

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

«Розроблення автоматизованої системи

контролю параметрів пожежобезпеки компресорної станції»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КАс-41
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Лисий Д.О</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Дмитрів О.Р.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Козбур В.Р.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Савків В.Б.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Стухляк Д.П.</u> (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Савків В.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 2026р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Лисому Андрію Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розроблення автоматизованої системи контролю параметрів пожежобезпеки компресорної станції»

Керівник роботи к.т.н., доцент Дмитрів О.Р.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» травня 2026 року № 4/9-231

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Засоби контролю параметрів пожежобезпеки компресорної станції

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1) аналітична частина; 2) проектна частина;
3) спеціальна частина; 4) безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Презентація кваліфікаційної роботи 12 аркушів формату А4

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди). Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить 12 слайдів. Об'єм пояснювальної записки складає 61 друкованих сторінок формату А4 та 3 додатки.

Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, в яких нараховується 31 рисуноків та 10 таблиць з даними. В роботі використано 24 літературних джерел.

Проаналізовано та оцінено параметри автоматизованої системи пожежобезпеки “Фотон – А” на компресорних станціях.

Розглянуто технічні засоби попередження аварійних ситуацій внаслідок загазованості відсіків ГПА, а також відкритого полум'я та диму.

Запропоновано застосування сучасних технічних засобів для підвищення ефективності системи пожежобезпеки, включаючи радіоканал зв'язку системи з давачами та первинними перетворювачами.

.

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Аналітична частина	6
1.1 Призначення та функціональні можливості системи "Фотон-А"	6
1.2 Функціональна схема системи "Фотон – А"	12
1.3 Сповіщувачі та комутаційні блоки	15
1.4 Постановка задачі роботи	19
2. Проектна частина	20
2.1 Аналіз типів і параметрів мостових схем давачів	20
2.2 Підсилення та лінеаризація вихідних сигналів мостів	25
2.3 Керування мостами	29
3. Спеціальна частина	35
3.1 Характеристики та сфери застосування радіоінтерфейсу	35
3.2 Аналіз вібраційних сигналів підшипникових вузлів	42
3.3 Перспективи розвитку бездротового зв'язку	43
3.4 Технічні засоби радіоінтерфейсу Bluetooth	44
3.5 Опис роботи пристрою по структурній схемі	48
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	50
4.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища	50
4.2 Забезпечення нормальних умов праці	52
4.3 Розрахунок необхідного січення витяжної операторної	56
Висновки	58
Перелік посилань на джерела	59
Додаток А. Функціональна схема системи пожежобезпеки	62
Додаток Б. Алгоритм керування ГПА з функціями захисту	63
Додаток В. Функціональна схема системи вентиляції	64

ВСТУП

Створення та широкомасштабне впровадження первинних перетворювачів (ПП) та виконавчих пристроїв у складі автоматизованих систем контролю і управління є важливою ланкою у вирішенні науково-технічних та виробничих проблем [1–3].

У зв'язку з цим все більше актуальними стають задачі вдосконалення інформаційних систем, що автоматизують рух вимірювальної та техніко-економічної інформації на енергоємних об'єктах нафтогазовидобувної, нафтопереробної, машинобудівної та енергетичної промисловостей, а також систем управління.

При цьому особливо зростають вимоги до точності, експлуатаційної надійності та завадостійкості датчиків, перетворювачів технологічних параметрів, аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) та виконавчих пристроїв, що працюють в умовах широкого діапазону температур, вібрацій, промислових завад, піддаються впливу кліматичних факторів, радіаційного випромінювання та інш.

У дипломному проекті вирішується задача підвищення ефективності автоматизованої системи контролю пожежобезпеки на компресорних станціях, зокрема на ГПА [4–6].

Етапи розробки включають: постановку задачі та вибір параметрів системи на основі аналізу аналогів компонентів системи, дослідження об'єкту автоматизації, розробку первинного перетворювача загазованості для системи пожежобезпеки та радіоканалу зв'язку на основі сучасних інформаційних технологій.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення та функціональні можливості системи "Фотон-А"

Система "Фотон-А" (рисунок 1.1) призначена для автоматичного виявлення позначених та немаркованих пожеж на основі таких факторів, як дим, полум'я та температура на промислових об'єктах шляхом одночасної активації пожежної автоматики (рисунок 1.2) та зовнішніх систем сигналізації та автоматичного підключення до центрального диспетчерського пункту диспетчерської.



Рисунок 1.1 – Система пожежної сигналізації "Фотон –А"

Система "Фотон-А" може експлуатуватися при температурі повітря від мінус 10 до плюс 50°C, відносної вогості (середньорічне значення) 80% при $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$, що відповідає виду кліматичного виконання УХЛ 3.1. Система "Фотон-А" працездатна при дії вібраційних навантажень в діапазоні частот від 10 до 55 Гц з амплітудою 0.35 мм, при дії одиночних механічних ударів тривалістю 10-15 мс з піковим прискоренням 50 м/с^2 .

Блоки сповіщувачів (БС) в металевому корпусі (ступінь захисту IP55) можуть експлуатуватися при температурах від мінус 30 до плюс 50°C.

Система "Фотон-А" являє собою сукупність різних типів пристроїв та детекторів, як адресних, так і безадресних, з яких можна комплектувати мікропроцесорні інформаційно-керуючі системи різної конфігурації та обсягу, залежно від типу та призначення об'єкта керування. Структура системи може змінюватися залежно від типу та кількості замовних детекторів, пристроїв та блоків [7–9].

У систему "Фотон-А" входять наступні прилади і блоки.

Прилад ПУ-А - прилад управління, який має вбудоване джерело основного і резервного живлення, призначений для прийому інформації від приладів приймально-контрольних пожежних ППКП-А, ППКП-АВ, ППКП-А8, її обробки, відображення, видачі сигналів в зовнішні кола, на ПЕОМ, принтер і забезпечує:

- зв'язок і обмін інформацією з приладами ППКП і іншими адресними пристроями;
- відображення на матричному індикаторі місця виявлення пожежі;
- видавати сигнали про несправності в шлейфі сигналізації, вказуючи їх місцезнаходження та характер: коротке замикання, відсутність контакту з пристроєм, обрив шлейфу (несправність групи сповіщувачів);
- відображати інформацію про несправності встановленого блоку живлення та пристроїв APS-А, що живлять пристрої контрольно-контрольної панелі;
- видачу сигналів про несправність сповіщувачів з вказівкою місця їх розташування;
- видачу узагальнених сигналів про пожежу і несправність на управління зовнішніми пристроями;
- видачу управляючих сигналів по алгоритмах споживача (два модулі релейних виходів МРВ-1);
- видавати інформацію про пожежі та несправності на принтер, вказуючи характер події, її місце, дату та час;

- видавати інформацію на комп'ютер для відображення стану об'єкта, що охороняється;
- зберігати всі події, що сталися під час роботи системи, в енергонезалежній пам'яті (архів ємністю 4096 подій);
- давати команду на зміну адреси сповіщувача;
- автоматичний автодозвон на пульт централізованого спостереження (ПЦС) (телефонний комунікатор);
- видачу інформації про зникнення основного і резервного живлення;
- забезпечення живленням до 8 приладів ППКП-А або 3-х приладів ППКП-АВ (загальний струм споживання приладами ППКП не більш 240 мА).



Рисунок 1.2 - Відсік пожежогасіння ГПА

На вимогу Замовника прилад ПУ-А може поставлятися без вбудованих модулів релейних виходів і без телефонного комунікатора для автодозвона на ПЦС. [10–13]

Прилад ПУ-А1 — виконує ті ж функції, що і прилад ПУ-А, але не має вбудованого джерела живлення, вбудованої плати телефонного комунікатора для автодозвону і модулів релейних виходів. Живлення приладу здійснюється від зовнішнього приладу АПС-А.

Крім того, пристрій ПУ-А1 може приймати та відображати інформацію від безпосередньо підключених адресних сповіщувачів (до 8 шлейфів сигналізації), інформацію про пристрій АПС-А, який його живить, а також видавати сигнал пожежного реле для кожного підключеного до нього шлейфу [14–17].

Прилад ПУ-А1 може програмуватися для роботи з безадресними сповіщувачами.

Прилад ДВП-А призначений для дублювання інформації, що відображається на приладі ПУ, а також для управління системою за допомогою кнопок аналогічно приладу ПУ.

Прилад ППКП-А — пожежний приймально-контрольний прилад призначений для прийому інформації від адресних сповіщувачів, підключених в 1 шлейф, і забезпечує:

- моніторинг працездатності та стану адресних сповіщувачів і блоків підключення;
- можливість підключення неадресних активних двопровідних сповіщувачів;
- можливість підключення контактних сповіщувачів через адресні блоки підключення (BS-A);
- можливість передачі всієї інформації на пристрій панелі керування, зокрема, роботи в сервісному режимі, зчитування та передачі інформації про характеристики шлейфів сповіщувачів, а також перенаправлення сповіщувачів згідно з командами від пристрою панелі керування. Пристрої мають комутацію шлейфів, загальні індикатори пожежі та несправності;
- управління роботою реле блоку комутації адресного БКА-1, включеного в шлейф сигналізації, по алгоритмах споживача;
- передачу інформації про стан приладу АПС-А, що живить його;
- видачу в зовнішні ланцюги сигналу про пожежу в шлейфі і сигналу про відмову в шлейфі (або про пожежу в певній зоні) замиканням (розмиканням) контактів програмованих реле (30 В, 0.5 А).

Прилад ППКП-АВ виконує ті ж функції, що і ППКП-А, є вибухозахищеним і призначений для підключення в шлейф сигналізації сповіщувачів вибухозахищеного виконання. Відрізняється від приладу ППКП-А відсутністю реле по відмові в шлейфі і відсутністю входу для прийому даних від приладу АПС-А [18–21].

Допускається включення у вибухозахищений шлейф (БСВС).

Прилад ППКП-А8 виконує ті ж функції, що і прилад ППКП-А, але призначений для прийому інформації від сповіщувачів, підключених в 8 шлейфах сигналізації. Він є зібраним в один конструктив плати ППКП-А1 (до 8 плат), аналогічно платі приладу ППКП-А. Кожна плата ППКП-А1 має одне програмоване реле.

