (магістральні лінії зв'язку). Пропускна здатність сучасних ВОЛЗ зв'язку може становить понад 30 Тбіт/с при довжині волоконно-оптичного лінійного тракту декілька тисяч кілометрів [3].

Основним фактором, що обмежує зростання пропускної здатності ВОЛЗ є вплив нелінійних ефектів в ОВ при підвищенні потужності сигналу [4]. Через вплив нелінійних ефектів відбувається зниження спектральної ефективності, що характеризує залежність відношення швидкості передачі даних від ширини спектрального каналу при зростанні потужності сигналу та зниженні дальності передачі інформації. Одним із методів підвищення спектральної ефективності є використання

солітонів в якості імпульсів, що переносять інформацію. Солітон є когерентною, стійкою структурою та стійкий до нелінійних спотворень і здатний поширюватися зберігаючи свою форму за рахунок взаємної компенсації нелінійних та дисперсійних ефектів, і тому ідеально підходить для передачі інформації в нелінійному середовищі, тобто в оптичному волокні. Крім того, когерентність солітону означає збереження значення фази уздовж профілю імпульсу, що означає, можливість його використання для кодування інформації за значенням фази електромагнітного поля. [5].

В таблиці 1 вказані результати проведеного оцінювання продуктивності солітонних ліній зв'язку на основі статистичного параметра помилки EVM. Для кожного з розглянутих типів волокон були визначені межі безпомилкової передачі даних для різних форматів модуляції. Наприклад, для DSF волокна можлива передача даних 10 Гбіт / с на відстані порядку 14 тис. км, 20 Гбіт / с - 9 тис. км, і 30 Гбіт / с - 3.5 тис. км [6].

Таблиця 1 – Функціональні характеристики солітонних ліній зв'язку: максимальна відстань безпомилкової передачі даних для різних форматів модуляції і типів волокон.

Формат модуляції оптичних сигналів у ВОСП	Тип ОБ та довжина ВОЛЗ на основі солітонових технологій		
	DSF	TWF	SSMF
BPSK	14 тис.км.	16 тис.км.	>20 тис.км.
QPSK	9 тис.км.	10 тис.км.	20 тис.км.
8-PSK	3,5 тис.км.	3,5 тис.км.	12 тис.км.

Висновки

Виконано дослідження максимальної швидкості передачі даних при максимальній довжині ВОЛТ та інших параметрів солітонних оптичних ліній зв'язку, які проводилися на основі розроблених алгоритмів оцінки спектральної ефективності, дисперсії випадкових часових і фазових флуктуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 26 Tbit/s linerate super-channel transmission utilizing all-optical fast Fourier transform processing / D. Hillerkuss, R. Schmogrow, T. Schellinger et al. // Nature Photonics. — 2011. — Vol. 5(6). — P. 364–371.
2. Single-laser 32.5 Tbit/s 16QAM Nyquist WDM transmission / D. Hillerkuss, R. Schmogrow, M. Meyer et al. // Journal of Optical Communications and Networking. — 2012. — Vol. 4. — P. 715–723.
3. 20 Tbit/s transmission over 6860 km with sub-Nyquist channel spacing / J. Cai, C.R. Davidson, A. Lucero et al. // Journal of Lightwave Technology. — 2012. — Vol. 30. — P. 651–657.
4. Capacity limits of optical fiber network / R. Essiambre, G. Kramer, Winzer P., B. Goebel // Journal of Lightwave Technology. — 2010. — Vol. 28. — P. 662–701.
5. Ellis A. D., Zhao J. Impact of nonlinearities on fiber optics communications: optical and fiber communication reports 7 / Ed. by S. Kumar. — Springer, 2011.
6. Essiambre R.-J. Impact of fiber parameters on nonlinear fiber capacity // Proceedings of Optical Fiber Communication Conference. — 2011.

Васильківський Микола Володимирович — доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, e-mail: mvasylkivsyi@gmail.com

Vasyukivsky Nikolay — Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivsyi@gmail.com

Гоголкіна Анастасія Олександрівна — студентка групи ТК-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tknastyia@ukr.net

Gogolkina Anastasia Aleksandrovna — a student of group TK-17 mi, the faculty of Infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia national technical University, Vinnytsia, e-mail: tknastyia@ukr.net

КЕРУВАННЯ ДОСТУПОМ ДО МЕРЕЖ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Об'єкт даного дослідження – нечіткий контролер, що призначено для застосування у системі CDMA для контролю доступу.

Ключові слова: нечіткий, CDMA, доступ.

Abstract

The object of this research is a fuzzy controller for admission control in CDMA system.

Keywords: fuzzy, CDMA, access.

Основна мета контролю доступу до мережі стільникового зв'язку – обмеження числа потоків з'єднань так, аби забезпечити максимально високу якість обслуговування для усіх викликів. Зараз застосовуються два основні алгоритми для керування доступом мобільних станцій, які забезпечують усі потрібні характеристики якості обслуговування з'єднань. Алгоритм, що базується на аналізі черг, працює на основі ймовірності прийому з'єднання, яка визначається статусом черги. У алгоритмі, заснованому на граничному значенні, коли з'являється нове з'єднання, модуль керування доступом перевіряє, чи буде загальна кількість з'єднань менше або рівна граничному значенню. В той же час, алгоритми, засновані на принципах нечіткого керування є найбільш доцільними в умовах, коли відсутнє детерміноване представлення задачі. В роботах [1–3] показано, що для розроблення протоколу керування викликами перспективним є використання обчислювальних методик, заснованих на таких технологіях, як нечітка логіка, нейронні мережі та генетичні алгоритми. Це дає змоги задовольнити вимоги користувачів до якості обслуговування, а також та максимально корисно використати ресурси системи стільникового зв'язку.

Таким чином, мета роботи – розробка нового методу керування доступом, який дозволить підвищити якість обслуговування у системі CDMA. Пропонується використовувати нечіткий контролер з чотирма вхідними і однією вихідною лінгвістичними змінним. База правил створюється на основі експертних знань і складається з шістнадцяти правил. Використання подібного нечіткого контролера доступу дозволить уникнути перевантаження мережі та покращити ефективність її функціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Asuquo Daniel E. A Survey of Call Admission Control Schemes in Wireless Cellular Networks / Daniel E. Asuquo, Edem E. Williams, Enoch O. Nwachukwu // International Journal of Scientific & Engineering Research. – Vol.5. – № 2. – 2014. – pp.111 – 120.
2. Kolate V.S. Call Admission Control Schemes and Handoff Prioritization in 3G Wireless Mobile Network / V.S Kolate, G.I. Patil, A.S. Bhide // International Journal of Engineering and Innovative technology. – Vol. 1. – №3. – 2012. – pp. 92-97.
3. Mahesh G. Survey on Soft Computing based Call Admission Control in Wireless Networks / Mahesh G., Yeshwanth S., Manikantan U. V. // International Journal of Computer Science and Information Technologies. – Vol. 5. – №3. – 2014. – pp. 3176 – 3180.

Семенова Олена Олександрівна — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Setenova Olena – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ОПТИЧНІ СИСТЕМИ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто особливості побудови та загальна структура мережі передачі даних на основі технології Li-Fi.

Ключові слова: технологія, світлові хвилі, світлодіод, діапазон.

Abstract

The features of the construction and the overall structure of the data network using the technology Li-Fi.

Keywords: technology, light waves, LED, range.

Вступ

Подальший розвиток систем бездротового доступу найближчим часом може зіткнутися з низкою проблем, зокрема: обмеженість частотного спектра, низька енергоефективність радіосистем, обмеження на використання радіозасобів (наприклад, в літаках, лікарнях та ін.), низька безпека (радіохвилі можуть проникати крізь стіни і надавати шкідливий вплив на біологічні та технічні об'єкти). Науковці активно працюють над вирішенням даних проблем. Одним з можливих напрямків вирішення вказаних проблем є застосування Li-Fi технології, тому дане дослідження є актуальним на сьогоднішній день.

Метою є дослідження оптичних систем доступу на основі технології Li-Fi, що є дуже важливим кроком у розвитку телекомунікаційних систем та інфокомунікаційних мереж.

Основна частина

Li-Fi – бездротова оптична система зв'язку на основі світлових хвиль різних діапазонів: інфрачервоного (ІЧ) діапазону випромінювання та хвилі спектру видимого світла. Сьогодні вважається більш перспективним побудова телекомунікаційних систем з використанням спектра частот видимого світла (VLC). Ця комунікаційна технологія базується на використанні видимого світла як оптичного носія для передачі даних. Враховуючи те, що VLC система може забезпечити швидкість передачі даних понад 10 Гбіт/с, вона створює реальну альтернативу системам радіозв'язку. Крім того, спектр VLC ще не задіяний, а вартість реалізації менша, ніж для технологій радіозв'язку.

Тому Li-Fi є високошвидкісною та дешевшою версією Wi-Fi, яка працює у видимому діапазоні довжин хвиль. Передача даних з використанням видимого світла здійснюється в діапазоні від 400 ТГц (780нм) до 800 ТГц (350нм) при цьому в якості оптичного тракту передачі використовується освітлення приміщення.

Метод цифрової модуляції дозволив вченим використовувати мікросвітлодіоди для передачі мільйонів пучків світла різної інтенсивності в секунду, тобто світлодіоди вмикаються і вимикаються з дуже високою швидкістю.

Британські вчені стверджують, що досягли швидкості передачі даних в 10 Гбіт/с за допомогою нової технології. Дослідники використовували мікродіодну лампу, передаючи по 3,5 Гбіт інформації в секунду через кожен з трьох "основних" кольорів – червоний, зелений і синій, – які разом складають звичайний "білий". Це означає, що, склавши канали, можна передавати дані із загальною швидкістю в 10 Гбіт в секунду [1].

Технологія VLC працює в діапазоні електромагнітного спектра від 350 нм до 780 нм. В якості передавачів світових хвиль в Li-Fi системі передбачається використання світлодіодних ламп (LED-Light Emitting diode). Їх основною функцією є забезпечення освітлення в приміщенні.

Для передавання сигналу використовують модулі радіопередавача та приймача на основі модуляцій і прямого виявлення надходження інтенсивності світлового потоку. Передавач складається

з цифрово-аналогового перетворювача, підсилювача, фільтрів низьких частот та високошвидкісних світлодіодів. Приймач складається із фотодіода, підсилювача та аналогово-цифрового перетворювача [2].

Світлодіод перетворює електричний сигнал на оптичну енергію, що забезпечує освітлення та зв'язок. Інформація лінійно кодується та модулюється цифро-аналоговим перетворювачем, а потім передається на оптичний канал після амплітудної модуляції або деяких інших видів модуляцій. На приймачі фотодіод перетворює отриману оптичну енергію на електричний сигнал, який потім підсилюється, демодулюється та декодується. В результаті отримуємо сигнал, що забезпечує необхідну швидкість. Завдяки кодуванню сигналу на приймач не буде впливати сонячне світло чи інші джерела світла.

Висновки

Таким чином, Li-Fi системи на VLC можуть найближчим часом прийти на зміну системам Wi-Fi, підвищивши при цьому показники пропускну здатності, якості обслуговування та безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Arnon, S. (2012) Advanced Optical Wireless Communication Systems. Cambridge University Press, New York. [Electronic resource] – Access mode: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511979187>.
2. Jovicic, A., Li, J. and Richardson, T. (2013) Visible Light Communication: Opportunities, Challenges and the Path to Market. IEEE Communications Magazine, [Electronic resource] – Access mode: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2013.6685754>.

Васильківський Микола Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Шевчук В'ячеслав Валерійович — студент групи ТКП-156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shvchuk5343@gmail.com.

Vasylykivskyi Mikola Volodymyrovych — Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Shevchuk Vyacheslav Valerievich — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: shvchuk5343@gmail.com.

ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМУ FT8

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження можливостей режиму роботи FT8 радіоаматорської служби зв'язку.

Ключові слова: радіоаматор, FT8, WSJT-X, QSO.

Abstract

In the article conduct research of possibilities of the radio amateur mode FT8.

Keywords: hamradio, FT8, WSJT-X, QSO.

Вступ

Режим FT8 призначений для проведення аматорського радіозв'язку при використанні віддзеркалення від шару Es (спорадич, спорадичне проходження). Особливості такого виду зв'язку: сигнали можуть бути слабкими та згасати, вікна спорадіка можуть бути короткі. Модуляції в такому режимі повинна бути швидкою, а надійність передачі даних для підтвердження QSO високою.

Метою роботи є аналіз технічних можливостей та характеристик режиму модуляції FT8 та порівняння з іншими, які застосовуються в аналогічних випадках.

Результати дослідження

Довжина послідовності T/R складає: 15 сек.

- Довжина повідомлення: 75 біт + 12-бітний CRC

- Код FEC: LDPC (174,87)

- Модуляція: 8-FSK, швидкість введення дорівнює інтервал між тонами = 5,86 Гц

- Форма хвилі: безперервна фаза, постійна огинаюча

- Зайнята смуга пропускання: 47 Гц

- Синхронізація: три 7×7 матриці Costas (початок, середнє, кінець Tx)

- Тривалість передачі: $79 \times 2048 / 12000 = 13,48$ сек.

- Поріг декодування: -20 дБ (можливо -24 дБ з AP-декодуванням, TBD).

Декодування модуляції аналогічне до JT9, JT65 на коротких хвилях.

В порівнянні із повільними режимами JT9, JT65, QRA64, режим FT8 менш чутливий, проте в чотири рази швидший. Ширина смуги більше, ніж JT9, але близько 1/4 від JT65A і менш 1/2 QRA64.

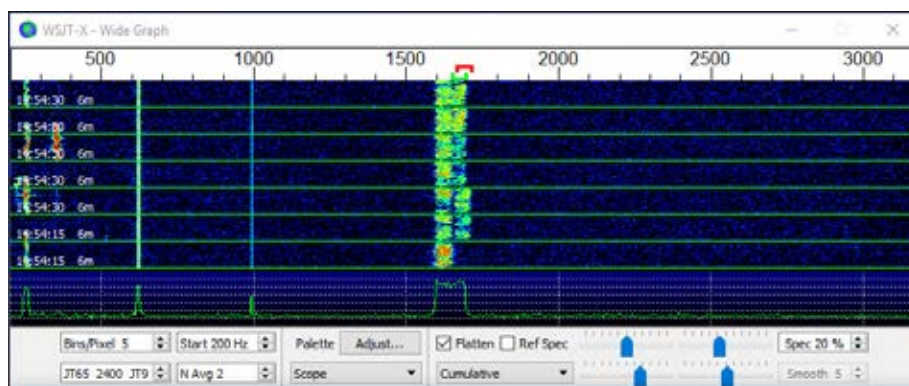


Рисунок 1 – Спектр сигналу з режимом FT8 в вікні програми WSJT-X

В порівнянні з швидкими режимами JT9E-H, FT8 має значно більшу чутливість та значно меншу смугу пропускання

Висновки

Розглянутий режим роботи FT8 в порівнянні з іншими режимами роботи, зокрема в WSJT-X, має переваги в більшій швидкості передачі та в меншій смузі пропускання. З особливостей, в корисному навантаженні повідомлення доступні три додаткових біти, які ще не визначені та можуть бути застосовані при проведенні QSO у змаганнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. FT8 Mode is Latest Bright Shiny Object in Amateur Radio Digital World // ARRL, the national association for Amateur Radio – Mode of access: <http://www.arrl.org/news/ft8-mode-is-latest-bright-shiny-object-in-amateur-radio-digital-world> (viewed on March 11, 2018). – Title from the screen.
2. Joseph H Taylor, Jr, K1JT. WSJT-X User Guide, version 1.7.1-devel // Department of Physics of Princeton University – Mode of access: <http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/wsjsx-doc/wsjsx-main-1.7.1-devel.html> (viewed on March 11, 2018). – Title from the screen.
3. Белов В.С. Системи радіозв'язку в безліцензійних ділянках діапазонів – проблеми та можливі варіанти застосування / В.С. Белов, А.С. Белов, О.В. Ларюшкін // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/3043> (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.
4. Белов В.С. Практичне застосування систем радіоаматорських ретрансляторів напівдуплексного типу / В.С. Белов, С.І. Белов // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/1874> (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.
5. Гринчук В.В. Системи зв'язку діапазонів наддовгих хвиль (ELF та VLF) / В.В. Гринчук, В.С. Белов // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2924> (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

Белов Антон Сергійович — радіоаматор, позивний US5NAR, навчально-науковий центр систем радіозв'язку та радіоаматорства ННЦСРР, Вінницький національний технічний університет, e-mail: us5nar@gmail.com

Belov Anton S. — Amateur Radio Operator US5NAR, Educational and Scientific Center of Radio Communication and Radioamateurs ESCRCR, Vinnytsia National Technical University

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ 5G

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуто технології п'ятого покоління мобільного зв'язку, які передбачають збільшення швидкості передачі даних, зменшення споживання електричної енергії, зниження затримок та значного збільшення ємності мережі.

Ключові слова: мобільний зв'язок, 5G, MIMO, D2D, стандарт, Інтернет речей.

Abstract

In this report we consider the technologies of the fifth generation of mobile communication, which involve increasing the speed of data transmission, reducing the consumption of electric energy, reducing delays and a significant increase in network capacity.

Keywords: mobile communication, 5G, MIMO, D2D, standard, internet of things.

Вступ

Розвиток Інтернет речей (IoT), мережі фізичних пристроїв, транспортних засобів, побутової техніки та інших предметів, вбудованих в електроніку, програмне забезпечення, датчики тощо, вимагає надати можливість цим об'єктам підключатися та обмінюватися даними. Кожна річ унікально ідентифікується через свою вбудовану обчислювальну систему, але вона здатна взаємодіяти в рамках існуючої інфраструктури Інтернету. Це обумовлює значне зростання кількості даних, якими будуть обмінюватись елементи IoT. Переважна більшість яких буде використовувати безпроводові технології.

Метою впровадження систем 5G є збільшення швидкості передачі даних, збільшення ємності мережі, зниження затримок та зменшення споживання електричної енергії, що є особливо важливим для мобільних пристроїв.

Результати дослідження

5G – телекомунікаційний стандарт нового покоління, що сильно відрізняється від попередніх. Стандарт 5G має забезпечити такі характеристики:

- Пікова швидкість завантаження даних на одну базову станцію до 20 Гб/с
- Швидкість завантаження даних до 100 Мб/с та вивантаження до 50 Мб/с для одного абонента
- Можливість абонентському пристрою рухатись зі швидкістю до 500 км/год між базовими станціями (наприклад, у швидкісному потязі)
- Можливість пристроям перемикатись між режимом заощадження енергії та повністю робочим за 10 мс
- Затримки до 4 мс за сприятливих умов і до 1 мс для спеціалізованих з'єднань
- Передача даних зі швидкістю 1 Гб/с водночас для багатьох користувачів на одному поверсі будівлі
- Можливість роботи до 1 млн пристроїв на 1 км²

В стандарті 5G будуть використовуватись такі технології:

Технологія MIMO означає використання декількох антен на прийомопередавачу. Технологія, успішно застосовувана в мережах четвертого покоління, знайде застосування і в мережах 5G. При цьому якщо в 2014 році в мережах використовується MIMO 2x2, то в майбутньому число антен має збільшитися. Ця технологія має відразу два вагомі аргументи застосування: швидкість передачі даних зростає практично пропорційно кількості антен, при цьому якість сигналу поліпшується за рахунок прийому сигналу відразу декількома антенами.

Передавання даних радіохвилями у міліметровому діапазоні (буде обраний сегмент в діапазоні 30-300 ГГц). При підвищенні частоти, на якій передається інформація, зменшується дальність зв'язку. Це закон фізики, обійти його можна лише підвищуючи потужність передавача, яка обмежена санітарними

нормами. Проте вважається, що базові станції мереж п'ятого покоління будуть розташовуватися щільніше, ніж зараз, що викликано необхідністю створити набагато більшу ємність мережі. Перевагою діапазонів десятків ГГц є наявність великої кількості вільного спектру.

D2D (Device-to-device). Технологія device-to-device дозволяє пристроям, що знаходяться неподалік один від одного, обмінюватися даними безпосередньо, без участі мережі 5G, через ядро якої буде проходити лише сигнальний трафік. Перевагою такої технології є можливість перенесення передачі даних в неліцензовану частину спектру, що дозволить додатково розвантажувати мережу.

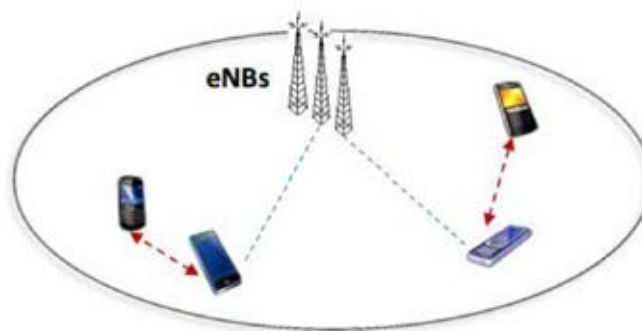


Рисунок 1 – Блок-схема технології device-to-device

Висновки

Дані технології дозволяють покращити мобільний зв'язок, а саме збільшити швидкість передачі даних, збільшити ємність мережі, знизити затримки та зменшити споживання електричної енергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Что такое 5G? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://1234g.ru/5g/chto-takoe-5g>.
2. 5G[Електронний ресурс] // Вікіпедія: вільна енциклопедія – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/5G>.
3. Белов В.С. Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих / В.С. Белов, А.С. Белов // Східно-європейський журнал передових технологій: фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки – Харків – 2013 – том 6, № 12(66) (2013) – с. 11-14. ISSN: 1729-4061.
4. Белов В.С. Проблеми підвищення завадозахищеності в системах зв'язку LTE та WiMAX / XLIII регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (електронне наукове видання матеріалів конференції). Вінниця, ВНТУ – 12-14 березня 2014. Режим доступу - <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2014/inrtzp/otk.php>.
5. Full Spectrum Sharing in Cognitive Radio Networks toward 5G: A Survey // F Hu, B Chen, K Zhu - IEEE Access, 2018 .
6. R Aburukba, A R Al-Ali, N Kandil et al., "Configurable ZigBee-based control system for people with multiple disabilities in smart homes[C]", Industrial Informatics and Computer Systems (CIICS) 2016 International Conference on, pp. 1-5, 2016.

Семчук Сергій Іванович – студент групи ТКТ-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: semchuk998@gmail.com

Белов Володимир Сергійович – асистент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Semchuk Serhiy Ivanovich – student of group TKT-15b, faculty of informational communications, radio electronics and nanosystem, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semchuk998@gmail.com

Belov Volodymyr Serhiyovych – Assistant Professor, department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЇ WiMAX

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено аналіз області використання та принципу роботи технології WiMAX. Наведено основні параметри технології.

Ключові слова: технологія, мережа, бездротовий, з'єднання.

Abstract

The analysis of the field of use and the principle of operation of WiMAX technology is carried out. The main parameters of the technology are given.

Keywords: technology, network, wireless, connection.

Вступ

У сучасному світі бездротові мережі стрімко розвиваються, що в свою чергу супроводжується безперервною зміною технологій. Технології WiMAX та LTE дозволяють створювати високошвидкісні мережі у масштабах цілих міст. Вони є основними перспективними технологіями явно націленими на надання універсальних послуг зв'язку. Причому, кожна з них займає своє місце на великому ринку бездротового зв'язку. Характеристики технологій багато в чому схожі, але WiMAX випереджає LTE на 2 роки не тільки в розробці, але й у впровадженні. Основний акцент технологій зроблений на ефективне використання спектру, а головне – це збільшення швидкості, завдяки чому збільшується якість та кількість послуг.

Основна частина

Технологія WiMAX є досить перспективною і дуже добре підходить для вирішення наступних завдань:

1. З'єднання точок доступу Wi-Fi одна з одною й іншими сегментами Інтернету.
2. Забезпечення бездротового широкосмугового доступу як альтернативи виділеним лініям так і DSL.
3. Надання високошвидкісних сервісів передачі даних і телекомунікаційних послуг.
4. Створення точок доступу, не прив'язаних до географічного положення.
5. WiMAX дозволяє здійснювати доступ в Інтернет на високих швидкостях, з набагато більшим покриттям, ніж у мережі Wi-Fi.

Це дозволяє використовувати технологію як «магістральні канали», продовженням яких виступають традиційні DSL-ні виділені лінії, а також локальні мережі. В результаті подібний підхід дозволяє створювати високошвидкісні мережі у масштабах цілих міст.

Технології сімейства 802.16 дозволяють економічно більш ефективно (у порівнянні з проводовими технологіями) не тільки надавати доступ в мережу новим клієнтам, але й розширювати спектр послуг і охоплювати нові важкодоступні території. Бездротові технології для багатьох простіші у використанні, ніж традиційні дротові канали. Мережі WiMAX прості в розгортанні і по мірі необхідності легко масштабуються. В сумі всі переваги дозволять знизити ціни на надання послуг високошвидкісного доступу в Інтернет як для бізнес-структур, так і для приватних осіб.

За стандартом 802.16d для з'єднання базової станції з абонентською використовується високочастотний діапазон радіохвиль від 2 до 11 ГГц. В ідеальних умовах швидкість обміну даними може досягати 75 Мбіт/с на відстані до 5 км, при цьому не вимагається забезпечення прямої видимості між базовою станцією і приймачем, а відстань між базовими станціями може становити до 80 км.

WiMAX застосовується як для вирішення проблеми «останньої милі», так і для надання доступу в мережу офісним та районним мережам.

За стандартом 802.16de між базовими станціями встановлюються з'єднання (прямої видимості), що використовують діапазон частот від 10 до 66 ГГц, швидкість обміну даними може досягати 120 Мбіт/с. При цьому, принаймні одна базова станція підключається до мережі провайдера з використанням класичних дротових з'єднань. Однак, чим більше число БС підключено до мереж провайдера, тим вища швидкість передачі даних і надійність мережі в цілому.

Основна відмінність двох технологій полягає у тому, що фіксований WiMAX дозволяє обслуговувати тільки «статичних» абонентів, а мобільний орієнтований на роботу з користувачами, що пересуваються зі швидкістю до 150 км/год. Мобільність означає наявність функцій роумінгу та «безшовного» перемикавання між базовими станціями при пересуванні абонента (як відбувається у мережах стільникового зв'язку). В окремих випадках мобільний WiMAX може застосовуватися й для обслуговування фіксованих користувачів

Висновки

Технологія WiMAX повинна прийти на зміну нинішнім стандартам і стати гідним конкурентом LTE. Поява більш швидкісних стандартів бездротового зв'язку цілком затребувані ринком.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Белов В.С. Адаптивний алгоритм декодування фазоманіпульованих сигналів при ортогональному частотному мультиплексуванні / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 16–22 березня 2015 р.: матеріали конференції — Київ, 2015. — с. 154-157. — Режим доступу — http://conf.rtf.kpi.ua/attachments/article/502/RTPSAS_2015_s5_t05.pdf
2. Горобець О.С. Метод оцінки бітової помилки в UWB системах / О.С. Горобець, В.С. Белов // Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН-2015). Україна, Вінниця, ВНТУ, 23–26 квітня 2015: тези доповідей. — 2015. — Режим доступу — <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11778>
3. Белов В.С. Аналіз спектру в діапазоні НВЧ на основі квадратурної обробки елементарних складових / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» — Хмельницький — 2014 — №1 — с. 83-87. — Режим доступу — http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2014_1_16
4. Белов В.С. Архітектура мереж WI-MAX / КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). / В.С. Белов, О.І. Мельничук // Режим доступу - <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-irtzp/all-irtzp-2017/paper/view/2563/0>

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Шевчук В'ячеслав Валерійович — студент групи ТКП-156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shevchuk5343@gmail.com

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua.

Shevchuk Vyacheslav V. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: shevchuk5343@gmail.com.

Аналіз вразливостей стандарту GSM

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація.

Розглянуто та проведено аналіз вразливостей мережі мобільного зв'язку стандарту GSM на основі SS7.

Ключові слова: GSM, вразливість, відслідковування абонента, визначення місцезнаходження, безпека.

Abstract.

The vulnerability analysis of the GSM mobile communication network based on SS7 is considered and conducted.

Keywords: GSM, vulnerability, tracking subscriber, location determination, security.

Вступ

На сучасному етапі розвитку мережі мобільного зв'язку є найбільш активною частиною дуже важливої інформаційної інфраструктури і ключовим інструментом в багатьох сферах життя суспільства, від управління персональними банківськими рахунками до переговорів на рівні лідерів світових держав. Але не зважаючи на завірення в захищеності мобільного зв'язку, можна знайти не мало прикладів зворотного: в Інтернеті не один раз з'являлись записи приватних телефонних розмов міністрів, послів, військових, бізнесменів і інших людей, чий статус зазвичай асоціюється з підвищеними мірами безпеки.

Рівень безпеки всієї системи визначається рівнем найслабшої ланки. Зокрема, процес встановлення виклику в сучасних мобільних мережах заснований на технології SS7, в якій безпека протоколів зводилась до фізичного захисту вузлів і каналів зв'язку, а отримання доступу в мережу за допомогою несанкціонованого вузла було неможливо. Але пізніше було розроблено специфікацію SIGTRAN, яка дозволяє передавати повідомлення SS7 по IP-мережам. В результаті зловмисник має можливість безконтрольно посилати, перехватувати і змінювати повідомлення протоколів SS7, здійснювати різні атаки на мобільні мережі та їх абонентів.

Основна частина

Перш ніж перейти до опису самих атак, нагадаємо про те, як влаштовані мережі мобільного зв'язку. Наприклад, у вас є номер типу +380972583658, це MSISDN (Mobile Subscriber Integrated Services Digital Number). Він не зберігається в SIM-карті, як багато хто думає. В SIM-картка зберігає інший ідентифікатор - IMSI (International Mobile Subscriber Identity), який передається в мережу тільки під час реєстрації абонента. Це 15-значне число виду 250115556667778, в якому 250 - код країни, 11 - код оператора, а інші 10 цифр - внутрішній унікальний номер даної SIM-карти (MSIN, Mobile Subscriber Identification Number). Саме IMSI використовується для ідентифікації абонента всередині мережі, тобто для здійснення будь-яких операцій з номером.

Інформація про відповідність IMSI і MSISDN зберігається в базі даних, що іменується HLR (Home Location Register). При цьому для кожного з сегментів мережі (комутаторів) використовується аналогічна база даних VLR (Visitor Location Register) - її відмінність полягає в тому, що дані в ній зберігаються тимчасово, копіюючи з HLR при появі абонента саме в цій частині мережі. В VLR також зберігаються дані про поточне місцезнаходження абонента,

настройки переадресації тощо. Всіма цими даними користується для своєї роботи комутатор, він же MSC (Mobile Switching Center).

Для проведення атак зловмиснику недостатньо встановити потрібне ПЗ, що моделює обладнання оператора. Потрібно ще й підключення в якості оператора, яке легко купити на чорному ринку: в ряді країн, де операторську ліцензію видають кому завгодно, подібний «бізнес» процвітає, а для успішної атаки не важливо, з якої країни ваш «оператор»: зловмисник заплативши за доступ до шлюзу може атакувати абонента в будь-якій точці світу.

Спочатку у зловмисника є тільки номер телефону (MSISDN). Щоб виконати будь-які дії з ним, потрібно отримати IMSI. Це можна зробити шляхом формування запиту на доставку SMS-повідомлення з зовнішньої «мережі», яка моделюється на комп'ютері. В цьому випадку домашня мережа повідомляє у відповідь на запит адресу MSC/VLR, якими в даний момент обслуговується абонент. При цьому відбувається і передача IMSI, оскільки він також необхідний для маршрутизації. Після цієї нехитрої процедури зловмисник вже має IMSI для управління параметрами «облікового запису» абонента, адреса HLR, в якому ці параметри зберігаються, а також в якій країні жертва зараз знаходиться.

Тепер зловмисник може отримати запит точного місця розташування абонента: атакуючий, знаючи поточний MSC/VLR, відправляє туди запит про те, якою базовою станцією (БС) обслуговується абонент з даним IMSI. У відповідь приходить унікальний ідентифікатор БС, за яким через відкриті бази даних можна дізнатися, де вона знаходиться, і з точністю до пари сотень метрів знайти абонента.

Також зловмисником може бути порушено доступність абонента. У HLR надсилається повідомлення про те, що абонент зареєструвався в роумінговій мережі. Передається IMSI і адреса нового MSC/VLR. Тепер жертві ніхто не зможе ні зателефонувати, ні відправити SMS тому, що домашня мережа переадресує запити де насправді абонента немає, при цьому абонент буде як і раніше зареєстрований в мережі і нічого не запідозрить. Крім того зловмисник може перенаправити всі дзвінки і повідомлення собі вказавши свій MSC/VLR - і весь трафік буде направлений йому. Наприклад, таким чином може бути зібрано одноразові SMS-паролі для двох факторної авторизації в різних сервісах, а це створює майже необмежені можливості для крадіжки грошових коштів та облікових записів. А також може бути просто прочитано все SMS-листування, причому жертва навіть не запідозрить, що за нею стежать. Справа в тому, що SMS вимагає від MSC/VLR підтвердження його доставки, і якщо його не відправляти, а замість цього перереєструвати абонента на його «справжній» MSC, то через кілька хвилин буде зроблена ще одна спроба доставки повідомлення і воно надійде адресату. Тобто один і той же SMS буде відправлено два рази: спочатку зловмиснику, потім жертві.

Як відомо, USSD-запити завжди працюють і в роумінгу, дозволяючи перевіряти баланс, підключати різні послуги і тарифні опції. Змоделювавши USSD-запит від VLR до HLR, можна, наприклад, ініціювати переказ коштів з одного рахунку на інший. У деяких операторів для підтвердження цієї операції використовується SMS-авторизація, але SMS зловмисник може перехопити, як описано вище.

Також за допомогою SS7 можна влаштувати справжню DoS-атаку на комутатор, яка призведе до неможливості приймати вхідні дзвінки у всіх абонентів, що знаходяться в зоні його обслуговування. Для цього потрібно знати, що при реєстрації в VLR виділяється тимчасовий роумінговий номер, який потрібен, щоб MSC знав, куди саме направляти виклик. Так ось, якщо масово відправляти запити на виділення роумінгових номерів, то їх кількість закінчиться, і «справжнім» абонентам ніхто не зможе додзвонитися через перевантаження комутатора.

Висновки

Рішення для захисту в основному зводяться до моніторингу атак для виявлення підозрілої активності по вищеописаним сценаріями - це дозволяє вибірково блокувати певні запити. Тим часом оператори намагаються не афішувати наявність вразливостей: на їх бізнес можливості злому практично не впливають, а абонентам можна порадити все-таки не вести по телефону конфіденційних переговорів і не покладатися на SMS для авторизації. Крім того, для подібних цілей краще придбати окрему SIM-карту, номер якої не знатиме ніхто з вашого кола спілкування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Signaling Transport – The Internet Society [Електронний ресурс]. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: <http://datatrecker.ietf.org/wg/sigtran/documents/>
2. SMS SS7 Fraud 3.1– GSM Association [Електронний ресурс]. – 2012. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.gsma.com/newsroom/wp-counter/uploads/2012/12/IR7031.pdf>
3. Как раскрыть местоположение мобильного абонента. [Електронний ресурс]. – Пузанков С., Positive Tehnologies, 2013 – Режим доступу до ресурсу: <http://habrahabr.ru/company/pt/>
4. Аналіз сайтів рухомої мережі GSM–1800 – О.В. Колісник, В.С. Белов – Матеріали міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи (МТН-2015). Україна, Вінниця, ВНТУ. [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу – <http://inmad.vntu.edu.ua/portal/static/1AC7978B-3949-40AB-8C3E-A0C539CAFD50.pdf>

Белов Володимир Сергійович – асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Кирилюк Сергій Олександрович – студент групи ТКТ-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: kso1996.08@gmail.com.

Belov Vladimir – assistant of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Kyrylyuk Serhii - group TKT-16ms, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: kso1996.08@gmail.com.

Порівняльний аналіз сучасних стандартів безпроводних мереж доступу з технологією MIMO

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано сучасні стандарти бездротового зв'язку мереж WI-FI специфікації IEEE802.11, яка є найактуальнішою серед усіх існуючих. Об'єктами дослідження стали стандарти IEEE802.11n та стандарти IEEE802.11ac через їх сучасність та популярність серед розробників та виробників устаткування, приладів для телекомунікацій, а також серед споживачів послуг WI-FI мереж.

Важливим аспектом дослідження є технологія MIMO, яка є стержнем стандартів IEEE802.11n, IEEE802.11ac. Першоджерела, використанні в дослідженні, надають можливість відобразити основні принципи технології MIMO. Це дасть змогу отримати більш чітке розуміння переваг при її використанні у пристроях бездротового зв'язку WI-FI мереж, що мають підтримку стандарту IEEE802.11n та стандарту IEEE802.11ac. Проаналізовані складові технології MIMO: SU-MIMO (впроваджено в стандарті IEEE802.11n); більш сучасне MU-MIMO (впроваджено в стандарті IEEE802.11ac).

На даний час число користувачів послуг бездротового зв'язку WI-FI мереж стрімко зростає у всьому світі. Таким чином вкладає інформація є загальною, корисною та цікавою не тільки для читачів, які займаються вивченням технічних засобів зв'язку, але й для тих, хто є споживачами послуг WI-FI мереж.

Ключові слова: стандарт 802.11n, стандарт 802.11ac, MIMO, SU-MIMO, MU-MIMO.

Abstract

The modern standards of wireless communication of networks WI-FI of IEEE802.11 specification, which is the most actual among all existing ones, are analyzed. The objects of the study were the standards IEEE802.11n and the standards IEEE802.11ac because of their modernity and popularity among developers and manufacturers of equipment, devices for telecommunications, as well as among consumers of services WI-FI networks.

An important aspect of the research is the MIMO technology, which is the core of the standards IEEE802.11n, IEEE802.11ac. The primary sources used in the study provide an opportunity to reflect the basic principles of MIMO technology. This will allow you to get a clear understanding of the benefits of using it in WI-FI wireless networks with the support of the IEEE802.11n standard and the IEEE802.11 standard. The analyzed components of MIMO technology: SU-MIMO (implemented in the IEEE802.11n standard); more up-to-date MU-MIMO (implemented in IEEE802.11a).

Currently, the number of WI-FI wireless network users is growing rapidly around the world. Thus, the information provided is general, useful and interesting not only for readers who are engaged in the study of technical means of communication, but also for those who are consumers of WI-FI network services.

Keywords: 802.11n standard, 802.11a standard, MIMO, SU-MIMO, MU-MIMO.

Вступ

Сучасний світ надзвичайно мобільний та технологічний. Всім нам вкрай необхідний швидкий доступ до інформації та її передача як на роботі так і в повсякденному житті. Станом на сьогодні стоїть гостра необхідність провадження бездротових мереж WI-FI, це зумовлено зростанням інформаційних потоків та збільшення кількості користувачів. Збільшення користувачів вимагає від розробників обладнання бездротового зв'язку вирішувати завдання по покращенню існуючих та створенню нових стандартів бездротового зв'язку, підвищуються вимоги до якості та безпеки WI-FI мереж.

На даний час група стандартів IEEE802.11 є найактуальнішою серед усіх існуючих стандартів передачі. Ця група розвивається дуже швидко.

Метою даної статті є проведення порівняльного аналізу найсучасніших стандартів організації та побудови захищених Wi-Fi мереж з підтримкою технології MIMO. На сьогоднішній день найбільш прогресивними серед стандартів групи є: IEEE802.11n і більш удосконалена його версія IEEE802.11ac.

Результати дослідження

Поява швидкісних стандартів зв'язку відбулося в більшості завдяки технології МІМО. Технологія МІМО радіосистема з великою кількістю розгалужених напрямків передачі та отримання сигналів. В типовому випадку розгортання мережі WI-FI всередині приміщення рідко йде через найкоротший шлях між передавачем і приймачем сигналу через наявність перешкод (стіни, двері і т.п.) від яких сигнал відбивається. Сигнал який поступає на пряму і немає перешкод буде першим, а в разі наявності перешкоди – копією. Він прийде пізніше у зв'язку з більш довгим шляхом проходження. Отже, сигнал на вході приймача буде характеризуватись багатопроменевим поширенням сигналу [1,6].

WI-FI пристрої постійно переміщуються (смартфон у руках користувача), рухаються навколо різних об'єктів, що змінює умови множинного поширення. В таких випадках прибуття сигналів відбувається в різний час і під різними кутами, що може викликати спотворення та можливе згасання сигналу через інтерференційні мінімуми. Застосування технології множинного прийому може компенсувати інтерференцію та покращити якість сигналу на вході приймача [1,6].

Технологія МІМО використовує ефект багатопроменевого розповсюдження сигналів. Прямі і відбиті сигнали, шляхом маніпуляції фаз можуть штучно створювати позитивну інтерференцію і як наслідок підсилення сигналу, також можлива негативна інтерференція і послаблення сигналу аж до повного згасання [1,6].

За допомогою технології МІМО можуть бути отримані різні комбінації вхідних сигналів

1. Рознесення при отриманні сигналу. При наявності як мінімум двох приймачів з рознесеними антенами з'являється можливість вибору кращих з прийнятих прямих і відбитих сигналів, а також їх комбінування на прийомі.
2. Рознесення при передачі сигналу. При наявності як мінімум двох передавачів з рознесеними антенами з'являється можливість передачі групи ідентичних сигналів для збільшення кількості копій інформації і підвищення надійності на передавачі.
3. Просторове мультиплексування сигналів (об'єднання сигналів). При наявності як мінімум двох передавачів і приймачів з рознесеними антенами з'являється можливість передачі групи різних сигналів на прийомі і відповідного збільшення смуги пропускання [1,6].

До основних складових технології МІМО в мережах WI-FI можна віднести:

Технологія SU-MIMO – реалізована в стандарті 802.11n, забезпечує одночасну роботу передачі та прийому даних між пристроями мережі. Але в конкретний момент часу тільки один пристрій може отримувати і відправляти дані, тоді як інші чекають своєї черги [2,4].

Технологія MU-MIMO – реалізована в стандарті 802.11ac, створює передачу з декількома потоками, при використанні якої інші пристрої не чекають своєї черги. Пристрої з підтримкою MU-MIMO можуть забезпечувати одночасну передачу чотирьох потоків даних (до чотирьох клієнтів). Це дозволило реалізувати більш ефективне використання бездротової мережі і скоротити затримки (час очікування на обслуговування), які виникають при значному збільшенні числа клієнтів в мережі [2,4].

Технологія МІМО в останнє десятиліття є одним з найбільш актуальних способів збільшення пропускну здатності та ємності безпроводних систем зв'язку технологія МІМО знаходить застосування практично в усіх системах бездротової передачі даних, потенціал її не вичерпано. Уже зараз розробляються нові варіанти налаштування антен, до 64x64 МІМО. Це в майбутньому дозволить добитися ще більших швидкостей передачі даних, ємності мережі та спектральної ефективності.

Порівняльний аналіз стандартів IEEE802.11n та IEEE802.11ac WI-FI мереж, їх організацію, технічні та безпекові характеристики наведено в табл.1. [1,2,3,4,6].

Табл.1. Порівняння стандартів IEEE802.11n та IEEE802.11ac

Стандарт IEEE802.11n	Стандарт IEEE802.11ac
Рік випуску: 2009р.	Рік випуску: 2014р.
Підтримує канали шириною 20 та 40 МГц	Підтримує канали шириною 20 та 40 МГц, додані канали 80 та 160 МГц

Підтримує частоти 2,4 ГГц та 5 ГГц	Підтримує частоту тільки 5 ГГц
Підтримує до 4 потоків передачі даних	Точка доступу підтримує до 8 потоків передачі даних; клієнт – до 4 потоків
Підтримка SU-MIMO	Підтримка MU-MIMO
Швидкість 1 каналу 150 Мбіт/с	Швидкість 1 каналу 450 Мбіт/с
Пікова фізична швидкість (PHY) 600 мбіт/с	Пікова фізична швидкість (PHY) 6,93 Гбіт/с
Дальність дії сигналу 100м, 300м	Дальність дії сигналу 100м
Тип шифрування WPA2	Тип шифрування WPA2
Модуляція OFDM, 64 QAM	Модуляція OFDM, 256 QAM
Забезпечення підтримки пристроїв 802.11b/g та 802.11a	Забезпечення підтримки пристроїв 802.11 a / b / g / n

Головним недоліком, при порівнянні стандартів IEEE802.11n та IEEE802.11ac можна вважати те, що у стандарті IEEE802.11ac зона покриття менше ніж у аналогічних мереж, що працюють в діапазоні 2,4 ГГц. Це викликано тим, що: а) чим більше частота, тим вище free space loss (втрата у вільному просторі); б) падіння потужності сигналу для багатьох матеріалів залежить від частоти, чим вища чистота тим більше падіння потужності.

Найбільш помітне зниження площі покриття при роботі в міських умовах і приміщеннях. Через це обладнання, яке використовує стандарт IEEE802.11ac розміщують щільніше, ніж обладнання попередніх стандартів.

При не дуже щільному розміщенні можна використовувати 80 і 40 МГц канали, при щільному – канали 20 і 40 МГц. Порівняно з 802.11n у 802.11ac абоненти і точка доступу можуть починати роботу з каналу 80 МГц, а потім м'яко перейти на 40 МГц чи 20 МГц смугу, якщо відбувається інтерференція [2,4].

Висновки

Проаналізувавши та порівнявши стандарти IEEE802.11n та IEEE802.11ac можна зазначити, що стандарт IEEE802.11ac є найбільш удосконаленим та сучасним. Він поліпшує роботу мережі, підвищує швидкість передачі даних, їх об'єм та має високий рівень безпеки. Можливість працювати в діапазоні 2,4 ГГц та 5 ГГц є його перевагою.

При застосуванні складних методів MIMO покращуються характеристики каналу зв'язку, зокрема максимально можлива швидкість передачі даних в каналах з технологією 4x4 MU-MIMO може скласти більше 5332 Мбіт/с. Також технології MIMO дозволяють компенсувати інтерференцію сигналів, що важливо в діапазоні ENF та зокрема в діапазоні 5 ГГц.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Слюсар В.И. Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов. //Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. - № 8. – С. 52 - 58
2. «Young Scientist» • № 4 (31) • april, 2016 Технічні науки © Шарапова е.в., Дейнеко Д.В., 2016 Аналитическая оценка распределения потерь относительно допустимого уровня беспроводных каналов связи стандарта LTE в условиях пригорода ст.261-262 <http://molodyvcheny.in.ua/files/journal/2016/4/63.pdf>
3. Росс Джон. Wi-Fi. Беспроводные сети. Установка. Конфигурирование. – СПб.:ИТ Пресс, – 2006.
4. Владимиров А.А. «Wi-fi»: боевые приемы взлома и защиты беспроводных сетей. - ИТ Пресс, 2005. – 464 с.
5. Педжман Р., Джонатан Л. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. - СПб.:Вильямс, 2004 -302 с.
6. Кратко о MIMO [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <http://wi-life.ru/wifi-academy-rus/80211n-mimo-2> (дата звернення 11.12.2017) – Назва з екрана.

7. Гейер Джим. Беспроводные сети. Первый шаг. - СПб.:Вильямс, 2005. - 189 с.
8. Белов В.С. Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих / В.С. Белов, А.С. Белов // Східно-європейський журнал передових технологій: фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки – Харків – 2013 – том 6, № 12(66) (2013) – С. 11-14. ISSN: 1729-4061
9. Белов В.С. Використання комбінованих типів модуляції при OFDM // В.С. Белов, А.С. Белов / Матеріали XLV Науково-технічної конференції факультету радіотехніки, зв'язку та приладобудування (2016) - КОНФЕРЕНЦІЇ ВНТУ електронні наукові видання. Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2016/paper/view/1243> (дата звернення 11.12.2017) – Назва з екрана.

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Тишчук Дмитро Сергійович – студент групи TKT-14б, факультету Інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, e-mail: tyshchuk_dmitriy@ukr.net

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Tyshchuk Dmitry S. – the student group TKT-14b, faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Khmelnytsky Highway 95, m. Vinnytsya e-mail: tyshchuk_dmitriy@ukr.net

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто способи несанкціонованого доступу до інформаційних потоків у волоконно-оптичних лініях зв'язку та способи їх захисту. Запропоновано використовувати модифікований апаратно-програмний метод захисту інформації у волоконно-оптичних лінійних трактах.

Ключові слова: волоконно-оптична система передачі, несанкціонований доступ, захист інформації.

Abstract

The analysis of possible ways of unauthorized access in fiber optic communication lines and means of their protection was made. It is proposed to use the modified hardware-software method of information protection in fiber-optic communication line.

Keywords: fiber-optic communication lines, information protection, unauthorized access.

Вступ

Способи несанкціонованого підключення до волоконно-оптичного кабелю (ВОК), що відомі як «fiber tapping», можна поділити на дві категорії. До першої категорії відносяться способи, які передбачають переріз оптичного волокна для подальшого підключення за допомогою спеціального пристрою, що забезпечує зчитування (перехоплення) інформації. До другої категорії відносяться способи, що передбачають порушення розповсюдження хвилі в оптичному волокні (ОВ), а отже порушення потоку даних без перерізу ОВ.

Аналіз основних існуючих способів несанкціонованого доступу в ВОЛЗ визначив необхідність розробки та впровадження методів протидії та захисту інформації від НД, що є актуальною науковою задачею.

Метою роботи є визначення можливостей використання апаратного та програмного захисту, а також доведення високої продуктивності комбінованих засобів захисту інформації у ВОЛЗ.

Основна частина

Методи захисту, або мінімізації можливостей здійснення несанкціонованих підключень, які дозволяють підвищити захищеність інформаційних потоків у ВОЛЗ можна поділити на три групи, а саме:

- спостереження за цілісністю кабелю та моніторинг рівня потужності оптичних сигналів;
- використання волокна з підвищеним коефіцієнтом гнучкості;
- шифрування на основі криптографічних методів.

Вказані методи запобігають основним способам несанкціонованого підключення до оптичного волокна. Розглянемо більш детально процес реалізації класифікованих методів захисту ВОЛЗ від НД.

Основним апаратним методом виявлення несанкціонованого доступу є метод контролю рівня потужності оптичних сигналів на вході оптичного приймача. При виявленні зменшення рівня потужності оптичних сигналів, що відповідає виникненню НД приймається рішення про перенаправлення інформаційних потоків на інші маршрути передавання [1]. При цьому, для забезпечення точності методу необхідно забезпечити постійний рівень потужності оптичних сигналів у ВОЛЗ за умови задіяного типу кодування, який не залежить від виду інформаційних сигналів, що передаються [2]. Отже, зменшення контрольованого значення рівня потужності оптичних сигналів зумовлює спрацювання аварійної сигналізації. Ефективним способом виявлення підключень до ВОЛЗ є використання оптичних рефлектометрів, оскільки інші варіанти контролю передбачають додаткові під'єднання до волокна, які спричиняють додаткове затухання потужності оптичних сигналів. Сутність рефлектометричного методу полягає в тому, що в досліджуване ОВ подається потужний короткий імпульс та реєструється випромінювання, що розсіяне в зворотному напрямку на різних неоднорідних ділянках ОВ, за інтенсивністю якого можна визначати розподілені втрати потужності оптичного сигналу в ОВ на

всій його довжині до 120 км. Порівняння еталонних рефлектограм, що виконані при різних параметрах зондуючого сигналу та записаних в пам'яті комп'ютера з відповідними поточними рефлектограмами може забезпечити контроль захищеності ВОЛЗ з точністю по локальному відхиленню рефлектограм не більше ніж на 0,1 дБ.

Ще один варіант захисту інформації у ВОЛЗ базується на використанні волокна із підвищеним коефіцієнтом гнучкості. Захист ОВ з низькими втратами і великим допустимим радіусом вигину, полягає у обмеженні високих втрат, що виникають під час згинання або проколювання волокна. Використання такого волокна також зменшує вплив витягування, перекручування та інші фізичних видів впливу на оптичне волокно [3].

Крім апаратних методів існують програмні методи захисту оптичних інформаційних потоків у ВОЛЗ. Розглянемо їх більш детально. В основі програмного методу захисту використовуються протоколи шифрування третього та другого рівнів. Протокол IPSec є шифруванням третього рівня, реалізація якого виконується на приймальній стороні (стороні користувача), що створює додаткові затримки в роботі телекомунікаційного обладнання. Використання другого рівня шифрування звільняє елементи третього рівня від функції шифрування. Одним із джерел шифрування другого рівня є технологія оптичного кодового мультиплексування CDMA [4-6]. При цьому шанс перехоплення інформації є функцією декількох параметрів, включаючи відношення сигнал-шум, дроблення (Fraction) доступної системної ємності. Також варто відмітити метод на основі використання режиму динамічного (детермінованого) хаосу, який дозволяє забезпечити передачу інформації з псевдовипадковою зміною частоти та амплітуди носійної. В результаті вихідний сигнал є шумоподібним, що в свою чергу ускладнює його розшифрування.

Для ефективного захисту ВОЛЗ необхідно використовувати комбіновані (апаратно-програмні) методи захисту оптичних інформаційних потоків. Один з цих методів базується на моніторингу контрольних сигналів, що передаються по додатковим ОВ навколо робочого оптичного волокна. Для цього має бути зарезервовано додатковий ВОК, що підвищує вартість ВОЛЗ. Але це дає змогу вести моніторинг рівня потужності оптичного сигналу та при спробі зігнути даний ВОК відбудеться втрата потужності контрольного сигналу, що зумовить спрацювання сигналу тривоги [7].

Висновки

Перевагою комбінованих (апаратно-програмних) методів захисту є те, що їх можливо реалізувати як і в простих мережах так і у мережах що розширюються. Додаткове використання комп'ютера дає змогу аналізувати та прогнозувати можливі зміни потужності оптичних сигналів та встановлювати місце НД за допомогою рефлектометрів, які можуть працювати при керуванні з ПК згідно запропонованого алгоритму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Спосіб контролю ліній зв'язку телекомунікаційної системи хмарного антивірусу О.А. Смірнов, А.К. Дідик, А.М. Дреєв, С.А. Смірнов, Кіровоградський національний технічний університет, 2016 р – 7с.
2. All Optical Networks (AON), National Communication System, NCSTIB 00-7, August 2000
3. Draka Elite, Bend Bright-Elite Fiber for Patch Cord, Draka Communications, July 2010
4. W. Ford, «Computer Communications Security», Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 1994.
5. D. R. Stinson, «Cryptography», Boca Raton, FL: CRC, 1995.
6. N. Ferguson and 8. Schneier, «Practical Cryptography», Indianapolis, IN: Wiley, 2003.
7. «Optical Fiber Design for Secure Tap Proof transmission», US Patent No. 6801700 B2, Oct. 5, 2004.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Паламарчук Роман — студент групи ТКП-156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rporitskiy@gmail.com

Vasylkivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Palamarchuk Roman P. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rporitskiy@gmail.com

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ ДИСПЛЕЇВ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У статті викладено результати аналізу сучасних технологій побудови дисплеїв: на базі органічних світлодіодів (OLED) та технології квантових точок (QLED).

Ключові слова: OLED, QLED, світлодіод, квант, органічний світлодіод, катод, рідинно-кристалічний дисплей.

Abstract

The article presents the results of the analysis of modern technologies of building of displays based on organic LEDs (OLED) and technology of quantum dots (QLED).

Keywords: OLED, QLED, Light Emitting Diode, quantum, organic LED, cathode ray tube, Liquid Crystal Display.

Вступ

На сучасному рівні розвитку телекомунікацій щосекунди передається величезна кількість інформації, 98% з якої відображається на дисплеях кінцевих пристроїв абонентського доступу. Технологія Liquid Crystal Display (LCD) на даний час є малоперспективною за рахунок низки недоліків, основними з яких є погана якість зображення при зміні кута зору та великі габарити за рахунок додаткового джерела світла. Отже, на зміну їй приходять технології, які отримали популярність завдяки можливості зменшення розмірів пристроїв, що їх використовують та покращеній якості зображення.

Актуальність дослідження полягає у тому, що нові технології дозволяють з точнішою передачею кольору відображати зображення, та створювати дисплеї з більшим розширенням задля кращої деталізації об'єктів на екрані кінцевих пристроїв.

Основна частина

Найбільш популярними технологіями виготовлення дисплеїв у 2017 році стали дві технології: OLED та QLED.

OLED (Organic Light-Emitting Diode) – це технологія створення дисплеїв, заснована на розміщенні органічної плівки (на вуглецевій основі) між двома провідниками, що пропускають електричний струм, через вплив якого плівка випромінює світло. Напруга, що прикладається до електродів є невеликою і складає від 2,5 до 10 В, але активні шари є дуже тонкими (10 – 50 нм), тому напруженість електричного поля у них 105 – 107 В/см, що є близьким до напруги пробою. Така напруга сприяє випромінюванню двох видів зарядів (дірки та електрони) через активні шари структури. Дірки випромінюються з аноду, який зазвичай є прозорим, а електрони з катоду. Отже випромінюючий шар отримує негативний заряд, а провідний – позитивний. Заряди рухаються один на зустріч іншому, після чого відбувається зіткнення та їх рекомбінація. В результаті цього процесу відбувається випромінювання світла одним з трьох типів органічних світлодіодів розташованих на полімерній плівці (RGB). Існує два види OLED: з активною матрицею та з пасивною матрицею.

Пасивна матриця є масивом анодів, розташованих рядками, і катодів, розташованих стовпцями. Щоб подати заряд на певний органічний діод, необхідно вибрати потрібний номер катода і анода, на перетині яких знаходиться цільовий піксель, і пустити струм. Використовується в монохромних екранах з діагоналлю 2-3 дюйма (дисплеї стільникових телефонів, електронних годинників, тощо).

Активна матриця: для управління кожним пікселем OLED використовуються транзистори, запам'ятовуючі необхідну для підтримки світіння пікселя інформацію. Керуючий сигнал подається на конкретний транзистор, завдяки чому комірки оновлюються досить швидко. Використовується технологія TFT. Створюється масив транзисторів у вигляді матриці, який накладається на підкладку прямо під органічний шар дисплея. Шар TFT формується з полікристалльного або аморфного кремнію.

Типова структура OLED представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – а) типова структура OLED пристрою; б) типова структура QLED пристрою

Отже матриці на основі органічних світлодіодів мають ряд переваг, серед яких: відсутність додаткового підсвічування пікселів, великі кути перегляду без спотворення зображення (за рахунок власного світіння), простіше виготовлення порівняно з рідкими кристалами, що дозволяє створювати дисплеї з роздільною здатністю до 8K UHD (7680×4320 пікселів).

Технологія QLED (рис. 1 б) теоретично має багато спільного з OLED, оскільки в ній кожен піксель також випромінює світло, в даному випадку за допомогою «квантових точок», що є фрагментами напівпровідників розміром усього декілька нанометрів.

Відмінність від технології OLED виявляється у тому, що так звані квантові точки (quantum dots), розміром 2 – 6 нм, не можуть самі випромінювати світло, тому як і в РК-матрицях використовується додаткове джерело світла (blue LEDs) розташоване на чорній підкладці (black plate). Синє світло проходить через фільтр і стає білим. Після цього світло попадає на кванти нанесені на плівку, які і випромінюють світло певного кольору, який залежить від розміру точки. Типові співвідношення кольорів і розмірів точок: 2 нм – блакитний, 2.5...3 нм – зелений, 5...6 нм – червоний.

Основні переваги QLED: висока яскравість зображення, що складає близько 0,25 кд/см², тоді як в OLED не більше 0,07 кд/см², а також дешевше виготовлення в порівнянні з OLED.

Висновок

Аналіз основних технологій побудови дисплеїв для пристроїв відображення інформації показав, що QLED та OLED технології дозволяють розробляти все більш якісні і деталізовані матриці. Вони роблять перегляд контенту на них більш приємним, та точнішим з точки зору передачі кольору, чіткості та контрастності. Також вартість та складність виготовлення таких дисплеїв є нижчою ніж у аналогів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Quantum Dot Display Technology and Comparison with OLED Display Technology /Askari Mohammad Bagher //International Journal of Advanced Research in Physical Science (IJARPS) Volume 4, Issue 1, January 2017 – 53p., ISSN 2349-787.
2. OLED: A Modern Display Technology//Mr. Bhrijesh, N. Patel, Mr. Mrugesh / International Journal of Scientific and Research Publications, Volume 4, Issue 6, June 2014 – 12 p. ISSN 2250-3153.

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua .

Луцишин Андрій Станіславович – студент групи ТКП-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tkp15b.lutsyshyn@gmail.com.

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua.

Lutsyshyn Andriy S. – group TKP-15b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp15b.lutsyshyn@gmail.com.

МЕТОДИ КОМПЕНСАЦІЇ ДИСПЕРСІЇ У ВОЛТ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У статті виконано аналіз сучасних технологій компенсації хроматичної дисперсії на основі оптичного та електронного оброблення сигналів.

Ключові слова: компенсація дисперсії, оптичний приймач, оптичний передавач, хроматична дисперсія.

Abstract

In the article has done analysis of modern technologies of compensation of chromatic dispersion, based on optical and electronic signal processing.

Keywords: compensation of dispersion, optical signal receiver, optical signal transmitter, chromatic dispersion.

Вступ

Розвиток телекомунікаційних систем на основі волоконної оптики спричинив зростання темпів передавання інформаційних потоків між користувачами телекомунікаційних послуг. Тому, найпопулярнішим методом передавання великих обсягів інформації є волоконно-оптична лінія зв'язку (ВОЛЗ). Дисперсія обмежує частотний діапазон ВОЛЗ та максимальну довжину волоконно-оптичних лінійних трактів (ВОЛТ) через збільшення тривалості імпульсів інформаційних послідовностей. Тому гостро постає питання розробки нових методів її компенсації, а також вибору оптимального варіанту серед існуючих відповідно до функціональних характеристик волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП) [1].

Актуальність дослідження полягає у необхідності вибору оптимального методу компенсації дисперсії з урахуванням функціональних характеристик ВОЛЗ та забезпечення заданої якості передавання значних обсягів інформації.

Метою дослідження є виконання порівняльного аналізу електронних та оптичних методів компенсації дисперсії у ВОЛЗ та визначення їх основних переваг та недоліків.

Основна частина

Основним типом дисперсії в одномодових ВОЛЗ є хроматична дисперсія, яка визначається як сума хвилеводної та матеріальної дисперсій [1].

Серед оптичних методів коригування дисперсійних характеристик ВОЛТ, що базуються на використанні решіток Брегга, оптичного волокна із від'ємною дисперсією (DCF або RDF), нелінійно-оптичних пристроїв, найбільш поширеним способом компенсації є використання компенсуючого оптичного волокна з від'ємною хроматичною дисперсією, що в кілька разів перевищує хроматичну дисперсію одномодового телекомунікаційного волокна [1].

Від'ємна дисперсія, як правило, створюється за рахунок зменшення діаметру осердя, а отже це приводить до збільшення загасання сигналу та більших втрат на згинах. Враховуючи, що для ВОЛТ довжиною 300 км необхідно приблизно 50 км волокна з компенсацією дисперсії, тому додаткові втрати потужності складуть приблизно 18 дБ. Такий метод не дозволяє проводити динамічні зміни системи, тому його використання не завжди можливе [2].

Для вирішення таких проблем необхідно використовувати методи електронної компенсації дисперсії (ЕКД), що можуть бути виконані в оптичному передавачі та приймачі. Основною їх перевагою є відсутність необхідності забезпечення вузькосмуговості сигналу [2].

Електронна компенсація дисперсії у передавачі (рис.1) складається з таких етапів: розраховується амплітуда та фаза поля сигналу, що поширюється по волокну на відстань, що відповідає довжині ВОЛТ, але має від'ємний знак дисперсії: $-D(z)$. Отриманий сигнал перетворюється в аналоговий за допомогою ЦАП. Сформований сигнал (дійсна і уявна частини) подається на модулятор,

компенсуючи результат дії дисперсії. ЕКД в цьому випадку дозволяє обійтися без використання модулів DCM, що спрощує конструкцію оптичного підсилювача та допускає зміну конфігурації мережі в режимі реального часу [3].

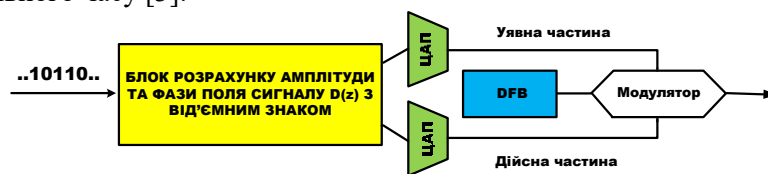


Рисунок 1 – Принцип роботи ЕКД у передавачі ВОСП

Електронна компенсація дисперсії в оптичному приймачі базується на обробленні цифрового сигналу в системах адаптивного прийому. Зокрема, використовується один із методів послідовної оцінки за критерієм максимуму правдоподібності (MLSE). У цьому випадку детектор, замість використання формування (компаратором) цифрової послідовності в точках перетину входним сигналом порогового рівня, оцифровує прийнятий сигнал, здійснює його опрацювання у відповідності з алгоритмом MLSE і розпізнає бітову послідовність з певною ймовірністю (рис. 2) [3].

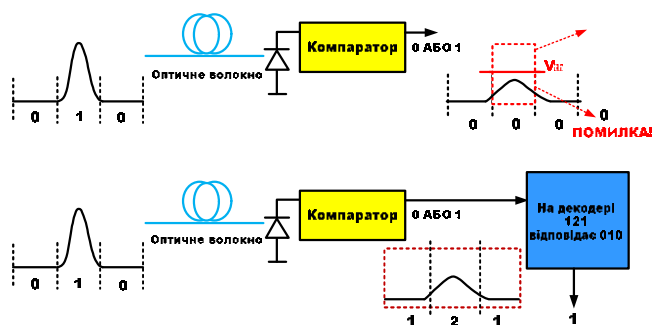


Рисунок 2 – Принцип роботи ЕКД у приймачі ВОСП

Висновки

В результаті дослідження було з'ясовано, що оптичні методи компенсації дозволяють не ускладнювати станційне обладнання ВОЛЗ за рахунок введення компенсуючих пристроїв безпосередньо у ВОЛЗ. Але ці методи є більш дорогішими та погіршують енергетичні характеристики системи, а також їх використання обмежене залежністю від умов використання.

Методи електронної компенсації позбавленні вище наведених проблем та дозволяють здійснювати динамічне керування параметрами системи не ускладнюючи структуру лінійного тракту. Вибір саме електронних методів зумовлений відсутністю необхідності забезпечення вузькосмуговості сигналів та перспективністю запропонованих технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бейлі Д., Райт Е. «Волоконна оптика. Теорія та практика»: навчальний посібник / [Ч.2] За ред. Бейлі Девід – 2014 – 402 с.
2. Слепов Н. Технология оптической связи и волокон. Семинар компании Corning. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2006, №2, с.40–52
3. Electronic Dispersion compensation/ Andrew C. Singer, Naresh R. Shanbhag, and Hyeon-Min Bae/ July 28 2014 – 130 p.

Васильківський Микола Володимирович - канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com .

Луцишин Андрій Станіславович - студент групи ТКП-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tkp15b.lutsyshyn@gmail.com.

Vasylykivskiy Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com.

Lutsyshyn Andriy S. - group TKP-15b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: tkp15b.lutsyshyn@gmail.com.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДОСТУПУ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі виконано огляд спектральних та енергетичних характеристик ОСД на основі фазових форматів модуляції. Здійснено порівняльний аналіз функціональних характеристик основних вузлів когерентних ОСД.

Ключові слова: оптична система доступу, формат модуляції, PSK, когерентна система.

Abstract

The paper reviews the spectral and energy characteristics of the OSD based on the phase modulation formats. A comparative analysis of the functional characteristics of the main nodes of the coherent OSD is carried out.

Keywords: optical access system, modulation format, PSK, coherent system.

Вступ

Високошвидкісні ВОСП базуються на техніці оптичного зв'язку з щільним мультиплексуванням (DWDM) та розрідженим (CWDM) мультиплексуванням хвиль в діапазоні 1260-1675 нм.

Підвищення швидкості передачі даних (з 2,5 до 10; 40; 100 та 160 Гбіт/с) скорочує тривалість інформаційних оптичних імпульсів, що призводить до збільшення впливу дисперсії і небажаного взаємною перекривання імпульсів при їх поширенні по ВОЛЗ. Отже, підвищення пропускної здатності ВОЛЗ за рахунок збільшення швидкості передачі даних для більшості ВОЛЗ в даний час буде важко реалізувати та призведе до збільшення витрат [1].

Метою роботи є визначення оптимальних функціональних характеристик оптичних систем доступу за допомогою запропонованих критеріїв ефективності та здійснення порівняння з існуючими аналогами ВОСП на основі ROADM.

Результати дослідження

Сучасні ВОСП зазвичай використовують модуляцію з неповоротом до нуля (NRZ). Метод кодування NRZ забезпечує передавання у ВОЛТ поки оптичний приймач здатний правильно декодувати амплітуди сигналу (0 і 1). При цьому, обмежуючим фактором для ВОЛЗ є відстань між джерелом та приймачем ВОСП, а також значення дисперсії, яка при проходженні сигналу через ВОЛЗ може серйозно спотворити сигнал 40 Гбіт/с і ускладнити його декодування. Вплив обох видів дисперсії, тобто ХД і ПМД проявляється найбільш сильно при зростанні швидкості передачі. Наприклад, при підвищенні швидкості передачі з 10 Гбіт/с до 40 Гбіт/с при незмінній схемі модуляції оптичних сигналів зростають вимоги до OSNR на 6 дБ, допуск для хроматичної дисперсії зменшується в 16 разів, а норматив для ПМД зменшується в 4 рази. Тому, для забезпечення швидкості передачі 40 Гбіт/с необхідно внести значні технологічні корективи, а саме використовувати корекцію помилок (FEC), підсилення потужності і застосовувати методи адаптивної компенсації дисперсії [1].

За допомогою DPSK проводиться кодування інформаційного біта у фазовий стан оптичного сигналу без зміни його амплітуди. Цей метод має OSNR на 3 дБ вище в порівнянні з іншими методами кодування і має ширші допуски в разі погіршення характеристик системи. DPSK також більш стійкий до хроматичної дисперсії і ПМД. Більш того, цей метод має спектральну ефективність в 2,5 рази більшу, ніж традиційний NRZ сигнал. Це дозволяє використовувати модуляцію DPSK в каналах DWDM з міжканальним інтервалом 50 ГГц та дозволяє одночасно передавати в одному волокні інформаційні потоки 10 Гбіт/с та 40 Гбіт/с. Однак, використання DPSK істотно обмежує кількість задіяних на ділянці оптичного підсилення динамічних мультиплексорів ROADM. Це

обмеження не дозволяє операторам отримувати максимальну вигоду від використання ROADМ в інфокомунікаційних мережах. [2, 3].

Табл. 1. Порівняльна оцінка характеристик форматів модуляції при реалізації ВОЛТ з швидкодією 43Гбіт/с

Функціональні характеристики ВОЛТ	Формат модуляції оптичних сигналів у ВОСП				
	NRZ	DB	CS-RZ	RZ-DPSK	RZ-DQPSK
Стійкість до шуму	Погана	Дуже погана	Середня	Дуже хороша	Хороша
Стійкість до хром. дисп.	Середня	Хороша	Середня	Середня	Хороша
Стійкість до ПМД	Погана	Середня	Середня	Середня	Хороша
Стійкість до нелін. еф.	Середня	Погана	Хороша	Хороша	Хороша
Стійкість до фільтрів ROADМ	Середня	Хороша	Середня	Середня	Хороша

У таблиці 2 представлені в узагальненому форматі переваги та недоліки основних найбільш широко поширених структур ROADМ.

Табл. 2. Порівняльні характеристики структур ROADМ

Тип	Переваги	Недоліки
WB	Перші моделі ROADМ Кількість портів введення/ виведення дорівнює кількості робочих хвиль	Великі розміри, висока ціна, закріплення довжини хвилі за портом, неможливість збільшення кількості вузлів
PLC	Низька ціна, малі розміри, просте програмне забезпечення та технічне виконання	Закріплення довжини хвилі за певним портом, неможливість масштабування вузла
WSS	Можливість комутації будь-якої кількості хвиль на будь-який порт, масштабованість	Висока ціна, великі розміри, складне обслуговування
охс (PXC)	Можливість комутації будь-якої кількості хвиль на вихідні порти, масштабованість	Складність реалізації функцій широкосмугового доступу, залежність складності конструкції від технології виконання комутатора

Висновки

Для забезпечення лінійної швидкості передачі інформації до 100 Гбіт/с необхідно використовувати багаторівневі формати модуляції, які дозволяють зменшити швидкість передачі символів в кілька разів, оскільки швидкість передачі символів у ВОСП обмежується фізичними факторами на рівні близько 50 Гбод. В роботі виконано порівняльний аналіз перспективних форматів модуляції та стан розробок компонентів DWDM обладнання для каналних швидкостей до 100 Гбіт/с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник/ Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. – Вінниця: ВНТУ, 2017 – 162 с.
2. Васильківський М.В. Високошвидкісні оптичні мережі доступу/ М.В. Васильківський, Г.Л. Антонюк, О.С. Полуденко, К.О. Коваль. – Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017, №2. – с. 57-62.
3. Васильківський М.В. Методи побудови високошвидкісних волоконно-оптичних трактів / М.В. Васильківський, Г.Л. Антонюк, О.С. Полуденко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТПП_17_2017) XVII міжнародної науково-технічної конференції, 8-13 червня 2017 р. – Матеріали – Одеса. – 2017 с. 187

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com.

Антонюк Ганна Леонідівна — студент групи АРЗ-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

Vasykivskiy Mikola Volodymyrovych – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com

Antoniuk Anna L. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

РАДІОІНТЕРФЕЙСИ ГОЛОСОВОГО ТРАФІКУ ТА ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В D-STAR

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження характеристик стандарту зв'язку D-STAR, проаналізовано швидкості передачі трафіку та даних, проведено огляд режимів роботи DV та DD, розглянуто формат кадру стандарту.

Ключові слова: кодування, D-STAR, Digital Voice, Digital Data, GPS, кадр.

Abstract

The performance of the characteristics of the D-STAR standard was carried out, the transmission of traffic to the traffic was analyzed, the DV mode of DV mode was examined, the format of the frame was standardized.

Keywords: coding, D-STAR, Digital Voice, Digital Data, GPS, frame.

Вступ

D-STAR є одним з перших цифрових стандартів, який пропонується широко використовувати і продавати основними виробниками обладнання для використання в електронних сервісах. Першим виробником, що пропонує обладнання D-STAR була компанія ICOM. Протокол і специфікація цифрового зв'язку D-STAR розроблялися протягом 2001-2003 років. Проект був профінансований урядом Японії і в співдружності з Японською радіоаматорською Лігою (JARL). В результаті наукових досліджень і робіт, проведених в 2001 році, специфікації D-STAR були опубліковані і затверджені як робочі.

Результати дослідження

D-Star використовує 6,25 кГц пропускну здатності, що дорівнює 9600 Кбайт/с, розділених на два канали даних, один - для даних з низькою швидкістю передачі даних, а інший для голосових даних.

D-Star використовує звичайний інтернет-DNS для підключення його вузлів. Якщо один вузол знижується, це не впливає на вашу здатність з'єднання з іншим. З 3-х режимів це найбільш живучий режим, відсутність опори на центральну систему управління. Специфікація D-Star включає в себе два радіо-інтерфейси:

Режим DV (Digital Voice) використовує смугу спектра в 6.25 КГц для потокової передачі цифрових даних аудіокодека на швидкості 4800 бод. Виходить цифровий канал зв'язку, що дозволяє проводити сеанси зв'язку з ідентифікацією по позивному сигналі. У потік даних з аудіокодека включаються біти надлишкового кодування. Це стандартна процедура оцифровки, що дозволяє відновити частково втрачені дані в зашумленому каналі. Дані про позицію найчастіше називають D-PRS.

Режим DD (Digital Data) дозволяє вести пакетну передачу даних з використанням стандартних кадрів Ethernet на швидкості 128 Кбод. Для цього можливе використання смуги спектра в 125 КГц в діапазоні 23 см (1,2 ГГц).

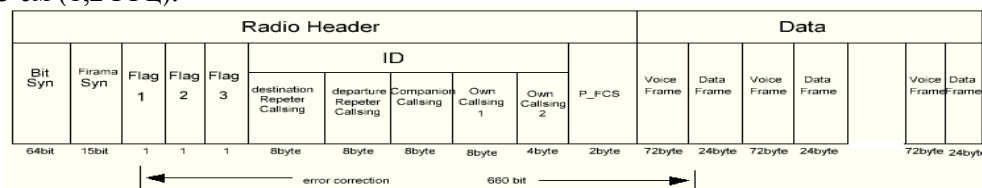


Рис.1. Формат кадру стандарту D-Star

Основні характеристики стандарту наведені в табл.1

Табл. 1.Основні характеристики стандарту D-Star

Вокодер	Попередня помилка виправлення	Модуляція	Мультиплексний метод	Швидкість передачі	Пропускна здатність	К-сть каналів що підтримують ся	Розроблений стандарт
AMBE+	Voice Only	GMSK	FDMA	4.8 kbps	6.25 kHz	1	JARL

Висновки

Технологія D-STAR виразно несе в собі дуже великий потенціал до розвитку. Початкова вартість саморобних комплектів для побудови шлюзів і модемів виходить не дуже високою і доступна більшості користувачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Організація системи зв'язку на основі стандарту D-Star. Горобець О.С.,Белов В.С. // – Режим доступу до журн. : <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2014/inrtzp/otk.php>
2. Формування ортогонально-рознесених піднесучих при OFDM / О. С. Полуденко, Г. Л. Антонюк, М. В. Васильківський // – Режим доступу до журн.:<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allfrtzip/all-frtzip2017/paper/view/2359> <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17475>
3. Демодулятор квадратурних I/Q каналів / О. С. Полуденко, Г. Л. Антонюк, // – Режим доступу до журн.: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2357> <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17474>
4. D-RATS. A Communications Tool for D-STAR. And much more... // Режим доступу: http://www.d-rats.com/download/doc/contrib/D-RATS_operating_guide_0.3.3.pdf
5. Белов В.С. Визначення кута фазового зсуву в багатопозиційних цифрових модуляціях / В.С. Белов, А.С. Белов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: матеріали XV міжнар. наук.-техн. конференції (10-14 вересня 2015 р., м.Одеса); Одес. Нац. Акад. зв'язку ім.О.С. Попова. – Одеса-Хмельницький : ХНУ, 2015. – с.103.
6. В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов. Реалізація універсального цифрового демодулятора на основі швидкодіючих перетворювачів. Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2012. - №2.- с. 152-156 http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/2012_2/54kic.pdf
8. Вимірювання фазової похибки в I/Q каналах / Белов В.С., // - Режим доступу до журн.: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17564>
9. Системи радіозв'язку в безліцензійних ділянках діапазонів – проблеми та можливі варіанти застосування / Белов В.С., Белов А.С., Ларюшкін О.В. // - Режим доступу до журн.: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17560>

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Антонюк Ганна Леонідівна — студент групи АРЗ-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: annaantonuik@gmail.com

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Antoniuk Anna L. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ GSM

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Об'єкт даного дослідження – нечіткий контролер, що призначено для застосування у системі GSM для підвищення ефективності її роботи.

Ключові слова: нечіткий, GSM, ефективність.

Abstract

The object of this research is a fuzzy controller for increasing effectivity of the GSM system.

Keywords: fuzzy, GSM, effectivity.

Мережа стільникового зв'язку стандарту GSM на сьогоднішній день є однією із найпопулярніших у світі. Система GSM є цифровою та забезпечує високу якість й конфіденційність зв'язку, а також надає своїм абонентам великий набір різних послуг: автоматичний роумінг, SMS-сервіс, голосова і факсимільна пошта. До основних недоліків стандарту GSM можна віднести: спотворення голосу при цифровій обробці та при передачі його по радіоканалу, порівняно невеликий радіус дії базової станції, оскільки GSM-телефон не працює при відстані від базової станції більше 35 км.

Зі зростанням можливостей сучасних систем стільникового зв'язку, а такої їх популярності, іноді мають місце умови, за яких відбувається різке підвищення навантаження у стільнику через підвищення трафіку від деяких абонентів. Тоді відбувається перевантаження мережі.

У сучасних мобільних системах широко застосовуються різноманітні технології контролю доступу у мережу. Відомі алгоритми контролю допуску викликів повинні забезпечити якість обслуговування відповідно до певної стратегії пропускання викликів у систему. Так, схеми за пріоритетом і схеми попереднього блокування виклику, забезпечують потрібну якість обслуговування але вони не враховують динамічну природу системи зв'язку. В той же час, у працях [1–3] показано, що для розроблення протоколу контролю допуску викликів у мережу перспективним є застосування обчислювальних методик, заснованих на таких інтелектуальних технологіях, як нечітка логіка, нейронні мережі і генетичні алгоритми. У такому випадку, можна забезпечити ефективний контроль доступу викликів у мережу в умовах невизначеності трафіка.

Відомі два основні способи впровадження інтелектуальних технологій. Перший полягає у розробленні спеціального програмного забезпечення для персональних комп'ютерів. Другий полягає у розробленні пристроїв, які можуть імітувати роботу людського мозку. Другий спосіб є більш ефективним, хоча і менш поширеним.

Апарат нечіткої логіки в якості інструмента аналізу широко застосовується в задачах керування трафіком та маршрутизації у телекомунікаційних мережах [4, 5].

У мережах GSM контроль доступу викликів виконується лише для голосових викликів. При передачі даних інших типів через відмінні характеристики трафіку контроль доступу значно ускладнюється. Так, класичні методи контролю доступу, що були розроблені для систем передавання мови, не здатні ефективно розв'язувати проблеми, що пов'язані із складним характером трафіку даних, а також із різноманітними вимогами до якості послуг для різних користувачів. Саме тому пропонується застосувати потужність та гнучкість нечітких правил типу «якщо-то» для ефективного рішення проблеми контролю доступу до стільникової мережі GSM.

Таким чином, покращити ефективність контролю доступу у стільниковій системі стандарту GSM пропонується за рахунок використання принципів нечіткої логіки.

Для цього пропонується розробити нечіткий контролер доступу.

Тобто, для підвищення ефективності функціонування мереж GSM необхідно розв'язати такі задачі:

- розробити структурну схему нечіткого контролера;
- визначити принципи функціонування нечіткого контролера трафіка;
- визначити терми та форми функцій належності вхідних та вихідної лінгвістичних змінних;
- визначити базу правил для нечіткого контролера;
- промоделювати роботу розробленого фазі-контролера трафіка у програмі MatLab.

