

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОЇ РІДИНИ В ЗАКРИТИХ НЕВЕЛИКИХ ЄМНОСТЯХ ТА РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ВИМІРЮВАЧА

^{1, 2, 3}Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджений метод вимірювання та спроектований мікропроцесорний рівнемір для виміру рівня вибухонебезпечної рідини, наприклад, палива в діапазоні 0,01 - 1 м із похибкою не вище 2 %.

Ключові слова: метод вимірювання, мікропроцесорний рівнемір, вибухонебезпечна рідина.

Abstract

In work the method of measuring is researched and the meter on a base of microprocessor for measuring the level of explosive liquid, for example, fuel with 0,01-1m range of measurement with 2% accuracy is designed.

Keywords: method of measuring, meter on a base of microprocessor, explosive liquid.

Вступ

Проблема точного, безпечного, надійного та економічного вимірювання рівня палива в місцях його зберігання постає завжди, коли автоматизується управління технічними або технологічними установками, що працюють на цьому паливі [1, 2]. Це твердження набуває особливого значення для випадку, коли вимірюється рівень палива в закритих невеликих ємностях, наприклад, на транспорті [3]. Тому метою роботи є науково-технічне обґрунтування вибору метода вимірювання рівня вибухонебезпечної рідини в закритих невеликих ємностях і створення на його основі нового мікропроцесорного вимірювача з поліпшеними метрологічними, експлуатаційними та техніко-економічними характеристиками.

Результати дослідження

Тема даної роботи є продовженням досліджень, що проводились кафедрою АІТ по вирішенню прикладної задачі автоматизації управління дизель-генераторними установками районних вузлів зв'язку. Алгоритм управління такими установками достатньо складний, а структура системи – багатоконтурна. Одним з обов'язкових контурів регулювання є контур оптимального регулювання подачі палива до дизелю установки, який містить точний і надійний рівнемір палива у паливному баку.

Попередніми дослідженнями було з'ясовано, що в подібних дизель-генераторних станціях встановлюються прості щупові рівнеміри, які дозволяють визначати рівень палива тільки приблизно. Їх не можна включити до складу мікропроцесорної системи управління (СУ), вони мають низьку роздільну спроможність і обмежені функціональні можливості, а також не можуть виявляти шар емульсії, яка розташована над поверхнею палива і призводить до збільшення похибки вимірювання рівня палива. Тому була поставлена задача оснастити існуючі дизель-генераторні установки сучасними високоточними та відносно дешевими рівнемірами палива у закритому паливному баку (резервуарі, танку і т. ін.). Вихідний сигнал такого рівнеміра повинен легко узгоджуватися з входами мікропроцесорної СУ дизель-генераторної установки. Рівнемір повинен враховувати наявність емульсії над поверхнею палива, бути безпечним і надійним в роботі.

При вирішенні цієї задачі було виявлено, що аналогічні задачі зараз стоять і у суміжних областях – вимірювання рівня вибухонебезпечних рідин на автомобільному, залізничному та авіаційному транспорті, на виробках ракетно-космічної техніки, на автозаправних станціях, на пересувних дизель-генераторних станціях, в пристроях індивідуального опалювання сільських будинків чи приміських котеджів і т.д.. Особливістю таких вимірювань є невеликий діапазон рівня (паливо знаходиться у баках, танках, резервуарах висотою не більше 1 м), присутність постійних вібрацій та ударів від працюючого обладнання (призводить до хвилястості поверхні палива, її нахилів, "плесканню" палива), утворення значного за товщиною шару емульсії над поверхнею палива, який залежить від зовнішніх умов [4]. Крім цього, сам об'єкт вимірювання вимагає від розробників посиленої уваги до питань іскрового захисту рівнемірів, що пов'язано з можливістю легкого займання палива або його вибуху. Необхідно також забезпечувати інваріантність рівнемірів до властивостей палива (щільність, в'язкість, колір, прозорість і т. ін.), які змінюються при зміні параметрів оточуючого середовища (температура, тиск, вологість і т.д.) [5], а конструкція рівнемірів повинна протистояти дії вібрації, ударів та факторів зовнішнього середовища (висока або низька температура, вологість, випадіння інею та роси, запиленість і т.д.).