Прилад ППКП-А8 може поставлятися, на вимогу замовника, із зменшеною кількістю шлейфів сигналізації (вбудованої одношлейфової плати).

Надалі по тексту при найменуванні «прилад ППКП» текст стосується приладів ППКП-А, ППКП-АВ і ППКП-А8.

Прилад АПС-А - прилад основного і резервного живлення забезпечує живленням прилади ППКП, ПУ-А1 і інші споживачі напругою постійного струму 24 В, має дві вбудовані акумуляторні батареї, автоматичний зарядний пристрій і автоматичний перемикач мереж, а також інтерфейс для видачі інформації про свій стан в прилади ПУ-А1 або ППКП-А, ППКП-А8. Прийом інформації про стан приладу АПС-А здійснює прилад, до якого підключена інтерфейсна лінія зв'язку від приладу АПС-А (прилад ППКП-АВ не має входу для прийому інформації від приладу АПС-А).

Адресні блоки сполучення (блоки БС-А) призначені для підключення в адресний шлейф сигналізації пожежних сповіщувачів і контактних датчиків будь-якого типу, що видають сигнал про спрацювання розмиканням нормально-замкнутих (НЗ) або замиканням нормально-розімкнених контактів (НР) залежно від закладеної в блок БС-А програми, що повинно бути обумовлено при замовленні блоків. Блоки випускаються в пластмасових і металевих корпусах. Один блок БС-А може контролювати 4 безадресні шлейфи (надалі по тексту

підшлейфи) з контактними датчиками, знаходити спрацювання датчиків, обриви і к.з. у підшлейфах [22–26].

Блок БРЗП - релейний блок зовнішніх пристроїв, призначений для вмикання (вимкнення) навантаження напругою ~ 50 Гц 220 В при струмі до 10 А, містить 4 або 8 реле, що вмикаються вихідними реле пристроїв ПУ, панеллю керування та нормально розімкнутими контактами реле блоків БРА-А. Кожне реле блоку БРЗП має 4 контактні групи на замикання та розмикання. Блоки БРЗП живляться від мережі ~ 50 Гц 220 В (резервне джерело живлення відсутнє). Блок БРЗУ повинен жити від комутаційної мережі.

Блок БРЗУ-1 призначений для тих же цілей, що і блок БРЗУ, але містить 1 реле.

Блок БРА-А - блок релейний адресний призначений для включення навантажень з напругою до 30 В при струмах до 0.5 А по команді від приладу ПУ, містить 8 або 16 реле. Блок БРА-А включається в інтерфейс приладу ПУ і займає одну адресу.

Блок БКА-1 призначений для включення (виключення) навантажень з напругою живлення ~ 50 Гц 220 В при струмах до 10 А. Містить 1 реле (дві пари контактів на замикання і дві пари контактів на розмикання), має автоматичне управління з приладів ППКП або ПУ-А1, підключається в шлейф сигналізації, в якому підключені сповіщувачі звичного виконання, і займає одну адресу в шлейфі. Додатково блок БКА-1 має кнопки ручного включення і відключення реле.

Забороняється підключати блок БКА-1 до приладів, до яких підключені вибухозахищені сповіщувачі.

Блок БСВС — блок сумісного включення сповіщувачів призначений для підключення сповіщувачів звичного виконання в один шлейф з сповіщувачами вибухозахищеного виконання і відсікає вибухозахищену частину шлейфу від звичайної. Звичайні сповідувачі включаються у вибухозахищений шлейф приладу ППКП-АВ через блоки БСВС і повинні знаходитися разом з блоками БСВС поза вибухонебезпечною зоною.

Розмикачі Р1-П (у пластмасовому корпусі) або Р1 (у металевому корпусі) призначені для від'єднання короткозамкнутих ділянок шлейфів сигналізації. Розмикачі Р1-ПВ і Р1-В виконують ті ж функції у вибухобезпечних шлейфах.

Пристрій ППРС призначений для перевірки працездатності сповіщувачів (теплових, димових, полум'я) при експлуатації. Складається з імітаторів чинників пожежі і штанги завдовжки до 6 м, що складається з набору секцій. Пристрій ППРС не є засобом вимірювання і не підлягає метрологічній атестації. Забороняється використання пристосування у вибухонебезпечних зонах.

Система "Фотон-А" може комплектуватися адресними і безадресними сповіщувачами.

1.2 Функціональна схема системи "Фотон – А"

Система "Фотон-А" є розподіленою інформаційно-керуючою мікропроцесорною системою, побудованою за принципом локальних мереж. Така конструкція системи дозволяє розширювати компоненти без зміни структури всієї системи.

Пристрій ПУ з пристроями панелі керування та підключеними до них різними типами сповіщувачів являє собою локальну мікропроцесорну систему, призначену для сигналізації про пожежу на об'єкті. За необхідності систему можна розширити додатковими пристроями панелі керування з підключеними до неї датчиками. Система визначає номер, тип спрацював або відмовив сповіщувач і місце його розташування з висновком інформації на дисплей приладу ПУ.

Обмін інформацією між приладами ПУ і ППКП здійснюється по інтерфейсу RS 485, а між ППКП і сповіщувачів — по дводротяному шлейфу сигналізації за кодово-аналоговим принципом. Процесори пристроїв панелі керування та плати панелі керування-А1 пристрою ПУ-А1 послідовно звертаються до детекторів та по черзі зчитують з них інформацію. У циклі запиту процесор формує кодову

групу, яка викликає зашифровану адресу (номер) викликаного детектора в промінь.

Перед адресацією процесор генерує групу кодів, що відповідають сигналу Reset, згідно з яким схема адресації всіх сповіщувачів скидається до початкового стану. Така організація дозволяє адресувати сповіщувачі в будь-якому порядку, що відкриває додаткові можливості для підвищення надійності прийняття рішень про пожежу.

З кожного пристрою панелі керування інформація надходить до блоку керування панеллю керування, який являє собою централізовану мікропроцесорну систему другого рівня. Пристрій панелі керування має три лінії зв'язку через інтерфейс RS 485. Одна призначена для зв'язку з пристроєм панелі керування-А, друга - для зв'язку з додатковими блоками виконавчих механізмів, а третя - для передачі інформації на додаткові пристрої відображення інформації, пристрої вищого рівня або комп'ютери, організовуючи систему, що включає кілька пристроїв панелі керування. Друга лінія може використовуватися для зв'язку з пристроями панелі керування.

При пожежі на крайовій апаратурі і на лицьовій панелі приладу ПУ виводиться інформація про номер спрацював сповіщувача, номері шлейфу сигналізації і місці знаходження цього сповіщувача. Крім того, видається звуковий сигнал про спрацювання системи, видаються сигнали в зовнішні ланцюги сухими контактами реле, і включається світлове табло ПОЖЕЖА.

Пристрої панелі керування, панелі сигналізації та сповіщувачі можуть працювати в режимі самотестування після ввімкнення живлення, а їхня функціональність періодично перевіряється під час роботи системи. При цьому інформація про відмову будь-якого з приладів ППКП або сповіщувача виводиться на передню панель приладів ПУ у вигляді мигання одиночного індикатора ВІДМОВА, а також на буквено-цифровий індикатор приладу ПУ. Крім того, при відмові на приладі ПУ включається звукова сигналізація.

При необхідності управління зовнішніми пристроями в системі програмуються по необхідних алгоритмах внутрішні реле приладів ПУ і ППКП, а

також застосовуються блоки реле адресні БРА-А (включаються в інтерфейс RS 485 і одержують команди від приладу ПУ) і блоки комутації адресні БКА-1 (включаються в шлейфи сигналізації). Для комутації силових навантажень ($\sim 220\text{ В}$, 10 А) додатково в системі застосовуються блоки реле зовнішніх пристроїв БРЗУ-1 (1 реле), БРЗУ (4 або 8 реле).

Для отримання інформації про стан виконавчих механізмів, технологічних, охоронних і інших датчиків з вихідними контактами в системі застосовуються блоки сполучення БС. Додатково інформація на дисплеї приладу ПУ може дублюватися на видаленому дублюючому виносному приладі ДВП і на мнемосхемі об'єкту або моніторі ПЕОМ [27–31].

Функціональна схема системи "Фотон-А" приведений на рис. 1.3.