Пропонований нечіткий контролер доступу виклику абонента до стільникових мереж стандарту GSM має дві вхідні змінні: пріоритет абонента і завантаження мережі, що цілком достатньо для систем другого покоління. Вихідна змінна нечіткого контролера – значення доступу до мережі. Вихідна змінна має три терми – це дасть змогу спростити базу правил та апаратну реалізацію пристрою. Нечіткий контролер є контролером Мамдані, він здійснює інференцію типу «мін-макс» та дефазіфікацію за методом центроїда.

Залежно від ступеня завантаженості стільникової мережі та пріоритету користувача, виклик може бути недозволений (відкинутий), частково дозволений (поставлений у чергу), дозволений (пропущений в мережу).

Застосування такого нечіткого контролера доступу дозволить уникнути перевантажень у мережі та покращить ефективність її функціонування.

Вірність функціонування контролера можна перевірити за допомогою моделювання у пакеті Matlab.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Asuquo Daniel E. A Survey of Call Admission Control Schemes in Wireless Cellular Networks / Daniel E. Asuquo, Edem E. Williams, Enoch O. Nwachukwu // International Journal of Scientific & Engineering Research. – Vol.5. – № 2. –2014. – pp.111 – 120.
2. Kolate V.S. Call Admission Control Schemes and Handoff Prioritization in 3G Wireless Mobile Network / V.S Kolate ,G.I. Patil, A.S. Bhide // International Journal of Engineering and Innovative technology. –Vol. 1. – №3. – 2012. – pp. 92-97.
3. Mahesh G. Survey on Soft Computing based Call Admission Control in Wireless Networks / Mahesh G., Yeshwanth S., Manikantan U. V. // International Journal of Computer Science and Information Technologies. – Vol. 5. – №3. – 2014. – pp. 3176 – 3180.
4. Врублевський А.Р. Математичні моделі систем керування навантаженням на базисі нечіткої логіки / А.Р. Врублевський, І.П. Лісовий // Науковий вісник Чернівецького університету. Комп'ютерні системи та компоненти. – 2013. – Т. 4. – Вип. 4. – С. 32-36.
5. Лісовий І.П. Маршрутизація на основі нечіткої логіки за протоколом RIP / І. П.Лісовий, А. Р. Врублевський, Г. В. Пилипенко // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2015. – №3. – С. 64-69.

Семенова Олена Олександрівна — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Helene_S@ukr.net.

Тишук Дмитро Сергійович – студент групи ТКТ-146, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Semenova Olena – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Tushchuk Dmytro – Faculty for Infocommunications, Radio electronics and Nanosystems

ОПТИЧНІ СИСТЕМИ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ ROADM

¹ Вінницький національний технічний університет;**Анотація**

У роботі виконано аналіз технологій побудови систем та мереж доступу до телекомунікаційних послуг. Розглянуто функціональні характеристики та структури ОСД на основі ROADM.

Ключові слова: система доступу, оптичний мультиплексор, ROADM, телекомунікаційна мережа.

Abstract

This work is done analysis of technologies for building systems and access networks for telecommunication services. The functional characteristics and structures of ROADM based on OSD are considered.

Keywords: access system, optical multiplexer, ROADM, телекомунікаційна мережа.

Вступ

Серед перспективних інформаційних технологій важливе місце займають науково-технічні розробки для волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) на основі спектрального мультиплексування. Ці технологічні рішення дозволяють забезпечити зростаючі потреби в обсязі та швидкості передачі даних, включаючи такі телекомунікаційні сервіси, як інтернет, відео на замовлення, кабельне телебачення, телеметрію і т. д. В даний час збільшення пропускної здатності ВОЛЗ в основному забезпечується за допомогою двох способів: збільшення швидкості передачі даних в одному спектральному каналі або збільшення кількості спектральних каналів за рахунок звуження лінії фільтрації і застосування більш щільної сітки частот [1].

Дослідження функціональних характеристик апаратного забезпечення та умов використання оптичних мультиплексорів ROADM, PXC в телекомунікаційних мережах, а також технологій формування навантаження оптичних каналів у ВОЛТ є актуальною науковою задачею.

Метою роботи є спростити етапи проектування оптичних систем доступу за рахунок використання оптимальних структур ВОСП, що базуються на високоефективних технологіях побудови.

Результати дослідження

Економічно вигідним рішенням з підвищення пропускної здатності ВОЛТ є збільшення кількості спектральних каналів в існуючих ВОЛЗ. Для цього, оптимальним варіантом є використання динамічних мультиплексорів введення/виведення ROADM - TOADM (Reconfigurable - Tunable Optical Add-Drop Multiplexer). Основні критерії оптимізації функціональних характеристик апаратного забезпечення при проектуванні оптичних систем доступу до телекомунікаційних послуг вказані на рисунку 1 [2, 3].



Рис. 1. Класифікація технологій побудови ШСД

Характерною особливістю застосування ROADM в мережах стала організація передачі даних між мультисервісними комутаторами технологій MPLS (багатопротокольна комутація по мітках), T-MPLS (T-MPLS - транспортна багатопротокольна комутація по мітках), Ethernet. Найбільш перспективним прийнято вважати напрямок розвитку оптичних мереж з технологією Ethernet в форматі PBB/PBT (міст між магістралями провайдерів / транспорт трафіку опорних операторських мереж).

Лінійне оптичне кодування дозволяє зменшити потужність або виключити в спектрі модульованого сигналу оптичну носійну, що знижує ймовірність утворення нелінійних перешкод у ВОЛЗ. Також кодування дозволяє звужити спектр модульованого сигналу. Запропонований варіант побудови транспондерного модуля може забезпечити ефективність використання оптичної смуги частот від 0,4 біт/с/Гц до 6 – 7 біт/с/Гц [4].

Для високошвидкісної передачі сигналів (43 Гбіт/с) в схемах транспондерів передбачаються блоки лінійного оптичного кодування/декодування для зовнішньої модуляції оптичної носійної, а також передбачається взаємодія транспондера з блоком формування лінійного сигналу з функцією FEC.

В існуючій транспортній інфраструктурі інфокомунікаційних мереж на основі ВОСП DWDM 10 Гбіт/с, більшість ділянок ВОЛТ мають вбудовані оптичні підсилювачі, оптичні фільтри для введення / виведення довжин хвиль і, в деяких випадках, пристрої компенсації хроматичної дисперсії. Для успішного впровадження цифрових трактів 40 Гбіт/с необхідно строго дотримуватися всіх вимог, які не враховувалися при будівництві інфраструктури транспортної мережі на швидкості 10 Гбіт/с, а саме підвищених вимог до співвідношення оптичний сигнал/шум (OSNR), зменшення смуги фільтрів, значення хроматичної (ХД) та поляризаційної модової дисперсії (ПМД). Для комерційних ВОЛТ 40 Гбіт/с та підтримки спільної роботи нових ВОЛТ 40 Гбіт/с з існуючими трактами 10 Гбіт/с в одній DWDM мережі повинен бути покращений формат модуляції. Саме тому вибір правильного формату модуляції в транспондерах для 40 Гбіт/с є важливим кроком для досягнення необхідного рівня продуктивності та зниження вартості. В даний час для комерційної експлуатації доступні наступні схеми кодування: з не поверненням до нуля NRZ (Non Return to Zero), подвійне бінарне кодування DB (Duo Binary) та диференціальне кодування із зсувом фаз (DPSK), а також метод диференціального квадратурного кодування із зсувом фаз (DQPSK).

Висновки

Необхідно відзначити, що розглянуті технології побудови ОСД на основі мультиплексорів ROADM та комутаторів PXC не остаточні та можуть змінюватись через постійне вдосконалення елементної бази для реалізації телекомунікаційного обладнання і ключову роль в процесі цього вдосконалення відіграють нанофотонні технології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фокин В.Г. Оптические мультиплексоры OADM/ROADM и коммутаторы PXC в мультисервисной транспортной сети: учебное пособие/ ГОУ ВПО «СИБГУТИ». Новосибирск, 2011 - 204 с.
2. Бортник Г.Г. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник/ Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. – Вінниця: ВНТУ, 2017 – 162 с.
3. Васильківський М.В. Високошвидкісні оптичні мережі доступу/ М.В. Васильківський, Г.Л. Антонюк, О.С. Полуденко, К.О. Коваль. – Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017, №2. – с. 57-62.
4. Васильківський М.В. Методи побудови високошвидкісних волоконно-оптичних трактів/ М.В. Васильківський, Г.Л. Антонюк, О.С. Полуденко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТПП_17_2017) XVII міжнародної науково-технічної конференції, 8-13 червня 2017 р. – Матеріали – Одеса. – 2017 с. 187

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Полуденко Ольга Сергіївна — студент групи АРЗ-136, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rtt13b.poludenko@gmail.com;

Vasykivskyi Mikola Volodymyrovych – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Poludenko Olha Poludenko — Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rtt13b.poludenko@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ НАВІГАЦІЇ В СИСТЕМІ GPS

Вінницький національний технічний університет¹

Анотація

Наведено математичні особливості розрахунку точності вимірювання координат об'єкту у випадку використання навігаційної системи GPS. Визначено параметри та фактори, які дозволяють провести корегування отриманих координат програмними засобами. Знайдено оптимальну кількість супутників, які необхідно захопити приймачу за для досягнення потрібної точності визначення координат об'єкту. Отримані рекомендації для розробки у майбутньому алгоритму коректної роботи навігаційної системи GPS.

Ключові слова: навігація, точність, розташування, супутник, приймач.

Abstract

The mathematical features of calculation of exactness of measuring of coordinates of object are shown at the use of navigation system GPS. Parameters and factors that allow to conduct the correction of the got coordinates a programmatic method are certain. The optimal number of companions that must be taken receivers for the achievement of the required exactness of determination of coordinates of object is found. Pre-conditions are got for development in the future of algorithm of correct work of navigation system GPS.

Keywords: navigation, exactness, location, satellite, receiver.

Вступ

У найбільш популярній на сьогоднішній день навігаційної системи GPS оцінка точності визначення координат об'єктів ґрунтується на використанні статистичної теорії рішень, оскільки два основних параметри, від яких залежить точність, змінюються в часі.

Результати досліджень

Доведено, що точність визначення місця розташування залежить від сукупності діючих на систему навігації помилок і взаємного геометричного положення супутників і приймача і задається двома параметрами — еквівалентною похибкою вимірювання дальності абонентом (User Equivalent Range Error, UERE) та зниженням показника точності, що обумовлений геометричними факторами (Geometrical Dilution Of Precision, GDOP) можна визначити за формулою 1:

$$T = UERE \times GDOP. \quad (1)$$

Слід зазначити, що UERE визначає величину похибки вимірюваної приймачем дальності до кожного супутника.

На основі проведених вимірів знайдено, що значення похибки вимірювання дальності безпосередньо залежить від:

- особливостей поширення радіохвиль у тропосфері та іоносфері;
- нестабільності частоти супутникового опорного генератора;
- впливу перешкод, внутрішніх шумів приймача.

Ця похибка розподіляється випадковим чином і може бути з певною часткою ймовірності бути представленою гауссовим розподілом ймовірності.

Математично UERE виражається як корінь квадратний із суми квадратів всіх діючих на систему помилок. Миттєва похибка для кожного супутника буде різною і залежить головним чином від кута піднесення супутника на момент вимірювання, а також від актуальності навігаційних коригувальних даних, переданих супутнику сегментом управління.

Аналіз GDOP показав, що цей коефіцієнт приймає найменше значення при оптимальному виборі сузір'я навігаційних супутників. Такий алгоритм вибору для отримання максимальної точності визначення координат задовольняє розташування, при якому один з супутників знаходиться в зеніті, а три інших розташовуються як можна ближче до горизонту, утворюючи рівносторонній трикутник. Оптимальне розташування супутників зображено на рис.1.

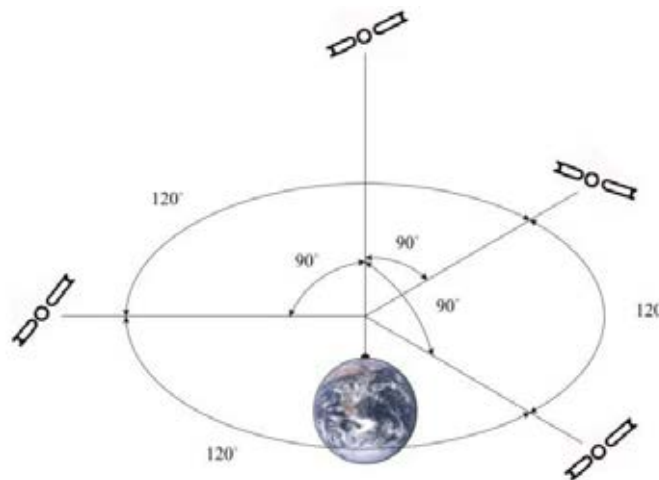


Рисунок 1 – Оптимальне розташування супутників для отримання вищої точності визначення координат

На практиці використовується ряд коефіцієнтів DOP, які є підкласом GDOP і мають особливе фізичне значення для координат розташування. До них відносять:

- показник зниження точності визначення місцеположення в просторі (Position Dilution Of Precision, PDOP) ;
- у горизонтальній (Horizontal Dilution Of Precision, HDOP) ;
- у вертикальній площині (Vertical Dilution Of Precision, VDOP) ;
- показник зниження точності, обумовленої нестабільністю тимчасової шкали (Time Dilution Of Precision, TDOP).

Ці параметри пов'язані співвідношеннями:

$$GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2;$$

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2.$$

Так як приймач може відслідковувати тільки сигнали супутників, що знаходяться над рівнем горизонту, VDOP завжди більше, ніж HDOP, і точність вертикальної складової менше, ніж горизонтальної. VDOP може бути покращений за допомогою застосування допоміжних засобів, наприклад, так званих псевдо супутників, які розташовуються на Землі і передають аналогічні супутникові сигнали. Знайдено за результатами проведених вимірювань, що геометричний показник зниження точності залежить від кількості робочих супутників.

З 24 супутників в будь-який час в зоні видимості користувача знаходяться від 5 до 11 супутників (за умови, що будівлі або особливості місцевості не закривають їх). Якщо видно вісім супутників, то GDOP зазвичай не перевищує трьох. Однак при робочому сузір'ї з 24 супутників, якщо із зони йдуть кілька супутників, GDOP істотно погіршується.

Висновки

У підсумку, в системі GPS при штатному стані супутникового угруповання показник зниження точності PDOP не повинен перевищувати шести 99,9 % випадків, в будь-якій точці земної кулі, в будь-який час. Дані про величину PDOP можуть бути визначені без виконання вимірювань розташування, коли відомі приблизні координати приймача.

Програмне забезпечення навігаційних приймачів, як правило, може передбачати геометрію руху супутників в таких ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Громаков Ю. А. Технології визначення місцеположення в GSM і UMTS — М.: Еко-Трендз, 2005. — 144 с.: іл.
2. Синякин А. К. Фізичні принципи роботи GPS/ГЛОНАСС [Текст]: монографія / А. К. Синякин, А. В. Кошелєв. — Новосибірськ: СМДА, 2009. — 110 с.
3. Global Positioning System processing methods for GPS Passive Coherent Location / Sean Kaiser, Andrew Christianson, Ram Narayanan // IET Radar Sonar & Navigation, May 2017, the Institution of Engineering and Technology (the IET) DOI: 10.1049/iet-rsn.2017.0010
4. Кичак В.М. Визначення бітових спотворень в каналах з прямою корекцією помилок. / В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов. // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». — 2012. - №1. - с. 121-124
5. Белов В.С. Аналіз спектру в діапазоні НВЧ на основі квадратурної обробки елементарних складових / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» — Хмельницький — 2014 — №1 — с. 83-87.
6. Белов В. С. Системи радіозв'язку : лабораторний практикум / В. С. Белов, С. П. Кононов. — Вінниця : ВНТУ, 2017. — 90 с.

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Самоліук Ірина Анатоліївна — студентка групи ТКП-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Samolyuk Irina A. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА РІВНІВ ЗАСТОСУВАННЯ DMR МЕРЕЖ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено дослідження стандарту DMR, розглянуто механізм часового поділу каналів, неліцензованих, конвенційних та транкових рівнів застосування.

Ключові слова: DMR, TDMA, кадр, ETSI, репітер, модуляція.

Abstract.

The DMR standard study was conducted in this work, the mechanism of time division of channels, non-cited, conventional and trunk levels of application is considered.

Keywords: DMR, TDMA, frame, ETSI, repeater, modulation.

Вступ

В основі технології DMR (Digital Mobile Radio) є механізм TDMA (Time Division Multiple Access), багатостанційний доступ з часовим поділом каналів, що дозволяє розмістити два незалежні канали зв'язку на одній частоті шириною смуги 12,5 кГц, що пропорційно двом аналоговим каналам зі смугою 6,25 кГц кожний. Структура TDMA радіоінтерфейсу наведена на рис. 1



Рисунок 1 - Структура TDMA радіоінтерфейсу стандарту DMR.

Цифрові системи радіозв'язку мають безліч переваг перед аналоговими: поліпшене відтворення мови, велика дальність дії, покращений захист від прослуховування, прогресивні можливості управління викликами, можливість інтеграції з системами передачі даних.

Цифровий стандарт DMR розроблений Європейським інститутом телекомунікаційних технологій (ETSI). має постійну тенденцію до вдосконалення, реалізуючи функціонал, який не може бути в аналогових стандартах зв'язку.

Результати дослідження

Стандарт DMR дозволяє використовувати несучі частоти з кроком сітки 12,5 кГц для організації одночасно двох незалежних інформаційних каналів. Радіочастотний сигнал має постійну огинаючу. Ця особливість дозволяє зменшити потужність споживану від джерела живлення так як не вимагає застосування підсилювачів з високою лінійністю. Системи даного стандарту оптимізовані для мереж з низькою і середньою інтенсивністю трафіку або для випадків одночасної передачі голосу і даних (наприклад, голос і навігаційні дані, APRS). Передавач абонентської радіостанції активний лише протягом одного часового інтервалу, відповідного конкретному робочому каналу.

Стандарт DMR має кілька рівнів застосування:

DMR Tier I: неліцензовані

Tier I - малопотужні безліцензійні радіостанції з потужністю не більше 0,5 Вт для використання в діапазоні 446 МГц з обмеженою кількістю каналів. Не передбачається використовувати ретранслятори, телефонні інтерфейси і зовнішні або стаціонарні антени. Основне призначення

обладнання - персональне використання, на відпочинку, мала роздрібна торгівля та інші сфери, де не потрібна велика зона охоплення радіозв'язку і розширений функціонал.

DMR Tier II: Конвенційні

Tier II - професійні конвенційні системи радіозв'язку (репітери, мобільні і портативні радіостанції), що працюють в ліцензованих діапазонах частот 66-960 МГц. Tier II орієнтований на користувачів, які потребують максимальної ефективності використання радіочастот, розширених можливостей голосового зв'язку і інтегрованих послуг передачі даних на великих територіях. Tier II передбачає використання 2-слотового режиму TDMA в одному радіоканалі шириною 12,5 кГц.

DMR Tier III: Транкінгові

Tier III - професійні транкінгові системи радіозв'язку, що працюють в ліцензованих діапазонах частот 66-960 МГц. Tier III також передбачає використання 2-слотового режиму TDMA в одному радіоканалі шириною 12,5 кГц. В системі повинні підтримуватися голосові виклики і передача коротких текстових повідомлень, аналогічних системам MPT1327. Також повинні підтримуватися послуги пакетної передачі даних в різних форматах, включаючи підтримку протоколів IPv4 та IPv6.

Використання обладнання рівнів Tier II і Tier III вимагає оформлення дозволу на використання



Рисунок 2 - Структура кадру стандарту DMR

Основні характеристики стандарту наведені в табл.1

Таблиця 1 - Основні характеристики стандарту DMR

Вокодер	Корекція помилки	Модуляція	Мультиплексний метод	Коефіцієнт передачі	Ширина смуги	Канали підтримуються	Стандартний розробник
AMBE+2	Voice Only	4FSK	TDMA	4.8 kbps x 2	12.5 kHz	2	ETSI

Наведені аббревіатури в табл.1. AMBE - Advanced Multiband Excitation; 4FSK - 4-level Frequency Shift Keying (чотирьохрівнева частотна маніпуляція); ETSI - European Telecommunications Standards Institute.

Висновки

Таким чином можна виділити наступні переваги DMR: Тимчасовий поділ каналу на два тайм-слота веде до подвійної економії частотного ресурсу і заряду акумуляторів; Подвійна економія коштів, так як удвічі скорочується і кількість ретрансляторів і з'єднувального обладнання; Передові технології обробки голосу, придушення перешкод; Можливість ефективного кодування і захисту від несанкціонованого доступу до інформації, що передається; Покращена якість зв'язку по всій зоні покриття; Великі можливості закладені в технології, потенціал для реалізації нестандартних рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Формування ортогонально-рознесених піднесучих при OFDM / О. С. Полуденко, Г. Л. Антонюк, М. В. Васильківський // – Режим доступу до журн.: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allfrtzip/all-frtzip2017/paper/view/2359> <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17475>
2. Демодулятор квадратурних I/Q каналів / О. С. Полуденко, Г. Л. Антонюк, // – Режим доступу до журн.: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2357> <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17474>
3. D-RATS. A Communications Tool for D-STAR. And much more... // Режим доступу: http://www.d-rats.com/download/doc/contrib/D-RATS_operating_guide_0.3.3.pdf
4. Белов В.С. Визначення кута фазового зсуву в багатопозиційних цифрових модуляціях / В.С. Белов, А.С. Белов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: матеріали XV міжнар. наук.-техн. конференції (10-14 вересня 2015 р., м.Одеса); Одес. Нац. Акад. зв'язку ім..О.С. Попова. – Одеса-Хмельницький : ХНУ, 2015. – с.103.

5. В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов. Реалізація універсального цифрового демодулятора на основі швидкодіючих перетворювачів. Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2012. - №2.- с. 152-156
http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/2012_2/54kic.pdf
6. Вимірювання фазової похибки в I/Q каналах / Белов В.С., // - Режим доступу до журн.:
<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17564>
7. Системи радіозв'язку в безліцензійних ділянках діапазонів – проблеми та можливі варіанти застосування / Белов В.С., Белов А.С., Ларюшкін О.В. // - Режим доступу до журн.:
<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/17560>

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Полуденко Ольга Сергіївна — студент групи АРЗ-І7мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rtt13b.poludenko@gmail.com

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Poludenko Olha S. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rtt13b.poludenko@gmail.com

ЗМЕНШЕННЯ КОМУТАЦІЙ ТА ЗАТРИМОК В СИСТЕМАХ РАДІОАМАТОРСЬКИХ РЕТРАНСЛЯТОРІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі надано рекомендації щодо зменшення затримок при комутації в системах радіоаматорських ретрансляторів.

Ключові слова: радіоаматор, ретранслятор, репітер, VHF, UHF.

Abstract

In the work, recommendations were given to bridge the delays during switching in systems of radio amateur repeaters.

Keywords: hamradio, repeater, VHF, UHF.

Вступ

Практичне використання систем радіоаматорських ретрансляторів VHF та UHF з частотним рознесенням з модуляцією NFM дозволяє значно розширити зону зв'язку для мобільних та стаціонарних станцій [1]. Проте такі системи зазвичай лишаються напівдуплексними і при переключенні операторів неодмінно виникає затримка на спрацювання шумопридушувача, комутацію прийом-передача, затримка у каналі зв'язку.

Метою роботи є дослідження можливості зменшення затримок при перемиканні в системах радіоаматорських ретрансляторів.

Результати дослідження

Окрім систем ретрансляції з NFM [2] активно впроваджуються системи з цифровими методами модуляції, такими як 4-FSK (стандарт DMR), C4FM (стандарт Yaesu), GMSK, QPSK, 4FSK (стандарт D-STAR), які поки що є здебільшого експериментальними. В цифрових системах дещо спрощується робота з абонентськими станціями та комутація між каналами, зокрема використання систем IP маршрутизації, проте завжди присутня затримка в системах регенерації та комутації сигналів.

Проте, навіть в випадках цифрових систем, затримки в каналах виникатимуть під час переключення з режиму прийому на режим передачі між абонентами, тобто під час процедури створення каналу з TDMA [3-5].

Одним з варіантів рішення посталої проблеми є утворення одночасної комутації всіх приймачів та окремо всіх передавачів. При цьому створюється об'єднання всіх пристроїв по групам приймачі та передавачі. Окрім цього необхідно використати дуплексний режим роботи на всіх (або на певній частині) пристроях, що і забезпечить можливість одночасної комутації всіх пристроїв без суттєвої затримки на перемикання.

Висновки

При незначній модифікації існуючих репітерних систем з напівдуплексним режимом роботи можливо зменшити кількість комутації обладнання та значно зменшити затримки, що з ними пов'язані.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бєлов В.С. Практичне застосування систем радіоаматорських ретрансляторів напівдуплексного типу / В.С. Бєлов, С.І. Бєлов // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-

технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/1874> (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

2. Радиорелейная станция "Малютка". Телекоммуникационное оборудование. Технологические возможности. Каталог. // ОАО Омское производственное объединение "Радиозавод им.А.С. Попова" (РЕЛЕРО) – 2005. – С.44-51.

3. Белов В.С. Експедиційна робота радіоаматорської служби зв'язку / В.С. Белов, А.Л. Прибега // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2658> (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

4. Белов В.С. Радіоаматорська аварійна служба (РАС): стан та перспективи / В.С. Белов, В.І. Курилович // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2367> (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

5. Белов В.С. Городской УКВ репитер / Владимир Сергеевич Белов // Ежемесячный массовый журнал «Радиомир КВ и УКВ». – 2006. – №4. – С. 4

Белов Володимир Сергійович — радіоаматор, позивний UR5NBC, навчально-науковий центр систем радіозв'язку та радіоаматорства ННЦСРР, Вінницький національний технічний університет, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Ларюшкін Олександр Віталійович — радіоаматор, позивний US5NDJ, навчально-науковий центр систем радіозв'язку та радіоаматорства ННЦСРР, Вінницький національний технічний університет

Рибак Роман Андрійович — радіоаматор, позивний US9IFN, навчально-науковий центр систем радіозв'язку та радіоаматорства ННЦСРР, Вінницький національний технічний університет, e-mail: us9ifn@gmail.com

Belov Vladimir S. — Amateur Radio Operator UR5NBC, Educational and Scientific Center of Radio Communication and Radioamateurs ESCRCR, Vinnytsia National Technical University

Laryshkin Oleksandr V. — Amateur Radio Operator US5NDJ, Educational and Scientific Center of Radio Communication and Radioamateurs ESCRCR, Vinnytsia National Technical University

Rybak Roman A. — Amateur Radio Operator US9IFN, Educational and Scientific Center of Radio Communication and Radioamateurs ESCRCR, Vinnytsia National Technical University

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПРОВОДОВОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ 802.11 ПРИ ДІЇ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ЗАВАД

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі, проведено аналіз впливу умов роботи мережі стандарту 802.11 при дії інтерференційних завад, таких як суміщений канал, сусідній канал, та інші завади, які діють в діапазоні 2,4 ГГц.

Ключові слова: безпроводний канал, інтерференційні завади, сусідній канал, суміщений канал, швидкість передачі даних.

Abstract

In this paper, a study of the effects of action of noise interference, such as combined channel, adjacent channel and other noise availability for unlicensed frequency band 2.4 GHz of network 802.11 standard.

Keywords: wireless channel, interference noise, adjacent channel, combined channel, data rate.

Вступ

При проектуванні сучасних бездротових мереж існує ряд об'єктивних факторів, що впливають на характеристики ефективної швидкості та якості передачі даних. Тому перед розробниками постають завдання, які полягають у знаходженні відповіді на запитання:

1. Що впливає на роботу бездротових мереж стандарту 802.11?
2. Що може бути джерелом завад і які їхні можливі причини?
3. Що може привести до переривчастої або нестабільної роботи бездротового підключення?

Як відомо, в бездротових мережах як середовище поширення сигналу використовуються радіохвилі (радіоефір), і робота пристроїв і передача даних в мережі відбувається без використання кабельних з'єднань.

У зв'язку з цим на роботу бездротових мереж впливає більша кількість різного роду завад. Їх можна поділити на дві групи. До першої групи можна віднести фактори, які мають постійний вплив і є незмінними у часі. До другої – фактори, для яких існує імовірність появи завади у будь-який момент часу при однакових сеансах передачі даних [1, 2].

Основна частина

Результатом дослідження є систематизація найпоширеніших причин, що впливають на роботу бездротових мереж 802.11. Для цього проведена систематизація чинників, які можуть викликати інтерференційні завади, які в свою чергу призводять до виникнення конфліктів зв'язку різних пристроїв, до зменшення швидкості передачі інформації.

Отже до основних причин виникнення завад відносяться:

1. Інші пристрої стандарту 802.11 (точки доступу, бездротові камери, Bluetooth-пристрої, бездротові клавіатури, навушники і миші та ін.), що працюють в радіусі дії досліджуваного пристрою і використовують той же частотний діапазон.

У бездротових мережах використовуються два частотні діапазони – 2,4 і 5 ГГц. Бездротові мережі стандарту 802.11b/g працюють в діапазоні 2.4 ГГц, мережі стандарту 802.11a – 5 ГГц, а мережі стандарту 802.11n можуть працювати як в діапазоні 2.4 ГГц, так і в діапазоні 5 ГГц[1].

У смузі частот 2,4 ГГц для бездротових мереж доступні 11 або 13 каналів шириною 20 МГц (802.11b/g /n) або 40 МГц (IEEE 802.11n) з інтервалами 5 МГц між ними. Бездротовий пристрій, що використовує один з частотних каналів, створює значні завади на сусідні канали. Наприклад, якщо точка доступу використовує канал 6, то вона надає сильні завади на канали 5 і 7, а також, вже в меншому ступені, – на канали 4 і 8. Для виключення взаємних перешкод між каналами необхідно, щоб їх несучі частоти знаходились одна від одної на відстані 25 МГц (5 міжканальних інтервалів).

2. Невідповідність потужності точки доступу і клієнтських пристроїв. У деяких випадках на точці доступу рекомендується знизити потужність сигналу Wi-Fi до рівня 50-75%.

Потужність передавача точки доступу в роутері зазвичай вище в 2-3 рази, ніж на клієнтських мобільних пристроях (ноутбук/смартфон/планшет). У зоні покриття мережі можуть бути такі місця, де клієнтський пристрій буде знаходити точку доступу добре, а точка доступу клієнта – погано, або взагалі не знаходити (ситуація, коли сигнал на клієнтському пристрої є, а зв'язку немає). У каналі зв'язку виникає асиметрія від різних значень потужностей і чутливості приймачів.

3. Великі відстані між Wi-Fi-пристроями.

4. Перешкоди.

5. Різноманітна побутова техніка, яка працює в зоні покриття вашого Wi-Fi-пристрої.

6. Пристрої, що працюють за стандартом USB 3.0 можуть створювати перешкоди для мережі Wi-Fi в діапазоні 2,4 ГГц.

Така проблема може бути викликана завадами, що виходять від пристроїв, що підключаються або кабелів, роз'ємів, конекторів з інтерфейсом USB 3.0. Зокрема, може мати місце відсутність або недостатнє екранування кабелю або конектора підключається, що може привести до перешкод (інтерференції) на частотах в діапазоні 2,4 ГГц (на цій частоті працюють більшість бездротових пристроїв).

Для максимального уникнення впливу цих факторів поряд з традиційними рішеннями для мереж стандарту 802.11 використовується динамічний вибір каналів передачі даних, що дозволяє знизити вплив інтерференційних завад на роботу мережі та забезпечити оптимальне енергоспоживання клієнтських пристроїв [4].

При збільшенні кількості пристроїв у мережі, ефективна швидкість передачі значно зменшується за рахунок обмеженого ресурсу суміщеного каналу [1, 3], що робить досліджувану мережу непридатною для передачі великих об'ємів трафіку. Також, було встановлено, що в таких умовах ефективність розширення спектра каналу до 40 МГц у два рази менша ніж для каналу зі смугою 20 МГц. При умовах існування сусіднього інтерференційного каналу, також спостерігається досить високий розкид параметрів ефективної швидкості передачі.

Висновки

Визначено основні причини виникнення завад в мережах стандарту 802.11. В результаті систематизації основних причин виникнення завад з'ясовано, що для максимального уникнення впливу цих факторів поряд з традиційними рішеннями для мереж стандарту 802.11 необхідно використовувати динамічний вибір каналів передачі даних, що дозволяє знизити вплив інтерференційних завад на роботу таких мереж.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Феер К. Беспроводная цифровая связь / Пер. с англ.; Под ред. В. И. Журавлева. – М.: Радио и Связь, 2000.
2. Михалевський Д. В. Дослідження передачі інформації в умовах суміщеного та сусіднього інтерференційного каналів для стандарту 802.11n / Д. В. Михалевський, В.В. Номировська, О.М. Постернак // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №2. – С. 155 – 159.
3. Михалевський Д. В. Оцінка параметрів безпроводного каналу передачі інформації стандарту 802.11 Wi-Fi / Д. В. Михалевський. – Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 6/9 (72). – С. 22-25.
4. Белов В. С., Погребняк О. І. Оптимізація енергоспоживання мобільних пристроїв при роботі в мережах стандарту 802.11 // XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017) / Секція телекомунікацій: URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-irtzp-2017/paper/view/2568>

Погребняк Олександр Іванович – студент групи ТКТ-146, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail : ivanovuch-97@mail.ru

Белов Володимир Сергійович – асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця.

Pogrebnyak Alexander I. – student of group TKT-14b, Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : ivanovuch-97@mail.ru

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

САМООРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПРОВІДНОЇ СЕНСОРНОЇ MESH-МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто що сучасний рівень розвитку безпроводних технологій телекомунікацій створює передумови для впровадження та широкого поширення самоорганізованих Ad-Hoc та Mesh мереж. Сформовано основні принципи самоорганізації мереж. Наведені приклади побудови самоорганізованої безпроводної сенсорної мережі.

Ключові слова: самоорганізація, безпроводна сенсорна мережа (BCM), Ad-Hoc мережі, Mesh-мережі.

Abstract

It is considered that the current level of development of wireless telecommunication technologies creates preconditions for the introduction and widespread distribution of self-organized Ad-Hoc and Mesh networks. The basic principles of self-organization of networks are formed. Examples of constructing a self-organized wireless sensor network are given.

Keywords: Self-organization, Wireless Sensor Network (BCM), Ad-Hoc Network, Mesh Network.

Вступ

Безпроводна сенсорна мережа (BCM) - це розподілена, самоорганізована і стійка до відмови мережа з великою кількістю автономних вузлів, здатних обмінюватися повідомленнями і ретранслювати їх за допомогою безпроводної технології.

Існує велика безліч різних протоколів маршрутизації BCM. Ієрархічні протоколи (наприклад, LEACH, PEGASIS, TEEN and APTEEN, SOP) об'єднують вузли в кластери, з певною ієрархією. Вони спрямовані на збільшення енергозбереження мережі в поєднанні з оптимальною доставкою даних до базової станції, шляхом об'єднання вузлів в кластери (області).

Вона здатна без специфічного впливу ззовні формувати просторову, тимчасову або функціональну структуру, тобто самостійно змінює свої структуру і організацію на основі принципу структурно-функціональної єдності.

Можна виділити наступні принципи самоорганізації:

- 1) Відсутність керуючого пристрою, через який можливий зовнішній вплив на систему;
- 2) Самостійний вибір дій з можливих варіантів елементами системи.

Застосування самоорганізації мережі дозволяє скоротити час, дії, енергію, що витрачаються для збору інформації від вузлів і їх подальшого конфігурації.

Використовуючи багаторівневий підхід при декомпозиції мережі, можна виділити три рівня ієрархії її структури: рівень координатора, рівень маршрутизатора, рівень кінцевих пристроїв.

Мережа повинна як би самоорганізовуватися в різні проміжки часу з випадковим числом терміналів або вузлів і з випадковими взаємозв'язками між ними [1, 4].

Такі мережі називаються самоорганізацією і поділяються в даний час на цільові (Ad Hoc) і коміркові (Mesh). Основна відмінність між Ad Hoc і Mesh мережами складається в тому, що, як правило, Ad Hoc відноситься до термінальної мережі, а Mesh - до транзитної, хоча розподіл це досить умовно.

В даному випадку ми розглянемо Mesh-мережу

Актуальність дослідження даної технології полягає у можливості усвідомити широту охоплення життєдіяльності людини при впровадженні Ad Hoc- і Mesh-мереж.

Результати дослідження

Mesh-маршрутизація використовується для забезпечення функцій транзитних мереж, що доцільно враховувати при розробці системних рішень по впровадженню мереж безпроводного доступу. Локальне позиціонування (RTLS - Real Time Location System) останнім часом набуває досить великого значення. RTLS – це система позиціонування в реальному часі, перед призначена для позиціонування поточного знаходження об'єкта в деякому заданому просторі (двовимірний чи трьохвимірному). Рішення по системам RTLS, пропонувані сьогодні на ринку засобів зв'язку, засновані на стандартах IEEE 802.11.

Будується RTLS як мережу клієнт-сервер, в якій кожен об'єкт, що входить в систему, зазначається спеціальною міткою.

Як правило, в рамках RTLS створюються деякі логічні зони. Про переміщення об'єктів через кордони цих зон пристрої надішлють сигнали, а при переміщенні об'єктів всередині логічної зони за ними ведеться постійний контроль, використовуючи траєкторію якого можна зберігати у відповідній базі даних. Внаслідок спочатку малого розміру стільника Wi-Fi точність позиціонування об'єктів в системі RTLS - до 1 м.

Архітектура системи локального позиціонування EkaHau RTLS. Основу модульної системи управління становить EkaHau Positioning Engine (EPE), точність позиціонування до 1 м будь-якого об'єкта, оснащеного персональним комп'ютером (ПК), кишеньковим ПК (КПК), інтегральним телефоном з можливістю роботи в мережі Wi-Fi або спеціальними мітками фірми EkaHau.

Сучасна система локального позиціонування забезпечує оперативне визначення місцезнаходження об'єктів і відображає їх реальне переміщення в часі.

Система дозволяє накопичувати історію переміщень (трейсів) і сигналізувати про вихід об'єкта з певної для нього зони [1, 5, 7].

Важливо відзначити, що RTLS дозволяє забезпечити швидкий пошук об'єкта на карті або плані, включаючи його координати, швидкість переміщення зону знаходження. Системи RTLS працюють як на відкритому просторі, так і в приміщеннях. В основі побудови домашньої мережі лежать два взаємодоповнюючі процеси: майбутнє широке поширення безпроводних сенсорних мереж і можливості Wi-Fi по представлених як традиційних для NGN послуг, так і нових, базуються на Ad hoc- і Mesh-технологіях [2, 6].

Домашні Ad Hoc-мережі об'єднані за допомогою Wi-Fi Mesh-маршрутизаторів (або Mesh-маршрутизаторів, виконаних на інших безпроводних технологіях) в мережу мікрорайону, яка має вихід на житлові та експлуатаційні служби мікрорайону, а також через абонентські шлюзи (RG - Residential Gateway) до провайдерів послуг телекомунікацій [3].

У такій мережі крім традиційних послуг NGN можуть бути надані нові послуги, навіть групи нових послуг, серед яких можна виділити послуги:

- по взаємодії сучасної побутової техніки та людини;
- щодо забезпечення безпеки житла, офісів і тощо;
- з моніторингу стану житлових і робочих приміщень, включаючи моніторинг висвітлення, кліматичних умов, водопостачання, загазованості тощо;
- з моніторингу здоров'я;
- з моніторингу здоров'я, місцезнаходження та адекватності поведінки людей похилого віку;
- по контролю місцезнаходження дітей;
- по взаємодії співробітників служб мікрорайону, районів міста при виконанні ними ремонтних і профілактичних робіт;
- по взаємодії медичного персоналу, розташованого за викликом на дому, в офісі тощо, з районною поліклінікою, лікарнею, медичними базами даних;
- виду "Push to Buy" (примушування до покупки) в великих торгових центрах при створенні мереж SHANET (Shopping Ad HocNetwork);
- роумінгу для користувачів мереж 3G при знаходженні цих користувачів в якості гостей мережі HANET;
- роумінгу і доступу в Інтернет для користувачів персональних комп'ютерів і багатофункціональних терміналів при знаходженні цих користувачів в якості гостей в мережі HANET.

Список нових послуг можна продовжити, але наведений вище досить різноманітний для того, щоб усвідомити широту охоплення життєдіяльності людини при впровадженні Ad Hoc- і Mesh-мереж. Ці системні рішення призводять до необхідності розвитку існуючих уявлень.

Висновки

Таким чином впровадження Mesh-технології істотно розширює клієнтську базу і набір послуг, що надаються користувачам мережі, оскільки такі мережі володіють принципами самоорганізації

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Редько В.Г. От моделей поведения к искусственному интеллекту / под ред. В. Г. Редько - М.: КомКнига, 2006. - 456с.
- 2) Perkins C.E., Belding-Royer E.M., Das S. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing // IETF RFC. - 2003.
- 3) Handy M.J., Haase M., Timmermann D. Low energy adaptive clustering hierarchy with deterministic Cluster-Heads selection // Proc. 4th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network. - 2002. - P. 368–372.
- 4) Палагнюк Д.М. Еволюція стандартів IEEE802.11x / Д.М. Палагнюк, В.С. Белов // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2569>
- 5) Белов В.С. Оптимізація енергоспоживання мобільних пристроїв при роботі в мережах стандарту 802.11 / В.С. Белов, О.І. Погребняк // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2568>
- 6) Тищук Д.С. Порівняльний аналіз сучасних стандартів безпроводових мереж доступу з технологією МІМО / Д.С. Тищук, В.С. Белов // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2573>
- 7) В.С. Белов. Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих / В.С. Белов, А.С. Белов // Східно-європейський журнал передових технологій: фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки – Харків – 2013 – том 6, № 12(66) (2013) – с. 11-14. ISSN: 1729-4061

Палагнюк Дмитро Михайлович – студент групи ТКТ-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: brazers.d29@gmail.com

Науковий керівник:

Белов Володимир Сергійович – асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця.

Palahniuk Dmytro Mikhailovich – student of the group TKT-14b, Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: brazers.d29@gmail.com

Supervisor:

Vladimir Belov S. – assistant at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

РОЗРОБКА ВУЗЬКОСМУГОВОГО ВТНП-ФІЛЬТРУ НВЧ-ДІАПАЗОНУ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто розробку та дослідження вузько смугового фільтру 4-го порядку НВЧ-діапазону. Матеріал підкладки - алюмінат лантану з двостороннім покриттям плівкою ВТНП складу YBCO. Особливістю фільтрів є використання пар резонаторів.

Ключові слова: фільтр, ВТНП, НВЧ

Abstract

The article deals with the development and research of a narrow-band filter of the 4th order of the microwave range. The material of the substrate is a lanthanum aluminate with a double-coated film of high-temperature superconductors of the composition of YBCO. The feature of the filters is the use of pairs of resonators.

Key words: filter, high-temperature superconductors, microwave

Вступ

Мікрополоскові пристрої мають безліч переваг: мініатюрність, малу вагу, технологічність виробництва. Істотними недоліками, які яскраво проявляються в смугопр пропускаючих фільтрах, є значні втрати в смузі пропускання і наявність паразитних зв'язків між несусідніх резонаторами. Якщо рівень втрат можна радикально зменшити, використовуючи ВТНП для формування мікросмужкових ліній, то проблема паразитних зв'язків зазвичай вирішується збільшенням відстані між несусідніх резонаторами [1], що призводить до збільшення розмірів фільтра.

Результати дослідження

Мікросмужковий НВЧ-фільтр виконаний на діелектричній підкладці, на одній стороні якої розташований екран, що проводить, а на іншій стороні розташована система пов'язаних резонаторів з полоскових провідників.

Необхідна форма частотної характеристики фільтру, а отже, і величина вибірконості, забезпечується вибором зв'язків між сусідніми і не сусідніми резонаторами. Зв'язок між не сусідніми резонаторами встановлений за допомогою розіркненої на кінцях полоскової лінії. Наявність індуктивного просторового зв'язку між не сусідніми резонаторами фільтру формує полюси загасання в смузі запирання на заданих частотах, що забезпечує підвищення вибірконості фільтру.

Параметри для розробки фільтру були наступні:

- Центральна частота 2.5 ГГц

- Ширина смуги частот по рівню 3 дБ - 30 МГц

У роботі був розроблений мікросмужковий ВТНП ППФ 4-го порядку.

Матеріал підкладки -алюмінат лантану завтовшки 0,5мм ($\epsilon=23.5$) з двостороннім покриттям плівкою ВТНП складу YBCO.

На рис. 1 зображено розроблену топологію фільтру 4-го порядку.

В якості структури для проектування фільтру було обрано структуру на S – подібних резонаторах, оскільки це дозволить досягти меншого розміру проміжку між самими резонаторами, що дозволить отримати фільтр з меншими габаритами, порівняно з фільтрами на інших типах резонаторів.

Габаритні розміри отриманого фільтру : 17×20 мм. Для реалізації фільтру, були розраховані коефіцієнти зв'язку між резонаторами: коефіцієнт зв'язку між центральними резонаторами складає 0.008, а між крайніми і центральними 0.011. Для отримання такого відношення був проведений підбір ширини проміжків між резонаторами.

Результати моделювання показано на рис.2.

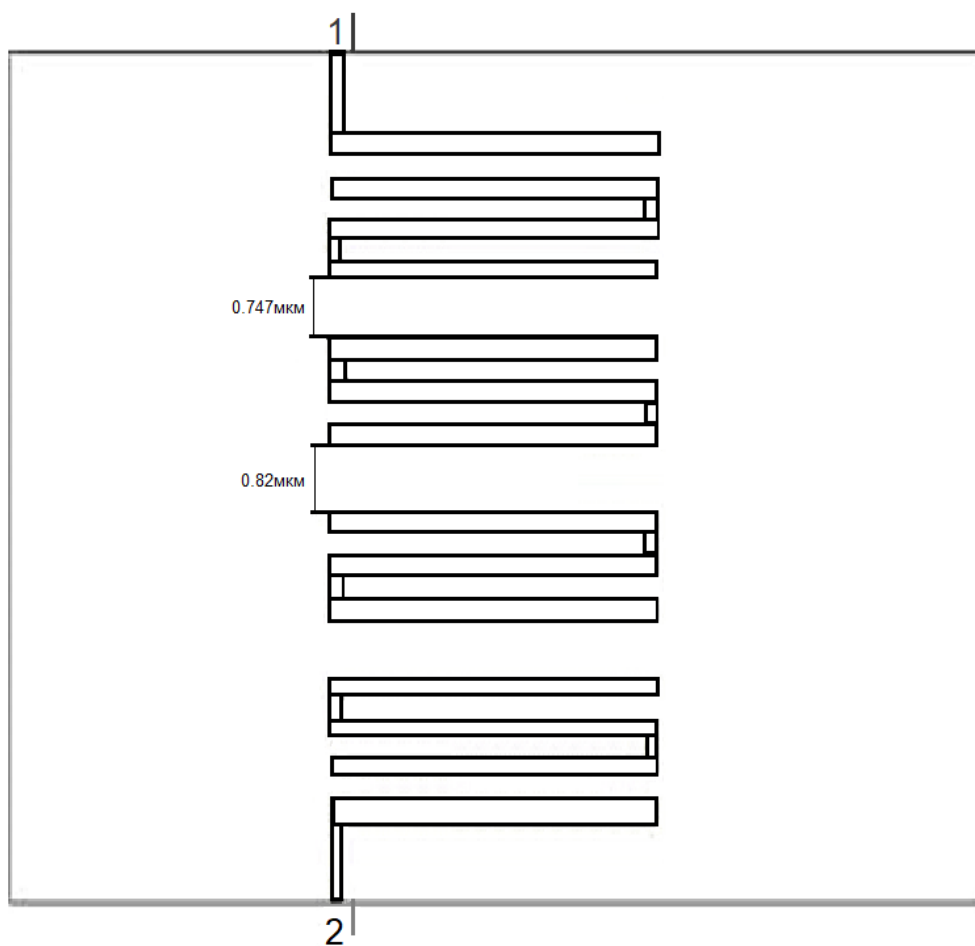


Рисунок 1 - Топологія фільтру 4-го порядку

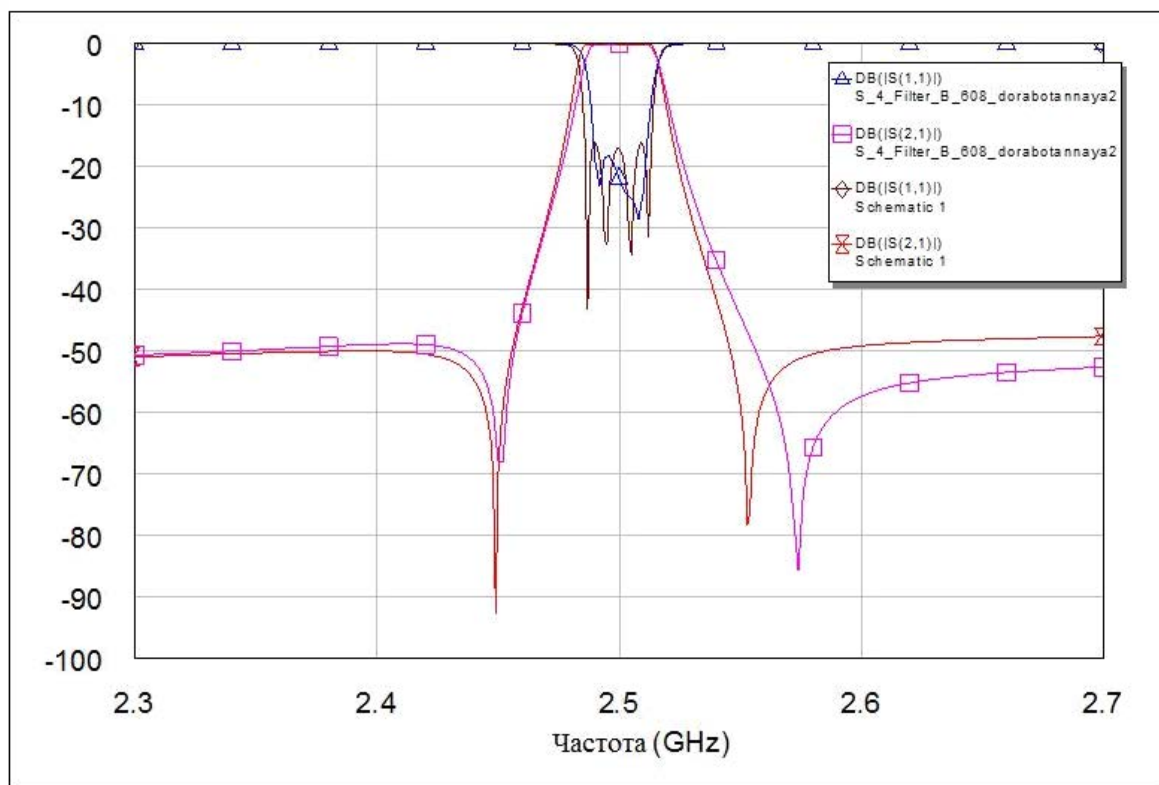


Рисунок 2 – Результати моделювання

Висновки

За результатами електродинамічного моделювання були отримані наступні результати за характеристики: втрати в смузі пропускання - 0.2 дБ, крутизна 1.5 дБ/МГц, коефіцієнт відбиття в робочій смузі частот 18.3 дБ, запирання поза робочою смугою частот більше 45 дБ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. F. De Flaviis, N. G. Alexopoulos, O. M. Stafsudd. Planar microwave integrated phase-shifter design with high purity ferroelectric material. IEEE Trans. MTT, Vol. 45, NO. 6, June 1997, pp. 963-969.

Козін Дмитро Олегович — студент групи ТТК-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dimakoua@gmail.com

Науковий керівник: **Олександр Олександрович Лазарєв**—к.т. техн. наук, доцент кафедри ТКСТБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: Alexandr.Lazarev.VNTU@gmail.com

Kozin Dmytro O. — Faculty for Radio Engineering, Telecommunication and Electronic Instrument Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : dimakoua@gmail.com

Supervisor: **Lazarev Oleksandr O.** -Ph.D.(Eng.), Associate Professor of Computer and Telecommunication Equipment, Vinnytsia, e-mail: Alexandr.Lazarev.VNTU@gmail.com

РАДІОАМАТОРСЬКІ БАГАТОДІАПАЗОННІ АНТЕННІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ HF, VHF ТА UHF ДІАПАЗОНІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження різних антенних систем, які можуть застосовуватись радіоаматорами для роботи в діапазонах HF, VHF, UHF. Наведені конструкції антен та характеристики розподілів струмів.

Ключові слова: радіоаматор, антена, КХ, УКХ.

Abstract

In work below the research of various antenna systems, which can be used by radio amateurs for work in the ranges of HF, VHF and UHF. The constructions of antennas and characteristics of currents distribution are presented.

Keywords: hamradio, radio amateur, antenna, HF, VHF, UHF.

Вступ

Для роботи в діапазонах HF (3 – 30 МГц), VHF (30 – 300 МГц), UHF (300 МГц – 3 ГГц) необхідні ефективні спрямовані антени. Однак застосування на аматорській радіостанції різних роздільних антен такого типу зазвичай не представляється можливим.

Метою роботи є поєднання антен різних діапазонів, виконавши їх у вигляді єдиної конструкції.

Результати дослідження

Дводіапазонна антена для ділянок частот в діапазонах 28 МГц та 144 МГц являє собою подвійний "квадрат" на 28 МГц, на несучій траверсі якого укріплений дельта-елементний хвильовий канал на 144 МГц. Як показала практика, їх взаємний вплив незначний. Вплив хвильового каналу компенсовано деяким зменшенням периметрів рамок "квадрату" (рис.1.).

Живлення антени здійснюється фідером з коаксіального кабелю $R = 75$ Ом. Фідер на лінії "квадрату" включена в розрив нижнього кута рамки вібратора. Невелика асиметрія при такому включенні викликає лише незначну зміну діаграми направленості в горизонтальній площині і не позначається на інших параметрах. Фідер хвильового каналу включений через симетричне U-колінно. Як показали вимірювання, КСХ в фідерних лініях обох антен не перевищує 1.1 – 1.5 [1]



Рис.1. Загальний вигляд конструкції дводіапазонної антени

Аналогічно можливе застосування такої конструкції для діапазонів 144 МГц та 430 МГц.

У радіоаматорській практиці широке застосування знайшли багатодіапазонні короткохвильові антени з контурами-"пастками" (або "TRAP ANTENNA"). Особливість подібної антени – наявність в її полотні

паралельного коливального контуру, налаштованого на частоту одного з аматорських діапазонів (рис.2.). При роботі на цьому діапазоні паралельний коливальний контур ефективно "відсікає" частину полотна антени, виконуючи тим самим функції своєрідного автоматичного перемикача робочої частоти антени.

Таких LC-контурів в антені може бути кілька (їх резонансні частоти в цьому випадку відповідають різним КХ діапазонам), причому в дипольних антенах число контурів обов'язково парне, так як в кожній половині вібратора встановлюють свій контур (контури). Найбільш відома антена з контурами-"пастками" – конструкція радіоаматора W3DZZ [2].

Австралійський радіоаматор VK2AOU виявив, що дипольна антена з одним паралельним коливальним контуром, встановленим в центрі випромінювача, має дві резонансні частоти [3]. Підбираючи довжину диполя і параметри LC-контуру, ці частоти можна встановити в межах двох діапазонів, причому власне LC-контур в цьому випадку виявляється налаштованим на частоту, яка не збігається з частотами аматорських діапазонів. Це виключає небажані резонансні явища в контурі і, в свою чергу, дає можливість дещо знизити вимоги до електричної міцності елементів контуру (що особливо важливо, оскільки на них може впливати атмосферна волога, незважаючи на вжиті при виготовленні антени спеціальні заходи). [4, 5]

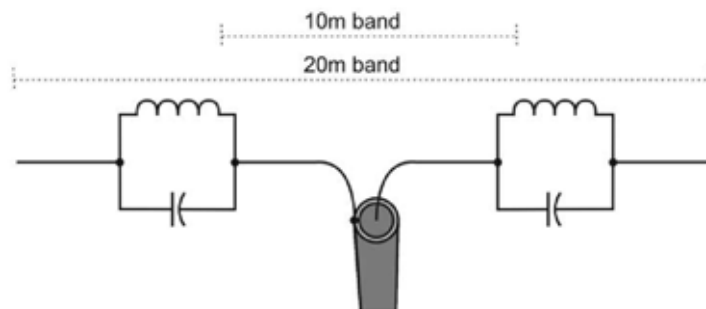


Рис.2. Загальний вигляд конструкції багатодіапазонної короткохвильової антени з контурами-"пастками"

Короткохвильова антена, призначена для роботи на п'яти аматорських діапазонах [6, 7], складається з двох паралельно включених диполів (рис. 3а), які живляться від одного фідера. Один з диполів довжиною 16,6х2 м використовується на діапазонах 80, 20 і 15 м, інший – довжиною 12,35х2 м на 40 і 10 м. Загальна довжина кожного диполя обрана з такого розрахунку, щоб на відповідних діапазонах вони були приблизно на 40% довший або коротший цілого числа напівхвиль. У цьому випадку точка живлення антени на кожному діапазоні (рис.3б) буде перебувати від пучності і струму приблизно на 20% від чверті довжини хвилі і вхідний опір антени буде близько 200 Ом.

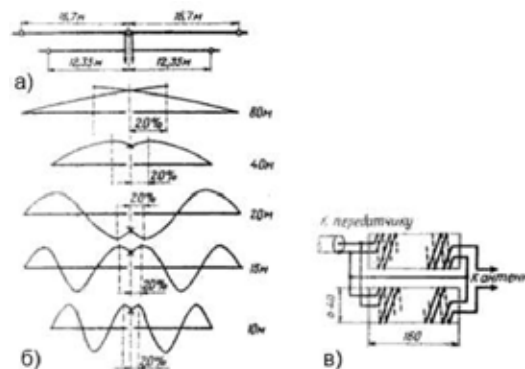


Рис.3. Загальний вигляд конструкції п'ятидіапазонної короткохвильової антени: а) конструкція б) розподіл струмів в залежності від частоти в) схема живлення антени

Живлення антени [8, 9] здійснюється коаксіальним кабелем з хвильовим опором 50 Ом через широкосмуговий симетруючий трансформатор з коефіцієнтом трансформації опорів 1: 4. (рис. 3в),

Висновки

Поєднання в одній антені резонансних властивостей антен різних діапазонів частот можливе при досить високій ефективності випромінювання енергії. Багатодіапазонні антени зберігають діаграму спрямованості та у деяких випадках можуть бути поворотними, що значно спрощує антенно-фідерні конструкції радіоаматорської радіостанції та може застосовуватись для роботи в експедиціях [10] та в умовах тимчасових застосувань [11].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антени на 28 и 144 МГц // Ham Radio Site by UN7PPX – Режим доступу: <http://un7ppx.narod.ru/anten/ant1.htm>
2. Белоусов А.Ф. Модернизация антенны W3DZZ / А.Ф. Белоусов, Д.А. Белоусов UR4LRG // сайт UR4LRG – Режим доступу: http://www.ur4lrg.com/antennas/w3dzz/W3DZZ_mod_UR4LRG.htm
3. The VK2AOU and DJ2UT Periodic Multiband Antenna System – Режим доступу: http://www.radiomanual.info/schemi/ACC_antenna/The_VK2AOU_and_DJ2UT_periodic_multiband_antenna_system_-_Anode_2011.pdf
4. Hari S. Multiband – Antenne fur die neuen WARC – Bonder. – CQ DL. 1982. М 4. S. 172-174
5. Antennas... How Many Do I Need? / Bob K0NR // Ham Radio School LLC. – Режим доступу: <http://www.hamradioschool.com/antennas-how-many-do-i-need/>
6. Пятидиапазонная КВ антенна // QRZ.ru технический портал – Режим доступу: <https://www.qrz.ru/schemes/contribute/antenns/5band.shtml>
7. Радиолобительские антенны // RADIO27: DXing on 11 meter band – Режим доступу: <http://radio27.ru/images/antennas.pdf>
8. Белов В. Дуплекорне використання спіральних резонаторів на УКХ. / В. Белов, О. Жадан // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП -2011): Матеріали V міжнародної науково-технічної конференції, м.Вінниця, 19 - 21 травня 2011 р. – Вінниця: ВНТУ. – 204 с.
9. Белов В. Практичне застосування супер-ї узгодження в антенно-фідерних пристроях. / В. Белов, О. Ларюшкін, А. Белов // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування (СПРТП -2011): Матеріали V міжнародної науково-технічної конференції, м.Вінниця, 19 - 21 травня 2011 р. – Вінниця: ВНТУ. – 204 с.
10. Белов В.С. Експедиційна робота радіоаматорської служби зв'язку / В.С. Белов, А.Л. Прибега // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtsp/all-frtsp-2017/paper/view/2658>
11. Белов В.С. Радіоаматорська аварійна служба (РАС): стан та перспективи / В.С. Белов, В.І. Курилович // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtsp/all-frtsp-2017/paper/view/2367>

Белов Володимир Сергійович — радіоаматор, позивний UR5NBC, навчально-науковий центр систем радіозв'язку та радіоаматорства ННЦСРР, Вінницький національний технічний університет, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Прибега Аркадій Леонідович — радіоаматор позивний UR5NJW, навчально-науковий центр систем радіозв'язку та радіоаматорства ННЦСРР, Вінницький національний технічний університет.

Курилович Володимир Ігорович — радіоаматор, позивний US5NKD, координатор РАС Європейської поліцейської асоціації України у Вінницькій області.

Белова Марія Вікторівна — радіоаматор, позивний US5NMM, навчально-науковий центр систем радіозв'язку та радіоаматорства ННЦСРР, Вінницький національний технічний університет.

Belov Vladimir S. — Amateur Radio Operator UR5NBC, Educational and Scientific Center of Radio Communication and Radioamateurs ESCRCR, Vinnytsia National Technical University

Prybega Arkady L. — Amateur Radio Operator UR5NJW, Educational and Scientific Center of Radio Communication and Radioamateurs ESCRCR, Vinnytsia National Technical University

Kuruylovich Vladimir I. — Amateur Radio Operator US5NKD, coordinator of the European Police Association ARES Ukraine in Vinnitsa obl.

Belova Maria V. — Amateur Radio Operator (YL) US5NMM, Educational and Scientific Center of Radio Communication and Radioamateurs ESCRCR, Vinnytsia National Technical University

БЕЗІНЕРЦІЙНІ БЛОКИ МІТОК ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРІОГРАФІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто два основних способи побудови блоку міток частотних характеріографів. Блоки, реалізовані за першим способом із застосуванням вузькосмугового фільтра, працюють з обвідною сигналу на виході перетворювача. В блоках, побудованих іншим способом, фільтра немає і аналізується співвідношення тривалості квазіперіодів цього сигналу. Показано, що точність формування міток за другим способом вища.

Ключові слова: частотний характеріограф, мітка, фільтр, генератор, змішувач, фазообертач.

Abstract

Two basic methods for constructing a block of marks for frequency characterographs are considered. The blocks realized by the first method with the use of a narrow-band filter operate with the envelope of the signal at the output of the converter. In blocks constructed in another way, there is no filter and the ratio of the duration of the quasi-periods of this signal is analyzed. It is shown that the accuracy of marking by the second method is higher.

Keywords: frequency characterograph, mark, filter, generator, mixer, phase shifter.

Існують два основних способи побудови блоку міток частотних характеріографів[1]. В блоках, реалізованих за першим способом, вузькосмугові фільтри на виході перетворювача погіршують точність формування міток внаслідок наявності перехідних процесів в них. Менша похибка формування міток досягається в блоках, що побудовані за другим способом. В цих блоках вузькосмуговий фільтр відсутній, а мітки формуються в результаті аналізу співвідношення квазіперіодів сигналу на виході перетворювача. Тому такі блоки можна назвати безінерційними.

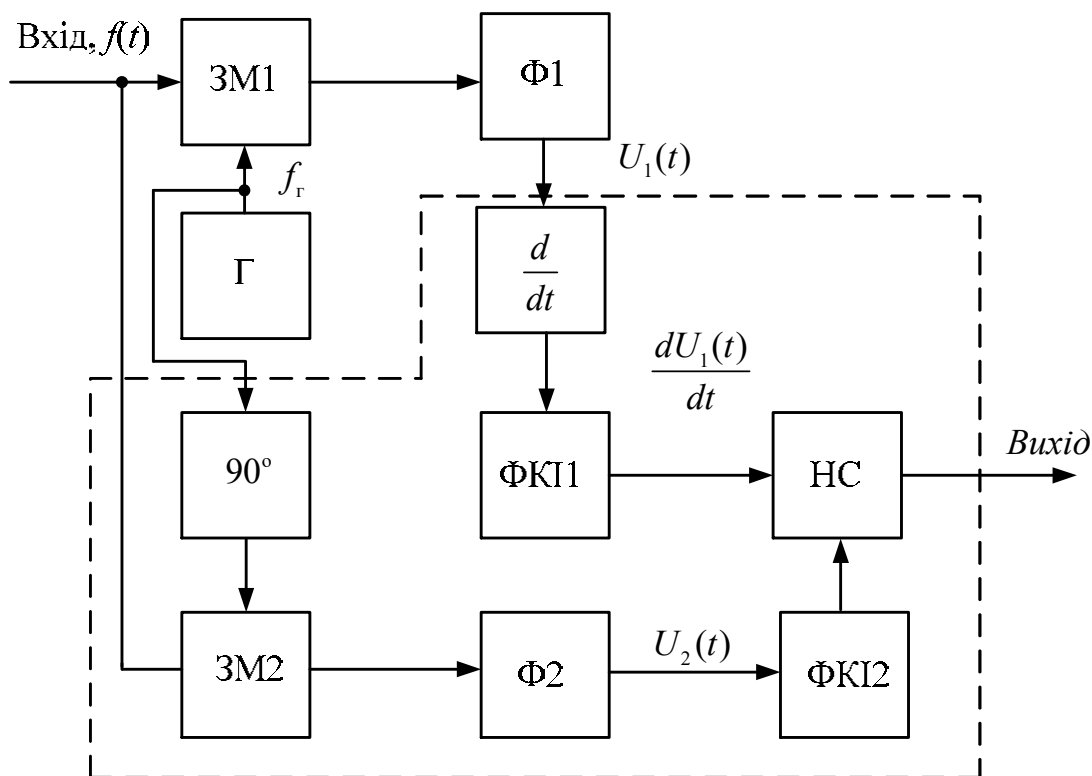


Рисунок 1 – Блок міток з диференціюванням сигналу

Мітки на виході однієї з таких схем (рис. 1) з'являються в момент, коли $f(t) = f_{\Gamma}$. Використовується явище рівності нулю похідної напруги на виході фільтра Ф1 в момент, коли її миттєва частота переходить через нуль.

Напруга на виході першого перетворювача (змішувач ЗМ1, генератор Г, фільтр Ф1)

$$u_1(t) = U_1 \cos[2\pi \int f(t)dt - 2\pi f_{\Gamma}t + \varphi],$$

а після диференціювання

$$\frac{du_1(t)}{dt} = -2\pi U_1 \sin[2\pi \int f(t)dt - 2\pi f_{\Gamma}t + \varphi][f(t) - f_{\Gamma}].$$

Вихідна напруга другого перетворювача (ЗМ2, генератор Г, фазообертач 90°, фільтр Ф2):

$$u_2(t) = U_2 \sin[2\pi \int f(t)dt - 2\pi f_{\Gamma}t + \varphi].$$

Корені рівнянь збігаються, крім одного кореня рівняння, відповідного $f(t) = f_{\Gamma}$. Короткі імпульси від формувачів (ФКІ1, ФКІ2) за переходами через нуль напруг $\frac{du_1(t)}{dt}$, $u_2(t)$ надходять на вхід схеми неспівпадань (НС). НС пропускає на вихід пристрою тільки імпульс мітки від ФКІ1. На практиці використовувати повною мірою властивість розбіжності імпульсів вдається далеко не завжди. На похибку формування міток сильно впливають надають неточне диференціювання і зсув фази, відмінний від 90°. З цієї ж причини діапазон перебудови гетеродина вибирається малим. Це зумовило той факт, що даний спосіб не знайшов широкого застосування в частотних характеристиках.

Автором запропоновані два варіанти реалізації безінерційних блоків міток [2]: по „золотому перетину” і шляхом вимірювання часових інтервалів з N квазіперіодами.

Такі блоки не містять фазообертача і вузла диференціювання, тому в них усунутий недолік попередньо розглянутої схеми, а похибка формування міток зменшена.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. Учебное пособие/Под общей редакцией Б.Н. Тихонова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 360, с.: ил.
2. Кононов С. П. Регістрація нульової частоти у вимірювачах із частотною розгорткою/ Кононов С. П.// Збірник наукових праць “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”, Хмельницький, ТУП, №7, 2000, с. 7-9.

Кононов Сергій Павлович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: knnvknnv@ukr.net

Kononov Sergiy P. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: knnvknnv@ukr.net

ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОПТИЧНИХ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі виконано дослідження функціональних характеристик та особливостей використання оптичних мультиплексорів IROADM, а також технологій оптимального групування навантаження оптичних каналів у когерентних ВОЛТ.

Ключові слова: оптичний мультиплексор, ВОСП, IROADM, ВОЛТ.

Abstract

In the work the research of functional characteristics and features of use of optical multiplexers IROADM, as well as technologies of optimal grouping of loading of optical channels in coherent FOLP.

Keywords: optical multiplexer, FOTS, IROADM, FOLP.

Вступ

Підвищення пропускної здатності систем доступу зі спектральним мультиплексуванням (WDM) забезпечується зростанням каналної швидкості передачі інформації, спектральної ефективності використання спектральних каналів та дальності передачі без регенерації. В оптичних системах доступу з каналною швидкістю до 10 Гбіт/с в основному використовуються бінарні амплітудні формати модуляції, однак, при збільшенні каналної швидкості до 40 Гбіт/с і особливо до 100 Гбіт/с, необхідне впровадження більш ефективних та менш чутливих до спотворень форматів модуляції оптичних сигналів [1, 2].

В ході розвитку технології ROADM було розроблено декілька різновидів оптичних мультиплексорів. Перші оптичні мультиплексори володіли фіксованими функціями виділення/введення оптичних каналів (OADM/FOADM). Перші зразки реконфігурованих оптичних мультиплексорів, базувались на дискретних компонентах. Наступним кроком в розвитку технології був перехід до ROADM з інтегрованими WB (Wavelength Blocker - блокіратор довжини хвилі). В подальшому були випущені оптичні мультиплексори на основі на IPLC (Integrated Planar Lightwave Circuit - вбудований планарний оптичний канал). Після цього з'явилися ROADM мультиплексори 3-го покоління на основі багатопортових частотно-селективних перемикачів WSS (Wavelength Selective Switch), які характеризуються оптимальною архітектурою. Наступним кроком у розвитку технології ROADM мультиплексорів є перехід до інтелектуальних IROADM мультиплексорів з функціями кросової комутації PXC та автоматичними захисними перемиканнями оптичних каналів APS (Automatic Protection Switching).

Когерентні ВОСП характеризуються підвищеною швидкістю передачі за рахунок можливості використання будь-яких багаторівневих форматів модуляції.

Головний недолік когерентних систем зв'язку - більш складний приймач, до складу якого входить опорне джерело випромінювання і системи відстеження частоти і поляризації.

Дослідження функціональних характеристик та особливостей використання оптичних мультиплексорів IROADM, а також технологій оптимального групування навантаження оптичних каналів у когерентних ВОЛТ є актуальною науковою задачею.

Метою роботи є визначення можливостей підвищення ефективності використання інфокомунікаційних систем за рахунок використання у їх складі інтелектуальних оптичних мультиплексорів та їх порівняння з існуючими когерентними ВОСП.

Основна частина

До складу системи третього покоління ROADM WSS можуть входити:

- динамічні лазери, які забезпечують динамічне керування частотними каналами та зменшують вартість резервування;
- підсилювачі зі змінним коефіцієнтом підсилення та контрольованими перехідними процесами, що гарантують підвищену надійність мережі;
- повністю автоматизована (GMPLS - загальна багатопроTOCOLьна комутація по мітках) панель керування для включення в автоматично комутовані оптичні мережі, що забезпечує безпечне функціонування та обслуговування;
- «безбарвні» порти з попередньо налаштованими перемичками (jumpers), що дозволяють істотно скоротити час встановлення з'єднання та позбавляють від «переплутання» комутаційних шнурів;
- мультисервісний інтерфейс, що дозволяє об'єднати послуги, які дозволяють зменшити швидкості передачі (наприклад, 9 сигналів Gigabit Ethernet в один 10Гбіт/с канал);
- інтелектуальну оптичну та електричну комутацію для найбільш ефективного використання смуги пропускання;

Загальні рекомендації щодо особливостей використання IROADM в оптичних транспортних мережах та мережах доступу:

- для швидкого збільшення пропускної здатності оптичних каналів в конфігураціях «лінійна ланка або шина» та в кільцевих структурах ВОЛТ транспортних мереж на основі існуючих ВОЛЗ з 2 і 4 волокнами G.652 і G.655;
- в мережах доступу до кабельного телебачення з різним контентом (мовлення, відео за запитом, IP- телебачення, високошвидкісний доступ в Інтернет).

Застосування комутаторів PXC має розглядатися, перш за все, в рамках магістральних транспортних мереж, як засобу ефективного керування оптичними каналами для надання послуг та захисту з'єднань.

За рахунок вбудованих контролерів динамічні мультиплексори введення-виведення автономно забезпечують виділення, додавання і пропускання хвиль без перетворення оптичного сигналу в електричний сигнал. При цьому забезпечується підтримка всіх типів портів введення-виведення для підключення до телекомунікаційної мережі та на оптичному рівні характеризуються високою гнучкістю, порівнянно з синхронною цифровою ієрархією SDH. За допомогою оптичних комутаторів забезпечуються функції захисних перемикачів та кросової комутації PXC - XC (Photonic - Optical Cross-Connect) в вузлах мережі доступу.

Висновки

Найбільш ймовірно, що, не зважаючи на складність реалізації, в комерційних системах зв'язку з каналною швидкістю 100 Гбіт/с будуть використовуватися когерентні оптичні приймачі, багаторівнева фазова або квадратурна модуляція та поляризаційне мультиплексування. Зокрема, міжнародна організація Optical Internetworking Forum (OIF) рекомендує використовувати в телекомунікаційних мережах зі швидкістю 100 Гбіт/с чотирьохрівневий фазовий формат з поляризаційним мультиплексуванням та когерентним прийманням (PDM-QPSK).

В кінцевому підсумку, мультиплексори IROADM дозволяють знизити експлуатаційні витрати та підвищити швидкість обслуговування і надання нових послуг зв'язку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фокин В.Г. Оптические мультиплексоры OADM/ROADM и коммутаторы PXC в мультисервисной транспортной сети: учебное пособие/ ГОУ ВПО «СИБГУТИ». Новосибирск, 2011 - 204 с.
2. Бортник Г.Г. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник/ Бортник Г.Г., Васильківський М.В., Кичак В.М. – Вінниця: ВНТУ, 2017 – 162 с.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Самоліук Ірина Анатоліївна — студентка групи ТКП-156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com.

Vasylkivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Samoliuk Irina A. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗДРОТОВИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізовано перспективні напрямки розвитку технології Wi-Fi, зокрема впровадження нового стандарту Wi-Fi HaLow (IEEE 801.11ah). Також розглянуто напрямки розвитку бездротових технологій широкосмислового доступу WiMAX та LTE.

Ключові слова: бездротові телекомунікаційні технології, IEEE, Wi-Fi, WiMAX, LTE.

Abstract

In this work the perspective directions of the development of Wi-Fi technology, in particular the introduction of a new Wi-Fi HaLow standard (IEEE 801.11 ah), are analyzed. The directions of the development of wireless broadband access technologies WiMAX and LTE are also considered.

Keywords: wireless telecommunications technology, IEEE, Wi-Fi, WiMAX, LTE.

Вступ

Сучасні бездротові телекомунікаційні технології набувають широкого розповсюдження та дуже швидко еволюціонують, що змушує замислюватися про перспективи використання нових стандартів і систем зв'язку вже сьогодні. Сучасні телекомунікаційні засоби вже не орієнтовані тільки на єдину технологію, а є багатофункціональними модулями, що забезпечують доступ користувача до широкого спектру послуг, таких як передача даних, голосу та відео.

Стан і перспективи розвитку бездротових телекомунікаційних технологій розглядаються в різних аспектах і сферах життєдіяльності. Однак стрімкий розвиток технологій вимагає постійної актуалізації та оновлення результатів аналізу. Основною тенденцією розвитку бездротових телекомунікаційних технологій у світі є швидкий розвиток мереж передачі даних, що базуються на Інтернет-протоколі (IP), і поступове витіснення інших телекомунікаційних технологій [1]. Вже зараз на послуги передачі даних з допомогою IP (включаючи фіксований і мобільний Інтернет-доступ і доступ до VPN-мереж) припадає більша частина трафіку телекомунікаційних мереж і майже половина доходів операторів телекомунікацій.

Основна частина

Постійне зростання кількості підключень до мережі Інтернет через мобільні пристрої обумовлює перспективи розвитку бездротових телекомунікаційних технологій. Враховуючи це, багато аналітиків вважають обґрунтованими спроби WiFi Alliance реально конкурувати з технологіями WiMAX і LTE в сфері мобільної передачі даних [2].

Порівняно із значними витратами на розвиток мобільних мереж 4-го покоління (4G), технологія Wi-Fi є відносно дешевою і високопродуктивною технологією бездротового доступу, має широкий набір різних термінальних пристроїв та доступна в обслуговуванні.

Ключові перспективи розвитку Wi-Fi полягають у наступному:

1. Освоєння діапазону 60 ГГц. Wireless Gigabit Alliance (WiGig Alliance) продовжує розвивати технологію Wi-Fi в діапазоні 60 ГГц із максимальною швидкістю передачі 7 Гбіт/с (IEEE 802.11ad), яка дозволяє забезпечити стійку двосторонню передачу даних на високих швидкостях, передачу відео в форматах надвисокої роздільної здатності та ін. Використання частоти 60 ГГц обмежує зону покриття WiGig приблизно до 10-12 метрів, але при цьому технологія дозволяє зробити сигнал більш стійким і спрямованим, чого практично не було в попередніх стандартах.

2. Розвиток стільникових Wi-Fi мереж на дешевих модулях, кожен з яких по радіоканалу з'єднаний з усіма сусідами в зоні радіовидимості.

3. Впровадження нового стандарту Wi-Fi HaLow, який базується на специфікації IEEE 802.11ah та орієнтований на роботу в сфері інтернету речей (Internet of Things – IoT). Wi-Fi HaLow передбачає використання не ліцензованого частотного діапазону 900 МГц [2]. Це дасть можливість подвоїти дальність дії бездротової мережі порівняно з використовуваними зараз стандартами. Перевагою протоколу IEEE 802.11ah є низьке енергоспоживання, що дасть можливість використовувати його для зв'язку в мініатюрних пристроях. Очікується, що в майбутньому його використовуватимуть всі пристрої - від датчиків до приладів «розумного» будинку і автомобілів, підключених до єдиної точки доступу Wi-Fi.

Перспективи розвитку WiMAX і LTE полягають у зменшенні вартості передачі даних, підвищенні швидкості передачі даних, можливості надання широкого спектру послуг за зниженою ціною. Ключова відмінність WiMAX і LTE від Wi-Fi полягає в проектуванні мережі на базі IP-технологій. Радіоінтерфейс WiMAX і LTE здатний забезпечити найкращі технічні характеристики.

Крім того, розмір пакетних даних в мережах мобільного зв'язку на сьогоднішній день перевищує обсяги голосового трафіку, що обумовлено впровадженням технологій HSPA. Також слід звернути увагу, що на сьогоднішній день реалізується підтримка пріоритетності різних потоків інформації, причому як на мережному, транспортному рівнях (на рівні TCP/IP), так і на MAC-рівні (стандарти IEEE 802.16). Це дає можливість використовувати їх для передачі мультимедійної інформації, надання послуг голосового зв'язку і ін.

Висновки

Отже, основними перспективними бездротовими технологіями, спрямованими на надання універсальних послуг зв'язку, є WiMAX, LTE, Wi-Fi. Причому, кожна з них займає своє місце на великому ринку бездротового зв'язку. Характеристики технологій багато в чому схожі, але при цьому основний акцент робиться на ефективне використання спектру, а головне - на збільшенні швидкості, завдяки чому покращується якість і зростає кількість наданих послуг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блатова Т. А. Управління інноваційним розвитком галузі інформаційно-телекомунікаційних технологій // Актуальні проблеми інфотелекомунікацій в науці та освіті: збірник наукових статей в 2 томах. - 2015. – с. 709-713.
2. Software Networks: Virtualization, SDN, 5G and Security / Guy Pujolle. - Wiley-ISTE, 2015. – 231 p.

Войцеховська Олена Валеріївна – к.т.н., доцент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vojcehovska.o.v@vntu.edu.ua.

Самоліук Ірина Анатоліївна – студентка групи ТКП-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com

Voytsekhovska Olena V. – Ph.D., assistant professor, Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vojcehovska.o.v@vntu.edu.ua.

Samoliuk Irina A. – Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com

ОСНОВИ БЕЗПЕКИ В WI-FI МЕРЕЖАХ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація.

Приведені основні методи захисту Wi-Fi мереж та їх вразливості.

Ключові слова: Wi-Fi, підключення, шифрування, аутентифікація, безпека.

Abstract.

The basic methods of protecting Wi-Fi networks and their vulnerabilities are given.

Keywords: Wi-Fi, connectivity, encryption, authentication, security.

Вступ

Як і будь-яка комп'ютерна мережа, Wi-Fi – є джерелом підвищеного ризику несанкціонованого доступу. Крім того, проникнути в бездротову мережу значно простіше, ніж звичайну, непотрібно підключатися до проводів, досить опинитися в зоні прийому сигналу.

Звичайний користувач може буквально за декілька хвилин налаштувати домашню мережу, але, не маючи базових знань про ці технології та забезпечення безпеки в локальній мережі, він стає легкою мішенню для того, хто хоче проникнути в його мережу. І, якщо дехто може сказати, що йому нема чого приховувати на своєму комп'ютері, то він не усвідомлює того факту, що хакер може використати його комп'ютер для здійснення своїх атак

Основна частина

Основним методом є використання непомітного ім'я мережі (SSID). Ідентифікатор службового набору SSID - це один із основних налаштувань мережі Wi-Fi. Хоча не схоже на те, що ім'я мережі може скомпрометувати безпеку, але, безумовно, може. Використання занадто загальний ідентифікатор SSID, як "бездротовий" або ім'я постачальника за умовчанням, може полегшити коректному режимі захисту WPA або WPA2. Це відбувається тому, що алгоритм шифрування містить SSID, а словники, що розбивають паролі, що використовують хакери, попередньо завантажуються з загальними та типовими SSID. Використання одного з них просто полегшує роботу хакера.