Були проведені додаткові дослідження тих методів вимірювання рівня рідкого палива у закритих невеликих ємностях, які застосовуються на транспорті та виробництві (рис. 1). За результатами цих досліджень можна зробити такі висновки.

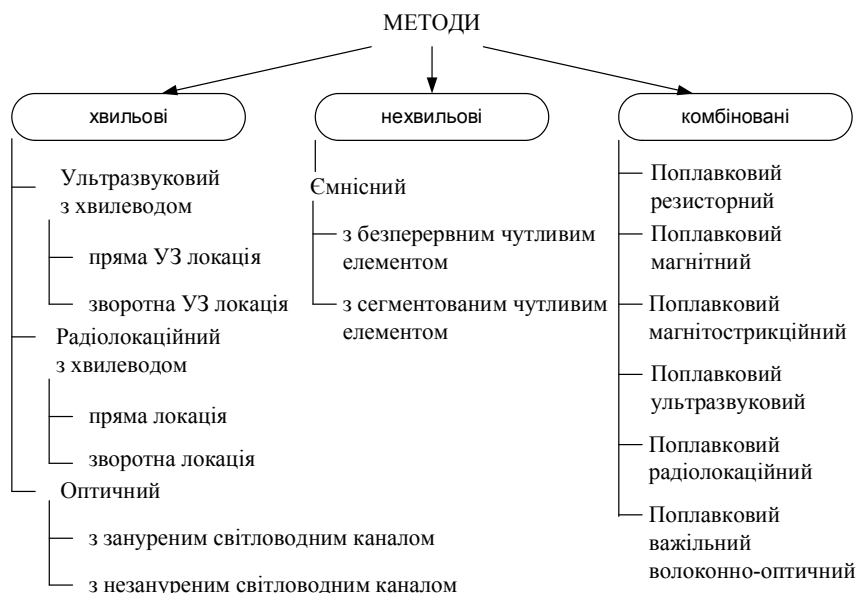


Рис. 1. Класифікація методів виміру рівня рідкого палива на виробництві та транспорті

По-перше, існують комбіновані контактні методи – поплавковий ультразвуковий, поплавковий радіолокаційний та поплавковий магнітострикційний, які забезпечують найвищу точність вимірювання рівня, проте, вони не знайшли широкого використання по причині великої вартості їх реалізації. Крім того, ці методи не забезпечують абсолютної іскрової та вибухової безпеки, бо передбачають використання електрики в тих частинах рівнеміра, що розміщені в безпосередній близькості від палива.

По-друге, найбільшого використання набули такі контактні методи вимірювання, як ємнісний, поплавковий резисторний та поплавковий магнітний, що пояснюється простотою реалізації рівнемірів на їх основі, їх чудовими експлуатаційними якостями, достатньо високою точністю вимірювання у нормальних умовах та низькою ціною. Проте, вони також не забезпечують абсолютної іскрової та вибухової безпеки вимірювання, бо є в своїй основі електричними методами, а зміна зовнішніх умов вимірювання (температура, вологість, щільність, хімічний склад і т.д.) значно впливають на їх метрологічні характеристики.

По-третє, найбільш перспективними щодо досягнення абсолютної іскрової та вибухової безпеки вимірювання є оптичні методи, які дозволяють застосовувати в зоні вимірювання тільки світлові сигнали, а їх перетворення у електричні сигнали (якщо це потрібно) виконувати вже поза цієї зони.

По-четверте, серед оптичних методів найбільш перспективними (за експлуатаційними та метрологічними характеристиками) є такі – оптичний з зануреним світловодним каналом та поплавковий важільний волоконно-оптичний. Перший з них за загальним принципом повторює найбільш точні неоптичні методи, такі як ультразвуковий з хвилеводом або радіолокаційний з хвилеводом, але при цьому використовує безпечні світлові сигнали, що розповсюджуються у зануреному у паливо світловодному чутливому елементі. Другий метод використовує усі переваги поплавкових важільних рівнемірів, але перетворення рухів поплавка сприймає за допомогою волоконно-оптичного датчика, тобто теж без участі електричних сигналів. Проте, такий датчик має нелінійну вихідну характеристику.

