

РАДІОТЕХНІЧНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПРИДУШЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ СИГНАЛІВ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ СТАНДАРТУ GSM-900

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розроблено радіотехнічний пристрій для придушення спектрального складу сигналів стандарту GSM-900. Запропонований радіотехнічний пристрій дозволяє подавити GSM сигнали у радіусі 10 м.

Ключові слова: генератор шуму, випадковий сигнал, інформаційний сигнал, спектр, GSM-900.

Abstract

In the work, a radio-engineering device was developed to suppress the spectral composition of GSM-900 signals. The proposed radio-engineering device allows you to suppress GSM signals in the 10 m radius.

Keywords: noise generator, random signal, information signal, spectrum, GSM-900.

Вступ

Неможливо уявити життя у XXI столітті без мобільного телефону. Власниками смартфонів є всі категорії громадян – від дитини до пенсіонера. Технічний прогрес подарував можливість щосекундного спілкування [1]. З точки зору захисту інформації існують різні проблеми. Наприклад, можливе активне прослуховування через оператора бездротового зв'язку або використання смартфонів у місцях, де їх використання обмежено чи заборонено. Саме для того, щоб обмежити використання смартфонів і мобільних телефонів було розроблено безліч варіантів радіотехнічних пристроїв придушення спектрального складу інформаційних сигналів операторів мобільного зв'язку, а також бездротового зв'язку, наприклад, Wi-Fi та Bluetooth. Такий радіотехнічний пристрій отримав назву «глушилка» [1]. Крім глушилок сигналів мобільного зв'язку стандартів CDMA (2000 МГц), AMPS (800 МГц), PCS (800 МГц, 1800 МГц і 1900 МГц), GSM (850 МГц і 900 МГц у США, 900 МГц і 1800 МГц в Європі), або бездротової передачі даних Wi-Fi/Bluetooth (2400 МГц – 2500 МГц, 5000 МГц), також широко відомі глушилки службових радіосистем, зокрема GPS (основні цивільні частоти 1227 МГц і 1575 МГц) та RFID (також відомі як UHF/VHF, 14 МГц – 400 МГц, 800 МГц і 2450 МГц) [2]. На сьогоднішній день на ринку представлено чимало варіантів радіотехнічних пристроїв для придушення спектрального складу сигналів [3].

Тому розроблення та дослідження радіотехнічних пристроїв придушення спектрального складу сигналів мобільного зв'язку, зокрема стандарту GSM-900 як найбільш популярного в Україні, є актуальною науково-технічною задачею.

Метою роботи є розроблення та дослідження радіотехнічного пристрою придушення спектрального складу сигналів каналів зв'язку стандарту GSM-900.

Результати дослідження

Для розробки генератора шуму GSM каналу потрібно для початку дізнатися, що ж являє собою сигнал GSM. Глобальна система мобільного зв'язку (англ. Global System for Mobile Communications, раніше нім. Groupe Spécial Mobile, GSM) – міжнародний стандарт для мобільного цифрового стільникового зв'язку з розділенням каналу за принципом TDMA та високим рівнем безпеки за рахунок шифрування з відкритим ключем. Стандарт був розроблений під патронатом Європейського інституту стандартизації електрозв'язку (ETSI) наприкінці 1980-х років [4-7].

Більшість мереж GSM працюють у діапазоні 900 МГц або 1800 МГц. Деякі країни Америки використовують діапазони 850 МГц та 1900 МГц, оскільки стандартні діапазони 900 та 1800 МГц зайняті іншими системами. Діапазони 400 та 450 МГц використовуються у деяких країнах (включаючи країни Скандинавії та деякі острівні країни) [4].

При роботі у стандартному діапазоні 900 МГц використовуються діапазон 890–915 МГц для зв'язку від терміналу до базової станції, та 935–960 МГц для зв'язку від базової станції до терміналу. У деяких країнах діапазон частот GSM-900 був розширений до 880–915 МГц (MS -> BTS) і 925–960 МГц (MS <- BTS), завдяки чому максимальна кількість каналів зв'язку збільшилася на 50 [4].