Хоча це може мати сенс називати SSID чимось легко ідентифікувати, як-от назву компанії, адресу або номер набору, що, можливо, також не найкраща ідея. Це особливо вірно, якщо мережа знаходиться в спільній будівлі або в безпосередній близькості від інших будівель або мереж. Якщо хакери їздять через перевантажену зону та бачать дюжину різних мереж Wi-Fi, вони, швидше за все, націлюватимуть на найпростіший для ідентифікації, що може допомогти їм зрозуміти, що вони можуть отримати, взламуючи його. Вони також можуть вибрати один, який простіше знайти в перевантаженій області.

У разі прихованого SSID поле порожнє, тобто виявлення бездротової мережі є неможливим і не можна до неї підключитися, не знаючи значення SSID. Але всі станції в мережі, які підключені до точки доступу, знають SSID і під час підключення, коли розсилають Probe Request запити, вказують ідентифікатори мереж, наявні в їх профілях підключень. Прослуховуючи робочий трафік, з легкістю можна отримати значення SSID, необхідне для підключення до бажаної точки доступу.

Також слід пам'ятати про фізичну безпеку. Бездротова безпека - або вся ІТ-безпека може мати бездоганні технології та протоколи. Ви можете мати найкраще шифрування і всеодно бути вразливим. Фізична безпека - одна з цих вразливостей. Потрібно пам'ятати що доступ до Wi-Fi можливий за допомогою фізичного втручання.

У більшості точок доступу є кнопка скидання, яку хтось може натиснути, щоб відновити заводські настройки за умовчанням, видалити безпеку Wi-Fi і дозволити будь-кому підключитися. Таким чином, Wi-Fi, що поширюються по всій вашій установі, також має бути фізично захищений, щоб уникнути втручання. Переконайтеся, що вони завжди недоступні, і розгляньте можливість використання будь-

яких механізмів блокування, запропонованих продавцем роутера, для фізичного обмеження доступу до кнопок та портів AP.

Ще однією проблемою фізичної безпеки, пов'язаної з Wi-Fi, є те, що хтось додає неавторизований роутер до мережі, яка зазвичай називається "недобросовісною версією". Це може звісно бути зроблено на законних підставах працівника, який бажає додати більше охоплення Wi-Fi. Щоб запобігти таким типам шахраїв, гарантуйте, що всі невикористовувані порти Ethernet (наприклад, стінні або вихідні мережі) вимикаються. Ви можете фізично видалити порти або кабелі або вимкнути зв'язок цього розетки або кабелю з маршрутизатором або вимикачем. Або якщо ви дійсно хочете підвищити безпеку, увімкніть аутентифікацію 802.1X на дротовій стороні, якщо ваш маршрутизатор або комутатор підтримують це, так що будь-який пристрій, що підключається до мереж Ethernet, повинен ввести вхідні дані для доступу до мережі.

Ще одним ефективним з методів є використання Enterprise WPA2 з аутентифікацією 802.1X. Цей метод найефективніших механізмів захисту Wi-Fi, який ви можете встановити - це розгортання корпоративного режиму безпеки Wi-Fi, оскільки він аутентифікує кожного користувача індивідуально: кожен може мати власне ім'я користувача та пароль Wi-Fi. Тому, якщо ноутбук або мобільний пристрій загублено, викрадено, або працівник залишає компанію, все, що вам потрібно - це змінити або скасувати реєстрацію конкретного користувача.

За допомогою корпоративної Wi-Fi безпеки користувачі вводять своє унікальне ім'я користувача та пароль під час підключення.

Іншою великою перевагою режиму підприємства є те, що кожному користувачеві присвоюється його власний ключ шифрування. Це означає, що користувачі можуть лише розшифрувати трафік даних для власного з'єднання - не спостерігаючи за чисельним іншим трафіком бездротового зв'язку.

Щоб поставити свій ПП в режим підприємства, вам спочатку потрібно буде налаштувати сервер RADIUS. Це дає можливість аутентифікації користувача та підключається до бази даних або каталогу (наприклад, Active Directory), яка містить всі імена користувачів і паролі.

Хоча Ви могли б розгорнути індивідуальний сервер RADIUS, спочатку перевірте, чи ваші інші сервери (наприклад, Windows Server) вже надають цю функцію. Якщо ні, розгляньте службу RADIUS на основі хмарної або розміщеної служби. Також майте на увазі, що деякі точки доступу до бездротового доступу або контролери забезпечують базовий вбудований сервер RADIUS, але їх межі продуктивності та обмежені функції зазвичай роблять їх корисними тільки для малих мереж.

Приклад того, як ви налаштовували AP, використовуючи IP-адресу, порт та секретний сервер RADIUS.

Захист налаштування клієнта 802.1X. Як і в інших технологіях безпеки, корпоративний режим роботи Wi-Fi безпеки все ще має деякі вразливості. Один з них - атака "людина з середини", з хакером сидячим в аеропорту чи кафе, або навіть на стоянці корпоративного офісу. Хтось міг створити підроблену мережу Wi-Fi з таким самим або схожим SSID, як і мережа, яку вони намагаються скопіювати. І в певний момент коли Ваш ноутбук або пристрій намагатиметься підключитися, RADIUS-сервер зловмисника може захопити ваші реєстраційні дані. Потім він може використовувати Ваші реєстраційні дані для підключення до реальної мережі Wi-Fi.

Спосіб запобігти таким атакам це провести аутентифікацію 802.1X - це перевірка сервера на стороні клієнта. Коли безпроводовий клієнт увімкнув перевірку сервера, клієнт не передаватиме ваші облікові дані для входу Wi-Fi на сервер RADIUS, доки він не підтвердить, що він підтримує зв'язок із зареєстрованим сервером. Точні можливості перевірки сервера та вимоги, які ви можете накласти на клієнтів, будуть відрізнятися залежно від пристрою або ОС клієнта.

Наприклад, у Windows можна ввести доменні імена зареєстрованого сервера, вибрати сертифікат, який видав сертифікат сервера, а потім вимкнути нові сервери або сертифікати. Отже, якщо хтось налаштував підроблену мережу Wi-Fi та сервер RADIUS, і ви спробуєте увійти до нього, Windows зупинить це підключення.

Ви знайшли функцію підтвердження сервера 802.1X у Windows при налаштуванні параметрів EAP з'єднання Wi-Fi.

Одним важливим аспектом є виявлення Rogue-AP або запобігання безпроводному втручання. Ми вже торкнулися трьох сценаріїв уразливих точок доступу: там, де зловмисник може встановити підроблену мережу Wi-Fi та сервер RADIUS, інший, де хтось може скинути AP до заводських налаштувань, і третій сценарій, за допомогою якого хтось може підключити їх власний AP.

Кожен із цих неавторизованих ЗП може тривалий час залишатись непоміченими для ІТ-персоналу, якщо не буде встановлено відповідний захист. Таким чином, гарна ідея - увімкнути будь-який тип виявлення викрадень, який пропонує ваш постачальник послуг AP або бездротового контролера. Точний метод виявлення та функціональність змінюються, але більшість з них, принаймні, періодично

скануватимуть ефір і надсилатимуть вам сповіщення, якщо новий AP визначено в межах допустимих точок доступу.

Більше можливостей для розпізнавання деяких постачальників ПЗ пропонують повноцінну систему виявлення бездротового втручання (WIDS) або систему захисту від вторгнення (WIPS), яка може відчувати безліч безпроводних атак та підозрілу активність разом із нелюдськими ПП. До них відносяться помилкові запити на деаутентифікацію, запити про помилки асоціації та підробку MAC-адреси.

Крім того, якщо це справжній захист WIPS, а не WIDS - це просто виявити, оскільки він повинен мати змогу приймати автоматичні контрзаходи, такі як від'єднання або блокування підозрілого безпроводового клієнта для захисту від атаки мережі.

Якщо Ваш постачальник послуг AP не надає вбудоване виявлення антивірусом програмне забезпечення або WIPS, розгляньте сторонні рішення. Ви можете подивитися на сенсорні рішення, які зможуть відслідковувати як продуктивність Wi-Fi, так і проблеми безпеки, від компаній, таких як 7SIGNAL, Cape Networks та NetBeez.

Висновки

Таким чином, основними аспектами безпеки мереж Wi-Fi є маскування SSID, використання індивідуальної ідентифікації за допомогою Enterprise WPA2 секретний сервер RADIUS, а також виявлення Rogue-AP на основі технологій виявлення бездротового втручання (WIDS) або системи захисту від вторгнення (WIPS). Також важливо дотримуватись корпоративних правил безпеки, що виключить, або значно зменшить вплив людського фактору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пролетарский А.В., Баскаков И.В., Чирков Д.Н. «Беспроводные сети Wi-Fi». - М:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007,-178 с.
2. Щербак В.Б., Ермаков С.А. «Безопасность беспроводных сетей: стандарт IEEE 802.11». - М: РадиоСофт, 2010, -255 с.
3. 5 Ways to Secure Wi-Fi Networks // Network World - Режим доступу: <https://www.networkworld.com/article/3224539/mobile-wireless/5-ways-to-secure-wi-fi-networks.html>
4. Белов В.С. Архитектура сетей WI-MAX / В.С. Белов, О.И. Мельничук // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2563>
5. Палагнюк Д.М. Еволюція стандартів IEEE802.11x / Д.М. Палагнюк, В.С. Белов // Конференції ВНТУ електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2017). – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-frtzip/all-frtzip-2017/paper/view/2569>
6. Кичак В.М. Оцінка впливу кількісних характеристик зміни інформаційного параметру на завадостійкість каналів зв'язку з КАМн / В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов. // Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». – 2012. - №4.- с. 59-62

Белов Володимир Сергійович – асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Клімов Олександр Сергійович – студент групи ТКТ-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sashava103@gmail.com.

Belov Vladimir – assistant of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Klimov Oleksandr - group TKT-16ms, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: sashava103@gmail.com.

ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ GSM-900

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження основних параметрів та можливості стандарту GSM-900, та наведено конструктивні особливості побудови таких систем зв'язку.

Ключові слова: мобільний зв'язок, GSM-900, базова станція, рухома станція.

Abstract

The study of the basic parameters and capabilities of the standard GSM-900, and the constructive features of construction of such communication systems are presented.

Keywords: mobile communication, GSM-900, base station, mobile station.

Вступ

У створенні нової системи брали участь наукові та проектно-конструкторські організації з 17 країн, які підписали Меморандум про взаєморозуміння (англ. Memorandum of Understanding). В результаті спільних досліджень і консультацій була прийнята серія стандартів, що визначають всі необхідні рівні еталонної моделі OSI (англ. Open Systems Interconnection). В даний час аббревіатура GSM означає Global System for Mobile Communication (глобальна система рухомого зв'язку), що відображає поширення стандарту GSM далеко за межі Європейського континенту.

GSM - глобальний цифровий стандарт для мобільного стільникового зв'язку, з поділом частотного каналу за принципом TDMA та середнім ступенем безпеки. Належить до мереж другого покоління.

У GSM визначені 4 діапазону роботи: GSM 900, GSM 1800 використовуються країнами Європи та Азії.

Мережа GSM 900/1800 - це єдина мережа, із загальною структурою, логікою і моніторингом в якій телефон нікуди не переходить. Вручну можна тільки заборонити використовувати один з діапазонів в тестових або дуже старих апаратах.

Основна частина

Функціональне побудова і інтерфейси, прийняті в стандарті GSM, ілюструються структурною схемою рисунок 1, на якій MSC (Mobile Switching Centre) - центр комутації рухомого зв'язку; BSS (Base Station System) - обладнання базової станції; OMC (Operations and Maintenance Centre) - центр управління та обслуговування; MS (Mobile Stations) - рухома станції.

BSS - обладнання базової станції, складається з контролера базової станції (BSC) і приймально-передавальних базових станцій (BTS). Контролер базової станції може керувати кількома приймально-передавальними блоками. BSS управляє розподілом радіоканалів, контролює з'єднання, регулює їх черговість, забезпечує режим роботи і стрибає частотною модуляцію і демодуляцію сигналів, кодування і декодування повідомлень, кодування мови, адаптацію швидкості передачі для мови, даних і виклику, визначає черговість передачі повідомлень персонального виклику.

Підсистема комутації (NSS) призначена для встановлення, утримання й припинення телефонного з'єднання, забезпечує підключення до інших мереж (ISDN, PSTN, PDN і ін.) і містить бази дані ідентифікації абонентів. Основний елемент NSS — центр комутації мобільного зв'язку (MSC), що обслуговує групу контролерів і забезпечує всі види з'єднань, необхідних для роботи мобільних станцій. Він виконує маршрутизацію викликів, функції керування викликами й служить

інтерфейсом до фіксованих мереж загального користування. Крім того, MSC формує дані, необхідні для виписки рахунків за надані мережею послуги зв'язку, накопичує дані по розмовах, що відбулися, і передає їх у центр розрахунків (білінг-центр), постійно визначає місце розташування мобільної станції й реєструє повноваження абонентів, використовуючи домашній реєстр (Home Location Register - HLR) і візитний реєстр (Visited Location Register - VLR).

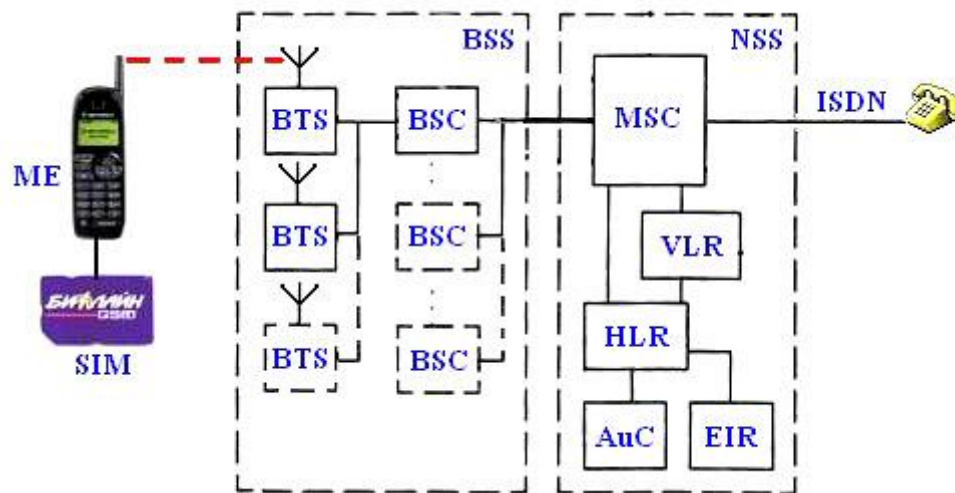


Рисунок 1 — Структурна схема мережі GSM

MS - рухлива станція, складається з устаткування, яке служить для організації доступу абонентів мереж GSM до існуючих фіксованих мереж електрозв'язку. В рамках стандарту GSM прийняті п'ять класів рухливих станцій від моделі 1-го класу з вихідною потужністю 20 Вт, яка встановлюється на транспортному засобі, до портативної моделі 5-го класу, максимальної потужності 0,8 Вт (табл. 1). При передачі повідомлень передбачається адаптивна регулювання потужності передавача, що забезпечує необхідну якість зв'язку.

П'ять класів рухливих станцій GSM наведенні в таблиці 1.

Таблиця 1— П'ять класів рухливих станцій GSM

Клас потужності	Максимальний рівень потужності передавача	Допустиме відхилення
1	20 Вт	1,5 дБ
2	8 Вт	1,5 дБ
3	5 Вт	1,5 дБ
4	2 Вт	1,5 дБ
5	0,8 Вт	1,5 дБ

Висновки

Була наведена структурна схеми та пояснення до етапів функціонування системи. Також у GSM використовується поділ каналів за часом і частоті. На кожного абонента виділяється маленька частотна смуга, на якій телефон спілкується з базовою станцією. При цьому «сеанси» обміну даними фіксовані за часом. З певним спрощенням скажімо, що сигнал переривається, але через високу частоти передачі даних абонент цього не помічає. У реальному житті переривання помітні хіба що по характерному звуку динаміків, коли поруч лежить телефон, на який дзвонять або приходить повідомлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко М. П. Системи стільникового зв'язку : Конспект лекцій / Бойко М. П. – Одеса : ОНАЗ, 2004. – 76с.
2. Карташевский Вячеслав Григорьевич. Сети подвижной связи / Карташевский В. Г., Семёнов С. Н, Фирстова Т. В. – М. : Эко-Трендз, 2001. – 299 с. – ISBN 5-88405-028-3.
3. Весоловский Кшиштоф. Системы подвижной радиосвязи / Весоловский Кшиштоф; [пер. с польск. И. Д. Рудинского; под ред. А. И. Ледовского]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 536с. – ISBN 5-93517-248-8.
4. Бабков В.Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование : учеб. пособие / В.Ю. Бабков, М.А. Вознюк, Михайлов. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007. – 224 с.

Ольга Іванівна Мельничук — студент групи ТКп-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp14b.melnychuk@gmail.com

Olga Ivanivna Melnychuk — student group ТКп-14b, Faculty of Informatics, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp14b.melnychuk@gmail.com

Шеремета Олександр Петрович — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ap.sheremeta@gmail.com.

Sheremeta Alexander Petrovich — Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: ap.sheremeta@gmail.com.

ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ METRO ETHERNET СИСТЕМ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто способи ущільнення інформаційних потоків у волоконно-оптичних системах передачі та функціональні характеристики волоконно-оптичних лінійних трактів для Metro Ethernet систем.

Ключові слова: ВОСП, Ethernet технології, DWDM.

Abstract

The paper considers methods of compressing information streams in fiber-optic transmission systems and functional characteristics of fiber-optic linear paths for Metro Ethernet systems.

Keywords: FOTS, Ethernet technology, DWDM.

Вступ

Швидкий розвиток технології Metro Ethernet набуває великої актуальності у зв'язку через широко-масштабне поширення міських мереж Ethernet, що обумовлено пропозицією все більшого набору сервісів (включаючи телефонію, телебачення, відео за запитом та мережеві ігри). Інтелектуальні Ethernet технології характеризуються потужною інфраструктурою надання послуг та максимальною гнучкістю мережевої архітектури.

Використання Metro Ethernet систем дозволяє забезпечити прозоре підключення користувачів, оптимізувати використання смуги пропускання, прискорити впровадження нових сервісів. Технологія Ethernet дозволяє зменшити експлуатаційні витрати. Витрати на надання нових Ethernet послуг відносно невеликі, оскільки технологія з легкістю адаптується в існуючу інфраструктуру передачі даних.

Технологія Ethernet у своєму стрімкому розвитку вже давно переступила рівень локальних мереж через використання гігабітних швидкостей. Широкий спектр економічно вигідних рішень дозволяє сміливо впроваджувати Ethernet на магістральних ВОЛТ.

Інфокомунікаційна мережа Metro Ethernet будується за трирівневою ієрархічною схемою, яка складається з ядра, рівня агрегації та рівня доступу. Основною метою використання багаторівневої архітектури при побудові Metro Ethernet мереж є забезпечення високої надійності, масштабування та продуктивності. Саме ці характеристики дозволяють вирішити задачі операторів телекомунікаційних послуг в межах міста [1].

Головною перевагою MetroEthernet є співвідношення ціни до якості. Сучасна технологія Metro Ethernet використовується операторами зв'язку при побудові NGN-мереж нового покоління, позбавляє від необхідності використання додаткового обладнання для отримання доступу в Інтернет, практично знімає обмеження по швидкості, дозволяє провайдеру швидко впроваджувати нові програми та додаткові сервіси для абонентів.

Метою роботи є дослідження технологій мультимплексування для Metro Ethernet систем передачі.

Основна частина

В даний час корпоративні клієнти прагнуть отримувати телекомунікаційні послуги у формі менш складних, менш фрагментованих та дешевших комунікаційних рішень. Індивідуальні споживачі зацікавлені в отриманні таких послуг, як: високошвидкісний доступ в Інтернет, відеотрансляції, відео за запитом (VoD) та телебачення по протоколу IP-TV, віддалена робота (teleworking) і дистанційне навчання, відеоконференції, он-лайн ігри, мобільні та стаціонарні послуги WiMax, 3G, 4G, 5G.

Організація нових видів послуг вимагає підвищених швидкостей з транспортування інформаційного трафіку в мережах Ethernet (від 100 Мбіт/с до 100 Гбіт/с).

В кожному регіоні і кожному місті потреби в широкосмуговому трафіку визначаються індивідуально і залежать від соціально-економічної ситуації, ступеню розвиненості інфраструктури мереж доступу, наявності провайдерів послуг і т.д. [2].

При складанні (агрегуванні) цифрових блоків в структури для забезпечення передавання у ВОЛЗ, наприклад, в SDH це STM-N, проводяться операції мультиплексування: в SDH синхронно; в PDH асинхронно (або плезіохронно); в Ethernet технології статистично пакетами змінної довжини.

Метод часового мультиплексування інформаційних потоків (TDM) є найбільш поширеним при передачі інформації у цифровій формі. Суть методу полягає в наступному: процес передачі поділяється на декілька часових циклів, кожен з яких у свою чергу поділяється на N субциклів, де N – кількість ущільнених потоків (або каналів). Кожен субцикл поділяється на часові позиції, тобто проміжки часу, протягом яких передається інформація з одного з мультиплексуемого потоку. Крім того, ряд часових інтервалів відводиться для ідентифікаційних синхроімпульсів, коригувальних вставок та цифрового потоку для службового зв'язку. Технологію часового ущільнення можна поділити на два типи: асинхронну (PDH, ATM) та синхронну (SDH). Сучасні технології побудови ВОСП базуються на використанні групових сигналів з швидкістю передавання від 10 Гбіт/с до 400 Гбіт/с [3].

Метод частотного мультиплексування (FDM) дозволяє кожний потік даних передавати по фізичних каналах з відповідною частотою підносійної $f_{\text{пн}}$. Підносійна частота кожного каналу обирається за умови: $f_{\text{пн}} \geq 10 f_{\text{вчп}}$, де $f_{\text{вчп}}$ – верхній частотний спектр інформаційних потоків. Частотний діапазон між підносійними $\Delta f_{\text{пнв}}$ вибирається за умови: $\Delta f_{\text{пн}} \geq f_{\text{вчп}}$.

Ущільнення інформаційних потоків у ВОСП за допомогою методу поляризаційного мультиплексування (PDM) базується на ущільненні оптичних носійних, що мають лінійну поляризацію. При цьому, продуктивне використання поляризаційного мультиплексування можливе лише за відсутності у ВОЛЗ значних неоднорідностей та вигинів ВОК. Також даний метод використовується у оптичних ізоляторах та в оптичних волоконних підсилювальних пристроях для накачування ербієвого волокна.

Багатохвильове мультиплексування оптичних носійних (WDM) широко використовується для подальшого підвищення пропускної здатності ВОСП на основі TDM та характеризується не тільки технологічними труднощами при електронному часовому ущільненні, а також обмеженнями через вплив хроматичної дисперсії оптичних імпульсів, що може виникнути оптичному волокну [2].

Функціональні характеристики ВОСП WDM регулюються рекомендаціями, в яких визначені довжини хвиль та оптичні частоти для кожного оптичного каналу. Судячи з цих рекомендацій для багато хвильових відведено робочий діапазон довжин хвиль у межах 1530 – 1565 нм. При цьому використовуються стандартні довжини хвиль, які упорядковані сіткою оптичних частот, для яких значення оптичних частот регламентуються у діапазонах 192,1 – 196,1 ТГц з між каналним інтервалом 100 ГГц та 1528,77-1560,61 нм з інтервалом 0,8 нм.

Висновки

Створення високошвидкісних ВОСП DWDM потребує розробки та використання різноманітних активних та пасивних квантових і оптичних елементів, пристроїв з високостабільними параметрами, а саме напівпровідникових лазерних діодів з вузькою спектральною шириною випромінювання (менше 0,05 нм) і стабільністю до $\pm 0,04$ нм, волоконно-оптичних підсилювачів з стабільним коефіцієнтом підсилення та незначною нерівномірністю коефіцієнта підсилення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Аналіз методів оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, М.Л. Мінов. - Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007, № 1. – С.169-175.
2. Бортник Г.Г. Спектральний метод оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.А. Челюєн - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010, № 2, С. 109-114.
3. Бортник Г.Г. Метод оцінювання детермінованих складових фазового дрижання у цифрових системах передавання/ Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.Г. Бортник. - Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012, № 3. – С.45-48.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Олійник Василь Валерійович — аспірант кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail wasya.termin@gmail.com

Vasylykivskyi Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Oliynuk Vasyil V. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: wasya.termin@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖИТЕРУ ТА ПОМИЛОК СИНХРОНІЗАЦІЇ В КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ ОКО-ДІАГРАМ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено дослідження характеристик в каналах зв'язку на основі око-діаграм, зокрема визначення джитеру та стійкості каналу до помилок синхронізації.

Ключові слова: джитер, канал, помилка, модуляція.

Abstract

In this work research on characteristics in communication channels based on eye diagrams, in particular the determination of the jitter and the stability of the channel to synchronization errors.

Keywords: jitter, channel, error, modulation.

Вступ

Для проведення дослідження впливу співвідношення сигнал/шум задаються сталими значення енергетичних характеристик каналу, зокрема, значенням потужності сигналу, помилок синхронізації цифрової модуляції, значення $PL=3$, та середнім значенням ефективної смуги пропускання $BT=0,3$.

Метою роботи є отримання результатів співвідношення сигнал/шум SNR на основі графічної побудови око-діаграм та відповідних фазових сузір'їв.

Результати дослідження

Для оцінки міри нестійкої синхронізації побудовано залежність діапазону різниць часів переходу через нуль (JT), також проведено графічний аналіз залежності чутливості до помилок синхронізації (ST) в залежності від значень SNR.

Результати побудови око-діаграми та фазового сузір'я для модуляції типу GMSK в каналі з AWGN, окремо для I та Q каналу при значенні SNR=10 дБ наведені на рис.1

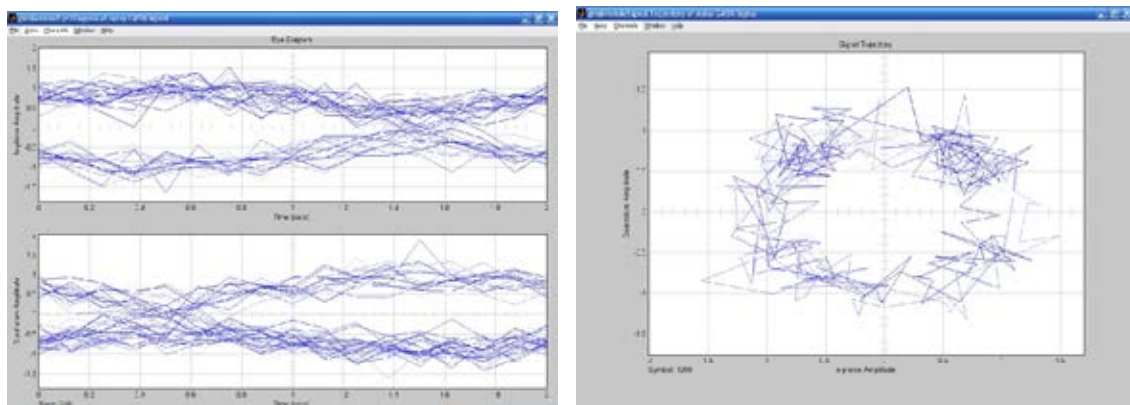


Рис.1. Око-діаграма та фазове сузір'я модуляції каналу з AWGN для I та Q каналу, отримане при SNR=10 дБ

Результати побудови око-діаграми та фазового сузір'я для модуляції типу GMSK в каналі з AWGN, окремо для I та Q каналу при значенні SNR=20 дБ наведені на рис.2

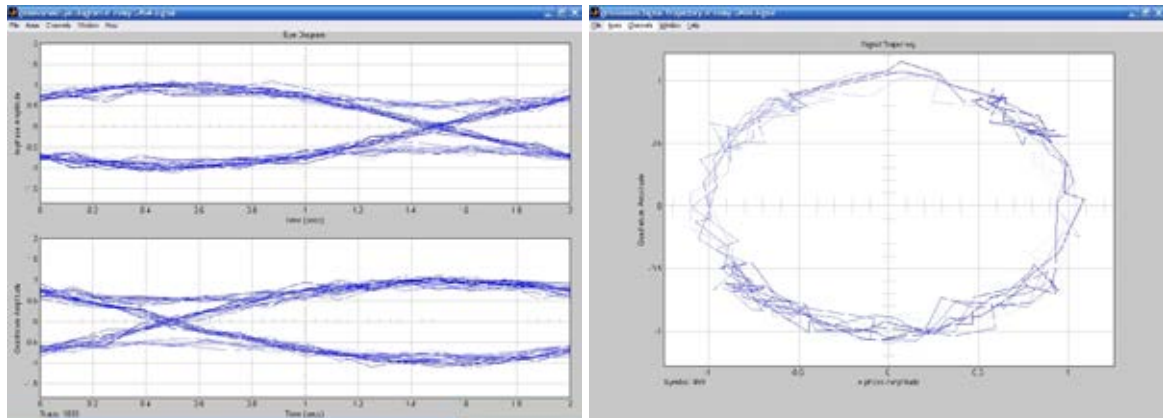


Рис.2. Око-діаграма та фазове сузір'я модуляції каналу з AWGN для I та Q каналу, отримане при SNR=20 дБ

В результаті моделювання та аналізу око -діаграм отримані статистичні дані для подальшого аналізу джитеру та помилок синхронізації в каналі. Для зручності графіки об'єднані на рис.3.

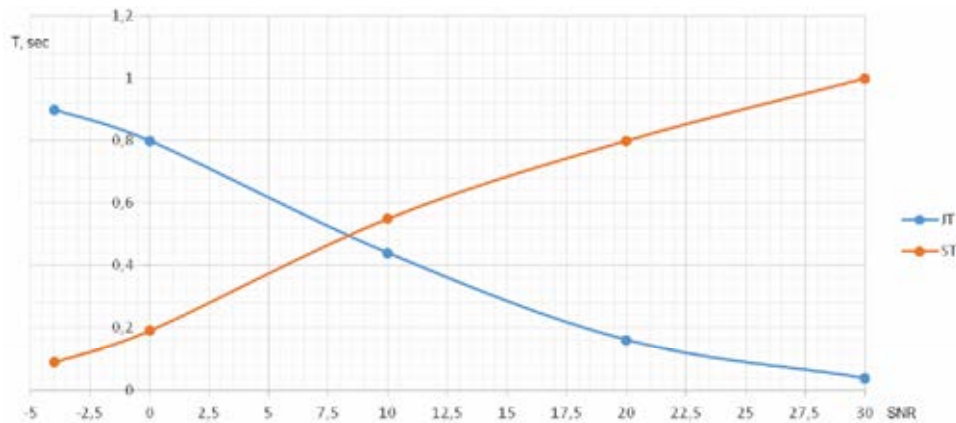


Рис. 3. Залежність різниці часу переходу через нуль та чутливості до помилок синхронізації від SNR

Висновки

Таким чином отримані дані для оцінки зміни в часі параметрів каналу зв'язку, джитеру та помилок синхронізації, а також графічно проаналізовано вплив зміни параметрів каналу на фазове сузір'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кичак В.М. Визначення бітових спотворень в каналах з прямою корекцією помилок. / В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково -технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2012. - №1. - с. 121 -124. – Режим доступу: http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/2012_1/61kuc.pdf (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.
2. Кичак В.М. Реалізація універсального цифрового демодулятора на основі швидкодіючих перетворювачів. / В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2012. - №2. - с. 152 -156. – Режим доступу: http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/2012_2/54kic.pdf (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.
3. Кичак В.М. Оцінка впливу кількісних характеристик зміни інформаційного параметру на завадостійкість каналів зв'язку з КАМн / В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов // Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». – 2012. - №4. - с. 59 -62. – Режим доступу: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2012_4/14kic.pdf (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

4. Белов В.С. Реалізація апаратного декодера мультимплексованих сигналів з ортогональним частотним поділенням. / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково -технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» – Хмельницький – 2012. - №3.- с. 129 -133. – Режим дост упу: http://journals.khnu.km.ua/vottp/pdf/2012_3/62bel.pdf (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

5. Белов В.С. Визначення фазових станів у багатопозиційних маніпуляціях з квадратурним представленням інформації / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково -технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» – Хмельницький – 2013 – №3 – с. 135-138. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2013_3_26 (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

6. Белов В.С. Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих / В.С. Белов, А.С. Белов // Східно -європейський журнал передових технологій: фізико - технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки – Харків – 2013 – том 6, № 12(66) (2013) – с. 11 -14. ISSN: 1729 -4061 – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/19681> (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

7. Белов В.С. Аналіз спек тру в діапазоні НВЧ на основі квадратурної обробки елементарних складових / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково -технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» – Хмельницький – 2014 – №1 – с. 83-87. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vott_2014_1_16 (дата звернення 12.03.2018 р.). – Назва з екрана.

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

НАПІВПРОВІДНИКОВІ ОПТИЧНІ ПІДСИЛЮВАЧІ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі проаналізовано напівпровідникові оптичні підсилювачі.

Ключові слова: НОП, оптичний підсилювач, ВОСП.

Abstract

In this paper, semiconductor optical amplifiers were analyzed in this paper.

Keywords: SOA, optical amplifier, FOTS.

Вступ

Високі технічні характеристики ОП в третьому вікні прозорості: це низька ціна із звичайними стандартами одномодовими оптичними волокнами, малий коефіцієнт шуму 3...5 дБм, слабка поляризаційна чутливість ± 5 дБ, великий динамічний діапазон вхідної потужності при малих нелінійних спотвореннях, велика вихідна потужність. Ця характеристики є одною з причин непопулярності напівпровідникових підсилювачів на ринку. Про те, новітні НОП можуть працювати у всіх вікнах прозорості, з однаковою ефективністю, що вказує на недооцінювання цієї технології. Тому розробка таких підсилювачів є досить актуальною в наш час. Цей клас підсилювачів з'явився раніше волоконно-оптичних підсилювачів, SOA – semiconductor optical amplifier, але досі продовжують удосконалюватись.

Метою роботи є дослідження характеристик напівпровідникових оптичних підсилювачів.

Основна частина

Принцип роботи НОП. При розгляді ВОП на основі активного волокна, було визначено, що через велику потужність мікрочастинок у твердих речовинах відбувається сильна взаємодія між молекулами і атомами. Відбувається розчеплення енергетичних рівнів на підрівні, збільшуючи зону рівнів. Найбільша взаємодія проявляється для зовнішніх орбіт атомів, навіть до перекриття енергетичних зон з'єднань атомів. Зовнішні рівні можуть бути заповненні електронами, частково або повністю вільні. Взаємний вплив атомів і ступінь заповнення зовнішніх зон електронами, визначає характер провідності електричного струму, тобто потік електронів в визначеному напрямку. Такий потік може виникати під дією зовнішнього електричного поля. Якщо в речовині наявні вільні енергетичні зони, і частково заповнені зовнішні зони, то електрони переходять на більш високі рівні напруги електричного поля, під дією зовнішнього електричного поля. Ця зона носить назву – зони провідності.

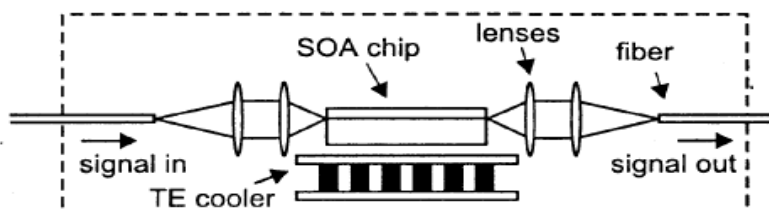


Рисунок 1 – Схема пристрою напівпровідникового підсилювача

Конструктивно, напівпровідникові оптичні підсилювачі, виконуються на основі активного середовища – напівпровідникового кристалу прямокутної форми. На вхідну і вихідну грані цього кристалу нанесені багатошарове покриття на робочій довжині хвилі. Одночасно, ці покриття усувають додатний оптичний зворотній зв'язок, без виникнення генерації. Для цього, вхідна і

вихідна грані кристалу з'єднанні з оптичним ізолятором. Узгодження напівпровідникових оптичних підсилювачів з волокном, виконується з допомогою напівсферичних лінз.

В таблиці 1 вказані основні технічні характеристики НОП.

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики НОП виробництва Corning

Внутрішній коефіцієнт підсилення GA, дБ	31
Втрати на відгалуження, дБ	3
Коефіцієнт підсилення, дБ	25
Поляризаційна чутливість, дБ	0.12
Струм накачування, мА	130
Смуга підсилювальних частот на рівні 3дБ GA, нм	38
Рівень вхідної потужності насичення, мВт	8
Нерівномірність частотної характеристики, дБ	± 0.5
Внутрішній коефіцієнт шуму, дБ	5.8

В інших конструкціях НОП, в якості узгоджувальної оптики, використовуються градієнтні лінзи. В новітніх НОП в якості оптичного середовища використовуються квантово-напружені структури, майже не чутливі до поляризації підсиленого оптичного випромінення. Ще одна перевага НОП над ВОП є відсутність оптичного мультиплексору.

Висновки

Аналіз даних характеристик НОП показують, що згідно своїх параметрів вони наблизились до аналогічних параметрів ВОП, майже не поступають їм і по коефіцієнту шуму, і вхідної потужності. Таким чином, в наш час НОП мають змогу потіснити ВОП, і використовуватись в WDM системах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. T. Aklyama, M. Ekawa, M. Sugawara, K. Kawaguchi, H. Sudo, H. Kuwatsuka, H. Ebe, A. Kuramata and Y. Arakawa, 'Quantum dots for semiconductor optical amplifiers', Proc. Optical Fiber Communication, OFC'05, Anaheim, California, USA, paper OWM2, 6–11 March 2005.
2. J.-M. Kang and S.-K. Han, 'A novel hybrid WDM/SCM-PON sharing wavelength for up- and down-link using reflective semiconductor optical amplifier', IEEE Photonics Technol. Lett., 18(3), pp. 502–504, 2006.

Шаталюк Владислав Олегович – аспірант, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vladshatalyuk94@gmail.com.

Vlad Shatalyuk – postgraduate, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladshatalyuk94@gmail.com

ПЕРЕВАГИ СТАНДАРТУ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕБАЧЕННЯ DVB-T2

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто основні переваги стандарту цифрового телебачення DVB-T2.

Ключові слова: DVB-T2, OFDM, MPEG-2.

Abstract

The paper considers the main advantages of DVB-T2 digital TV standard.

Keywords: DVB-T2, OFDM, MPEG-2.

Вступ

В сучасному інформаційному суспільстві цифрове телебачення відіграє важливу роль. Воно є кращим за аналогове телебачення, оскільки забезпечує кращу якість звуку і зображення, підвищення завадостійкості трактів передачі, зменшення потужностей передавачів та створення стандартів, що забезпечують телебачення високої чіткості. Серед них вагоме місце посідає стандарт цифрового телебачення DVB-T2. Стандарт DVB-T2 є покращеним і розширеним послідовником формату DVB-T. У DVB-T2 було закладено принципи обробки цифрового сигналу, реалізовані в DVB-T: скремблювання, перемежування, завадостійке кодування, тип модуляції, однак кожен вид обробки даних вдосконалений і доповнений [1]. Саме цей стандарт активно впроваджується в Україні.

Метою роботи є стандарту DVB-T2 на основі сучасної елементної бази з підвищеною швидкістю.

Основна частина

Структурна схема T2 представлена на рисунку 1. Системні входи можуть бути представленими одним або декількома транспортними потоками MPEG-2 та / або одним або декількома загальними потоками. Попередній процесор введення, що не є частиною системи T2, може включати розгалужувач послуг або демультиплексор для транспортних потоків для розділення служб на входи системи T2, які є одним або декількома логічними потоками даних. Потім вони передаються каналами фізичного рівня (PLP).

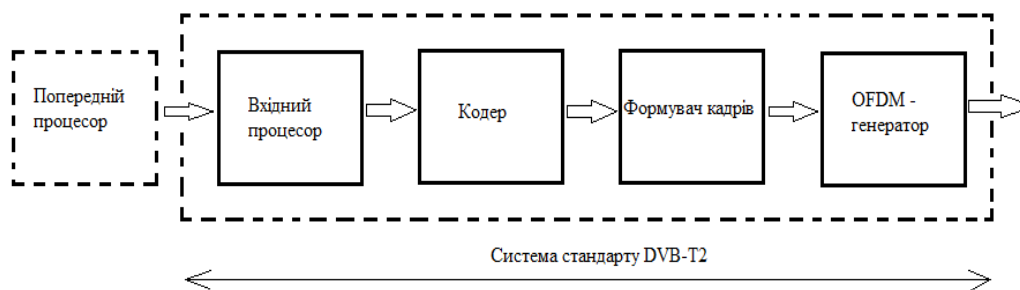


Рисунок 1 – Структурна схема стандарту DVB-T2

Вихід системи, як правило, являє собою єдиний сигнал, який буде передаватися на одному радіочастотному каналі. За бажанням, система може генерувати інший набір вихідних сигналів, які будуть передані на другий набір антен.

У стандарті DVB-T2 використовується технологія ортогонального частотного мультиплексування - OFDM. Її особливістю є те, що вхідний транспортний потік розділяється за допомогою мультиплексора на n цифрових підпотоків, кожен з яких модулює свою гармонійну підносійну за допомогою оберненого перетворення Фур'є. При цьому всі підносійні ортогональні один одному. Спектри сусідніх підносійних наполовину перекривають один одного, що дозволяє в два рази зменшити значення частотного розносу між підносійними, підвищити швидкість передачі цифрової інформації і збільшити ефективність використання спектра в системі передачі з OFDM, в порівнянні з традиційними багатоканальними системами передачі з частотним поділом сусідніх спектрів за допомогою смугових фільтрів [2].

Для виконання корекції помилок в DVB-T2 використовується кодування, яке використовується в супутниковому стандарті DVB-S2. Поєднання кодування з низькою співвідношенням перевірок на парність (LDPC) і кодування Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема (БЧХ) забезпечує більш стійкий сигнал і чудову якість прийому-передачі сигналу в будь-яких умовах.

Також в DVB-T2 є параметри (число несучих, тривалість захисного інтервалу і розміщення пілот-сигналів), що дозволяють знизити до мінімуму частку службової інформації для будь-якого заданого каналу передачі. Новий метод «повороту сигнального сузір'я» забезпечує істотну стійкість в поганих ефірних умовах. Для гарного забезпечення умов прийому сигналу реалізований механізм роздільного налаштування стійкості сигналу в межах каналу для кожної наданої служби. Цей же самий механізм дозволяє приймачу економити енергію центрального процесора обладнання за рахунок декодування тільки однієї програми, на відміну від стандарту DVB-T [3].

Висновки

Проаналізувавши стандарт DVB-T2, було визначено його основні переваги. Такими перевагами є: використання двох видів модуляції КАМ і OFDM; поєднання двох режимів кодування – кодування з низькою співвідношенням перевірок на парність (LDPC) і кодування Боуза-Чоудхурі-Хоквінгема (БЧХ) забезпечує більш стійкий сигнал і чудову якість прийому-передачі сигналу; наявність параметрів, таких як число несучих, тривалість захисного інтервалу і розміщення пілот-сигналів дозволяє знизити до мінімуму частку службової інформації для будь-якого заданого каналу передачі; метод «повороту сигнального сузір'я» - забезпечує істотну стійкість в поганих ефірних умовах завдяки тому, що сигнальне сузір'я повертається на певний кут і кожній точці сузір'я відповідає унікальна пара координат; наявність механізму роздільного налаштування стійкості сигналу в межах каналу для кожної наданої служби дозволяє приймачу економити енергію центрального процесора обладнання за рахунок декодування тільки однієї програми

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В. А. Балашов. Системы передачи ортогональными сигналами. - М.: Эко-трендз, 2012, 218 ст.
2. И. В. Омелянюк Цифровое эфирное телевидение К.: -2010, 148 с.
3. А. Серов. "DVB_T2_цифровое телевидение второго поколения"// Журнал Теле_Спутник - 2009, №7.

Городецька Оксана Степанівна – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Білик Олександр Борисович— аспірант кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail vdvssasha2@gmail.com

Horodetska Oksana S. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Bilyk Olexandr B. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vdvssasha2@gmail.com

Застосування халькогенідних сплавів системи $Ge_2Sb_2Te_5$ для побудови елементів цифрової пам'яті на основі фазових переходів

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Створення цифрової енергонезалежної пам'яті (PCM – Phase Change Memory), що працює на базі елементів із халькогенідного скла, яке використовує принцип зворотного фазового переходу «аморфний-кристалічний» стан, є пріоритетним у галузі мікротехнологій. В тонких нанорозмірних плівках ХСН за рахунок електричного імпульсу відбуваються локальні структурні трансформації.

Ключові слова: цифрова пам'ять, халькогенідний склоподібний напівпровідник (ХСН), хімічний склад.

Abstract

Creating digital-based non-volatile memory (PCM - Phase Change Memory), based on elements of chalcogenide glass, which uses the principle of reverse phase transition "amorphous-crystalline" state, is a priority in the field of microtechnology. In the thin nanoscale films of the CGS, due to the electric pulse, local structural transformations take place.

Keywords: digital memory, chalcogenide glassy semiconductor (CGS), chemical composition.

Вступ

На думку багатьох експертів традиційна flash-пам'ять на базі технологій CMOS може бути витіснена із ринку новими набагато швидшими і об'ємнішими носіями цифрової інформації, що не піддаються старінню, впливам електромагнітного і радіаційного випромінювання та не потребують регенерації час від часу. Саме такою і є пам'ять PCM.

Дослідження пам'яті PCM ведуть зразу декілька великих компаній, таких як Intel, IBM, Samsung, Philips, Elpida Memory, STMicroelectronics, Ovonyx. Більшість цих компаній мають можливість комерційного зростання після впровадження відносно нової технології енергонезалежної пам'яті. У 2012 році компанія Intel продемонструвала промисловий зразок пам'яті PCM об'ємом 4 Мб, який постачали, виключно для військових та аерокосмічних цілей. Пізніше в 2015 році ця ж фірма розробила самостійний модуль пам'яті розміром 128 Мб, який вже застосовувався в цифровій обчислювальній техніці для цивільних і побутових цілей. В 2017 році фірма Samsung продемонструвала зразок пам'яті розміром 1Гб, яка буде використовуватися в смартфонах даної фірми для запису операційної системи.

Концепція фазової пам'яті

Прогнози мають під собою твердий фундамент цілого ряду переваг фазової пам'яті над флеш-технологією. В першу чергу - це більш висока надійність PCM. Це пов'язано із тим, що основою флеш-технології є «плаваючий заслін», який і забезпечує енергонезалежність такої пам'яті за рахунок власної ізоляції з одного боку від керуючого заслону, а з іншої – від каналу «витік-стік». Роль ізолятора виконує оксид кремнію (SiO_2), що не є ідеальним ізолятором і тому відбувається відтік електронів. Для збереження заряду необхідно десь 10^3 електронів на «плаваючому» заслоні, а така низька концентрація легко досягається не пізніше за 10 років, тобто флеш-пам'ять необхідно хоч раз за цей термін «підзарядити». Це можна зробити простим підімкненням модуля пам'яті до пристрою читання/запису і за рахунок тунельного ефекту заслін отримає заряд. [1]

На відміну від вище описаного принципу фазова пам'ять зберігає інформацію не зарядом, а електричним опором тонкої плівки ХСН, який може змінюватися більш, ніж у 10^5 разів залежно від фазового стану. Причому зберігання інформації не вимагає ніяких додаткових заходів. Іншою суттєвою перевагою PCM є значно вища швидкість. Час зміни фази тонкої плівки аморфного напівпровідника складає $(5-20) \cdot 10^{-12}$ с при аморфно-кристалічному переході та $(20-80) \cdot 10^{-12}$ с при кристалічно-аморфному. Такий час фізичної роботи КП співрозмірний із часом читання/запису інформації, причому він незалежить від самого процесу та виду обробки даних. Це досягається принциповою відмінністю двох технологій: перед тим як записати інформацію у комірку флеш-пам'яті, її необхідно очистити, а

от для PCM це робити необов'язково, навіть, недоцільно. Отже, середній час роботи фазової пам'яті складає 50нс , в той час коли максимальна швидкість обробки КП флеш-пам'яті складає 150нс . [2]

Явище фазової пам'яті досить просте і полягає в наступному: якщо швидкість охолодження розплаву ХСН досить велика, то при деякій температурі в'язкість розплаву збільшиться настільки, що структура не зможе більше релаксувати відповідно до змін температури, і в цьому випадку спочатку утворюється переохолоджена рідина, а потім скло. Матеріал нагрівається електричним імпульсом і при досягненні температури склування (розм'якшення) аморфна матриця переходить у кристалічну фазу, тобто відбувається кристалізація. Якщо зовнішній імпульс струму буде досить потужний і одночасно короткий, то матеріал розплавляється після чого охолоджується зі швидкістю, достатньою для його аморфізації. На рисунку 1 представлені конструкції сучасних КП PCM, які ілюструють дану концепцію. [3,4]

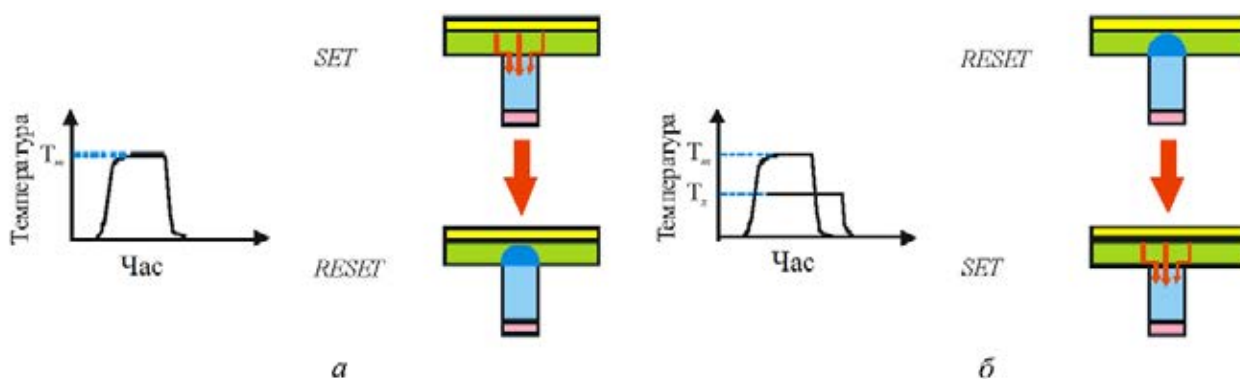


Рисунок 1 – Процес перемикання фазового стану КП PCM, де а – перехід із кристалічної фази (SET) в аморфну (RESET); б – перехід із аморфної фази (RESET) в кристалічну (SET).

Як впливає з даних рисунків, процес роботи енергонезалежної КП PCM у буде проходити наступним чином: високоомний аморфний напівпровідник (RESET стан) при досягненні порогової напруги перемикання переходить в низькоомний аморфний стан, а потім під дією наданої теплової енергії через прикладений електричний імпульс здійснюється перехід в кристалічний стан (SET стан). Різниця між значеннями провідності цих станів в робочому вікні складає від трьох – чотирьох до п'яти-семи порядків, що дозволяє говорити про два стабільних стійких стани системи GST225. Щоб перевести систему назад в стан RESET, необхідно прикласти електричний імпульс, щоб розплавити нанорозмірний кристалічний об'єм плівки ХСН у КП PCM, потім його охолодити без кристалізації, тобто охолодження має проходити повільніше, ніж при процесі кристалізації. Цей ефект досягається, якщо задній фронт імпульсу достатньо крутий. Зчитування інформації здійснюється електричним імпульсом, параметри якого такі, що не викликають в матеріалі фазових змін.

Висновки

В даний час серед найбільш перспективних матеріалів для PCM комірок можна виділити наступні групи халькогенідних сплавів: 1) GST композиції (GST124, GST147, GST225), в яких кристалізація визначається механізмом зародкоутворення в нанооб'ємі комірки пам'яті; 2) композиції Sb-Te, леговані різними металами, насамперед Ag і In: $\text{In}_x(\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30})_{1-x}$, $\text{Ag}_x\text{In}_y(\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30})_{1-x-y}$, $\text{Ge}_x(\text{Sb}_{70}\text{Te}_{30})_{1-x} + \text{Sb}$; в даних сплавах кристалізація визначається рухом в обсязі кордону кристалізації; 3) композиції на основі $\text{Sb}_x\text{Se}_{1-x}$, In_2Se_3 ; по параметрам кристалізації дані з'єднання поступаються матеріалам з перших двох груп.

З даного опису впливає очевидний, на перший погляд, висновок про те, що будь матеріал, в принципі, можна застосувати для пристроїв фазової пам'яті. Але насправді дуже обмежене число матеріалів може бути використано для цих цілей. Насамперед, найбільш критичні такі параметри матеріалу, як швидкість фазового переходу і його стабільність. Потрібно відзначити, що, незважаючи на те, що механізм явища у нанометровому масштабі до кінця не з'ясований, це не заважає успішному комерційному використанню явища фазової пам'яті в перезаписуваних DVD дисках та цифровій електронній пам'яті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Paesler M.A., Baker D.A., Lucovsky G., Taylor P.C., Washington J.S. Bond constraint theory and EXAFS studies of local bonding structures of Ge₂Sb₂Te₄, Ge₂Sb₂Te₅ and Ge₂Sb₂Te₇. //J. Optoelectronics and Advanced Materials. 2007. V.9, No.10. P.2996-3001.
2. Kolobov A.V., Fons P., Tominaga J., Uruga T., Haines J. Nanometer-scale mechanism of phase – change in Ge-Sb-Te alloys probed by XAFS. EPCOS. 2005.
3. Слободян І.В. Пристрій для читання –запису інформації енергонезалежної комірки пам'яті на базі халькогенідного склоподібного напівпровідника / Іван.Слободян // Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». Хмельницький, 2015, №4, с. 153-157.
4. Слободян І.В. Пристрій для запису/читання інформації халькогенідного елемента цифрової пам'яті / Іван Слободян // Матеріали п'ятнадцятої міжнародної конференції «Проблеми інформатики та моделювання «ПІМ-2015», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». С.14.

Іван Володимирович Слободян – асистент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, e-mail: slobodyan.i.v@vntu.edu.ua.

Сергій Юрійович Боржемський — студент групи ТКТ-156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: sergiibor@gmail.com;

Ivan Slobodyan – Assistant of Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, e-mail: slobodyan.i.v@vntu.edu.ua.

Sergiy Borzhiemskiy – Department of Infocommunications, Radio electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sergiibor@gmail.com.

ПОМНОЖУВАЧ ІНДУКТИВНОСТІ НА ПОЛЬОВОМУ ТРАНЗИСТОРІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі запропоновано реалізацію помножувача індуктивності на польовому транзисторі. Наведено результати комп'ютерного моделювання характеристик помножувача індуктивності.

Ключові слова: помножувач індуктивності, польовий транзистор.

Abstract

In the article the realization of inductance multiplier on a field-effect transistor is represented. The computer design results of characteristics of this inductance multiplier are shown.

Keywords: inductance multiplier, field-effect transistor.

Вступ

При реалізації електронних пристроїв в мікроелектронному виконанні при зменшенні розмірів індуктивних елементів до розмірів, співвимірних із розмірами інших елементів інтегральних схем, знижується їх добротність. Інтегральні індуктивні елементи виготовляються у вигляді гіраторів або плівкових індуктивностей. Гіраторні індуктивності мають обмежений частотний діапазон, високе споживання енергії та використовують велику кількість транзисторів, що знижує їх стабільність. Значення індуктивності і добротності плівкових котушок індуктивності залежать від їх геометричних розмірів, що обмежує можливість мініатюризації пристроїв. Ще одним шляхом реалізації індуктивних елементів є використання конверторів імітансу, які збільшують значення перетворюваної індуктивності та мають високу добротність, - помножувачів індуктивності [1].

Основна частина

Помножувач індуктивності - активний чотириполюсник, величина індуктивності між однією з пар клем якого пропорційно залежить від величини індуктивності, підключеної до іншої пари клем (рис.1) [1].

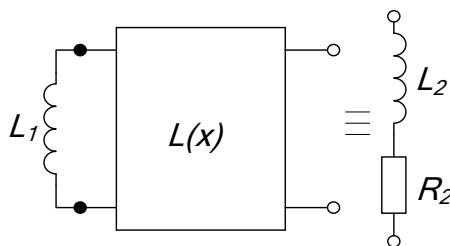


Рисунок 1 – Структурна схема помножувача індуктивності:

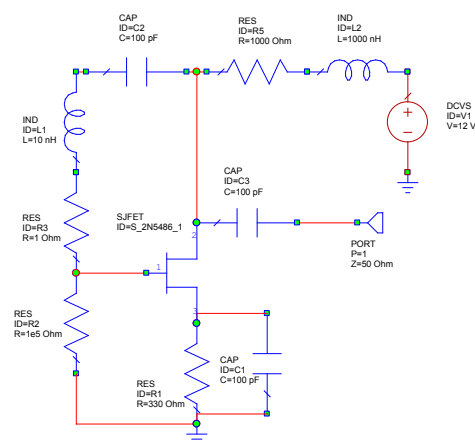
Основними параметрами такого помножувача індуктивності є [2]:

1. Коефіцієнт помноження індуктивності $K_L = \frac{L_2}{L_1}$, де L_1 - величина помножуваної індуктивності, L_2 - величина помноженої індуктивності.
2. Мінімальна частота помноження індуктивності f_{ymin} , где $K_L(f_{ymin}) = 1$.
3. Максимальна частота помноження індуктивності f_{ymax} , где $K_L(f_{ymax}) = 1$.
4. Абсолютна смуга помноження індуктивності $\Delta f_y = f_{ymax} - f_{ymin}$.

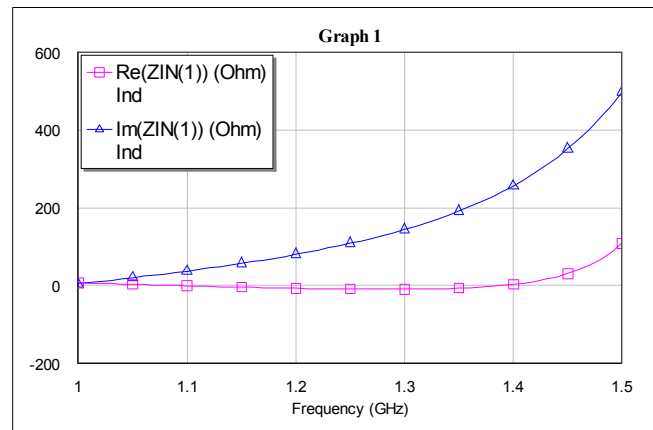
5. Відносна смуга помноження індуктивності $\frac{\Delta f_y}{\Delta f_{yep}}$.
6. Коефіцієнт помноження добротності $K_Q = \frac{Q_2}{Q_1}$, де Q_1 - добротність помножуваної котушки індуктивності, Q_2 - добротність реалізованої котушки індуктивності [3].
7. Крутизна перестроювання $S_{L_1}^{L_2} = \frac{L_1}{L_2} \cdot \frac{\partial L_2}{\partial L_1}$.
8. Температурний коефіцієнт помноження індуктивності $TKП = \frac{\Delta K_L}{K_L \cdot \Delta T}$, де ΔK_L - зміна коефіцієнта помноження індуктивності при зміні температури на ΔT °С.
9. Оптимальне значення помножуваної індуктивності L_{opt} , яке знаходиться як максимум залежності K_L від L_1 .

Схема помножувача індуктивності на польовому транзисторі з керуючим р-п-переходом 2N5486, яка використовувалась для комп'ютерного моделювання, подана на рис.2а [3]. Моделювання проводилися в програмі Microwave Office 10. В схемі значення перетворюваної індуктивності складає 10 нГн. Дослідження проводилося в діапазоні частот 1-1,5 ГГц.

Отримано залежності активного та реактивного опорів схеми, які подано на рис. 2б. З графіків видно, що вихідний опір досліджуваного помножувача індуктивності має виражений індуктивний характер і зростає на всьому частотному діапазоні.



а)

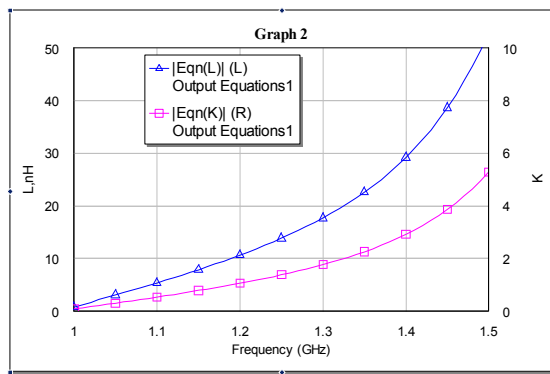


б)

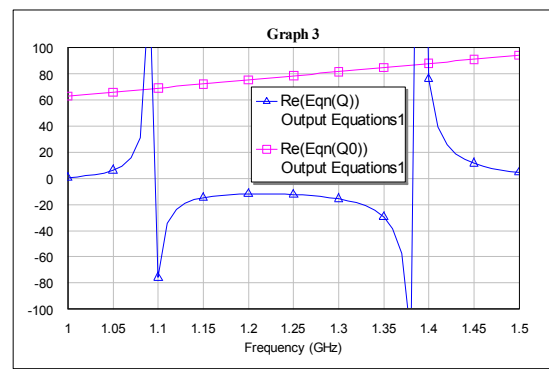
Рисунок 2 – Схема помножувача індуктивності на польовому транзисторі для комп'ютерного моделювання (а); частотні залежності активного та реактивного опорів на виході схеми (б)

Також отримано залежності індуктивності на виході схеми та коефіцієнта помноження індуктивності K_L (рис. 3а). З графіків видно, що коефіцієнт помноження індуктивності K_L зростає із збільшенням частоти та досягає значення $K_L = 5,2$ на частоті 1,5 ГГц.

На рис. 3б подано частотні залежності добротності помножувача індуктивності. З наведених графіків видно, що дана схема збільшує коефіцієнт добротності в певному діапазоні частот.



а)



б)

Рисунок 3 – Частотні залежності індуктивності на виході схеми і коефіцієнта помноження індуктивності – а), добротності помножувача індуктивності – б)

Висновки

Отже, проведені дослідження помножувача індуктивності показали, що використання конвертора імпедансу на польовому транзисторі дозволяє отримати помноження індуктивності до 5 разів, при цьому добротність перетвореної індуктивності складає понад 100 в певному діапазоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Филинюк Н. А., Куземко А. М., Булига И. В. Полупроводниковый умножитель индуктивности // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – Т. 1(93), № 3. – С. 150-152.
2. Ліщинська Л.Б., Булига І.В., Войцеховська О.В. Оптимізація параметрів помножувача індуктивності // Вісник ВПІ. – 2008. – № 2. – С. 81-87.
3. Лищинская Л.Б., Войцеховская Е.В., Лазарев А.А., Филинюк Н.А. Анализ коэффициента добротности умножителя индуктивности // Труды пятой междунаро. научно-технич. конф. «Актуальные проблемы физики», 25-27 июня 2008. - Том 1. – Баку. - С. 139-142.

Войцеховська Олена Валеріївна – к.т.н., доцент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vojcehovska.o.v@vntu.edu.ua.

Олександр Олександрович Лазарєв – к.т.н., доцент кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: Alexandr.Lazarev.VNTU@gmail.com.

Voytsekhovska Olena V. – Ph.D., associate professor, Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vojcehovska.o.v@vntu.edu.ua.

Lazarev Oleksandr O. – Ph.D., associate Professor, Department of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Alexandr.Lazarev.VNTU@gmail.com.

ТЕХНОЛОГІЇ ПІДСИЛЕННЯ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ У БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВОСП

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто способи побудови оптичних підсилювачів у волоконно-оптичних системах передачі та функціональні характеристики ербієвих ОП.

Ключові слова: ВОСП, оптичні підсилювачі, EDFA.

Abstract

In the paper, methods for constructing amplifiers in fiber-optic transmission systems and functional characteristics of erbium OA.

Keywords: FOTS, optical amplifier, EDFA.

Вступ

У когерентних ВОЛТ оптичні підсилювачі забезпечують необхідні рівні потужності оптичних сигналів в широкому діапазоні робочих частот та спектральних каналів. Оптичні підсилювачі відрізняються конструкціями, принципом дії та характеристиками передачі сигналів.

Раманівські підсилювачі можуть використовуватися у широкому діапазоні довжин хвиль від 1420 нм до 1620 нм. При цьому, через особливості реалізації процесу підсилення потужності оптичних сигналів всі інші типи ОП можуть використовуватися тільки в обмежених частотах [1]. Це зумовлено основними функціональними характеристиками оптичних підсилювачів: смугою або діапазоном робочих частот (хвиль); коефіцієнтом підсилення та його рівномірністю; власними шумами підсилювача; поляризаційною чутливістю; нелінійними спотвореннями або перевантаженням; показниками енергоефективності; масогабаритними параметрами; температурною стійкістю і т. д.

Отже, головною перевагою раманівських оптичних підсилювачів є широка смуга підсилення, яка забезпечує більшу кількість робочих каналів та, в результаті, підвищену сумарну швидкість передачі інформаційних сигналів у ВОЛТ.

Поєднання різних типів підсилювачів, а саме: розподілених раманівських (DRA), зосереджених домішкових та раманівських забезпечує необхідні співвідношення OSNR на всіх ділянках довгих ВОЛТ, на яких скоригований вплив нелінійних ефектів у ОБ та шумів спонтанної емісії оптичних підсилювачів [2].

Метою роботи є дослідження технологій підсилення потужності оптичних сигналів у когерентних високошвидкісних ВОЛТ.

Основна частина

Волоконно-оптичні підсилювачі (ВОП) з домішками рідкоземельних компонентів (Er, Tm, Te) набули великого поширення у ВОСП через їхні незаперечні переваги, зокрема: простоту конструкції; високу надійність; значні коефіцієнти підсилення; низькі власні шуми; широку смугу підсилення; нечутливість до поляризації оптичних сигналів і т. д.

Накачування іонів ербію в цих ОП може здійснюватися на довжинах хвиль 1480 нм, 980 нм, 800 нм, 670 нм та 521 нм. В основному використовуються довжини хвиль 1480 нм та 980 нм, що зумовлено рядом причин, а саме: характерною ефективністю напівпровідникових лазерних діодів підвищеної потужності; зменшеним коефіцієнтом затухання оптичного волокна на вказаних довжинах хвиль; зменшеними вимогами до точності налаштування на задані довжини хвиль накачування. Зокрема, на довжині хвилі 980 нм спостерігаються найменші шуми підсилення, а на довжині хвилі 1480 нм відсутні жорсткі вимоги до точності налаштування. Оптичний підсилювач з накачуванням на довжині

хвилі 1480 нм називають дворівневим, а підсилювач з накачуванням на довжині хвилі 980 нм - трирівневим [3].

Використання лазерів накачування на різних хвилях (980 нм та 1480 нм) зумовлює різні умови підсилення відносно ASE, коефіцієнта підсилення та схем накачування. Лазерні діоди з хвилю накачування 980 нм характеризуються найменшим власним шумом підсилення, а на хвилі 1480 нм дозволяють отримати підвищений коефіцієнт підсилення при більшому значенні шуму ASE. Виходячи з цих фактів можна класифікувати особливості використання цих ОП: в попередніх підсилювачах на вході оптичних приймачів ВОСП з великою кількістю спектральних каналів доцільно використовувати накачування на хвилі 980 нм; для отримання максимального коефіцієнту підсилення та забезпечення максимальної вхідної потужності у ВОЛЗ необхідно використовувати накачування ОП на хвилі 1480 нм.

Коефіцієнт шуму ОП EDFA можна визначити за співвідношенням:

$$NF = \frac{2P_{ASE}}{hf\Delta f(G_A - 1)}, \quad (1)$$

де P_{ASE} - потужність підсиленої спонтанної емісії, h - постійна Планка, f - частота оптичного сигналу, Δf - смуга підсилення, G_A - коефіцієнт підсилення. Зазвичай $3 \text{ дБ} < NF < 6 \text{ дБ}$, а при каскадному включенні n підсилювачів здійснюється накопичення їх власних шумів:

$$NF_n = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \dots + \frac{NF_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}, \quad (2)$$

При цьому, шуми визначаються в основному першим каскадом (NF_1)

Частотні характеристики ербієвого підсилювача відрізняються нерівномірністю через відмінності по OSNR оптичних каналів на різних робочих довжинах хвиль. Для коригування нерівномірності характеристики коефіцієнту підсилення такі компоненти як фтор, цирконій та оптичні керовані еквалайзери (GEF) з протилежними до характеристик підсилення параметрами передачі, які забезпечують вирівнювання характеристики підсилення в широкій смузі робочих частот (в діапазоні довжин хвиль до 40 нм) [2].

Висновки

За допомогою паралельного включення домішкових підсилювачів з оптичним еквалайзером GEF та п'ятьма каскадами накачування в кожній з двох підсилювальних ланок можна зменшити шумові складові і розширити смугу рівномірного підсилення до 84 нм.

Найбільшого поширення отримали три схеми накачування домішкового волокна оптичного підсилювача: узгоджена або пряма; зустрічна або протиспрямована по відношенню до напрямку поширення інформаційного сигналу; двонаправленна на основі двох джерел накачування потужності оптичних сигналів.

Пряме накачування на довжині хвилі 980 нм характеризується низьким рівнем шуму при низькій потужності вхідного сигналу та підвищеному коефіцієнту підсилення. Зустрічне накачування на довжині хвилі 1480 нм швидше призводить до режиму насичення волокна та простіше досягається режим максимальної вихідної потужності. Використання двох лазерів накачування з різними довжинами хвиль (узгоджено 980 нм, зустрічно 1480 нм) дозволяє забезпечити мінімальні власні шуми підсилювача при максимальному коефіцієнту підсилення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Аналіз методів оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, М.Л. Мінов. - Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007, № 1. – С.169-175.
2. Бортник Г.Г. Спектральний метод оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.А. Челюан - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010, № 2, С. 109-114.
3. Бортник Г.Г. Метод оцінювання детермінованих складових фазового дрижання у цифрових системах передавання/ Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.Г. Бортник. - Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012, № 3. – С.45-48.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Стальченко Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: phantomm@i.ua.

Vasylkivskyi Mikola V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Stalchenko Oleksandr V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: phantomm@i.ua.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДСИЛЕННЯ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ У ВОЛТ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто ефективні технології побудови комбінованих оптичних підсилювачів у волоконно-оптичних системах передачі та переваги EDRA ОП.

Ключові слова: OSNR, ВОСП, EDRA.

Abstract

in work effective technologies of construction of the combined optical amplifiers in fiber-optical systems of transfer and advantage of OA are considered.

Keywords: OSNR, FOS, EDRA.

Вступ

Можливості по організації довгих ВОЛТ з високошвидкісними оптичними каналами передачі також досить ефективно можуть вирішуватися з DRA при регулярному розміщенні накачування [1].

Обмежуючим фактором довжини ВОЛТ на основі DRA є накопичення шумів підсилення. Дослідження показують, що зустрічна та узгоджена схеми накачування DRA зумовлюють різні значення шуму ASE, тобто найгірші шумові властивості демонструють підсилювачі з зустрічним накачуванням [1].

Метою роботи є дослідження комбінованих технологій підсилення оптичних сигналів у високошвидкісних ВОЛТ.

Основна частина

Підсилення на основі вимушеного комбінаційного розсіювання (ВКР) залежить від потужності накачування P_n , поділеній на площу модової плями A , довжини взаємодії L хвилі накачування з носійною хвилею та коефіцієнта підсилення g можна оцінити за формулою [2]:

$$G_R \approx \exp\left(\frac{gP_nL}{A}\right). \quad (1)$$

При цьому, в ОБ з низькими втратами довжина взаємодії може скласти більше 1 км, що знижує вимоги по потужності накачування та коефіцієнту підсилення.

Коефіцієнт шуму раманівського підсилювача можна визначити за виразом:

$$NF_R = \frac{2}{\ln G_R}, \quad (2)$$

Отже, при збільшенні коефіцієнта підсилення зменшується значення власного шуму підсилювача, однак це відбувається при збільшенні потужності накачування, що, в свою чергу, може спричинити збільшення стоксового шумового випромінювання [2].

В залежності від складу домішок в ОБ та потужності накачування, реальні значення коефіцієнтів підсилення раманівських підсилювачів можуть становити від 3 ... 5 дБ до 20 ... 35 дБ [3].

Для розширення смуги робочих частот та підвищення рівномірності характеристики підсилення використовуються комбіновані схеми побудови ОП: ербієвий + раманівський; раманівський з двостроннім накачуванням на декількох частотах.

Результатом використання декількох лазерів накачування за рахунок використання мультиплексорів в одному місці або в каскадному з'єднанні для подачі накачування по окремих ділянках можна отримати підвищену рівномірність характеристик підсилення (відхилення не більше 0,1 дБ) в широкому діапазоні довжин хвиль, що необхідно для ВОСП на основі DWDM технології. Крім того, підбором потужності накачування, довжин хвиль накачування і схеми включення можливе формування характеристик підсилення з різним нахилом, що необхідно для вирівнювання рівнів потужності спек-

тральних каналів на різних хвилях на приймальній стороні і виконання вимог по OSNR. Зустрічна схема накачування, в основному, використовується у схемах попередніх підсилювачів.

Висновки

В когерентних ВОСП зі спектральними каналами 112 Гбіт/с ефективно використовуються комбіновані оптичні підсилювачі на основі підсилювачів Рамана та EDFA, які отримали назву EDRA.

Ефективність цих ОП полягає в наступному: менші власні шуми на 6 дБ, ніж у існуючих EDFA підсилювачів з аналогічним коефіцієнтом підсилення; розширеним динамічним діапазоном підсилення; підтримці в смузі С до 96 спектральних каналів, а в двох діапазонах С і L до 192 спектральних каналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Аналіз методів оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, М.Л. Мінов.- Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.–2007, № 1.– С.169-175.
2. Бортник Г.Г. Спектральний метод оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.А. Челоян - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010, № 2, С. 109-114.
3. Бортник Г.Г. Метод оцінювання детермінованих складових фазового дрижання у цифрових системах передавання/ Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.Г. Бортник.- Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.– 2012, № 3.– С.45-48.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasytkivskyi@gmail.com.

Стальченко Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: phantomm@i.ua.

Vasytkivskyi Mikola V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasytkivskyi@gmail.com

Stalchenko Oleksandr V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: phantomm@i.ua.

КОРИГУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК DWDM СИСТЕМ

¹ Вінницький національний технічний університет;**Анотація**

У роботі виконано класифікацію технологій побудови ділянок оптичного підсилення у ВОЛТ. За результатами порівняльного аналізу обрано оптимальний варіант технології підсилення потужності оптичних сигналів у DWDM системах.

Ключові слова: BOA, DWDM, SOA, OSNR.

Abstract

The robot classifies the technologies for constructing optical gain regions in FOLC. Based on the results of the comparative analysis, the optimal variant of the technology for amplifying the power of optical signals in DWDM systems.

Keywords: BOA, DWDM, SOA, OSNR.

Вступ

Всі відомі оптичні підсилювачі для систем передачі (напівпровідникові, волоконні домішкові, раманівські на основі нелінійного ефекту у ОБ) придатні для підсилення потужності оптичних сигналів на вході детектора в кожному оптичному каналі та для підвищення потужності багатоканального оптичного сигналу в проміжних і кінцевих пристроях передачі та прийому систем передачі. Підсилювачі розрізняються за своїми характеристиками (діапазоном підсилення, смугою частот підсилення, чутливістю підсилення до поляризації хвилі, що вносяться шумами, способами накачування, що вносяться дисперсійними і нелінійними спотвореннями і т.д.).

Ефективне використання комбінованих схем кінцевих та проміжних підсилювачів у магістральних ВОЛТ дає вигоду в підсиленні і по співвідношенню сигнал/шум (OSNR) в кілька разів. Наприклад, за рахунок зустрічного раманівського накачування, яке забезпечує ефект підсилення і тим компенсує втрату оптичної потужності рівномірно на довгій ділянці волоконної лінії.

Метою роботи є класифікація та вибір оптимальної технології підсилення оптичних сигналів у ВОСП на основі DWDM технології.

Основна частина

В когерентних оптичних системах також використовуються напівпровідникові оптичні підсилювачі у вигляді підсилювачів потужності (BOA) та універсальних підсилювачів (SOA). В підсилювачах типу BOA, на відміну від SOA, застосовується високоефективний канал підсилення на основі InP / InGaAsP Multiple Quantum Well (MQW), який дозволяє значно знизити рівень власного шуму.

До складу BOA/SOA можуть входити оптичні ізолятори, узгоджені з входом та виходом підсилювача. В складі систем передачі ОП типу BOA можуть бути використані в якості: вихідних підсилювачів джерел оптичних сигналів в передавачах; компенсаторів втрат оптичної потужності в пасивних пристроях таких, як мультиплексори і демультиплексори, оптичні фільтри.

Типові застосування SOA в складі систем передачі: лінійний підсилювач в якості регенератора типу 1R; переднього підсилювача перед фотодетектором.

Загальна смуга підсилення НПОП може досягати від 40 нм до 85 нм і більше. При проектуванні високошвидкісних ВОСП з когерентними оптичними каналами необхідно вибирати оптичні підсилювачі з найменшими значеннями коефіцієнта шуму NF.

Накопичення власних шумів оптичних підсилювачів в разі їх каскадного включення оцінюється через співвідношення сигнал/шум OSNR, нормоване щодо коефіцієнта помилок BER (bit error ratio) цифрової передачі в оптичному каналі (згідно рек. G.680 ITU-T):

$$OSNR = P_{out} - L - NF - 10 \lg(N) - 10 \lg(h \cdot f \cdot \Delta f), \quad (1)$$

де P_{out} - вихідний рівень потужності ОП для одного каналу (дБм), L - втрати на ділянці оптичного підсилення (дБ), які дорівнюють G_{TE} - підсилення оптичного підсилювача (дБ), NF - коефіцієнт

шуму оптичного підсилювача (дБ), h - постійна Планка (в мДж $\times$ с, узгоджена з P_{out} в дБм, тобто добуток постійної Планка і частота f і Δf , щодо 1 мВт), f - оптична частота (Гц), Δf - ширина смуги пропускання в оптичному каналі в Гц, N - загальна кількість лінійних оптичних підсилювачів. Для забезпечення необхідного рівня потужності та врахування дисперсійних спотворень до складу моделі лінійного оптичного підсилювача можуть входити різні компоненти.

Ці накопичення обмежують можливості по організації довгих ВОЛТ з широкою смугою частот передачі Δf . Вони повинні розраховуватися при виконанні проектних досліджень і враховуватися при виборі обладнання кінцевих та проміжних станцій систем передачі за коефіцієнтом NF. Протяжність ділянки L (в дБ) визначається мінімальним значенням чутливості приймача P (дБм) при заданому коефіцієнті помилок, тобто $P_{in} < P_{out} - L$). У свою чергу, значення P_{out} , визначається кількістю спектральних каналів n та допустимим значенням потужності групового оптичного сигналу P_{max} , що не призводить до паразитних нелінійних оптичних ефектів у ОВ:

$$P_{out} = P_{max} - 10 \lg n. \quad (2)$$

Узагальнену оцінку оптичних каналів по співвідношенню OSNR на основі послідовного каскаду оптичних пристроїв (підсилювачів, мультиплексорів виділення/введення, комутаторів та ін.), які називають оптичними мережевими елементами (ONE), можна виконати через співвідношення (згідно рек. ITU-T):

$$OSNR_{out} = -10 \lg \left(10^{-0.1(OSNR_{in})} + 10^{-0.1(P_{in} - NF - 10 \lg(hf - \Delta f))} + 10^{-0.1(P_{in} - NF - 10 \lg(hf - \Delta f))} + 10^{-0.1(P_{in} - NF - 10 \lg(hf - \Delta f))} \right)$$

де $OSNR_{out}$ відношення оптичний сигнал/шум на виході ONE; $OSNR_{in}$ відношення оптичний сигнал/шум на вході ONE; P_{in} рівень потужності сигналу оптичного каналу на вході ONE; NF коефіцієнт шуму ONE; h постійна Планка, узгоджена з рівнем потужності (мДж $\times$ с); f центральна частота оптичного каналу (Гц); Δf смуга частот оптичного каналу (Гц). Нормоване значення $OSNR$ в сучасних ВОСП визначається також форматом подання сигналу в оптичному каналі [1].

При узагальненій оцінці OSNR для оптичних суперканалів необхідно здійснювати корективи, з урахуванням широкої та змінної оптичної смуги з декількома подносійними, та шумів нелінійного походження у ВОЛЗ.

Отримати перевагу за величиною $OSNR$ при нарощуванні швидкості передачі в обмеженій смузі частот (зазвичай 50 ГГц) оптичного каналу з одним джерелом носійної і швидкості від 112 Гбіт / с до 224 Гбіт / с і далі до 450 Гбіт / с можна за допомогою модуляції з ґратчастим кодуванням (TCM) [2]. За рахунок надлишкового кодування може бути досягнутий виграш по $OSNR$ 6 дБ на стороні прийому.

Всі розглянуті позиції щодо нарощування швидкості передачі інформаційних сигналів в системах передачі обмежуються реальними фізичними межами за співвідношенням сигнал/шум, нелінійними ефектами в волокнах, дистанцією передачі і т. д.

Для виключення нарощування волоконної ємності оптичного кабелю використовують принципово нові типи волокон, зокрема, як з одного SCF (single core fiber) так і з безліччю осердь (MCF) [3]. Зовнішні габарити цих волокон практично збігаються з геометричними розмірами стандартних волокон та мають характеристики передачі близькі до стандартних волокон, що дозволяє використовувати їх у стандартних кабельних конструкціях (від 4 до волокон 48 і більше).

Висновки

Перехід до багаторівневих форматів передачі інформаційних даних (понад 4 амплітудно-фазових позицій), суперканалів на основі OFDM, з поляризаційним РМ та модовим мультиплексуванням дозволяє отримати швидкості передачі на хвилі одного оптичного каналу або суперканалу з кількома підносійними хвилями до 1Тбіт/с і більше.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Аналіз методів оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, М.І. Мінов. - Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2007, № 1. - С.169-175.
2. Бортник Г.Г. Спектральний метод оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.А. Челюян - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010, № 2, С. 109-114.
3. Бортник Г.Г. Метод оцінювання детермінованих складових фазового дрижання у цифрових системах передавання/ Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.Г. Бортник. - Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2012, № 3. - С.45-48.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Стальченко Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: phantomm@i.ua.

Vasylkivskyi Mikola V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Stalchenko Oleksandr V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: phantomm@i.ua.