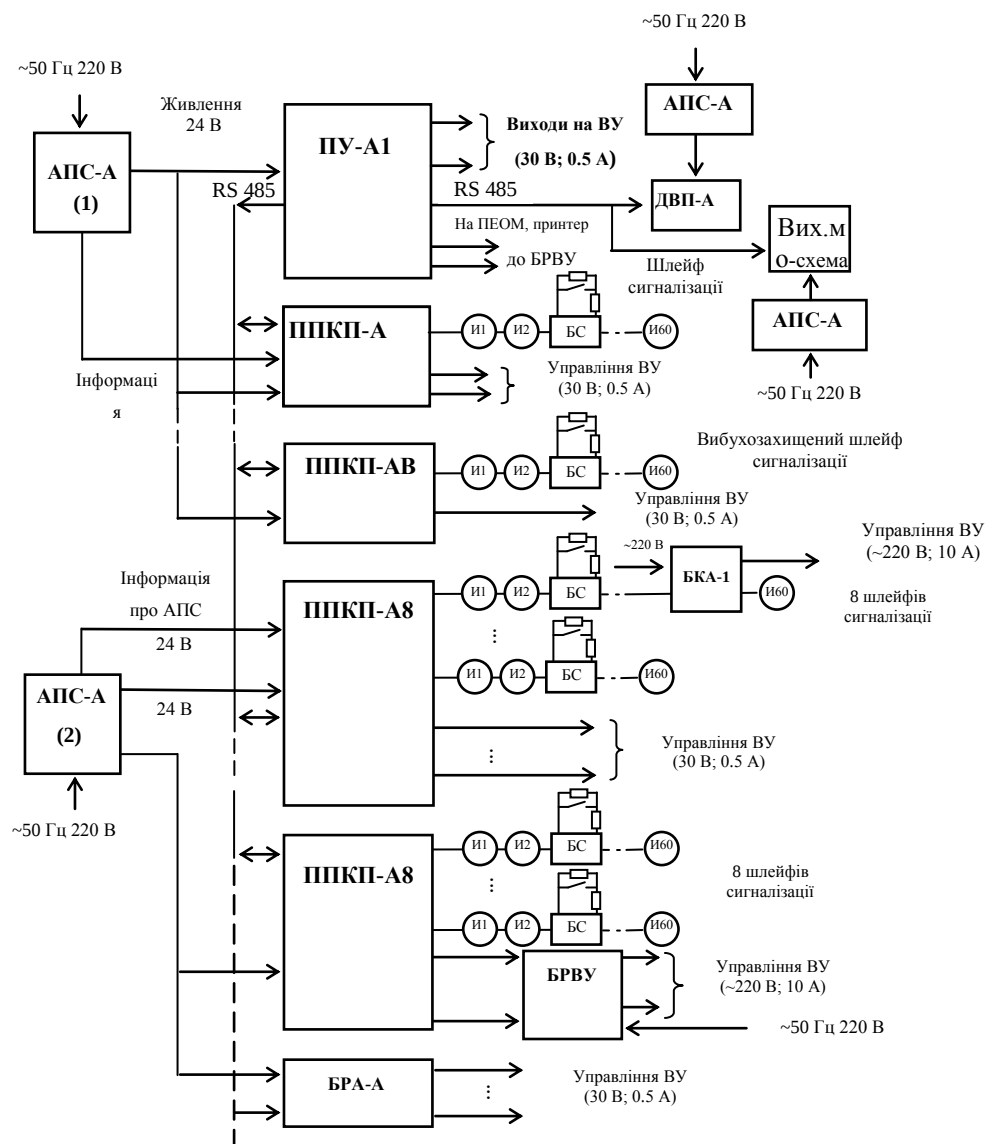


Рисунок 1.3 – Функціональна схема системи "Фотон-А"

Всі події, що відбуваються в системі і записуються в архів подій, одночасно друкуються на принтері, якщо він підключений до приладу ПУ. Також є можливість роздруку всього або частини архіву.

1.3 Сповіщувачі та комутаційні блоки

Сповіщувачі теплові. Теплові сповіщувачі (ТСП, СТ) (рис. 1.4) призначені для виявлення пожежі в захищеному просторі шляхом підвищення температури навколишнього середовища вище порогового значення (максимального), або шляхом підвищення температури вище порогового значення (максимально-диференціального) зі швидкістю підвищення температури [32–36].



Рисунок 1.4 – Давач температури (термопара) у відсіку двигуна ГПА

Адресні теплові сповіщувачі містять процесор, який проводить повний самоконтроль справності схеми, аналізує величину температури навколишнього середовища (і швидкість її наростання для максимально-диференціальних) і видає сигнали про пожежу і несправність схеми в прилади ПУ-А1 і ППКП.

Сигнал про виявлення підвищеної температури видається в два етапи:

- “Попередження” – при температурі на 5% нижче пороговою;
- “Пожежа” – досягши порогової температури.

У адресних сповіщувачах як чутливий елемент застосований спеціалізований температурний датчик, в безадресних сповіщувачах застосований кремнієвий транзистор, падіння напруги на переході колектор-база якого використовується як інформація про температуру навколишнього середовища.

Сповіщувачі димові. Сповіщувачі димові оптичні точкові (СПД, СД) (рис. 1.5) призначені для виявлення пожежі по збільшенню задимленості в приміщенні, що охороняється, і видачі сигналу про це в прилади ПУ-А1 і ППКП.



Рисунок 1.5 – Давач диму і щитова приводу компресора

Принцип дії сповіщувачів заснований на явищі Тендаля (розсіяння світла частинками диму). У сповіщувачах є плата обробки сигналу і димова камера з розташованими в ній випромінюючим діодом ІК-ДІАПАЗОНА і фотоприймачем.

У адресних сповіщувачах виконується повна перевірка працездатності схеми з видачею інформації про відмови і їх характер в прилад ПУ-А1 або ППКП (напис ВІДМОВА ПФ і напис ЗАБРУДНЕННЯ ДК на РКІ).

Видача інформації від адресних сповіщувачів про виявлення диму видається в два етапи:

- “Попередження” – при задимленості на 10% нижче пороговою;

- “Пожежа” – досягши порогової задимленості.

Сповіщувачі полум'я. Робота сповіщувачів полум'я (СПП, СП) (рис. 1.6) заснована на реєстрації змінної складової інфрачервоного випромінювання полум'я, статистичної обробки одержаного сигналу для відбудови від регулярних оптичних перешкод. Спрацювання сповіщувачів полум'я відбувається при появі випадкової складової інфрачервоного випромінювання полум'я.



Рисунок 1.6 – Давач загазованості (зліва) і давач полум'я (справа)

Випромінювачі полум'я не чутливі до випромінювання люмінесцентних ламп, проте випромінювання Сонця або ламп розжарювання, модульоване по випадковому закону листям дерев, що коливається, ниткою лампи розжарювання, що коливається, відображене від поверхні рухомої рідини може викликати помилкове спрацювання! Ізвещателі повинні встановлюватися таким чином, що вказані вище оптичні перешкоди не потрапляли на чутливий елемент ізвещателя (з урахуванням його кута огляду, що досягає до 120°).

Сповіщувачі ручні. Сповіщувачі СПР-А, СПР-АМ приводяться в стан опускання вниз рухомої частини, що спрацював, інші сповіщувачі спрацьовують при натисненні на них кнопки, що знаходиться під захисною кришкою (рис. 1.7), яку необхідно підвести для доступу до кнопки.

Блоки сполучення БС-А і БС. Блоки БС-А і БС — це пристрої, призначені для підключення в сигнальну лінію пожежників сповіщувачів будь-якого типу і інших датчиків, що видають сигнал про спрацювання контактами, що розмикаються або замикаються. Блоки БС-А, БС можуть бути звичного або вибухозахищеного виконання, в пластмасовому або в металевому корпусі.

Живлення сповіщувачів здійснюється по дводротяному адресному або безадресному шлейфу сигналізації. Адресні сповіщувачі і блоки сполучення видають сигнал про спрацювання за запитом з приладів ППКП або ПУ-А1.



Рисунок 1.7 – Ручна система сповіщення

Безадресні сповіщувачі видають сигнал про спрацювання збільшенням струму споживання від шлейфу сигналізації до (15 ± 5) мА.

Размикачі Р1 і Р1ПВ. Размикачі Р1 і Р1-П призначені для відключення короткозамкнутих ділянок шлейфів сигналізації, включених по петлевій схемі. Размикателі Р1-В і Р1-ПВ виконують аналогічні функції у вибухобезпечних шлейфах.

Пристосування ППРС. ППРС – пристосування для перевірки працездатності сповіщувачів. ППРС призначене для створення чинників пожежі: дим, полум'я,

температура при перевірці працездатності сповіщувачів в лабораторних умовах і в умовах об'єкту.

Пристосування ППРС при включенні забезпечує появу в безпосередній близькості від сповіщувача, встановленого на об'єкті на висоті від 2 до 6 м від підлоги:

- ослаблення оптичної прозорості повітря на базі 1 м від 1.2 до 50%;
- температури навколишнього повітря від 50 до 100°C;
- інфрачервоного випромінювання, еквівалентного тестовому полум'ю 0.1 м².

Пристосування складається з двох блоків, зв'язаних між собою кабелями:

- імітатора чинників пожежі або імітатора полум'я;
- блоку живлення.

Блок живлення перетворює змінну напругу ~ 50 Гц 220 В в змінну напругу ~ 11 В.

Імітатор чинників пожежі складається з випромінювача, який кріпиться на набірній штанзі. У одну з секцій штанги вбудовані: панель з тумблером включення імітатора і світлодіодом індикації живлення.

Чинник температури при включенні пристосування ППРІ забезпечується напруженням нитки нагрівача і формою чашки імітатора [37–41]. Для створення диму в трубі нижче за чашку імітатора є отвір для установки гноту.

Для імітації полум'я на набірній штанзі встановлюється імітатор полум'я. Після включення живлення лампа, встановлена в імітаторі, мерехтить з частотою реального полум'я, амплітуда мерехтінь підібрана по випадковому закону.

1.4 Постановка задачі роботи

Проведений аналіз сучасного стану пожежобезпеки на основі устаткування “Фотон – А”, визначені слабкі місця в галузі вимірювань параметрів температури, задимленості та викидів шкідливих газів. Тому виникло питання розробки сучасної системи збору інформації та передачі її на відстань, за допомогою бездротової системи зв'язку.

2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз типів і параметрів мостових схем давачів

Резистивні елементи є одним з найбільш розповсюджених типів датчиків. Вони недорогі і відносно легко узгоджуються з нормуючими колами. Резистивні елементи можна зробити чутливими до температури, деформації (під дією сили чи при згині) і до потоку світла. Можна вимірювати багато комплексних фізичних процесів, використовуючи ці елементи. Наприклад, потік рідин чи мас (вимірюючи різницю температур двох каліброваних резисторів). В табл. 2.1 наведено діапазони опорів найбільш розповсюджених резистивних давачів від 100 Ω до декількох десятків К Ω , в залежності від конструкції.

Таблиця 2.1 – Діапазони опорів основних резистивних датчиків

Тип датчика	Діапазон опорів, Ω
Тензометричні давачі	120 Ω , 350 Ω , 3500 Ω
Динамометри	350 Ω - 3500 Ω
Давачі тиску	350 Ω - 3500 Ω
Давачі відносної вологості	100 К Ω - 10 М Ω
Термометри опору (ТО)	100 Ω , 1000 Ω
Термістори	100 Ω - 10 М Ω

Резистивні давачі, такі як ТО і тензометричні давачі дають малий відсоток зміни опору в результаті зміни фізичного параметру. Так температурний коефіцієнт опору (ТКО) платинового ТО складає 0.385%/°C.