Смуга у 25 МГц ділиться на 124 канали (несучі), кожен шириною у 200 кГц. Часове розділення каналів (TDMA) дозволяє у кожному каналі розміщувати вісім повношвидкісних (full-rate) чи шістнадцять напівшвидкісних (half-rate) голосових каналів. Стандарт GSM використовує декілька голосових кодеків, що дозволяють передавати голосовий канал шириною 3,1 кГц на швидкостях від 5,6 до 13 кбіт/с [4].

Структурна схема, що пояснює принцип роботи радіотехнічного пристрою придушення спектрального складу сигналів каналів зв'язку стандарту GSM-900, зображена на рис. 1.

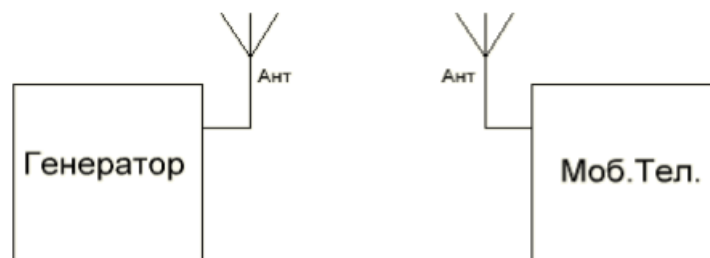


Рис. 1. Структурна схема принцип роботи радіотехнічного пристрою придушення спектрального складу сигналів каналів зв'язку стандарту GSM-900

Блок-схема генератора подавлення GSM сигналу зображена на рис. 2 і складається з таких блоків: задаючого генератора (ЗГ) та мікроконтролера, які настроєні на частоту 50 МГц та запрограмований як генератор випадкових чисел, тобто генератор білого шуму, який модулює прямокутний сигнал з випадковим періодом і тривалістю; Генератора керованого напругою або VCO по іншому (ГКН), який забезпечує генерування в діапазоні 850 – 1100 МГц в залежності від керованої напруги; Попереднього підсилювача потужності, який в свою чергу підсилює потужність до необхідного рівня; Кінцевого підсилювача потужності або вихідного каскаду, який містить два підсилювачі (PCS і стільникових ООПТ), два підсилювачі потужності з керуванням потужності і колом зміщення; Блока живлення, який являє собою літєвий акумулятор на напругу 7,2 В [8-10].

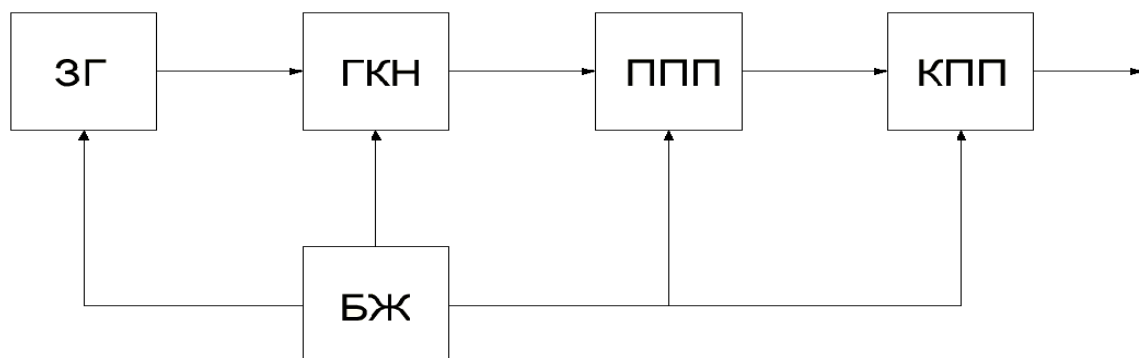


Рис. 2. Структурна схема генератора шуму для подавлення GSM сигналу

Для забезпечення створення такої високочастотної завади рекомендується [11] використати таке схемотехнічне рішення. Як генератор керований напругою буде використано мікросхему MAX2622 від фірми Maxim [11]. На рис. 3 зображена функціональна схема мікросхеми MAX2622 з параметрами [11]:

- частотний діапазон – 855 – 1100 МГц;
- вихідна потужність – -3 дБм;
- напруга живлення +2,7 – 5,5 В;
- струм живлення – 8 – 11,5 мА;
- рівень шуму - 151 дБм / Гц;
- динамічний діапазон – 98дБ;
- зворотні втрати - -10дБ;
- робоча температура -40 ° С до + 85 ° С.