ОПТИЧНИЙ РЕСИВЕР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено оптичний ресивер, який застосовується в системі зв'язку на основі відкритого оптичного каналу.

Ключові слова: оптичний ресивер, оптичний канал.

Abstract

The optical receiver, which is used in the communication system on the basis of an open optical channel, is developed.

Keywords: optical receiver, optical channel.

Вступ

Широкі перспективи вживання лазерного зв'язку в корпоративних системах зв'язку і локальних обчислювальних мережах для організації зв'язку між двома будівлями забезпечують достатню якість, надійність і, головне, безпеку зв'язку [1, 2]. В даний час лазерна технологія розвивається у напрямі підвищення швидкості обміну і дальності зв'язку, що робить її особливо перспективною для вживання у високошвидкісних локальних обчислювальних мережах при неможливості застосовувати проводів лінії зв'язку [3].

Основна частина

Оптичний сигнал подається на фотоприймач безпосередньо з приймальної апертури, що представляє з себе систему лінз які фокусують прийняте розсіяне світло на фотоприймач. Отриманий на фотоприймачі електричний сигнал необхідно підсилити до необхідного рівня, вносячи при цьому найменше шумів [4, 5]. Може знадобитися також електронна фільтрація, для згладжування ефективного частотного відгуку підсилювача. Усі ці операції звичайно виконуються одним гібридним модулем, на який надходить вхідний оптичний сигнал. Модуль формує на виході відфільтрований електричний сигнал, що потім потрібно відповідним чином демодулювати. Складність процесу демодуляції залежить від використовуваної технології модуляції. Функціональна схема приймального модулю представлена на рисунку 1.

Для отримання інформації з модульованих сигналів оптичних квантових генераторів їх необхідне продетектувати. Застосовують різні методи прийому і різні типи детекторів. Під детектуванням розуміють прийом оптичного випромінювання, з виділенням обвідної носійного коливання оптичної частоти, що здійснюється за рахунок випускання фотоелектронів. Елементами фотодетекторів є фоторезистори, фотодіоди, фотоелектронні помножувачі, фотоелементи із НВЧ структурою. Під методами прийому, розуміють методи, що включають які-небудь додаткові методи перетворення сигналу і додаткові пристрої, що використовують для цього, встановлюються перед фотодетектором. До цих методів відноситься супергетеродинний балансовий метод [6].

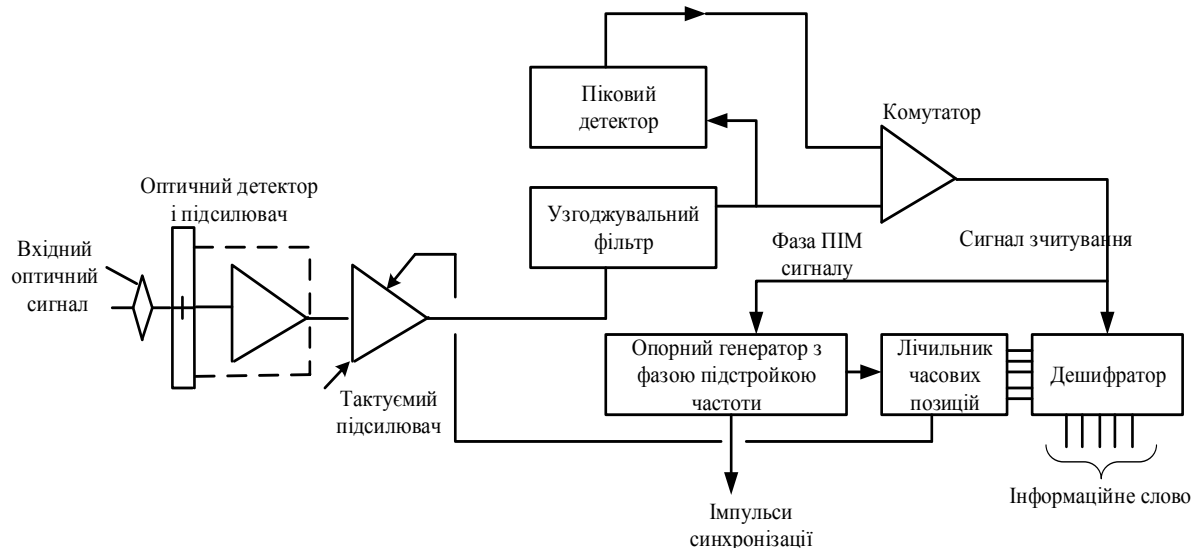


Рис. 1 Функціональна схема приймального модулю

В даний час як оптичні детектори використовують різні прилади. Найбільш широке застосування в оптичних системах зв'язку знаходять фотопомножувачі і два напівпровідникові прилади р-і-п-діоди і ЛФД. У кожному конкретному випадку можна застосовувати будь-який з цих пристроїв.

Висновки

Для отримання оптимальної структурної схеми було розглянуто та детально проаналізовано структурні схеми аналогічного устаткування. При цьому основні вимоги, що висувалися – простота та економічність, були цілком виконані. Усі елементи розробленої структури максимально прості, уніфіковані та сучасні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Нечаев В.Г. Системы лазерной связи и лазерная локация / В. Г. Нечаев. – НГТУ Новосибирск, 2004. – 245 с.
2. Official FCC Bulletin 70, "Millimeter Wave Propagation" (<http://www.fcc.gov>, PDF, 1.7M).
3. Mykhalevskiy D. Development of a mathematical model for estimating signal strength at the input of the 802.11 standard receiver / D. Mykhalevskiy, N. Vasykivskiy, O. Horodetska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 6/9 (90), 2017. – p. 38-43.
4. Michalevskiy D. Performance evaluation of monitoring tools of electronic products by the level of low-frequency noise / D. Michalevskiy, O. Horodetska, R. Krasota // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №1. – С. 183-186.
5. Городецька О.С. Ефективна ВОСП з ОП EDFA / О. С. Городецька, В.О. Шаталюк // Конференції ВНТУ, електронні наукові видання, XLVI Науково-технічна конференція факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем. – 2017. – 2 с.
6. Кулик Т. К. Особенности применения оптических линий связи / Т. К. Кулик, Д.В. Прохоров, В.В. Сумерин, А. П. Хюппенен– Лазер информ, 2001. – 315 с.

Городецька Оксана Степанівна – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: horodecka.os@gmail.com.

Horodetska Oksana S. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: horodecka.os@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОВОДОВИХ КАНАЛІВ СТАНДАРТУ 802.3

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі, проведено аналіз роботи мережі стандарту 802.3 на різних типах кабелів, які працюють на різних швидкостях.

Ключові слова: стандарт, мережа, метод передачі даних, швидкість передачі даних.

Abstract

In this paper a study analyzes the work of the network of the standard 802.3 on the different types of cables, which operate at different speeds, was conducted.

Keywords: standard, network, data transmission method, data transfer rate.

Вступ

При проектуванні сучасних мереж існує ряд об'єктивних факторів, що впливають на характеристики ефективної швидкості передачі інформації та якості інфокомунікаційних послуг [1]. В сучасних мережах одним із поширених середовищ передачі використовуються проводові канали стандарту 802.3, яких є досить велика кількість.

Основна частина

Ethernet – один із широкоживаних протоколів кабельних мереж, що працює на фізичному та каналному рівні мережевої моделі OSI [2]. Всі види стандартів Ethernet використовують один і той же метод поділу середовища передачі даних – метод CSMA / CD (множинний доступ з контролем несучої та виявленням колізій) [3].

Розглянемо існуючі специфікації стандарту 802.3 на сьогоднішній день:

- 10Base-5 – коаксіальний кабель діаметром 0,5 дюйма, що зветься "товстим" коаксіалом. Має хвильовий опір 50 Ом. Максимальна довжина сегмента – 500 метрів (без повторювачів);
- 10Base-2 – коаксіальний кабель діаметром 0,25 дюйма, що зветься "тонким" коаксіалом. Має хвильовий опір 50 Ом. Максимальна довжина сегмента – 185 метрів (без повторювачів);
- 10Base-T – кабель на основі неекранованої витої пари (Unshielded Twisted Pair, UTP). Використовує зіркоподібну топологію на основі концентратора. Відстань між концентратором і кінцевим вузлом – не більш 100 м;
- 10Base-F – волоконно-оптичний кабель. Топологія аналогічна топології стандарту 10Base-T. Існує кілька варіантів цієї специфікації – FOIRL (відстань до 1000 м), 10Base-FL (відстань до 2000 м), 10Base-FB (відстань до 2000 м).

Число 10 показує бітову швидкість передачі даних 10 Мбіт/с, а Base – метод передачі на одній базовій частоті 10 МГц. Останній символ визначає тип кабелю.

Fast Ethernet – термін, що описує набір стандартів Ethernet для пакетної передачі даних з номінальною швидкістю 100 Мбіт/с.

- 100BASE-T – основний термін для позначення одного з трьох стандартів, що використовують виту пару. Довжина сегмента до 100 метрів. Містить у собі 100BASE-TX, 100BASE-T4;
- 100BASE-TX – використовується топологія «зірка», задіяний кабель вита пара категорії 5, у якому фактично використовуються 2 пари провідників;
- 100BASE-T4 – використовує кабель категорії 3 де задіяні всі 4 пари. Зараз практично не використовується. Передача даних в напівдуплексному режимі;
- 100BASE-FX – використовує оптоволоконний кабель. Максимальна довжина сегмента 400 м у напівдуплексному режимі, або 2 кілометри в повнодуплексному режимі по багатомодовому оптичному волокну;

- 100BASE-LX – використовує оптоволоконний кабель. Максимальна довжина сегмента 15 км у повнодуплексному режимі по парі одномодових оптичних волокон на довжині хвилі 1310 нм;
- 100BASE-LX – на основі технології WDM. Максимальна довжина сегмента 15 кілометрів у повнодуплексному режимі по одному одномодовому оптичному волокну на довжині хвилі 1310 нм і 1550 нм;

Gigabit Ethernet надає значне підвищення швидкості передачі даних до 1 Гбіт/с зі збереженням сумісності з попередніми стандартами 802.3 [4]:

- 1000BASE-T – використовується вита пара категорії 5 або категорії 6. У передачі даних беруть участь всі 4 пари. Швидкість передачі даних до 250 Мбіт/с по одній парі;

- 1000BASE-TX – використовує тільки виту пару категорії 6. Передавальні і приймаючі пари розділені фізично по дві пари в кожному напрямку, що значно спрощує конструкцію приймально-передавального обладнання. Швидкість передачі даних складає 500 Мбіт/с по одній парі. Практично не використовується на даний час;

- 1000Base-X – загальний термін для позначення технології зі змінними трансиверами GBIC або SFP;

- 1000BASE-SX – технологія використовує лазери з допустимою довжиною хвилі в межах діапазону 770-860 нм. Потужність випромінювання передавача складає від -10 до 0 дБм при відношенні перемикачання ON/OFF (сигнал/немає сигналу) не менше 9 дБ. Чутливість приймача 17 дБм. Використовуючи багатомодове волокно, дальність проходження сигналу без повторювача складає до 550 м;

- 1000BASE-LX – технологія використовує лазери із припустимою довжиною хвилі в межах діапазону 1270-1355 нм, потужність випромінювання передавача в межах від 13,5 до 3 дБм, при відношенні ON/OFF (сигнал/немає сигналу) не менше 9 дБ. Чутливість приймача 19 дБм. При використанні багатомодового волокна дальність проходження сигналу без повторювача до 550 метрів. Оптимізована для далеких відстаней, при використанні одномодового волокна до 40 км;

- 1000BASE-LH – технологія, що використовує одномодовий оптичний кабель, дальність проходження сигналу без повторювача до 100 кілометрів.

10 Gigabit Ethernet заснований у 2006р і містить у собі шість діючих стандартів із швидкістю 10 Гбіт/с для LAN, MAN і WAN [5].

- 10GBASE-CX4 – технологія для коротких відстаней (до 15 метрів), використовується мідний кабель CX4 і з'єднувачі InfiniBand;

- 10GBASE-SR – технологія для коротких відстаней до 26 або 82 метрів, що залежить від типу кабелю. Тут використовується багатомодове оптоволоконно. Стандарт підтримує відстані до 300 метрів з використанням нового багатомодового оптоволоконна;

- 10GBASE-LX4 – використовує ущільнення по довжині хвилі для підтримки відстаней від 240 до 300 м по багатомодовому оптоволокну. Також підтримує відстані до 10 кілометрів при використанні одномодового оптоволоконна;

- 10GBASE-LR і 10 GBASE-ER – стандарти що підтримують відстані до 10 і 40 кілометрів відповідно;

- 10GBASE-SW, 10 GBASE-LW і 10 GBASE-EW – стандарти що використовують фізичний інтерфейс, сумісний по швидкості і формату даних з інтерфейсом OC-192 / STM-64 SONET/SDH. Вони є подібними до стандартів 10GBASE-SR, 10GBASE-LR і 10 GBASE-ER відповідно, бо використовують ті ж самі типи кабелів і відстані передачі;

- 10GBASE-T – стандарт що використовує екрановану виту пару на відстанях до 100 м.

100 Gigabit Ethernet або 100GbE – стандарт, що розроблявся з початку листопада 2007 та був остаточно прийнятий в червні 2010 р. Цей стандарт підтримує передачу пакетів на швидкості до 100 Гбіт/с за допомогою окремих каналів із пропускнуою здатністю 10 Гбіт/с або 25 Гбіт/с:

- 100GBASE-SR10 – стосується стандартів з використанням паралельного оптичного кабелю та довжини хвилі 850 нм, відстань при цьому становить до 100 м,

- 100GBASE-LR4 та 100GBASE-ER4 – використовують 4 довжини хвилі (в районі 1310 нм) з пропускнуою здатністю 25 Гбіт/с кожна на дальність до 10 та 40 км відповідно.

Висновки

Отже в даній роботі виконано аналіз існуючих стандартів 802.3 Ethernet. В результаті чого встановлено, що їх доцільно використовувати як в приміщеннях на невеликих відстанях із витвою парюю, так і створювати транспортні мережі із застосуванням ВОЛЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михалевський Д. В. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 3(40). Том 3. Иваново: Научный мир, 2015. – С.43-47.
2. Михалевський Д. В. Аналіз побудови пакетів та кадрів під час передачі інформації безпроводним каналом стандарту 802.11/ Д. В. Михалевський. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 1(42). Том 4. Иваново: Научный мир, 2016. – С.76-82.
3. Информационно-коммуникационные технологии в управлении: монография / [авт. кол. Косолапов А. А., Кувшинов А. В., Нірков А. П., Михалевский Д. В. и др.]. – Одесса: Купrienko СВ, 2015, – 245 с.
4. Approval of IEEE Std 802.3by-2016, IEEE Std 802.3bq-2016, IEEE Std 802.3bp-2016 and IEEE Std 802.3br-2016. IEEE. 2016-06-30.
5. [STDS-802-3-25G] IEEE Std 802.3by-2016 Standard Approved!. 2016-06-30. P802.3by 25 Gbit/s Ethernet Task Force, IEEE.

Вільчинський Євгеній Володимирович – студент групи ТКт-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця.

Михалевський Дмитро Валерійович — канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет.

Vilchynskyy Yevgeniy – student of groupTKt-14b, Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Mikhalevskiy Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО БЮДЖЕТУ КАНАЛУ 4G LTE

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження розрахунку енергетичного бюджету для систем LTE з частотним і тимчасовим дуплексом, що працюють в діапазоні 2600 МГц.

Ключові слова: LTE, TDD, енергетичний бюджет, band.

Abstract

A study was conducted to calculate the energy budget for LTE systems with frequency and time duplex operating in the 2600 MHz band.

Keywords: LTE, TDD, power budget, band.

Вступ

Втрати на трасі визначаємо за моделлю Окумура-Хата. Вони залежать від відстані R , робочої частоти F , висоти підвісу антен базової станції H_{BC} і абонентської станції H_{AC} . Даний метод заснований на аналітичній апроксимації результатів практичних вимірювань.

У міській зоні:

$$L_{np} = 63,35 + 27,72 \cdot \lg F - 13,82 \cdot \lg H_{BC} - (1,1 \cdot \lg F - 0,7) \cdot H_{AC} + \\ + (44,9 - 6,55 \cdot \lg H_{BC}) \lg R - 2 \left(\lg \frac{F}{28} \right)^2$$

Розмітки мереж доступу LTE є оцінка необхідної щільності сайту та конфігурація сайту для області інтересу. Первинна діяльність з планування мереж доступу до LTE включає в себе: бюджет радіозв'язку та аналіз покриття, оцінка потужності камери, оцінка суми eNode B і шлюзи доступу (MME / UPE) та конфігурацію апаратного забезпечення, і, нарешті, обладнання на різних інтерфейсах.

Основна частина

Аналіз радіопокриття починається з розрахунку енергетичного бюджету, або максимально допустимих втрат на лінії (МДВ). Принцип розрахунку ілюстрований Рисунок П. 1, МДВ розраховується як різниця між еквівалентною ізотропною випромінюючою потужністю (ЕІВП) передавача і мінімально необхідною потужністю сигналу на вході приймача сполученої сторони, при якій з урахуванням всіх втрат в каналі зв'язку забезпечується нормальна демодуляція сигналу в приймачі.[1]

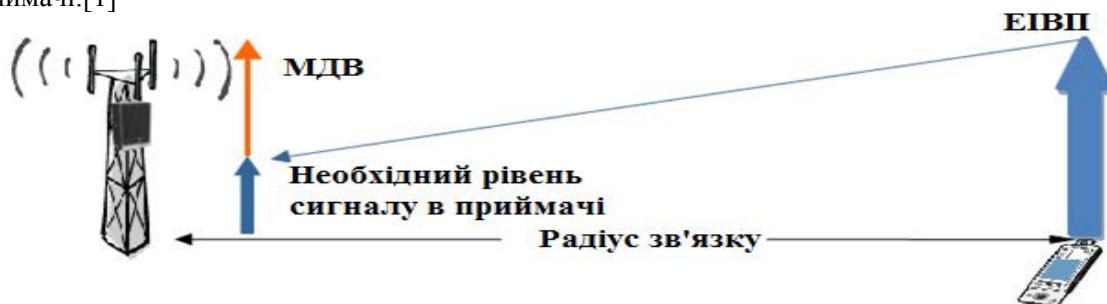


Рисунок 1 – Принцип розрахунку енергетичного бюджету

Процес вимірювання LTE починається з розрахунку бюджету радіозв'язку, який використовується для визначення максимальна втрата шляху. Результат цього кроку залежить від використовуваних

моделей розповсюдження. Оцінка розміру клітин, отримана на цьому етапі, призводить до максимально дозволеного розміру клітин. Це параметр використовується для обчислення кількості комірок у цікавій області. Таким чином, груба оцінка необхідної кількості eNB.

Обчислення потужності слідує процесу оцінювання покриття. Якщо покриття оцінки для даної конфігурації, виконують вимоги до ємності, то немає додавання до попереднього плану. З іншого боку, достатня кількість клітинних сайтів додається для досягнення цільових потужностей. Якщо використовується найбільший очікуваний трафік, це може призвести до зайвого зростання кількості сайтів.[2]

Планування охоплення складається з оцінки бюджетів радіозв'язку DL та UL. Максимальна втрата шляху розраховується на основі необхідного рівня SINR у приймача, з урахуванням ступеня перешкоди, спричинені трафіком. Мінімальна максимальна втрата траєкторії в UL та DL напрямки перетворюються в радіус клітини, використовуючи модель розповсюдження, що відповідає області розгортання.

Висновки

Було проведено дослідження розрахунку енергетичного бюджету для систем LTE з частотним і тимчасовим дуплексом, що працюють в діапазоні 2600 МГц. Як правило, модель використовується для прогнозування розповсюдження хвиль на простих трасах. Але з урахуванням множителя ослаблення (додаткові вносимі втрати за рахунок неідеальності земної поверхні та об'єктів, зустрічаються на дорогах розповсюдження), модель може бути використана для будь-яких трас розподілу сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Л. Варукина. Упражнение по планированию радиосетей LTE [Електронний ресурс] –Режим доступу: <http://www.mforum.ru/news/article/097078.htm>
2. Чанхао Ю.Аналіз частотного розподілу в стандарті 4G LTE [Електронний ресурс] –Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-irtzp/all-irtzp-2017/paper/view/2501>.
3. А. Базіт, Науковий керівник: професор Р. Джантті. Інструктор: П. Заньє. Назва дипломної роботи: Розміри мережі LTE. Опис моделей та інструментів. Охоплення та оцінка потужності довгострокової еволюції 3GPP Дата: 20.02.2009 Кількість сторінок: 71
4. Белов В.С. Визначення фазових станів у багатопозиційних маніпуляціях з квадратурним представленням інформації / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» – Хмельницький – 2013 – №3 – С. 135-138.
5. Курангышев А. В., Дедушкин А. В., Казначеев А. В. Оценка ослабления радиосигнала по методу идеальной радиопередачи с учетом влияния земной поверхности // Молодой ученый. — 2016. — №3. — С. 131-133. — URL <https://moluch.ru/archive/107/25610/> (дата обращения: 18.03.2018).

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Мельничук Ольга Іванівна — студент групи ТКП-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp14b.melnychuk@gmail.com

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Melnychuk Olga I. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp14b.melnychuk@gmail.com

КОМПЛЕКСНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИ МОДУЛЯЦІЇ СИГНАЛУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано аналіз можливості комплексної зміни двох інформаційних параметрів сигналу – фази і амплітуди – для підвищення спектральної ефективності при збереженні високої завадостійкості. Наведено приклад формування модульованого сигналу для передачі чотирирозрядної кодової комбінації з застосуванням алгоритму QPSK.

Ключові слова: модуляція, фаза, амплітуда, спектральна ефективність.

Abstract

The analysis of the possibility of a complex change of two information parameters of the signal - phase and amplitude - is carried out to increase spectral efficiency while maintaining high noise immunity. An example of the formation of a modulated signal for the transfer of a four-digit code combination using the QPSK algorithm is given.

Keywords: modulation, phase, amplitude, spectral efficiency.

Вступ

Широке використання багатопозиційних видів модуляції зумовлене необхідністю збільшення інформаційної швидкості передачі інформації. До лідерів підняття спектральної ефективності належить, зокрема, квадратурно-амплітудна модуляція QAM-N. Фактором стримування у використанні ефективних видів QAM-N є завадостійкість – чим більше значення N, тим більша сукупність символів і тим менша різниця між ними з точки зору інформативних параметрів, тобто демодуляція виявляється проблематичною [1]. Це стосується виявлення різниці між близькими амплітудами та фазами модульованих сигналів, які приходять у точку прийому.

Результати дослідження

В ієрархії завадостійких видів модуляції QPSK посідає другу позицію після BPSK. Модуляція QPSK використовує чотири різновиди символів, які переносять відповідно дибіти: 00, 11, 01 та 10. В рамках модуляції QAM-N для перенесення кожним символом, наприклад, чотирьох бітів необхідно вже шістнадцять різновидів символів, причому з різними фазами і амплітудами. З іншого боку вищенаведені дибіти є складовими частинами чотирирозрядних кодових комбінацій.

Ввівши додатково, як інформаційний параметр, амплітуду сигналу (символу), яка може приймати два значення, можна сформувати модульовані сигнали за алгоритмом QPSK і при цьому забезпечити перенесення одним символом не двох бітів інформації, а чотирьох – тобто досягти чотириразового збільшення інформаційної швидкості. Доцільність такого кроку у тому, що модульований сигнал характеризується лише одним з чотирьох значень фази (а не одним з шістнадцяти), а використання двох рівнів амплітуди робить легкою ідентифікацію сигналу при його демодуляції. Іншими словами – такий підхід дає можливість збільшити завадостійкість модульованого сигналу, тобто забезпечити високу достовірність отримання інформації у порівнянні з QAM-16, яка забезпечує таке ж збільшення інформаційної швидкості.

З урахуванням вищенаведених міркувань можна навести опис фізичних моделей сигналів для випадку передачі чотирирозрядних кодових комбінацій. Зазначимо, що для нашого випадку фізична модель сигналу – це сигнал, складений з двох модульованих частин, кожна з яких відповідає певному дибіту.

1. Обидві частини сигналу однакові за фазою і амплітудою, причому амплітуда має низький рівень. Така модель сигналу використовується для передачі поспіль однакових дибітів: 0000, 1111, 0101, 1010.

2. Обидві частини сигналу характеризуються протилежними фазами (з різницею 180 градусів), але мають однакову амплітуду низького рівня. Така модель сигналу використовується для передачі кодових комбінацій: 0011, 1100, 0110, 1001.
3. Частини сигналу мають фазовий зсув 90 градусів (найменша фазова відстань для QPSK). Вони зосереджені навколо дибіта 00. Перша частина модульованого сигналу має високий рівень, друга – низький. Така модель сигналу використовується для передачі кодових комбінацій: 0001, 0010, 0100, 1000.
4. Частини сигналу мають фазовий зсув 90 градусів і зосереджені навколо дибіта 11. Перша частина модульованого сигналу має низький рівень, друга – високий. Така модель сигналу використовується для передачі кодових комбінацій: 1101, 1110, 0111, 1011.

Сигнали, у яких частини мають однакові або протилежні фази, віднесені до більш простих при демодуляції, тому для них запропонований низький рівень амплітуди. Для сигналів, у яких частини мають найменшу фазову відстань, застосовується амплітудний стрибок з високого на низький рівень або навпаки – з низького на високий, що додає певну інформацію, яка може бути використана при прийнятті рішення про вхідну кодову комбінацію.

Висновки

Комплексне застосування змін двох інформаційних параметрів – фази і амплітуди – дає можливість досягти збільшення спектральної ефективності сигналу при збереженні високої завадостійкості. Для кращої ідентифікації демодульованого сигналу прийняття рішення повинне відбуватися на фоні знання про застосований алгоритм модуляції. Аналогічний підхід може бути застосований і для передачі довгих кодових комбінацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Передача дискретных сообщений. Учебник для вузов / В. П. Шувалов, Н. В. Захарченко, В. О. Шварцман и др.; Под ред. В. П. Шувалова. – М.: Радио и связь, - 1990 – 454 с.

Барась Святослав Тадіонович – канд. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: barasst03@gmail.com.

Baras Sviatoslav T. – candidate. Sc., professor of telecommunications systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: barasst03@gmail.com.

ОПТИЧНІ ЦИФРОВІ ЕЛЕМЕНТИ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведений аналіз оптичних цифрових елементів і їх застосування для обробки сигналів. Визначено, що на таких оптичних елементах реалізуються типові логічні функції: І, АБО, НЕ, а на їх основі тригери і регістри та інші більш складні логічні елементи.

Ключові слова: логічний елемент, оптична обробка сигналу, елементи булевої алгебри, тригери, інтерферометр Маха-Цандера, інтерферометр Фабрі-Перо.

Abstract

In this paper, the analysis of optical digital elements and their application for signal processing is carried out. Definitely, that on such optical elements the typical logical functions are implemented: AND, OR, NOT, and on their basis triggers and registers and other more complex logical elements.

Keywords: logic element, optical signal processing, elements of Boolean algebra, triggers, Mach-Zander interferometer, Fabri-Perot interferometer.

Вступ

Цифрові пристрої забезпечують високу завадостійкість і точність реалізації алгоритмів обробки сигналів в їх основі. В таких пристроях, як правило, використовується явище інтерференції оптичних хвиль і нелінійність оптичних пристроїв. До них відносяться інтерферометри Маха-Цандера і Фабрі-Перо, двох фотонну логіку на фотонному кристалі, цифрову голографію і пристрої на нанотрубках і нановолокнах. На цих пристроях реалізуються типові логічні функції: І, АБО, НЕ і на їх основі тригери та регістри.

На практиці використовуються пристрої пам'яті ROM, RAM, кодери декодери сигналів, формувачі оптичних кодових послідовностей на основі решіток Брегга і голографії і аналізатори спектра та голографічні аналізатори спектра. Областями застосування оптичних логічних пристроїв є: оптичні кодери і декодери, формувачі потоків даних, оптичні мережі зв'язку з OFDM і CDMA, пристрої оптичної пам'яті, оптичні процесори, оптичні аналізатори спектра і голографічних пристроїв [1-3]. Застосування зазначених пристроїв через їх ультрависоку швидкодії, малі габарити і споживання вельми перспективне для передачі і обробки оптичних сигналів, зберігання інформації, а також для застосування в цифрових оптичних процесорах. Застосування оптичних систем з ортогональною частотною модуляцією (OFDM) дозволяє перейти до терагерцових швидкостей передачі [4]. В даний час найбільш підходящими для реалізації пристроїв передачі та обробки оптичних сигналів є інтерферометри Маха-Цандера і Фабрі-Перо. Тому основним завданням цієї роботи є визначення основ обробки сигналів за допомогою подібних оптичних цифрових елементів та галузей їх застосування.

Основна частина

Цифрова обробка забезпечує високу точність реалізації алгоритмів і завадостійкість. Слід зазначити, що сучасні оптичні системи зв'язку є цифровими [1-3]. Такі оптичні логічні елементи використовують явища інтерференції і нелінійність резонаторів. На їх основі реалізуються елементи булевої алгебри: тригери та регістри [1, 2, 3]. Зазначені пристрої володіють надвисокою швидкістю на порядки вищою, ніж аналогічні електронні прилади. Найбільш відомі елементи на інтерферометрах Фабрі-Перо [2, 5] і Маха-Цандера [3]. Логічні функції реалізуються шляхом подачі керуючих статичних напруг.

Суть роботи таких оптичних логічних елементів полягає в такому підборі пучків світла, щоб вони мали достатню енергію для перемикавання, що дозволяє сформувати логічний елемент "І". При цьому,

якщо обидва пучка мають рівні енергії, то формується елемент "АБО". Час перемикання таких елементів становить одиниці пікосекунд, а споживана потужність на рівні 10 мВт. Тому інтерферометр Маха-Цандера використовується для виконання без затримок логічних і арифметичних операцій.

Такі переваги, як висока завадостійкість і швидкодія дозволяють оптичним цифровим елементам завойовувати все нові і нові галузі застосування із отриманням максимального технічного та економічного ефектів. Проблема полягає тільки у складності технології реалізації таких елементів. Але все ж таки можна виділити такі області застосування оптичних логічних пристроїв:

- 1) оптичні кодери-декодери, формувачі потоків даних;
- 2) оптичні мережі зв'язку з OFDM і CDMA [1];
- 3) пристрої оптичної пам'яті, наприклад, CD-ROM;
- 4) оптичні процесори [1];
- 5) оптичні спектро-аналізатори і голографічні пристрої.

Висновки

Застосування оптичних цифрових елементів через їх надвисоку швидкодію, малі розміри і незначне споживання енергії є досить перспективним для формування, передачі і обробки оптичних сигналів. В даний час найбільш оптимальними є інтерферометри Маха-Цандера і Фабрі-Перо. Однак, виникає питання вартості, оскільки технологія їх виготовлення досить складна.

Застосування оптичних систем з ортогональною частотною модуляцією дозволяє перейти до терагерцових швидкостей передачі. При цьому найбільш повно переваги таких пристроїв реалізуються застосуванням оптичних систем при повній заміні електронних елементів оптичними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сперанский В.С., Клинов О.И. Оптические цифровые элементы обработки сигналов // T-Comm – Telecommunication and transport. М.: ИД Медиа Паблшер, 2014. Том 8, № 9. – С. 80-83.
2. Чубаров С.И. Оптическая обработка информации. - Минск, Изд. Б ГУ, 2009.
3. Стецюра Г.Г. Интерферометр Маха-Цандера как средство выполнения быстрых распределенных вычислений // Журнал радиоэлектроники, 2013. – №1.
4. Agrawal G.P. All-optical Signal processing and Optical Regeneration - Institute of Optics Univer.of Rochester. N.Y. 14267, 2007, 36 p.
5. Гиббс Х. Оптическая бистабильность. Управление светом с помощью света: пер с англ. М.: Мир, 1988. – 520с.

Палагнюк Дмитро Михайлович – студент групи ТКТ-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: brazers.d29@gmail.com

Якімцев Олександр Олександрович – студент групи ТКТ-16, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: yakimcev97@gmail.com

Дрючин Олександр Олексійович доцент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця. e-mail: alex4alex9@gmail.com

Palagniuk D.M. – student of group TKT-14b, Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : brazers.d29@gmail.com

Yakimtsev O. O. – student of group TKT-16 , Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : yakimcev97@gmail.com

Dryuchyn O.O. — docent Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: alex4alex9@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЇВ З ПРОТОКОЛОМ MODBUS В ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ ТА СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуті особливості роботи протоколу Modbus для збору і обробки даних у вимірювальних пристроях та системах. Наведено переваги і недоліки даного протоколу для таких систем та коротко описані варіанти реалізації для передачі даних через асинхронний інтерфейс та TCP/IP мережу.

Ключові слова: Протокол Modbus, інформаційно - вимірювальні системи, системи автоматизації.

Abstract

The features of the Modbus protocol for collecting and processing data in devices and systems are considered in this paper. The advantages and disadvantages of this protocol for such systems are described and the implementation options for the data transfer via the asynchronous interface and the TCP / IP network are briefly described.

Keywords: Modbus protocol, information and measurement systems, automation systems.

Вступ

Не дивлячись на свій вік (Modbus став стандартом де-факто ще в 1979 році) він не тільки не застарів, але навпаки демонструє значно збільшену кількість орієнтованих на нього нових розробок. Одним із основних переваг Modbus є відсутність необхідності в спеціальних інтерфейсних контролерах(Profibus і CAN потребують для своєї реалізації спеціалізованих мікросхем)[1].

Виклад основного матеріалу

Modbus – відкритий комунікаційний протокол заснований на архітектурі «master-slave». Широко використовується в промисловості для організації зв'язку між електронними пристроями. Може використовуватись для передачі даних через послідовні інтерфейси зв'язку RS-485, RS-422, RS-232 і мережі TCP/IP.

Контролери на шині Modbus взаємодіють, використовуючи «master-slave» модель, засновану на транзакціях, що складаються із запиту і відповіді. Зазвичай в мережі тільки один ведучий(англ. master) пристрій і кілька ведених(англ. slaves) пристроїв. Ведучий пристрій ініціалізує транзакції(передає запити). Ведучий може адресувати запит індивідуально кожному веденому або ініціалізувати передачу всім веденим пристроям. Ведений пристрій, визначивши свою адресу, відповідає на запит, адресований саме йому. При отриманні такого запиту відповідь веденими пристроями не формується[2].

На каналному рівні протокол Modbus передбачає один ведучий пристрій(контролер) і до 247 ведених. Обмін даними завжди ініціалізується ведучим пристроєм. Ведені пристрої ніколи не починають передачу даних, поки не отримають запит від ведучого. Ведені пристрої також не можуть обмінюватись даними одні з одними. Тому в будь-який момент часу в мережі Modbus може проходити лише одна транзакція[3].

Специфікація Modbus описує структуру запитів і відповідей. Їх основа – елементарний пакет протоколу, який називається PDU(Protocol Data Unit). Структура PDU не залежить від типу лінії зв'язку і включає в себе код функції і поле даних. Код функції кодується однобайтним полем і може приймати значення в діапазоні 1..127. Діапазон значень 128...255 зарезервований для кодів помилок. Поле даних може бути змінної довжини. Розмір пакету PDU обмежений 253 байтами.

Для передачі пакета по фізичних лініях зв'язку PDU поміщається в інший пакет, що містить додаткові поля. Цей пакет носить назву ADU(Application Data Unit). Формат ADU залежить від типу лінії зв'язку. Існує три варіанти ADU, два для передачі даних через асинхронний інтерфейс і один через TCP/IP мережі:

- Modbus ASCII – для обміну тільки ASCII символами. Для перевірки цілісності використовується одно байтна контрольна сума. Початок і кінець повідомлення помічаються спеціальними символами;
- Modbus RTU – компактний двійковий варіант. Повідомлення розділяють по паузі в лінії зв'язку. Повідомлення повинно починатись і закінчуватись інтервалом тривалістю не менше 3,5 символів при даній швидкості передачі;
- Modbus TCP – для передачі даних через TCP/IP з'єднання[2].

Основні переваги стандарту Modbus – відкритість і масовість. Промисловістю зараз випускається дуже багато типів і моделей датчиків, виконуючих пристроїв, модулів обробки і нормалізації сигналів і інших пристроїв. Практично всі промислові системи контролю і управління мають програмні драйвери для роботи з Modbus системами.

Основними недоліками протоколу Modbus є:

- регламентовано метод передачі тільки двох типів даних;
- не регламентує початкову ініціалізацію системи;
- не передбачена передача повідомлень по ініціативі веденого пристрою;
- довжина запиту обмежена;
- не передбачено способу з допомогою якого ведений пристрій мігби визначити втрату зв'язку з ведучим.

Висновки

Завдяки простоті реалізації та наявності великої кількості бібліотек функцій для роботи з пристроями по протоколу Modbus він залишається найпоширенішим протоколом для інформаційно-вимірювальних систем та систем автоматизації виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Денисенко В.В. Протоколи и сети Modbus i Modbus TCP / В.В. Денисенко // СТА. – 2010.– №4 – С.90-94.
2. The Modbus Protocol In-Depth [Electronic resource] / National Instruments. - Access mode : <http://www.ni.com/white-paper/52134/en>. - Accessed 20.03.2018
3. SCADA – система КАСКАД. Настройка и использование протокола Modbus /ООО «КАСКАД-АСУ». – Чебоксары. – 2018. –16с.

Макогон Віталій Іванович – асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vim1986@i.ua

Козін Дмитро Олегович – студент групи ТТК-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця.

Шкарапута Володимир Олександрович – студент групи ТТК-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця.

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПРОВІДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ NFC

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі, проведено дослідження класифікації та принципів передачі інформації в технології NFC

Ключові слова: RFID-чип, RFID-матки, NFC, пасивний, активний, напівпасивні.

Abstract

In this paper, a study was conducted on the classification and principles of information transfer in NFC technology

Keywords: RFID-chip, RFID-tags, NFC, passive, active, semi-passive

Вступ

На сучасному етапі розвитку існує досить багато технологій передачі інформації, серед яких найбільшого поширення набули безпроводні канали [1,2]. NFC (Near field communication, комунікація ближнього поля) – це технологія безпроводної передачі даних малого радіусу дії, яка дає можливість обміну інформацією між пристроями на відстанях до 20 см. Вона є розвитком стандарту ISO 14443 для безконтактних платіжних карт і вже давно використовуються як платіжний засіб: в магазинах, метро, проїзд в транспорті або у мережі інтернет.

Основна частина

Перша демонстрація сучасних RFID-чипів (Radio Frequency IDentification), як пасивних так і активних, була проведена в Дослідницькій лабораторії Лос Амоса у 1973 році. Система була портативною та працювала на частоті 915 МГц і використовувала 12 бітні мітки [3]. Перший патент, пов'язаний з назвою RFID було видано Чарльзу Уолтону (Charles Walton) у 1983 році (патент США за № 4,384,288) [4].

RFID – це метод ідентифікації предметів за допомогою радіохвиль. Як мінімум, пристрій RFID містить тег, зчитувач і антену. В свою чергу NFC складається із ініціатора, який є генератором електромагнітного поля та пасивної цілі, яка отримує енергію від цього поля. Принцип роботи полягає у тому, що ініціатор посилає сигнал до опитувальної мітки (пасивної цілі) через антену, а мітка відповідає йому унікальною інформацією. Існують активні або пасивні RFID мітки.

В основі роботи NFC лежить індуктивний зв'язок, структура якого наведена на рис. 1.

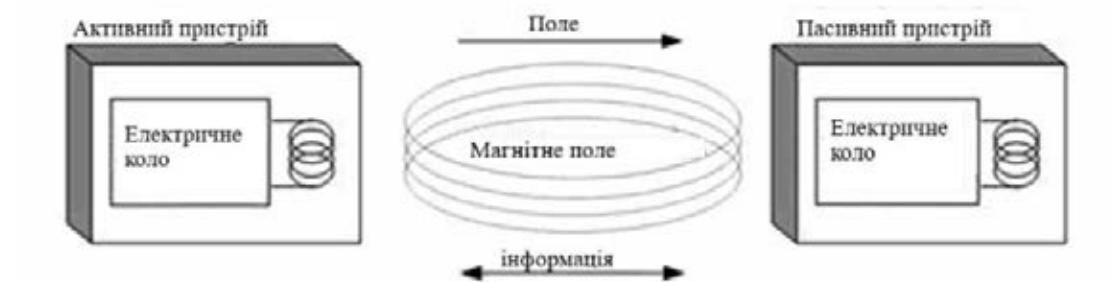


Рисунок 1 – Принцип обміну інформацією за технологією NFC

Частота роботи такої системи складає 13,56 МГц (HF RFID). Для передачі інформації використовується сигнал із амплітудною або фазовою маніпуляцією. Швидкість передачі даних може досягати 424 кБіт/с на відстань до 10 см. При такій побудові каналу NFC дозволяє забезпечити обмін інформацією між двома пристроями як рівноправними.

На даний час існує класифікація RFID-міток і систем технології NFC, що поділяються за робочою частотою, джерелом живлення та типом пам'яті, як показано на рис. 1.1.

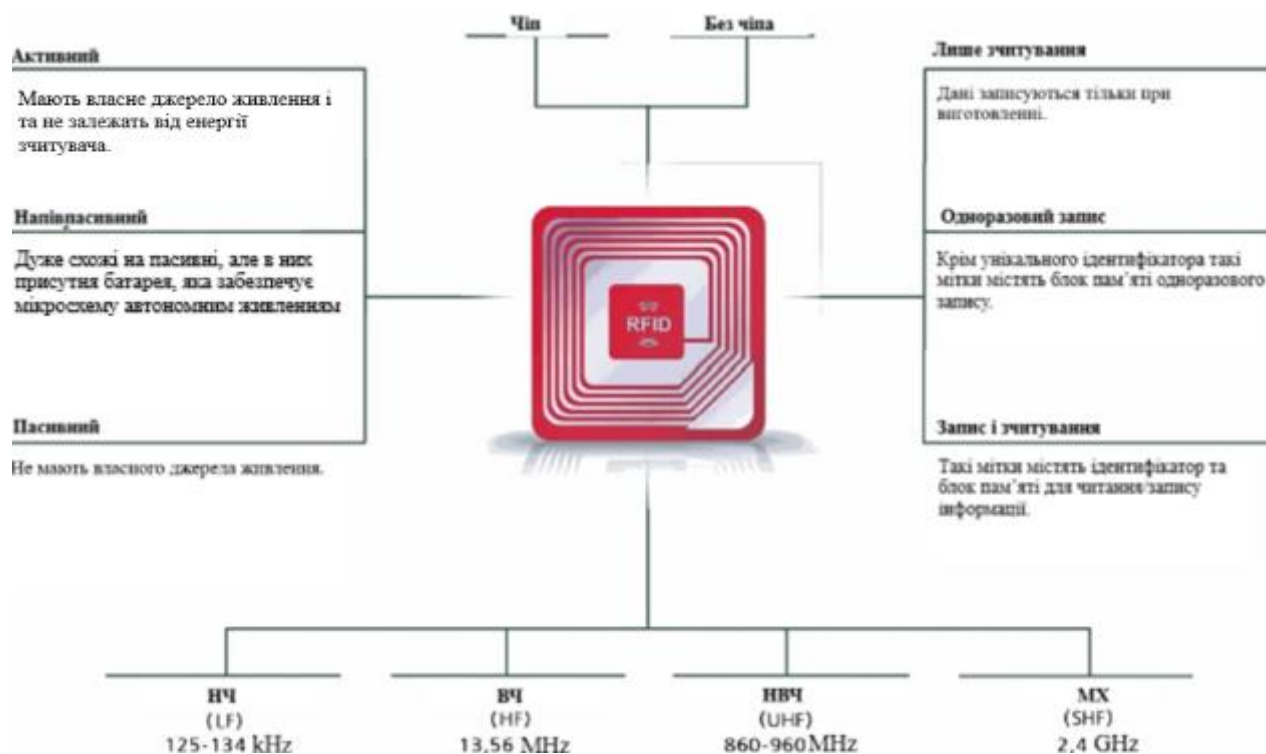


Рисунок 2 – Класифікація пристроїв NFC

За джерелом живлення RFID-мітки розрізняють: пасивні, активні, напівпасивні.

Пасивні мітки не мають власного джерела живлення. Електричний струм, індуктований в антені електромагнітним сигналом від зчитувача, забезпечує достатню потужність для функціонування кремнієвої CMOS мікросхеми, розміщеної в мітці, та передачі відповідного сигналу.

Пасивні мітки НВЧ та УВЧ діапазонів (860 – 960 МГц та 2,4 – 2,5 ГГц) передають сигнал методом модуляції відбитого сигналу несучої частоти. Антена зчитувача випромінює сигнал несучої частоти та приймає відбитий від мітки модульований сигнал [5].

Пасивні мітки ВЧ діапазону передають сигнал методом модуляції сигналу несучої частоти. Кожна мітка має ідентифікаційний номер. Пасивні мітки можуть містити перезаписуючу енергонезалежну пам'ять EEPROM. Дальність дії міток складає 1..200 см (ВЧ мітки) та 1..10 метрів (НВЧ та УВЧ мітки).

Активні RFID-мітки мають власне джерело живлення та не залежать від енергії зчитувача, тому вони зчитуються на більшій відстані, мають більші розміри та можуть бути оснащені додатковими функціональними вузлами.

Серед недоліків активних міток слід відзначити збільшену ціну їх виготовлення та малу мобільність внаслідок обмежень ємності автономних джерел живлення.

Активні мітки зазвичай мають набагато більший радіус зчитування, який становить до 300 м та більший об'єм пам'яті.

Напівпасивні RFID-мітки дуже схожі на пасивні, але в них присутня батарея, яка забезпечує мікросхемі автономним живленням.

За використанням типом пам'яті RFID-мітки поділяють на:

- RO (Read Only) – дані записуються тільки при виготовленні. Використовуються в якості ідентифікаторів та практично не піддаються підробці;
- WORM (Write Once Read Many) – крім унікального ідентифікатора такі мітки містять блок пам'яті одноразового запису;
- RW (Read Write) – такі мітки містять ідентифікатор та блок пам'яті для читання/запису інформації.

Висновки

Таким чином технологія NFC є досить простою у використанні, володіє високою заводо захищеністю та забезпечує високий захист інформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михалевський Д. В. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц / Д. В. Михалевський, О. С. Городецька. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 3(40). Том 3. Иваново: Научный мир, 2015. – С.43-47.
2. Михалевський Д. В. Аналіз побудови пакетів та кадрів під час передачі інформації безпроводним каналом стандарту 802.11/ Д. В. Михалевський. – Сборник научных трудов Sword. – Выпуск 1(42). Том 4. Иваново: Научный мир, 2016. – С.76-82.
3. "Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Near Field Communication – Interface and Protocol (NFCIP-1)", ISO/IEC 18092, First Edition, 2004-04-01.
4. Near Field Communication Technology Standards [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nearfieldcommunication.org>
5. Технология NFC – связь на близком расстоянии [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.russianelectronics.ru>

Сметановський Олександр Миколайович – студент групи ТКТ-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail : sashasmetanovskiy@gmail.com

Михалевський Дмитро Валерійович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет.

Smetanovskiy Alexander – student of group TKT-14b, Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : sashasmetanovskiy@gmail.com

Mikhalevskiy Dmytro – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

ПРИЙМАЧ ДЛЯ СИСТЕМИ WiMAX

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В даній роботі проведено огляд технології широкосмугового безпроводного доступу, що базується на стандарті IEEE 802.16. Проаналізовано характеристики стандарту, відмінність його від інших стандартів, схему побудови мережі. Також розроблені проектні рішення щодо побудови приймального пристрою системи WiMax.

Ключові слова: приймач, підсилювач, WiMAX.

Abstract

In this paper, an overview of the technology of broadband wireless access based on the standard IEEE 802.16. The analysis of standards, unlike his other standards scheme networking. Also design solutions for construction systems receiver WiMax.

Keywords: reciever, amplifier, WiMAX.

Вступ

Більшість сучасних бездротових стандартів, в тому числі WiMAX (Worldwide interoperability for microwave access) (IEEE 802.16e-2005), забезпечують широкий діапазон методів модуляції і кодування, які дозволяють системі безперервно адаптуватися від енергетично ефективної до ефективної полоси пропускання, в залежності від природи додатке [1, 2]. Приймач має дві головні функції – оцінка переданого сигналу і забезпечення зворотнім зв'язком. В приймачі сигнал аналогової області спочатку перетворюється в його цифрове представлення, використовуючи фільтр формування імпульсів. Приймач використовує фільтр, який відповідає фільтру формування імпульсів передавача.

Основна частина

Двійкове перетворення з пониженням частоти дозволяє встановити досить високе значення першої проміжної частоти, при цьому смуга частот дзеркального каналу випадає зі смуги пропускання вхідного СВЧ-тракту. Найбільш оптимальним є застосування структури приймача з двократним перетворенням частоти.

При використанні багаторазового перетворення з пониженням частоти з'являється можливість застосування декількох смугових фільтрів, які сприяють поліпшенню селективної здатності приймача і підвищують стійкість до зовнішніх блокуючих сигналів, які здатні погіршити чутливість приймача [3].

Щоб уникнути насичення АЦП при наявності високих рівнів потужності джерел перешкод використовується 14-бітний АЦП.

За вхідним пристроєм, який представляє собою фільтр каналної селекції, розташований перший каскад МШУ.

Внесені фільтром втрати і коефіцієнт шуму першого каскаду МШУ домінують при визначенні загальної чутливості приймача. Для розміщення між першим і другим каскадами МШУ можна використовувати простий фільтр на зосереджених елементах з 3 полюсами. Фільтр забезпечує придушення в смузі дзеркальних частот краще, ніж на 20 дБ, і вносить втрати в робочій смузі менше, ніж 2,5 дБ.

За допомогою мікросхеми змішувача ADL5350 сигнал перетвориться вниз в фіксовану високу проміжну частоту 480 МГц. Мікросхема це закінчений пасивний змішувач з несиметричним входом і з вбудованим буферним підсилювачем для LO. Змішувач передбачає наявність фільтрів поза чіпа для ізоляції між RF і IF портами [4].

Для посилення вихідної потужності схеми формування частот PLL/VCO до рівня ~4 дБм на вході мікросхеми LOIN встановлений додатковий каскад посилення на мікросхемі AD8353.

Щоб забезпечити додаткову фільтрацію для допомоги зменшення гармоїк на виході гетеродина, що потрапляють з синтезатора частот гетеродина використовується фільтр SAWTEK 855898.

При перетворенні вниз, фазовий шум ФАПЧ (фазова автопідстройка частоти) розташовується поблизу кожної піднесучої модульованого сигналу OFDM. Для зниження впливу на рівень чутливості приймача перша, швидко перебудована ФАПЧ, призначена для генерації LO1, має вигляд ФАПЧ з дробовим N. Вона повинна бути спроектована на мікросхемі синтезатора частот ADF 4351.

Щоб перетворити попередньо відфільтрований сигнал проміжної частоти на другу проміжну частоту 70 МГц потрібно використати мікросхему AD8344.

Попередньо відфільтрований сигнал проміжної частоти потім перетворюється на другу проміжну частоту 70 МГц за допомогою мікросхеми активного змішувача. Використовувалася схема з нижнім LO, щоб гарантувати оптимальне придушення паразитних складових і досягти більшого посилення в змішувачі.

Мікросхема дозволяє досягти низької вартості і зменшення площі монтажу в порівнянні з дискретними рішеннями. Дві зовнішні котушки індуктивності, які є котушками індуктивності для контуру VCO на чіпі, встановлюють центральну частоту контуру VCO. Диференціальні вихідні сигнали мікросхеми ADL8344 об'єднуються в симетруючому трансформаторі. Для частоти LO=410 МГц мікросхема повинна забезпечити посилення перетворення ~11 дБ при 12 дБм IP3 і 8 дБ SSB NF.

Кінцевий сигнал проміжної частоти 70 МГц передається через мікросхему підсилювача з програмно керованим змінним коефіцієнтом посилення на подальшу обробку для дискретизації проміжної частоти певною мікросхемою. Мікросхема AD8370 забезпечує високий рівень характеристики IP3 і діапазон регулювання коефіцієнта посилення більш ніж 40 дБ.

На основі цих дослідження було сформовано структурну схему приймача для системи WiMAX з дискретизацією проміжної частоти, отриманої після подвійного перетворення з пониженням частоти, що наведена на рис. 1.

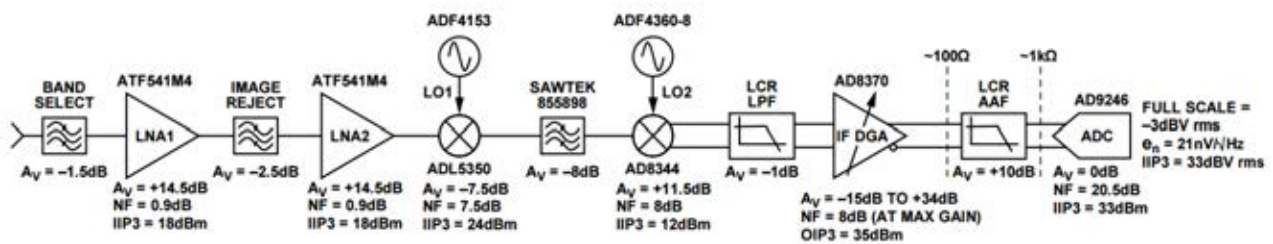


Рис. 1 – Структурна схема приймача для системи WiMAX

Висновок

Двійкове перетворення з пониженням частоти дозволяє встановити досить високе значення першої проміжної частоти, при цьому смуга частот дзеркального каналу випадає зі смуги пропускання вхідного СВЧ-тракту. Найбільш оптимальним є застосування структури приймача з двократним перетворенням частоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишне夫斯基 В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. Энциклопедия WiMAX Путь к 4G. – М., 2009г.
2. Kolyadenko J.J. WiMAX-Technology for Broadband Wireless Access. Beamforming or AAS Technologies / J.J. Kolyadenko, A.J. Muslim // Східно-Європейський журнал передових технологій: - 2010. - №3/5 (45).- с.22-25.
3. Москальов А.В. Збільшення пропускну здатності в мережах мобільного WiMAX / А.В. Москальов, Б.М Шелковников // Науково-технічна конференція «проблеми телекомунікацій»: Збірник тез.К.: НТУУ «КПІ», 2011. – С. 122.
4. Mykhalevskiy D. Development of a mathematical model for estimating signal strength at the input of the 802.11 standard receiver / D. Mykhalevskiy, N. Vasylykivskiy, O. Horodetska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 6/9 (90), 2017. – p. 38-43

Гарбуз Дмитро Ігорович– студент групи ТТК-17м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dynamic.dg11@gmail.com.

Науковий керівник: **Оксана Степанівна Городецька**— канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Dmytro Harbus – group TTK-17m, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dynamic.dg11@gmail.com.

Supervisor: **Oksana S. Horodetska** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

ТЕХНОЛОГІЇ ПОЗИЦІОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто дві технології позиціонування мобільних об'єктів. Проаналізовані особливості функціонування в мережі, наведені метрологічні характеристики для обох технологій позиціонування.

Ключові слова: мобільні телефони, позиціонування.

Abstract

Two technologies of positioning of mobile objects are considered. The peculiarities of functioning in the network are analyzed, metrological characteristics for both positioning technologies are given.

Keywords: mobile phones, positioning.

Вступ

Технології позиціонування мобільних телефонів припускають автоматичне визначення їх місцеположення в межах стільникових мереж. При цьому під терміном «місцеположення» розуміють однозначну ідентифікацію положення власника мобільного телефону на місцевості. Така можливість відкриває великі перспективи як для мобільних операторів, так і для державних служб різного призначення. Вони отримують могутній інструмент стеження за місцезнаходженням абонентів. Важливо зазначити, що мережі мобільних операторів можуть видавати дані безперервно і без жодного повідомлення власника мобільного телефону. При цьому не обов'язково перехоплювати переговори абонента. Достатньо того, щоб було ввімкнено живлення мобільного телефону, що забезпечує його періодичний обмін інформацією зі стільниковою мережею.

Стільниковий телефон може передати своє місцезнаходження, якщо він автоматично або примусово переведений у стан активного з'єднання. У режимі очікування стільниковий телефон прослуховує декілька сусідніх комірок і, коли рівень сигналу в сусідній комірці стане більший, він переходить на роботу з сусідньою базовою станцією. Мобільний телефон віддає перевагу стільнику з діапазоном 1800 МГц по відношенню до діапазону 900 МГц навіть якщо різниця рівня сигналу в ній менша у межах 12 дБ.

Результати дослідження

Сучасні промислові платформи визначення місцеположення мобільних телефонів в стільникових мережах базуються на двох альтернативних технологіях:

- технологія часу надходження - Time of Arrival (TOA), заснована на вимірюванні та порівнянні часових інтервалів проходження сигналу від мобільного телефону абонента до декількох ретрансляторів;
- технологія поєднання стільникових телефонів з приймачами супутникової радіонавігації - Assisted Global Positioning System (A-GPS), заснована на вбудовуванні GPS-приймачів у мобільні телефони.

Технологія TOA не вимагає жорсткої часової синхронізації мобільного телефону та ретрансляторів. Ретранслятори повинні бути оснащені блоками визначення місцеположення - Location Measurement Unit (LMU). Місцеположення мобільного телефону розраховується керувальним комп'ютером стільникової мережі по різниці часу надходження радіосигналу

мобільного телефону від ретрансляторів. Обчислення виконуються за допомогою алгоритму, який називається триангуляційним. При використанні цієї технології досягається точність визначення місцеположення абонентів стільникових мереж до ± 6 метрів.

Технологія A-GPS суміщає систему стільникового зв'язку з глобальною системою супутникової радіонавігації - GPS. Для цього GPS-приймачі вбудовуються в мобільні телефони, а при реалізації централізованої диспетчерської системи контролю за рухомими об'єктами інформація про місцеположення абонентів передається каналами стільникових систем у вигляді спеціальних або стандартних коротких повідомлень. До безперечних переваг системи відноситься висока точність та глобальне покриття. Після зняття обмежень на точність визначення місцеположення за допомогою системи GPS є можливість визначити координати місцезнаходження мобільного телефону з точністю до 3–10 метрів. При цьому визначення місцеположення може виконуватись і поза зоною дії мережі стільникового зв'язку. До недоліків технології слід віднести визначення місцеположення тільки за умови прямої видимості між GPS-приймачем та не менше, ніж трьома супутниками. Тому визначення місцеположення часто неможливе в закритих приміщеннях, низинах, в умовах щільної міської забудови або під щільним листям. При упровадженні даної технології потрібна часткова модифікація програмного забезпечення мобільних телефонів. Установка додаткових апаратних модулів на базових станціях або в центрі комутації не потрібна.

Висновки

На сучасному етапі більшість додатків для визначення місцезнаходження об'єкта базується на використанні технології GPS. Можна удосконалити технологію TOA і створити альтернативний додаток, який буде використовувати лише Інтернет та інформацію про місцезнаходження базових станцій мобільного зв'язку. Це забезпечить швидке, зручне та неенерговитратне знаходження об'єкта.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Местоопределение абонента сотовой связи. <http://www.gsmlab.com/articles/location.gsm>.
2. Местоопределение абонентов в сетях сотовой связи. Николаев В.П., 2009.- 113 с.
3. Обзор современных систем позиционирования мобильных телефонов. С. Рыжиков, А. Рыжиков., 2008 - 62с.

Мазунін Олексій Юрійович – студент групи ТКТ-146, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: alex.mmaz1996@gmail.com

Науковий керівник: *Барась Святослав Тадіонович* – канд. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: barasst03@gmail.com.

Mazunin Oleksiy Y. – student of Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: alex.mmaz1996@gmail.com

Supervisor: *Baras Sviatoslav T.* - candidate. Sc., professor of telecommunications systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: barasst03@gmail.com.

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано модель системи візуального моніторингу за життєво важливими показниками пацієнта, який знаходиться в стаціонарі. Акцент при моделюванні та імітації робився на дослідженні надійності передачі з використанням бездротових мережевих технологій.

Ключові слова: візуальний моніторинг, бездротові датчики, мережеві технології.

Abstract

The model of the system of visual monitoring for vital parameters of a patient located in a hospital is offered. The emphasis in modeling and simulation was on researching the reliability of transmission using wireless network technologies.

Keywords: visual monitoring, wireless sensors, network technologies.

Вступ

Для підвищення якості обслуговування в закладах охорони здоров'я необхідна розробка нового підходу. Тому актуальною проблемою є підвищення рівня якості медичних послуг за рахунок використання віддаленого візуального моніторингу показників життєдіяльності пацієнта. Ця система може поліпшити якість спостереження за пацієнтом.

Результати дослідження

Розглядається система віддаленого візуального моніторингу, в якій основні життєво важливі показники стану організму людини (пульс, дихання, температура, кров'яний тиск) надходять в диспетчерську до блоку централізованого моніторингу та можуть доповнювати функції медичного персоналу.

Система складається з трьох основних компонентів: системи прийому даних (DAS), передачі і центрального блоку управління.

Система збору даних призначена для отримання життєво важливих даних від пацієнтів. Бездротові датчики забезпечують більший комфорт і мобільність пацієнта. На кожного пацієнта встановлено п'ять датчиків з бездротовим зв'язком ZigBee, які здатні виміряти життєво важливі функції (в тому числі частоту серцевих скорочень, насичення киснем, артеріальний тиск, частоту дихання і температуру) [1].

Головний вузол працює окремо на пацієнта. Він контролює зв'язок 5-ти датчиків усередині WPAN.

Система передачі даних використовується для передачі життєво важливих функцій по всіх DASS з блоком управління через локальну мережу для контролю. У запропонованій схемі використовується локальна мережа на основі Ethernet.

Застосування бездротових мережевих технологій в охороні здоров'я підвищило інтерес серед дослідників, медичних працівників, органів влади та інших спеціалістів.

Бездротова мережа датчиків може бути заснована на різних технологіях, зокрема, Bluetooth і ZigBee. Датчики на основі цих мереж можуть обмінюватися із зовнішньою стороною інших мереж, таких як бездротові мережі (Wi-Fi), GSM, GPRS тощо, що дозволяє розширити область покриття і надає можливість повсюдного бездротового підключення [2].

Bluetooth-мережі засновані на зірковій топології. Планшет або смартфон можна використовувати як центральний пристрій в Bluetooth WPAN, які збирають дані з датчиків, прикріплених до пацієнта, і відправляють їх медичним працівникам.

Ємність передачі даних: ZigBee забезпечує максимальні швидкості передачі даних до 250 кбіт/с в діапазоні 2,4 ГГц, 40 кбіт/с у смузі 915 МГц і 20 кбіт/с у смузі 868 МГц. Цього достатньо для передачі життєво важливих показників пацієнта, які зазвичай вимагають кілька Кбіт/с, наприклад, кров'яний тиск та ЕКГ вимагають 1,2 кбіт/с та 6 кбіт/с відповідно [3].

При такому підході, через коротку відстань між пристроями, передані дані будуть отримані за допомогою головного вузла з достатньою силою сигналу, зменшуючи можливість помилок і втрати даних. Для зменшення перешкод і уникнення перекриття частоти мереж WPAN, зокрема, поруч один з одним, будуть використовуватись різні канали передачі для зв'язку між датчиками і головним вузлом. Цьому сприяє механізм розподілу каналів ZigBee. Крім того, головний вузол взаємодіє тільки з датчиками у складі однієї WPAN, тим самим зменшуючи обсяг трафіку і усуваючи затримки.

За допомогою Wi-Fi через ПК, смартфон або термінал можна завантажити цінні дані від пацієнтів безпосередньо з централізованої системи моніторингу. Крім того, в мережевій інфраструктурі доступ до інформації про пацієнта може бути загальнодоступним для медичного персоналу.

З використанням Wi-Fi життєво важливі показники можуть бути легко відправлені від пацієнта до медичного персоналу по бездротовій мережі. Деякі фактори надійності потрібно враховувати при використанні Wi-Fi в закладах охорони здоров'я. Wi-Fi-технологія використовує обмежену пропускну здатність, яка обмежує ємність мережі. У разі переповнення ємності, життєво важливі показники можуть не бути доставлені до блоку управління, який буде причиною збою у ВМП. Крім того, несуча частота Wi-Fi може збігатися з іншими технологіями передачі, які працюють на 2,4 ГГц. В цьому разі Wi-Fi може створювати перешкоди, які можуть призвести до неприпустимої затримки і втрати даних.

Висновки

Запропонована побудова імітаційної моделі бездротової системи моніторингу для 5 показників життєдіяльності пацієнтів, що знаходяться на лікуванні в стаціонарі.

В даній роботі були розглянуті деякі приклади застосування бездротових технологій, зокрема, бездротових датчиків в системах збору даних. Bluetooth, через його обмеження, не може підтримувати довгостроковий моніторинг, в той час як ZigBee з низьким енергоспоживанням може бути використаний для виконання поставлених завдань.

Були розглянуті два альтернативних підходів щодо використання ZigBee мереж, способи використання LAN Ethernet, бездротова мережа Ethernet (Wi-Fi), в установах охорони здоров'я, проблеми та обмеження технологій.

Подальші дослідження будуть присвячені розробці та відпрацюванню прототипу системи в програмному середовищі для емуляції схем Proteus.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Варгаузин В. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15/ Варгаузин В. // ТелеМультиМедиа №6, 2005.
2. IEEE Std 802.11i-2004, IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements.
3. IEEE Std 802.11n-2009, IEEE Standard for Information technology- Telecommunications and information exchange between systems—Local and metropolitan area networks.
4. Jrl.nau.edu.ua [Електронний ресурс] : [Інтернет-портал]. – Електронні дані. – [Національний авіаційний університет]. – Режим доступа: Jrl.nau.edu.ua/index.php/PIU/article/viewFile/8943/11051 (дата звернення 11.03.2018). – Назва з екрана.

Палагнюк Дмитро Михайлович – студент групи ТКТ-146, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail : brazers.d29@gmail.com

Науковий керівник: *Барась Святослав Тадіонович* – канд. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: barasst03@gmail.com.

Palahniuk Dmytro M. – student of Faculty infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: brazers.d29@gmail.com

Supervisor: *Baras Sviatoslav T.* - candidate. Sc., professor of telecommunications systems and television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: barasst03@gmail.com.

ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ НАДПРОВІДНИХ ФОТОННИХ ДЕТЕКТОРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуто технології побудови надпровідних фотонних детекторів, які високочутливі до випромінювання оптичного та інфрачервоного діапазонів хвиль і характеризуються часом відновлення та точністю вимірювання, що на порядок кращі за існуючі аналоги.

Ключові слова: SNSPD, SPD, БОСП, фотодетектор.

Abstract

The technology of building superconducting photonic detectors, which are highly sensitive to the radiation of the optical and infrared wavelength bands, are characterized by time of recovery and measurement accuracy, which is better than the existing analogs.

Keywords: SNSPD, SPD, FOTS, photodetector.

Вступ

Надпровідні фотонні детектори (SNSPD) характеризуються підвищеною чутливістю до випромінювання оптичного та інфрачервоного діапазонів хвиль і часом відновлення та точністю вимірювання, що на порядок кращі за існуючі аналоги. Крім цього, вказані пристрої працюють при температурі рідкого гелію (4,2 K), яка знаходиться в межах досяжності сучасних технологій охолодження [1].

SNSPDs характеризуються високим потенціалом функціональних характеристик в інфрачервоному діапазоні, що дозволяє вирішувати важливі наукові задачі. Тому SNSPDs стали предметом багатьох наукових досліджень, що підтверджує актуальність даної роботи.

Метою роботи є класифікація технологій та визначення пріоритетних напрямків дослідження приймачів слабо інтенсивних сигналів в оптичному діапазоні частот.

Результати дослідження

Крім надпровідних фотонних детекторів для побудови оптичних приймачів слабо інтенсивних оптичних сигналів використовуються болометри на основі надпровідного переходу (TES – transition edge sensor). Основним елементом цих пристроїв є слабкий електричний контакт (надпровідний зв'язок не тунельного типу) між надпровідними електродами.

В якості фотонних детекторів на основі напівпровідникових матеріалів використовуються лавинні фотодіоди, що функціонують в режимі Гейгера.

Модель «гарячих електронів» є найбільш актуальною для незрівноважених надпровідників, що утримуються при температурі T , що наближається до температури надпровідного переходу T_c . При цьому, квазічастинки та фонони можна описати залежними від температури функціями розподілу нормального стану, що володіють власною ефективною температурою. Передбачається, що електронна та фононна ефективні температури (T_e і T_p) встановлюються миттєво та рівномірно у всьому пристрої. Це припущення вказує на те, що в кожній підсистемі існує механізм швидкої термостабілізації.

Необхідно зауважити, що SPD володіють значною кількістю неідеальних характеристик, тому необхідно досить точно визначати ефективність роботи таких детекторів. Найбільш очевидним показником продуктивності SPD є ефективність детектування (η) – значення ймовірності, що буде зареєстровано сигнал при надходженні фотонів на вхід детектора. На практиці η менше 100% та залежить від довжини хвилі λ вхідних фотонів. Також, необхідно враховувати втрати фотонів в середовищі передавання з урахуванням критерію ефективності каналу передавання (η_{coupling}).

Ефективність поглинання фотонів в оптичному приймачі ($\eta_{\text{absorption}}$) залежить від типу матеріалу та конструкції детектора. В результаті, ймовірність того, що детектор згенерує вихідний електричний сигнал після поглинання фотону називають ймовірністю реєстрації ($\eta_{\text{registering}}$). Врахувавши всі ці фактори, можна визначити загальну ефективність детектування за виразом (η_{sde}):

$$\eta_{\text{sde}} = \eta_{\text{coupling}} \cdot \eta_{\text{absorption}} \cdot \eta_{\text{registering}}$$

При цьому, власну ефективність детектування пристрою (η_{dde}) можна визначити за формулою

$$\eta_{\text{dde}} = \eta_{\text{absorption}} \cdot \eta_{\text{registering}}$$

Тому η_{sde} та η_{dde} рівні лише при ідеальних оптичних з'єднаннях, тобто $\eta_{\text{coupling}} = 1$. Ефективність детектування оптичного пристрою, η_{dde} , часто називають "квантовою ефективністю".

Також можна використовувати інші показники ефективності, які кількісно характеризують продуктивність SPD. Розсіяні оптичні сигнали та електричний шум можуть спотворювати процес детектування вхідних фотонів. Такі похибки процесу детектування називають темновими відліками, а їх кількісну характеристику називають рівнем темнових відліків (DCR) [2].

Отже, DCR для SNSPD є одним з найважливіших критеріїв продуктивності. Крім того, важливою характеристикою SPD є джитер.

Часова затримка між приходом фотона в SPD та генерацією вихідного імпульса від SPD характеризує його часову роздільну здатність. Невизначеність цієї затримки характеризується значенням джитеру (Δt) SPD. Крім того, реальні SPD характеризуються часом відновлення (τ), який характеризує швидкість реєстрації фотонів та максимальну швидкість здійснення відліків SPD.

Збільшення розмірів SNSPDs зумовлює підвищення значення власного джитеру. Просторова неоднорідність параметрів нанопровідника призводить до різних значень опору матеріалу в процесі утворення «гарячого п'ятна», що зумовлює різні значення часу наростання фронту імпульса та, в результаті, призводить до збільшення значення власного джитеру. За рахунок підвищення критичних струмів можна зменшити значення власного джитеру оптичного пристрою [3].

В основі інших технологій побудови високочутливих оптичних пристроїв є приймачі на основі лавинних фотодіодів (SPADs) та надпровідних болометрів (TES). У порівнянні з InGaAs SPAD SNSPD забезпечує кращий компроміс між системною ефективністю детектування, рівнем темнових відліків, максимальною швидкістю виконання відліків та значенням власного джитеру, а також дозволяє детектувати оптичне випромінювання в більш широкому діапазоні довжин хвиль. У порівнянні з TES SSPD володіє кращою швидкістю та точністю визначення часу детектування фотонів.

Надпровідні фотонні детектори за рахунок підвищеної чутливості в робочому діапазоні БОСП, низького рівня темнових відліків, низького значення власного джитеру забезпечують нові можливості для вимірювання характеристик ВОЛЗ.

Висновки

SNSPDs характеризуються підвищеною чутливістю та низьким рівнем темнових відліків, низьким значенням власного джитеру та коротким часом відновлення. Тому, ці пристрої можуть успішно використовуватись в криптографії (QKD), оптичних квантових розрахунках, діагностиці квантових емітерів, налагодженні космічних каналів зв'язку та тестуванні інтегральних схем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г. Г. Методи та засоби обробки високочастотних сигналів. Г. Г. Бортник, В. М. Кичак. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1998. – 132 с.
2. Бортник Г. Г. Транспортні телекомунікаційні технології: навчальний посібник / Бортник Г. Г., Васильківський М. В., Кичак В. М. – Вінниця : ВНТУ, 2017 – 162 с.
3. Васильківський М.В. Методи побудови високошвидкісних волоконно-оптичних трактів/. М. В. Васильківський, Г.Л. Антонюк, О.С. Полуденко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТТП_17_2017) XVII міжнародної науково-технічної конференції, 8-13 червня 2017 р. – Матеріали – Одеса. – 2017 с. 187

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com.

Vasylkivskiy Mikola Volodymyrovych – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com

**ГЕНЕРАТОР ТАКТОВИХ ІМПУЛЬСІВ НА БАЗІ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ
НАДПРОВІДНОСТІ ТА ПЕРЕХОДІВ ДЖОЗЕФСОНА**¹ Вінницький національний технічний університет**Анотація**

Запропонована принципова схема генератора тактових імпульсів на базі високотемпературної надпровідності та переходів Джозефсона. Розглянуто принцип дії такого генератора та спосіб формування коротких одноквантових імпульсів напруги

Ключові слова: *перехід Джозефсона, генератор тактових імпульсів, надпровідниковий квантовий інтерферометр, високотемпературний надпровідник.*

Abstract

The electric circuit of the clock pulse oscillator based on high-temperature superconductivity and Josephson junctions is proposed. Principle of action of the oscillator and the method of forming short single-quantum voltage pulses are considered.

Keywords: *Josephson junctions, pulse oscillator, superconducting quantum interferometer, high-temperature superconductor.*

Вступ

Постійно зростаючі потреби в розширенні смуги робочих частот і підвищення швидкодії безпровідних систем передавання інформації та підвищення чутливості пристроїв приймання та оброблення радіосигналів все важче задовільнити в рамках традиційних технологій з несучими частотами в діапазоні $2 \div 5$ ГГц. Це сприяє проведенню досліджень та розробці пристроїв безпровідного передавання, приймання та оброблення сигналів у терагерцовому діапазоні [1].

Серед багатьох технологій, які використовуються в теперішній час для розв'язання цих задач найбільш ефективним є застосування макроскопічних квантових ефектів у надпровідникових структурах.

Це дозволяє створювати високочутливі, швидкодіючі пристрої цифрового оброблення та передавання радіосигналів для сучасних телекомунікаційних систем в міліметровому та субміліметровому діапазоні хвиль.

Окрім високої чутливості, яка обумовлена низьким рівнем робочих температур, такі пристрої характеризуються вкрай малою енергією перемикавання, яка становить 10^{-18} Дж/біт (для напівпровідникових пристроїв мінімальне значення становить 10^{-13} Дж/біт) та високою швидкістю. Тактові частоти пристроїв на базі низькотемпературної надпровідності можуть становити кілька сотень ГГц, а у випадку високотемпературної надпровідності (в ТНЛ) – 1 ТГц і більше [2].

Тому метою цієї статті є побудова фізичної моделі генератора тактових імпульсів на базі переходів Джозефсона з використанням високотемпературної надпровідності та дослідження його параметрів та характеристик.

Розв'язання задачі

Одним із важливих елементів пристроїв цифрової обробки інформації є генератори тактових імпульсів, які широко використовуються при побудові аналого-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів сигналів і в багатьох інших системах.

Застосування високотемпературних надпровідників (ВТНП) забезпечує можливість формування джозефсонівських переходів з більш високими значеннями характерної частоти, що є важливим для створення джозефсонівських генераторів в терагерцовому діапазоні. Проте, при виготовленні високоякісних джозефсонівських переходів з відтворювальними параметрами на базі ВТНП виникає багато проблем, які не дають можливості використовувати традиційні

технології, що застосовуються у випадку низькотемпературних джозефсонівських переходів. Одним із основних методів, який забезпечує можливість формування переходів Джозефсона з досить високим відтворенням параметрів є використання ВТНП плівок, які вирощуються на бікристалевих підкладках [3.4]. Проте із-за неоднорідності бікристалевої межі такої структури, використання традиційних зосереджених моделей тут неможливо.

Враховуючи, що нанорозмірні переходи на базі ВТНП не потребують зовнішнього шунтування для забезпечення демпфування, принципова схема генератора тактових імпульсів наведена на рис.1 [5].

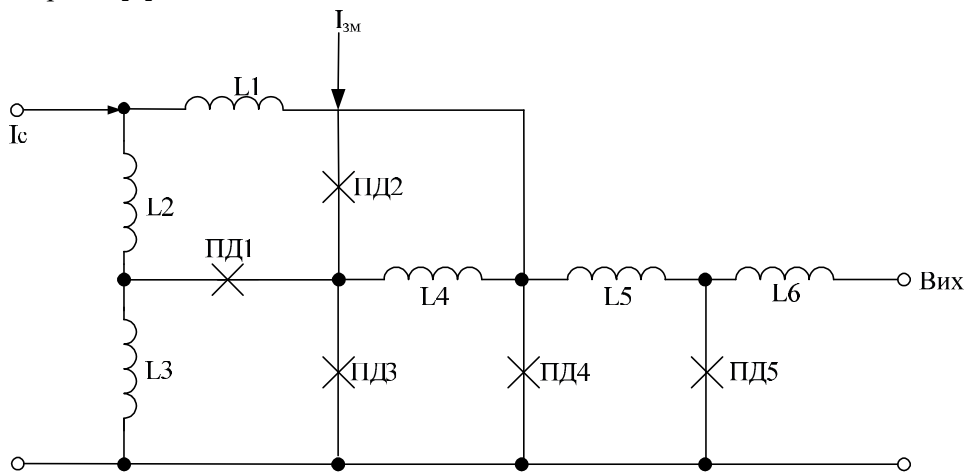


Рис. 1 - Принципова схема генератора тактових імпульсів

Генератор тактових імпульсів складається із надпровідникового квантового інтерферометра (НКІ) (L3, ПД1, ПД3) та формувача імпульсів (L4, ПД4, L5, ПД5).

Через НКІ пропускається постійний струм, ненабагато менший критичного струму, та струм синхронізації I_c , який визначає частоту та фазу послідовності тактових імпульсів. При передаванні тактових імпульсів по надпровідникових шинах, амплітуда імпульсу зменшується і він розтягується по часу. Для збереження форми імпульсу використовується формувач імпульсів, на який подається струм зміщення, величина якого чуть менша критичного струму. Тому, якщо на вхід формування імпульсів поступає «розмитий» тактовий імпульс, то на виході має місце короткий одноквантовий імпульс напруги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Торгашин М. Ю. Разработка и исследование джозефсоновских генераторов терагерцового диапазонов на основе распределенных туннельных переходов: дис. канд. наук: 01.04.03 / М. Ю. Торгашин; ИРЕРАН им. В.М. Котельникова. – М.:2013. -140 с.
2. Калашников К. В. Гармонический смеситель на туннельном переходе сверхпроводник-изолятор-сверхпроводник/ К. В. Калашников, А. В. Худченко, А. М. Барышев, В. П. Кошелец // Радиотехника и электроника – 2011. – т. 56, № 6. – Ст. 755-759
3. Арзуманов А. В. Многоэлементные синхронные джозефсоновские структуры: дис. канд. физ.-матем. наук: 01.04.03 / А.В. Арзуманов; МГУ им. М.В. Ломоносова – М. : 2007. – 122 с.
4. Войтович И. Д. Нанoeлектронная элементная база информатики. Науч. пособие / И. Д. Войтович, В. М. Корсунский // М. : Интернет-Университет информационных технологий БИНОМ. – 2013. – 643с.
5. Корнев В. К. От одно- и двухконтактного сквидов к би-сквиду / В. К. Корнев, И. И. Соловьев, А. В. Шарафиев, Н. В. Кленов // Труды МГУ им. М.В. Ломоносова. – 2011. – 17 с.

*Кичак Василь Мартинович – доктор техн.наук, професор кафедри телекомунікаційних систем та телебачення. Вінницький національний університет. м. Вінниця.
e-mail: v.m.kychak@gmail.com*

Кичак Володимир Васильович - канд.техн.наук кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: v.v.kychak@gmail.com

Гузь Максим Дмитрович – аспірант кафедри телекомунікаційних систем та телебачення. Вінницький національний університет. м. Вінниця. e-mail: guz.maksim@gmail.com

Kychak Vasyl Martynovych - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: v.m.kychak@gmail.com

Kychak Volodymyr Vasylovych – Ph.D, Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: v.v.kychak@gmail.com

Guz Maxim Dmytrovych - post-graduate student of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: guz.maksim@gmail.com

ПЕРЕТВОРЮВАЧ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ

¹ Вінницький національний технічний університет

² Вінницький національний технічний університет

³ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано переваги і недоліки існуючих перетворювачів концентрації газу для контрольно-вимірювальної техніки. Розроблено схему перетворювача концентрації газу на основі транзисторної структури з від'ємним опором і газочутливим резистивним сенсором, яка позбавлена недоліків аналогів.

Ключові слова: газочутливий опір, від'ємний опір, транзистор, частотний вихід, коливальний контур, індуктивність, ємність.

Abstract

The advantages and disadvantages of existing gas concentration converters for control and measuring equipment are analyzed. The scheme of gas concentration converter based on the transistor structure with negative resistance and gas-sensitive resistive sensor, which is devoid of shortcomings of analogues, is developed.

Keywords: gas-sensitive resistance, negative resistance, transistor, frequency output, oscillatory circuit, inductance, capacitance.

Вступ

В роботі проведено аналіз сучасного стану перетворювачів концентрації газу [1]. Встановлено, що основним недоліком таких пристроїв є недостатня чутливість і точність вимірювання концентрації газу, що обумовлено температурною залежністю параметрів іонізованого адсорбованого кисню поверхнею фазочутливого опору, особливо в області температур нижче 200°C, тому що адсорбований іонізований кисень взаємодіє з газом і ця реакція приводить до зростання або зменшення опору вимірювача газу [2].

Результати дослідження

Перетворювач концентрації газу з частотним виходом належить до області контрольно-вимірювальної техніки і може бути використаний як сенсор концентрації газу в різноманітних пристроях автоматичного керування технологічними процесами.

На рис. 1 наведено схему перетворювача концентрації газу з частотним виходом.