По-п'яте, виходячи саме з мети даної роботи, в якості аналогу для подальшого вдосконалення був вибраний оптичний метод з зануреним світловодним каналом, який при абсолютній іскровій та вибуховій безпеці має найбільший потенціал щодо покращення метрологічних та експлуатаційних характеристик рівнемірів на його основі.

На рис. 2 показана оптична схема вдосконаленого первинного вимірювального перетворювача (ПВП) рівня з зануреним світловодним каналом.

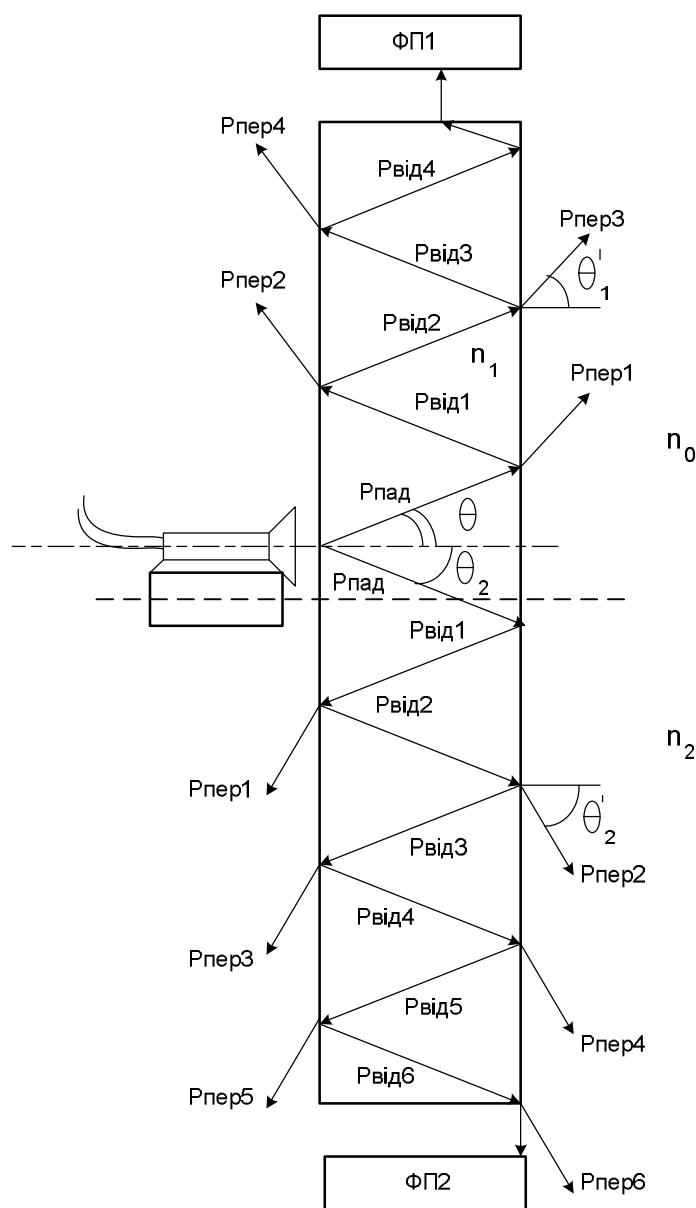


Рис. 2. Оптична схема вдосконаленого ПВП рівня з зануреним світловодним каналом

Роль зануреного світловодного каналу в цьому ПВП виконує прямокутна світловодна пластина. Для забезпечення точності визначення границі "паливо-газове середовище" в ПВП застосовується поплавков, що рухається уздовж світловодної пластини як напрямної. При цьому поплавок виконує функцію чутливого елемента ПВП, забезпечуючи усі переваги поплавкового методу вимірювання, який є найпоширенішим на транспортних засобах.