Для тензометричних давачів зміна опору на всьому робочому діапазоні може бути меншою 1% від номінальної величини. Таким чином, при використанні резистивних давачів особливо важливо точно вимірювати малі зміни опору.

Метод вимірювання опору, показаний на рис. 2.1, полягає в пропусканні постійного струму через резистивний давач і вимірюванні спаду напруги на ньому.

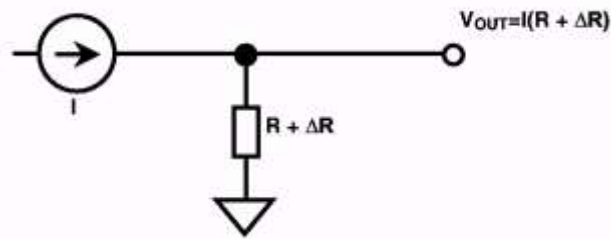
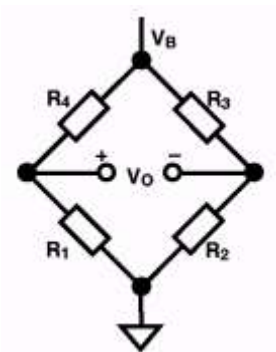


Рисунок 2.1 – Метод непрямого вимірювання опору

Тут потрібно джерело незмінного струму збудження і точне вимірювання вихідної напруги. Потужність, що розсіюється на резистивному давачі повинна бути незначною, щоб уникнути помилок, пов'язаних із саморозігрівом (відповідно до ТУ виробника). Тому, струм збудження повинен бути незначним.

Засобами для точного вимірювання малих змін опору є мости Уїтстона (насправді, винайдені С.М.Крісті в 1883 р.). На рис. 2.2 приведена схема вимірювального моста.



$$U_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_4} U_B - \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_B = \frac{\frac{R_1}{R_4} - \frac{R_2}{R_3}}{\left(1 + \frac{R_1}{R_4}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)} U_B$$

$$U_0 = 0, \quad \text{якщо} \quad \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$$

Рисунок 2.2 – Міст Уїтстона

Міст знаходиться в *нульовому* (збалансованому) стані при $R_1/R_4 = R_2/R_3$ незалежно від способу його збудження (постійним або змінним струмом), величини збудження чи способу вимірювання вихідного сигналу (струм чи напруга), імпедансу схеми вимірювання. Якщо задати $R_2/R_3 = K$, а величину R_1

необхідно визначити то, встановивши міст у *нульовий* стан за допомогою проградуйованого потенціометра R_4 , можна розрахувати $R_1 = K \cdot R_4$.

У більшості застосувань з використанням мостових давачів величина відхилення опору одного чи декількох опорів пліч моста вимірюється через величину зміни вимірюваного параметра. Наприклад, вимірюючи напругу діагоналі моста, роблять висновок про зміну величини складових його опорів. Зміна вихідної напруги моста дуже мала (десятки мілівольт) навіть при значних збуджуючих напругах ($V_B = 10$ В, що є типовим для елементів навантаження - динамометрів). На рис. 2.3 показано різні конфігурації вимірювальних мостів і приведені основні співвідношення по виходу і їхній нелінійності. Слід зазначити, що оскільки вихід моста пропорційний збудженню V_B , точність вимірювання виходу не може бути вищою, ніж точність підтримки напруги збудження.

Чутливість моста – це відношення максимально очікуваної зміни вихідної напруги (виходу) до напруги збудження (збудженню). Так, якщо максимальний вихід складає 10 мВ, а збудження 10 В, то чутливість рівна – 1 мВ/В.

Чверть мостова конфігурація моста (з одним чутливим елементом) використовується при вимірюванні температури і деформації. Як видно з формул (2.1), зв'язок між виходом моста і зміною величини чутливого резистора ΔR є нелінійним. Наприклад, при $R = 100 \text{ } \Omega$ і $\Delta R = 0.1 \text{ } \Omega$ вихід моста складає 2.49875 мВ для $V_B = 10$ В. Помилка складає $2.50000 \text{ мВ} - 2.49875 \text{ мВ} = 0.00125 \text{ мВ}$. Відносна нелінійність, як відсоток від повної шкали складе $(0.00125 \text{ мВ} / 2.5 \text{ мВ}) \cdot 100\% = 0.05\%$.

Відносна нелінійність для чверть мостової конфігурації: при збудженні постійною напругою.

В таблиці 2.2 наведено значення коефіцієнта нелінійності, в залежності від конфігурації моста.

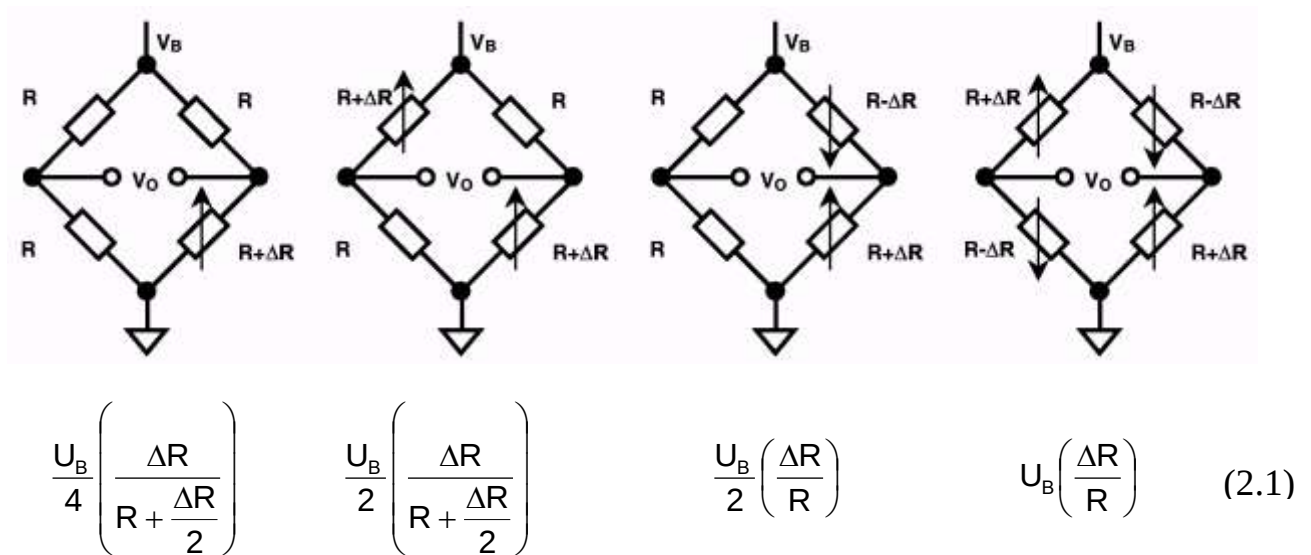


Рисунок 2.3 - Вихідна напруга і її нелінійність для різних конфігурацій мостів

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнта нелінійності, в залежності від конфігурації моста

Конфігурація вимірювального моста	Нелінійність, %
Чверть міст	0.5
Напівміст 1-ї конфігурації	0.5
Напівміст 2-ї конфігурації	0
Повний міст	0

Слід особливо зазначити, що дана нелінійність відноситься саме до вимірювального моста і не має ніякого відношення до нелінійності чутливого елемента. На практиці, більшість чутливих елементів має власну нелінійність, який варто враховувати в кінцевому результаті.

Враховуючи те, що нелінійність моста описується аналітично, то досить просто врахувати її при цифровій обробці. Напівмостова конфігурація може бути представлена в двох конфігураціях:

Перша конфігурація:

Коли обидва чутливих елементи змінюються в одну сторону і монтуються поруч на одній осі. У цьому випадку нелінійність буде такою ж, як при чверть

мостовій конфігурації, а коефіцієнт передачі в два рази вищий. Така конфігурація застосовується в давачах тиску і витратомірних системах.

Друга конфігурація:

Коли чутливі елементи змінюються в протилежні сторони і монтуються, наприклад, у випадку давача деформації, на одній осі, але з різних сторін пружного елемента (зверху і знизу пружної балки, що згинається у вертикальній площині).

Повномостовая конфігурація дає максимальний сигнал на виході і лінійна по своїй природі.

Мости можна також збуджувати постійним струмом (а не напругою, як у попередньому прикладі), що представлено на рис. 2.4. Перевага збудження моста постійним струмом полягає у відсутності помилок вимірювання через наявність опору з'єднуючих провідників, коли міст розташовується далеко від системи обробки сигналів. Нелінійність властива тільки для чверть мостової конфігурації.

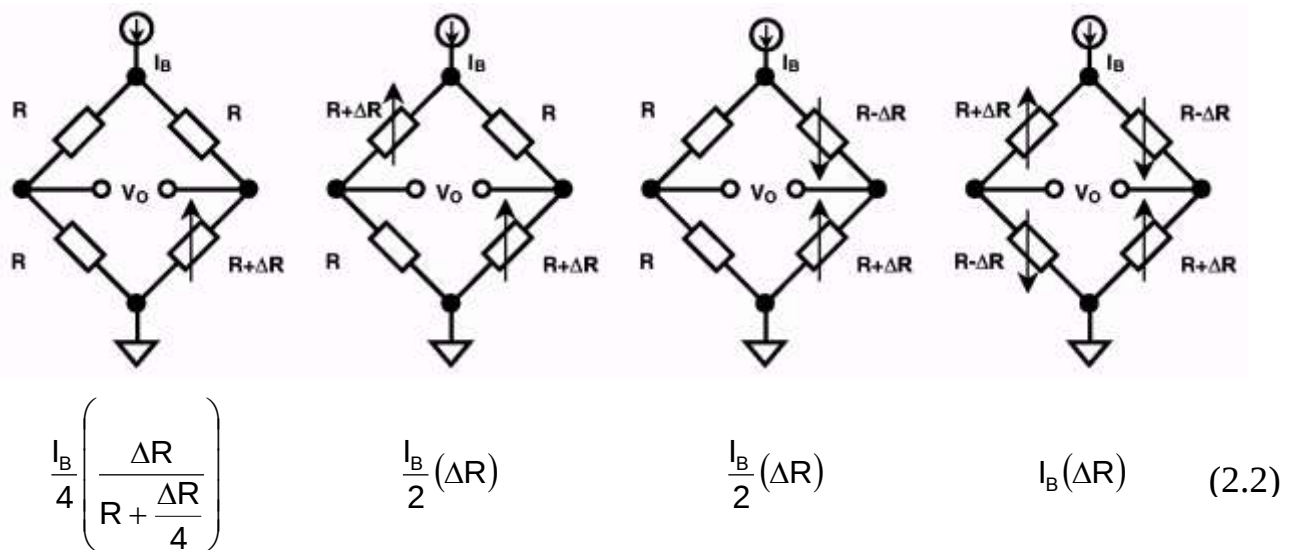


Рисунок 2.4 - Вихідна напруга для різних конфігурацій мостів при збудженні постійним струмом