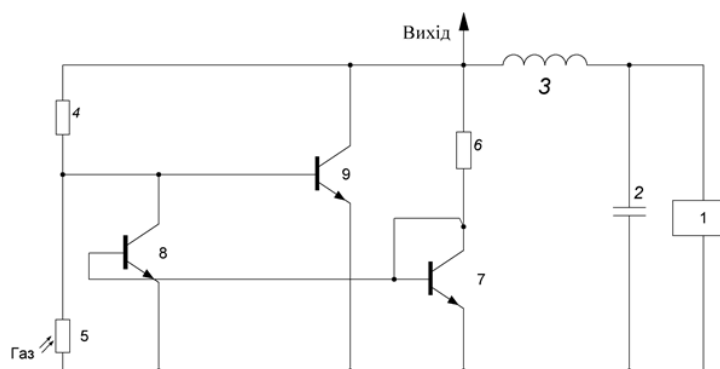


Рисунок 1 – Функціональна схема перетворювача концентрації газу з частотним виходом

Пристрій складається з трьох біполярних транзисторів 7, 8 і 9, причому перший полюс джерела постійної напруги 1 приєднано до першого полюса ємності 2, через індуктивність 3 – до першого

виводу першого опору 6, другого виводу другого опора 4 та колектору другого біполярного транзистора 9, другий полюс джерела постійної напруги 1 приєднано до другого виводу ємності 2, а також до емітера третього транзистора 7, другого виводу газочутливого опору 5 та емітерів першого і другого біполярних транзисторів 8 і 9, перший вивід газочутливого опору 5 приєднано до бази другого біполярного транзистора 9, колектору першого біполярного транзистора 8 та першого виводу другого резистора 4, а емітер першого біполярного транзистора 8 приєднано до бази третього біполярного транзистора 7, з'єднано з другим виводом першого резистора 6 і колектором третього біполярного транзистора 7.

Перетворювач концентрації газу з частотним виходом працює наступним чином.

В початковий момент часу газ не діє на газочутливий опір 5. За допомогою джерела постійної напруги 1, першого 6 і другого 4 опорів, схема вводиться в режим, коли на ділянці кола колектор другого біполярного транзистора 9 – емітер першого біполярного транзистора 8 виникає від'ємний опір, який призводить до виникнення електричних коливань в контурі, який утворений паралельним ввімкненням повного опору з ємнісною складовою на електродах колектор другого біполярного транзистора 9 – емітер першого біполярного транзистора 8 та індуктивності 3, ємність 2 запобігає проходженню змінного струму через джерело постійної напруги 1. Третій біполярний транзистор 7 виконує роль змінного опору і разом з першим резистором 6 утворює подільник напруги для живлення першого транзистора 8. При наступній дії газу на газочутливий опір 5 змінюється ємнісна складова повного опору на електродах колектор другого біполярного транзистора 9 – емітер першого біполярного транзистора 8, що викликає ефективну зміну частоти коливального контуру.

Висновки

В роботі розроблено схему перетворювача концентрації газу з частотним виходом, в якій за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними досягається можливість уникнути зміни газочутливого опору вимірювача газу від параметрів навколишнього середовища, що призводить до підвищення точності та чутливості вимірювання концентрації газів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. За редакцією З.Ю.Готри. В 3 томах. — Львів: Ліга-Прес, 2003. Т.2. — 595 с.
2. Осадчук В.С. Сенсори газу / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, М.О. Прокопова. — Вінниця: «Універсум-Вінниця», 2008. — 167 с.

Барабан Сергій Володимирович — к.т.н., старший викладач кафедри радіотехніки, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: baraban.s.v@vntu.edu.ua

Літвінов Владислав Валентинович — студент групи РТр-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: litvinov69@gmail.com

Пяста Ігор Вікторович — студент групи РТр-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rt17ms.piesta@gmail.com

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Baraban Serhii V. — PhD, senior lecturer at Department of Radioengineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : baraban.s.v@vntu.edu.ua

Litvinov Vladislav Valentinovich - student of RTr-17ms group, faculty of infocommunications, radioelectronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: litvinov69@gmail.com

Piasta Viktor Igorovitch - student of RTr-17ms group, faculty of infocommunications, radioelectronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rt17ms.piesta@gmail.com

Supervisor: **Osadchuk Oleksandr V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Radioengineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

УДОСКОНАЛЕННЯ САЙТУ КАФЕДРИ РАДІОТЕХНІКИ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ СУЧАСНІ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЇ

¹ Вінницький національний технічний університет

² Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано переваги і недоліки сучасних веб-технологій для розробки інтерактивних сайтів. Сформовано рекомендації з використання даних технологій для удосконалення сайту кафедри радіотехніки, що може сприяти підвищенню репутації та іміджу як кафедри радіотехніки, так і факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем цілому.

Ключові слова: сайт, веб-технології, розробка, Gulp, Bower, CSS, PostCSS.

Abstract

The advantages and disadvantages of modern web technologies for the development of interactive sites are analyzed. Recommendations on the use of these technologies for improving the site of the department of radio engineering have been formed, which can help to increase the reputation and image of both the departments of radio engineering and the faculty of infocommunications, radio electronics and nanosystems in general.

Keywords: website, web technology, development, Gulp, Bower, CSS, PostCSS.

Вступ

В роботі проведено аналіз сучасних веб технологій з метою вибору таких, що будуть сприяти розширенню інформаційної структури сайту кафедри радіотехніки. Основним завданням сайту кафедри є детальне інформування про місце, умови та якість навчання. Технічна складова будови сайту має велике значення у формуванні загального представлення про кафедру радіотехніки та факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем цілому. Модернізація сайту кафедри сприятиме підтримці процесу інформатизації кафедри, що забезпечить відкритість діяльності кафедри, висвітлення та формування її позитивного іміджу, а це призведе до збільшення кількості відвідувачів, і, як наслідок, збільшення кількості студентів.

Результати дослідження

Перш за все, сайт кафедри вищого навчального закладу повинен відповідати міжнародним стандартам ISO 9241-210:2010 та ISO TR 18529 і, бажано, WCAG 2.0 [1]. При цьому, дотримання цих рекомендацій спростить роботу з сайтом не тільки користувачам з обмеженими можливостями здоров'я, але і користувачам з обмеженими технічними можливостями (низькошвидкісний Інтернет; відсутність миші, як на смартфонах; маленький екран), а також людям похилого віку. Веб-сайт з гарним дизайном отримає позитивну оцінку користувачів, підвищить репутацію ВНЗ. На сьогоднішній день на сайті кафедри радіотехніки не реалізована функція багатомовності. Зазвичай для реалізації багатомовності сайтів існує багато сучасних CMS (WordPress, Drupal, Joomla).

При розробці сучасного сайту для вищого навчального закладу слід використовувати розподілену систему керування версіями файлів та спільної роботи Git [2]. Дана технологія дозволить використовувати принцип «розподіленої» розробки, що дасть змогу кожному студенту кафедри радіотехніки, що має бажання попрацювати на кафедрі, зробити свій внесок в створенні сайту.

Кожен навчальний ресурс містить інтерактивну складову, тому слід подбати про швидкість і ефективність розробки JavaScript сценаріїв. Для вирішення цього питання можна використати одну з найпопулярніших систем збирання Gulp.

Gulp - це інструмент збірки веб-додатків, що дозволяє автоматизувати веб-завдання, такі як складання і мініфікація CSS і JS-файлів, запуск тестів, перезавантаження браузера і т.д. Тим самим

Gulp прискорює і оптимізує процес веб-розробки. Для прискорення процесу розробки також слід використовувати менеджери пакетів, які спрощують встановлення і оновлення залежностей проекту, тобто сторонніх бібліотек, що використовує сайт: jQuery, Fotorama, а також усе те, що використовується на сайті кафедри радіотехніки та написано сторонніми розробниками. При вдосконаленні сайту слід вибрати один із найпопулярніших менеджерів веб-пакетів Bower. Все, що робить Bower, - встановлює потрібні проекту пакети відповідних версій разом з їх залежностями. Іншими словами: просто завантажує файли потрібних бібліотек і додатки, необхідні для роботи цих бібліотек, в спеціальну папку. Решта залишається на розсуд розробника.

Неможливо представити сучасний сайт без використання CSS – спеціальної мови, що використовується для опису зовнішнього вигляду сторінок (мова розмітки даних).

Для професійної організації каскадних таблиць стил слід користуватися PostCSS.

PostCSS - програма, яка автоматизує рутинні операції з CSS за допомогою розширень, написаних на мові JavaScript. Використовується при розробці Вікіпедії, Facebook і GitHub. Один з найбільш часто завантажуваних, разом з прм, інструментів для роботи з CSS. Розроблена Андрієм Ситником.

Як і в багатьох інших аспектах веб-розробки, для розробки сайту кафедри немає стандартного набору інструментів, що потрібно використовувати. На даний час розробники можуть зробити вибір між Webpack, Gulp, Browserify, NPM scripts, Grunt і ще десятком інших. Глибоке порівняння цих веб-інструментів покаже, що в цілому вони схожі між собою, тому найчастіше вибір відбувається на основі особистих вподобань розробника та типу проекту.

Висновки

На даний час сайт кафедри радіотехніки зроблений на основі технології Bootstrap. Веб-технології з кожним роком удосконалюються і сайт кафедри радіотехніки потребує модифікації відповідно до сучасних тенденцій розвитку інструментів веб-розробки, щоб залишатися актуальним і привабливим для користувачів, адже більшість відвідувачів сайту – це абітурієнти. Тому на сьогоднішній день можна сказати, що саме сайт – є «лицем» кафедри радіотехніки. На основі проведеного аналізу сучасних веб-технологій, у даній роботі сформовано рекомендації щодо використання наступних технологій для удосконалення сайту кафедри радіотехніки: Gulp, Bower, PostCSS.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ключок, А. Створення порталу наукової бібліотеки: структура, функціональні вимоги та сучасні веб-технології [Текст] / А. Ключок // Наукові праці Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського. - К., 2013. - Вип. 38. - С. 350-365.

2. Ларичева, Д. В. Обзор основных инструментов социальных сервисов [Текст] / Д. В. Ларичева // Информатика и образование : Ежемесячный научно-методический журнал. - 2011. - № 10. - С. 31-33.

Барабан Сергій Володимирович — к.т.н., старший викладач кафедри радіотехніки, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: baraban.s.v@vntu.edu.ua

Ліхашорський Сергій Володимирович — студент групи РТр-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lihashorskiy@icloud.com

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Baraban Serhii V. — PhD, senior lecturer at Department of Radioengineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : baraban.s.v@vntu.edu.ua

Likhashorskiy Serhii Volodymyrovych- student of RTr-16ms group, faculty of infocommunications, radioelectronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lihashorskiy@icloud.com

Supervisor: **Osadchuk Oleksandr V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Radioengineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ПРИСТРІЙ СИНТЕЗУ ПЕРІОДИЧНИХ СИГНАЛІВ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ В БАЗИСІ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ФУНКЦІЙ.

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

розроблено віртуальний пристрій, що дозволяє синтезувати періодичний сигнал довільної форми в базисі гармонічних функцій.

Ключові слова: тригонометричний ряд Фур'є, синтез періодичних сигналів, ортонормований базис.

Abstract

The virtual device allows to synthesize an any form periodic signal in basis of trigonometric functions is developed.

Keywords: trigonometric Fourier series, synthesis of periodic signals, orthonormalized basis.

Вступ

У 1807 році барон Жан Батист Жозеф Фур'є (1768-1830 рр.) висловив сміливе припущення, що за допомогою нескінченного ряду:

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cdot \cos k\omega t + b_k \cdot \sin k\omega t) \quad (1)$$

можна подати будь-яку довільну періодичну, з періодом T функцію, причому навіть таку, яка містить розриви. Такий ряд називається тригонометричним, а безліч функцій $\cos k\omega t$, $\sin k\omega t$, $k = 1, 2, 3, \dots$ тригонометричною системою. Тригонометрична система функцій є ортогональною системою [1] в тому розумінні, що

$$\begin{aligned} \int_{-\pi}^{\pi} \cos k\omega t \cdot \cos m\omega t dt &= 0, \quad \int_{-\pi}^{\pi} \sin k\omega t \cdot \sin m\omega t dt = 0, \quad k, m \in N_0, \quad k \neq m, \\ \int_{-\pi}^{\pi} \cos k\omega t \cdot \sin m\omega t dt &= 0, \quad k, m \in N_0, \quad m \in N, \quad \int_{-\pi}^{\pi} \cos^2 k\omega t dt = \int_{-\pi}^{\pi} \sin^2 k\omega t dt = \pi, \quad k \in N \end{aligned} \quad (2)$$

Нехай ξ деяка 2π -періодична функція, що є абсолютно інтегруємою на відрізку $[-\pi, \pi]$. Тоді тригонометричний ряд (1) з коефіцієнтами [1,3]

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \xi(t) dt, \quad a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \xi(t) \cos(k\omega t) dt, \quad b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \xi(t) \sin(k\omega t) dt. \quad (3)$$

називається тригонометричним рядом Фур'є функції ξ , а коефіцієнти a_0 , a_k , b_k – коефіцієнтами ряду Фур'є функції ξ . Помітимо, що члени тригонометричного ряду є визначеними на дійсній осі 2π -періодичними функціями. Тому й сума тригонометричного ряду (якщо цей ряд сходиться) також є 2π -періодичною функцією.

Якщо система базисних функцій задана, і число членів ряду Фур'є обмежене деякою фіксованою скінченною величиною N , що практично і відбувається реальних умовах спостереження, ряд забезпечує найкращу апроксимацію функції ξ за критерієм мінімуму енергії помилки, що визначається нерівністю Бесселя [2,3]:

$$\|\xi(t)\|^2 \geq \sum_{i=1}^N |C_i, U_i|^2$$

Де, U_i – система базисних функцій; C_i – i -та проекція функції ξ на відповідну базисну функцію.

Серед різноманітних систем ортогональних базисних функцій для динамічного представлення електричних сигналів, тригонометричні функції займають виняткове місце. Пояснюється це тим, що вони мають ряд переваг: відносно простотою техніки генерування гармонійних сигналів; інваріантністю щодо перетворень стаціонарними лінійними електричними колами. Якщо таке коло збуджене джерелом гармонійних коливань, то сигнал на виході залишається гармонійним з тою же частотою, відрізняючись від вхідного сигналу лише амплітудою й початковою фазою.

Метою роботи є відтворення в програмному середовищі LabVIEW компанії National Instruments [4] пристрою синтезу періодичних сигналів довільної форми в базисі тригонометричних функцій з урахуванням практичних обмежень, що накладаються на реальні сигнали.

Результати дослідження

За визначеним алгоритмом в програмному середовищі LabVIEW компанії National Instruments відтворено віртуальний пристрій синтезу періодичних сигналів довільної форми в базисі тригонометричних функцій. Пристрій являє собою окремий, незалежний від середовища LabVIEW програмний продукт. Зовнішній вигляд пристрою з синтезованою, для прикладу, послідовностями прямокутних та трикутних імпульсів зображено на рис. 1.

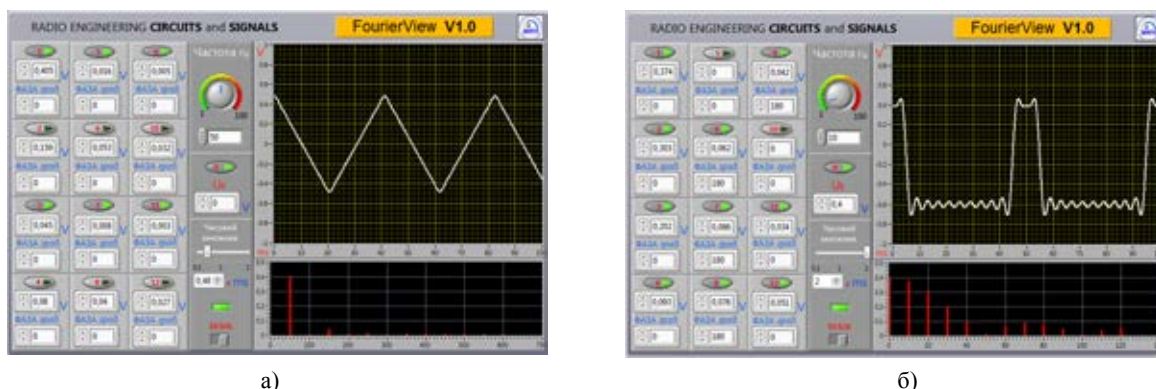


Рис. 1. Пристрій синтезу періодичних сигналів довільної форми в базисі тригонометричних функцій:

а) послідовність трикутних імпульсів періодом 20 мс, амплітудою 1 В;

б) послідовність прямокутних імпульсів тривалістю 20 мс, періодом 100 мс, амплітудою 1 В.

Висновки

З урахуванням практичних обмежень, що накладаються на реальні сигнали, в допустимих межах помилки апроксимації в програмному середовищі LabVIEW відтворений пристрій синтезу періодичних сигналів довільної форми в базисі тригонометричних функцій.

Створення даного пристрою робить наочною можливість апроксимації періодичного сигналу багаточленом Фур'є по ортогональній системі тригонометричних функцій, а також можливість синтезу сигналів довільної форми з дослідженням впливу числа ортогональних складових на помилку апроксимації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Наука, 1976. – 544 с.
2. Волощук Ю.І. Сигнали та процеси в радіотехніці. У 4-х т. — Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2003.—Т.1: 578 с..
3. Ronald L. Allen, Duncan W. Mills. Signal analysis. Time, Frequency, scale, and structure. // Wiley- Interscience , A John Willey & Sons, Inc., Publication. 2004. P. 937.
4. Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р., Щербаков Г. И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реально-го прибора. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.

Озговий Володимир Сергійович — студент групи РТР–146 факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Воловик Андрій Юрійович** — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Mozgovoj Volodimir S. — Department of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Volovyk Andrii U.** — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО І ЗВИЧАЙНОГО ЖОРСТКИХ ДИСКІВ (HDD) ДЛЯ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ (CCTV)

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано переваги і недоліки звичайного та спеціалізованого жорстких дисків (HDD) для систем відеоспостереження (CCTV). Сформовано рекомендації з використання жорстких дисків у стаціонарних системах відеоспостереження, які можуть бути використані при проектуванні систем сповіщення і безпеки різного рівня.

Ключові слова: жорсткий диск, відеоспостереження, живлення, відеореєстратор, система відеоспостереження, пам'ять, ємність.

Abstract

The advantages and disadvantages of conventional and specialized hard disks (HDDs) for video surveillance systems (CCTV) are analyzed. Formed recommendations on the use of hard disks in stationary video surveillance systems, which can be used in the design of warning and security systems of various levels.

Keywords: hard drive, video surveillance, power supply, video recorder, video capture system, memory, capacity.

Вступ

З неповної статистики, 60% технічних проблем автономного відеореєстратора походять від жорсткого диска (HDD - Hard Disc Drive) [1]. З розвитком нових технологій, обсяг зберігання відеоданих зростає з геометричною прогресією; при цьому дуже ненадійно, якщо жорсткий диск виявляється з дефектом і втраченими даними. Коли ці проблеми трапляються, установник системи безпеки змушений пропонувати клієнтам додаткові бонуси, які б компенсували виниклі незручності. В якості цих бонусів, як правило, йде безкоштовний монтаж і безкоштовне обслуговування системи відеоспостереження, що не тільки знижує рентабельність бізнесу, а й шкодить репутації [2].

Результати дослідження

Спеціалізований жорсткий диск для відеоспостереження має такий же зовнішній вигляд, як і звичайний жорсткий диск для персонального комп'ютера, але відрізняється внутрішнім «наповненням» і різними технічними параметрами. Використання спеціалізованого жорсткого диска для відеоспостереження підтримує безперервну роботу системи відеоспостереження без помилок жорсткого диска і запобігає втраті даних. Приклад: Seagate SV35 є промисловим стандартним спеціалізованим жорстким диском для систем відеоспостереження. Серія Seagate Barracuda призначена для настільних персональних комп'ютерів. Ще одним прикладом накопичувачів, спеціально призначених для систем відеоспостереження, є серія Western Digital Purple. В них застосовується технологія AllFrame, яка призводить до того, що значно зменшується число перебоїв при записі даних. Подібні перебої виникають при використанні в системах безпеки звичайних жорстких дисків для персональних комп'ютерів.

Безперервний робочий час для традиційного жорсткого диска персонального комп'ютера заснований на 5x8, що означає безперервність роботи жорсткого диска 8 годин на день і 5 днів в тиждень (робота з HDD означає, що HDD знаходиться в стані читання і запису). Зверніть увагу, що після вклюдження жорсткого диска є два його стани: робочий стан і стан призупинення роботи. Стан роботи означає, що HDD зчитує / записує дані, в той час, як стан призупинення роботи означає, що жорсткий диск не читає і не записує, але знаходиться в стані готовності до роботи.

Спеціалізований жорсткий диск для відеоспостереження (наприклад, ті ж SV35 або WD Purple) заснований на безперервній роботі 7x24, що є промисловим стандартом. 7x24 означає, що кожен день диск працює 24 години і сім днів на тиждень (тобто безперервна робота) [1].

Стандартний (звичайний) жорсткий диск персонального комп'ютера не підходить для тривалого читання і запису, але в реальності цей диск постійно працює протягом тривалого часу, в режимі зчитування і запису даних, створюючи при цьому шум і викликаючи помилки читання/запису, переривання і т. д. Перелічені «незручності» в кінцевому підсумку можуть привести до втрати даних.

Усі 3,5-дюймові жорсткі диски містять дві системи двигунів (двигун шпинделя і двигун приводу), тому при включенні жорсткого диска, він вимагає більшого струму на етапі ініціалізації для завершення свого запуску. Якщо джерело живлення не може забезпечити потрібну величину струму, жорсткий диск не може запускатися успішно, внаслідок чого, він не може використовуватися. Більш того, виникає ймовірність виникнення занадто великої кількості помилок при запуску, які можуть завдати шкоди жорсткому диску.

У зв'язку з тим, що жорсткий диск отримує живлення DC12V від зовнішнього джерела живлення, це джерело живлення DC12V є стандартним для задання струму запуску жорсткого диска. Початковий струм запуску жорсткого диска персонального комп'ютера знаходиться в межах 2,8А - 3,2А. Початковий же струм спеціалізованого жорсткого диска для систем відеоспостереження - 2,0 А [1].

Зазвичай, автономний цифровий відеореєстратор використовує масив жорстких дисків для зберігання відео, наприклад, стандартна 8-дискова система в реєстраторі середнього класу: початковий струм запуску персонального комп'ютера на HDD становить $2,8 \times 8 = 22,4$ А, найнижчий показник витрат енергії при цьому становить $22,4 \text{ А} \times 12 \text{ В} = 268,8$ Вт. Тестування початкового струму спеціалізованого жорсткого диска для систем відеоспостереження дає результат $2,0 \text{ А} \times 8 \text{ В} = 16$ А, а максимальна споживана потужність при цьому - $16 \text{ А} \times 12 \text{ В} = 192$ Вт. З вищенаведених даних випливає, що з одним і тим же зовнішнім джерелом живлення, відеореєстратор на спеціалізованих жорстких дисках може дозволити собі підключення більшої кількості накопичувачів інформації, ніж відеореєстратор на звичайних HDD. При цьому зростає показник часу напрацювання на відмову відеореєстратора, і збільшується надійність системи відеоспостереження в цілому.

Висновки

При проектуванні і створенні систем відеоспостереження слід враховувати ряд показників і методів: застосування лише спеціалізованих жорстких дисків, використання резервування накопичувачів інформації (в тому числі, за допомогою технології RAID); використання тільки перевіреної високонадійної апаратури зі створенням певного запасу міцності; післягарантійне сервісне обслуговування; багатокроковий контроль якості на всіх етапах створення систем відеоспостереження; розрахунок технічних даних і використання різної контрольно-вимірювальної техніки; постійна перевірка і підтримка кваліфікованих співробітників на належному рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дамьяновски В. CCTV. Библия видеонаблюдения 3 [Текст] / В. Дамьяновски // Пер. с англ. - М.: Security Focus, 2018, — 480 с: ил. - ISBN: 978-5-9901176-7-9
2. Януш О. С. Система відеоспостереження - як основа інтегрованого комплексу безпеки підприємства [Текст] / О. С. Януш // Безпекотворення: питання теорії і практики та правові аспекти. - К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2007. - Ч. 1. - С. 74-75.

Барабан Сергій Володимирович — к.т.н., старший викладач кафедри радіотехніки, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: baraban.s.v@vntu.edu.ua

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Baraban Serhii V. — PhD, senior lecturer at Department of Radioengineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : baraban.s.v@vntu.edu.ua

Supervisor: **Osadchuk Oleksandr V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Radioengineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ЧАСТОТНІ ЗАСТОСУВАННЯ МІТОК ІДЕНТИФІКАЦІЇ RFID

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проведено аналіз методів радіочастотної ідентифікації, розглянуто складові частини та принцип дії міток RFID для різних діапазонів частот.

Ключові слова: мітка, передавач, антена, ідентифікація, RFID.

Abstract

This article analyzes radio frequency identification methods, considers the components and the principle of RFID tags for different frequency bands.

Key words: label, transmitter, antenna, identification, RFID.

Вступ

Технологія RFID – це технологія безконтактної ідентифікації об'єктів за допомогою радіочастотного каналу зв'язку. Її використовують, щоб ідентифікувати, прослідкувати, розсортувати й виявити необмежену кількість предметів. Вона ґрунтується на бездротовій передачі та є технологією, що не вимагає ні контакту зі зчитувачем, ні прямої видимості (як у випадку застосування штрих-кодів). Загальна швидкість якісного прочитання інформації на товарі або упаковках – від 30 до 100 мс. для прочитання мітки. RFID може практично одночасно зчитувати сотні міток без прямої видимості.

Результати дослідження

Будова системи RFID. Система безконтактної ідентифікації складається із чотирьох основних елементів: антена, модулятор, декодер, схема керування [1].

RFID-мітка складається з двох частин. Перша – інтегральна мікросхема, де зберігається й обробляється інформація, відбувається модулювання й демодулювання радіочастотного сигналу. Друга частина – антена для прийому та передачі сигналу [2, 3].

Зчитувач містить генератор, який випромінює через антену певний частотний код, що відповідає частоті мітки. Сигнал із мітки через антену надходить на декодер для дешифровки та після підсилення – на мікроконтролер і комп'ютер для зчитування.

Самі ж мітки працюють у так званому SRD-діапазоні. На сьогодні діапазон SRD розвинений дуже слабо, також під питанням його ліцензування через збіг частот із мобільним стандартом IS-95 (CDMA-800). А ще існують і інші частотні діапазони, на яких можливе застосування SRD-пристроїв, проте їхнє призначення відрізняється від класичного голосового зв'язку й належить до галузі цифрових систем телеметрії та сигналізації. Усі вони працюють по сусідству з радіолюбительськими діапазонами, починаючи з 13,56 МГц (безконтактні ключі) і закінчуючи 2,4 ГГц і 5,8 ГГц (Bluetooth, WLAN, ZigBee) [4].

Транспондер RFID можна класифікувати за частотними застосуваннями [5]:

- високочастотні (ультрависокі 850 – 950 МГц і мікрохвильові 2,4 – 5 ГГц), які використовують там, де потрібні велика відстань і висока швидкість читання, наприклад, контроль залізничних вагонів або автомобілів у русі. Більша дальність дії уможливиле безпечну установку зчитувачів поза межами досяжності людей;

- проміжної частоти (10 – 15 МГц) використовують там, де повинні бути передана більша кількість

даних. Галузі застосування: логістика (відслідковування товарообігу), роздрібна торгівля, інвентаризація товарів, облік складських переміщень.

– низькочастотні (100 – 500 кГц) використовують там, де припустима невелика відстань між об'єктом та зчитувачем. Звичайна відстань зчитування становить 0,5 метра, а для міток, убудованих у маленькі "брелоки", дальність читання, як правило, ще менша – близько 0,1 метра. Галузі застосування – системи керування доступом, безконтактні карти, керування складами й виробництвом.

Відстань зчитування для низькочастотних міток частотою 125 кГц і 13.56 МГц вимірюють сантиметрами і метрами. Мінімальна відстань прочитування, необхідна для прикладної програми, вартість, швидкість операцій і складність комунікації допоможуть визначити, яку частоту використовувати (табл. 1).

Таблиця 1. Частотні характеристики активних міток

Частота	Відстань зчитування	Основні прикладні програми	Швидкість зчитування даних
Висока частота 13,56 МГц	~ 1 м	Ланцюг постачань, електронні платежі	Повільна
Ультрависока частота 860-915 МГц	~ 6 м	Ланцюг постачань, електронні платежі, відстеження багажу	Повільна
Мікрохвильова 2.45 кГц (активна)	до 200 м	Ланцюг постачань, електронні мита, сенсори	Швидка

Зчитувачі інформації містять у своєму складі передавач та антену, за допомогою яких випромінюється електромагнітне поле певної частоти. Радіочастотні мітки, які потрапили до зони дії зчитувального поля, "відповідають" власним сигналом, що містить корисну інформацію (наприклад, код товару). Сигнал уловлює антена зчитувача, інформацію розшифровують і передають до комп'ютера для обробки [6, 7].

Антену використовують як складники зчитувачів RFID-систем, вони призначені для випромінювання радіосигналів, які повинні активувати RFID-мітку й записати або зчитати дані з неї. Антени для кожного зчитувача можуть складатися з декількох антен. Ворота дозволяють швидко й надійно зчитувати значні обсяги даних, навіть коли об'єкт із товаром перебуває в русі.

Висновки

На відміну від штрих-кодів, RFID дозволяє автоматично ідентифікувати предмети, не розташовуючи предмет поруч зі зчитувачем. Автоматичний збір даних систематизує дані в системі, швидко роблячи інформацію доступною. Технологія RFID розв'язує цю проблему за допомогою бездротової передачі ідентифікаційної інформації з предметів на зчитувач завдяки механізму антиколізій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Радіочастотне кодування [Електронний ресурс] / Pidruchniki.com // Режим доступу: http://pidruchniki.com/81359/tehnika/radiochastotne_koduvannya. – Назва з титул. екрану.
2. Белов В.С. Декодер складових комплексного каналу з ортогональним частотним розділенням несучих / В.С. Белов, А.С. Белов // Східно-європейський журнал передових технологій: фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- і мікроелектроніки – Харків – 2013 – том 6, № 12(66) (2013) – с. 11-14. ISSN: 1729-4061
3. Белов В.С. Аналіз спектру в діапазоні НВЧ на основі квадратурної обробки елементарних складових / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» – Хмельницький – 2014 – №1 – с. 83-87.
4. Белов В. С. Наши соседи по эфиру – гражданский диапазон / Радиоаматор : наук.-поп. журн. – 2014. – №10 (250). – С. 43.
5. Кичак В.М. Реалізація універсального цифрового демодулятора на основі швидкодіючих перетворювачів / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2012. - №2.- с. 152-156
6. Белов В.С. Реалізація апаратного декодера мультимплексованих сигналів з ортогональним частотним поділенням / В.С. Белов, А.С. Белов. // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» – Хмельницький – 2012. - №3.- с. 129-133

7. Кичак В.М. Оцінка впливу кількісних характеристик зміни інформаційного параметру на завадостійкість каналів зв'язку з КАМн / В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов // Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». – 2012. - №4. - с. 59-62

Ільчук Дмитро Русланович – студент групи РТр-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail Demabels@gmail.com

Науковий керівник **Белов Володимир Сергійович** — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Ilchuk Dmytro Ruslanovich - student group RTR-14b, faculty of infocommunications, radio electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail Demabels@gmail.com

Supervisor: **Belov Vladimir S.** — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Прилад для вимірювання температури і вологості на мікроконтролері ATmega8A-PU

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено прилад для вимірювання температури і вологості на мікроконтролері ATmega8A-PU. Приведена схема електрична принципова.

Ключові слова: сенсор, температура, вологість, мікроконтролер.

Abstract

The device is developed for measuring temperature and humidity on the microcontroller ATmega8A-PU. A diagram of an electric circuit is presented.

Keywords: sensor, temperature, humidity, microcontroller.

Вступ

Вологість повітря – величина, що показує вміст водяної пари в атмосфері. Вона грає важливу роль при створенні та підтримці штучних умов навколишнього середовища. У житлових приміщеннях і офісах за вологістю потрібно стежити, щоб люди відчували себе комфортно. Прилад – вимірювач вологості повітря – називається вологомір або гігрометр.

Вологомір вимірює відносну вологість повітря, тобто відношення поточної вологості до максимально можливої при даній температурі. Ця величина більш інформативна на відміну від абсолютної вологості, яка вказує на загальну частку води (в грамах) в одному кубічному метрі повітря.

В основі роботи будь-яких температурних датчиків, що використовуються в системах автоматичного управління, лежить принцип перетворення вимірюваної температури в електричну величину. Це обумовлено наступними причинами: електричні величини зручно передавати на значну відстань, причому передача здійснюється з високою швидкістю; електричні величини універсальні в тому сенсі, що будь-які інші величини можуть бути перетворені в електричні і навпаки; вони точно перетворюються в цифровий код і дозволяють досягти високої точності, чутливості і швидкодії засобів вимірювань.

Основна частина

Запропонована конструкція – це USB пристрій до ПК, який передає дані з сенсорів за допомогою UART – USB з інтервалом 2 секунди, відповідно, на ПК встановлена програма, яка крім обробки і відображення отриманих даних передає їх, при бажанні, на WEB сервер, зайшовши на який можна відстежувати всі покази в режимі реального часу і як ви розумієте, перебуваючи в будь-якій точці світу.

Основою приладу для вимірювання температури і вологості є мікроконтролер ATmega8A-PU. Мікроконтролер працює з кварцовим генератором на вказаній на схемі частоті, що забезпечує синхронізовану тактову частоту мікроконтролера [1,2].

Перемички JP1, JP2, JP3 призначені для «занулення» певних значень, тобто при встановленій перемичці JP1 значення вологості буде завжди 0, при встановленій JP2 значення температури завжди буде 0 і при JP3 значення тиску завжди 0.

Сенсором вологості в розробленому пристрої служить DHT11, що володіє хорошими параметрами в свої ціновій категорії, але має незначний мінус в своїх показах, якщо похибка вологості знаходиться в межах норми і складає $\pm 5\%$, то покази температури мають не дуже широкий інтервал вимірювальних температур (0...+50)°C і похибка складає $\pm 2^\circ\text{C}$, тому значення температури буде братися від окремого сенсору тиску і температури (BMP180), що володіє мініатюрними розмірами і високою точністю. Зв'язок здійснюється через шину I²C. Інтервал температури (-40...+85)°C і похибка складає $\pm 0,1^\circ\text{C}$.

Інтервал тиску (30 – 110) кПа. [3]

Для передачі даних з сенсорів використовуються FT232RL UART – USB перетворювач, який з інтервалом в 2 секунди обмінюється даними з ПК на якому встановлено програму в якій відображаються отримані дані.

На рис. 1 зображена електрична принципова схема.

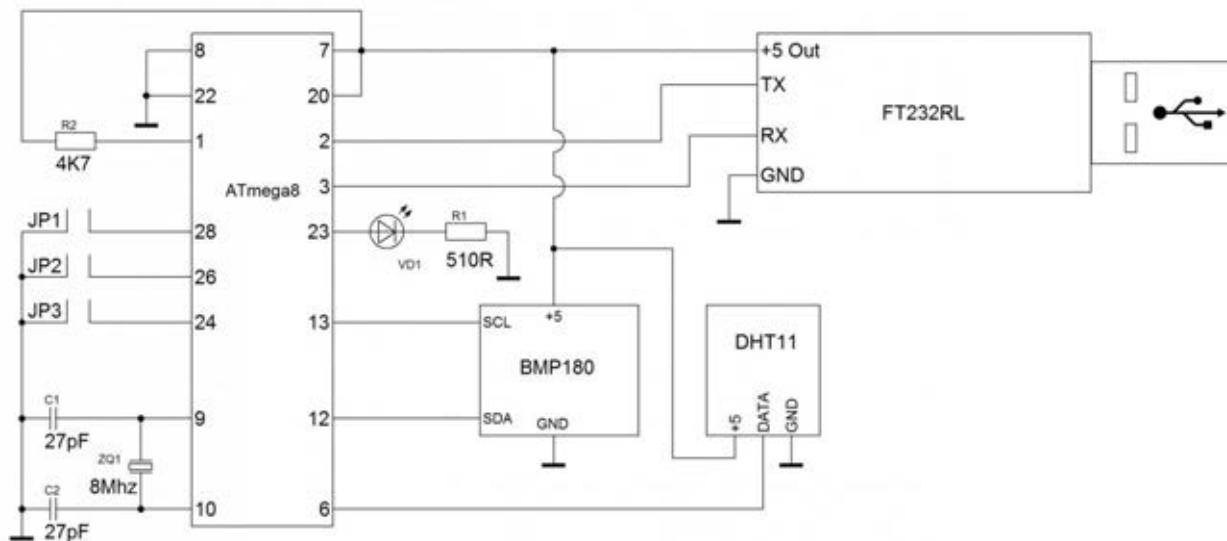


Рис.1 Схема електрична принципова приладу для вимірювання температури і вологості на мікроконтролері ATmega8A-PU

При першому запуску програми налаштовуються оптимальні межі даних отриманих з сенсорів, ці значення впливають на графічне відображення значень в основному вікні програми (рис.2), красна стрілка вгору означає завищене значення, вниз – занижене і зелене позначення – в нормі відповідно. Що стосується оптимальної границі тиску, то як такої її немає, це значення залежить від географічних координат вашого міста, а точніше від висоти, на якій розташоване ваше місто щодо рівня моря, простіше всього межі атмосферного тиску можна взяти з таблиці висот або за методом спостереження.

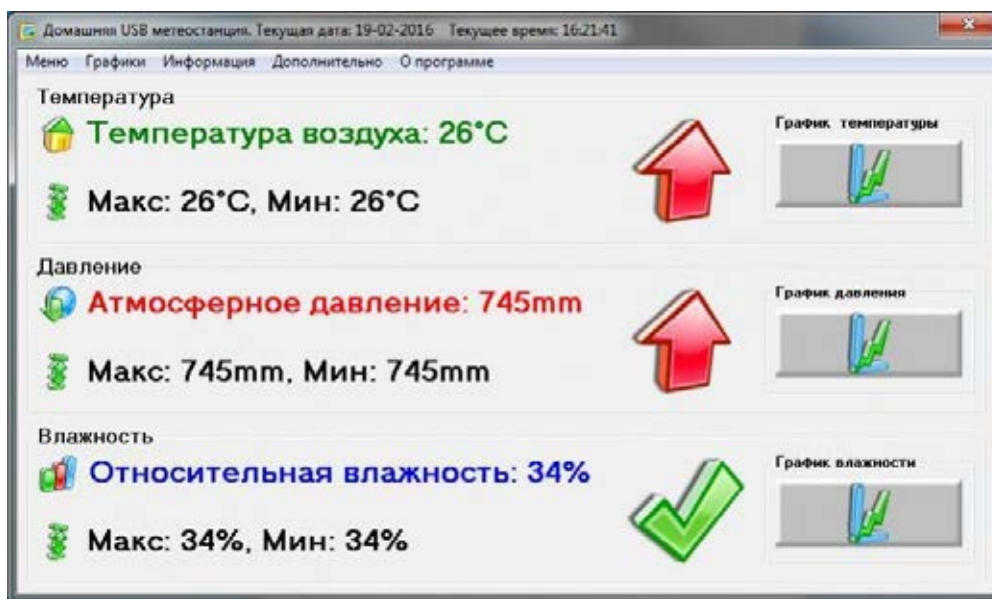


Рис.2 Графічне відображення значень в основному вікні програми

Висновки

У роботі розглянуто простий за схемним рішенням пристрій, що має незначні габарити з якісними показниками, а також UART – USB зв'язок інтерфейсу з ПК, що поєднує в собі живлення пристрою та передачу даних від сенсорів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ATmega8A-PU MCU [Электронный ресурс] / ATMEL.COM. – <http://www.atmel.com> – 16.02.18.
2. Рюмик С. М. 1000 и одна микронтроллерная схема. Вып. 2. – М.: Додэка-XXI, 2011. – 400 с.
3. DHT11 Temperature and Humidity Sensor [Электронный ресурс] / DFROBOT.COM. – <http://www.dfrobot.com> – 16.02.18.

Звягін Олександр Сергійович – канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Сесь Ростислав Олексійович – студент групи РТр-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rostislavses@mail.ru

Ses Rostyslav O. – group RTr-16ms, Department of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rostislavses@mail.ru

Zviahin Alexander S. – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ОБРОБКА СИГНАЛУ СЕНСОРА ЗА ДОПОМОГОЮ ДОТИЧНОЇ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуто можливість застосування і математичний апарат для обробки вимірювальних сигналів перетворювачів фізичних величин. Виведено методику розрахунку енергії імпульсу неперервного сигналу довільної форми на основі використання дотичних до графіка апроксимуючого полінома між відліками вимірювання. Проведено експериментальне порівняння отриманих результатів з відомими методами: прямокутників, трапеції, Сімпсона. Наведено логічну блок-схему реалізації запропонованого метода.

Ключові слова: визначений інтеграл, дотична, автогенераторний перетворювач, блок-схема, точність вимірювання.

Abstract

The possibility of application and mathematical device for processing of measuring signals of transversals of physical magnitudes are considered. The method of calculating the momentum energy of a continuous waveform of arbitrary form is derived based on the use of tangent to the graph of the approximating polynomial between the reference samples. The experimental comparison of the obtained results with known methods is carried out: rectangles, trapezium, Simpson. The logical block diagram of implementation of the proposed method is given.

Keywords: definite integral, tangential, autogenerator converter, block diagram, accuracy of measurement.

Вступ

Одним із пріоритетних напрямків розвитку науково-технічної діяльності людини є вдосконалення технологічних ліній та обладнання з метою оптимізації процесу виробництва. Рішення даної проблеми призвело до поєднання виробничого обладнання та систем управління технологічними процесами в складні комп'ютеризовані інформаційні системи, розвиток яких тісно пов'язаний з новітніми досягненнями в області апаратного і програмного забезпечення [1].

Результати дослідження

Нехай маємо масив результатів вимірювання первинних сенсорів, що описується деякою неперервною функцією перетворення $F(x)$, що на відрізку $[x_0; x_1]$ не має точок екстремуму 2-го порядку, де $x_0, x_1, \dots, x_n$ – рівновіддалені відліки вимірювання; h – крок сітки (частота звертання до перетворювача).

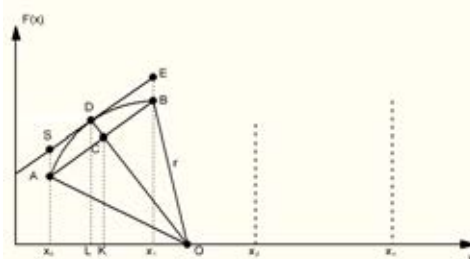


Рис.1 Графічне зображення методу дотичних

Позначим через $A(x_0; F(x_0)), B(x_1; F(x_1)), C(\frac{x_1+x_0}{2}; \frac{F(x_1)+F(x_0)}{2})$ відповідно точки перетину графіка

апроксимованої функції $F(x)$ з графіками функцій $x_0, x_1, \frac{x_1+x_0}{2}$. Точка $O(\frac{(x_1^2-x_0^2)+(F(x_1^2)-F(x_0^2))}{2h}; 0)$ – центр кола, що апроксимує функцію $F(x)$ на відрізку $[x_0; x_1]$.

Площа трапеції X_0SEX_1 є визначеним інтегралом функції $F(x)$ на проміжку $[x_0; x_1]$ і визначається

$$\text{виразом: } S_{X_0SEX_1} = h \cdot \frac{\frac{OL}{LD}x_0 - \frac{x_{T,0}}{LD}OL + \frac{(x_{T,0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}{LD} + \frac{OL}{LD}x_1 - \frac{x_{T,0}}{LD}OL + \frac{(x_{T,0} - x_0)^2 + F^2(x_0)}{LD}}{2};$$

$$S_{X_0SEX_1} = h \cdot \frac{OL(x_1 + x_0) + 2((x_{T,0} - x_0)^2 + F^2(x_0)) - 2x_{T,0}OL}{2LD} = \int_{x_0}^{x_1} F(x)dx.$$

В загальному випадку площа трапеції розраховується за виразом:

$$S_{mpan,n} = h \cdot \frac{OL_{n-1}(x_n + x_{n-1}) + 2((x_{T,0,n-1} - x_{n-1})^2 + F^2(x_{n-1})) - 2x_{T,0,n-1}OL_{n-1}}{2LD_{n-1}}.$$

Тоді визначений інтеграл функції $F(x)$ на відрізку $[x_0; x_n]$ буде знаходитись за виразом:

$$\int_{x_0}^{x_n} F(x)dx = \sum_{i=1}^n S_{mpan,i} = \frac{OL_{i-1}(x_i + x_{i-1}) + 2((x_{T,0,i-1} - x_{i-1})^2 + F^2(x_{i-1})) - 2x_{T,0,i-1}OL_{i-1}}{2LD_{i-1}}.$$

В якості прикладу обрахуєм визначений інтеграл функції $F(x) = \frac{\ln x}{x^2 + 5}$ на відрізку $[1; 2]$ з кроком 0,1.

Таблиця 1

Значення функції $F(x) = \frac{\ln x}{x^2 + 5}$ на відрізку $[1; 2]$

x	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F(x)	0	0,01534	0,0283	0,039 22	0,0483 4	0,0559 3	0,062 17	0,0672 5	0,07123	0,0745 5	0,077

Після підстановки значень з наведеної вище таблиці, отримаємо:

$$\int_1^2 \frac{\ln x}{x^2 + 5} dx = \frac{0,1}{3} (0 + 0,077 + 2 \cdot (0,0233 + 0,04334 + 0,06217 + 0,07133) + 4(0,01534 + 0,03922 + 0,05593 + 0,06725 + 0,07455)) =$$

$$= \frac{0,1}{3} (0,077 + 0,4203 + 1,00916) = 0,05022.$$

Висновки

Розглянуто можливість чисельної обробки сигналів генераторних та параметричних перетворювачів фізичних величин. Запропоновано використання метода дотичних, що дозволяє розробку різноманітних перетворювачів фізичних величин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук О.В. Обробка вимірювального сигналу сенсора за допомогою параболическої інтерполяції / Осадчук О.В., Савицький А.Ю., Звягін О.С. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – №2. – С. 153-158.

2. Демидович Б.П. Численные методы анализа / Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Е.З. // – М. : Наука, 1967. – 368 с.

Савицький Антон Юрійович — канд. техн. наук, ст. викл. кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Savitsky Anton Yuriyovych - Cand. tech Sciences, Art. off Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University

Scientific supervisor: **Osadchuk Oleksandr Vladimirovich** - Dr. Tekhn. Sciences, professor, head of the chair of radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ СТАНДАРТІВ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

¹ Вінницький національний технічний університет

² Вінницький національний технічний університет

³ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано переваги і недоліки існуючих цифрових стандартів відеоспостереження. Сформовано рекомендації з використання цифрових стандартів відеоспостереження, що можуть бути використані при проектуванні систем безпеки різного рівня.

Ключові слова: відеоспостереження, IP-камера, HD-SDI, система відеоспостереження, аналоговий сигнал, цифровий сигнал.

Abstract

The advantages and disadvantages of existing digital video surveillance standards are analyzed. Formed recommendations on the use of digital video surveillance stations, which can be used in the design of security systems of various levels.

Keywords: video surveillance, IP-camera, HD-SDI, video surveillance system, analog signal, digital signal.

Вступ

Традиційно до цифрових стандартів відеоспостереження відносять дві основні технології: IP відеоспостереження та SDI (HD-SDI). SDI - Serial Digital Interface - цифровий послідовний інтерфейс, який стандартизований SMPTE - Society of Motion Picture and Television Engineers (організація, яка рекомендує стандарти для телебачення і кіно) [1]. Технологія SDI CCTV своєю появою відкрила новий напрямок в світі професійного відеоспостереження [2]. Її головною перевагою стала можливість цифрової передачі і запису сигналів в якості HD за допомогою традиційної інфраструктури CCTV.

Результати дослідження

Перевага HD-SDI над IP полягає в повній сумісності з кабельною мережею для аналогової системи відеоспостереження, тому що використовує той же коаксіальний кабель для передачі відео, завдяки чому технологія HD-SDI поки просувається у вузьких галузях використання відеоспостереження. Якщо користувач аналогової системи (CCTV) хоче перейти на систему відеоспостереження високої чіткості, використовуючи IP-камеру, йому «з нуля» необхідно створити систему з'єднань для передачі відео, а існуючий коаксіальний кабель просто потрібно викинути. Разом з цим, використовуючи камеру HD-SDI для модернізації аналогової системи відеоспостереження, існуючий коаксіальний кабель можна використовувати в системі з'єднань для передачі відео.

В IP-камерах реалізована функція стиснення відео, що дозволяє зберігати відеодані на локальному пристрої, наприклад, SD-карті, в той час, як HD-SDI-камери виводять відеодані, що займають величезні об'єми пам'яті. IP-камера, яка використовує мережу Ethernet, підтримує протокол TCP/IP, як наслідок має присвоєну IP-адресу, що дозволяє використовувати її для віддаленого моніторингу, запису, це особливо зручно, якщо клієнт знаходиться в іншому кінці світу, але маючи інтернет, легко може отримати доступ до своєї IP-камери.

Якщо IP-камери системи відеоспостереження під'єднані до загальної мережі по інтерфейсу Ethernet, то така система безпеки може з легкістю бути піддана небезпеці з боку неавторизованих користувачів мережевим вторгненням, тому адміністратору необхідно прийняти певну стратегію безпеки, щоб уникнути хакерських атак. Більшість пристроїв IP-відеоспостереження має можливість «перепрошивання» без відключення від локальної мережі, а також доступ до апаратури через різні мережеві протоколи зв'язку, наприклад, Telnet-додаток. Такі можливості призводять до того, що помилки можуть зробити навіть кваліфіковані користувачі системи відеоспостереження. Відновлення працездатності апаратних засобів, після подібних помилок

займає зазвичай багато людських ресурсів, і не кожному під силу. HD-SDI камери позбавлені такого роду недоліків, але мають інший - центр моніторингу, куди вони під'єднані, повинен стискати відео, що автоматично збільшує робоче навантаження на центр. Проте, все-таки HD-SDI камери більш безпечні від пошкодження «прошивки», вони навіть не мають зовнішніх інтерфейсів, через які можна потрапити з системи відеоспостереження у флеш-пам'ять камери.

HD-SDI стандарт (послідовник SDI-стандарту) використовує передачу кожної з трьох компонентів відео Y, Cb, Cr послідовно, ущільнюючи канали в один двійковий код, де Y - сигнал яскравості, Cb - кольорорізницевий сигнал кольоровості синього кольору, Cr - кольорорізницевий сигнал кольоровості червоного кольору. Таке перетворення нагадує імпульсно-кодову модуляцію аналогового сигналу в системах зв'язку. Разом з композитним відеосигналом, в форматі HD-SDI можлива передача звуку (стандартні 4 канали або більше, аж до 16-ти) і тимчасового коду. Структура сигналу HD-SDI побудована на певній кількості відліків в кожному рядку і числі рядків в кадрах. Відповідно до стандарту SMPTE-292M, щоб забезпечити якісне кодування і декодування всіх дискретних відліків, передача HD-SDI сигналу здійснюється на швидкості 1,485 Гбіт/с при частоті кадрів 24, 25, 30 Гц (прогресивна розгортка) або 50, 60 Гц (черезрядкова). У HD-SDI телебаченні відбувається пряме фізичне перетворення сигналу, кодування його в «послідовну цифру», що принципово відрізняє його від IP-відеоспостереження. Останнє працює по протоколу TCP/IP. Крім того, IP-відеоспостереження безпосередньо пов'язане з семирівневою моделлю OSI (Open System Interconnection), де при обробці сигналу застосовується дуже багато віртуальних, прикладних і програмних засобів.

Висновки

Проведено аналіз цифрових стандартів відеоспостереження. В останні роки цифровий стандарт HD-SDI втратив позиції завдяки розвитку декількох стандартів аналогового відеоспостереження високої чіткості: HD-CVI, HD-TVI, АНД. Хоча заводо захищеність в аналогових стандартах і нижча, проте відстань передачі сигналу в коаксіальній кабельній мережі забезпечується значно більша - від 300 до 500-600 метрів. Для систем відеоспостереження підприємств таке збільшення стало вирішальним фактором, а для студій відеозапису і центрів мовлення HD-SDI система поки що займає лідируючу позицію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дам'яновски В. CCTV. Библия видеонаблюдения 3 [Текст] / В. Дам'яновски // Пер. с англ. - М.: Security Focus, 2018, — 480 с: ил. - ISBN: 978-5-9901176-7-9

2. Януш О. С. Система відеоспостереження - як основа інтегрованого комплексу безпеки підприємства [Текст] / О. С. Януш // Безпекотворення: питання теорії і практики та правові аспекти. - К. : Вид-во Європ. ун-ту, 2007. - Ч. 1. - С. 74-75.

Барабан Сергій Володимирович — к.т.н., старший викладач кафедри радіотехніки, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: baraban.s.v@vntu.edu.ua

Левкін Артем Вячеславович — студент групи РТр-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: artm.levksn@ukr.net

Прокончук Сергій Сергійович — студент групи РТр-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Sergdom9@gmail.com

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Baraban Serhii V. — PhD, senior lecturer at Department of Radioengineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : baraban.s.v@vntu.edu.ua

Levkin Artem Vyacheslavovich- student of RTr-17ms group, faculty of infocommunications, radioelectronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: artm.levksn@ukr.net

Prokopchuk Sergey Sergeevich- student of RTr-17ms group, faculty of infocommunications, radioelectronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Sergdom9@gmail.com

Supervisor: **Osadchuk Oleksandr V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Radioengineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ПЕРЕТВОРЮВАЧ ВОЛОГОСТІ ГАЗІВ НА ОСНОВІ ЧУТЛИВОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Запропоновано автогенераторний транзисторний перетворювач вологості на основі транзисторної структури з від'ємним опором, в основу функціонування якої покладено принцип перетворення вологості повітря у частотний інформаційний сигнал.

Ключові слова: автогенератор, вологість, частота інформаційного сигналу.

Abstract

An autogenerator transistor humidity converter is proposed on the basis of a transistor structure with negative resistance, the basis of which is the principle of the transformation of humidity into the frequency information signal.

Keywords: autogenerator, humidity, frequency of information signal..

Вступ

Застосування автогенераторних структур первинних перетворювачів фізичних величин, вологості зокрема, розкриває широкі перспективи розвитку інформаційно-вимірювальних систем, в яких, за рахунок використання частотної модуляції інформаційного сигналу, виникає можливість, реалізації завадостійких каналів вимірювання і обробки даних, а також - можливість реалізації комплексних комп'ютеризованих систем вимірювання і контролю параметрами середовища і технологічних операцій за рахунок універсальності інформаційного параметру.

Результати дослідження

Розробка будь-якого первинного перетворювача не можлива без розробки її математичної моделі, яка б враховувала вплив як вимірюваної величини, так й інших суттєвих факторів. Одним з математичних інструментів, що дозволяє розробки даної моделі є метод змінних стану. На рис. 1 зображено схему електричну первинного перетворювача вологості на основі вологочутливої автогенераторної транзисторної структури [1].

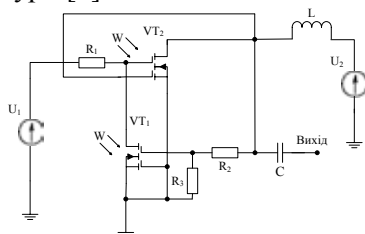


Рис. 1. Схема електрична принципова автогенераторного перетворювача вологості на основі чутливої транзисторної структури з від'ємним опором

В даній схемі адсорбовано з повітря вологість двома чутливими МДН-транзисторами з чутливим шаром пористого SiO_2 призводить до зміни еквівалентної ємності λ -діода, створеного на їх основі, що в свою чергу призводить до зміни частоти коливань на виході схеми. На основі перетворену еквівалентну схему, зображену на рис. 3.21 [2].

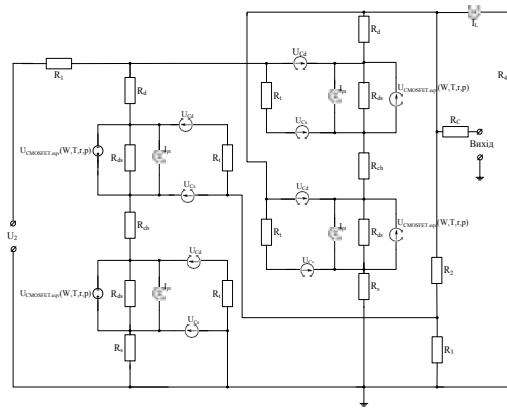


Рис. 2. Еквівалентна схема автогенераторного перетворювача вологості на основі чутливої транзисторної структури з від'ємним опором

На основі даної еквівалентної схеми отримано аналітичний вираз функції перетворення даної структури в залежності від впливу таких суттєвих факторів, як вологість повітря, температура, ефективний радіус пор чутливого шару та тиск повітря:

$$F(W, T, r, p) = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eqv.\lambda-diod}(W, T, r, p)}}.$$

Висновки

Розроблено схему та визначено функцію перетворення перетворювача вологості на основі тавтогенераторної транзисторної структури з від'ємним опором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент України на корисну модель № 42218, МПК (2011.01) G01N 21/53. Напівпровідниковий гігрометричний сенсор / А. Ю. Савицький, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. Л. Гладковська, О. С. Звягін; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет – №2009009; заявл. 06.02.2009; опубл. 25.06.2009; Бюл. № 12.
2. Осадчук О.В. Осадчук В.С., Савицький А.Ю. Радіовимірювальні перетворювачі вологості на основі МДН-структур. Монографія //Вінниця: ВНТУ – 2016. – 152 с.

Бриндак Іванна Петрівна — студентка групи ТКР-18б, факультет інфокомунікацій, радіелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: Brindak@ukr.net

Савицький Антон Юрійович — канд. техн. наук, ст. викл. кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Brindak Ivanna Petrivna - student of the TKR-18b group, faculty of infocommunications, radio electronics and nano-systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: Brindak@ukr.net

Savitsky Anton Yuriyovych - Cand. tech Sciences, Art. off Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University

Scientific supervisor: **Osadchuk Oleksandr Vladimirovich** - Dr. Tekhn. Sciences, professor, head of the chair of radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya

СХЕМОТЕХНІЧНІ ВАРІАНТИ ЯДРА МОНОЛІТНИХ ГЕНЕРАТОРІВ КЕРОВАНИХ НАПРУГОЮ НА ОСНОВІ ТРАНЗИСТОРНИХ СТРУКТУР З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто варіанти схем ядра монолітних інтегральних генераторів керованих напругою. Як елемент змінної ємності використано варикапи для перелаштування частоти генерації. Наведена математична модель ядра ГКН на основі польової транзисторної структури. Досліджено біфуркацію Андронова-Хопфа ГКН.

Ключові слова: генератор керований напругою, електрична схема, математична модель, біфуркація Андронова-Хопфа.

Abstract

The variants of the kernel circuits of monolithic integral by voltage-controlled oscillator are considered. As an element of a capacitance variable, varicaps used to adjust the generation frequency. The mathematical model of VCO core based on field transistor structure is presented. The Andronov-Hopf bifurcation of VCO was investigated.

Keywords: voltage-controlled oscillator, electrical circuit, mathematical model, Andronov-Hopf bifurcation.

Вступ

Сучасним напрямком в теорії автоматичного керування і теорії зв'язку є практичне застосування генераторів керованих напругою. Застосування транзисторних структур з від'ємним опором є перспективним напрямком побудови ГКН в інтегральному виконанні [1].

Метою роботи є дослідження становлення граничного циклу при електронному переналаштуванні частоти генерації в ГКН на основі польової транзисторної структури з від'ємним опором та умови виникнення біфуркації Андронова-Хопфа.

Результати дослідження

На рис. наведено структуру ІМС ГКН MAX2624 і MAX2754 з електронним перелаштуванням частоти генерації [2, 3]. Як елементи налаштування частоти використовують варикапи. Настроювальні характеристики та нормовані вихідні спектри генерованих коливань наведені на рис. 2 [2, 3].

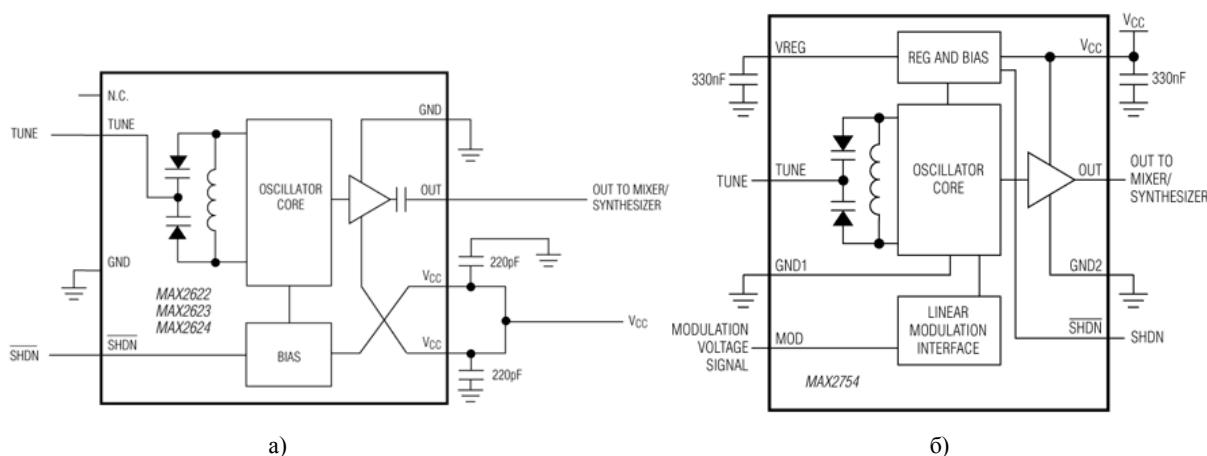


Рис. 1. Структури інтегральних мікросхем ГКН MAX2624 (а) і MAX2754 (б)

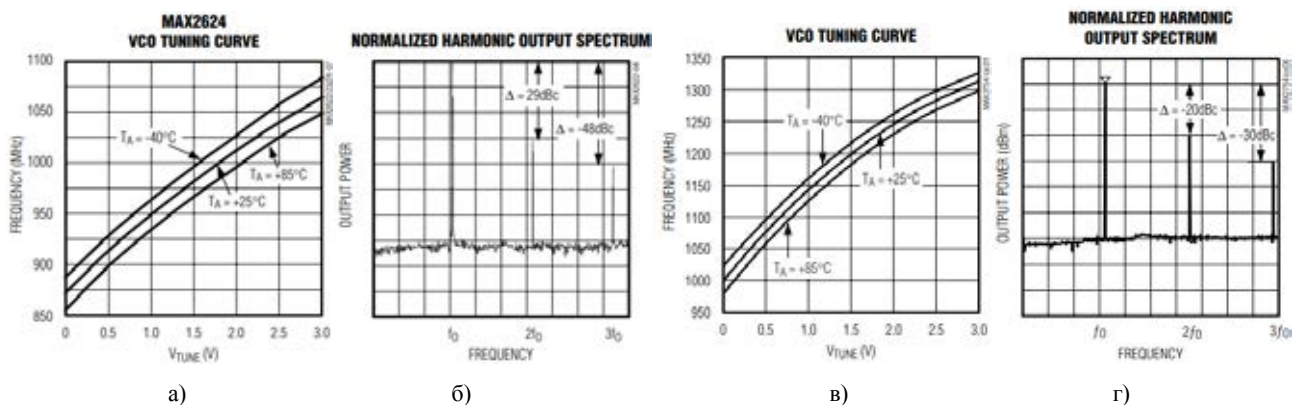


Рис. 2. Настроювальні характеристики ГКН MAX2624 (а) і MAX2754 (в) та нормовані спектри генерованих гармонійних коливань MAX2624 (б) і MAX2754 (г)

Електричні схеми ядра ГКН на основі польової та біполярної ТСВО наведені на рис. 3,а [1].

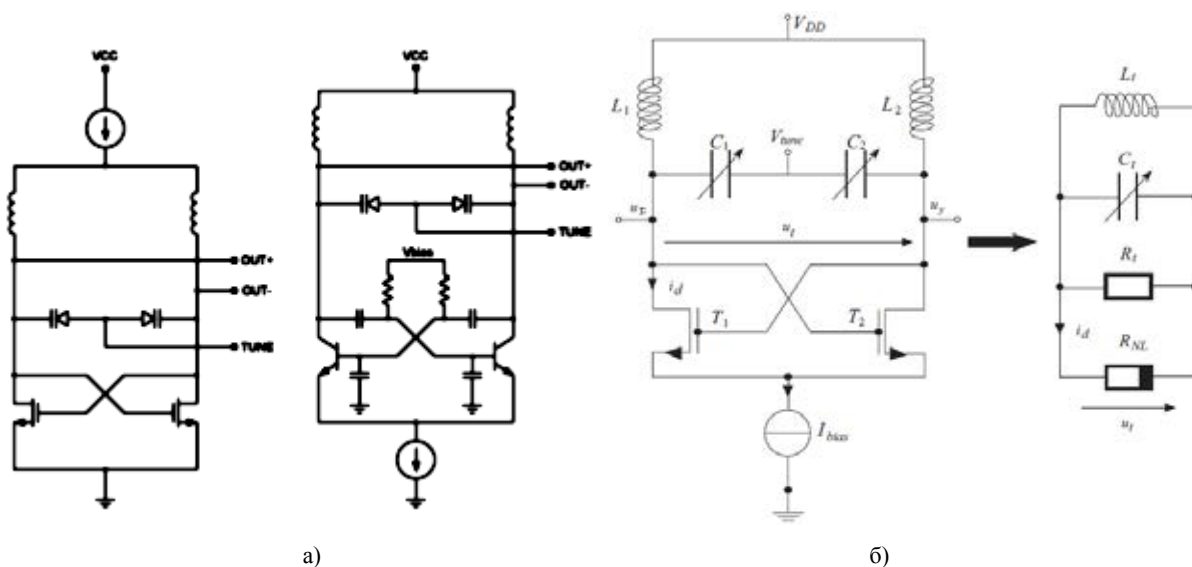


Рис. 3. Електричні схеми ядра ГКН на основі польових і біполярних ТСВО (а) [1], електрична та еківалентна схема ядра ГКН на основі польової ТСВО (б) [4]

Еквівалентна схема та математична модель ядра генератора на рис. 3,б запропоновані в роботі [4]. Система рівнянь руху в матричній формі має вигляд [4]

$$\begin{pmatrix} \frac{di_L}{dt} \\ \frac{dv_t}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\omega_C \\ \omega_C & \alpha(\mu) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_L \\ v_t \end{pmatrix} + \varepsilon f(v_t, i_L), \quad (1)$$

де

$$\alpha(\mu) = -\frac{1}{C_0(V_{tune})} \left[\frac{I_{bias} \sqrt{\mu_n C_{ox} W_n}}{2 \sqrt{I_{bias} L_n}} - \frac{1}{R_t} \right], \quad (2)$$

$$C_0(V_{tune}) = C_{v0}(V_{tune}) + C_{par}, \quad (3)$$

$$\omega_C = \frac{1}{\sqrt{C_0(V_{tune}) L_t}}. \quad (4)$$

У рівняннях (1)-(4) W_n - ширина перехресної пари, L_n - довжина каналу, $C_0(V_{tune})$ позначає ефективну ємність від сигналу ГКН. Сумарна ємність складається з ємності, що залежить від варакторної напруги $C_{V0}(V_{tune})$ та паразитних ємностей інших компонентів ГКН [4].

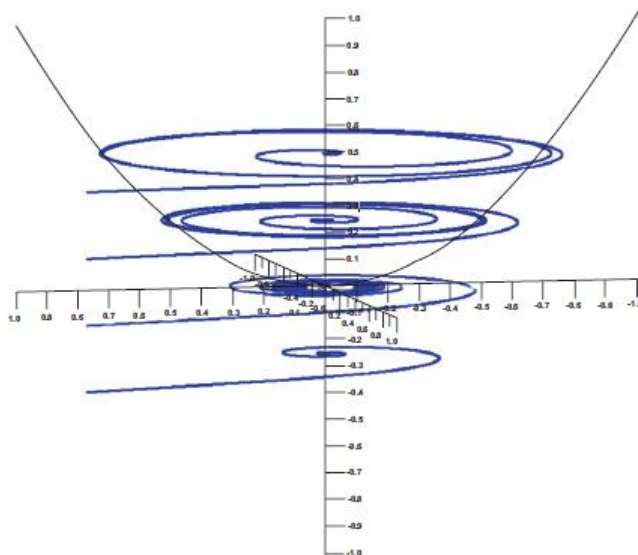


Рис. 4. Графік граничного циклу біфуркації Андронова-Хопфа в ГКН на рис. 3,б при різних частотах генерації

Умовою виникнення біфуркації Андронова-Хопфа є [4]

$$W_{n,C} = \frac{4L_n}{\mu_n C_{ox} I_{bias} R_t^2} \cdot \quad (5)$$

Амплітуда граничного циклу можна обчислити по формулі [4]

$$r = \sqrt{\frac{8}{3}} \sqrt{\frac{(R_t I_{bias} - v_n)}{R_t I_{bias}}} v_n, \text{ де } v_n = \sqrt{\frac{I_{bias} L_n}{\mu C_{ox} W_n}} \cdot \quad (6)$$

У роботі [4] досліджено експериментальний макет, де як польові транзистори обрано SGB25V за 0,25 мкм технологією RF CMOS, індуктивність величиною $L_{i,s} = 11.1$ нГн, та ширина варактора $W_n = 150$ мкм. Експериментальні дослідження показали, що центральна частота генератора становить 2,4 ГГц, діапазон зміни частоти при електричному керуванні в діапазоні 1,98..2,79 ГГц [4].

Висновки

У роботі наведено результати чисельного математичного моделювання біфуркації Андронова-Хопфа в ГКН на основі польової транзисторної структури з від'ємним опором.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ильин А.Г. Автогенераторы и синтезаторы. Учебное пособие / А.Г. Ильин. – Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. – 68 с.
2. MAXIM Monolithic Voltage-Controlled Oscillators. Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX2622-MAX2624.pdf>
3. MAXIM 1.2GHz VCO with Linear Modulation Input. Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.maximintegrated.com/en/products/comms/wireless-rf/MAX2754.html>
4. Wolfgang Mathis and Jan Bremer. Modelling and design concepts for electronic oscillator and its synchronization // The Open Cybernetics and Systems Journal. – 2009. – No 3. – pp. 47-60.

Семенов Андрій Олександрович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Semenov Andriy A. — Cand. Sc. (Eng), Professor of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ОБ'ЄКТА

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі запропоноване просте схемотехнічне рішення цифрового спідометра для легкового автомобіля. Як приклад, розроблений цифровий спідометр передбачений для застосування у ВАЗ 2114. Працездатність пристрою перевірена шляхом моделювання в Proteus 7.7.

Ключові слова: спідометр, датчик швидкості, мікроконтролер, електрична схема.

Abstract

The paper proposes a simple circuit design of a digital speedometer for a passenger car. As an example, the developed digital speedometer is for use in Lada 2114. The performance of the device is tested by simulation in Proteus 7.7.

Keywords: speedometer, speed sensor, microcontroller, electrical circuit.

Вступ

Спідометр - така ж невід'ємна частина автомобіля, як двигун або колеса. Це вірний помічник водія під час руху: без нього не визначити поточну швидкість і пройдену відстань. Для замовників транспортних послуг він часто залишається єдиним джерелом даних при розрахунку пробігу і витрат палива. Однак у силу технологічного рішення цей прилад не можна назвати точним вимірником. Тому розробка та дослідження цифрових спідометрів із високою точністю вимірювання є актуальною науково-технічною задачею.

Метою роботи є розробка нового схемотехнічного рішення радіоелектронного пристрою руху об'єкта.

Результати дослідження

Принцип дії спідометра оснований на прямому вимірюванні періоду імпульсів, які знімаються з контактів переривачу, з подальшим обчисленням швидкості обертання валу коліс й виведенням результату на індикатор.

На рис. 1 наведена структурна схема пропонованого пристрою. Він складається з таких основних структурних блоків: 1) джерело живлення; 2) датчик швидкості; 3) мікроконтролер; 4) індикатор виведення інформації.



Рис. 1. Структурна схема цифрового спідометра

Датчик - це асинхронний генератор зі збудженням від постійного магніту. Напругу, що виробляється магнітом, прямо пов'язана з числом оборотів його якоря і відповідно ведучого вала. Згенерований струм надходить на спідометр і через обробку у МК виводить виміряну швидкість на індикатор.

Для завдання необхідної тактової частоти для мікроконтролеру використовується кварцовий резонатор.

натор на 10МГц. Визначення швидкості відбувається датчиком швидкості та обчислюється мікроконтролером за формулою

$$V=0,6/(1/Fп) \text{ (км/год)}, \quad (1)$$

де $Fп$ – кількість імпульсів за 1 секунду.

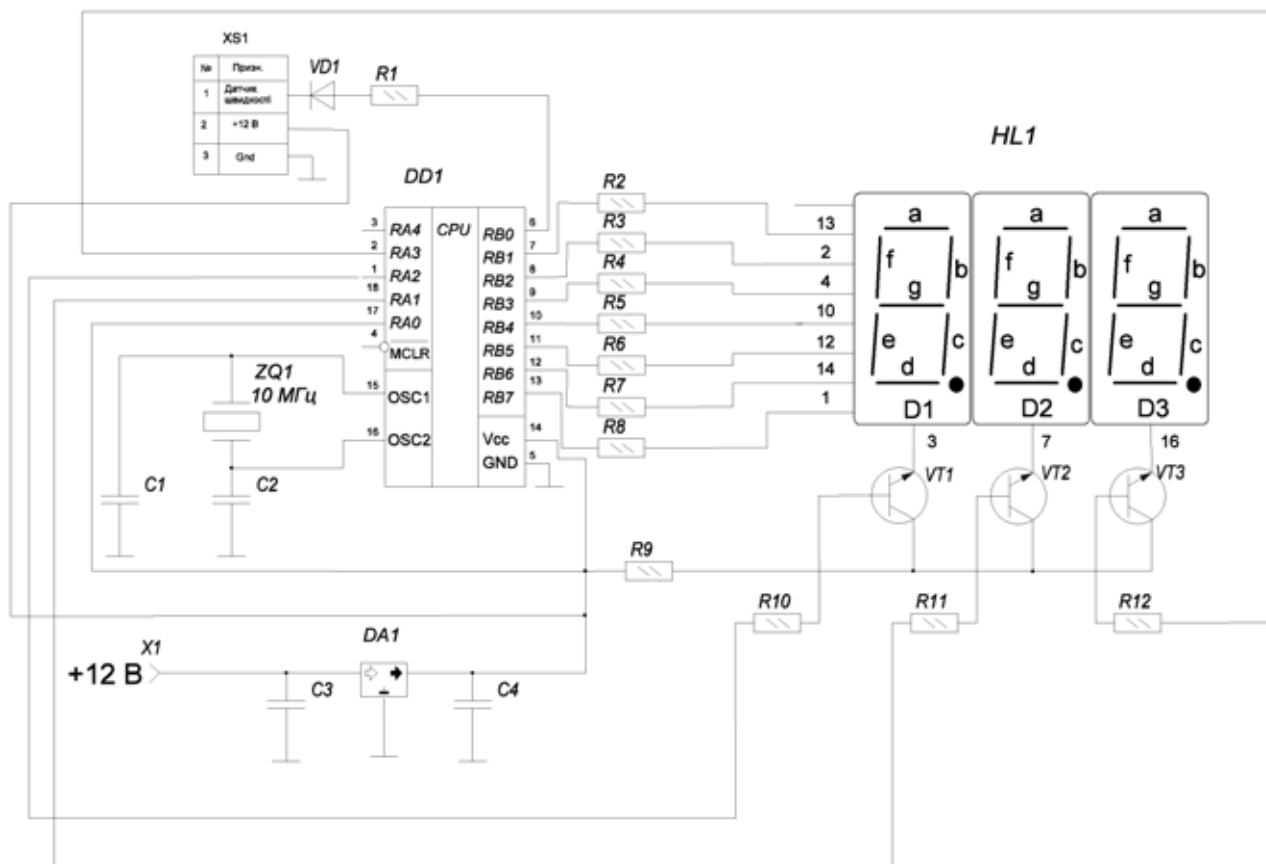


Рис. 2. Схема електронна принципова цифрового спідометра

Моделювання роботи схеми спідометра проводилось у пакеті Proteus 7.7 Professional (рис. 3).

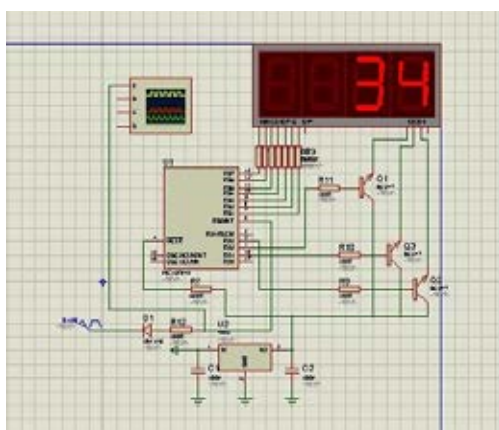


Рис. 3. Електронна схема цифрового спідометра у пакеті Proteus 7.7 Professional

Метою дослідження є перевірка відповідності розробленого програмного забезпечення апаратної частини схеми. Замість датчика швидкості використовується генератор прямокутних імпульсів, вихідного сигналу якого достатньо, щоб перевірити працездатність спідометру. Результати моделювання наведені на рис. 4 і рис. 5.

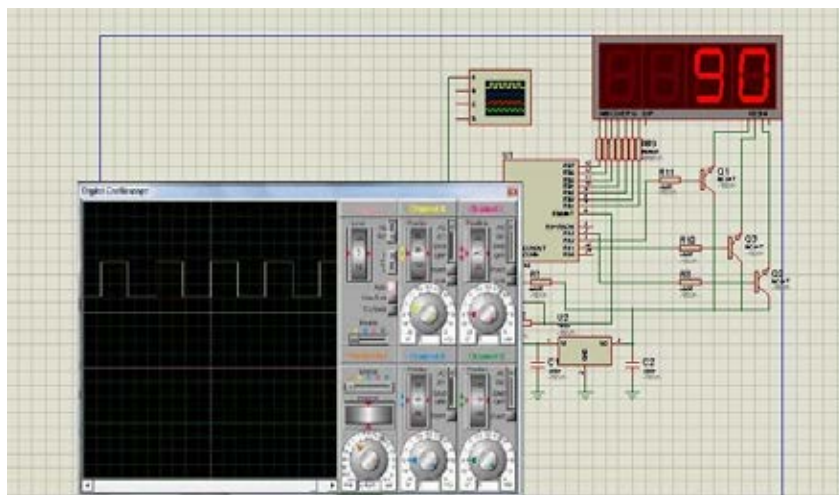


Рис. 4. Результати моделювання роботи спідометра в режимі вимірювання швидкості (км/год)

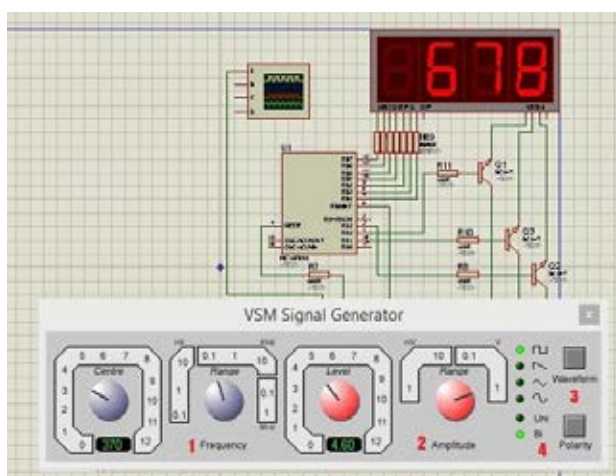


Рис. 5. Результати моделювання роботи цифрового спідометра у режимі вимірювання швидкості обертання колінчатого валу (об/хв)

Висновки

У роботі запропоноване нове схемне рішення цифрового автомобільного спідометра на МК PIC16F84 для ВАЗ 2114.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бенда Д. Поиск неисправностей в электрических схемах. Пер. с нем./ Д. Бенда. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 256 с: ил. — (Электроника). —ISBN 978-5-9775-0359-4.
2. Грубник В. С. Надежность электронных средств измерений / В. С. Грубник, Ю. М. Крысин: Учеб. пособие. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2001. –120 с.
3. Дитер К. Х. Измерение, управление и регулирование с помощью PIC микроконтроллеров / Дитер К. Х. – М.: ООО «Новое знание», 2006. – 267с. —ISBN 5-96335-017-6.

Семенов Андрій Олександрович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Пінаєв Богдан Олегович — студент групи РТр-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: pinaev.bogdam@gmail.com

Semenov Andriy O. — Cand. Sc. (Eng), Professor of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Pinaev Bogdan O. — student of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pinaev.bogdam@gmail.com

РОЗРОБКА БЛОКА КЕРУВАННЯ РОБОТА "ФАЗБОТ"

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі виконано розробку електронного блоку керування роботом «Фазбот». Здійснено вибір елементної бази, розроблена структурна й принципова схема пристрою, виконаний розрахунок каскадів пристрою та надійності пристрою.

Ключові слова: робот, Фазбот, блок керування, каскад.

Abstract

The work of the electronic control unit of the "Fazbot" robot was developed. The choice of element base was made, the structural and principle diagram of the device was developed, the cascade of the device and the device reliability were calculated.

Keywords: robot, Fazbot, control unit, cascade.

Вступ

Робот – автоматичний пристрій, що призначений для виконання виробничих та інших операцій, які зазвичай виконувались безпосередньо людиною [1]. Для опису автоматичних пристроїв дія яких, не має зовнішньої схожості з діями людини, переважно використовується термін «автомат». Робот може безпосередньо виконувати команди оператора, може працювати по заздалегідь складеній програмі або дотримуватись набору загальних вказівок з використанням технології штучного інтелекту [2]. Ці завдання дозволяють полегшити або зовсім замінити людську працю на виробництві, в будівництві, при роботі з важкими вантажами, шкідливими матеріалами, а також в інших важких або небезпечних для людини умовах [3].

Метою роботи є розробка електронного блоку керування роботом «Фазбот».

Результати дослідження

Фазбот - це робот, керований фазовим методом, з будь-якого пульта дистанційного керування натисканням будь-якої кнопки. Алгоритм управління дозволяє повертати робота вправо або вліво, що цілком достатньо для об'їзду перешкод. Робот з фазовим керуванням відмінно підходить для організації змагань, наприклад рух по строго заданій траєкторії [4].