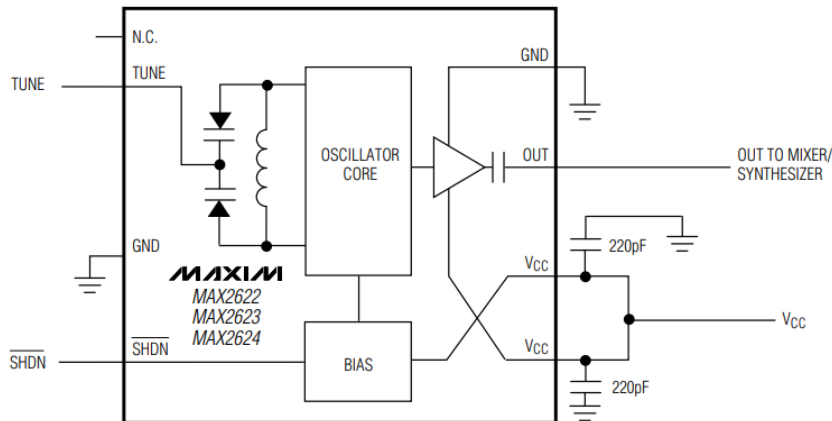


Рис. 3. Функціональна схема мікросхеми MAX2622 [11]

MAX2622 має невелику вихідну потужність, тому в якості попереднього підсилювача потужності рекомендується [12] використати MMIC (ERA-3), який є широкопasmовим підсилювачем і володіє високим динамічним діапазоном (рис. 4). Особливостями підсилювача є: одне джерело живлення, підсилення до 3 ГГц, стабільність роботи, захист від перехідних процесів а також те, що він застосовується в стільникових / PCS / 3G базових станціях, що є вигідним для застосування в генераторі [12].

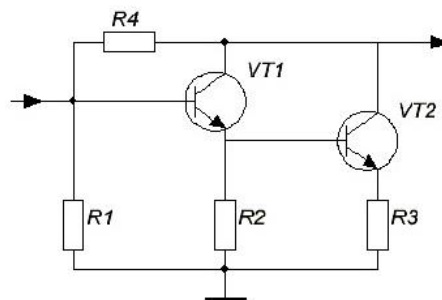


Рис. 4. Електрична схема підсилювача ERA-3 MMIC [12]

В якості кінцевого підсилювача потужності рекомендується [8] використати QCPM - 9401 (рис. 5) модуль, який містить два підсилювачі (PCS і стільникових ООПТ), два підсилювачі потужності з владою контролю і зміщенням ланцюга. Підсилювач потужності забезпечує: 29 дБм P_{out} і 44% ККД підсумовування потужності (PAE) в 3,4 В в режимі AMPS. Тоді як підсилювач потужності PCS досягає 28,5 дБм $P_{вих}$ і 28% PAE на 3,4 В в PCS режимі. Та має такі параметри:

- Робоча частота: PCS: 1850 - 1910 МГц, AMPS: 824 - 1149 МГц;
- Вихідна потужність 3.4V: PCS: 28,5 дБм, AMPS: 29 дБм;
- Внутрішній опір 50 Ом відповідно мережі для обох РФ IN / OUT;
- 3,4 – 4,2 V (Зниження продуктивності при 3В).