В таблиці 2.3 наведено значення коефіцієнта нелінійності в залежності від конфігурації моста при збудженні постійним струмом.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнта нелінійності, в залежності від конфігурації моста

Конфігурація вимірювального моста	Нелінійність, %
Чверть міст	0.25
Напівміст 1-ї конфігурації	0
Напівміст 2-ї конфігурації	0
Повний міст	0

При розробці мостових схем на основі резистивних перетворювачів, можливі конфігурації з (1, 2 і 4 чутливими елементами). Джерелом збудження може бути постійний струм або напруга. Чутливість моста визначається, як відношення верхньої межі вихідної напруги до напруги збудження і знаходиться в діапазоні значень від 1 мВ/В до 10 мВ/В. Верхня межа вихідної напруги складає (10...100) мВ. Для побудови перетворювачів фізичних величин в електричні на основі резистивних мостових схем необхідні прицевійні засоби для підсилення, нормування та лінеаризації сигналів з малими шумами, особливо при обслуговуванні розподілених об'єктів.

2.2 Підсилення та лінеаризація вихідних сигналів мостів

На рисунку 2.5 приведена найпростіша схема підсилення вихідного сигналу чверть мостового давача за допомогою одного інверсно включеного операційного підсилювача (ОП). Схема має низьку точність і розбалансоває міст (з боку R_F і струму зміщення ОП). Така схема вимагає ретельного підбору резисторів R_F для забезпечення високого коефіцієнта ослаблення синфазної складової (КОСС) сигналу і має нелінійний вихідний сигнал. Основні переваги - простота (один ОП) і можливість роботи з однополярним джерелом живлення (вихідний сигнал ОП змінюється від $V_S/2$ в обидві сторони).

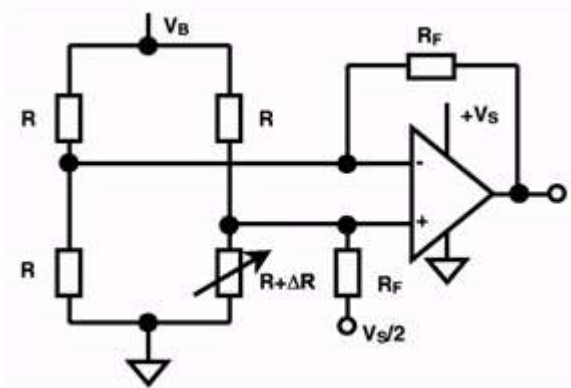
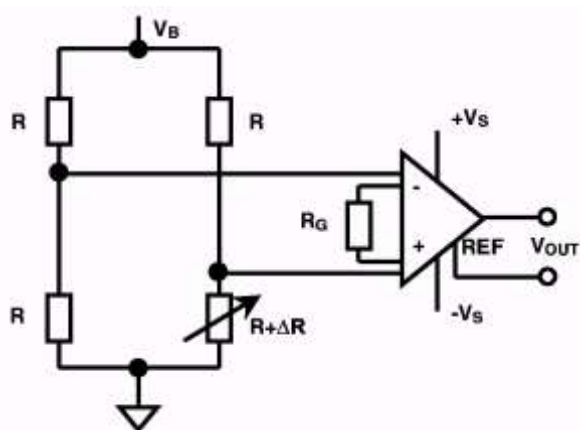


Рисунок 2.5 - Застосування ОП для підсилення вихідного сигналу чверть мостового давача

Більш ефективним методом підсилення сигналів чверть мостового давача є застосування для цієї мети інструментального підсилювача (ІП), як показано на рисунку 2.6.



$$U_{OUT} = \frac{U_B}{4} \left(\frac{\Delta R}{R + \frac{\Delta R}{2}} \right) \cdot КП \quad (2.3)$$

Рисунок 2.6 - Використання ІП для підсилення сигналу чверть мостового давача

Основними перевагами схеми є висока точність коефіцієнта перетворення і відсутність розбалансу моста. Високе значення КОСС. Вихід – нелінійний (2.3), але може бути просто лінеаризований на цифровому рівні. В якості ІП можна використовувати AD620, AD623 чи AD627 з однополярним живленням, за умови дотримання обмежень на коефіцієнт передачі і розмах вихідного сигналу.

Існують різні методи лінеаризації [42–44], однак, важливо завжди розрізняти лінійність моста і лінійність реакції чутливого елемента на вимірюваний фізичний процес. Виробники мостових давачів рекомендують різні способи лінеаризації, у

тому числі: обмеження діапазону зміни вихідного сигналу чутливого елемента, ввід нелінійної поправки в активний елемент моста, використання коректуючих резисторів і т.д.

На рис. 2.7 показаний 1/4 міст, у якому ОП примусово встановлює нуль у вимірювальній діагоналі шляхом подачі компенсуючої напруги зворотної полярності у вимірювальне плече моста. При цьому, вихідний сигнал в два рази більший, ніж при стандартному включенні, і лінійний навіть при великій зміні виходу моста (ΔR).

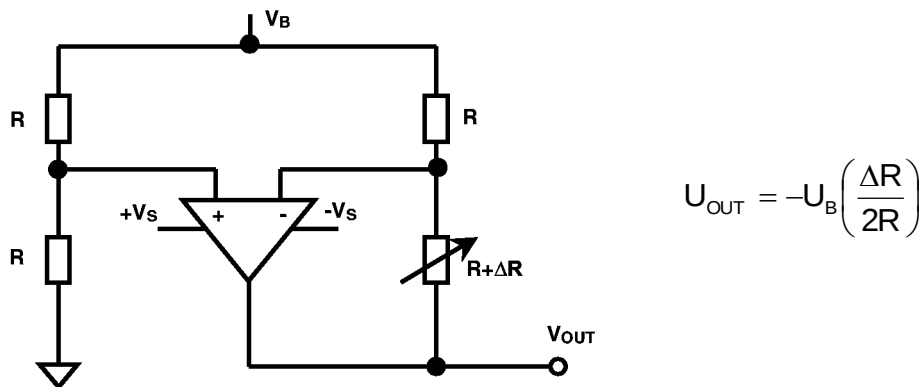


Рисунок 2.7 - Лінеаризація чверть мостового давача по Методу 1

На рисунку 2.8 показана лінеаризація 1/4 моста шляхом фіксації величини струму через чутливий елемент за допомогою операційного підсилювача.

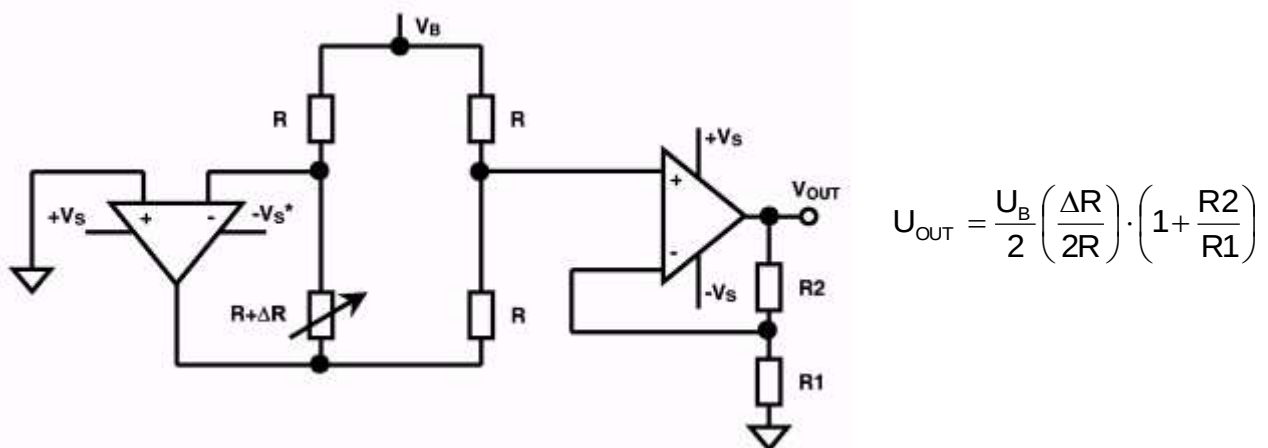


Рисунок 2.8 - Лінеаризація чверть мостового давача по методу 2

Для цього є необхідними біполярне живлення і два операційних підсилювачі, а також точне узгодження резисторів R1 і R2.

На рисунку 2.9 показано лінеаризацію 1/2 моста, подібну наведеній на рис. 2.7, але з подвійною чутливістю. Для цієї схеми необхідно біполярне живлення операційного підсилювача і може знадобитися додатковий ОП для підсилення виходу.