Робот забезпечений тактильним датчиком, який запобігає зіткнення з предметами, фотосенсорами для руху за джерелом світла. За допомогою перемикача режимів можна задавати варіанти поведінки, наприклад пошук джерела світла. Всього в алгоритмі робота закладено 4 режиму поведінки [4]:

- 1) Алгоритм управління з пульта дистанційного управління (ПДУ);
- 2) Алгоритм пошуку джерела світла;
- 3) Алгоритм руху за джерелом світла;
- 4) Алгоритм при зіткненні з предметом.

Структурна схема робота «Фазбот» показана на рис. 1.

Структурна схема робота «Фазбот» включає в себе три системи: моторну – для цілеспрямованого впливу на навколишнє середовище; інформаційну – для забезпечення робота інформацією про стан самого робота, навколишнього середовища та результати впливу на неї рухової системи; керуючу – для вироблення законів управління руховою системою на основі даних, що надходять як від інформаційної системи, так і від людини-оператора.

Інфрачервоний сигнал приймається і виділяється ІЧ приймачем DA1, який працює на частоті 36кГц. ІЧ приймач містить у своєму корпусі приймач, підсилювач сигналу і демодулятор, на виході TSOP1736 отримуємо стандартний сигнал величиною в межах 0.3-6В. TSOP1736 часто застосовується в системах дистанційного керування. На елементах DD1.1, DD1.3 виконаний низько-

частотний генератор з візуальним контролем імпульсів на світлодіодах HL1, HL2.

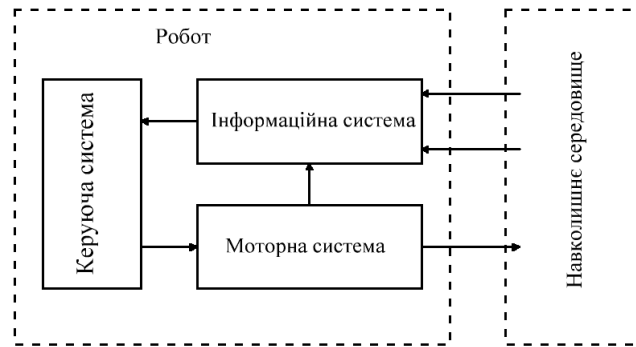


Рис. 1. Структурна схема робота «Фазбот»

Схема електрична принципова робота блоку керування робота «Фазбот» показана на рис. 2. Джерелом живлення являється набір з трьох гальванічних елементів загальною напругою 4,5 вольт.

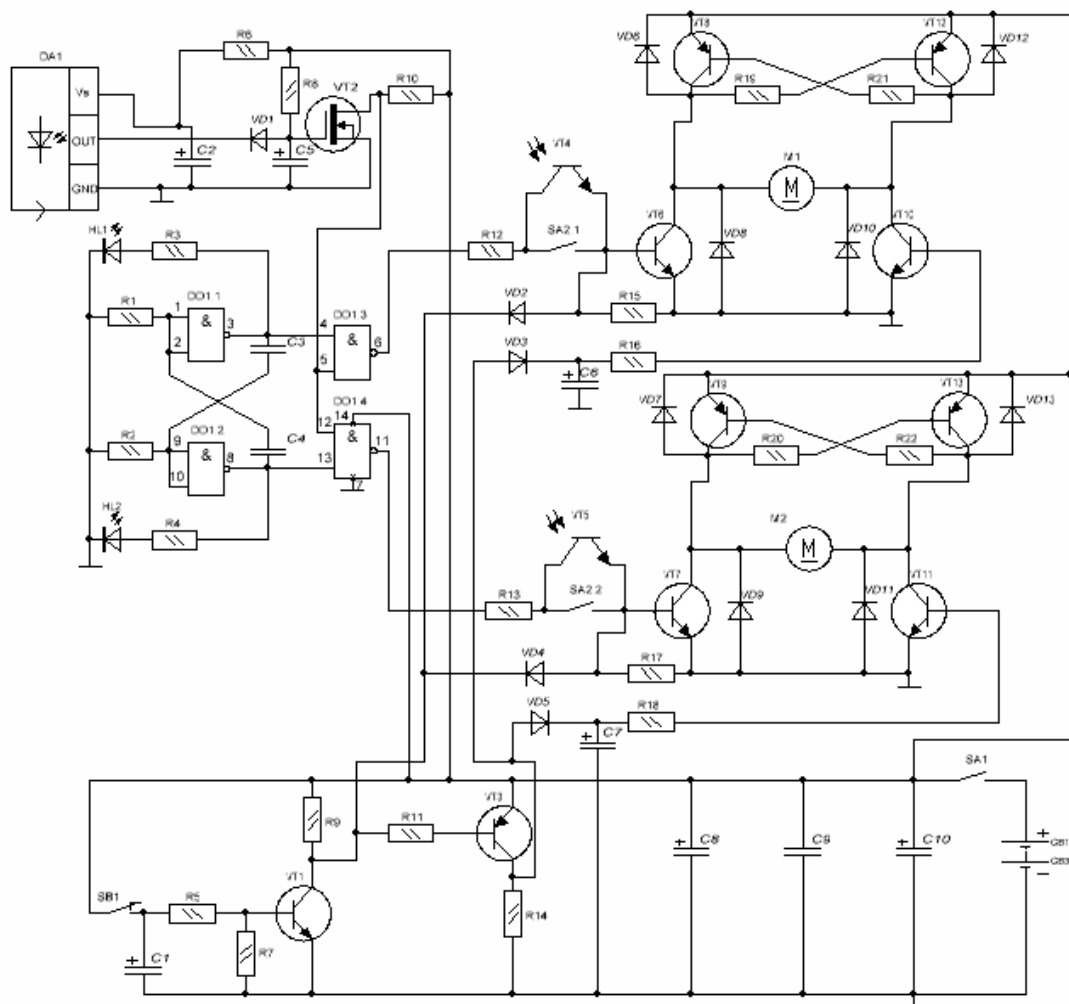


Рис. 2. Схема електрична принципова блоку керування роботом «Фазбот»

Розрахунок надійності проводиться за допомогою інтерактивної системи основних конструкторсько-технологічних розрахунків РЕС (ІСОКТР РЕС) [5]. Результати розрахунку надійності роботи пристрою наведені на рис. 3. Інтенсивність відмовлення вузла/блоку $\Lambda = 4,296200 \text{ год}^{-1}$. Середній час безвідмовної роботи $T_{\text{срб}} = 232,763,84$ годин.

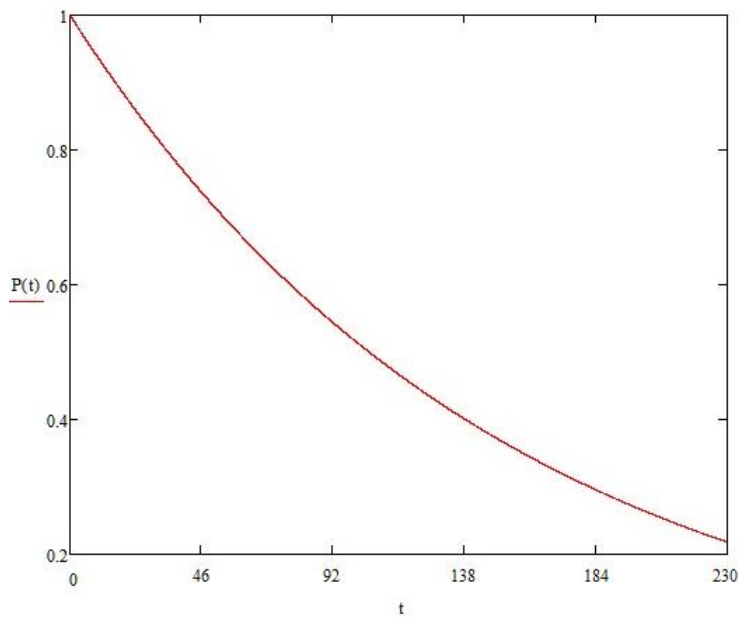


Рис. 3. Графік надійності роботи пристрою

Висновки

У роботі розроблено блок керування роботом «Фазбот». Запропоновано структурну та принципову схеми блоку керування, здійснено розрахунок електричних параметрів і надійності роботи пристрою. Основними особливостями робота «Фазбот» є те, що він може запобігати зіткнення з предметами завдяки тактильному датчику, який розташований попереду, рухається за джерелом світла завдяки фототранзисторам, а також керується фазовим методом, з будь-якого пульта дистанційного управління. Робот «Фазбот» відмінно може підходити для організації змагань, наприклад рух по чітко заданій траєкторії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Булгаков А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. – Солон-Пресс, 2007. – 488с. – ISBN 978-5-91359-013-8
2. Днищенко В. А. Дистанционное управление моделями / В. А. Днищенко. – Наука и техника, 2007. – 456с. – ISBN 978-5-94387-358-4.
3. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств / А. П. Лукинов. – Учебники для вузов. Специальная литература, Лань, 2012. – 608с. – ISBN 978-5-8114-1166-5.
4. SERVO-DROID [Електронний ресурс] / Робототехника для начинающих своими руками. Фазбот на микросхеме – Режим доступу: http://www.servodroid.ru/news/fazbot_na_mikroskheme/2012-01-05-410, вільний. – Заголовок з екрана. – Мова російська.
5. Расчет надежности узлов и блоков РЭС [Електронний ресурс] / Интерактивная система основных конструкторско-технологических расчетов РЭС (ИСОКТР РЭС) – Режим доступу: <http://skr.radioman.ru/depend/index.htm>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова російська.

Семенов Андрей Александрович — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры радиотехники, Винницкий национальный технический университет, Винница, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Фенченко Сергей Викторович — студент группы РТр-16мс, факультет инфокоммуникаций, радиоэлектроники та наносистем, Винницкий национальный технический университет, Винница, e-mail: sergei.fen4enko@gmail.com

Semenov Andriy O. — Cand. Sc. (Eng), Professor of the Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Fenchenko Sergei V. — student of the Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sergei.fen4enko@gmail.com

РОЗРОБКА СЛУХОВОГО АПАРАТУ НА ТРАНЗИСТОРАХ

¹ Вінницький національний технічний університет² Вінницький національний технічний університет**Анотація**

Проаналізовано переваги і недоліки існуючих найбільш поширених слухових апаратів. Розроблено схему слухового апарату на транзисторах з підвищеною чутливістю, малими габаритними розмірами та низькою собівартістю.

Ключові слова: слуховий апарат, транзистор, підсилювальний каскад, навушник, резистор, конденсатор, друкована плата.

Abstract

The advantages and disadvantages of the most commonly used hearing aids are analyzed. The scheme of the hearing aid on transistors with high sensitivity, small overall dimensions and low self-value is developed.

Keywords: hearing aid, transistor, amplifier stage, headphone, resistor, capacitor, printed circuit board, development of electronic circuit.

Вступ

Дуже часто ми зіштовхуємося з ситуаціями, коли потрібно повторити деякі слова співрозмовнику, тому що він не почув нас через автомобілі, що проїхали, чи просто не уважно слухав нас, а можливо й взагалі у нього не зовсім все в порядку зі слухом. Розробка слухового апарату є актуальною технічною задачею. В даній роботі було проаналізовано схеми найбільш поширених існуючих слухових апаратів, визначено переваги та недоліки [1]. Внаслідок проведеного аналізу, обрано схему слухового апарату на транзисторах. Зрозуміло, що для людей, які майже нечують, тобто мають серйозні проблеми зі слухом, даний пристрій може і не підходити. Правильно підбирати слуховий апарат потрібно після проходження обстеження у лікаря, на основі зробленої аудіограми [2]. Якщо людина здорова, але чує трохи гірше від норми, тоді розроблена в роботі схема повністю підходить. Даний пристрій можна зібрати за допомогою SMD-елементів, тоді його розміри будуть трохи менші за сірник. Головна перевага схеми полягає у високій чутливості. Основним недоліком – є низька вихідна потужність, що обмежує вибір навушників до слухового апарату.

Результати дослідження

Підсилювач слухового апарату на транзисторах має підсилення більше 10000 раз за напругою, підйом частотної характеристики в діапазоні 30 - 300 Гц і забезпечує на виході електричної схеми достатню потужність.

На рис. 1 наведено схему розробленого слухового апарату на транзисторах.

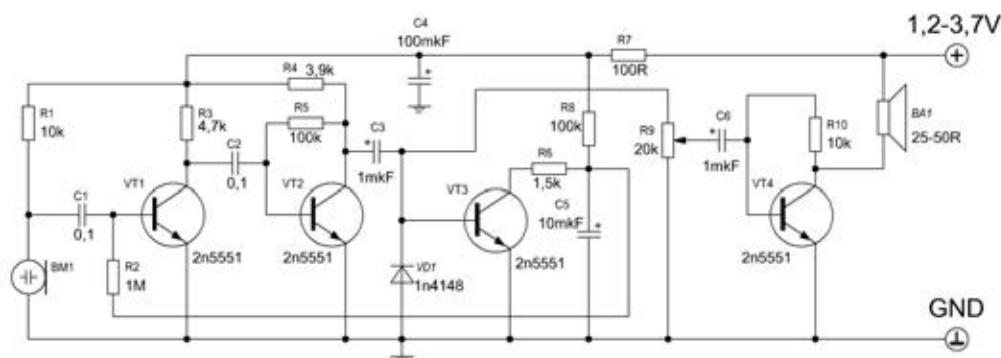


Рисунок 1 – Електрична схема слухового апарату на транзисторах

Схема пристрою на рис. 1 складається з двох каскадів попереднього підсилення, каскаду автоматичної корекції гучності та каскаду кінцевого підсилення, в колекторний ланцюг якого підключається високоомний навушник. Працює автоматичне регулювання гучності слухового апарату наступним чином: на початковому етапі напруга з конденсатора C5, який заряджається через резистор R8, подається на базу транзистора першого каскаду для того, щоб забезпечити максимальне підсилення схеми. У міру наростання вхідного сигналу, наприклад при гучній розмові біля навушника пристрою, сигнал на виході другого попереднього каскаду також наростає, і як тільки напруга доходить до величини відкриття кремнієвих транзисторів, а це 0,6 - 0,7 В, транзистор спрацьовує, через його відкритий перехід і резистор R6, ємність C5 буде розряджатися, завдяки чому знижується напруга на базі першого транзистора і знижується чутливість апарату, підсилення плавно наростає через кілька секунд, у міру заряду конденсатора C5. Подібний механізм роботи повинен бути присутній в будь-якому нормальному слуховому апараті, він забезпечує стабільний звук в навушнику не залежно від гучності розмови.

На рис. 2 наведено друковану плату розробленого слухового апарату на транзисторах.

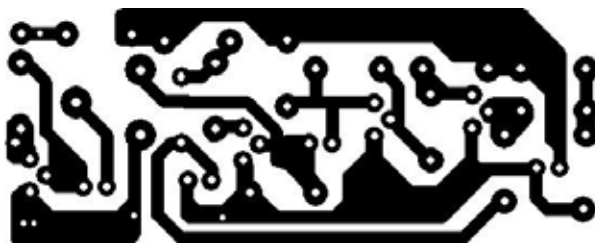


Рисунок 2 – Друкована плата слухового апарату на транзисторах

Висновки

В роботі розроблено схему слухового апарату на транзисторах, а також виготовлено друковану плату пристрою і виконано поверхневий монтаж дискретних елементів. Перевірено роботу даного електронного пристрою. Основні технічні характеристики такого слухового апарату: напруга живлення: 1,2 – 4,2 В; струм споживання: ~ 50 мА/год; навантаження – 25 – 50 Ом; частотний діапазон – 20 – 20000 Гц; розміри плати – 55×20мм; вага – 15 г (без акумулятора); ціна, без врахування праці: 2\$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Литвиненко, О. М. Сенсорні системи рівноваги, руху, дотику, температури, болю [Текст] / О. М. Литвиненко // Все для вчителя. - 2014. - Березень, № 3. - С. 91-92

2. Горіна, Н. М. Поради користувачам слухових апаратів. : матеріал для батьків, які мають дітей з вадами слуху, та вчителів шкіл / Н. М. Горіна // Дитина з особливими потребами. Інклюзивна освіта. Дефектологія. Корекційна робота. - 2015. - N 7. - С. 4-5

Барабан Сергій Володимирович — к.т.н., старший викладач кафедри радіотехніки, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: baraban.s.v@vntu.edu.ua

Іванюк Олександр Володимирович — студент групи РТр-17мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: litvinov69@gmail.com

Науковий керівник: **Осадчук Олександр Володимирович**— д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Baraban Serhii V. — PhD, senior lecturer at Department of Radioengineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : baraban.s.v@vntu.edu.ua

Ivanyuk Oleksandr Vladimirovich - student of RTr-17ms group, faculty of infocommunications, radioelectronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: litvinov69@gmail.com

Supervisor: **Osadchuk Oleksandr V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Radioengineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ФУНКЦІОНАЛЬНО СТІЙКІ НАВІГАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

На базі інтегрованих навігаційних систем безпілотних літальних апаратів (БПЛА) розглянуті можливості застосування методів синтезу функціонально стійких радіотехнічних систем, що дозволяють забезпечити виконання основних функцій БПЛА при порушенні інформаційної достовірності навігаційної інформації.

Ключові слова: функціонально стійкі системи, оптимальна оцінка, навігаційна система, оптимальний детермінований регулятор.

Abstract

On the basis of the integrated navigation systems of unmanned aerial vehicles (UAVs) the possibilities of application of resistant radio engineering systems method synthesis which allow to provide performance of the trial functions UAV at violation of information reliability navigation information are considered.

Keywords: functional resistant systems, optimum assessment, navigation system, the optimum determined regulator.

Вступ

У сучасному світі використання БПЛА є досить широким і різноманітним. Середовище польоту БПЛА стає усе більш складним. Існуючі алгоритми систем керування і планування маршруту, досить добре пророблені для застосування в детермінованому статичному просторі, стають не придатними в невідомому середовищі з перешкодами різноманітного характеру та атмосферними впливами. В таких випадках, єдине джерело навігаційної інформації не може забезпечити необхідну точність орієнтування БПЛА. Так помилки безплатформеної інерціальної навігаційної системи (БІНС) досить швидко накопичуються із часом, через що БІНС ніколи не використовується як єдиний навігаційний засіб для БПЛА в режимі тривалого польоту [1]. Супутникова навігаційна система (СНС) може надати інформацію про місце розташування, швидкість і висоту без накопичення помилок із часом, але з урахуванням завдання з стабілізації БПЛА, не може працювати в режимі реального часу. Візуальна навігаційна система на основі одночасної локалізації й картографування (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM) має високу точність, але через обмеженість діапазону візуального спостереження й складності обчислень, що виникають при обробці зображень, теж обмежено застосовується під час польоту в режимі реального часу [2]. Методичні помилки барометричного висотоміра суттєво зростають, якщо фактичні атмосферні умови не відповідають стандартній атмосфері. Точність виміру радіовисотоміра сильно залежить від нерівності земної поверхні й поточного крену БПЛА. Традиційним рішенням цієї проблеми є комплексна інтегрована навігаційна система на основі злиття декількох джерел навігаційної інформації, що дозволяє компенсувати недоліки кожного з методів визначення координат. Технологічною основою забезпечення функціональної стійкості на основі комплексування даних всіх інформаційних підсистем є інформаційно-обчислювальний комплекс здатний аналізувати стани окремих підсистем в умовах можливих збоїв, відмов і ін. дестабілізуючих факторів. Тому до складу таких систем звичайно включають інерціальний вимірювальний блок (Inertial Measurement Units – IMU). Проте і тут присутнє багато факторів, що впливають на точність і вірогідність оціненої інформації. Це можуть бути помилки що виникають у каналі передачі даних, перешкоди навколишнього середовища, методичні помилки сенсорів і т.д. Тому виникає потреба введення в інтегровану навігаційну систему функціонально стійкого керування яке створює перерозподіл внутрішніх ресурсів системи з метою забезпечення достатньої достовірності навігаційної інформації.

Результати дослідження

В загальному випадку комплексну навігаційну систему можливо представити як нестационарну динамічну систему яка в дискретному часі описується наступними рівняннями:

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{F}(k+1, k) \mathbf{x}(k) + \mathbf{G}(k+1, k) \mathbf{u}(k) + \mathbf{\Theta}(k+1, k) \mathbf{d}(k) + \mathbf{w}(k), \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(k) = \mathbf{H}(k) \mathbf{x}(k) + \mathbf{v}(k), \quad (2)$$

де $\mathbf{x}(k) \in n$ -мірним вектором стану; $\mathbf{y}(k)$ – m -мірний вектор спостережень; $\mathbf{u}(k)$ – r -мірний вектор входу, який доступний для безпосереднього спостереження; $\mathbf{d}(k)$ – q -мірний вектор збурень невизначеної структури, який відображається у математичній моделі (1) введенням невідомого та неконтрольованого входу $\mathbf{\Theta}(k+1, k)\mathbf{d}(k)$; $\mathbf{w}(k), \mathbf{v}(k)$ – незалежні білі шумові послідовності з нульовими середніми значеннями, кореляційні матриці $\mathbf{Q}(k), \mathbf{R}(k)$ яких вважаються заданими; $\mathbf{F}(k+1, k)$, $\mathbf{G}(k+1, k)$, $\mathbf{\Theta}(k+1, k)$, $\mathbf{H}(k)$ – апріорно відомі матриці відповідних розмірів. При відновленні повноформатного вектора стану об'єкту контролю за результатами виконаних спостережень, як варіант можливо використати оптимальний відновник Луенбергера [3] повного порядку (рис. 1.):

$$\begin{aligned} \mathbf{z}(k+1) &= \mathbf{A}(k+1, k) \mathbf{z}(k) + \mathbf{T}(k+1, k) \mathbf{G}(k+1, k) \mathbf{u}(k) + \mathbf{W}(k) \mathbf{y}(k), \\ \mathbf{x}^*(k/k) &= \mathbf{z}(k) + \mathbf{S}(k) \mathbf{y}(k). \end{aligned} \quad (3)$$

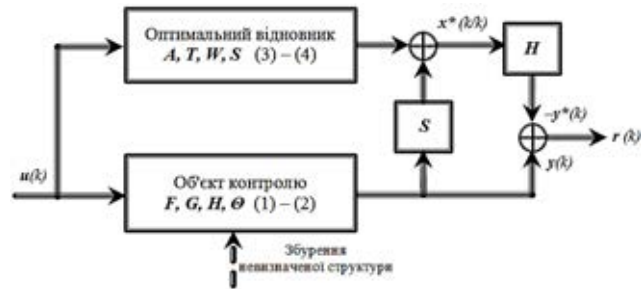


Рис. 1. Структура оптимального відновника

Тоді різницеве рівняння для похибки оцінювання матиме вигляд

$$\Delta \mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}(k+1, k) \Delta \mathbf{x}(k) - \mathbf{W}_1(k+1) \mathbf{v}(k) - \mathbf{S}(k+1) \mathbf{v}(k+1) + \mathbf{T}(k+1, k) \mathbf{w}(k). \quad (4)$$

В цьому випадку, при стійкій матриці $\mathbf{A}(k+1, k)$ математичне очікування похибки оцінювання $\Delta \mathbf{x}(k+1)$ прямує до нуля, тобто оцінка стану асимптотично наближається до дійсного стану у сенсі середнього значення.

Висновки

Формування різницевого сигналу стійкого до сукупності збурень, які неминуче присутні у контрольованій динамічній системі далеко не завжди дає можливість застосовувати алгоритм відновлювача Луенбергера напряду. Одним з можливих підходів до формування стійкого, в указаному сенсі, різницевого сигналу може бути застосування принципу декомпозиції, що дасть змогу роз'єднати оцінки стану динамічної системи від різноманітних збурень. При цьому розв'язка спостерігача від вектора збурень вимагає додаткових ресурсів, тому доцільно використовувати спостерігачі повного порядку.

Стійкий відновлювач в інтегрованій навігаційній системі розглядався в припущенні, що матриця збурень має задану структуру, що не завжди має місце на практиці. Оскільки, вочевидь, не зовсім зрозуміло як обійти зазначене обмеження, то це може бути предметом додаткових досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Juanjuan C., Jiancheng F., Wei S., et al. Study and Application of Low-cost Multi-sensor Integrated Navigation for Small UAV Autonomous Flight. Acta Aeronautica Et Astronautica Sinica, 2009. No. 10: 021. с.
2. Li R., Liu J., Zhang L., et al. LIDAR/MEMS IMU integrated navigation (SLAM) method for a small UAV in indoor environments. 2014 DGON Inertial Sensors and Systems (ISS). IEEE, 2014. P. 1-15.
3. Patton R. J. Soft computing approaches to fault diagnosis for dynamic systems: a survey / R. J. Patton, F. J. Uppal, C. J. Lopez-Toribio// IFAC Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, Budapest – 2000. – P. 816– 823.

Воловик Андрій Юрійович — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця..

Яровий Дмитро Володимирович – студент групи РТ – 156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Volovyk Andrii U. — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Jarovoj Dmitrii V. — Department of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ АВТОНОМНОГО КВАДРОКОПТЕРА НА FPGA

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розроблено автономний квадрокоптер, який зчитуватиме інформацію від різних сенсорів, таких як камера, ультразвуковий датчик та буде обробляти дані про навколишнє середовище та приймати рішення для переміщення та відстеження різних об'єктів.

Ключові слова: FPGA, квадрокоптер, CNN, SoC.

Abstract

This paper presents developed of autonomously quad-copter, which will take inputs from various sensors like camera, ultrasonic sensor to sense the environment around and making decision for moving and tracking of different objects..

Keywords: FPGA, quad-copter, CNN, SoC.

Вступ

Лише нещодавно квадрокоптери розпочали використовуватися для багатьох промислових і комерційних послуг. Зараз же робиться спроба зробити їх автономними для різних застосувань, але високі обчислення та низька потужність завжди були обмежуючими факторами. У даному проєкті ми будемо працювати над розробкою автономного чотирьох-контактного квадрокоптера, який зчитуватиме сигнал від різних сенсорів, таких як камера, ультразвуковий датчик та буде обробляти дані про навколишнє середовище та приймати рішення для переміщення та відстеження різних об'єктів. Успішність даного проєкту не тільки приведе до розробки новітніх технологій в галузі машинного розпізнавання, а й їх ефективної реалізації на SoC FPGA.

Основна частина

В даний час багато роботи проводиться з сучасними технологіями, мета якої - зробити квадрокоптери повністю автономними, таким чином щоб їх можна було використовувати в різних корисних цілях. У нашому проєкті такі сенсори, як камера, будуть виступати як візуальні дані для квадрокоптера, а після впровадження різних методів і використанням глибоких згорткових мереж (CNN) ми будемо класифікувати вхідні зображення приблизно в 200 класах, які зазвичай зустрічаються в певному середовищі. Виходячи з параметрів вхідного зображення, це забезпечить квадрокоптер інформацією про оточуюче середовище, щоб привести його в рух або виконати інші конкретні дії, наприклад, такі як відстеження. Інші датчики, такі як ультразвуковий датчик та датчик координат GPS, допоможуть квадрокоптеру не тільки визначати відстані до об'єктів, що знаходяться в безпосередній близькості, а й на великій відстані, де було б важко прийняти рішення на основі даних з камер, що допоможе у прийнятті ефективних рішень. Для прогнозування руху квадрокоптера також будуть використовуватися такі методи, як фільтрація Калмана. У нашій системі ми також забезпечимо пряму трансляцію відео з камер для користувача, розташованого поруч, щоб стежити за переміщенням квадрокоптера та надавати різні команди, коли це необхідно. Також планується отримувати координати від датчика GPS.

Такі автономні квадрокоптери допоможуть широкому колу спільноти наступним чином:

– для відстеження визначеної цілі, обраної оператором. Це може бути використано для дистанційного відстеження об'єктів, особливо для задач на відкритому просторі та дослідження дикої природи.

– для відслідковування об'єктів цілях безпеки.

– автономно відслідковувати і виявляти людей в ворожому середовищі або в місцях, що постраждали від стихійних лих, таких як повені, землетруси тощо, куди важко дістатися за короткий час.

Окрім вищезгаданих завдань, він також може використовуватися для підтримки різних завдань, таких як пошук та порятунків, відстеження, спостереження, проникнення в зони опромінення радіацією або зони екстремальних умов тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кофанов В. Л. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР QuartusII: Практикум / Кофанов В. Л., Осадчук О.В., Гаврілов Д.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 164 с.

2. Кофанов В. Л. Лабораторний практикум з дослідження цифрових пристроїв на основі САПР Max+PLUSII: Лабораторний практикум / Кофанов В. Л., Осадчук О.В., Гаврілов Д.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 200 с.

3. <http://www.innovatefpga.com/cgi-bin/innovate/teams.pl?Id=EM116>

Швець Ігор Михайлович – студент групи РТр-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rt14b.shvets@gmail.com.

Науковий керівник: **Гаврілов Дмитро Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Shvets Ihor – group RTr-14b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rt14b.shvets@gmail.com

Supervisor: **Dmytro Havrilov** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

РОЗРОБКА СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ ЛЮДИНИ З ЗАСТОСУВАННЯМ ГЛИБИННОГО МАШИННОГО НАВЧАННЯ НА FPGA

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі описано реалізацію системи розпізнавання положення людини в режимі реального часу застосовуючи глибинне машинне навчання на FPGA.

Ключові слова: FPGA, HDMI, CNN.

Abstract

This paper presents an realization real-time human posture recognition system based on deep learning on FPGA

Keywords: FPGA, HDMI, CNN.

Вступ

Дуже важливо реалізувати автоматизовані системи розпізнавання положення людини в просторі, використовуючи технології комп'ютерного зору, оскільки це набагато зручніше ніж використовувати додаткові пристрої (гравітаційні прискорювачі, гіроскопи тощо). Конволюційна нейронна мережа (Convolution Neural Networks, CNN) використовуються у багатьох областях, пов'язаних із зображеннями та відео, такими як розпізнавання образів, класифікація об'єктів та відстеження цілі. Проте обчислення CNN можуть бути настільки складними, що CNN'и на звичайних центральних процесорах можуть бути повільними, енергоємними і потребують надто багато вільного простору, тому стає важливим реалізувати CNN на вбудованих пристроях. Зазвичай CNN реалізовані на GPU, TPU, FPGA і інших архітектурах. І з розвитком високого рівня синтезу (High-Level-Synthesis, HLS) і OpenCL, FPGA все більше використовується для прискорення обчислення CNN.

Основна частина

Розпізнавання положення людини в просторі є важким завданням, оскільки апаратна платформа повинна розглянути кілька неперевних кадрів у відео та правильно сфотографувати об'єкт або людину та визначити чи є об'єкт статичним чи динамічним.

Як правило, людське тіло можна розглядати як система з кістками та суглобами. Тому можна представити людське тіло, засноване на скелеті. Крім того, на полі "виведення на перший план" існує так званий метод "оптичного потоку", який можна використовувати для вимірювання швидкості об'єкта.

Отже, тут поєднуємо два методи і визначимо позицію наступним чином:

1. Представляємо тіло, засноване на скелеті;
2. Вимірюємо швидкість тіла, використовуючи метод оптичного потоку;
3. Упорядковуємо результати останніх кількох кадрів разом і отримуємо "функцію злиття";
4. Використовуємо модель CNN, щоб розпізнати положення.

CNN модель навчається автономним способом, а це означає, що ми повинні мати зразки багатьох даних з мітками. Після навчання можна виконати обробку результату у реальному часі. Система розпізнавання положення складається з камери (D5M, D8M або OV7670), та лабораторної плати DE10-Nano SoC FPGA Kit та монітора з HDMI-входом.

FPGA записує і читає інформацію з DDR3 на стороні HPS, через AXI-міст або інтерфейс F2SDRAM. Потім відеопотік передається у модуль розпізнавання позиції, де є ядро OpenCL на FPGA та хост-програму на HPS. Модуль розпізнавання позиції розраховує представлення скелета та оптичний потік, і об'єднує результати у функцію злиття, а модель CNN обчислюється паралельно. Врешті, зображення позиції і відео змішуються в модулі злиття зображень і відображаються разом через інтерфейс HDMI.

У системі відтворення зображень та відображення є три основні частини: вхід і вихід відео, зберігання та аналіз відео. Ми використовуємо 1 / 3.2-дюймову камеру MT9D111 для зразків відео, а ADV7513 - для виведення відео HDMI, а обидва чіпи можуть бути налаштовані на використання формату пікселів RGB565. Дані MT9D111 будуть зберігатися в DDR3, а також дані ADV7513 від DDR3 через інтерфейс FPGA-до-SDRAM на HPS. Крім того, Linux APP може використовувати mmap () і memcpu () для зберігання даних всередині DDR3 у файл IMA, який можна скопіювати на ПК через SCP. І ми можемо використовувати MATLAB / TensorFlow для аналізу відеоданих.

Програмне забезпечення

Найцікавішим є "OpenCL", який використовується для реалізації гетерогенних обчислень з процесором і FPGA. Використовуючи OpenCL, ми можемо реалізувати складні алгоритми на FPGA за дуже короткий час. І в порівнянні з тим, що на процесорі, обчислювальний процес на FPGA може бути паралельним і конвеєрним, що робить обчислення набагато швидшим і менш енергоємним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кофанов В. Л. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР Quartus II: Практикум / Кофанов В. Л., Осадчук О.В., Гаврілов Д.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 164 с.
2. Максфилд К. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца / К. Максфилд. – М.: Издательский дом «Додека-XXI», 2007. – 408 с.
3. <http://www.innovatefpga.com/cgi-bin/innovate/teams.pl?Id=PR023>

Стець Дмитро Сергійович – студент групи РТр – 14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: stetsdima@ukr.net.

Науковий керівник: **Гаврілов Дмитро Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Dmytro Stets – group RTr – 14b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: stetsdima@ukr.net

Supervisor: **Dmytro Havrilov** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ДОРОЖНЬОЇ ОБСТАНОВКИ ТА КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ АВТОМОБІЛЕМ НА FPGA

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Автономний автомобіль - майбутнє автомобільної промисловості. Щоб зробити ефективний та надійний автономний привід, автономна машина повинна приймати кілька рішень кожну секунду, а точність цих рішень ґрунтується на точності інформації, яка застосовується до рішень.

Ключові слова: FPGA, автономний автомобіль.

Abstract

Autonomous car is the future of automotive industry. To make efficient and reliable autonomous drive, autonomous car makes several decisions every fractions of seconds and accuracy of these decisions are based on accuracy of information applied to the decisions.

Keywords: FPGA, autonomous car.

Вступ

Дана розробка є дуже затребуваною в автомобільній промисловості, але, безумовно, не буде обмежена цим, і її можна використовувати для наступних цілей:

- постачальники послуг громадського транспорту, щоб миттєво інформувати центральну систему послуг про те, які дії відбуваються з транспортним засобом, стан водія та пасажирів тощо.
- інноваційні розробки для вдосконалення та подальшого розвитку.

Застосовувана інформація збирається з датчиків різного типу, встановлених у різних частинах транспортного засобу, причому швидкість доступу до цих датчиків значно впливає на точність зібраної інформації для прийняття всіх відповідних рішень.

Застосування FPGA для швидкого доступу до датчиків дає значний внесок у вирішення цієї проблеми. Крім того, використання FPGA покращує ефективність використання палива, тривалість і безпеку автомобіля.

Основна частина

Цей проект спеціально не орієнтований на особисті транспортні засоби. Таким чином, метою є впровадження алгоритму глибокої нейронної мережі і на комерційні автомобілі також, що використовує систему на FPGA, щоб уникнути зіткнення, яка може трапитись через втому після тривалого часу роботи чи хибне прийняття рішень водія.

Ці автомобілі мають приймально-передавальні модулі, які підключені до регіонального вузла, куди в постійному режимі надсилаються виміряні дані, а також оновлену інформацію, отриману від автомобілів по всьому світу через центральну станцію. Цей механізм допоможе автомобілям отримати необхідні дані з місць, в яких раніше транспортний засіб не перебував. Приймально-передавальні модулі всередині транспортного засобу також можуть бути використані для оновлення модуля навчання, а також апаратного впровадження алгоритму глибокої нейронної мережі, яке є чіткою функцією FPGA.

Однією з найважливіших функцій системи, яку слід зазначити, є модуль навчання, де цей модуль продовжує тренуватися як в ручному, так і в автономному режимі роботи.

Основними датчиками, що використовуються в цьому проекті, є фотоелектричний датчик, радар, акселерометр, камера, GPS-датчики і т ін.

Автомобілем можна управляти вручну, або в автономному режимі вказавши пункт призначення, і автомобіль керуватиметься самостійно.

Система матиме такі базові функції:

- виявлення смуги руху та відслідковування сліпих зон;
- визначення точної траєкторії руху;
- прогнозування та контроль аварій;
- розпізнавання дорожніх знаків;
- глобальний механізм навчання за допомогою централізованої системи збору даних;
- контроль швидкості, оснований на аналізі відстані до інших транспортних засобів;
- під час ручного керування система коментує стиль водіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кофанов В. Л. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР QuartusII: Практикум / Кофанов В. Л., Осадчук О.В., Гаврілов Д.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 164 с.

2. Кофанов В. Л. Лабораторний практикум з дослідження цифрових пристроїв на основі САПР Max+PLUSII: Лабораторний практикум / Кофанов В. Л., Осадчук О.В., Гаврілов Д.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 200 с.

3. Максфилд К. Проектирование на ПЛИС. Курс молодого бойца / К. Максфилд. – М.: Издательский дом «Додека-XXI», 2007. – 408 с.

4. <http://www.innovatefpga.com/cgi-bin/innovate/teams.pl?Id=EM104>

Чорний Максим Михайлович – студент групи RTr-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Науковий керівник: **Гаврілов Дмитро Володимирович** - канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Maksym Chorny – group RTr-14b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Supervisor: **Dmytro Havrilov** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

РОЗРОБКА АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ДОПОМОГИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ВАДАМИ ЗОРУ НА БАЗІ FPGA

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі реалізовано автономну систему допомоги людям з вадами зору на базі FPGA, головна задача якої ідентифікація зовнішніх перешкод за допомогою камери, та формування заздалегідь маршруту для користувача. В майбутньому можна інтегрувати GPS систему для полегшення пересування, та запам'ятовування маршрутів.

Ключові слова: FPGA, BLUETOOTH, GPS

Abstract

In this letter, an autonomous system of assistance to people with visual impairments on the basis of FPGA, the main task of which is identifying external obstacles by means of a camera, and the development of a route for the user in advance, is implemented. In the future, you can integrate the GPS system to facilitate travel, and route memorization.

Keywords: FPGA, BLUETOOTH, GPS

Вступ

Ця система спрямована на вирішення однією з найбільших проблем, з якими стикаються сліпі люди; самонавігація та рух. Система спрямована на вирішення цього шляхом прийняття інтелектуальних рішень, які є результатом комп'ютерного бачення, близькості та інших чуттєвих елементів, а також машинного навчання та спілкування з користувачем за допомогою вібрацій, створених вібро браслетами на правій та лівій руках користувача.

Основна частина

Коли камера захоплює зображення, то зображення буде передаватися в систему управління, засновану на FPGA для обробки і прийняття рішень. Рішення, прийняте системою, використовується для генерації сигналу для управління вібро браслетами (на правій та лівій руці), які підключаються до системи через bluetooth.

Ручні браслети використовують генерований сигнал від системи, щоб вібрувати на різних рівнях інтенсивності. Браслети сигналізують користувачеві вібраціями. Користувач повертається в напрямку поточного вібруючого браслета (праворуч або ліворуч). Користувач продовжує рух в напрямку, на який вказує вібро браслет. Як тільки система визначить, що користувач знаходиться в правій позиції, відповідний вібро браслета перестане вібрувати, вказуючи користувачеві, що він повинен пересуватися прямо. Ці вібрації в поєднанні з різними шаблонами, засновані на рішеннях, прийнятих системою, створюють плавну навігацію користувача по вулицях. Для виконання необхідного завдання необхідний правильний тип платформи управління. FPGA робить її ідеальною платформою для управління нашою системою. Оскільки проект має пристрої для обробки сигналів, обробки зображень і генерації сигналів, той факт, що FPGA хороша при паралельних завданнях і злиття даних з декількома сенсорами, істотно підвищує продуктивність системи. Система буде використовуватися, щоб допомогти слабким зором користувачам пересуватись. Цільовими користувачами є люди, які потребують допомоги з-за їх відсутності зору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кофанов В. Л. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР QuartusII: Практикум / Кофанов В. Л., Осадчук О.В., Гаврілов Д.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 164 с.
2. Кофанов В. Л. Лабораторний практикум з дослідження цифрових пристроїв на основі САПР Max+PLUSII: Лабораторний практикум / Кофанов В. Л., Осадчук О.В., Гаврілов Д.В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 200 с.
3. <http://www.innovatefpga.com/cgi-bin/innovate/teams.pl?Id=EM116>

Мельник Ярослав Віталійович – студент групи РТр-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: yarikmelnik52@gmail.com

Науковий керівник: **Гаврілов Дмитро Володимирович** — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Yaroslav Melnyk – group RTr-14b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yarikmelnik52@gmail.com

Supervisor: **Dmytro Havrilov** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

КОМУТАТОР ПАНЕЛІ ZIF ДЛЯ ПРОГРАМУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ATMEЛ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розроблений комутатор панелі ZIF для програмування мікроконтролерів фірми Atmel. Комутатор ZIF панелі змонтований на одношаровій друкованій платі розміром 90х55мм. Запропоновано варіант конструкції комутатора ZIF з об'єднанням разом з USB програматором в одному корпусі.

Ключові слова: комутатор, програматор, ZIF, USB.

Abstract

The ZIF panel switcher was developed for programming of Atmel microcontrollers. The ZIF switchboard is mounted on a single-layer printed circuit board measuring 90x55mm. A variant of the construction of a ZIF switch together with a USB programmer in one housing is proposed.

Keywords: switch, programmer, ZIF, USB.

Вступ

Програма для мікроконтролера пишеться будь-якою зручною мовою програмування, компілюється в бінарний файл (або файл формату Intel HEX) та записується в мікроконтролер за допомогою програматора. Програматор це пристрій який зв'язує мікроконтролер та комп'ютер, дозволяючи з комп'ютера записати файл прошивки в пам'ять мікроконтролера [1].

Результати дослідження

Для внутрісхемного програмування мікроконтролерів AVR існує велика кількість різноманітних програматорів. Широко поширення набув програматор USBASP, який будемо використовувати разом з комутатором ZIF панелі (рис. 1).

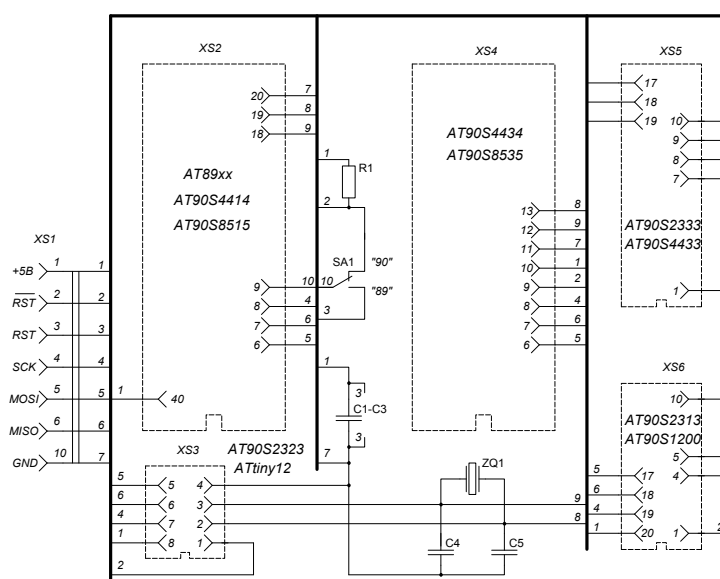


Рис. 1. Схема адаптера для програмування ІМС фірми Atmel

При розробці комутатора був проведений аналіз розташування виводів найбільш популярних мікроконтролерів фірми Atmel. Мікроконтролери розподілені на п'ять груп, кожна з яких об'єднує мікросхеми з однаковим числом виводів (8, 20, 28 або 40) та однаковим розташуванням тих з них, що використовуються для програмування, у тому числі виводів живлення та загального проводу. Лінії для програмування MOSI, RST, SCK, VCC, GND, що є вхідними для мікроконтролерів можливо під'єднати до відповідних виводів ZIF панелі через 5 буферних регістрів. Буферні регістри знаходяться в z-стані. Один з буферних регістрів включається в залежності від типу мікроконтролера, що буде програмуватись, і з'єднує його виводи MOSI, RST, SCK, VCC, GND з відповідними виводами ZIF панелі [2-4].

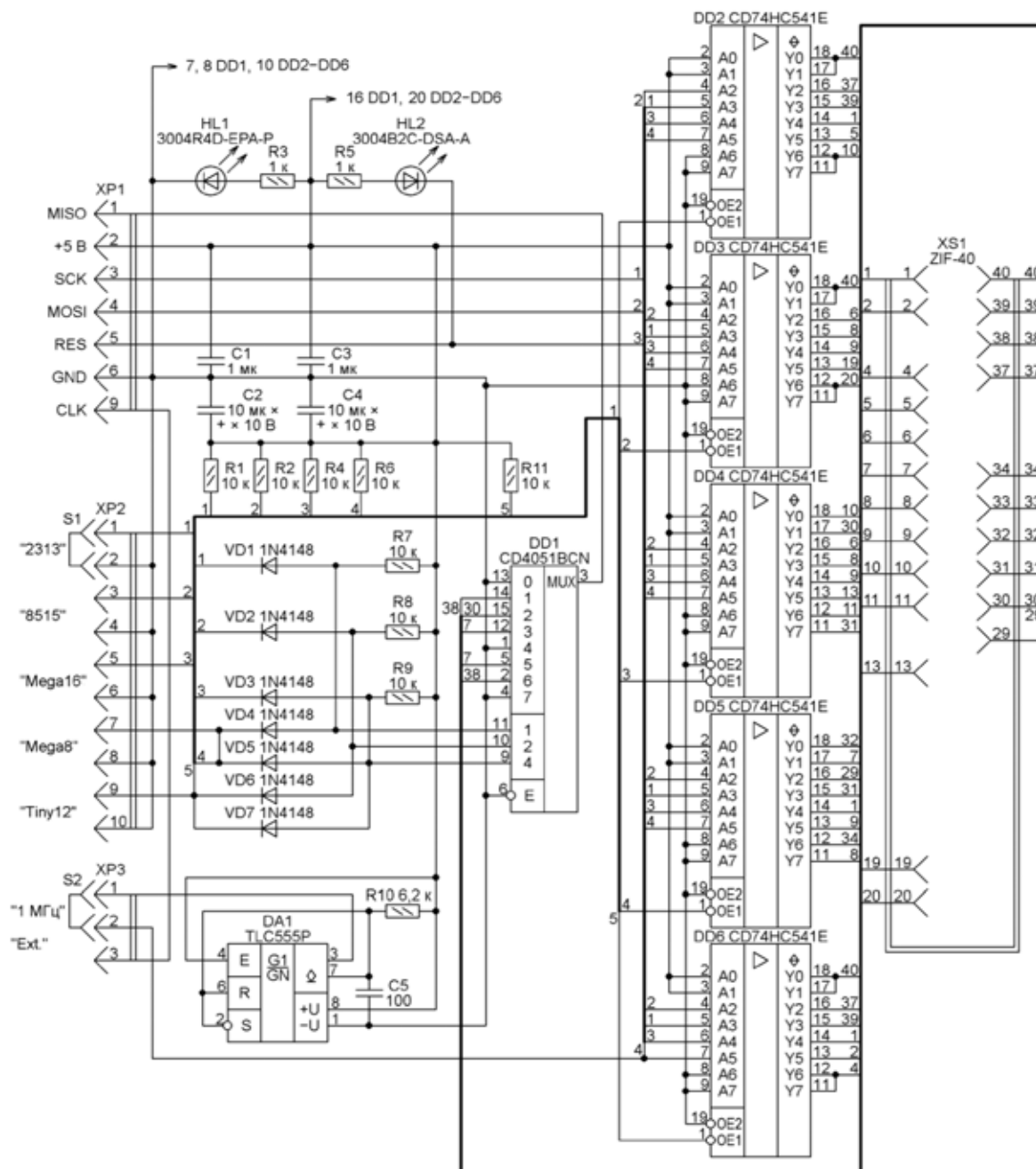


Рис. 2. Електрична схема комутатора ZIF панелі

Основні експлуатаційні параметри мікросхеми 74HC541 [2-4]: напруга живлення – 2...6В, максимальний вихідний струм – 75 мА, максимальна частота – 50...150 МГц, затримка розповсюдження сигналу – 3,5...5нс, рівень логічного «0» – менше 0,1В, рівень логічної «1» – Uжив. Для правильного з'єднання вихідного сигналу MISO з програматором буде використаний селектор-мультиплексор

CD4051BCN. Сигнали на адресних входах даної мікросхеми формує шифратор на діодах VD1 —VD7 у залежності від вибраної мікросхеми для програмування (рис. 2).

Усі вхідні сигнали (MOSI, SCK, CLK, Vcc, Gnd) подаються на ZIF панель через п'ять буферних регістрів з Z- станом. При виборі однієї з п'яти груп мікроконтролерів для програмування буферний включається в роботу і забезпечує комутацію вхідних сигналів, так щоб завжди ключ мікроконтролера збігався з ключом ZIF панелі. Для передачі до програматора сигналу MISO використовується селектор мультиплексор, який відповідний вивід мікроконтролера, що встановлений у ZIF панель з'єднує з першим виводом ISP з'єднувача програматора.

Таймер DA1 генерує імпульси з частотою 1 МГц, які необхідні для тактування мікроконтролера при програмуванні. Вони поступають, якщо перемичкою S2 з'єднати контакти 1, 2 з'єднувача XP3.

Висновки

Комутатор призначений для програмування пам'яті програм (Flash), даних (EEPROM), FUSE біт мікроконтролерів Atmel AVR з використанням програматора типу USBasp, USBtiny, AVR910 AVRDOPE, PROTOSS. Комутатор з'єднується з програматором через ISP інтерфейс. Кількість виводів з'єднаних з програматором для їх програмування зведено до мінімуму. Для програмування достатньо ліній синхронізації, однієї – двох ліній для передачі послідовним кодом команд, адрес й даних та лінії для подачі сигналу, який переводить мікроконтролер у режим програмування. Тому для з'єднання з комп'ютером було вирішено використати інтерфейс USB.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хартов В. Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих учеб, пособие / В. Я. Хартов. - М. Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. - 280 с. – ISBN 978-5-7038-3565-4
2. Easyelectronics [Електронний ресурс] / AVR. Учебный курс. Трактат о программаторах. – Режим доступа: <http://easyelectronics.ru/category/arm-uchebnyj-kurs>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова рос.
3. GetChip [Електронний ресурс] / 024-Что такое Fuse bits AVR микроконтроллеров. – Режим доступа: <http://www.getchip.net/posts/024-cto-takoe-fuse-bits-avr-mikrokontrollerov>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова рос.
4. GetChip [Електронний ресурс] / 057-Программируем AVR-микроконтроллеры USBtiny + AVRdude + SinaProg. – Режим доступа: <http://www.getchip.net/posts/057-programmiruem-avr-mikrokontrollery-usbtiny-avrdude-sinaprog/>, вільний. – Загл. з екрана. – Мова рос.

Семенов Андрій Олександрович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Ліхашорський Сергій Володимирович — студент групи РТр-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lihashorskiy@icloud.com

Кравецький Микола Васильович — студент групи РТр-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kyller.kravetskiy@gmail.com

Semenov Andriy O. — Cand. Sc. (Eng), Professor of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Lihashorsky Sergiy V. — student of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pinaev.bogdam@gmail.com

Kravetsky Mykola V. — student of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kyller.kravetskiy@gmail.com

МЕРЕЖНА РОЗЕТКА З BLUETOOTH КЕРУВАННЯМ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі здійснено розробку програмної та апаратної частини мережної розетки з Bluetooth керуванням на платформі Arduino. Пристрій дозволяє включати або виключати два незалежних пристрої з додатку на мобільному телефоні. Проведено моделювання роботи пристрою у середовищі Proteus VSM.

Ключові слова: мережа, розетка, Bluetooth.

Abstract

In this work, the development of the software and hardware part of the network-based socket outlet with Arduino-based control on the Arduino platform. The device allows you to enable or disable two independent devices from the app on your mobile phone. The simulation of the device in the Proteus VSM environment was carried out.

Keywords: network, socket, Bluetooth.

Вступ

Віддалене управління побутовими пристроями це з найцікавіших напрямків для застосування новітніх бездротових технологій і комунікаторів сьогодні, але ці продукти зазвичай позиціонуються для преміум класу. Розроблюваний в роботі пристрій дозволяє керувати побутовими електроприладами в радіусі дії Bluetooth з телефону з мінімальними вимогами до бюджету і монтажу. Не потрібно використовувати ніякі централізовані проміжні елементи в управлінні, тому що комунікація між телефоном і розеткою здійснюється безпосередньо. До розетки можна підключити будь-які "прості" електроприлади, які включаються від подачі електроенергії на вхід і не бояться знеструмлення. Рекомендується підключати прилади, які в звичайних умовах перманентно або сезонно підключені до розетки і для управління до яких доводиться підходити: музичний центр, обігрівач, вентилятор, вечірнє підсвічування і т.д.

Метою роботи є розробка мережної розетки з Bluetooth керуванням на платформі Arduino.

Результати дослідження

У роботі здійснена розробка пристрою з Bluetooth інтерфейсом, який керується від мобільного телефону або планшета. Для цього на них встановлюється розроблене програмне забезпечення, яке дозволяє включати або виключати навантаження, що підключене до мережі 220 В. Структурна схема пристрою наведена на рисунку 1.

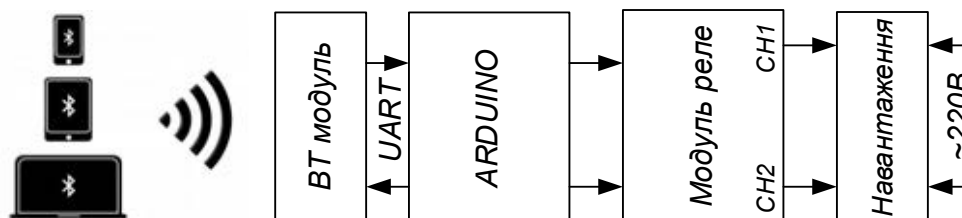


Рис. 1. Структурна схема мережної розетки з Bluetooth керуванням

Основним елементом керування є модуль Arduino з мікроконтролером, який здійснює приймання та обробку команд від BT модуля і керує модулем реле, який відповідно включає або відключає навантаження [1].

Arduino Uno» – модуль, що побудований на мікроконтролері ATmega328. Платформа має 14 цифрових вхід / виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 6 аналогових входів, кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB, або подати живлення за допомогою адаптера AC / DC або батареї (рис. 2) [1, 2].

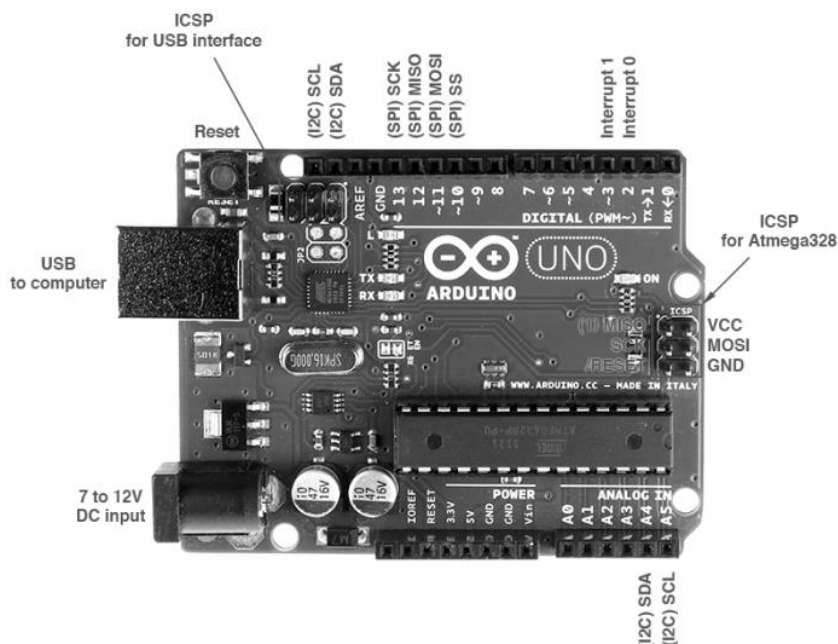


Рис. 2. Зовнішній вигляд модуля Arduino UNO v3

BT модуль представляє собою плату розміром 2,7x1,4 см, з 34 виводами з кроком 1,5 мм, що розташовані по периметру плати, та має на одній з сторін антену. На платі знаходиться чип BC417, який забезпечує апаратну підтримку стека Bluetooth 2.0+EDR (Enhanced Data Rate) та Flash-пам'ять ES29LV800DB-70WGI від Excel Semiconductor на 8 Мбіт (1 МБ), яка зберігає «прошивку» модуля та настройки [3]. З оригінальною «прошивкою» модуль може працювати в двох режимах: простий радіоподовжувач UART та керування AT-командами. Для пристрою, що розробляється достатньо тільки першого режиму роботи.

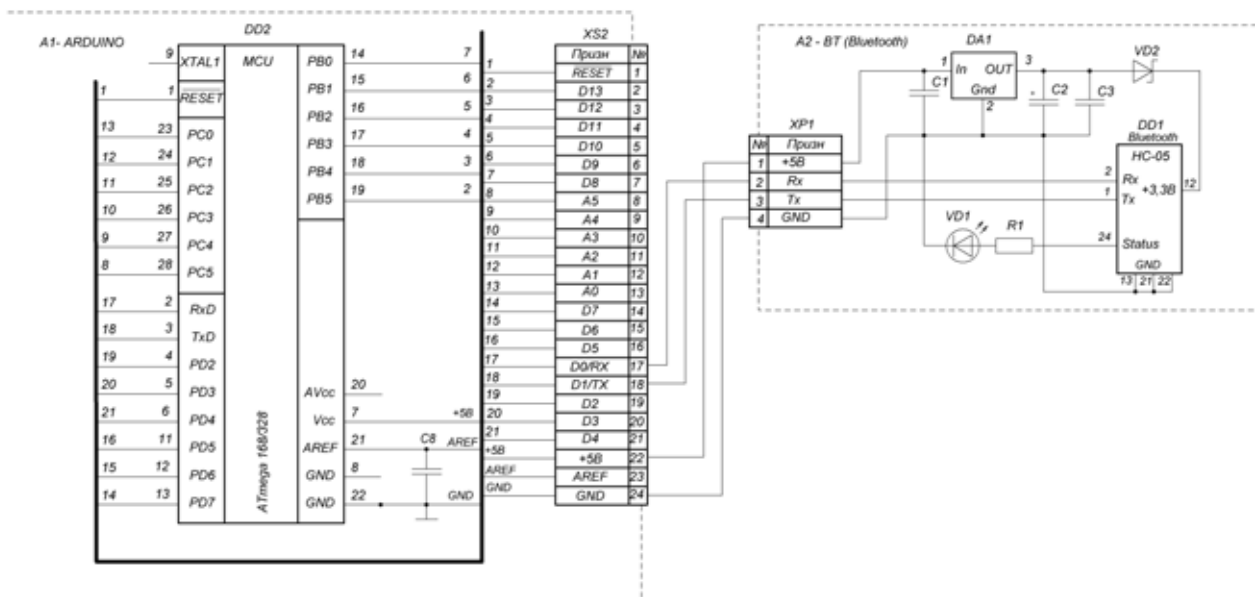


Рис. 3. Схема підключення BT модуля HC-05 до модуля Arduino

Для керування двома окремими виконавчими каналами з ключовим каскадом та реле будуть використовуватись порти PD4, PD5 ATmega 328 (рис. 1), які відповідають цифровим портам D4, D5 модуля Arduino (рис. 5).

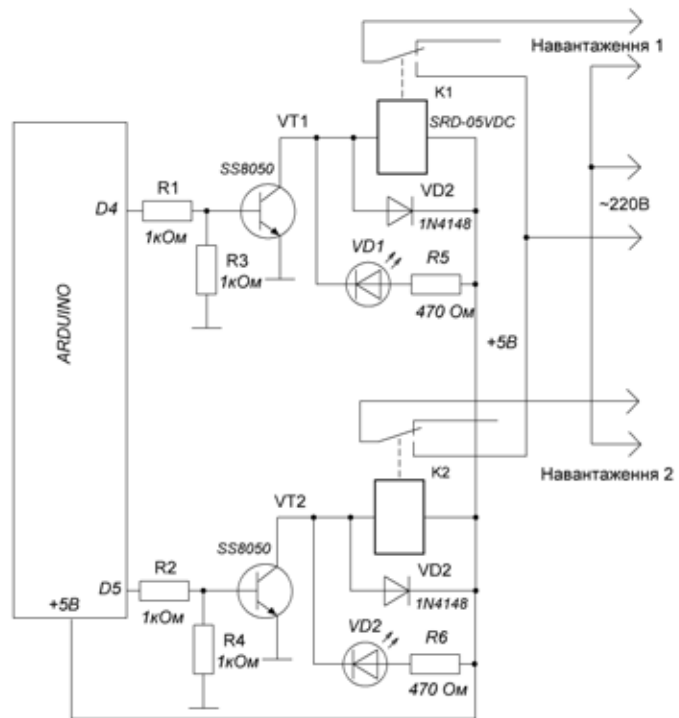
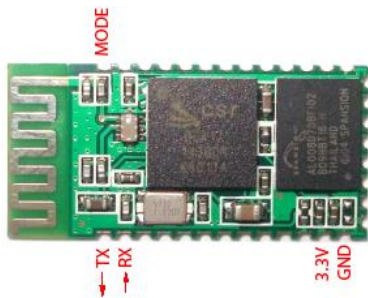


Рис. 4. Виводи ВТ модуля для підключення до модуля Arduino Рис. 5. Схема підключення модуля реле до Arduino

Висновки

Розроблений пристрій дозволяє керувати побутовими електроприладами в радіусі дії Bluetooth з телефону. До розетки можна підключити будь-які електроприлади, які включаються від подачі електроенергії на вхід і не бояться знеструмлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino/ У. Соммер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 256 с. ил. – ISBN 978-5-9775-0727-1
2. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем/ С.М. Цирульник, Г.Л. Лисенко. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 191 с. – ISBN 978-966-641-463-5
3. Шмаков С. Б. Энциклопедия радиолюбителя. Современная элементная база. / С. Б. Шмаков. – СПб.: Наука и Техника, 2012. – 384 с. – ISBN 978-5-94387-859-6

Семенов Андрій Олександрович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Кравецький Микола Васильович — студент групи РТр-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kyller.kravetskiy@gmail.com

Ліхашорський Сергій Володимирович — студент групи РТр-16мс, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lihashorskiy@icloud.com

Semenov Andriy O. — Cand. Sc. (Eng), Professor of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Kravetsky Mykola V. — student of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kyller.kravetskiy@gmail.com

Lihashorsky Sergiy V. — student of the Department of Radio-frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pinaev.bogdam@gmail.com

ЧАСТОТНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ ДИФЕРЕНЦІЙНО-ТЕРМІЧНОГО АНАЛІЗУ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено схему частотного вимірювального перетворювача для диференційно-термічного аналізу. Виконано математичне моделювання пристрою.

Ключові слова: транзистор, перетворювач, диференційно-термічний аналіз, температура.

Abstract

The scheme of the frequency measuring converter for the differential-thermal analysis is developed. The mathematical modeling of the device is performed.

Keywords: transistor, transducer, differential-thermal analysis, temperature.

Вступ

Під термоаналітичним аналізом складу речовин розуміють методи, в яких досліджується який-небудь фізичний параметр системи в залежності від температури, причому цей фізичний параметр реєструється, як динамічна функція температури. Одним із основних методів термічного аналізу є диференційно-термічний аналіз, який полягає в порівнянні термічних властивостей досліджуваної речовини і термічно інертної речовини, прийнятої в якості еталона. Параметром, що реєструється при цьому є різниця їх температур, яка вимірюється при нагріванні чи охолодженні зразка речовини з постійною швидкістю. Методи вимірювання температури фазового перетворення речовини базуються на взаємодії теплового поля об'єкту з термодинамічними чутливими елементами (термопарою, фотоприймачем, рідкокристалічним індикатором і т.д.), перетворенні параметрів теплового поля в електричний сигнал і передачі його на вимірювальний прилад [1].

Основна частина

Винахід належить до галузі контрольно-вимірювальної техніки і може бути використаний як датчик температури в установках для диференційно-термічного аналізу.

На рис.1 зображено схему електричну принципову частотного вимірювального перетворювача з термочутливим опором.

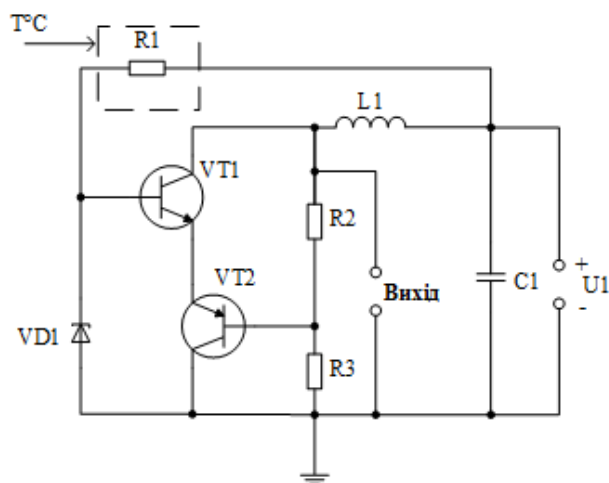
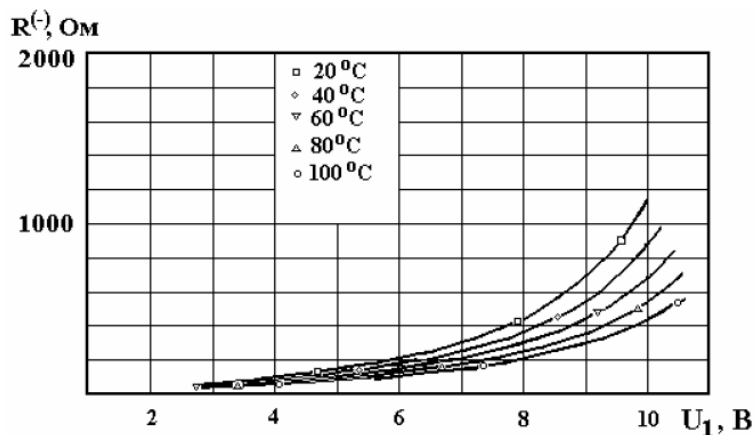


Рисунок 1- Електрична схема частотного вимірювального перетворювача

Схема (рис. 1) складається з двох біполярних транзисторів, живлення яких здійснюється одним джерелом постійної напруги U_1 , трьох опорів, з яких опір R_1 є термочутливим елементом на

основі платини, однієї ємності. Підключення зовнішньої індуктивності до електродів колекторів біполярних транзисторів дозволяє створити генератор електричних коливань, частота генерації якого однозначно залежить від температури. Зміна температури оточуючого середовища впливає на різні параметри і характеристики чутливих біполярних транзисторів, а саме на коефіцієнт підсилення струму та зворотні струми переходів емітера і колектора [2].

Функція перетворення, тобто залежність частоти генерації від температури, визначається із системи рівнянь Кірхгофа. Спочатку визначається реактивна складова повного опору на електродах колектор-колектор транзисторної структури, а потім з реактивної складової визначається еквівалентна ємність, яка залежить від температури.



Зміна еквівалентної ємності визначає залежність частоти генерації від температури. Аналітичний вираз функції перетворення має вигляд:

$$F_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(R_t(T)^2 C_t^2 - C_{vx} L) + \sqrt{(R_t(T)^2 C_t^2 - C_{vx} L)^2 + 0.4 C_{vx} L R_t(T)^2 C_t^2}}{C_{vx} L R_t(T)^2 C_t^2}} \cdot \pi$$

Висновки

В роботі було розроблено схему частотного вимірювального перетворювача для диференційно-термічного аналізу. Внаслідок проведеного математичного моделювання пристрою отримано залежність активної і реактивної складових повного опору від температури і аналітичний вираз для функції перетворення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Осадчук В. С. Радіовимірювальні перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором для неруйнівного теплового контролю [Текст] : монографія / В. С. Осадчук, О.В. Осадчук, С. В. Барабан. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 212 с. - ISBN 978-966-641-599-1.
2. Осадчук В. С. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом [Текст] : монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Н. С. Кравчук. — Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. — 162 с.

Щепанівський Віталій Юрійович – студент групи РТт-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: wizard_sch_@mail.ru.

Барабан Сергій Володимирович — к.т.н., старший викладач кафедри радіотехніки, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: baraban.s.v@vntu.edu.ua

Vitaliy Shchepanivskiy– group RTt-14b, The Faculty of Infocommunications, Radioelectronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: wizard_sch_@mail.ru

Baraban Serhii V. — PhD, senior lecturer at Department of Radioengineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : baraban.s.v@vntu.edu.ua

МІКРОЕЛЕКТРОННІ ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ВОЛОГОСТІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено мікроелектронні частотні перетворювачі вологості з ємнісними елементами, виготовленими на основі вологочутливих пористих шарів. Теоретично та експериментально доведено, що схемотехнічні рішення та фізико-хімічні властивості вологочутливого шару ємнісного елемента суттєво впливають на чутливість перетворювача вологості та діапазон її вимірювання. Встановлено, що найчутливішим є перетворювач з ємнісним елементом, виготовленим на основі аморфного кремнію.

Ключові слова: перетворювач вологості, ємнісний елемент, чутливість.

Abstract

Microelectronic frequency humidity transducers with capacitive element made on the basis of moisture-sensitive porous layers, have been developed. It has been theoretically and experimentally proved the circuit designs and physical and chemical properties of the moisture sensitive layer of the capacitive element significantly affect the sensitivity of the humidity transducer and the range of its measurement. It was found that the most sensitive is a transducer with a capacitive element made on the basis of amorphous silicon.

Keywords: humidity transducer, capacitive element, sensitive.

Вступ

На сьогодні серед первинних перетворювачів різного типу особливе місце у вимірювальній техніці займають сенсори вологості. Серед великого різноманіття сенсорів вологості значний практичний інтерес набули мікроелектронні сорбційні сенсори вологості [1].

Використання первинних перетворювачів вологості в частотних пристроях, в яких вологість перетворюється у частоту, дозволяє значно підвищити чутливість і точність вимірювання, спростити схеми подальшої обробки інформації. В цьому випадку необхідно використовувати вологочутливий елемент у вигляді ємності, який є найоптимальнішим за сукупністю параметрів. А використання реактивних властивостей напівпровідникових структур для розробки мікроелектронних частотних перетворювачів фізичних величин є перспективним науковим напрямком [2, 3].

Метою роботи є дослідження нових схемотехнічних рішень та вплив їх на чутливість до вимірювального параметра та діапазон вимірювання вологості.

Результати дослідження

Мікроелектронні частотні перетворювачі вологості виконані у вигляді гібридної інтегральної мікросхеми. Автогенераторний перетворювач утворює транзисторна структура з від'ємним опором на основі польового двозатворного транзистора VT1 та біполярного транзистора VT2 (рис. 1 та рис. 2).

Експериментальними зразками слугували: вологочутливий МДН-конденсатор на основі аморфного кремнію, розроблений в науково-дослідному інституті (НДІ) «Гелій» (м. Вінниця, Україна); вологочутливий конденсатор HCN-1000 фірми Honeywell; вологочутливі конденсатори P14 Rapid (Wired і SMD) фірми Innovative sensor technology.

На основі теоретичних та експериментальних дослідженнях встановлено, що схемотехнічне рішення, подане на рис.1 [4, 5] має вузький діапазон вимірювання вологості в порівнянні з розробкою, що подана на рис. 2 [6]. Крім того, в діапазоні вологості 18÷99% найчутливішим є перетворювач з вологочутливим МДН-конденсатором, виготовленим на основі аморфного кремнію, середнє значення чутливості якого – 3500 Гц/% (рис. 2).

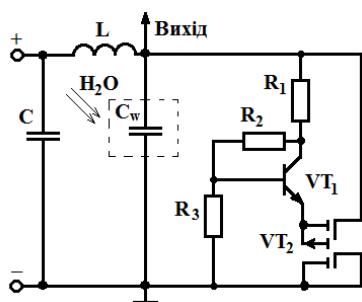


Рис. 1. Електрична схема частотного перетворювача вологості з вологочутливими конденсаторами (перше схемотехнічне рішення)

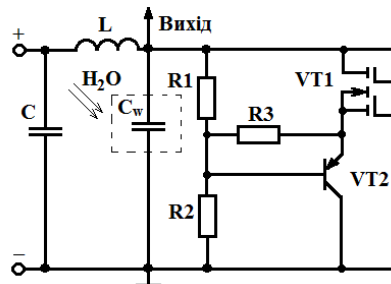


Рис. 2. Електрична схема частотного перетворювача вологості з вологочутливими конденсаторами (друге схемотехнічне рішення)

Висновки

Розроблено мікроелектронні частотні перетворювачі вологості з ємнісними вологочутливими елементами фірм Innovative sensor technology, Honeywell та НДІ «Гелій» м. Вінниця. На основі теоретичних та експериментальних досліджень доведено, що схемотехнічні рішення та фізико-хімічні властивості вологочутливого шару ємнісного елемента суттєво впливають на чутливість перетворювача вологості та діапазон її вимірювання. Встановлено, що в діапазоні вологості 18÷99% найчутливішим є перетворювач з вологочутливим МДН-конденсатором, виготовленим на основі аморфного кремнію, чутливість якого складає 3500 Гц/%, діапазон зміни частоти генерації перетворювача – 320 кГц.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Zhi, Chen. Humidity Sensors: A Review of Materials and Mechanisms / Zhi Chen, Chi Lu // Sensor Letters. – 2005. – Vol. 3, – P. 274 – 295. doi:10.1166/sl.2005.045.
2. Реактивні властивості транзисторів і транзисторних схем : монографія [Текст] / [В. С. Осадчук, О. В. Осадчук]. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 1999. – 275 с.
3. Сенсори вологості : монографія [Текст] / [В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик]. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 2003. – 208 с.
4. Пат. № 119392 України, МПК G01N 27/12 (2006.01). Пристрій для вимірювання вологості / Осадчук В. С., Осадчук О. В., Крилик Л. В., Мартинюк В. В., Білилівська О. П. – № u2017 03058; заявл. 31.03.2017; опубл. 25.09.2017, Бюл. № 18.
5. Осадчук В. С. Мікроелектронний перетворювач «вологість-частота» з ємнісними елементами на основі вологочутливих пористих шарів / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Л. В. Крилик, О. О. Селецька, В. В. Мартинюк // «Вісник» Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. – № 1(257). – С. 83 – 87.
6. Osadchuk V. S. A microelectronic humidity-frequency transducer with humidity-sensitive capacitive elements / V. S. Osadchuk, A. V. Osadchuk, L. V. Krylik., O. O. Seletska // Moldavian Journal of the Physical Sciences, Volume 16, No. 1-2. – Chisinau, 2017. – P. 94 – 100.

Осадчук Володимир Степанович — докт. техн. наук, професор, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Осадчук Олександр Володимирович — докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Крилик Людмила Вікторівна — канд. техн. наук, доцент кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Селецька Олена Олександрівна — канд. техн. наук, старш. викл. кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail : seletska84@gmail.com.

Osadchuk Vladimir S. — Doc. Tech. Scien., Prof., Prof. of Radioengineering Department, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa;

Osadchuk Alexandr V. — Doc. Tech. Scien., Prof., Head of Radioengineering Department, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa;

Krylik Lyudmila V. — PhD in Tech. Scien., Associate Professor of Department of Electronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa;

Seletska Olena O. — PhD in Tech. Scien., Senior Lec. of Department of Electronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: seletska84@gmail.com

УНІВЕРСАЛЬНИЙ АКУСТИЧНИЙ ДАТЧИК–ВИМИКАЧ ІЗ ЗАТРИМКОЮ ВИМИКАННЯ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано універсальний акустичний датчик-вимикач із затримкою вимикання, що реагує на зміну фізичних параметрів вхідної величини, і може бути використаний для обладнання місць з короткочасним перебуванням людей з метою економії електроенергії та підвищення безпеки як в житлових так і у виробничих приміщеннях.

Ключові слова: датчик, освітлення, вимикач, акустичний датчик-вимикач, кількісний вміст компонентів.

Abstract

A universal acoustic switch-off switch is proposed, which responds to changes in the physical parameters of the input quantity, and can be used for equipment of places with short-term residence of people in order to save energy and increase safety in both residential and industrial premises.

Keywords: sensor, lighting, switch, acoustic sensor - switch, quantitative content of components.

Вступ

На сьогоднішній день сучасні технології знайшли застосування практично у всіх сферах життя людини. Вони не тільки роблять побут людини більш комфортним та легким, але й допомагають економити час та матеріальні ресурси, що робить даний напрямок наукових досліджень надзвичайно актуальним.

Метою роботи є створення приладу, в якому за рахунок введення нових елементів та їх послідовності досягається можливість підвищити загальну точність та ефективність роботи акустичних каналів за допомогою яких можна вибрати діапазон частот для вхідної величини.

Результати дослідження

Для досягнення поставленої мети розглядалися такі задачі: підвищення функціональних можливостей акустичного датчика-вимикача, а саме адаптація до складної сторонньої шумової обстановки за рахунок підстроювання до рівня зовнішніх шумів; збільшення терміну служби освітлювальних ламп за рахунок їх вмикання і вимикання синхронно з нульовою напругою мережі живлення; забезпечення тривалого освітлення (без вимикання лампи) при наявності звукових сигналів за рахунок використання другого звукового каналу [1].

Елементи схеми. Підсилювач слабких звукових сигналів виконаний на високочутливому мікрофонному підсилювачі DA1 [2]. Другим за значимістю в пристрої є пасивний електронний мікрофон BM1. Чутливість мікросхеми операційного підсилювача (далі ОП) така, що він сприймає вхідний сигнал амплітудою 1 мВ. Коригуванням опору резистора R7 чутливість підсилювача можна змінювати в широких межах. Сумарний коефіцієнт підсилення при вказаних на схемі номіналах елементів перевищує 3000 і може бути ще більш збільшений за допомогою збільшення опору резистора R7 і ємності конденсаторів C5 до 1000 пФ. Для збільшення загального коефіцієнта підсилення можна збільшити ємність розділових конденсаторів C6 і C8 до 2 мкФ і 50 мкФ відповідно. При зменшенні опору резистора R7 до 50 кОм (в 10 разів) чутливість ОП зменшиться так, що пристрій буде реагувати тільки на голос людини (бавовна в долоні або інший гучний звук) на відстані до 1 м від мікрофона BM1. Підсилений сигнал змінної напруги з виходу ОП DA 1.1 через розділовий конденсатор C8 надходить на випрямляч, реалізований на діодах VD1 і VD2. Випрямлена напруга згладжується оксидним конденсатором C9 і шунтується резистором R9 [2]. Ланцюг C9R9 одночасно є вузлом затримки. Якщо затримка вимикання не потрібна, то її можна відключити. Для цього керуючий сигнал беруть безпосередньо з виводу 7 мікросхеми DA1.

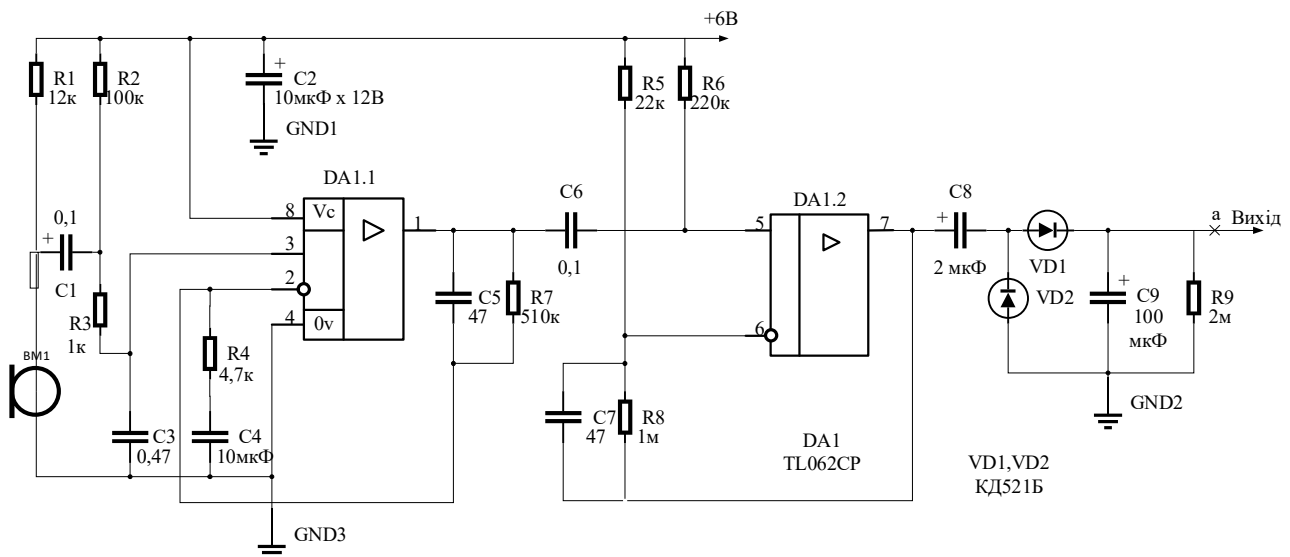


Рисунок 1. Електрична схема універсального акустичного датчика-вимикача із затримкою вимикання

Робота пристрою. В точці *a* (на виході схеми) з'явиться високий рівень напруги (амплітудою 3,6 ... 3,8 В), що заряджає конденсатор С9, цей рівень буде присутній в точці *a* не менше ніж 4 хв. Високий рівень в точці *a* є керуючим по відношенню до виконавчого вузла (на схемі не показаний, відповідно керуючим будь-яким електронним навантаженням, наприклад, може слугувати лампа розжарювання в мережі 220 В, яка встановлена на сходовій клітці). В цьому випадку пристрій буде корисний, як автомат-вимикач освітлення при наближенні мешканців до мікрофона ВМ1. Коли поблизу електронного мікрофона настане тиша, після закінчення витримки 4 хв, лампа освітлення автоматично згасне до наступного акустичного впливу на мікрофон. Якщо шум навколо ВМ1 збережеться під час відліку часу після первинного звукового впливу, то витримка часу відповідно збільшиться і лампа освітлення буде горіти до тих пір, поки шум не припиниться та протягом ще 4 хв.