Для точного вимірювання оптичним методом положення поплавка уздовж напрямної застосовується амплітудний волоконно-оптичний метод, у якому джерело світлового потоку розміщується на поплавку. При цьому світловий потік вводиться через бокову поверхню світловодної пластини (рис. 3), а потужність вихідного світлового потоку вимірюється на одному або двох торцях цієї пластини (за допомогою фотоприймачів ФП1 та ФП2). У другому варіанті можна досягти кращих метрологічних характеристик за рахунок диференціальної схеми включення фотоприймачів.

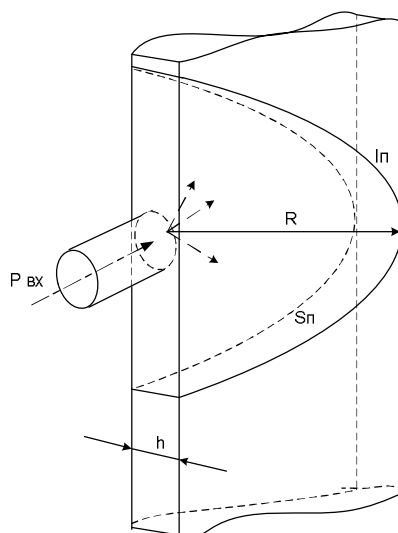


Рис. 3. Утворення тілесного кута введення світлового променя до світловодної пластини

Математичне моделювання такого ПВП дозволило розрахувати його вихідні характеристики для трьох варіантів: $I_{ФП1} = f(H)$, $I_{ФП2} = f(H)$ та $\Delta I = f(H)$, де $I_{ФП1}$, $I_{ФП2}$ – вихідні струми фотоприймачів ФП1 та ФП2, ΔI – різниця вихідних струмів фотоприймачів ФП1 та ФП2, H – рівень палива в баку. Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Таб.1 Дані розрахунку вихідних характеристик ПВП

H, м	$I_{ФП1}$, мкА	$I_{ФП2}$, мкА	ΔI , мкА
0	20	20	0
0,125	20,75	10	10,75
0,25	21,25	5,75	15,5
0,375	21,75	4,25	17,5
0,5	22,5	3,25	19,25
0,625	24,0	2,5	21,5
0,75	26,25	2,0	24,25
0,875	29,25	1,5	27,75
1,0	32,1	1,25	30,85

Як видно з таблиці, незважаючи навіть на диференціальне включення фотоприймачів, вихідна характеристика ПВП має істотну нелінійність. Так у діапазоні від 0,125 до 1 м лінеаризація цієї характеристики прямою лінією, проведеною за принципом найменших квадратів відхилень реальної характеристики від цієї прямої, дає похибку нелінійності не вище 10%. Тому лінеаризацію статичної

характеристики ПВП доцільно проводити за спеціальним алгоритмом у прикладній програмі мікро-ЕОМ рівнемір.

На рис. 4 наведена електрична функціональна схема мікропроцесорного вимірювача рівня палива, що побудований на основі запропонованого оптичного ПВП. Оптична система (ОС) первинного вимірювального перетворювача містить у собі джерело випромінювання 1, оптичну систему введення 2 цього випромінювання у світловодну пластину, що виконує роль оптичного елемента 3 перетворювача. Випромінювання, що заходить до пластини, розділяється на дві частини. Одна частина випромінювання поширюється нагору по тій частині пластини, що знаходиться над паливом, і потрапляє на фотоприймач 4, що перетворить інтенсивність світлового випромінювання у вихідний струм. Друга частина введеного світлового випромінювання поширюється униз по світловоді, що знаходиться в паливі, і досягає другого фотоприймача 5, на виході котрого також формується струм, пропорційний інтенсивності випромінювання на його вході.