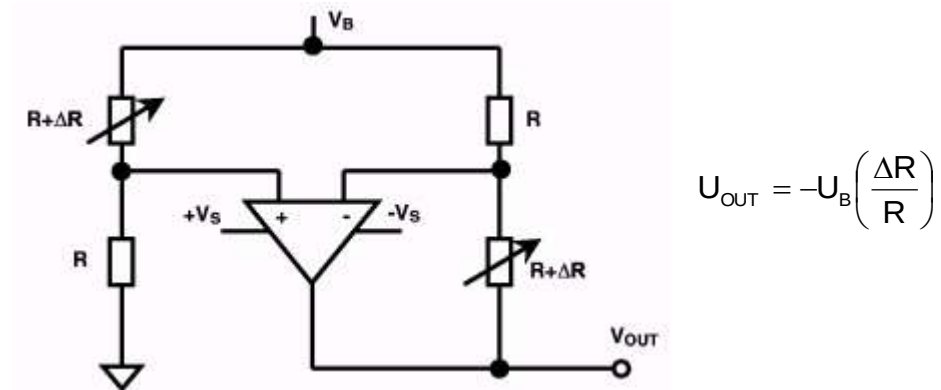


Рисунок 2.9 - Лінеаризація півмостового давача по методу 1

На рисунку 2.10 показано лінеаризацію 1/2 моста. Джерело опорної напруги (ВДОН), операційний підсилювач і вимірювальний резистор R_S утворюють джерело струму для збудження моста. Додатковий інструментальний підсилювач використовується для кінцевого підсилення виходу.

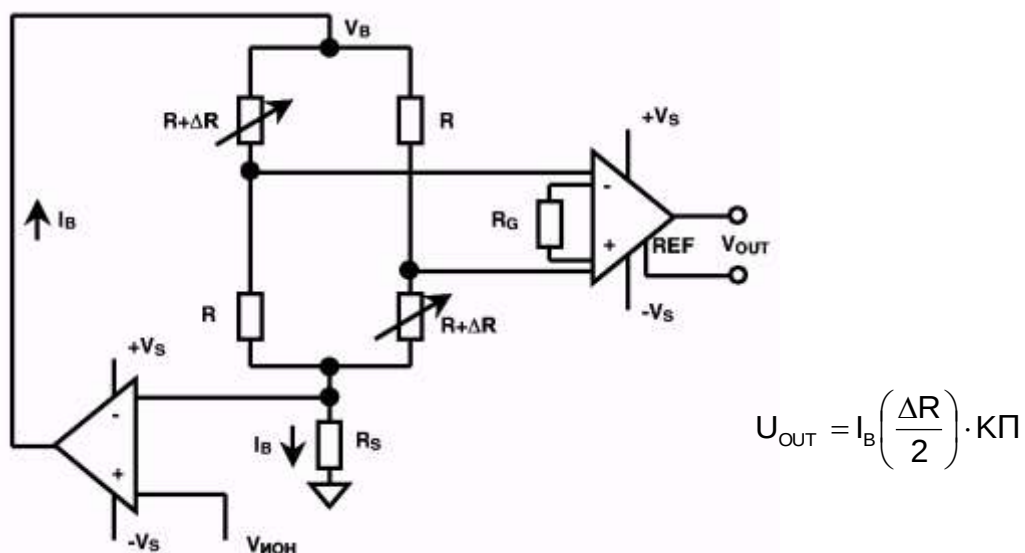


Рисунок 2.10 - Лінеаризація напівмостового давача по методу 2
(збудження напівмоста джерелом струму)

2.3 Керування мостами

Найбільш серйозними проблемами при обслуговуванні дистанційно розташованих мостів є скінчена величина опору з'єднуючих проводів і шумові наведення. На рисунку 2.11 показаний 1/4 мостовий $350\ \Omega$ давач деформації, підключений до дистанційного чутливого елемента витю парою мідних проводів 30-го калібру довжиною 100 фт. При температурі 25°C опір 100 фт такого провідника складає $10.5\ \Omega$. Температурний коефіцієнт опору провідника $\text{TKO}=0.385\%/^\circ\text{C}$. Обчислена помилка коефіцієнта передачі і зсуву нуля при збільшенні температури середовища на $+10^\circ\text{C}$ при 10 В збудженні складе, відповідно, $\text{КП}=-0.26\%$ від верхньої межі і $\text{КЗН}=+23\%$ від верхньої межі (FS).

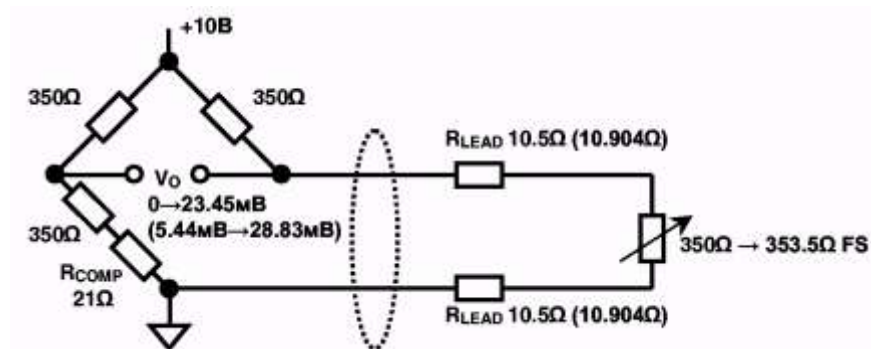


Рисунок 2.11 - Помилки, від опору з'єднувальних проводів резистивного моста

$R_{\text{COMP}}=21\ \Omega$ компенсує початковий зсув моста, викликаний наявністю з'єднувальних проводів від чутливого елемента. Цифри, приведені в дужках "()" відповідають температурі $+35^\circ\text{C}$. Зазначені помилки не включають помилки, пов'язані з TKO чутливого елемента.

3-х провідне підключення чутливого елемента істотно зменшує помилки, як показано на рис. 2.12.

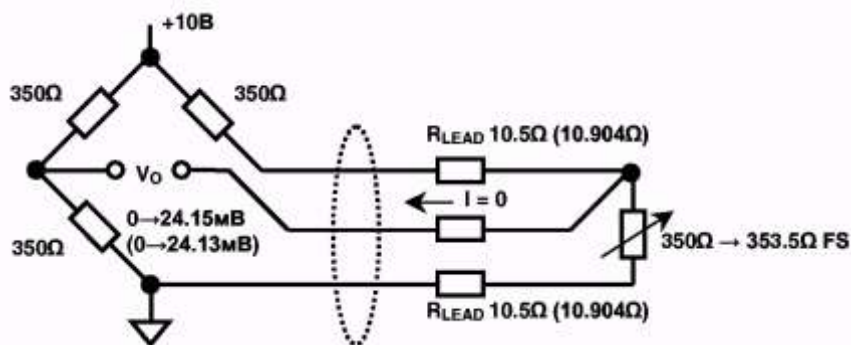


Рисунок 2.12 - Помилки, обумовлені опором з'єднувальних проводів резистивного моста при 3-провідному з'єднанні

При використанні високоімпедансного пристрою для вимірювання сигналу моста вхідний струм дорівнює нулю. Обчислена помилка коефіцієнта передачі і зсуву нуля при збільшенні температури середовища на $+10^{\circ}\text{C}$ при 10 В збудженні складе, відповідно, $\text{КП} = -0,08\%$ від верхньої межі і $\text{КЗН} = 0\%$ від верхньої межі.

3-х провідне підключення дистанційного чутливого елемента дає хороші результати. Однак, у конструктивно закінчених пристроях, наприклад, елементах навантаження, застосовується повномостова конфігурація. При дистанційному розташуванні такого елемента відносно нормуючої схеми, для збереження високої точності повного моста, необхідно застосовувати спеціальні методи.

Особливу увагу слід приділяти підтримці точності і стабільності напруги збудження моста, оскільки вихідний сигнал моста - прямо пропорційний збудженню.

З цієї причини, більшість із пристроїв з повномостовою конфігурацією з'єднуються по 6-провідній схемі: два проводи - вихід моста, два - збудження моста і два - узгоджуючі проводи. Такий метод (з'єднання Кельвіна) показаний на рис. 2.13. Підключення по схемі Кельвіна ліквідує спад напруги збудження на з'єднувальних провідниках. Але, при цьому, ОП повинні мати малі зсуви напруги, дрейфи і шуми.

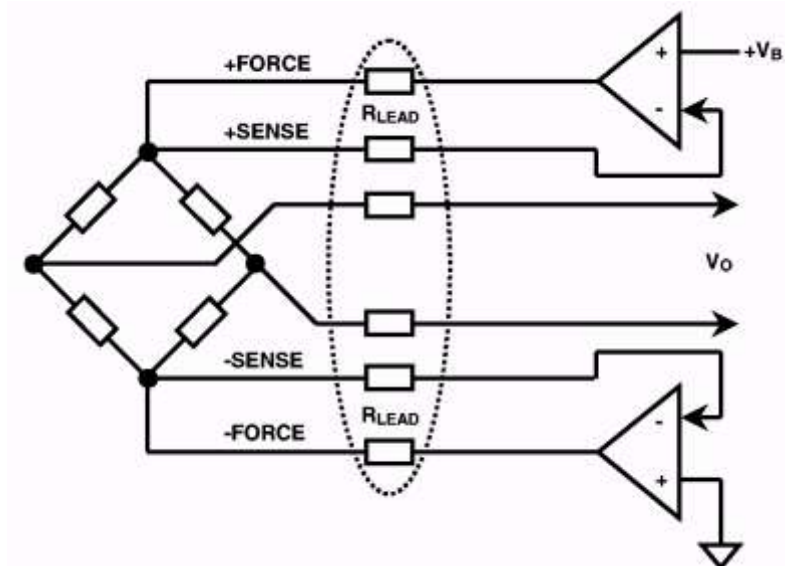


Рисунок 2.13 - Мінімізація помилок, зв'язаних з опором провідників при у 6-провідному з'єднанні по Кельвіну

На рис. 2.14 показано інший спосіб мінімізації помилок, обумовлених наявністю опору з'єднувальних проводів, за допомогою джерела струму збудження. Потрібна стабільність ДОН, вимірювального резистора R_S і ОП.