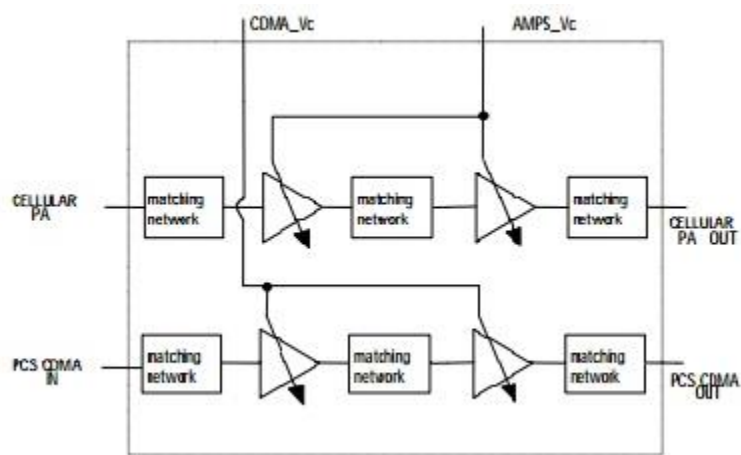


Рис. 5. Функціональна схема кінцевого підсилювача QCPM -9401

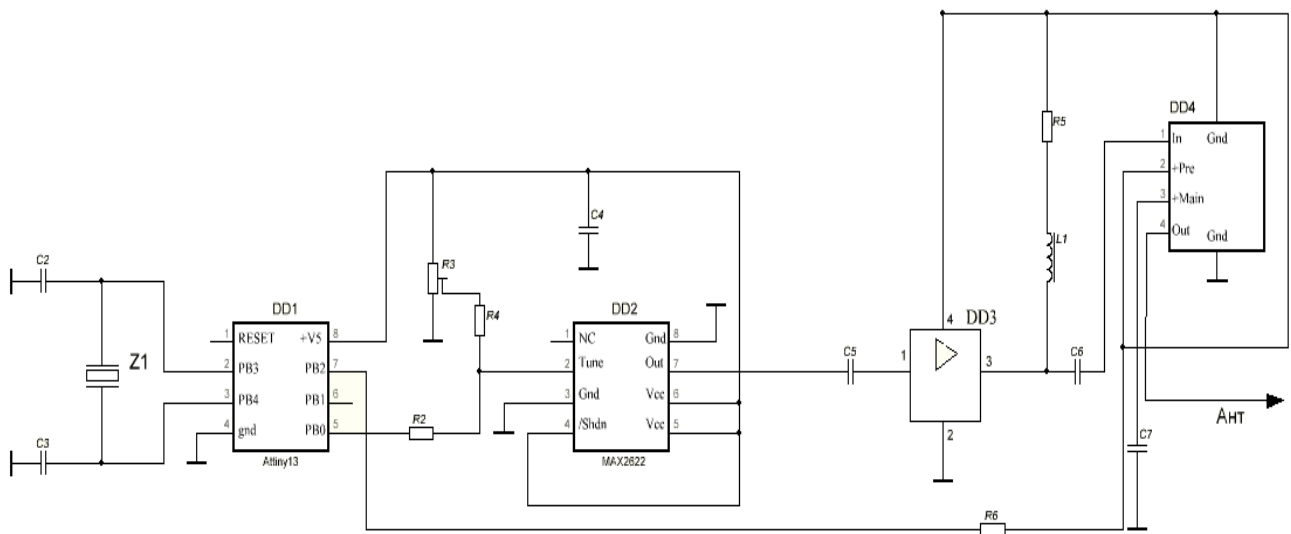


Рис. 6. Електрична схема радіотехнічного пристрою придушення спектрального складу сигналів стандарту GSM-900 [13]

У схемі пристрою на рис. 6 застосована мікросхема ATtiny13 – мікроконтролера Atmel [14], що запрограмована як генератор випадкових чисел, тобто генератор білого шуму. З виходу PB0 знімається прямокутний сигнал з випадковим періодом і тривалістю, яким модулюється кероване напруга VCO через резистор R4 [14]. Попереднє управління напруга зміщується з сигналом шуму. За рахунок цього на виході генератора VCO присутній сигнал, модульований по всьому діапазону GSM.

Висновки

У роботі був спроектований і конструктивно виготовлений генератор подавлення GSM сигналу. Для реалізації вимог технічного завдання були використані такі схемотехнічні рішення:

- задаючий генератор виконаний на мікроконтролері Attiny13 з зовнішнім кварцевим резонатором;
- генератор керований напругою виконаний на мікросхемі Max2622, яка забезпечує генерування частоти в заданому частотному діапазоні;
- попередній підсилювач потужності виконаний на операційному підсилювачі Ega – 3, який є широкосмуговим підсилювачем і володіє високим динамічним діапазоном;
- кінцевий підсилювач потужності виконаний на модулі Qcpm – 9401, з виходу якої маємо частоту подавлення GSM та відповідну заданому завданню потужність;
- живлення виконане за допомогою блока живлення на 12В з внутрішнім стабілізатором напруги на 6В .