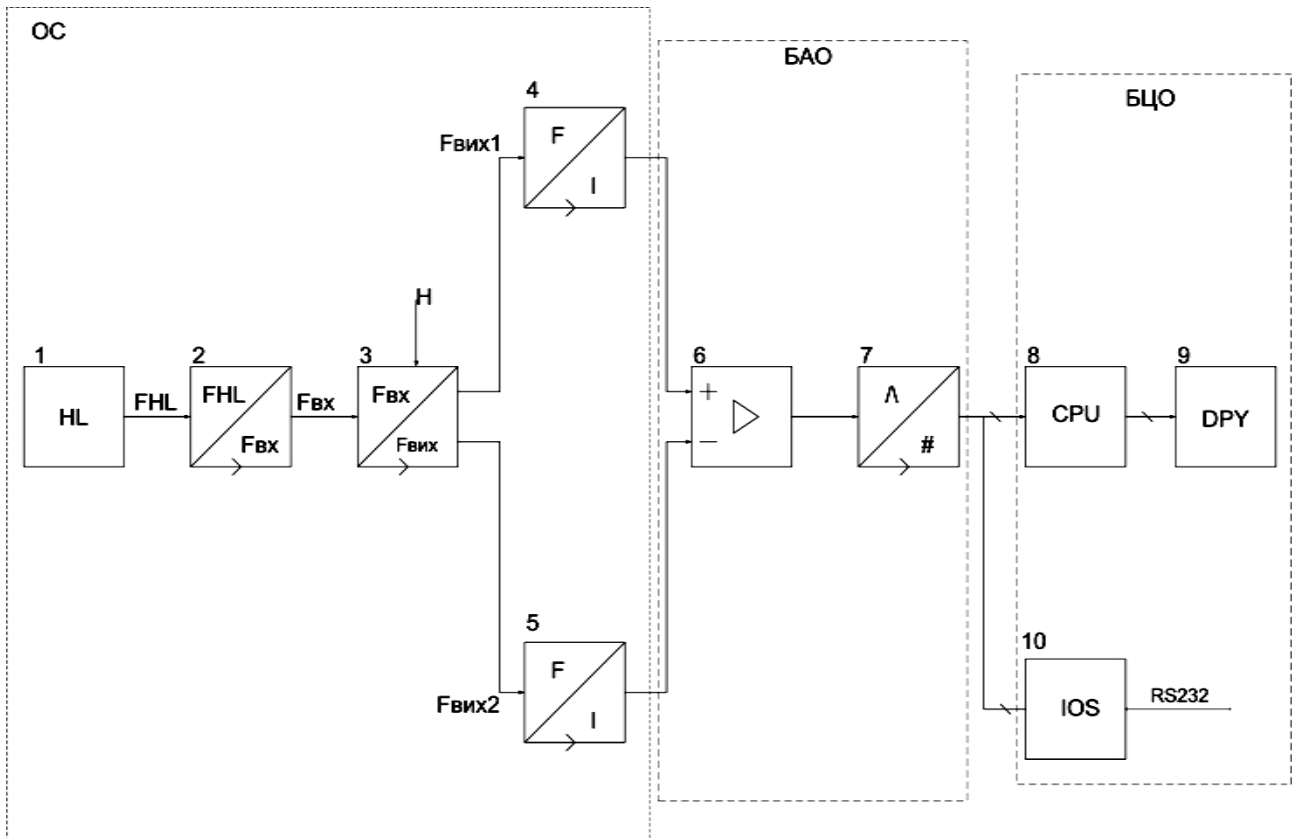


Рис. 3. Утворення тілесного кута введення світлового променя до світловодної пластини

Для подальшого опрацювання сигналу у функціональній схемі передбачений блок аналогового опрацювання (БАО), що містить у собі диференціальний підсилювач 6 і аналого-цифровий перетворювач 7. Підсилювач крім визначення різницевого сигналу двох фотоприймачів робить також перетворення цього сигналу в напругу і його посилення до необхідного рівня. Аналого-цифровий перетворювач виконує високоточне формування вихідного коду, пропорційного рівню палива.