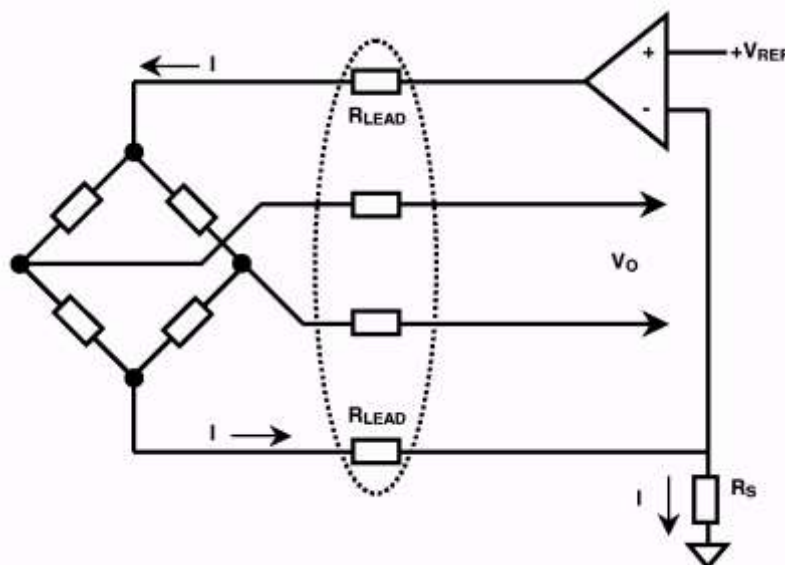


Рисунок 2.14. Мінімізація помилок 4-провідного моста при використанні джерела постійного струму збудження

На рис. 2.15 показано відносний метод мінімізації помилок, обумовлених наявністю опору сполучних проводів. Метод використовує Кельвінівське 4-х провідне підключення живлення моста і є ефективним засобом мінімізації

помилки. Міст живиться від однополярного джерела живлення. Вимірюючий АЦП AD7730 використовує напругу на мості в якості власного ДОН. При такому включенні зміна напруги на мості не приводить до зміни вихідного коду АЦП. AD7730 є 24-розрядним сигма-дельта АЦП і забезпечує вимірювальний канал програмованим коефіцієнтом підсилення, фільтром низьких частот (ФНЧ) і самокалібруванням [8, 45–47], що робить його незамінним у застосуваннях, пов'язаних з мостовими давачами. AD7730 забезпечує дрейфи напруги зсуву $5 \text{ нВ}/^{\circ}\text{C}$ і коефіцієнта передачі $2 \text{ ppm}/^{\circ}\text{C}$, які можна зменшити, використовуючи системне калібрування.

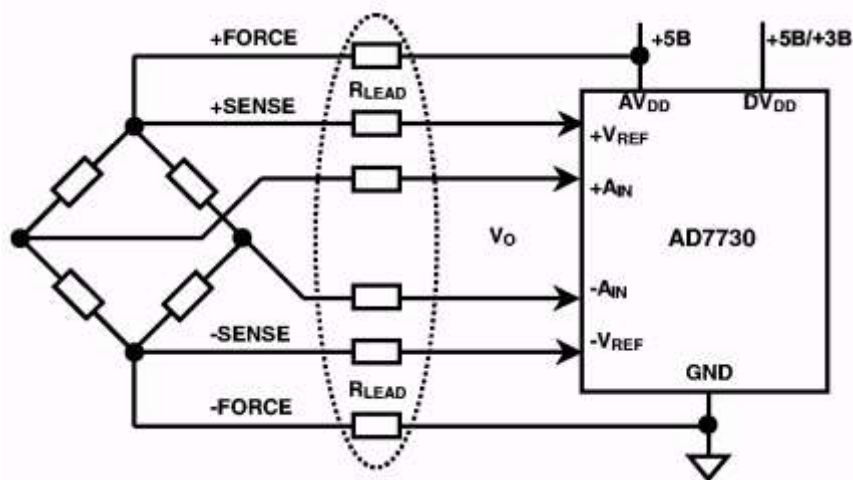


Рисунок 2.15 - Керування дистанційним 6-провідним мостом, використовуючи відносно по Кельвіну підключення до АЦП

Для підтримки точності вимірювання на рівні 0.1% чи вище по верхній межі 20 мВ, необхідно мати сумарну помилку меншу ніж 20 мкВ. На рис. 2.16 показані неминучі в системі типові джерела помилок [48–50].

По-перше, паразитні термопари зі спаями, що знаходяться при різних температурах (друкований провідник - коваровий вивід ОПа з $\text{TKO}=35 \text{ мкВ}/^{\circ}\text{C}$). Істотно зменшити величину TKO , можна використовуючи операційний підсилювач у пластмасовому корпусі з мідними виводами.

По-друге, напруга і струм зсуву вхідного ОП. Необхідно вибирати операційний підсилювач з малими струмом зсуву і дрейфом зсуву, такі як OP177 чи AD707.

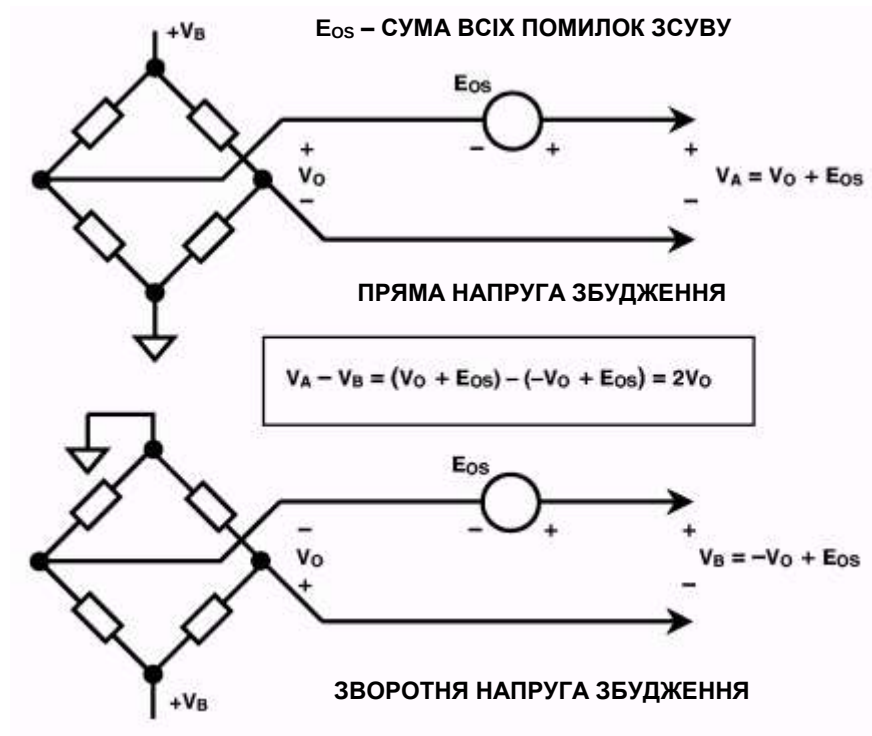


Рисунок 2.16 - Типові джерела помилок зсуву

Збудження моста змінним струмом дозволяє ефективно виключати напругу, що виникає послідовно з виходом моста. Як показано на рис. 2.17, вихідна напруга моста вимірюється двічі.

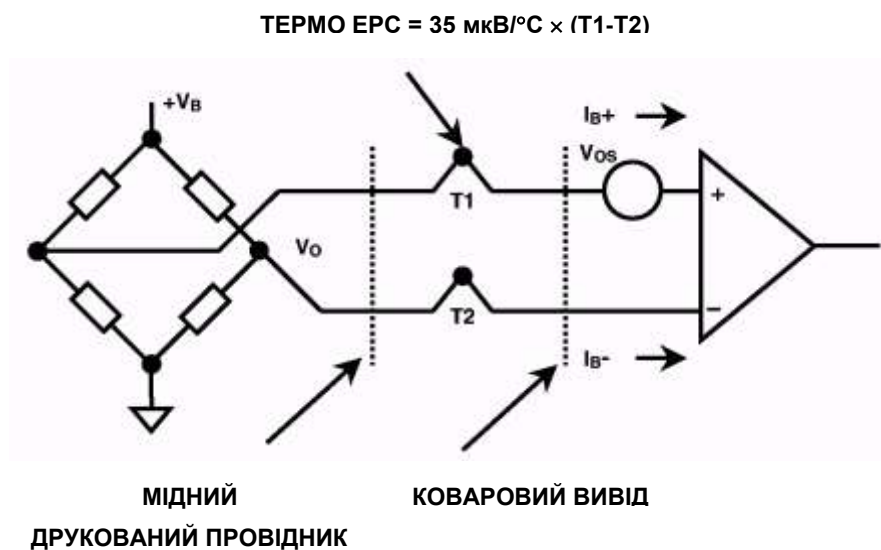


Рисунок 2.17 - Збудження моста змінним струмом мінімізує помилки зсуву

Спочатку вимірюється вихід при прямій полярності збудження - V_A , потім полярність збудження змінюється на зворотну і вихід вимірюється знову - V_B . Потім обчислюється різниця ($V_A - V_B$), яка дає $2V_0$, а величина напруги, що спричинила зсув ЕОС, зникає.

Даний метод вимагає для вимірювання високоточний АЦП, а також мікроконтролер для виконання обчислень. Якщо потрібно виконати відносні вимірювання, то АЦП повинен допускати зміну полярності ДОН, що допускається АЦП AD7730.

На рис. 2.18 показано, як у якості пристрою, що збуджує міст, можна застосовувати Р- і N-канальні польові МОН-транзистори. Є також спеціальні мікросхеми керування, наприклад M1C4427, від Micrel. Оскільки канал включеного МОН-транзистора має опір, у даному випадку варто використовувати схему включення по Кельвіну з АЦП AD7730, що має вбудовані схеми для генерації імпульсів збудження, які не перекриваються.