Встановлено, що за допомогою приладу можна подавлювати сигнал GSM-900 у радіусі 10 метрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Подавители сотовых телефонов (GSM глушилки). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spectr-sks.ru/suppressors-mobail>
2. Инструкция: Как Сделать Собственную Глушилку Сотовой Связи. [Электронный ресурс]. URL: <http://blog.jammer.su/2011/10/instrukcija-kak-sdelat-sobstvennuju-glushilku-sotovoj-svjazi/>
3. Интернет магазин Конфиденциальность. [Электронный ресурс]. URL: <https://glushi.prom.ua/>
4. Системи рухомого зв'язку : навчальний посібник / О. О. Семенова, А. О. Семенов, В. С. Белов. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 185 с.
5. Andriy A Semenov, Olena O Semenova, Oleksandr M Voznyak, Oleksandr M Vasilevskyi, Maksym Yu Yakovlev. Routing in telecommunication networks using fuzzy logic. Proceedings of the 2016 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). 30 June-4 July 2016, Erlagol, Russia, pp. 173–177. DOI: 10.1109/EDM.2016.7538719
6. O. Semenova, A. Semenov, K Koval, A. Rudyk, V. Chuhov. Access fuzzy controller for CDMA networks. In: 2013 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), 12-13 Sept. 2013, Krasnoyarsk, Russia, pp. 1-2. DOI: 10.1109/SIBCON.2013.6693644.
7. Olena Semenova, Andriy Semenov, Pavel Kulakov. Access neuro-fuzzy controller for W-CDMA networks. In: 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), 10-13 Oct. 2017, Kharkov, Ukraine, pp. 1-4. DOI: 10.1109/INFOCOMMST.2017.8246344
8. V. S. Osadchuk, A. V. Osadchuk, A. A. Semenov, E. A. Semenova. Experimental research and simulation of microwave oscillator based on structure of static inductance transistor with negative resistance. In: 2010 20th International Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology", 13-17 Sept. 2010, Sevastopol, Ukraine, pp. 1-2. DOI: 10.1109/CRMICO.2010.5632543
9. Осадчук О.В., Семенов А.О. Дослідження НВЧ генератора електричних коливань на основі транзисторної структури з від'ємним опором. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2005. № 5. – С.149-154.
10. Осадчук О. В., Семенов А. О., Коваль К. О. Електрично керована еквівалентна ємність на основі транзисторної структури з від'ємним опором. Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. 2008. Вип.1 (25). С. 159–164.
11. MAX2622 Datasheet (PDF) - Maxim Integrated Products. [Электронный ресурс]. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/101996/MAXIM/MAX2622.html>
12. Информация про предварительный усилитель мощности. [Электронный ресурс]. URL: www.minicircuits.com/pdfs/ERA-3
13. Глушилка сотового телефона радиус 15 метров. [Электронный ресурс]. URL: <https://vrtp.ru/index.php?act=categories&CODE=article&article=1050>
14. Attiny13 - 8 битный AVR микроконтроллер с 1 КБ внутрисистемно программируемой Flash памяти. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/attiny13.htm>

Семенов Андрій Олександрович — д-р техн. наук, доцент, професор кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Зарубін Олексій Олексійович — студент групи ТКР-18мс, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrexvich@icloud.com

Іванов Олександр Сергійович — студент групи ТКР-18мс, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: var220799@gmail.com

Бабій Ярослав Андрійович — студент групи ТКР-18мс, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andrexvich@icloud.com

Semenov Andriy Oleksandrovych — Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Zarubin Oleksii Oleksiiovych — student of group TCRT-18мс, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andrexvich@icloud.com

Ivanov Oleksandr Serhiiovych — student of group TCRT-18мс, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: var220799@gmail.com

Babii Yaroslav Andriiovych — student of group TCRT-18мс, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andrexvich@icloud.com