Отриманий код вводиться в третій блок функціональної схеми - блок цифрового опрацювання (БЦО), що складається з таких функціональних вузлів: мікропроцесорного пристрою 8, засобу відображення (індикатора) 9 і пристрою послідовного введення/ виведення 10. При цьому введення і виведення цифрової інформації з/на ПК виконується по стику RS - 232. У якості мікропроцесорного пристрою доцільно застосувати однокристалну мікро-ЕОМ з умонтованою пам'яттю команд і даних, а в якості засобу відображення - цифровий рідиннокристалевий індикатор, що володіє гарною контрастністю і малим споживанням енергії.

В автономному режимі даний вимірювач рівня повинен виконувати виміри рівня контролюваного палива з певним періодом опитування оптоелектронного перетворювача рівня. Крім того, при опрацюванні цих даних (дискретні значення рівня) необхідно виконувати попередню лінеаризацію

статичної характеристики оптоелектронного ПВП, а також обрахування середнього значення рівня за певний проміжок часу. При роботі вимірювача у складі локальної системи автоматичного управління технологічним процесом до перерахованих функцій необхідно додати ще функції взаємодії приладу з зовнішнім управляючим ПК. Ці функції полягають у виконанні певних наказів, що надсилає до приладу цей ПК. Тому необхідно передбачити організацію прийому команд від ПК через послідовний інтерфейс RS-232, декодування отриманих наказів у вигляді цифрових кодів, виконання наказів, а саме надсилання до ПК поточного миттєвого значення рівня палива або середнього значення рівня за попередній проміжок часу. Крім того, одним з наказів ПК може бути припинення роботи приладу до моменту надходження наступного наказу на оновлення роботи.

Висновки

Наукова новизна отриманих результатів: розроблена класифікація методів вимірювання рівня вибухонебезпечної рідини в закритих невеликих ємностях; запропонований новий принцип побудови ПВП на основі волоконно-оптичного методу вимірювання та поплавкового чутливого елемента; розроблені математична модель й алгоритм перетворення оптичних сигналів; розроблена математична модель розподілу світлового потоку в просторі оптичного елемента, на підставі якої шляхом оптимізації конструктивних параметрів одержані поліпшені метрологічні характеристики ПВП; розроблений спосіб перетворення інформації, що дозволяє знизити додаткову похибку мікропроцесорного вимірювача.

Практична значимість роботи полягає в тому, що вона пов'язана з дослідженнями, що проводяться на кафедрі АІТ ВНТУ. Тому робота сприяє рішення актуальної науково-технічної задачі створення нових засобів вимірювання рівня вибухонебезпечної рідини з поліпшеними метрологічними й експлуатаційними характеристиками й впровадження їх в системах автоматизації та управління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шишов О.В. Современные технологии промышленной автоматизации: учебник / О. В. Шишов. - Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 250 с.
2. Шандров Б. В. Технические средства автоматизации : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б. В. Шандров, А. Д. Чудаков. — М. : Издательский центр «Академия», 2017. — 368 с.
3. Книш В. О. Інваріантні частотні ємнісні перетворювачі рівня для систем контролю і керування літальних апаратів : автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук / В. О.Книш. - Харків, 2007. – 20 с.
4. Бардик Д. Л. Нефтехимия / Д. Л. Бардик, У. Л. Леффер. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 416 с.
5. Итинская Н.И. Топлива, масла и технические жидкости / Н.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 303 с.

Лукашук Андрій Олегович - студент групи АКІТ-18м з/в, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Довгалець Сергій Михайлович - канд. техн. наук, професор кафедри АІТ, факультет комп'ютеризованих систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: smdov@i.ua;

Папінов Володимир Миколайович - канд. техн. наук, доцент кафедри АІТ, факультет комп'ютеризованих систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vnpapinov@gmail.com.

Lukashuk Andriy O. - Department of automation and intelligent information technologies, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya,;

Dovgalets Sergiy M. - Ph. D., Professor of department of automation and informational-measuring instruments, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: smdov@i.ua;

Papinov Volodymyr M. - Ph. D., Assistant Professor of department of automation and informational-measuring instruments, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: vnpapinov@gmail.com.