Висновки

Запропоновано універсальний акустичний датчик-вимикач із затримкою вимикання, який забезпечує адаптацію до складної сторонньої шумової обстановки, збільшення терміну служби освітлювальних ламп, тривале освітлення (без вимикання ламп) при наявності звукових сигналів. Пристрій використовується для обладнання місць з короточасним перебуванням людей з метою економії електроенергії та підвищення безпеки як в житлових, так і у виробничих приміщеннях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кашкаров А. П. Электронные самоделки / Кашкаров А. П. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 304с.
2. Теорія електричних кіл і сигналів. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Осадчук, О. С. Звягін. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 153 с.

Крилик Людмила Вікторівна — канд. техн. наук, доцент кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Krylik Lyudmila V. — PhD in Tech. Scien., Associate Professor of Department of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa.

Римар Владислав Вікторович — студент групи МЕ-14б, факультет інфокомунікація, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vladdrift3@gmail.com

Rymar Vladyslav V. - student group ME-14b, faculty of infocommunication, radio electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: vladdrift3@gmail.com

ВИМІРЮВАЧ РІВНЯ РІДИНИ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ НА ОСНОВІ ЄМНІСНОГО ЧУТЛИВОГО ЕЛЕМЕНТА

Вінницький національний технічний університет; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; кафедра електроніки та наносистем

Анотація

В даній роботі розглянуто вимірювач рівня рідини з частотним виходом на основі ємнісного чутливого елемента, проведено математичне моделювання частотного перетворювача, отримано аналітичний вираз функції перетворення і графік залежності частоти генерації від зміни рівня рідини.

Ключові слова: чутливість, ємність, частотний перетворювач, рівень рідини, від'ємний диференціальний опір, функція перетворення.

Abstract

In this work it is considered liquidometer with a frequency output on the basis of capacity pickoff, the mathematical design of frequency transformer is conducted, analytical expression of function of transformation and graphic arts of dependence of frequency of generation is got from the change of level of liquid.

Keywords: sensitivity, capacity, frequency converter, fluid level, negative differential resistance, conversion function.

Вимірювання рівня рідини є актуальним питанням контролю стану середовища. Вибір приладу вимірювання рівня рідини залежить перш за все від її властивостей, умов зберігання та параметрів навколишнього середовища. У приладах вимірювання рівня рідини високої точності можна досягнути, використовуючи перетворювачі на основі транзисторних структур з від'ємним опором і з вихідним частотним сигналом [1]. Такі перетворювачі характеризуються простотою, високою завадостійкістю та значною точністю перетворення в цифровий код, а також зручністю комутацій в багатоканальних вимірювальних системах [2].

На рис.1 подано електричну схему вимірювача рівня рідини з частотним виходом на основі ємнісного чутливого елемента. Пристрій придатний для виміру рівня в широкому діапазоні тисків і температур агресивних і неагресивних середовищ.

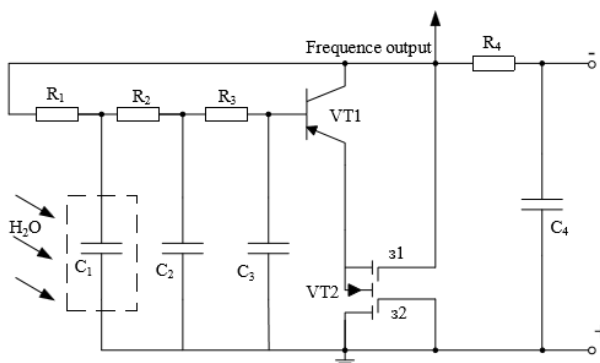


Рисунок 1 – Електрична схема вимірювача рівня рідини з частотним виходом на основі ємнісного чутливого елемента

Вимірювач рівня рідини складається з біполярного і двозатворного МДН-транзистора, а також містить ємнісний чутливий елемент у вигляді циліндричного конденсатора C1. При зміні рівня рідини, а отже зміні ємності чутливого елемента, змінюється ємнісна складова повного опору на електродах колектор біполярного транзистора та стік МДН-транзистора, що викликає ефективну зміну частоти коливального контуру.

Для визначення основних параметрів, що характеризують роботу вимірювача рівня рідини з частотним виходом на основі ємнісного чутливого елемента необхідно розрахувати повний опір на

електродах стік-колектор транзистора VT2 і VT1. Для проведення розрахунків схему на рис. 1 перетворимо у зручнішу (рис. 2).

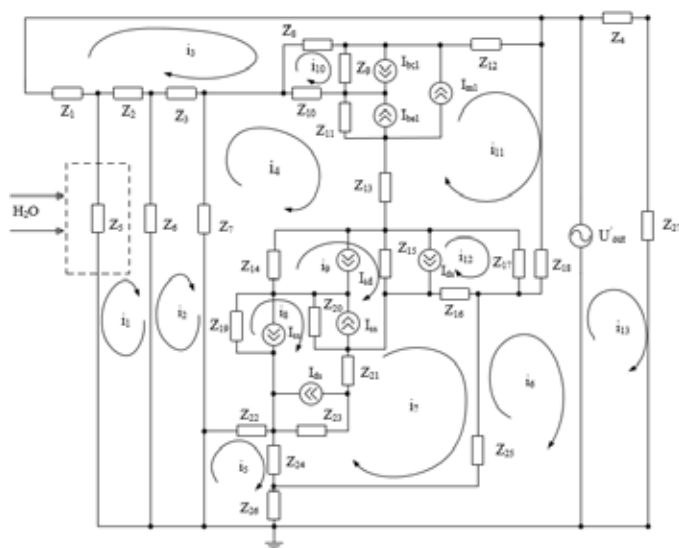


Рисунок 2 – Перетворена еквівалентна схема вимірювача рівня рідини з частотним виходом

Результати експериментальних досліджень залежності вихідної частоти від зміни рівня рідини подано на рис. 3. В якості рідини використано дистильовану воду.

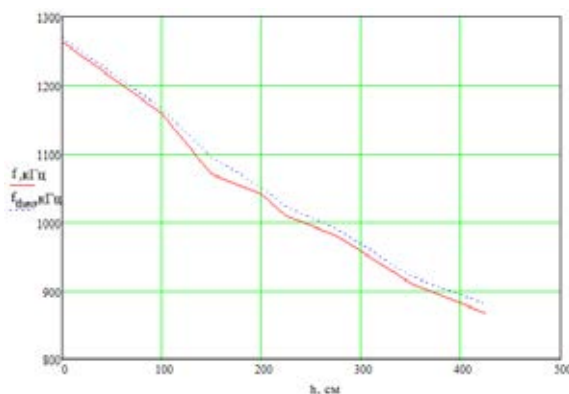


Рисунок 3 – Залежність вихідної частоти від зміни рівня рідини

Як видно з рис. 3 експериментальна частота f з деякою похибкою відрізняється від теоретичної частоти f_{theo} , при збільшенні рівня рідини, яка знаходиться в резервуарі в межах 0–26 см вихідна частота буде зменшуватися в межах 1264,2 – 867 кГц.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук В. С. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 162 с.
2. Осадчук В. С. Радіовимірювальні мікроелектронні перетворювачі потужності оптичного випромінювання з частотним виходом : монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. М. Жагловська. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 168 с.

Жагловська Олена Миколаївна; кандидат технічних наук, старший викладач; Вінницький національний технічний університет; м. Вінниця; olenail86@gmail.com.

Коваль Денис Станіславович; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; група ME-14б.

Zhahlovska Olena Mykolajivna; candidate of engineering sciences, senior teacher; Vinnytsya national technical university; Vinnytsa.

Koval Denis Stanislavovich; faculty of Infocommunications, radioelectronics and nanosystems; student, group ME-14b.

ЧАСТОТНІ НЕГАСЕНСОРИ НА L-НЕГАТРОНАХ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуті частотні негасенсори на L-негатронах. Показано, що використання від'ємної індуктивності L-негатрона дозволяє збільшити чутливість сенсора, а від'ємного опору – забезпечує режим автогенерації.

Ключові слова: негатрон, від'ємна індуктивність, перетворювач імпедансу, частотних сенсор.

Abstract

The frequency sensors on L-negatrons are considered. It is shown that the use of negative inductance of L-negatron allows increasing the sensitivity of the sensor, and the negative resistance - provides autogeneration mode.

Keywords: negatron, negative inductance, impedance converter, frequency sensor.

Вступ

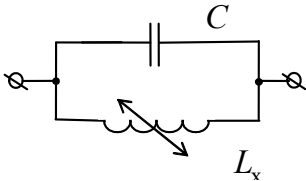
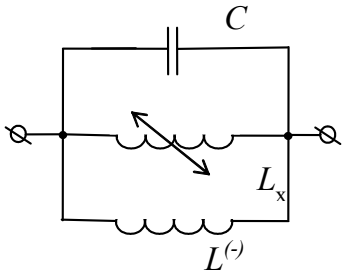
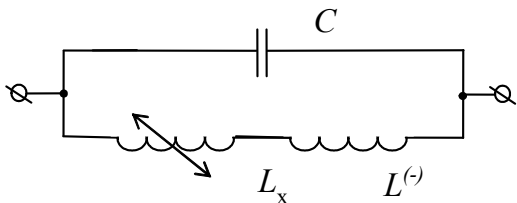
Сучасний етап розвитку автоматизованих систем контролю і управління різними технологічними і фізичними процесами характеризується широким використанням первинних засобів збору і обробки інформації. При цьому сенсори входять до складу будь-якої інформаційно-вимірювальної або керуючої системи і в значній мірі визначають її метрологічні характеристики. При цьому широке використання отримали частотні сенсори внаслідок їх загальновідомих переваг. Використання напівпровідникових приладів з негативним диференціальним опором (R-негатронів) дозволяє створювати схмотехнічно прості мікроелектронні автогенераторні частотні сенсори різних фізичних величин [1], в яких функції перетворення і генерування суміщені і реалізуються R-негатронами. Питання побудови частотних сенсорів на L-, C-негатронах - приладах з від'ємним значенням диференціальної індуктивності і ємності досліджені мало. Однак, як було показано в роботах [2 - 5] використання L-, C-негатронів дозволяє в десятки разів збільшити чутливість аналогових індуктивних і ємнісних сенсорів.

Індуктивні негасенсори на L-негатроні

Велике застосування одержали індуктивні частотні сенсори. Селективне коло такого сенсора – це паралельний коливальний контур (рис. 1), що містить індуктивність первинного індуктивного вимірювального перетворювача L_x , значення якої змінюється під вплив зовнішніх фізичних величин. Основні параметри сенсора: частота вихідного сигналу (резонансна частота контуру) f_0 , абсолютна $S(f_0, L_x)$ та відносна $S_{L_x}^{f_0}$ чутливості. Підвищити чутливість такого сенсора, а відповідно і точність вимірювання фізичних величин, можна ввівши в контур паралельно (рис. 2) або послідовно (рис. 3) до індуктивності L_x від'ємну індуктивність $L^{(-)}$ L-негатрона, одержавши таким чином негасенсор – сенсор на базі негатрона. Основні параметри таких сенсорів, при умові, що активні опори котушок індуктивності значно менше характеристичного опору контуру, наведені в таблиці 1. З одержаних результатів видно, що включення від'ємної індуктивності призвело до збільшення чутливості сенсора.

Негативна диференціальна індуктивність може бути реалізована як за рахунок фізичних процесів - фізичні L-негатрони, так і схмотехнічно - схмотехнічні аналоги L-негатронів [6 - 8]. На рис. 4 показана схема негасенсора на схмотехнічному L-негатроні, реалізованому на конверторі від'ємного опору. При цьому реалізується негативна індуктивність $L^{(-)} = -L_k$. Активний опір котушки індуктивності буде перетворено в негативне активний опір $R^{(-)}$, наявність якого дозволяє забезпечити режим автогенерації, відмовившись від використання схеми зовнішнього автогенератора.

Таблиця 1 – Схеми та параметри сенсорів

Схема	Основні параметри
 Рисунок 1	$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{L_x C}};$ $S(\omega_0, L_x) = \frac{d\omega_0}{dL_x} = -\frac{\omega_0}{2L_x};$ $S_{L_x}^{\omega_0} = \frac{d\omega_0}{dL_x} \frac{L_x}{\omega_0} = -\frac{1}{2}.$
 Рисунок 2	$\omega'_0 = 2\pi f'_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{\Sigma 1} C}}, \text{ де } L_{\Sigma 1} = \frac{L_x L^{(-)}}{L_x + L^{(-)}},$ В колі можливий резонанс, якщо $L_{\Sigma 1} > 0$, тобто якщо $L_x < L^{(-)}$. $S(\omega'_0, L_x) = -\frac{1}{2CL_x \omega'_0}; \quad S_{L_x}^{\omega'_0} = -\frac{L^{(-)}}{2(L^{(-)} + L_x)}.$
 Рисунок 3	$\omega''_0 = 2\pi f''_0 = \frac{1}{\sqrt{L_{\Sigma 2} C}}, \text{ де } L_{\Sigma 2} = L_x + L^{(-)},$ $L_{\Sigma 1} > 0$, якщо $L_x > L^{(-)}$. $S(\omega''_0, L_x) = -\frac{\omega''_0}{2(L_x + L^{(-)})};$ $S_{L_x}^{\omega''_0} = -\frac{L_x}{2(L^{(-)} + L_x)}.$

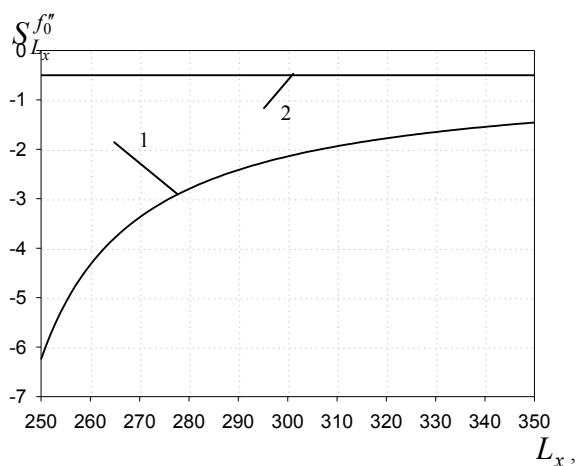
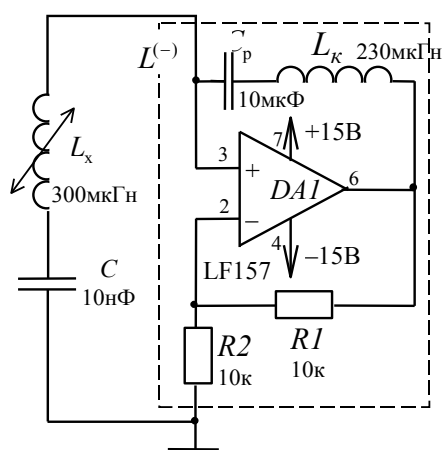


Рисунок 4 - Схема негасенсора на L-негатроні (а); графік залежності відносної чутливості (б): 1 – для негасенсора, 2 – для схеми прототипу (без L-негатрона).

Висновки

Запропоновані схеми індуктивних частотних негасенсорів. Досліджена схема індуктивного негасенсора та схемотехнічному L-негатроні на операційному підсилювачі. За результатами експериментальних досліджень частота вихідного сигналу 140...350 кГц, збільшення чутливості до 10 разів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Філінюк М. А. LC-негатрони та їх застосування : монографія / М.А. Філінюк, О.О. Лазарєв, О.В. Войцеховська; Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Вінницький національний технічний університет. - Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2012. - 307 с.
2. Філінюк, М. А. (2003). Аналіз чутливості електричних кіл з L-, C-негатронами / М.А. Філінюк, О.О. Лазарєв // Вісник ЖІТІ. – 2003. - № 2. – С. 92-98.
3. Філінюк М.А. Частотні датчики на L-, C- негatronах / М.А. Філінюк, О.О. Лазарєв, Р.Ф. Лободзинська // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – Хмельницький, 2004. – №1. – С. 84-89.
4. Філінюк М. А. Дослідження автогенераторних індуктивних негасенсорів / М. А. Філінюк, О. О. Лазарєв, Л. Б. Ліщинська, Д. В. Бондарюк // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. - 2015. - Т. 12, № 2. - С. 27-35.
5. Лазарєв О.О. Дослідження паралельного коливального контуру з LC-негатронами /О.О. Лазарєв, О.В. Войцеховська, Л.Б. Ліщинська, Н. В. Ткачук // Вісник ВПІ. – 2012ю - №2. - С.190-195.
6. Лазарєв О.О. Аналіз методів та засобів з схмотехнічної реалізації негatronів на перетворювачах імпедансу / О.О. Лазарєв, О.В. Войцеховська, Л.Б. Ліщинська // Вісник Хмельницького національного університету – 2011. – №6. – С. 49 - 54.
7. Лазарєв О.О. Дослідження схмотехнічної реалізації L-негатронів на операційному підсилювачі / О.О. Лазарєв, О.В. Войцеховська, Л.І. Покотилук, Р.Ю. Чехмestрук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. - №4. - С. 68-73.
8. Лазарєв О.О. Математична модель схмотехнічного L-негатрона / О.О. Лазарєв, М.А. Філінюк, Л.Б. Ліщинська, Бондарюк Д.В. // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – №1(221). - С. 140-144.

Лазарєв Олександр Олександрович — канд. техн. наук, доцент кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет.

ОПТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Представлено оптичний частотний перетворювач концентрації газу, який використовується для оптично-абсорбційного методу вимірювання концентрації газу. Використання частотного перетворювача дозволяє покращити метрологічні характеристики та підвищити точність вимірювання концентрації горючих газів.

Ключові слова: концентрація газу; від'ємний опір; оптично-абсорбційний метод.

Abstract

The optical frequency transducer of the gas concentration is presented in the paper. It is applied for the measuring system of gas concentration in the optical-absorption method. This approach allows to improve the metrological characteristics and to increase accuracy of measuring of combustible gases.

Keywords: gas concentration; negative resistance; optical-absorption method.

Вступ

У хімічній та нафто-газовій промисловості, при шахтних виробках, житлово-комунальному секторі, а також у системах призначених для екологічного моніторингу довкілля та ін., широко використовуються оптичні перетворювачі концентрації газів. Тому, розроблення нових чи вдосконалення уже існуючих оптичних газоаналізаторів для вимірювання концентрацій найбільш поширених забруднювачів атмосфери газів (чадний газ, вуглекислий газ, оксид азоту, сірководень, сірчистий газ), вибухонебезпечних газів (метан, бутан, пропан, етилен, ацетилен і ін.), токсичних, агресивних і отруйних газів, залишається актуальним питанням.

Метою роботи є розроблення та вдосконалення існуючих способів підвищення точності вимірювальних перетворювачів концентрації газу за рахунок використання чутливих оптичних частотних перетворювачів з від'ємним опором для оптично-абсорбційного методу вимірювання концентрації газів. Внесення в схему засобу вимірювання оптичного частотного перетворювача, який дозволяє реєструвати зміну інтенсивності поглинутого газом випромінювання, яка залежить від концентрації газу, перетворюючи інтенсивність поглинутого газом випромінювання відповідної довжини хвилі у вихідний сигнал відповідної частоти, що забезпечує високу завадостійкість (отже, і точність) вимірювання концентрації газу [1].

Результати дослідження

Для визначення якісного та кількісного складу газів використовують, зокрема, оптично-абсорбційний метод. Оптично-абсорбційний метод полягає в здатності газів поглинати інфрачервоні промені в суворо визначених для кожного газу ділянках спектру завдяки наявності коливально-обертальних смуг поглинання [2].

Висока точність абсорбційного аналізатору може бути забезпечена, якщо стабілізувати світловий потік випромінювача, а для цього потрібно стабілізувати напругу живлення випромінювача, стабілізувати параметри кювети, а також стабілізувати температуру, тиск проби, інтегральну чутливість фотоприймача

Оскільки частотний сигнал є більш чутливим до змін, з'явилася можливість вимірювання малих змін вихідного аналогового сигналу, що в свою чергу дозволяє збільшити точність та чутливість динамічного контролю концентрації газу. Тому в схему вимірювального засобу вноситься оптичний частотний перетворювач, що перетворює оптичний сигнал у частотний, який в свою чергу пропорційний потоку випромінювання, який і характеризує значення концентрації газу.

На рис.1 представлено схему вимірювального засобу, що складається з випромінювача 1, вимірювальної кювета 2, оптично частотного перетворювача з фоторезистором 3 (рис.1.1), блока обробки інформації 4.

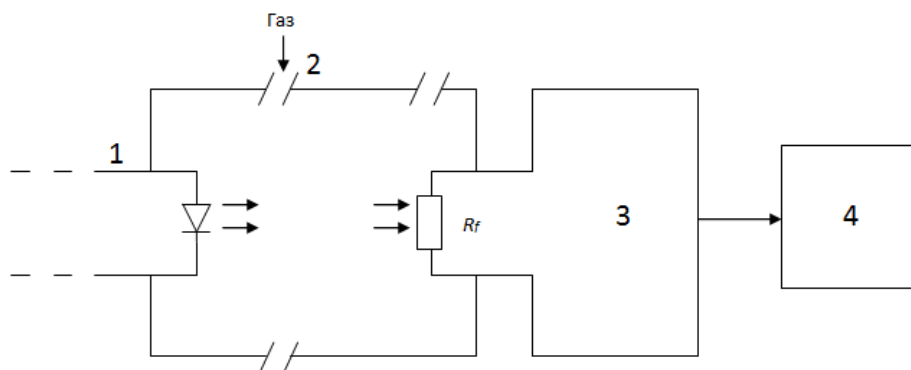


Рис. 1. Функціональна схема вимірювального засобу (оптично-абсорбційний метод): 1- джерело випромінювання; 2 - вимірювальна кювета; 3 – оптичний частотний перетворювач з фоторезистором; 4 - блок обробки інформації.

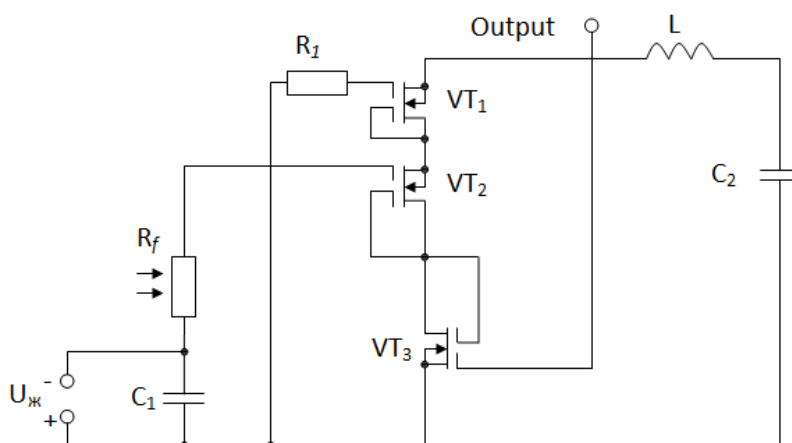


Рис. 1.1 Оптичний частотний перетворювач

Висновки

Представлено функціональну схему оптичного перетворювача концентрації газу, робота якого ґрунтується на принципі оптично-абсорбційного методу, що дозволяє покращити метрологічні характеристики таких перетворювачів концентрації газів, значно спростити сам метод вимірювання концентрації газу, підвищує безпеку використання та дає можливість як для дистанційного, так і для локального вимірювання концентрації газу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук В. С. Радіовимірювальні оптичні перетворювачі для мікроелектронної технології / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, О. О. Селецька – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 160 с.
2. Алексеев В. А. Опыт создания переносных многокомпонентных газоанализаторов с использованием оптического абсорбционного метода / В.А. Алексеев, В.А. Яценко // Радиотехника. - 2006. -Вып 146.– С. 192-197.

Половий Микола Миколайович — студент групи ЕП-146, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nickolai.polovy@yandex.ru

Науковий керівник: **Селецька Олена Олександрівна** — к.т.н., ст. викладач кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ ІНДУКЦІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Вінницький національний технічний університет; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; кафедра електроніки та наносистем

Анотація

В даній роботі розглянуто вимірювач індукції магнітного поля на основі магніточутливого діода, проведено опис роботи даного пристрою.

Ключові слова: магніточутливість, індукція, частотний перетворювач, магніточутливий діод, магнітне поле.

Abstract

In this work it is considered measuring device of induction of magnetic-field on the basis of magnetic sensitive diode, description of work of this device is conducted.

Keywords: magnetic-sensitivity, induction, frequency transformer, magnetic sensitive diode, magnetic field.

Вимірювання індукції магнітного поля є актуальним питанням сьогодення. У пристроях вимірювання індукції магнітного поля можна досягнути високої точності, використовуючи транзисторні структури з від'ємним опором і з частотним вихідним сигналом [1]. Такі перетворювачі характеризуються простотою, високою завадостійкістю та значною точністю перетворення в цифровий код, а також зручністю в експлуатації [2].

Розглянувши вимірювач магнітного поля на основі магніточутливого діода [3], який містить магніточутливий діод, джерело постійної напруги та резистор, причому перший і полюс джерела постійної напруги з'єднаний із першим виводом резистора, другий вивід якого утворює першу вихідну клему та підключений до першого виводу магніточутливого діода, другий вивід якого об'єднаний із другим полюсом джерела живлення у загальну шину, до якої підключена друга вихідна клему, бачимо що недоліком такого пристрою є його мала чутливість і точність виміру. Це пов'язано з тим, що при малих магнітних полях зміна напруги на магніточутливому діоді є незначною.

На рис.1 подано електричну схему пристрою вимірювання індукції магнітного поля на основі магніточутливого діода.

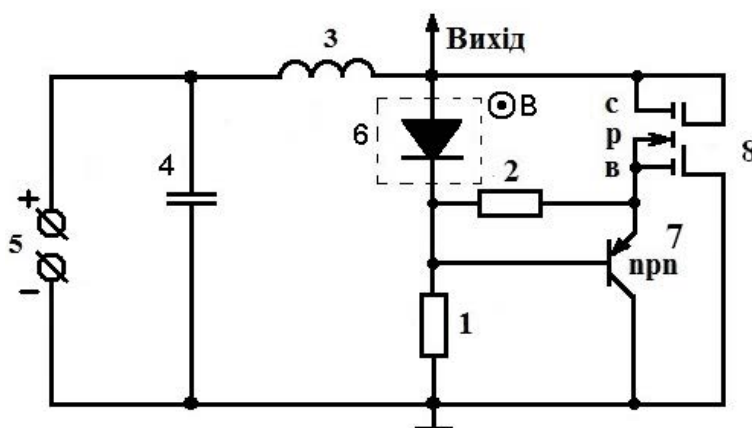


Рисунок 1- Електрична схема пристрою вимірювання індукції магнітного поля

Пристрій містить резистор 1 та резистор 2 магніточутливий діод 6 біполярний транзистор 7 джерело постійної напруги 5 перший полюс якого з'єднаний з першим виводом першого резистора 1 другий вивід якого підключений до першого виводу магніточутливого діода 6, причому перший вивід

другого резистора 2 з'єднано з другим виводом магніточутливого діода 6 а колектор біполярного транзистора 7 з'єднаний з ємністю 4 та з виводом першого резистора 1 введено пасивну індуктивність 3 та польовий транзистор 8 вивід якого під'єднано до емітера біполярного транзистора 7 крім того база польового транзистора 8 під'єднано до вивода другого резистора 2 який через магніточутливий діод 6 з'єднаний з пасивною індуктивністю 3 що з'єднана з ємністю 4 та джерелом живлення 5.

Пристрій вимірювання індукції магнітного поля працює таким чином. В початковий момент часу магнітне поле не діє на магніточутливий діод 6. Підвищенням напруги джерела постійної напруги 5 досягається така її величина, що на електродах колектор біполярного транзистора 7 та стік польового транзистора 8 виникає від'ємний опір, який приводить до виникнення електричних коливань в контурі, який утворений паралельним включенням повного опору з ємністю складовою на електродах колектор біполярного транзистора 7 і стік польового транзистора 8 та пасивною індуктивністю 3. Магніточутливий діод 6, другий резистор 2 та перший резистор 1 утворюють дільник напруги, який здійснює електричне живлення біполярного транзистора 7 та польового транзистора 8, а ємність 4 запобігає проходженню змінного струму через джерело постійної напруги 5. При наступній дії магнітного поля на магніточутливий діод 6 змінюється ємнісна складова повного опору на електродах колектор біполярного транзистора 7 та стік польового транзистора 8, що викликає ефективну зміну частоти коливального контуру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук В. С. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 162 с.
2. Осадчук В. С. Сенсори тиску і магнітного поля: Монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 207 с.
3. Бараночников М.Л. Микромагнитоэлектроника / М. Л. Бараночников. – М: Т.І. ДМК Пресс, 2001.

Мартинюк Володимир Валерійович; кандидат технічних наук; Вінницький національний технічний університет; м. Вінниця;

Шаргало Ілля Васильович; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; група МЕ-15б.

Martynyuk Volodymyr Valerievich; candidate of engineering sciences; Vinnytsya national technical university; Vinnytsa.

Shargalo Ilya Vasylovych ; faculty of Infocommunications, radioelectronics and nanosystems; student, group ME-15b.

КЛАСИФІКАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуто основні види безпілотних літальних апаратів та ознаки, за якими вони класифікуються, а саме – за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації.

Ключові слова: авіація; безпілотні літальні апарати; класифікація.

Abstract

The paper deals with the main types of unmanned aerial vehicles and the features by which they are classified-namely, by type of control system, by mass, by scale of tasks, by the fuel system, by type of wing, by the duration of flight, by practical flight ceiling, by type of aircraft, by base, by rules of the rules, by number of uses, by type of fuel tank, by the radius of action, by the maximum flight speed, by the number of engines, for use, by direction of lifting / landing, by type of landing / landing , by the time I'm getting it information gathered.

Keywords: aviation; unmanned aerial vehicles; classification.

Вступ

Україна володіє повним циклом створення авіаційної техніки і займає значне місце на світовому авіаційному ринку в секторі транспортної та регіональної пасажирської авіації, що дозволяє розробляти та виробляти авіаційну техніку за такими напрямками, як літакобудування, бортове радіоелектронне обладнання, орієнтоване на використання супутникових систем зв'язку, навігації та спостереження, надлегкі й легкі літальні апарати, вертольотобудування, безпілотні літальні апарати (БПЛА) [1]. Під останніми згідно термінології слід розуміти будь-які авіаційні літальні апарати без пілота (екіпажу) на борту, призначені для виконання завдань, які властиві пілотованим літальним апаратам [2]. Сучасні класифікації не є достатньо повними, оскільки не розглядають всі види БПЛА, які існують на сьогодні, в зв'язку з динамічним розвитком цієї технології.

Тому метою роботи є аналіз відомих видів БПЛА, їх класифікація та моделювання системи доставки товарів за допомогою БПЛА, тип якого визначений на основі класифікації.

Класифікація безпілотних літальних апаратів

Основними класифікаційними ознаками є: за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації.

Тип системи управління визначає вид БПЛА. Дистанційно пілотовані літальні апарати керуються безпосередньо оператором в межах видимості через наземну станцію. Дистанційно керовані працюють автономно, але можуть керуватися пілотом, який використовує лише зворотній зв'язок через інші підсистеми контролю. Автоматичні літальні апарати виконують попередньо запрограмовані дії. Дистанційно керовані авіаційні системи керуються вбудованими системами.

Маса БПЛА поділяє їх на малорозмірні – до 200 кг, середньорозмірні – 200-2000 кг, великорозмірні – 2000-5000 кг, важкі – більше 5000 кг.

БПЛА за масштабом завдань, які вирішуються, поділяються на тактичні, тобто дальність їх

польоту не перевищує 80 км, оперативно-тактичні – до 300 км, оперативно-стратегічні – до 700 км.

Паливна система БПЛА виділяє їх на такі види: монозаправні – одноразова заправка паливної системи, яка виконуються в промислових умовах виробником на заводі, полізаправні – багаторазова заправка, яка може, в свою чергу, бути наземною – виконується на землі, платформна – морська (на борту морського судна) та бортова (на борту пілотованого літального апарату).

БПЛА за типом крила поділяються на фіксовані – літакового (забезпечує швидкість польоту близько 50-60 км/год) та гелікоптерного (забезпечує швидкість польоту близько 100 км/год) типів, плаваючі – використовуються в конвертипланах (дозволяє виконувати вертикальний зліт/посадку і має можливість фізично повертати двигуни або пропелери на 90 градусів для створення вертикальної підйімальної сили або горизонтальної тягової).

Тривалість польоту БПЛА різна і поділяє їх на малої тривалості – менше 6 год, середньої тривалості – 6-12 год, великої тривалості – більше 12 год.

Практична стеля польоту БПЛА виділяє їх на маловисотні – менше 1 км, середньовисотні – 1-4 км, висотні – 4-12 км, стратосферні – більше 12 км.

Літальні апарати за типом поділяються за літаковою аеродинамічною схемою, за гелікоптерною аеродинамічною схемою та легші за повітря.

БПЛА за базуванням поділяються на наземні, які пересуваються по земній поверхні, морські, орієнтовані на роботу у водному середовищі, та космічні, орієнтовані на вихід у космос.

БПЛА згідно правил польотів поділяються на візуальні, якщо вони знаходяться і виконують політ в межах видимості пілота, який керує і контролює їх в світлий час доби (5 км); приладовий, якщо політ виконується в автоматичному режимі не лише в межах видимої зони, але й в сліпих зонах в темний час доби (понад 150 км); візуально приладовий, коли під час польоту використовуються візуальні та приладові прийоми (5 – 150 км).

БПЛА за кількістю використань поділяються на одноразові, якщо не передбачена система посадки, та багаторазові, які використовуються велику кількість разів (понад 10 разів) і можуть вирішувати різні задачі.

Тип паливного баку БПЛА є важливою конструкторською характеристикою, що визначає базові літальні апарати, які мають основний паливний бак, та базово-резервні – мають основний та резервний паливні баки.

Радіус дії БПЛА варіюється в широких межах. Виділяють п'ять основних видів: ближнього радіусу дії – до 40 км, малого – до 70 км, середнього – до 300 км, дальнього – до 1500 км, великої дальності польоту – не менше 1500 км.

За максимальною швидкістю польоту БПЛА поділяються на замало швидкісні – до 100 км/год, малошвидкісні – від 100 до 300 км/год, середньошвидкісні – від 300 до 600 км/год, надзвукові – перевищують швидкість звуку до 5 разів.

БПЛА за кількістю двигунів поділяються на одnodвигунні, дводвигунні, багатодвигунні, бездвигунні.

БПЛА широко використовуються в усіх сферах людської діяльності, які в загальному можна поділити на: військові та цивільні.

БПЛА за напрямком підйому/посадки поділяються на горизонтальні та вертикальні.

За типом підйому/посадки: мультипідйомні/спускові, аеродромні, палубні, водні.

БПЛА часом одержання зібраної інформації: у масштабі реального часу, періодично в ході сеансів зв'язку, після посадки [3].

Висновки

В роботі проведено аналіз існуючих видів БПЛА, описано їх особливості. Запропоновано класифікацію, основними класифікаційними ознаками якої є: за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації.

З наведеного вище аналізу видів БПЛА можна зробити висновок, що розроблена класифікація висвітлює всі види БПЛА, що використовуються на сьогодні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про схвалення Стратегії розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року: розповсюдження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2008 р. № 1656-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua>.
2. Техніка авіаційна військової призначеності. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять і класифікація: ДСТУ В 7371:2013 / Міністерство економічного розвитку і торгівлі України [Наказ № 1010 від 22.08.2013]. – К., 2014. – С. 2.
3. Knysh B. The classification of the certain types of the unmanned aerial vehicles / Knysh B., Brovko P., Popil D. // International periodic scientific jorنال. Modern engineering and innovative technologies. Heutiges ingenieurwesen und innovative technologien. – 2017. – №2. – С. 34 – 39.

Книш Богдан Петрович — старший викладач кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tutmos-3@i.ua;

Бровко Петро Вікторович — студент групи ЕП-146, кафедра електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Богдан Петрович Книш** — канд. техн. наук, старший викладач кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Knysh Bogdan P. – Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Electronics and Nanosystems Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, tutmos-3@i.ua;

Brovko Petro V. — Department of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Knysh Bogdan P.** – Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Electronics and Nanosystems Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia.

БЕЗПІЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ

¹ Вінницький національний технічний університет**Анотація**

В роботі розглянуто основні види безпілотних літальних апаратів та ознаки, за якими вони класифікуються, а саме – за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації.

Ключові слова: авіація; безпілотні літальні апарати; класифікація.

Abstract

The paper deals with the main types of unmanned aerial vehicles and the features by which they are classified- namely, by type of control system, by mass, by scale of tasks, by the fuel system, by type of wing, by the duration of flight, by practical flight ceiling, by type of aircraft, by base, by rules of the rules, by number of uses, by type of fuel tank, by the radius of action, by the maximum flight speed, by the number of engines, for use, by direction of lifting / landing, by type of landing / landing , by the time I'm getting it information gathered.

Keywords: aviation; unmanned aerial vehicles; classification.

Вступ

Україна володіє повним циклом створення авіаційної техніки і займає значне місце на світовому авіаційному ринку в секторі транспортної та регіональної пасажирської авіації, що дозволяє розробляти та виробляти авіаційну техніку за такими напрямками, як літакобудування, бортове радіоелектронне обладнання, орієнтоване на використання супутникових систем зв'язку, навігації та спостереження, надлегкі й легкі літальні апарати, вертольотобудування, безпілотні літальні апарати (БПЛА) [1]. Під останніми згідно термінології слід розуміти будь-які авіаційні літальні апарати без пілота (екіпажу) на борту, призначені для виконання завдань, які властиві пілотованим літальним апаратам [2]. Сучасні класифікації не є достатньо повними, оскільки не розглядають всі види БПЛА, які існують на сьогодні, в зв'язку з динамічним розвитком цієї технології.

Тому метою роботи є аналіз відомих видів БПЛА, їх класифікація та моделювання системи доставки товарів за допомогою БПЛА, тип якого визначений на основі класифікації.

Види безпілотних літальних апаратів

Для практичного застосування та розробки БПЛА важливим є дослідження питання їх класифікації (табл. 1).

Таблиця 1 – Класифікація БПЛА

Ознака	Види
За масштабом завдань, що вирішуються	• Тактичні; • Оперативно-тактичні; • Оперативно-стратегічні.
За масою	• Малорозмірні; • Середньорозмірні; • Великорозмірні; • Важкі.
За тривалістю польоту	• Малої тривалості; • Середньої тривалості; • Великої тривалості.

За практичною стелею польоту	• Маловисокі; • Середньовисокі; • Висотні; • Стратосферні.
За типом літального апарату	• За літаковою аеродинамічною схемою; • За гелікоптерною аеродинамічною схемою; • Легші за повітря.
За базуванням	• Наземні; • Морські; • Космічні.
За використанням	• Військові; • Цивільні (державні, приватні, комерційні); • Антитерористичні.
За типом системи керування	• Дистанційно пілотовані; • Дистанційно керовані; • Автоматичні; • Дистанційно керовані авіаційною системою.
За правилами польоту	• Візуальні; • Приладові; • Візуально-приладові.
За типом крила	• Фіксовані; • Плаваючі.
За напрямком	• За напрямком підйому (горизонтальні, вертикальні, мультипідйомні); • За напрямком посадки (горизонтальні, вертикальні, парашутні, мачтові, безпосадкові, мультиспускові).
За типом	• За підйомом (аеродромні, запускні, палубні, водні, ручні, нетипово підйомні, мультипідйомні); • За посадкою (аеродромні, точкові, палубні, водні, безпосадкові, нетипово посадкові, мультипосадкові).
За паливною системою	• Монозаправні; • Полізаправні (наземна, платформна (морська, бортова)).
За типом паливного бака	• Базові; • Базово-резервні.
За кількістю використань	• Одноразові; • Багаторазові.
За радіусом дії	• Близького радіусу; • Малого радіусу; • Середнього радіусу; • Дальнього радіусу; • Великої дальності польоту.

Основними класифікаційними ознаками БПЛА, за якими виділяють їх види, є: за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання зібраної інформації [3].

Висновки

В роботі проведено аналіз існуючих видів БПЛА. Запропоновано класифікацію, основними класифікаційними ознаками якої є: за типом системи управління, за масою, за масштабом завдань, за паливною системою, за типом крила, за тривалістю польоту, за практичною стелею польоту, за типом літального апарату, за базуванням, за правилами польотів, за кількістю використань, за типом паливного баку, за радіусом дії, за максимальною швидкістю польоту, за кількістю двигунів, за використанням, за напрямком підйому/посадки, за типом підйому/посадки, за часом одержання

зібраної інформації.

З наведеного вище аналізу видів БПЛА можна зробити висновок, що розроблена класифікація висвітлює всі види БПЛА, що використовуються на сьогодні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про схвалення Стратегії розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року: розповсюдження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2008 р. № 1656-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua>.

2. Техніка авіаційна військової призначеності. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять і класифікація: ДСТУ В 7371:2013 / Міністерство економічного розвитку і торгівлі України [Наказ № 1010 від 22.08.2013]. – К., 2014. – С. 2.

3. Knysh B. The classification of the certain types of the unmanned aerial vehicles / Knysh B., Brovko P., Popil D. // International periodic scientific jornal. Modern engineering and innovative technologies. Heutiges ingenieurwesen und innovative technologien. – 2017. – №2. – С. 34 – 39.

Книш Богдан Петрович — старший викладач кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tutmos-3@i.ua;

Попіль Денис Сергійович — студент групи ЕП-146, кафедра електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **Богдан Петрович Книш** — канд. техн. наук, старший викладач кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Knysh Bogdan P. – Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Electronics and Nanosystems Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia, tutmos-3@i.ua;

Popil Denys S. — Department of Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Knysh Bogdan P.** – Cand. Sc. (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Electronics and Nanosystems Vinnytsia National Technical University. Vinnytsia.

ЗАСТОСУВАННЯ НАБОРІВ «АРДУІНО» ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто апаратну обчислювальну платформу для конструювання електронних приладів Arduino, описано характеристики, основні переваги та недоліки її використання.

Ключові слова: мікроконтролер, технологія Arduino, моделювання схем.

Abstract

A hardware computing platform for the design of Arduino electronic devices is considered. Characterization and main advantages and disadvantages of use are described.

Keywords: microcontroller, Arduino technology, circuits simulation.

Вступ

Людина розробляє все нові і нові технології, причому все це відбувається з величезною швидкістю. XX століття стало століттям науково-технічного прогресу. Декілька десятиліть тому не можна було і уявити, що будуть розроблені такі механізми які полегшуватимуть працю людини і що цей процес науки і техніки викликає у суспільстві глибокі перетворення, що стосуються всіх сфер і сторін людського буття. Сьогодні технології досягли такого рівня, що простими механізмами сучасне суспільство обійтися не в змозі. Технології вимагають від людини високого рівня знань і професіоналізму тільки для того, щоб грамотно використовувати їх. В XXI столітті виникає необхідність розробки більш складних та інтелектуальних розробок, яких вимагає сучасний спосіб життя, щоб суспільство могло легко використовувати їх. Технології застосування мікроконтролерів – це те, що вимагає сьогоднішній день [1, 2]. Однією із таких технологій є застосування платформи Arduino.

Результати дослідження

Arduino — це маленький електронний пристрій, що складається з однієї друкованої плати, яка здатна керувати різними датчиками, електродвигунами, освітленням, передавати і приймати дані. Arduino — це ціле сімейство пристроїв різних розмірів і можливостей. Також на сьогодні існує цілий ряд клонів Arduino та Arduino-сумісних пристроїв.

Arduino і схожі на нього проекти являють собою набори, які складаються з готового електронного блоку і програмного забезпечення. Електронний блок в даному випадку - це друкована плата з встановленим мікроконтролером і мінімумом елементів, необхідних для його роботи. Електронний блок Arduino є аналогом материнської плати сучасного комп'ютера. І на ньому є роз'єми для підключення зовнішніх пристроїв, а також роз'єм для зв'язку з комп'ютером, за яким і здійснюється програмування мікроконтролера.

Іншою важливою частиною проекту Arduino є програмне забезпечення для створення керуючих програм. Воно об'єднало в собі найпростіше середовище розробки і мову програмування, що представляє собою варіант мови C / C ++ для мікроконтролерів. У нього додані елементи, що дозволяють створювати програми без вивчення апаратної частини. Так що для роботи з Arduino практично досить знання тільки основ програмування на C / C ++. Створено для Arduino і безліч бібліотек, що містять код, який працює з різними пристроями.

Плата Arduino складається з мікроконтролера Atmel AVR (ATmega328 і ATmega168 в нових версіях і ATmega8 в старих), а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими схемами. На багатьох платах присутній лінійний стабілізатор напруги +5 або +3,3 В. Тактування здійснюється на частоті 16 або 8 МГц кварцовим резонатором. У мікроконтролер попередньо прошивається завантажувач BootLoader, тому зовнішній програматор не потрібен [3]. Використання мікроконтролерів ATmega фірми Atmel дозволяють виконувати програмування без застосування

спеціальних програматорів. Все, що потрібно для створення нового електронного пристрою, - це плата Arduino, кабель зв'язку та комп'ютер.

Існують також цілий набір плат, що дозволяють розширювати функціональні можливості наборів Arduino. Розглянемо деякі з них. Hi-ATmega плати – можуть приєднуватися до Arduino, але в них використовуються мікроконтролери не сімейства ATmega. Внаслідок цього вони несумісні з обладнанням для Arduino. Jduino – плата на основі мікроконтролера PIC18F4550. ARMmtePRO – плата на основі мікропроцесора архітектури ARM від компанії Coridium, програмується на Бейсіку або Сі. Cortino – система розробки для 32-бітного мікропроцесора ARM Cortex M3. ChipKIT Uno32 – система розробки на основі 32-бітного мікропроцесора PIC32 [4].

Розглянемо кілька прикладів схем, які можна реалізувати на Arduino.

Регулятор температури в будинку. Реалізувати такий проект можна з використанням декількох плат Arduino Nano і однієї Arduino Uno / Mega, яка буде виступати в ролі бази. Зв'язок між модулями можна реалізувати за допомогою NRF24L01 - модуля радіозв'язку, який дає можливість об'єднувати до 6 плат.

Smart-теплиця. Використовуючи всього одну плату Arduino Mega і контролер DHT22, ви зможете фіксувати і виводити на екран інформацію про температуру в теплиці, а також передавати команди на запуск поливу, управління моторами для відкриття і закриття дверей.

Роботи. Різного типу та складності. Наприклад, за допомогою ультразвукового далекоміра HC-SR04 ваш робот зможе фіксувати відстань до перешкод і огинати їх при русі. Застосувавши драйвер двигунів L293D, ви отримаєте в своє розпорядження 3 сервоприводу і 4 двигуни. За допомогою модуля HC-06 у вас з'явиться можливість управляти роботом по Bluetooth через смартфон.

3D принтер. Крім самої плати, необхідні будуть драйвери двигунів L298N, а також самі двигуни. Інша частина роботи - це рама і розробка програмного коду.

Переваги використання мікроконтролера Arduino:

1. Готовність до використання - є найбільшим плюсом Arduino. Наявним є регулятор живлення, мікроконтролер, програматор, інтерфейси для підключення пристроїв, і програмні бібліотеки. Розробник вже не повинен думати про програмування мікроконтролера або способах підключення периферії, не повинен вивчати регістри мікроконтролера, діаграми, блок-схеми і набір інструкцій. Просто підключається Arduino до USB порту ПК і система готова до розробки.

2. Легко зрозуміти як все працює. Від простого до складного, від миготіння світлодіодом до метеостанції.

3. Ще одним великим перевагою Arduino є бібліотека прикладів, яка йде в комплекті. Те, чого немає в постачанні, легко шукається в Інтернеті, причому всі бібліотеки є загальнодоступними.

До недоліків використання Arduino слід віднести те, що розробник не зовсім чітко може розуміти внутрішню структуру компонентів, які використовує, їх принципи функціонування. Також вартість проектів із використанням Arduino зазвичай вища, у порівнянні з проектами, створеними з інших загальнодоступних компонентів.

Висновок

Розглянуто основні характеристики апаратно обчислювальної платформи для конструювання електронних приладів Arduino, її особливості, переваги та недоліки.

З'ясовано, що використання платформи Arduino широко розповсюджено внаслідок простоти та доступності її використання.

СПИСОК ВИКОРЕСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петін В.С. - Arduino і Raspberry Pi в проектах Internet of Things, 2001.- 45с.
2. Cyberslug [Arduino. Огляд. Коротка інформація.] [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ra4fjv.org/nachinayushchim/chto-takoe-arduino-uno-due-istoriya-massimo-banzi>.
3. Cyberslug [Переваги і недоліки використання Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://tim4dev.com/2016/07/arduino-advantages-disadvantages/>.

Мушинський Юрій Ігорович - студент групи ЕП-16б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mushinskyura@gmail.com.

Науковий керівник: **Огородник Костянтин Володимирович**— кандидат технічних наук, доцент кафедри Електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Yuriy I. Mushinsky - student group EP-16b, faculty of infocommunications, radio electronics and nanoistems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mushinskyura@gmail.com.

Supervisor: **Konstantin V. Ogorodnik** - PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Частотний перетворювач на основі магніодіода та активно-індуктивного елемента

Вінницький національний технічний університет; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; кафедра електроніки та наносистем

Анотація

В даній роботі розглянуто частотний перетворювач з магніодіодом та активним індуктивним елементом, що складається з біполярного та МДН-транзистора, та магніодіода в якості магніточутливого елемента.

Ключові слова: магніточутливість, індукція, частотний перетворювач, магніточутливий діод, магнітне поле, біполярний транзистор, польовий транзистор.

Abstract

In this work the worked out mathematical model of frequency transformer with a magnetodiode and активном by an inductive element, what consists of bipolar and field transistor and magnetodiode as a magnetically sensitive element.

Keywords: magnetic-sensitivity, induction, frequency transformer, magnetic sensitive diode, magnetic field, bipolar transistor, field transistor.

Застосування напівпровідникових структур з відємним опором в класичних схемах підсилювальних, перемикачів генераторних і логічних пристроях добре дослідженні проте застосування магнітореактивного елемента на основі магніодіода в структурах для створення мікроелектричних перетворювачів тільки починається. Існування додаткового каналу зв'язку суттєво підвищує функціональні можливості таких пристроїв, а мікроелектронна технологія дає можливість значно підвищити їх чутливість, діапазон вимірювальних параметрів, швидкодію та надійність [1-3]. В таких перетворювачах діод виступає як магніточутливий елемент так і в якості елемента, які утворює генерацію електричних коливань.

Математична модель

На рис.1 представлена схема магнітного частотного перетворювача з чутливим елементом — магніодіодом VD1, яка складається МДН — транзистора VT1 та біполярного транзистора VT2 живлення яких здійснюється джерелом напруги U1. Роль індуктивної складової виконує біполярний транзистор VT3 з конденсатором C2 та резистором R2, а ємнісна складова повного опору на електрода колектор - стік транзисторів VT2 та VT1, таким чином утворюється коливальний контур.

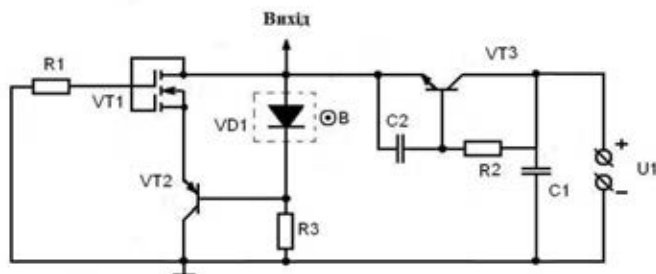


Рисунок 1-Електрична схема частотного перетворювача на основі магніодіода та активно індуктивного елемента.

Пристрій містить резистор R1 та резистор R2, магніточутливий діод VD1, біполярний транзистор VT2, джерело постійної напруги U1 перший полюс якого з'єднаний з першим виводом першого резистора R1, другий вивід якого підключений до колектора біполярного транзистора VT2, причому емітер транзистора VT2 з'єднано з другим виводом магніточутливого діода VD1 та ємністю C2, а база біполярного транзистора VT2 з'єднаний з другим виводом ємності C2 та з виводом резистора R2, що створює собою активну індуктивність.

Частотний перетворювач на основі магнітодіода працює таким чином. В початковий момент часу магнітне поле не діє на магніточутливий діод VD1. Підвищенням напруги джерела постійної напруги U1 досягається така її величина, що на електродах колектор біполярного транзистора VT2 та стоку польового транзистора VT1 виникає від'ємний опір, який приводить до виникнення електричних коливань в контурі, який утворений паралельним включенням повного опору з ємністю складовою на електродах колектор біполярного транзистора VT2 і стоку польового транзистора VT1 та активною індуктивністю, яка підвищує чутливість коливального контуру. Магніточутливий діод VD1, та резистор R3 утворюють дільник напруги, який здійснює електричне живлення біполярного транзистора VT2 та польового транзистора VT1, а ємність C1 запобігає проходженню змінного струму через джерело постійної напруги U1. При наступній дії магнітного поля на магніточутливий діод VD1 змінюється ємнісна складова повного опору на електродах колектор біполярного транзистора VT2 та стоку польового транзистора VT1, що викликає ефективну зміну частоти коливального контуру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук В. С. Напівпровідникові прилади з від'ємним опором / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 162 с.
2. Осадчук В. С. Сенсори тиску і магнітного поля: Монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 207 с.
3. Бараночников М.Л. Микромагнитоэлектроника / М. Л. Бараночников. – М: Т.И. ДМК Пресс, 2001.

Мартинюк Володимир Валерійович; кандидат технічних наук; Вінницький національний технічний університет; м. Вінниця;

Матвійчук Валерій Валерійович; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; група МЕ-15б.

Червоний Владислав Валентинович ; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; група ЕП-15б.

Martyniuk Volodymyr Valerievich; candidate of engineering sciences; Vinnytsya national technical university; Vinnytsa.

Matviychuk Valeriy Valerievich ; faculty of Infocommunications, radioelectronics and nanosystems; student, group ME-15b.

Chervonyi Vladislav Valentinovich ; faculty of Infocommunications, radioelectronics and nanosystems; student, group ЕП-15b.

УЛЬТРАЗВУКОВИЙ СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ РІДКИХ І ГАЗОПОДІБНИХ СЕРЕДОВИЩ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано ультразвуковий спосіб вимірювання витрат рідких і газоподібних середовищ з підвищеною чутливістю.

Ключові слова: ультразвук, витратомір, рідкі середовища, газоподібні середовища.

Abstract

The ultrasonic method of measuring the flow of liquid and gaseous environment with high sensitivity is proposed.

Keywords: ultrasound, flow meter, liquid environment, gaseous environment.

Вступ

Підвищення точності та вірогідності обліку витрат рідких і газоподібних середовищ, зокрема природного та скрапленого нафтового газів, ефективне використання цих ресурсів, скорочення їх споживання та зменшення втрат впливає на економічну ситуацію України [1]. Чимало методів, які використовуються на сьогодні для контролю витрат газів та рідин позбавлені можливості підвищення точності [2, 3]. Тому постає задача застосування нових підходів для суттєвого вдосконалення способів вимірювання витрат газу та рідин, направлених на підвищення їх точності та чутливості.

Основна частина

У роботі запропоновано ультразвуковий спосіб вимірювання витрат рідких і газоподібних середовищ, який базується на випромінюванні ультразвукових коливань за потоком або проти потоку досліджуваного середовища, прийомі коливань, що пройшли через середовище, з перетворенням в електричні сигнали, при наявності руху потоку досліджуваного середовища отримують амплітудно-частотні характеристики сигналів за і проти потоку та знаходять максимальне значення амплітуди на кожній амплітудно-частотній характеристиці, що відповідає певним частотам [4], за різницею яких програмним забезпеченням мікроконтролера розраховують швидкість потоку та витрати середовища, що протікає по трубопроводу.

На рис. 1 наведено блок-схему пристрою, що реалізує запропонований спосіб.

Запропонований спосіб вимірювання витрат рідких і газоподібних середовищ реалізується наступним чином. Згідно з програмою, записаною в ПЗУ контролера 5, запускається генератор змінної частоти 7, з виходу якого синусоїдальний сигнал надходить на вхід комутатора 8, який керується контролером 5 та підключає електроакустичні перетворювачі 2 і 3, тим самим регулюючи, який з них буде випромінювачем, а який приймачем ультразвукового сигналу. З виходу комутатора 8 електричний сигнал поступає на електроакустичний перетворювач 2, який випромінює ультразвукові коливання певної частоти. Ультразвуковий сигнал пропускають через досліджуване середовище в стані спокою та при наявності руху потоку досліджуваного середовища. Ультразвуковий сигнал, що пройшов через потік досліджуваного середовища, надходить на електроакустичний перетворювач 3, з виходу якого електричний сигнал проходить через комутатор 8 на підсилювач 9. Підсилений сигнал надходить на АЦП 10, де оцифровується і передається на контролер 5, який обробляє і зберігає його в оперативній пам'яті.

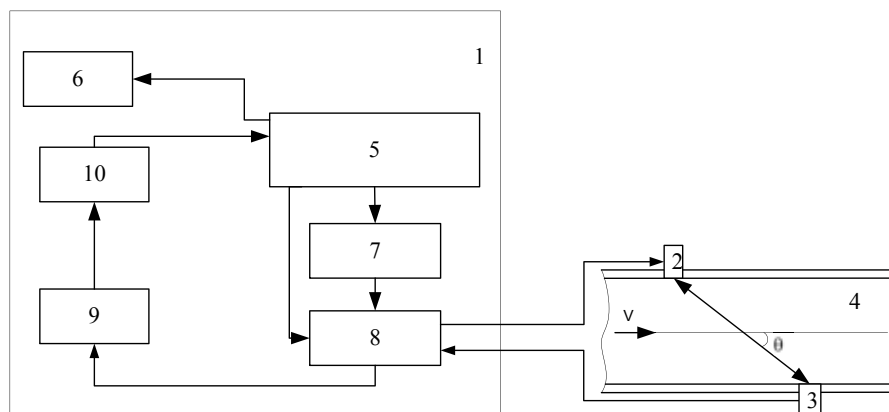


Рис. 1 Блок-схема пристрою, що реалізує ультразвуковий спосіб вимірювання витрат рідких і газоподібних середовищ

Контролер 5 керує роботою генератора змінної частоти 7, який збільшує частоту сигналу, що знову проходить аналогічний шлях, в деякому діапазоні частот. Цикл закінчується, коли оцифрований сигнал після проходження через досліджуване середовище подається на контролер 5, який в пам'яті зберігає декілька амплітудно-частотних характеристик сигналів при проходженні через досліджуване середовище в стані спокою (V_1) та при наявності руху потоку досліджуваного середовища (V_2, V_3) за і проти потоку. При збільшенні швидкості потоку досліджуваного середовища в трубопроводі 4 спостерігається зміщення максимуму амплітуди в напрямку зростання частоти ($V_1 < V_2, < V_3, f_1 < f_2 < f_3$). На кожній АЧХ з використанням програмного забезпечення контролера 5 визначають максимальну амплітуду U_i та частоту f_i , що відповідає даному максимальному значенню, за різницею частот розраховують швидкість потоку та витрати досліджуваного середовища.

Висновок

Ультразвуковий спосіб вимірювання витрат рідких і газоподібних середовищ дозволяє проводити вимірювання з підвищеною чутливістю завдяки реєстрації екстремальних параметрів сигналів, що пройшли через досліджуване середовище, які відповідають максимальним значенням частоти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Андріішин М. П. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник. / М. П. Андріішин та ін. – Івано-Франківськ: ПП “Сімик”, 2004. – 160 с.
2. Takeda Y. (Online service). Ultrasonic doppler velocity profile for fluid flow. –Tokyo: Springer Japan, 2012.
3. Hang Wang, Yu-qi Zhu, Juan Chen, “A design method of decoupling IMC controller for multi-variable system based on Butterworth filter”, American Control Conference (ACC), 2017, pp 5714-5721.
4. Білинський Й. Й. Новий ультразвуковий метод вимірювання швидкості плинних середовищ / Й.Й. Білинський, М.В. Гладішевський // Нафтогазова галузь України, 2016. – №2. – С. 35-39.

Білинський Йосип Йосипович – докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Городецька Оксана Степанівна – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Яхимович Ярослав Вікторович - аспірант, кафедра електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: yaroslavvyahimovich@gmail.com

Bilynsky Yosyp Y. –Doc. Tech. Scien., Prof., Head of Department of electronics and nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa

Horodetska Oksana S. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Yakhymovych Yaroslav V. - postgraduate, department of electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: yaroslavvyahimovich@gmail.com

ОБРОБКА ШУМОВИХ СИНУСОЇДАЛЬНИХ СИГНАЛІВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод обробки ультразвукового сигналу, яке дозволило підвищити точність роботи ультразвукового витратоміра.

Ключові слова: лічильник, витратомір, ультразвуковий сигнал, плинне середовище.

Abstract

The method of ultrasonic signal processing was proposed, which allowed to improve the accuracy of the flow meters.

Keywords: counter, flow meter, ultrasonic signal, fluid medium.

Вступ

В умовах ринкової економіки енергетична безпека України повинна бути побудована на ефективному використанні енергетичних ресурсів, скороченні їх споживання та зменшенні втрат, підвищенні точності і вірогідності їх обліку. Основною проблемою комерційних відносин при поставках енергоносіїв як плинного середовища є дисбаланс, що виникає при фізичному обліку від постачальника до споживача, тобто в результаті транспортування. Загальними факторами, що визначають виникнення цього дисбалансу, є похибки у вимірюванні об'єму речовини, відсутність достовірного обліку через невисоку точність і обмежений діапазон лічильників, несправності вузлів обліку [1].

Метою роботи є розроблення методу обробки ультразвукового сигналу, для подальшої можливості обробки сигналу ультразвуковим витратоміром, та підвищення точності цих лічильників.

Результати дослідження

Ультразвукові завади, які виникають в лічильниках плинності середовища, можна класифікувати як високочастотні завади, які змінюють огинаючу синусоїдального сигналу, а також завади, які виникають внаслідок повторного відбивання сигналів від стінок трубопроводу ультразвукових перетворювачів різних вимірювальних каналів. Це явище має місце внаслідок появи нерівностей в трубопроводі. У зв'язку з вище сказаним стоїть задача придушення завад ультразвукового сигналу шляхом використання апаратно-програмної фільтрації.

В роботі запропоновано блок фільтрації ультразвукового сигналу. Вимірювальний перетворювач працює наступним чином. Сигнал з п'єзоприймача поступає на вхід вхідного підсилювача (ВхП), далі підсилений сигнал поступає на вхід фільтра нижніх частот (ФНЧ), а далі амплітудне значення вимірюється та записується мікропроцесорним блоком (ПБ), структурну схему цього блока показана на рис. 1.

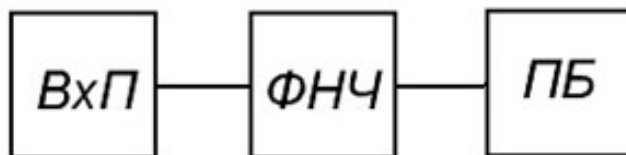


Рисунок 1 – Структурна схема блока фільтрації ультразвукового сигналу

Для досягнення поставленої задачі було використано пряме перетворення Фур'є, та отримаємо амплітудно-частотну характеристику сигналу, що містить ряд завад. Аналізуємо його, знаючи основну частоту даного сигналу, виконуємо зворотнє перетворення Фур'є, встановлюючи при цьому деякий поріг. Таким чином відрізаємо шумові складові сигналу. Отже, шляхом використання зворотного перетворення отримаємо чистий синусоїдальний сигнал [2].

Таким чином використовуючи пряме перетворення Фур'є отримаємо амплітудно-частотну характеристику сигналу, що містить ряд завад. Аналізуємо його, знаючи основну частоту даного сигналу, виконуємо зворотнє перетворення Фур'є, встановлюючи при цьому деякий поріг. Таким чином відрізаємо шумові складові сигналу. Отже, шляхом використання зворотного перетворення отримаємо чистий синусоїдальний сигнал.

Висновки

Встановлено, що запропонований метод обробки зашумлених сигналів за допомогою перетворення Фур'є, дає можливість працювати ультразвуковим витратомірам при наявності завад, рівень яких може складати до 30-40% інформативного сигналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Єременко В.С., Методика обліку природного газу на базі ультразвукового лічильника /В.С. Єременко, М.В. Гладішевський // Тези XI Міжнародної науково-практичної конференції «Політ. Сучасні проблеми науки». – 06-07 квітня 2011. – С. 125.

2. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. — 3-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 768 с.: ил.

Білінський Йосип Йосипович — доктор технічних наук, професор кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Животівський Степан Михайлович — студент групи МЕ-14б, факультет інфокомунікація, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: zhyvotivskyi.s@gmail.com

Bilinsky Joseph J. — PhD in Tech. Scien., Professor of Department of Electronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa.

Zhyvotivskyi Stepan M. — student group ME-14b, faculty of infocommunication, radio electronics and nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: zhyvotivskyi.s@gmail.com

СТРУКТУРНА СХЕМА ФАЗО-ЧАСТОТНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПЛИННИХ СЕРЕДОВИЩ

Вінницький національний технічний університет; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; кафедра електроніки та наносистем

Анотація

В даній роботі розглянуто структурну схему фазо-частотного засобу вимірювального контролю плинних середовищ та описано фазо-частотний метод вимірювального контролю плинних середовищ.

Ключові слова: плинне середовище, вимірювальний контроль, фазо-частотний метод, точність вимірювання, функція перетворення.

Abstract

In this work it is considered structural diagram of a phase-frequency device for measurement control of flow environment and described a phase-frequency method for measurement control of flow environment.

Keywords: flow environment, measurement control, phase-frequency method, measurement accuracy, transformation function.

Створення і розвиток нових технологій і виробничих процесів, збільшення вартості енергетичних ресурсів привело до потреби вимірювання витрати газу, що протікає в газопроводах з більшою точністю. В даний час розроблено велику кількість витратомірів, які використовують різні методи вимірювання витрати, що розрізняються між собою областю застосування і метрологічними характеристиками. Найбільш перспективними є методи вимірювання витрати з використанням акустичних хвиль [1, 2]. Оскільки існуючі методи вимірювання витрат газу мають низьку швидкодію, точність вимірювання залежить від сталості потоку [3, 4]. Шляхом комбінації фазового та частотного методів вимірювання швидкості руху газу можливо зменшити час одного вимірювання і підвищити точність вимірювання витрати газу для непостійних потоків.

На рис. 1 подано структурну схему фазо-частотного засобу вимірювального контролю плинних середовищ.

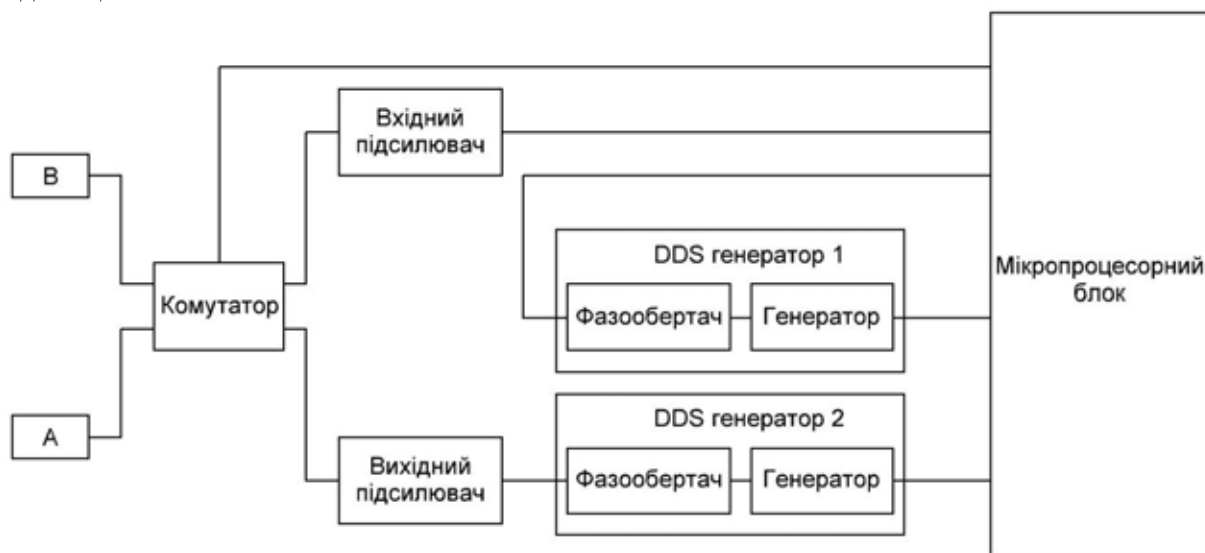


Рисунок 1 – Структурна схема фазо-частотного засобу вимірювального контролю плинних середовищ

П'єзодатчики А та В розміщені під певним кутом до поперечного перерізу трубопроводу. За допомогою комутатора датчики включаються в роботу за або проти потоку. Мікропроцесорний блок

задає частоту двом генераторам, перший з яких являється опорним. З другого генератора сигнал підсилюється вихідним підсилювачем. Підсилений сигнал через комутатор поступає на один із датчиків. З другого датчика прийнятий сигнал підсилюється вхідним підсилювачем та вимірюється мікропроцесорним блоком. Мікропроцесорний блок змінює фазу опорного генератора доти, поки фази прийнятого та опорного сигналу не співпадуть. Потім відбувається збільшення частоти двох генераторів що приведе до зміни фази між опорним і прийнятим сигналом. Збільшення частот відбувається до повторного співпадіння фаз. Маючи дві частоти, при яких фази співпадають, можливо розрахувати швидкість розповсюдження хвилі за формулою

$$V = d(f_1 - f_2); \quad 1)$$

де d – відстань між датчиками; f_1 – перша частота; f_2 – друга частота. За допомогою комутатора знаходиться швидкість розповсюдження акустичної хвилі за та проти потоку. Швидкість руху потоку розраховується за формулою

$$V_n = \frac{V_1 - V_2}{2 \cos \alpha}; \quad 2)$$

де V_1 – швидкість звуку за потоком; V_2 – швидкість звуку проти потоку; α – кут нахилу датчиків до поперечного перерізу трубопроводу

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білинський Й.Й., Аналіз методів і засобів контролю витрат рідких і газоподібних середовищ та їхня класифікація / Й.Й. Білинський, М.О. Стасюк, М.В.Гладишевський // Наукові праці ВНТУ – 2015, №1. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view> – Назва з екрану.
2. Ряховский С. В. Основные принципы создания единой системы учета газа в региональной компании поставщика газа / С. В. Ряховский, Л. Г. Паскаль // Энергосбережение. – 2005. – № 10. – С. 54 – 58.
3. Білинський, Й. Й. Аналіз ультразвукових засобів вимірювального контролю витрати плинних середовищ / Й. Й. Білинський, М. В. Гладишевський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №2. – С. 23–29.
4. Андріішин М. П. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник / М. П. Андріішин. – Івано-Франківськ: ПП “Сімик”, 2004. – 160 с.

Білинський Йосип Йосипович; доктор технічних наук; Вінницький національний технічний університет; м. Вінниця.

Бурдейний Валентин Борисович; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем.

Bilynskiy Yosyp Yosypovich; doctor of engineering sciences; Vinnytsya national technical university; Vinnytsa.

Burdeinyi Valentyn Borysovich; faculty of Infocommunications, radioelectronics and nanosystems.

ТЕСТЕР РАДІОЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджено існуючі схеми тестерів радіокомпонентів та представлена розробка тестера радіоелектронних компонентів, який має зменшені масогабаритні показники, автономний режим роботи, декілька режимів роботи та містить невелику кількість деталей.

Ключові слова: *тестер радіоелектронних компонентів.*

Abstract

The work of the existing schemes of radiocomponent testers is investigated and the development of the radio-electronic components tester is presented, which has reduced gross weight, autonomous operating mode, several operating modes and contains a small amount of parts.

Keywords: *radiocomponents tester.*

Вступ

Серед радіодеталей є і такі, перевірити які рядовим мультиметром складно, а часом і неможливо. До таких можна віднести польові транзистори (як MOSFET, так і J-FET). Також, звичайний мультиметр не завжди має функцію виміру ємності конденсаторів, в тому числі і електролітичних. І навіть якщо така функція є, то прилад, як правило, не вимірює ще один дуже важливий параметр електролітичних конденсаторів - еквівалентний послідовний опір ESR.

Тестери радіоелементів широко поширені в техніці для контролю стану електролітичних конденсаторів, дроселів та інших напівпровідникових елементів в відповідальних вузлах радіоелектронної апаратури, де зміна їх параметрів може призвести до виходу з ладу пристрою. Область застосування такого приладу досить велика. Отже, виходячи з вищевказаного, вимірювання параметрів радіоелектронних компонентів є актуальним на сьогоднішній день. Тому метою роботи є дослідження переваг тестерів радіокомпонентів та вибір оптимального схемотехнічного рішення [1].

Результати дослідження

Зазвичай вимірювач ємності/індуктивності являє собою вимірювач частоти, що має в складі генератор коливальний, який генерує коливання і вимірює величини L або C , після чого обчислюється кінцевий результат. Похибка частоти становить 1 Гц. Внутрішній компаратор контролера для генератора і під'єднано його до джерела зовнішньої синхронізації таймера Timer1 для обчислення частоти. Завдяки цьому не знадобилося використовувати зовнішній операційний підсилювач LM311. Реле використовувалося для вибору режиму вимірювання L і C . Для зручного сприйняття інформації використовується рідкокристалічний дисплей розмірністю 128x64 точок. Діапазон вимірювань обмежений частотою кварцевого генератора мікроконтролера.

Точність вимірювання залежить від стану компонентів. Два конденсатора в генераторі повинні бути танталовими.

Будь-яка ємність вимірюється швидко, адже вимірюється не швидкість заряду до повної ємності, а за рахунок використання тактових сигналів мікроконтролера. Використання мікроконтролера також поліпшує масогабаритні показники приладу. Схема містить стабілізатор напруги, що забезпечує широкий діапазон вхідної напруги живлення.

У приладі підтримується автокалібровка при включенні живлення, що виключає можливість помилки при ручному калібруванні. Однак, в будь-який момент часу можна заново відкалібрувати вимірювач, натиснувши кнопку скидання [2-3].

В роботі проаналізовано різні схемотехнічні рішення щодо побудови тестера радіоелектронних компонентів, наведені їхні недоліки та запропоновано оптимальну схему реалізації на мікросхемі Atmega328 (рис. 1).

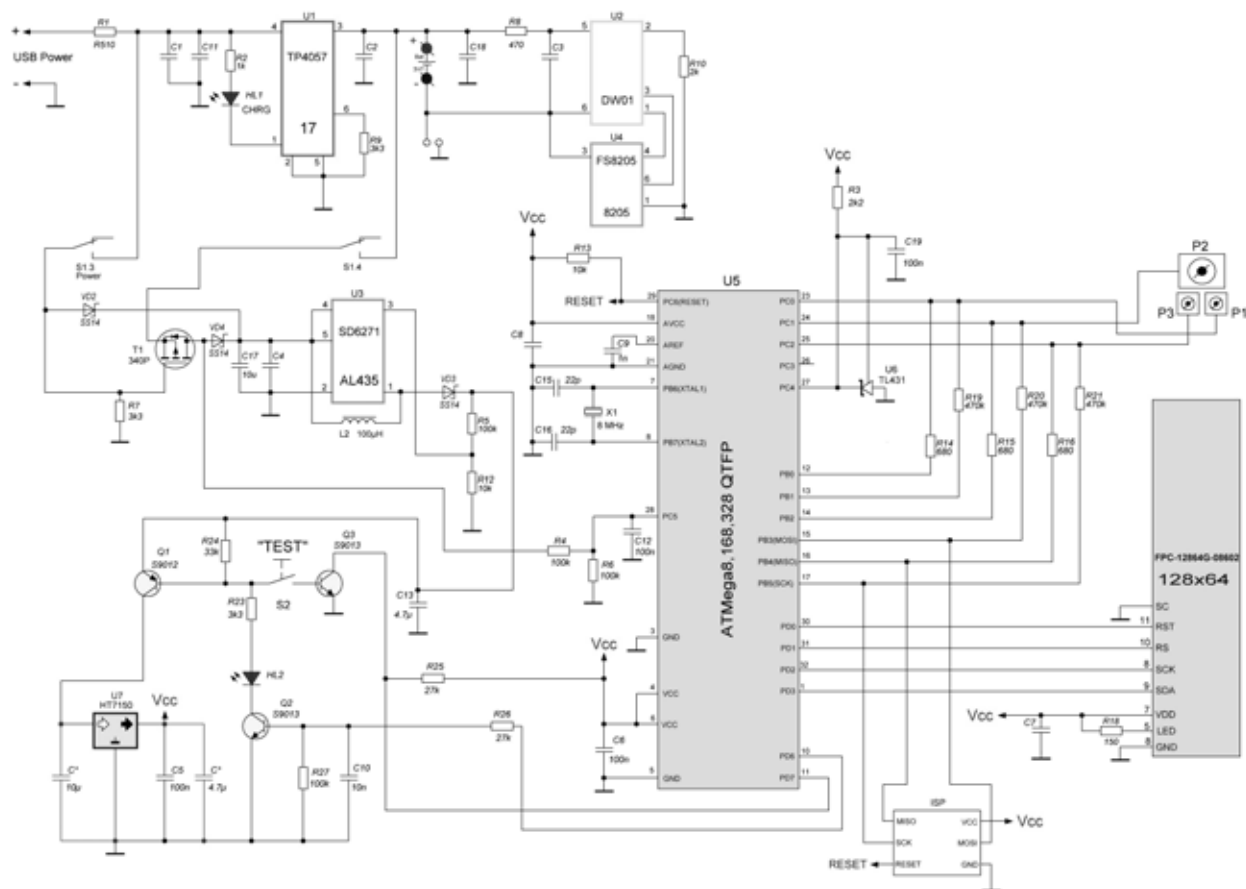


Рисунок 1 – Електрично-принципова схема тестера радіоелектронних компонентів

Кожен резистор виміряно чотирма різними типами вимірювання в одному напрямку струму. Той же самий резистор також виміряно тими ж самими чотирма типами вимірювання в іншому напрямку струму. Вимірювання в протилежному напрямку використовується тільки для того, щоб ідентифікувати резистор. Якщо невідповідність між обома вимірами занадто велике, то це не резистор.

Вимірювання величини ємності конденсаторів виконано, як окреме завдання вимірювання часу зарядки після всіх інших вимірів. Програмне забезпечення робить в циклі програми, яка читає відповідні цифрові входи, поки не пройшло відключення, і рахує кількість циклів. У цього способу є обмеження: похибка вимірювання часу обмежена часом, що вимагаються для одного циклу. Це зазвичай робиться у всіх шести комбінаціях для всіх трьох випробувальних виводів. Інше програмне забезпечення використовує два різних способу отримання часу зарядки тільки в трьох комбінаціях для трьох випробувальних виводів.

Позитивний вивід конденсатора завжди підключений до випробувального вивід з більш високим номером. Якщо конденсатор вимірюється паралельно з діодом, полярність може бути в іншому порядку.

Одна сторона конденсатора підключена до GND. Інша сторона конденсатора підключена через резистор 680 Ом до VCC на 10 мс. Згодом цей випробувальний вивід буде переключений на вхід (більш високий імпеданс). Після цього, 10 мс імпульсу струму, вимірюється напруга на конденсаторі без струму. Якщо напруга не досягло мінімального значення 300 мВ, імпульс зарядки буде повторений до 499 разів. Якщо після 127 імпульсів не досягнута мінімальна напруга 75 мВ

(приблизно 2 с), подальша зарядка буде зупинена, тому що 300 мВ не зможуть бути досягнуті і залишаються імпульсами зарядки

Вимірювання величини індуктивності буде проведено, якщо елемент визначений як резистор опором нижча ніж 2100 Ом. Метод вимірювання заснований на зростанні струму. Струм може вимірюватися побічно по падінню напруги на вимірювальному опорі. [4 – 5].

Висновки

В роботі запропоновано схему тестера радіокомпонентів на мікросхемі Atmega328, яка має великий ряд переваг, а саме підвищення масогабаритних показників, автономний режим роботи, автовизначення PNP і NPN транзисторів, N, P-канальних MOSFET, діодів, тиристорів, резисторів, конденсаторів, індуктивностей., може визначати наявність захисних діодів в біполярних транзисторах та вимірювати опір одночасно двох резисторів (наприклад, для перевірки потенціометрів).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прилади електромагнітної системи [Електронний ресурс] //.–Режим доступу: http://studopedia.su/5_27023_priladi-elektromagnitnoi-sistemi.html
2. Цифрові вимірювальні прилади [Електронний ресурс] //.–Режим доступу: <http://um.co.ua/8/8-18/8-18167.html>
3. L/C метр (тестер) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://best-chart.ru/samodelnye-izmeritelnye-ustrojstva-testery/principialnaya-sxema-pechatnaya-plata-kalibrovka-otladka-foto-vneshnij-vid-izmeritelya-emkostej-kondensatorov-i-induktivnosti-katushek-lc-testera-na-mikrokontrollere-attiny2313.html>.
4. LCF-метр на ATMEGA8 и LCD1602 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sxem.org/2-vse-stati/24-izmereniya/175-lcf-metr-na-atmega8-i-lcd1602>. 5. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. Издание 2-е. – М. : ДОДЭКА, 2000.
5. Бродин В. Б. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс./ В. Б. Бродин, И. И. Шагурин. – М.: ЭКОМ, 1999. – 400 с.

Йосип Йосипович Білінський – проф., д.т.н. кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Віталій Валерійович Красносельський – студент 1-го (5-го) курсу кафедри електроніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: wommerses@gmail.com

Науковий керівник: **Йосип Йосипович Білінський** – проф., д.т.н. кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Yosyp Bilynsky- Prof., Dr. Sci. Department of ENS, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Vitalii Krasnosielskyi - a student of the 4th year the Department of Electronics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: wommerses@gmail.com

Supervisor: **Yosyp Bilynsky**- Prof., Dr. Sci. Department of ENS, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ НА ОСНОВІ НИЗЬКОРОЗМІРНИХ НАНОКОМПОЗИТНИХ СТРУКТУР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Сонячні батареї третього покоління засновані на нанотехнологіях, нанокристалах і нанорозмірних кластерах напівпровідників. Низькорозмірні нанокompatитні структури, що побудовані на квантових точках та нанопоруватих матеріалах мають нові модифіковані оптоелектронні властивості. Вони можуть бути застосовані в сонячних елементах, де смуги поглинання можуть бути оптимально пристосовані до довжини хвилі опромінюючого світла. Такі структури теоретично можуть привести до підвищення ефективності перетворення сонячної енергії більш ніж 65 %, що може подвоїти практично існуючу ефективність сонячних батарей.

Ключові слова: нанотехнології, нанокристали, композитна структура, сонячні елементи.

Abstract

The solar batteries of third-generation based on nanotechnology, nanocrystals and nano-sized clusters of semiconductors. Low-dimensional nanocomposite structures that are constructed on quantum dots and nano-porous materials have new modified optoelectronic properties. They can be used in solar elements, where absorption bands can be optimally adapted to the wavelength of radiation light. These structures could theoretically can lead to increased efficiency of solar energy conversion more than 65%, which can double practically current efficiency of solar batteries.

Keywords: nanotechnology, nanocrystals, the composite structure, solar cells.

Вступ

Головний інтерес багатьох дослідників в усьому світі вже півстоліття стосується досліджень перетворення сонячної енергії. Можливість перетворити сонячний спектр безпосередньо в електричну енергію за допомогою сонячних елементів, приваблює багатьох вчених. Для наземного застосування, сонячні елементи на основі кремнію, використовуються по теперішній час. Нанонаука і нанотехнології в поєднанні з поверхневою наукою дає потенціал, щоб додати свій внесок в енергетичні системи, за рахунок більш ефективного використання існуючих наноструктурованих матеріалів, що надає якісно нові рішення в напрямку нових сонячних батарей і енергетичних систем третього покоління.

Метою роботи є застосування нанотехнологій, яке дозволить створити сонячні батареї та системи з таких елементів, які містять шари різних матеріалів, що утворюють кілька р-п переходів. Ідеальний сонячний елемент в теорії повинен мати сотні різних шарів (р-п переходів), кожен з яких налаштований на невеликий діапазон довжин хвиль світла у всьому спектрі, від ультрафіолетового до інфрачервоного. Справа в тому, що теоретичний ККД двошарових елементів може скласти 42 % ефективності, тришарових осередків 49 %, а осередків з безліччю шарів – 68 % несфокусованого сонячного світла. Межа продуктивності осередків з безліччю шарів становить 86,8 % при застосуванні концентрованого сонячного випромінювання [1].

Результати дослідження

Існують кілька типів конструкцій сонячних елементів, що відрізняються способом формування, структурою й розташуванням контактів. Одним з варіантів створення сонячних елементів на основі нанотехнологій є застосування низько розмірних композиційних структур, які містять поруватий кремній, який вирощують на монокристалічному кремнії, для збільшення поглинальної здатності (рис. 1). Цей ефект можна пояснити тим, що в даному випадку розміри мікрокристалітів становлять не більше, ніж десятку частку від довжини падаючої хвилі, а тому світло багато разів розсіюється на кристалітах всередині пор та майже повністю там захоплюється. При цьому збільшується відстань, яку долають промені світла в базі сонячного елемента.

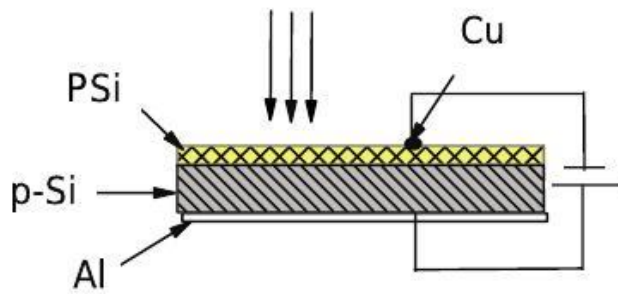


Рис. 1 Структура сонячного елемента

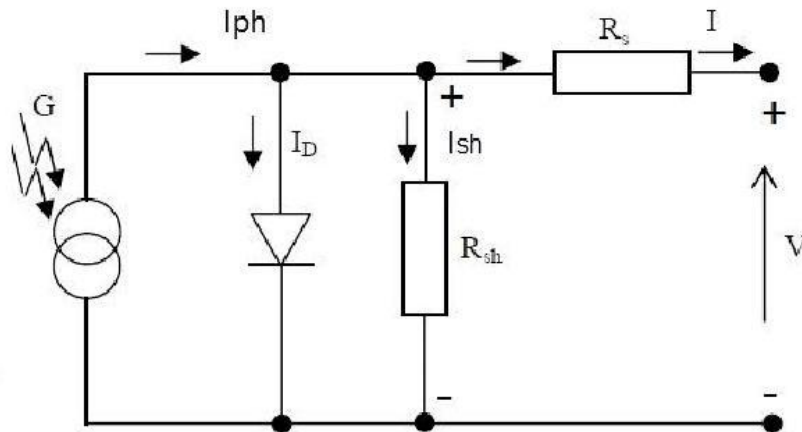


Рис. 2 Еквівалентна електрична схема сонячного елемента

Для ефективної роботи сонячних елементів необхідне дотримання ряду умов:

- оптичний коефіцієнт поглинання активного шару напівпровідника повинен бути достатньо великим, щоб забезпечити поглинання значної частини енергії сонячного світла в межах товщини шару;
- електрони і дірки що генеруються при освітленні мають ефективно збиратися на контактних електродах з обох сторін активного шару;
- сонячний елемент повинен володіти значною висотою бар'єру в напівпровідниковому переході;
- повний опір R_s , включений послідовно з сонячним елементом (виключаючи опір навантаження), повинен бути малим для того, щоб зменшити втрати потужності (тепло Джоуля) в процесі роботи;
- структура тонкої плівки повинна бути однорідною по всій активній області сонячного елемента, щоб виключити закорочування і вплив шунтуючих опорів R_{sh} на характеристики елемента [2].

Одним з шляхів підвищення коефіцієнта корисної дії фотоперетворювачів є використання широкозонних ($E_g \approx 2,0-3,7$ eV) напівпровідників – тонких провідних оксидів (ТПО), наприклад, In_2O_3 , SnO_2 , ZnO , In_2S_3 , TiO_2 , CdO , ITO , IFO та інших.

Висновки

Проведено огляд існуючих сонячних батарей, що містять сонячні елементи, які пройшли три покоління розвитку. З'ясовано, що поліпшення ефективності перетворення сонячної енергії в електричну пов'язано з фізичними властивостями, технічними та економічними витратами. Перспективними на наш погляд є сонячні батареї, які засновані на нанотехнологіях. Створення таких сонячних елементів вимагає наявності низько-розмірної композитної структури. Композитна структура $\text{SnO}_2:\text{F}/\text{PSi}/\text{p-Si}/$ має ККД перетворення сонячної енергії 17,4%, що відповідає поліпшенню параметрів існуючих сонячних елементів, а невеликі економічні витрати приваблюють для практичного застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитрук Н. Л. Оптоэлектроника и полупроводниковая техника / Н. Л. Дмитрук, И. Б. Мамонтова – М.: МГТУ, 2000. – 167 с.
2. Каган М. Б. Материалы электронной техники / М. Б. Каган, А. А. Полисан – М.: Физика, 2003. – 315 с.

Проворов Єгор Сергійович — студент групи ЕП-14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: provorov_ye@ukr.net

Науковий керівник: **Кравченко Юрій Степанович** — к.ф.-м.н., доцент електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

ГЕНЕРАТОРИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИГНАЛІВ НА С-НЕГАТРОНАХ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведений аналіз стійкості С-негатронів, запропоновані керовані напругою генератори гармонічних і релаксаційних коливань, у яких завдяки включенню у коло від'ємної ємності розширюється діапазон частот генерованих сигналів.

Ключові слова: генератор, коливання, негатрон, від'ємна диференційна ємність

Abstract

The analysis of the stability of C-negatrons; voltage-controlled generators of harmonic and relaxation oscillations in which extends the frequency range of the generated signals due to the inclusion of the negative capacitance to the circuit.

Keywords: generator, oscillations, negatron, negative differential capacity

Вступ

Електрично керовані генератори гармонічних і релаксаційних коливань часто застосовують у вимірювальних та передавальних приладах, для живлення певних пристроїв і т. д. Оскільки діапазон частот деяких схем генераторів, при наявності переваг перед іншими схемами, суттєво обмежений, постає питання його розширення.

Завдання роботи: розробка електрично керованих генераторів з коефіцієнтом переналаштування, розширеним завдяки використанню С-негатронів.

Визначення негатронів

Негатрони - електронні прилади, які в певному чи кількох режимах роботи мають від'ємне значення основного диференціального параметра (активного опору, індуктивності або ємності).

Р-негатроном називають елемент, який має негативний диференційний опір (або провідність). Р-негатрон здатний перетворювати енергію джерела живлення, у тому числі постійного струму, завдяки чому він може служити джерелом потужності змінного струму.

В залежності від виду вольт-амперної характеристики всі Р- негатрони можна розділити на прилади, керовані напругою, що мають N-подібну вольт-амперну характеристику, і які можна характеризувати негативною провідністю, і прилади, керовані струмом, що мають S-подібну вольт-амперну характеристику, і які можна характеризувати негативним опором.

Оскільки вольт-амперні характеристики Р-негатронів, керованих напругою, зображені в координатах (I ; U), і Р-негатронів, керованих струмом, зображені в координатах (U ; I), мають подібний вигляд, між ними існує так звана дуальна аналогія, внаслідок чого ці негатрони називають дуальними. Вищерозглянуті поняття відносяться до двополюсних Р-негатронів. У чотириполюсних приладів дуальними є вольт-амперні характеристики вхідного і вихідного кола. Негативний опір і негативна провідність як елементи електричного кола мають різні властивості, що зумовлює розбіжності в способах їхнього застосування і у способах включення в схеми, а при аналізі схем – використання різних систем параметрів.

С-негатрони - клас ємнісних елементів і їх схемотехнічних аналогів, у яких на певній ділянці кулон-вольтної характеристики $C \sim < 0$, тобто, вони мають "негативну диференціальну ємність".

Ці прилади можуть мати кулон-вольтну характеристику N- і S-типу, як і вольт-амперна характеристика Р-негатронів.

Класифікація негатронів

Негатрони, що розроблені на даний час, можна класифікувати за такими ознаками, як принцип одержання від'ємного опору, основна характеристика і її вигляд, частотний діапазон, кількість виводів і т. д. Узагальнена класифікація негатронів наведена на рис. 1.1.

У статичних негатронів на основній характеристиці (вольт-амперна для R-негатронів, кулон-вольтна для C-негатронів, вебер-амперна для L-негатронів) є ділянка, де значення основного диференціального параметра від'ємне. За формою цієї характеристики вони поділяються на негатрони N- та S-типів. Динамічні негатрони мають від'ємне значення основного диференціального параметра в певному діапазоні частот.



Рисунок 1.1 – Узагальнена класифікація негатронів

У фізичних негатронах зворотний зв'язок внутрішній, тобто забезпечується фізичними процесами, що мають місце всередині приладу, а не за рахунок передачі сигналу з виходу на вхід за допомогою зовнішнього кола. Наявність внутрішнього зворотного зв'язку робить ці прилади функціональними елементами.

Створення схемотехнічних аналогів негатронів на базі різних комбінацій активних приладів дозволяє в значній мірі зменшити недоліки, властиві фізичним негатронам.

Клас схемотехнічних аналогів негатронів, виконаних на транзисторах, можна умовно поділити на декілька груп (рис. 1.2) [1, 2].

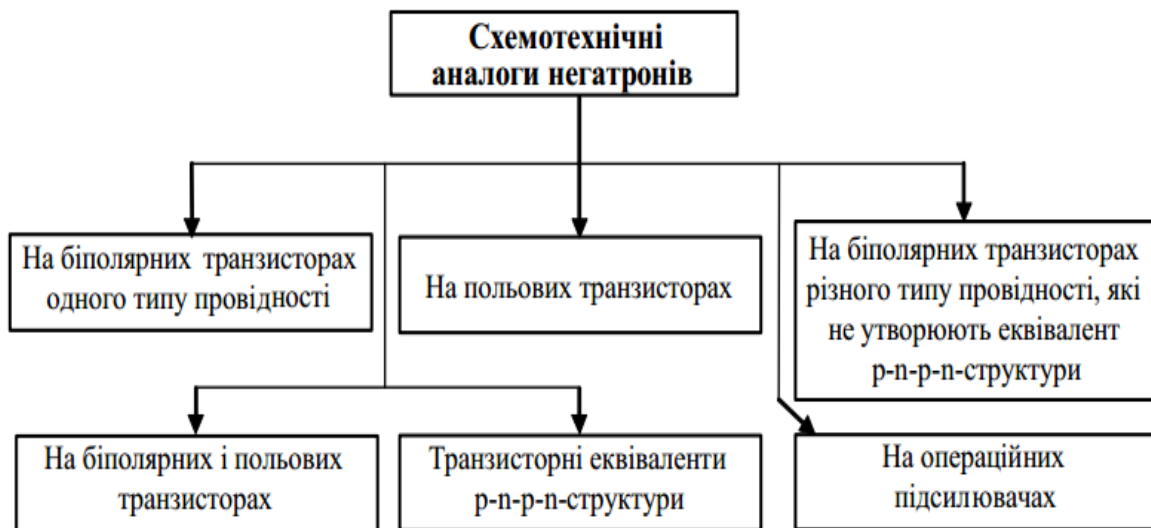


Рисунок 1.2 - Узагальнена класифікація схмотехнічних аналогів негатронів

Умови стійкості електричних кіл із С-негатронами

Задача визначення умов стійкості електронних схем на основі С-негатронів обґрунтована наявністю у схемах від'ємної ємності. При цьому має сенс вивчення стійкості С-негатрона при наявності інших елементів кола, оскільки питання стійкості виникає тільки тоді, коли С-негатрон працює разом із зовнішнім колом. У цьому випадку потрібно з'ясувати, при яких опорах навантаження коло із С-негатроном залишається стійким. Аналіз стійкості кола, що містить С-негатрон, проведемо шляхом визначення коренів характеристичного рівняння кола.

Стійкість електричного кола з С-негатронами N-типу

Найпростішу еквівалентну схему С-негатрона N-типу з врахуванням навантаження представимо у вигляді, що подано на рис. 1.3.

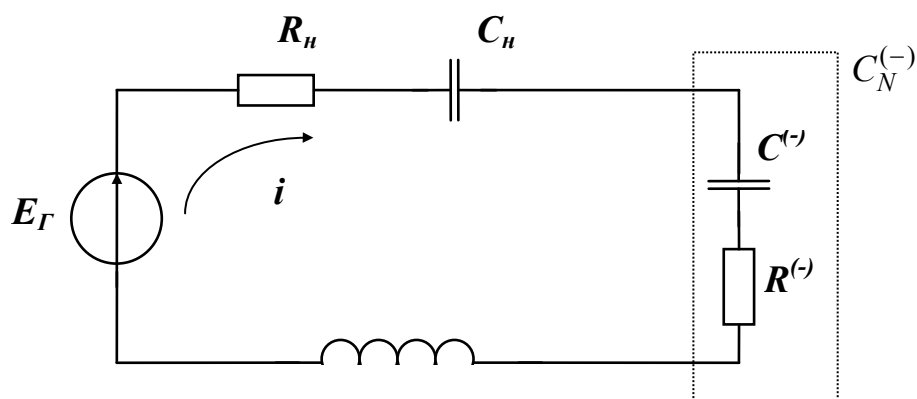


Рисунок 1.3 – Еквівалентна схема навантаженого С-негатрона N-типу. R_n – загальний активний опір навантаження і внутрішнього опору джерела живлення; C_n – ємність навантаження; L – сумарна індуктивність навантаження С-негатрона; $C^{(-)}$ – від'ємна диференційна ємність С-негатрона; $R^{(-)}$ – від'ємний диференційний активний опір С-негатрона N-типу

Схема описується такими рівняннями Кірхгофа:

$$E_{\Gamma} = iR + u_C + L \frac{di}{dt}, \quad (2.8)$$

$$\text{де} \quad R = R_n + R^{(-)}; \quad (2.9)$$

$$u_C = u_{C_n} + u_{C^{(-)}};$$

$$i = C \frac{du_C}{dt}; \quad (2.10)$$

$$C = \frac{C_n \cdot C^{(-)}}{C_n + C^{(-)}}. \quad (2.11)$$

З врахуванням (2.9)–(2.11), рівняння (2.8) запишемо в такому вигляді:

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{R_n + R^{(-)}}{L} \frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{L \frac{C_n \cdot C^{(-)}}{C_n + C^{(-)}}} = \frac{E_{\Gamma}}{L \frac{C_n \cdot C^{(-)}}{C_n + C^{(-)}}}. \quad (2.12)$$

Взявши до уваги (2.12) робимо припущення, що $C^{(-)}$ і $R^{(-)}$ є лінійними елементами, що є справедливим для малого сигналу.

У цьому випадку характеристичне рівняння для (2.12) має вигляд

$$\lambda^2 + \sigma\lambda + p = 0, \quad (2.13)$$

$$\text{де} \quad \sigma = \frac{R_n + R^{(-)}}{L}, \quad (2.14)$$

$$p = \frac{C_n + C^{(-)}}{LC_n C^{(-)}}, \quad (2.15)$$

$$\lambda_{1,2} = -\frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} - p}, \quad (2.16)$$

$\lambda_{1,2}$ – корені характеристичного рівняння.

Розв'язок неоднорідного диференціального рівняння (2.12) буде мати вигляд

$$u_C = Ae^{\lambda_1 t} + Be^{\lambda_2 t} + E_{\Gamma}. \quad (2.17)$$

Напруга на від'ємній ємності $C^{(-)}$

$$u_{C^{(-)}} = \frac{u_C C_n}{C^{(-)} + C_n}.$$

Для аналізу стійкості схеми, зображеної на рис. 2.4, потрібно визначити стани рівноваги і їх стійкість. У стані рівноваги фазові швидкості струму і напруги дорівнюють нулю, тобто

$$\frac{di}{dt} = 0 \text{ і } \frac{du}{dt} = 0. \quad (2.18)$$

Підставивши в (2.8) вираз (2.18) отримуємо

$$E_{\Gamma} = u_C \text{ або } u_{C^{(-)}} = E_{\Gamma} - u_{C_n}.$$

Оскільки $u_{C_n} = \frac{q_{C_n}}{C_n}$ і при послідовному з'єднанні конденсаторів їхні заряди рівні, тобто

$q_{C^{(-)}} = q_{C_n}$, то рівняння навантажувальної прямої запишеться у вигляді

$$q(u) = (E_r - u)C_n.$$

Таким чином, стани рівноваги є точками перетину кулон-вольтної характеристики С-негатрона N-типу з прямою навантаження. Таких точок перетину може бути або одна, або три (рис. 2.5). У випадку, якщо $|C^{(-)}| > C_n$, навантажувальна пряма (рис. 1.4а) перетинає кулон-вольтну характеристику в трьох точках (три стани рівноваги). Якщо $|C^{(-)}| < C_n$, то існує тільки один стан рівноваги (рис. 1.4б).

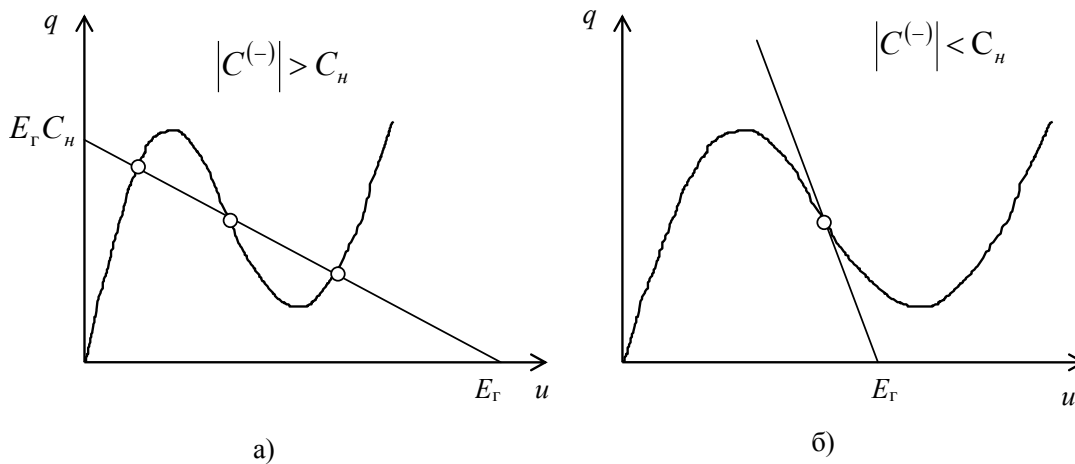


Рисунок 1.4 – Можливі стани рівноваги С-негатронів N-типу

Про стійкість у цих точках можна судити за коренями характеристичного рівняння λ_1 і λ_2 . Якщо λ_1 і λ_2 дійсні, то з (2.17) видно, що при $\lambda_{1,2} < 0$ будь-яке початкове відхилення в системі згасає за експоненціальним законом, а при $\lambda_{1,2} > 0$ – зростає. Якщо корені характеристичного рівняння – комплексні величини ($\lambda_{1,2} = a + jb$), то в системі можливі синусоїдальні коливання, причому при $a > 0$ коливання, що виникли, будуть наростати, а при $a < 0$ – згасати.

Отже, стан системи буде стійким, якщо дійсні частини коренів характеристичного рівняння (2.13) будуть від'ємними. Для цього за теоремою Рауса–Гурвіца для систем другого порядку досить, щоб виконувалися одночасно дві умови:

$$\sigma > 0; \quad p > 0. \quad (2.19)$$

Коефіцієнти σ і p залежать від параметрів схеми. З (2.14) і (2.15) видно, що для постійного L виконання чи невиконання умов (2.15) залежить від R_n , C_n , $R^{(-)}$ і $C^{(-)}$. Диференційна від'ємна ємність $C^{(-)}$ і активний від'ємний опір $R^{(-)}$ С-негатрона змінюються зі зміною напруги зміщення. Тому при зміні опору і ємності навантаження або напруги зміщення С-негатрона N-типу змінюється режим роботи схеми. Ми розглядатимемо тільки інтервал напруг зміщення, у якому диференційна ємність і активний опір С-негатрона від'ємні ($C^{(-)} < 0$, $R^{(-)} < 0$), тобто тільки стани рівноваги на ділянці від'ємної ємності кулон-вольтної характеристики С-негатрона N-типу.

Розглянемо стани рівноваги схеми при різних співвідношеннях σ і p , тобто залежно від співвідношення величин C_n , R_n , $C^{(-)}$, $R^{(-)}$. З виразів (2.13)–(2.15) видно, що можна записати чотири граничних умови, при яких рівняння, що складаються, (2.15) і підкореневий вираз в (2.16) перетворюються в нуль:

$$1) \quad p = \frac{C_n + C^{(-)}}{LC_n C^{(-)}} = 0, \quad (2.20)$$

якщо $C_n = -C^{(-)}$.

$$2) \quad \sigma = \frac{R_n + R^{(-)}}{L}, \quad (2.21)$$

якщо $R_n = -R^{(-)}$.

$$3) \quad \frac{\sigma^2}{4} - p = 0, \quad (2.22)$$

$$\text{якщо} \quad C_n = \frac{4L}{\left(R_n + R^{(-)}\right)^2 - 4L/C^{(-)}}.$$

$$4) \quad \frac{\sigma^2}{4} - p = 0, \quad (2.23)$$

$$\text{якщо} \quad R_{n,2} = -R^{(-)} \pm 2\sqrt{\frac{L(C_n + C^{(-)})}{C_n C^{(-)}}}. \quad (2.24)$$

Для граничних умов (2.22) і (2.23) існує розв'язок тільки для випадку, коли $p \geq 0$.

Оскільки виконання чи невиконання умов стійкості (2.19) залежить від співвідношення двох пар параметрів: $C_n, C^{(-)}$ і $R_n, R^{(-)}$, то діаграми стійкості будуть відображені також на двох площинах параметрів.

На графіку з осями координат C_n і $C^{(-)}$, рівнянню (2.20) відповідає пряма, що виходить з початку координат під кутом 45° , рівнянню (2.22) – гіпербола, що проходить через початок координат (рис. 1.5а).

На графіках з осями координат R_n і $R^{(-)}$ рівнянню (2.21) відповідає пряма, що виходить з початку координат під кутом 45° (рис. 1.5б, в), рівнянню (2.23) – дві прямі, що виходять під кутом 45° із точок

$$(0; 2\sqrt{\frac{L(C_n + C^{(-)})}{C_n C^{(-)}}}) \text{ і } (-2\sqrt{\frac{L(C_n + C^{(-)})}{C_n C^{(-)}}}; 0) \text{ (рис. 1.5в).}$$

Для співвідношення величин R_n і $R^{(-)}$ можливі два випадки:

$$1) \text{ При } p < 0, \text{ що дійсно при } |C^{(-)}| < C_n, \text{ підкореневий вираз в (2.16) } \left(\frac{\sigma^2}{4} - p\right) \text{ завжди}$$

більший нуля, при цьому гранична умова (2.23) розв'язку не має. Цей випадок зображено на рис. 1.5б.

$$2) \text{ При } p > 0, \text{ що справедливо при } |C^{(-)}| > C_n, \text{ гранична умова (2.23) має розв'язок (2.24). Цей}$$

випадок подано на рис. 1.5в.

Області I на площині параметрів $C^{(-)} C_n$ відповідають дві області на площині параметрів $R^{(-)} R_n$ – Ia і Ib. Області II на площині параметрів $C^{(-)} C_n$ відповідають дві області (IIa і IIб) на площині параметрів $R^{(-)} R_n$. Області III на площині параметрів $C^{(-)} C_n$ відповідають дві області (IIIa і IIIб) на площині параметрів $R^{(-)} R_n$.

Таким чином, на діаграмі стійкості C-негатрона N-типу (рис. 2.6) існує шість різних областей (Ia, Ib, IIa, IIб, IIIa, IIIб), що визначають режим роботи C-негатрона.

Область Ia

$$\sigma > 0 \text{ або } R_n > |R^{(-)}|,$$

$$p < 0 \text{ або } C_n > |C^{(-)}|,$$

$$\sqrt{\frac{\sigma^2}{4} - p} > \frac{\sigma}{2}.$$

Корені характеристичного рівняння λ_1 і λ_2 – дійсні числа, причому $\lambda_1 > 0$, а $\lambda_2 < 0$. Отже, перший член рівняння (2.17) буде зростати за експоненціальним законом, а другий – зменшуватися. Оскільки в цій області $C_n > |C^{(-)}|$, то можливий тільки один стан рівноваги (див. рис. 2.5). Оскільки один з коренів характеристичного рівняння додатний, то єдиний стан рівноваги буде нестійким. Схема буде працювати в режимі генерації релаксаційних коливань.

Область Іб

$$\sigma < 0 \text{ або } R_n < |R^{(-)}|,$$

$$p < 0 \text{ або } C_n > |C^{(-)}|,$$

$$\frac{\sigma^2}{4} - p > 0.$$

Корені характеристичного рівняння λ_1 і λ_2 – дійсні числа, причому $\lambda_1 > 0$, а $\lambda_2 < 0$. Отже, перший член рівняння (2.17) буде зростати за експоненціальним законом, а другий – зменшуватися. Оскільки в цій області $C_n > |C^{(-)}|$, то можливий тільки один стан рівноваги. Враховуючи те, що один з коренів характеристичного рівняння додатний, то єдиний стан рівноваги буде нестійким. Схема буде працювати в режимі генерації релаксаційних коливань.

Область Па

$$\sigma > 0 \text{ або } R_n > |R^{(-)}|,$$

$$p > 0 \text{ або } C_n < |C^{(-)}|,$$

$$\frac{\sigma^2}{4} - p > 0.$$

Корені характеристичного рівняння λ_1 і λ_2 – дійсні і від’ємні числа. Обидва експонентних члени рівняння (2.17) зменшуються з часом. Оскільки $C_n < |C^{(-)}|$, то можливі три стани рівноваги, причому на ділянці від’ємної ємності стан рівноваги стійкий. Схема може працювати як нелінійний елемент (детектор, перетворювач, змішувач, обмежувач) з підсиленням.

Область Пб

$$\sigma < 0 \text{ або } C_n < |C^{(-)}|,$$

$$p > 0 \text{ або } C_n < |C^{(-)}|,$$

$$\frac{\sigma^2}{4} - p > 0.$$

Корені λ_1 і λ_2 – дійсні додатні числа. Два перших члени рівняння (2.17) зростають з часом за експоненціальним законом. Оскільки $C_n < |C^{(-)}|$, то можливі три стани рівноваги, причому стан рівноваги на ділянці від’ємної ємності є нестійким. Два інших стани рівноваги будуть стійкими, тому що в них $C^{(-)} > 0$ і обидва коефіцієнти σ і p додатні. Таким чином, в області Пб схема працюватиме в режимі перемикачання.

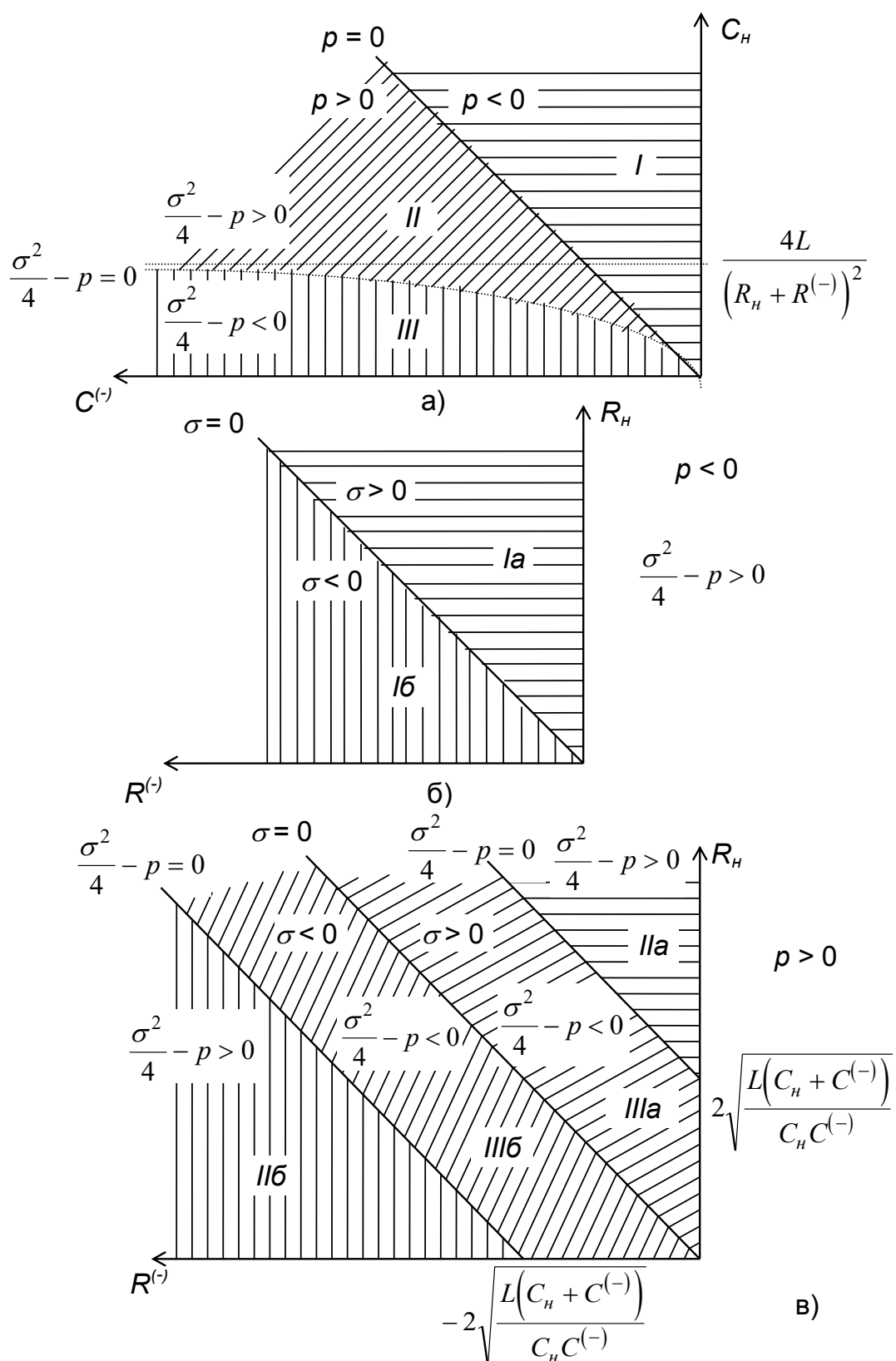


Рисунок 1.5 – Діаграми стійкості, що визначають режим роботи С-негатрона N-типу

Область IIIa

$$\sigma > 0 \text{ або } R_n > |R^{(-)}|,$$

$$p > 0 \text{ або } C_n < |C^{(-)}|,$$

$$\frac{\sigma^2}{4} - p < 0.$$

Корені λ_1 і λ_2 – комплексні числа з від’ємною дійсною частиною. Отже, відповідно до (2.17), у системі матиме місце коливальний процес, що згасає за експоненційним законом. Оскільки $C_n < |C^{(-)}|$, то можливі три стани рівноваги, причому стан рівноваги на ділянці від’ємної ємності нестійкий. Схема працюватиме в режимі підсилення.

Область IIIб

$$\sigma < 0 \text{ або } R_n < |R^{(-)}|,$$

$$p > 0 \text{ або } C_n < |C^{(-)}|,$$

$$\frac{\sigma^2}{4} - p < 0.$$

Корені λ_1 і λ_2 – комплексні числа з додатною дійсною частиною. Отже, два перших члени в рівнянні (2.17) описують періодичний процес, амплітуда якого зростає за експоненційним законом. Оскільки $C_n < |C^{(-)}|$, то можливі три стани рівноваги, причому стан рівноваги на ділянці від’ємної ємності є нестійким. Схема працюватиме в режимі перемикавання.

Таким чином, режим роботи схеми з С-негатроном N-типу залежить від ємності й активного опору навантаження, величини від’ємної ємності і від’ємного активного опору негатрона. Вибираючи відповідним чином ємність і активний опір навантаження і напругу зміщення, що визначає величину $C^{(-)}$ і $R^{(-)}$, можна отримати такі режими роботи:

- а) генерація релаксаційних коливань – області Ia і Ib;
- б) детектування (змішування, обмеження) з підсиленням – область IIa;
- в) перемикавання – області IIб і IIIб;
- г) підсилення – область IIIa.

З наведеного вище аналізу стійкості випливає, що схема буде абсолютно стійкою при одночасному виконанні умов

$$C_n < |C^{(-)}|, \quad (2.25)$$

$$R_n > |R^{(-)}|. \quad (2.26)$$

При невиконанні умови (2.25), незалежно від того, виконується чи не виконується умова (2.26), схема працюватиме в режимі генерації релаксаційних коливань.

При виконанні умови (2.25) і невиконанні умови (2.26), схема буде працювати в режимі перемикавання.

У схемі можуть виникнути синусоїдальні коливання тільки на резонансній частоті навантаженого С-негатрона N-типу, якщо при цьому дійсна частина повного опору буде меншою або дорівнюватиме нулю.

Повний опір схеми, зображеної на рис. 1.3, дорівнює:

$$Z = R_n + R^{(-)} + j\omega L - j \frac{1}{\omega \frac{C_n C^{(-)}}{C_n + C^{(-)}}}.$$

При

$$\omega L - \frac{C_n + C^{(-)}}{\omega C_n C^{(-)}} = 0 \quad (2.27)$$

у схемі настає резонанс.

Виконання умови (2.27) можливе тільки, якщо $C_n < |C^{(-)}|$. При цьому резонансна частота дорівнює

$$\omega_p = \sqrt{\frac{C_n + C^{(-)}}{L C_n C^{(-)}}}.$$

На цій частоті в схемі виникнуть синусоїдальні коливання, якщо дійсна частина повного опору буде меншою або дорівнюватиме нулю:

$$R_n + R^{(-)} \leq 0 \text{ або } R_n \leq |R^{(-)}|.$$

Зважаючи на те, що при цьому існує три стани рівноваги ($C_n < |C^{(-)}|$), і при $R_n < |R^{(-)}|$ стан рівноваги на ділянці від'ємної ємності нестійкий, схема буде працювати в режимі перемикання (області Пб і ПІб). При $R_n = |R^{(-)}|$ схема знаходиться на межі стійкості, і в схемі можуть існувати незатухаючі гармонічні коливання. При $R_n > |R^{(-)}|$ ці коливання будуть згасати (область Па).

Стійкість електричного кола з С-негатронами S-типу

У випадку використання С-негатрона S-типу, його найпростішу еквівалентну схему з врахуванням навантаження представимо у вигляді, що подано на рис. 1.6.

Схема на рис. 1.6 описується таким характеристичним рівнянням, знайденим операторним методом:

$$\frac{1}{\frac{1}{pC_n} + pL + R_n} + \frac{1}{\frac{1}{pC^{(-)}} + R} = 0. \quad (2.28)$$

При виведенні (2.28) зроблено припущення, що $C^{(-)}$ і R є лінійними елементами, що справджується для малого сигналу.

Після перетворення (2.28) маємо:

$$p^2 + p \frac{R_n + R}{L} + \frac{C_n + C^{(-)}}{C_n C^{(-)} L} = 0.$$

Запишемо це характеристичне рівняння у формі

$$\lambda^2 + \sigma\lambda + p = 0, \quad (2.29)$$

де

$$\sigma = \frac{R_n + R}{L}, \quad (2.30)$$

$$p = \frac{C_n + C^{(-)}}{LC_n C^{(-)}}, \quad (2.31)$$

$$\lambda_{1,2} = -\frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} - p} \quad (2.32)$$

$\lambda_{1,2}$ – корені характеристичного рівняння.

Розв'язок (2.29) будемо шукати у вигляді

$$i_{C^{(-)}} = Ae^{\lambda_1 t} + Be^{\lambda_2 t}. \quad (2.33)$$

Для аналізу стійкості схеми потрібно визначити стани рівноваги і їхню стійкість. У стані рівноваги фазові швидкості дорівнюють нулю, тобто

$$\frac{di}{dt} = 0 \quad \text{і} \quad \frac{du}{dt} = 0. \quad (2.34)$$

Схема описується такими рівняннями Кірхгофа:

$$u_{C_n} + i_1 R_n + L \frac{di_1}{dt} = u_{C^{(-)}} + i_2 R; \quad (2.35)$$

$$i_1 + i_2 = i_C,$$

де

$$i_1 = C_n \frac{du_{C_n}}{dt}; \quad i_2 = C^{(-)} \frac{du_{C^{(-)}}}{dt}.$$

Підставивши в (2.35) умови рівноваги (2.34), маємо

$$u_{C_n} = u_{C^{(-)}}.$$

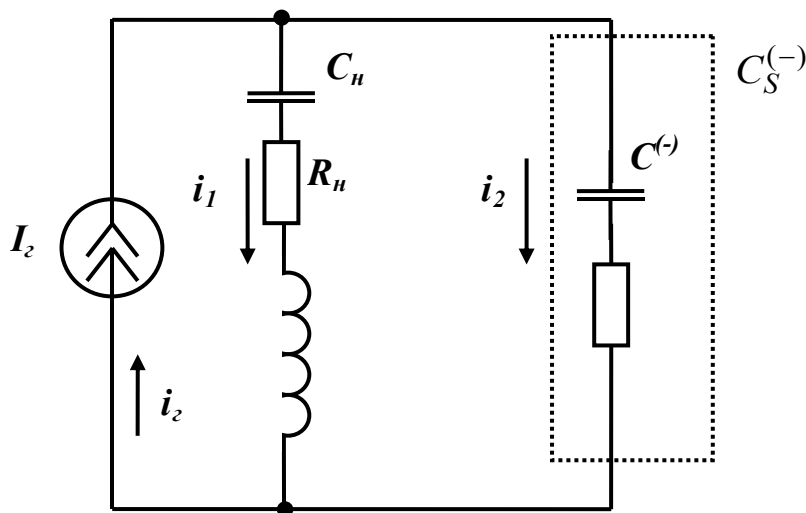


Рисунок 1.6 – Еквівалентна схема навантаженого С-негатрона S-типу. C_n – ємність навантаження; R_n – загальний активний опір навантаження з врахуванням внутрішнього опору джерела живлення; L – сумарна індуктивність навантаження і С-негатрона; $C^{(-)}$ – від'ємна диференційна ємність С-негатрона; R – активний диференційний опір С-негатрона S-типу

З врахуванням того, що $u_{C(-)} = \frac{q_{C_n}}{C_n}$, де q_{C_n} – заряд ємності навантаження, отримаємо рівняння навантажувальної прямої:

$$u_{C(-)}(q_{C(-)}) = \frac{Q_\Gamma - q_{C(-)}}{C_n},$$

де $q_{C(-)}$ – заряд С-негатрона; $Q_\Gamma = q_{C_n} + q_{C(-)}$ – сумарний заряд ємності навантаження і С-негатрона (заряд, що створюється джерелом живлення).

Відповідно до кулон-вольтної характеристики, С-негатрон S-типу керується зарядом. Оскільки заряд є функцією струму і часу ($q = \int_0^t i dt$), то для керування С-негатроном S-типу можна

використовувати джерело струму, при цьому $Q_\Gamma = \int_0^t I_\Gamma dt$.

Таким чином, станами рівноваги є точки перетину кулон-вольтної характеристики С-негатрона S-типу з навантажувальною прямою. Таких точок може бути або одна, або три (рис. 1.7).

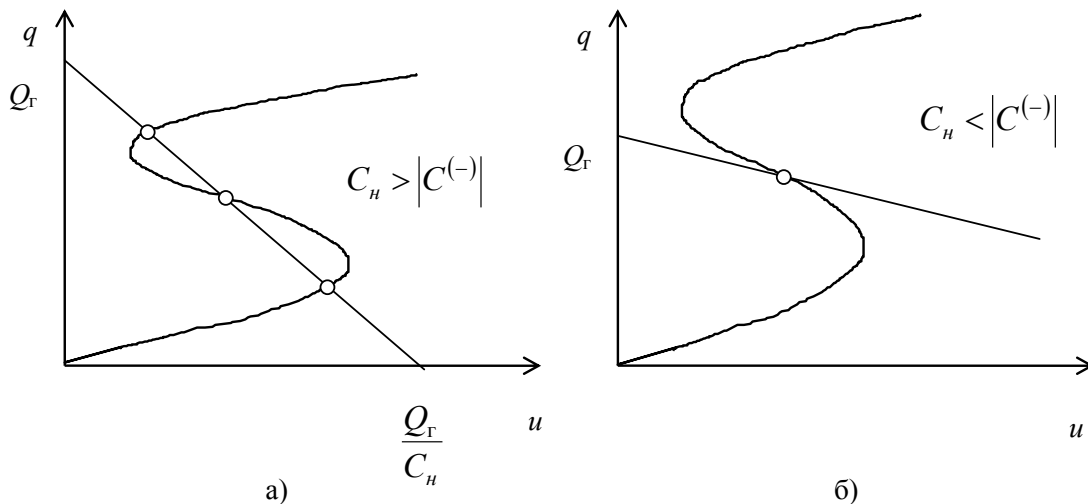


Рисунок 1.7 – Можливі стани рівноваги С-негатрона S-типу

У випадку, якщо $C_n > |C^{(-)}|$ (рис. 1.7а), пряма навантаження перетинає кулон-вольтну характеристику в трьох точках та існує три стани рівноваги. Якщо $C_n < |C^{(-)}|$, існує тільки один стан рівноваги (рис. 1.7).

Стан рівноваги буде стійким, якщо дійсні частини коренів характеристичного рівняння (2.29) будуть від'ємними. Для цього за теоремою Рауса–Гурвіца для систем другого порядку необхідно і достатньо, щоб виконувалися одночасно дві умови:

$$\sigma > 0; \quad p > 0. \quad (2.36)$$

Коефіцієнти σ і p залежать від параметрів схеми. З (2.30) і (2.31) видно, що для постійного L виконання або невиконання умов (2.36) залежить від ємності навантаження C_n і диференційної від'ємної ємності С-негатрона S-типу $C^{(-)}$. Коефіцієнт σ , як видно з (2.30), завжди більший нуля ($\sigma > 0$), тому що активний диференційний опір С-негатрона $R > 0$.

Диференційна від'ємна ємність $C^{(-)}$ С-негатрона змінюється зі зміною заряду зміщення. Тому при зміні ємності навантаження або заряду зміщення змінюється режим роботи схеми.

Виберемо тільки інтервал напруг зміщення, у якому диференційна ємність має від'ємне значення ($C^{(-)} < 0$), тобто тільки стани рівноваги на ділянці від'ємної ємності кулон-вольтної характеристики C-негатрона S-типу.

Розглянемо стани рівноваги схеми при різних співвідношеннях σ і p , тобто залежно від співвідношення величин C_n , R_n , $C^{(-)}$, R . З виразів (2.30), (2.31) видно, що можна записати три граничних умови, при яких p і підкореновий вираз в (2.32) перетворюється в нуль:

$$1) \quad p = \frac{C_n + C^{(-)}}{LC_n C^{(-)}} = 0, \quad (2.37)$$

якщо $C_n = -C^{(-)}$.

$$2) \quad \frac{\sigma^2}{4} - p = 0, \quad (2.38)$$

$$\text{якщо } C_n = \frac{4L}{(R_n + R^{(-)})^2 - 4L/C^{(-)}}.$$

$$3) \quad \frac{\sigma^2}{4} - p = 0, \quad (2.39)$$

$$\text{якщо } R_{n,1,2} = -R^{(-)} \pm 2\sqrt{\frac{L(C_n + C^{(-)})}{C_n C^{(-)}}}.$$

Для граничних умов (2.38) і (2.39) існує розв'язок тільки у випадку, коли $p \geq 0$.

На графіку з осями координат C_n і $C^{(-)}$, рівнянню (2.37) відповідає пряма, що виходить з початку координат під кутом 45° , рівнянню (2.38) – гіпербола, що проходить через початок координат. На графіку з осями координат R_n і $R^{(-)}$ рівнянню (2.39) відповідає пряма, що виходить під кутом 45° із

$$\text{точок } (0; 2\sqrt{\frac{L(C_n + C^{(-)})}{C_n C^{(-)}}}) \text{ (рис. 1.8в).}$$

Області I на площині параметрів $C^{(-)}C_n$ відповідає вся площина параметрів RR_n (рис. 1.8б). Області II на площині $C^{(-)}C_n$ відповідає область II на площині $R^{(-)}R_n$ (рис. 1.8в). Області III на площині $C^{(-)}C_n$ відповідає область III на площині RR_n .

Таким чином, на діаграмі стійкості C-негатрона S-типу (рис. 1.8) є три різних області (I, II, III), що визначають режим роботи C-негатрона.

Область I

$$\begin{aligned} \sigma &> 0, \\ p &< 0 \text{ або } C_n > |C^{(-)}|, \\ \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} - p} &> \frac{\sigma}{2}. \end{aligned}$$

Корені характеристичного рівняння (2.29) λ_1 і λ_2 – дійсні числа, причому $\lambda_1 > 0$, а $\lambda_2 < 0$. Отже, перший член рівняння (2.33) зростатиме за експоненційним законом, а другий – буде зменшуватися.

Оскільки в цій області $C_n > |C^{(-)}|$, то можливі три стани рівноваги, причому на ділянці від'ємної ємності стан рівноваги буде нестійким. Два інших стани рівноваги будуть стійкими, тому що в них $C > 0$ і обидва коефіцієнти σ і p додатні. Таким чином, в області I схема працюватиме в режимі перемикання.

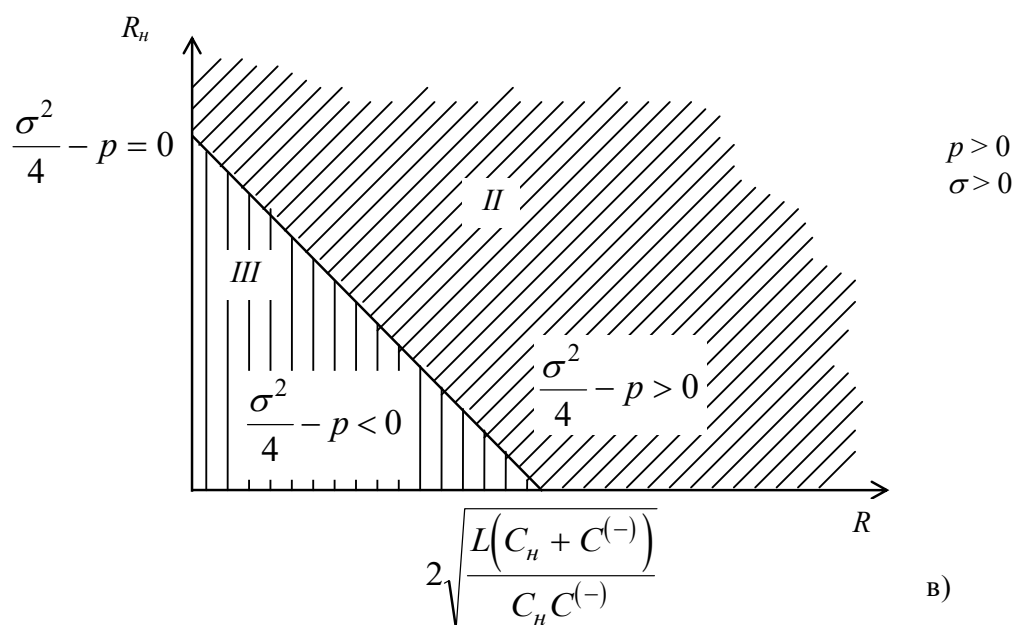
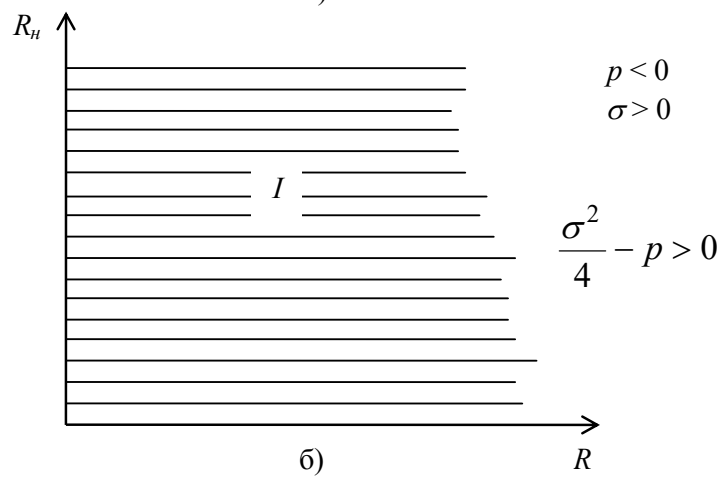
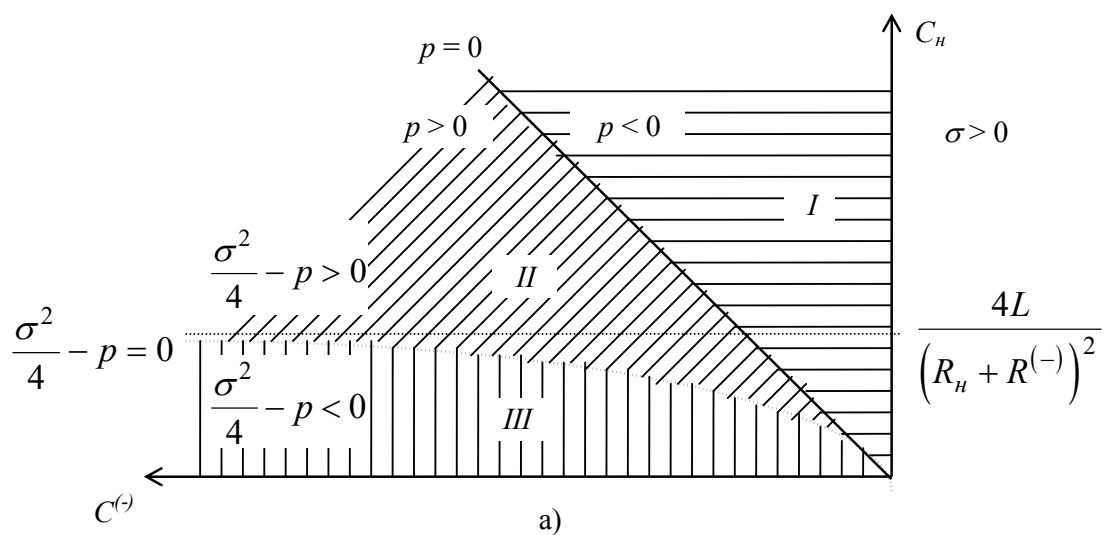


Рисунок 1.8 – Діаграми стійкості, що визначають режим роботи С-негатрона S-типу

Область II

$$\begin{aligned}\sigma &> 0, \\ p &> 0 \text{ або } C_n < |C^{(-)}|, \\ \frac{\sigma^2}{4} - p &> 0.\end{aligned}$$

Корені λ_1 і λ_2 – дійсні і від’ємні числа. Обидва експонентних члени рівняння (2.33) зменшуються з часом. Єдиний стан рівноваги ($C_n < |C^{(-)}|$) є стійким. Схема може працювати як нелінійний елемент (детектор, перетворювач, змішувач, обмежувач).

Область III

$$\begin{aligned}\sigma &> 0, \\ p &> 0 \text{ або } C_n < |C^{(-)}|, \\ \frac{\sigma^2}{4} - p &< 0.\end{aligned}$$

Корені λ_1 і λ_2 – комплексні числа з від’ємною дійсною частиною. Отже, відповідно до (2.33), у системі матиме місце коливальний процес, що згасає за експоненційним законом. Єдиний стан рівноваги ($C_n < |C^{(-)}|$) є стійким. Схема працюватиме як нелінійний елемент.

Таким чином, режим роботи схеми з С-негатроном S-типу залежить від ємності й активного опору навантаження, величини від’ємної ємності й активного опору С-негатрона. Вибираючи відповідним чином ємність і активний опір навантаження та заряд зміщення, що визначає величину $C^{(-)}$ і R , можна отримати один з режимів роботи:

- а) перемикання – область I ;
- б) робота як нелінійного елемента (детектор, перетворювач, змішувач, обмежувач) – області II, III [3].

Класифікація генераторів

Генератори гармонічних коливань призначені для перетворення енергії джерела постійного струму в енергію незатухаючих синусоїдальних коливань. Такі генератори побудовані за кільцевою схемою, в якій використовується додатний зворотний зв’язок активного елемента. В якості активних елементів використовують транзистори, операційні підсилювачі, діоди з ділянкою з від’ємним диференціальним опором.

В якості частотно-залежних використовують резонансні LC-контури, кварцові резонатори, RC, RL-кола.

За типом частотно-залежних ланок генератори поділяють на LC, RC, RL-генератори.

В залежності від генерованих частот генератори поділяють на:

- надвисокочастотні (300 МГц – 300 ГГц);
- високочастотні (300 кГц – 300 МГц);
- низькочастотні (20 кГц – 300 кГц);
- ультранизькочастотні (20 кГц і нижче).

За вихідної потужності генератора ділять на:

- малопотужні (менше 1 Вт);
- середньої потужності (нижче 100 Вт);
- потужні (понад 100 Вт).

По типу активних елементів генератори ділять на:

- лампові;
- транзисторні;
- генератори на операційних підсилювачах;

- генератори на тунельних діодах.

Для генерації високочастотних сигналів в основному застосовують LC-генератори. Для низькочастотних – RC-генератори. При ультранизких частотах більш ефективні RL-генератори.

Частоту, що генерується RC-генератором, називають квазірезонансною, оскільки RC-елементи не мають резонансних властивостей, як, наприклад, LC-контур.

В залежності від наявності елементів плавного переналаштування частоти генератори поділяють на діапазонні генератори і генератори фіксованої частоти.

Генератори фіксованої частоти застосовують переважно для генерування низькочастотних коливань. Вони мають частотно-залежні ланки на R- і C-елементах, і, в залежності від створюваного ними фазового зсуву на частоті квазірезонансу, інвертуючі або неінвертуючі підсилювачі.

Внутрішньою класифікаційною ознакою генераторів являється принцип управління режимом їх роботи. По ньому розрізняють генератори з незалежним збудженням (зовнішнім управлінням), режимом роботи яких управляють від зовнішнього джерела змінної напруги, і генератори з самозбудженням (внутрішнім управлінням) - автогенератори.

По формі вихідних коливань розрізняють генератори гармонічних (синусоїдальних) коливань і генератори коливань несинусоїдальної форми (прямокутної, пілкоподібної і т. д.), які називають релаксаційними (імпульсними).

Гармонічні коливання в генераторах підтримуються резонансними контурами або іншими резонуючими елементами (кварцові резонатори, об'ємні резонатори і т. п.), чи з допомогою фазуючих RC-кіл, які вмикаються в коло зворотного зв'язку підсилювачів. Генератори, які функціонують за першим принципом, називають LC-генераторами, за другим - RC-генераторами.

Малопотужні LC-генератори гармонічних коливань застосовують у вимірювальних і регулювальних пристроях, а також слугують в якості задаючих генераторів в радіопередавачах. LC-генератори середньої і великої потужності використовують для живлення технологічних установок ультразвукової обробки матеріалів і діелектриків, електронних мікроскопів і ін.

RC-генератори гармонічних коливань використовують як задаючі пристрої в системах перетворення постійного струму в змінний, а також у вимірювальних пристроях і системах.

При розгляді генераторів з незалежним збудженням припускають їх управління електричними коливаннями, що поступають від попередньої ланки схеми. Однак у них існують ланки, що перетворюють напругу джерела живлення схеми в коливання змінної напруги без керуючої дії ззовні. Такі схеми працюють в автоколивному режимі, їх називають автогенераторами. При цьому основною їх характеристикою є частота генерованих коливань.

Повна схема автогенератора з резонансним LC-контуром в колекторному колі $L_k C_k$, який є навантаженням однокаскадного підсилювача, та індукованим зв'язком між виходом і входом підсилювача, що забезпечується окремою базовою обмоткою, наведена на рис. 2.1. Така схема називається генератором з трансформаторним зв'язком і використовується переважно в області радіочастот.

Елементи R_1 , R_2 , R_e і C_e призначені для забезпечення необхідного режиму за постійним струмом та його термостабілізації. За рахунок ємності C_2 , реактивний опір якої на частоті генерації незначний, заземляється один кінець базової обмотки. Опори r_k і R_b враховують активні втрати відповідно в контурній і базовій обмотках.

Якщо кварцову пластинку стиснути або розтягнути, на її протилежних гранях появляються електричні заряди, рівні за значенням і протилежні за знаком. Це явище називають прямим п'єзоефектом.

Явище зворотнього п'єзоефекту полягає в тому, що при прикладанні електричної напруги до граней кварцової пластинки вона буде стискатися або розтягатися, в залежності від полярності прикладеної напруги.

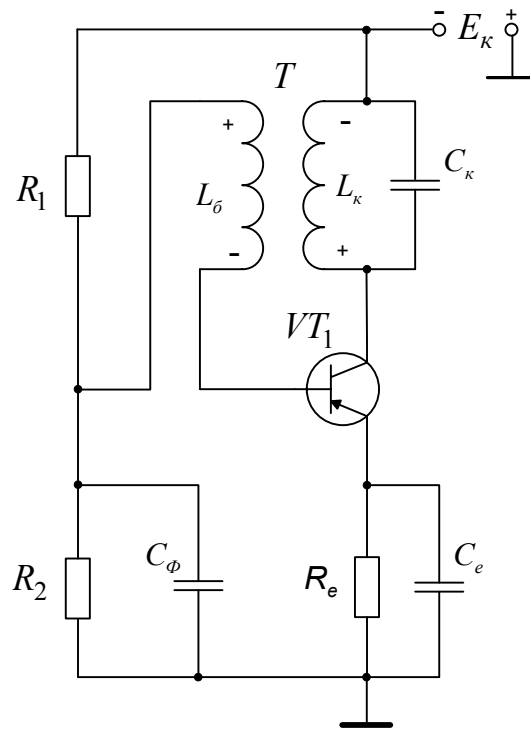


Рисунок 2.1- Схема автогенератора з трансформаторним зв'язком

При підведенні змінної напруги до кварцової пластинки, вона починає здійснювати механічні коливання, частота яких залежить її від розмірів і зрізу. Оскільки розміри пластинки незначно змінюється при зміні температури, то і частота коливань буде також відносно постійна. Механічні коливання кварцу викликають власні електричні коливання. Коли власна частота кварцового резонатора збігається з частотою електричних коливань, відбувається явище резонансу і механічні коливання досягають максимуму.

При побудові кварцового генератора використовується вмикання кварцового резонатора в коло зворотного зв'язку або в якості індуктивності коливного контура.

Генератори з кварцовою стабілізацією переважно виконують на фіксовані частот, що є недоліком. Для частот близько 10 МГц товщина пластинок мала (~0,3) мм, і вони дуже крихкі.

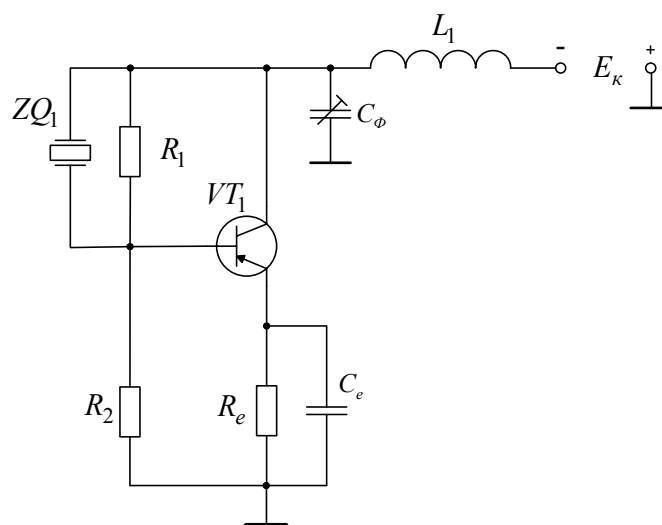


Рисунок 2.2 - Схема кварцового генератора де резонатор ввімкнений в коло зворотного зв'язку

Аналіз побудови RC-генераторів на операційних підсилювачах

Найчастіше низькочастотні RC-генератори виконуються на базі операційних підсилювачів, охоплених колами додатного і від'ємного зворотного зв'язку з використанням фазоповертаючих RC-ланок. Для забезпечення самозбудження RC-генератора необхідно на вхід підсилювача подавати частину вихідної напруги, яка рівна входній і збігається з нею за фазою. Для отримання гармонічних синусоїдальних коливань потрібно, щоб ці умови виконувалися на одній частоті і різко порушувалися на всіх інших частотах.

Це завдання вирішується з допомогою фазоповертаючої ланки (ФПЛ), яка складається з декількох RC-ланок, що служать для повороту фази вихідної напруги підсилювача на певний кут. Такими ланками можуть служити диференціючі або інтегруючі RC-ланки, пасивні смугові RC-фільтри, подвійні T-подібні фільтри або інтегратори на основі операційних підсилювачів.

Схема генератора з мостом Віна

Перевагою цього генератора є можливість зміни частоти генерованих коливань. Принципова електрична схема цього генератора представлена на рис. 2.3.

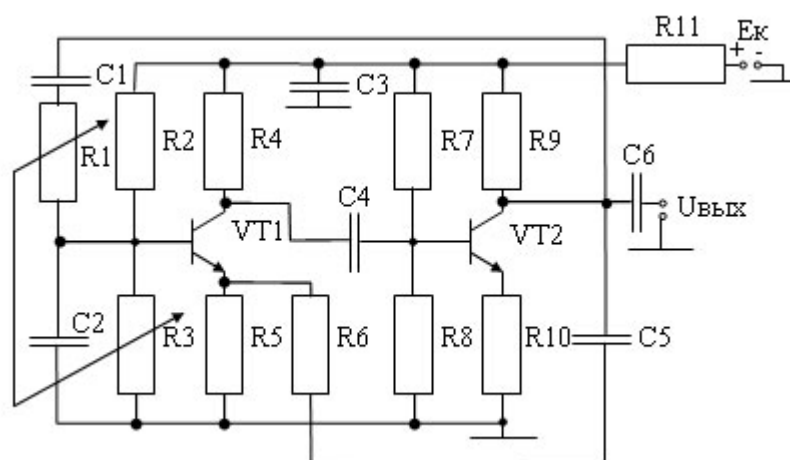


Рисунок 2.3 - Принципова електрична схема RC автогенератора з мостом Віна

У цьому генераторі підсилювач також має два підсилювальних каскади зібрані на транзисторах VT1 і VT2. Навантаженням цих каскадів є резистори R4 і R9. Напруга зсуву на резистори надходить через подільники напруги R2R3 і R7R8.

Вихідна напруга надходить на вхід підсилювача через фазобалансний ланцюг C1R1C2R3, який є одним з плечей моста Віна, друге плече утворено елементами R6R5. Друга гілка з'єднана з виходом підсилювача через конденсатор C5 великої ємності, завдяки чому ланцюг R5R6 не створює помітного зсуву фаз. Поряд з позитивним зворотним зв'язком, вводиться негативний зворотний зв'язок утворений елементами R5R10C5R6. Негативний зворотний зв'язок, знижуючи коефіцієнт підсилення, істотно знижує нелінійні спотворення генеруючих коливань. Зниження коефіцієнта підсилення не призводить до порушення балансу амплітуд, так як реальний двохкаскадний підсилювач має коефіцієнт підсилення набагато більше 3. Крім того елементи R5R10, забезпечують температурну стабілізацію робочої точки транзисторів. Регулювання частоти генерованих коливань в розглянутому генераторі здійснюється одночасним регулюванням опорів резисторів R1 і R3, однак, може здійснюватися і одночасним регулюванням ємностей конденсаторів C1 і C2.

Аналіз побудови генераторів прямокутних імпульсів

Мультивібратор – релаксаційний генератор електричних коливань прямокутного типу, це один з найпоширеніших генераторів імпульсів прямокутної форми, і являє собою двокаскадний резистивний підсилювач з додатнім зворотним зв'язком. В електронній техніці використовуються різні варіанти

схем мультивібратора, які різняться між собою за типом використовуваних елементів (лампові, транзисторні, тиристорні, мікроелектронні і так далі), режиму роботи (автоколивальних, режиму очікування, синхронізації), видами зв'язку між підсилювальними елементами, способах регулювання тривалості і частоти генерованих імпульсів і так далі.

Віднесення мультивібратора до класу автогенераторів виправдане лише при автоколивальному режимі його роботи. У режимі очікування мультивібратор виробляє імпульси тільки тоді, коли на його вхід надходять спеціальні сигнали, які його запускають. Режим синхронізації відрізняється від автоколивального лише тим, що в цьому режимі за допомогою зовнішньої керуючої (синхронізуючої) напруги можна змінювати частоту генерованих коливань.

Схема мультивібратора на біполярних транзисторах наведена на рис. 2.4, може знаходитися в одному з двох нестабільних станів і періодично переходить з одного в інший. Фаза переходу дуже коротка завдяки дії позитивного зворотного зв'язку між каскадами підсилення.

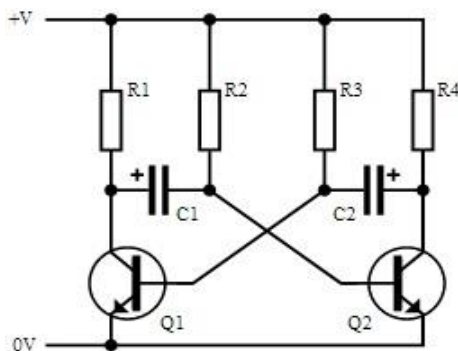


Рисунок 2.4 – Схема мультивібратора на біполярних транзисторах

При вмиканні живлення через резистори R2, R3 на бази транзисторів подається напруга, яка відкриває транзистори. При цьому напруга на колекторах починає зменшуватись і ця зміна напруги з виходу кожного з транзисторів подається на вхід іншого, протидіючи його відкриванню. Через розбіжності в параметрах деталей, один з транзисторів відкривається, а інший повністю закривається. Припустимо, що має місце:

Стан 1: Q1 закритий, Q2 відкритий і насичений, C1 заряджається струмом бази Q2 через R1 і Q2, після чого при повністю зарядженому C1 (полярність заряду вказана на схемі) через R1 струм не тече. C2, заряджений раніше в попередньому стані 2 (полярність по схемі), починає повільно розряджатися через відкритий Q2 і R3.

Стан 2: те саме, тільки в дзеркальному відображенні (Q1 відкритий і насичений, Q2 закритий).

R1 і R4 підбираються набагато менші, ніж R3 і R2, щоб зарядка конденсаторів через R1 і R4 була швидше, ніж розрядка через R3 і R2. Чим більше буде час зарядки конденсаторів, тим більш пологою виявляться фронти імпульсів. Відношення R3/R1 і R2/R4 не повинні бути більше, ніж коефіцієнти підсилення відповідних транзисторів, інакше транзистори не будуть відкриватися повністю [4].

Розробка та дослідження електрично керованого генератора синусоїдальних коливань на С-негатроні

Схема електрично керованого генератора синусоїдальних коливань на С-негатроні наведена на рис. 3.1.

На польовому транзисторі 3 зібраний генератор гармонічних коливань, які знімаються з вихідної клемі 11, їх частота визначається резонансною частотою коливального контуру, утвореного індуктивністю 18 та сумарною ємністю варикапа 12 та С-негатрона, який реалізовано на біполярних транзисторах 17 і 21. Від'ємна ємність одержується шляхом перетворення додатної ємності 19. Ємності 2, 8, 9, 10, 16 - розділові. Резистори 4, 13, 15 забезпечують робочу точку транзистора 3. Ємність 14 шунтує резистор 15 на високих частотах. Резистори 5 і 20 забезпечують робочу точку транзистора 17. Резистори 22 і 23 забезпечують робочу точку транзистора 21. Ємність 24 шунтує опір 23 на високих частотах та з'єднує базу транзистора 21 з загальною шиною 25. Напруга живлення

подається на клему 1. Напруга керування на варикап подається з клемі 6 через високоомний резистор 7.

Частота резонансу визначається за формулою:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_\Sigma}}$$

де L – індуктивність 18, C_Σ – сумарна ємність варикапа 12 і С-негатрона, який реалізовано на біполярних транзисторах 17 і 21:

$$C_\Sigma = C_V + C^{(-)},$$

де C_V – ємність варикапа 12, $C^{(-)}$ – від'ємна ємність.

Коефіцієнт переналаштування генератора:

$$K_f = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \sqrt{K_C},$$

де $f_{\max}$ – максимальна частота генерації, $f_{\min}$ – мінімальна частота генерації, K_C – коефіцієнт перекриття ємності варикапа 12.

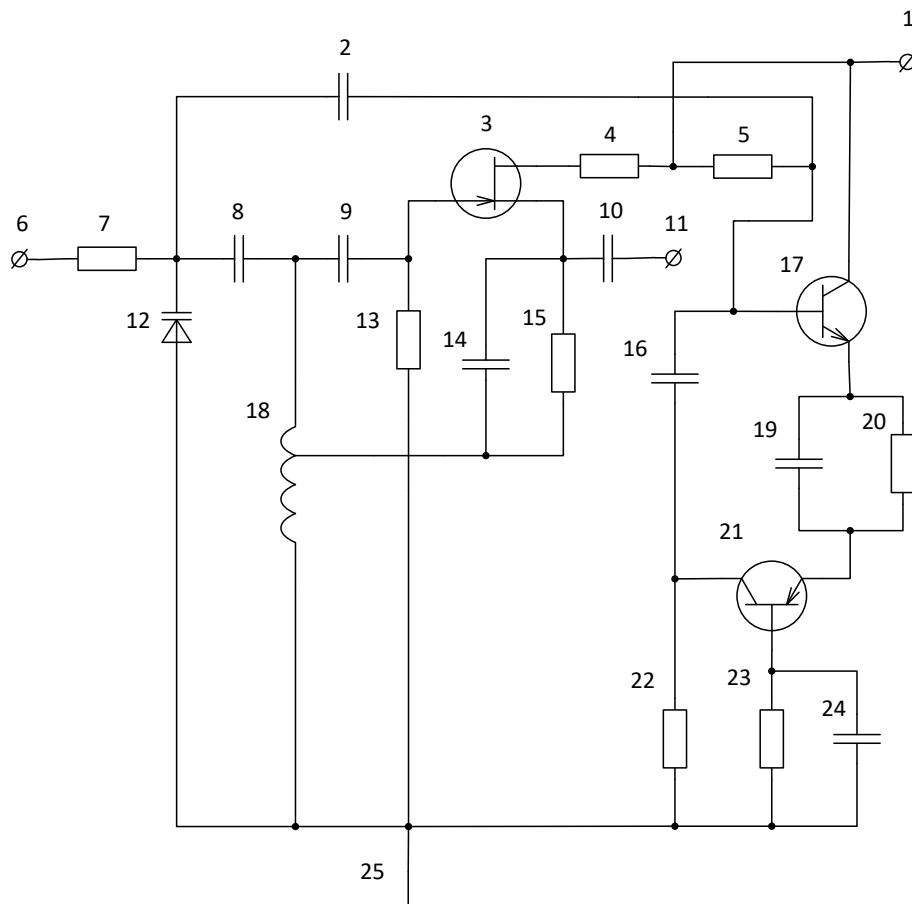


Рис. 1. Схема електрично керованого генератора синусоїдальних коливань на С-негатроні

Залежність від коефіцієнту перекриття ємності варикапа 12:

$$K_C = \frac{C_{\max}}{C_{\min}},$$

де $C_{\max}$ – максимальна ємність варикапа 12, $C_{\min}$ – мінімальна ємність варикапа 12.

При підключенні від'ємної ємності коефіцієнт переналаштування становить:

$$K'_C = \frac{C_{\max} + C^{(-)}}{C_{\min} + C^{(-)}},$$

так як $C^{(-)} < 0$, то $K'_C > K_C$.

Тому коефіцієнт переналаштування генератора при підключенні від'ємної ємності також збільшиться:

$$K_f' > K_f.$$

На рис. 3.2 та рис. 3.3 зображено часові діаграми вихідних напруг при умові зміни напруги керування від 0 до 15 В при відсутності та наявності С-негатрона відповідно.

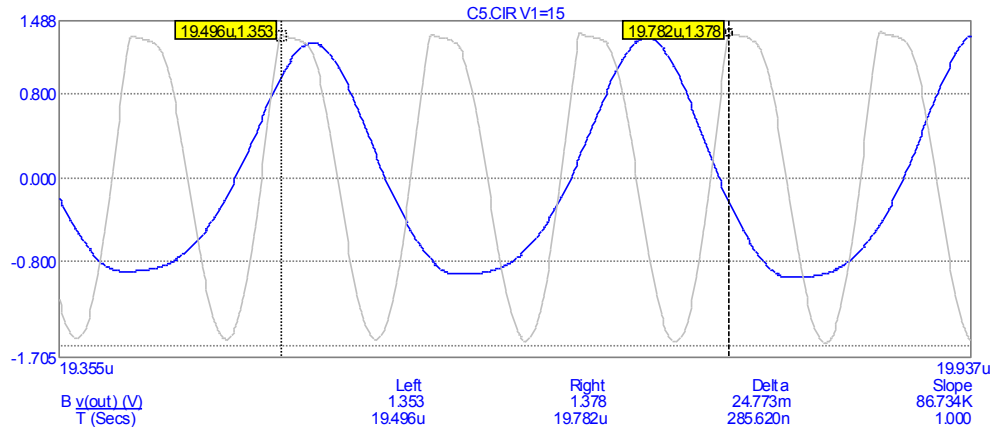


Рис. 3.2. Часова діаграма напруги на виході генератора без С-негатрона

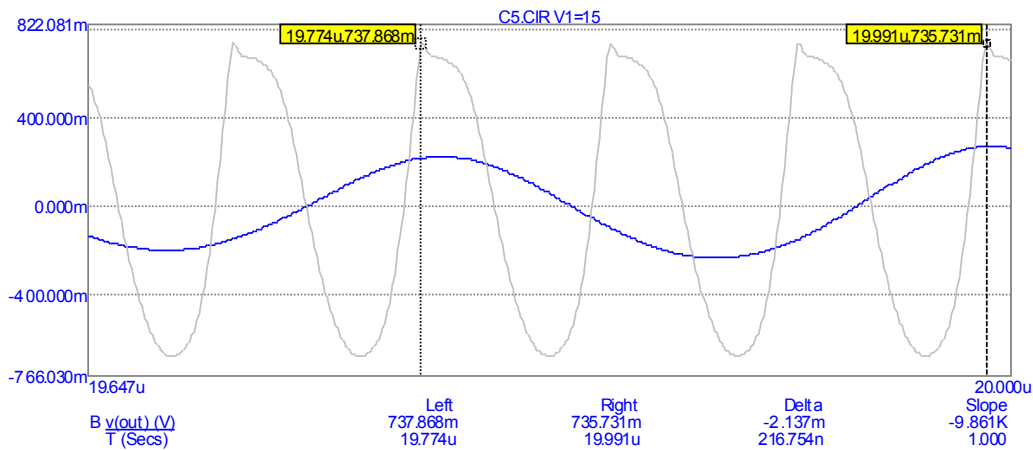


Рис. 3.3. Часова діаграма напруги на виході генератора при наявності С-негатрона

3.2 Розробка та дослідження електрично керованого генератора прямокутних імпульсів на С-негатроні

Схема електрично керованого генератора прямокутних імпульсів на С-негатроні наведена на рис. 3.4.

На тригері Шмітта 2 зібраний генератор прямокутних імпульсів, що знімаються з клем 3. Частота імпульсів визначається резистором 1 і сумарною ємністю варикапа 12 та С-негатрона, який реалізовано на інверторах 9 і 11. Рівень напруги сигналу, що поступає на вхід першого інвертора 9, підвищується за допомогою першого джерела напруги зміщення 13. Перший інвертор підсилює сигнал, рівень якого знову підвищується до потрібного за допомогою другого джерела напруги зміщення 14. Сигнал поступає на вхід другого інвертора 11, за допомогою якого підсилюється, після чого через третю ємність 5 надходить на вхід першого інвертора. Напруга керування на варикап подається з клем 6 через перший резистор 7. Ємності 4, 8, 10 – розділові. Загальна шина 15 служить заземленням. Джерела напруги зміщення 13 і 14 задають активний режим роботи інверторів 9 та 11, причому вони мають підсилення K_1 та K_2 .

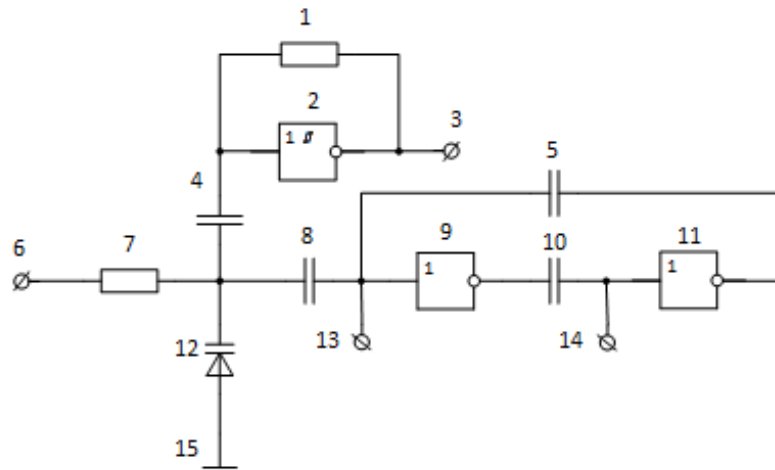


Рис. 3.4. Схема електрично керованого генератора прямокутних імпульсів на С-негатроні

Коефіцієнт підсилення схеми:

$$K = K_1 * K_2.$$

Третя ємність включена у коло зворотного зв'язку, при цьому на вході схеми одержується від'ємна ємність:

$$C_{\text{вх}} = -K * C_5,$$

де K - коефіцієнт підсилення схеми, C_5 – третя ємність 5.

Частота сигналу визначається за формулою:

$$\omega = \frac{1}{RC_{\Sigma}},$$

де R – опір резистора 1, C_{Σ} - сумарна ємність варикапа 12 і С-негатрона, який реалізовано на інверторах 9 та 11.

$$C_{\Sigma} = C_V + C^{(-)},$$

де C_V – ємність варикапа 12, $C^{(-)}$ – від'ємна ємність.

Коефіцієнт переналаштування генератора:

$$K_f = \frac{f_{\text{max}}}{f_{\text{min}}} = K_C,$$

де f_{max} – максимальна частота генерації, f_{min} – мінімальна частота генерації, K_C – коефіцієнт перекриття ємності варикапа 12.

Коефіцієнт перекриття ємності варикапа 12:

$$K_C = \frac{C_{\text{max}}}{C_{\text{min}}},$$

де C_{max} – максимальна ємність варикапа 12, C_{min} – мінімальна ємність варикапа 12.

При підключенні від'ємної ємності коефіцієнт переналаштування становить:

$$K'_C = \frac{C_{\text{max}} + C^{(-)}}{C_{\text{min}} + C^{(-)}},$$

так як $C^{(-)} < 0$, то $K'_C > K_C$.

Тому коефіцієнт переналаштування генератора збільшиться:

$$K'_f > K_f.$$

Висновок

В даній роботі було проведено дослідження властивостей С-негатронів і характеристик генераторів гармонічних та релаксаційних коливань, та вдосконалення схем електрично керованих генераторів шляхом включення у коло С-негатрона, завдяки чому у результаті моделювання було досягнуто збільшення коефіцієнтів переналаштування генератора синусоїдальних коливань та генератора прямокутних імпульсів у 2,289 рази та 2,118 рази відповідно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Негатроника / [Серьезнов А. Н., Степанова Л. Н., Филинук Н. А. и др.] – Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1995. – 315 с.
2. Физико-технологические и схемотехнические основы негатроники / [Пашаев А. М., Касимов Ф. Д., Филинук Н. А. и др.] – Баку : Элм, 2008. – 433 с.
3. 92. Філінюк М. А. Дослідження стійкості навантажених С-негатронів / М. А. Філінюк, О. О. Лазарєв // Вісник ВПІ. – 2003. – No 2.
4. Арш Э. И. Автогенераторные методы и средства измерений/ Арш Э. И. – М. : Машиностроение, 1979. – 256 с.

Олександр Олександрович Лазарєв – кандидат технічних наук, доцент кафедри електроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

Антон Ігорович Романько — студент групи МНТ-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: anthonypalmer1341@gmail.com.

Alexander A. Lazarev - Ph.D., assistant professor of electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Anton I. Roman'ko - Faculty of infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: anthonypalmer1341@gmail.com.

Мережне наукове видання

Матеріали XLVII науково-технічної конференції
підрозділів Вінницького національного
технічного університету (НТКП ВНТУ–2018)

14-23 березня 2018 року

Збірник доповідей

Матеріали подаються в авторській редакції

Підписано до видання 15. 06. 2018 р.

Гарнітура Times New Roman.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-81-59,
press.vntu.edu.ua,
E-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.