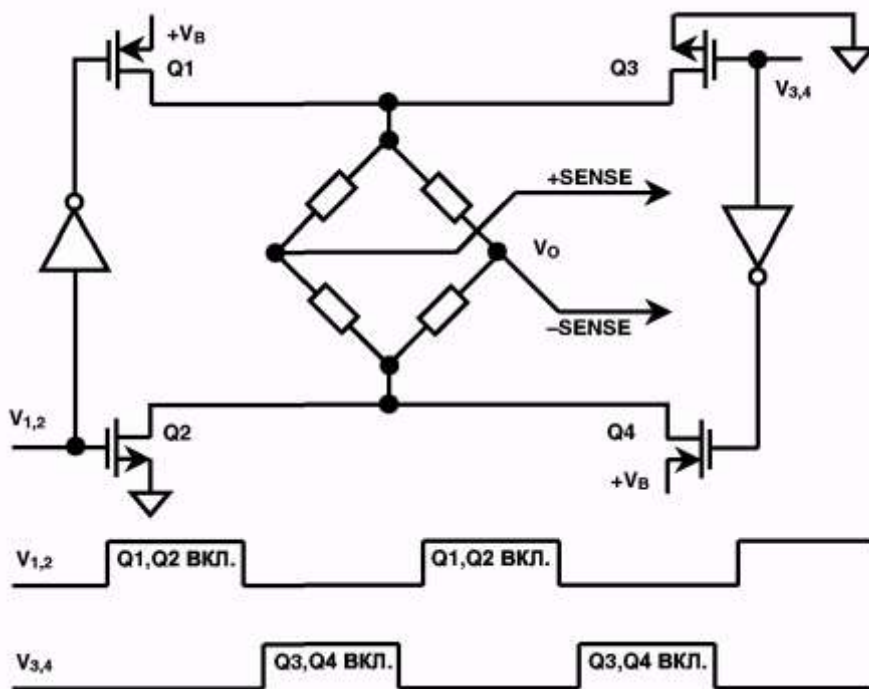


Рисунок 2.18 - Спрощена схема для збудження моста змінним струмом

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Характеристики та сфери застосування радіоінтерфейсу

3.1.1 Створення радіоінтерфейсу Bluetooth

На відміну від інфрачервоних приладів, радіопередавачі Bluetooth мають набагато більший радіус дії (10-30 м; в перспективі – до 100 м), а приймачі нечутливі до напрямку приходу сигналу. Радіохвилі можуть розповсюджуватися через різні матеріали, тому передавач і приймач здатні взаємодіяти не тільки в умовах прямої видимості. А також - в режимі «точка – багато точок» забезпечується зв'язок з декількома об'єктами одночасно.

Концепція системи Bluetooth розроблена в 1994 р. шведською компанією Ericsson (точніше - її дослідницьким центром в м. Лунд). На початку 1997 р., коли Ericsson приступила до створення приймача-передавача Bluetooth, інтерес до даної технології проявили відразу декілька фірм. Далі події розвивалися стрімко. В лютому 1998 р. за ініціативою п'яти провідних зарубіжних компаній - Ericsson, IBM, Intel, Nokia і Toshiba - була організована спеціальна група (SIG, Special Interest Group), в задачі якій входило просування цієї технології. В травні того ж року послідувало оголошення про устанovu концерну Bluetooth і початок широкомасштабних робіт. Технологія безпроводного доступу розвивається настільки швидко, що, не чекаючи офіційного визнання стандарту в Міжнародному союзі електрозв'язку, розробники програми Bluetooth випустили в кінці 1999 р. специфікації на відповідне устаткування. Завдяки Internet вони стали доступні безлічі виробників у всьому світі і одержали статус стандарту де-факто. Уклавши угоду (adopter agreement), яка дає право копіювати і необмежено поширювати специфікації на продукти Bluetooth, виготовляти їх і використовувати символіку Bluetooth, все більше компаній приступають до проектування і випробувань устаткування, відладці ПЗ. Нині до числа учасників програми входить понад 1 тис. фірм.

Основою Bluetooth стала ідея створення універсального, надійного і дуже дешевого радіоінтерфейсу безпроводного доступу. Надмініатюрні екологічно безпечні радіопередавачі з малим енергоспоживанням можуть легко вбудовуватися в персональні комп'ютери і будь-які портативні пристрої, такі як стільниковий телефон, мікротелефонні трубки, PDA (Personal Digital Assistant) і ін. Технологія Bluetooth дозволить забезпечити сполучення з різним професійним і побутовим устаткуванням в режимах передачі мови, даних і мультимедіа, при цьому гарантуватиметься його електромагнітна сумісність з іншим домашнім або офісним устаткуванням.

Зв'язок в системі Bluetooth забезпечується в діапазоні ISM (2.45 ГГц), відведеному для промислової, наукової і медичної радіослужб. Цей діапазон є відкритим (неліцензійним), а отже, схильний до дії великого числа джерел ненавмисних перешкод.

Для усунення перешкод в наперед непередбачуваній електромагнітній обстановці можливе використання двох способів. Перший з них полягає в пошуку вільних від перешкод ділянок спектру і динамічному розподілу каналів. Хоча сам по собі даний спосіб достатньо ефективний, для його реалізації будуть потрібно аналіз поточної обстановки і адаптивне відстежування джерел перешкод, що, поза сумнівом, ускладнить приймач-передавач. Інший метод боротьби з ненавмисними перешкодами полягає в розширенні спектру сигналів що передаються за рахунок стрибкоподібного перестроювання робочої частоти. Під час сеансу зв'язку радіопередавачі псевдовипадковим чином перебудовуються з однієї частоти на іншу, і «миттєва» смуга частот залишається істотно меншою, ніж загальна ширина смуги частот. Саме на цьому способі зупинили свій вибір розробники технології Bluetooth, вважаючи, що для його втілення можна буде створити недорогі радіопередавачі з вихідною потужністю не більше 20 дБ/м.

3.1.2 Типи каналів

У системі Bluetooth визначено п'ять типів логічних каналів:

- LC (Link Control) - канал управління, за допомогою якого підтримується фізичний зв'язок між пристроями, які створюють пікомережу. На цьому рівні використовуються синхронне (SCO, Synchronous Connection-Oriented) і асинхронне (ACL, Asynchronous Connectionless) підключення фізичних каналів;

- LM (Link Manager) - канал управління, який відповідає за встановлення з'єднань між ведучим і веденими пристроями, для забезпечення безпеки і криптозахисту;

- UA (User Asynchronous) - асинхронний канал (використовується в ACL-лінії);

- UI (User Isochronous) - ізохронний канал, в якому забезпечується ідентичність тільки середніх частот опорних генераторів веде і відомого пристроїв (застосовується в ACL-лінії);

- US (User Synchronous) - канал синхронного обміну даними (використовується в SCO-лінії).

Зв'язок по SCO-лінії організовується між ведучим і відомим пристроями. Для цих цілей в кадрі провідного приймача-передавача зарезервовано два сусідні тимчасові інтервали (для прямого і для зворотного каналів), які періодично повторюються (рис. 3.1). Між ведучим і веденими пристроями може бути організовано одночасно до трьох каналів. У свою чергу, будь-який ведений приймач-передавач здатний підтримувати відразу три SCO-з'єднання з одним провідним пристроєм (якщо вони знаходяться в межах однієї пікомережі) або два (якщо інформація передається з різних мереж).

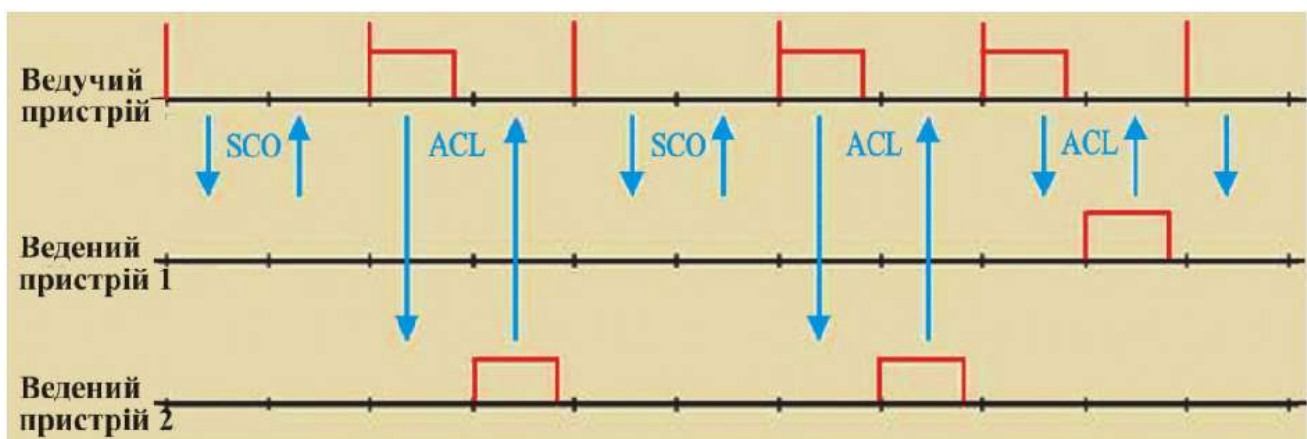


Рисунок 3.1 – Резервування часових інтервалів

Голосовий зв'язок по SCO-лінії здійснюється із швидкістю 64 кбіт/с, причому використовуються три режими: без кодування, з низьким ($R=2/3$) і високим ($R=1/3$) ступенем завадостійкості. Завдяки такому рішенню у кожному конкретному випадку можна гнучко встановлювати необхідне співвідношення між якістю мови (швидкістю її передачі) і завадостійкістю.

Зв'язок по лінії SCO реалізується по протоколу LMP (Link Manager Protocol), що не передбачає повторної передачі потоків мовної інформації. По лінії синхронного зв'язку передається службове повідомлення, в якому вказуються основні параметри, необхідні для входження в синхронізм, - час початку передачі T_{SCO} і період повторення тимчасових інтервалів D_{SCO} .

Пакетна передача інформації по ACL-лінії здійснюється в двох режимах: асинхронному і ізохронному. Канали надаються по команді ведучого пристрою, що працює в режимі опитування ведених терміналів. Для кожної фізичної лінії визначений свій набір пакетів. Помітимо, що між провідним і веденим терміналом допускається організація тільки однієї ACL-лінії.

Обмін даними по ACL-лінії між ведучим і веденими пристроями відбувається в режимі «точка - багато точок». Пакети можуть мати різну довжину – 0.625 мс (1 інтервал), 1.875 мс (3 інтервали) і 3.125 мс (5 інтервалів) - і передаватися з кодуванням або без кодування. Максимальна швидкість ACL-лінії складає 721 кбіт/с в прямому каналі і 57.6 кбіт/с в зворотному, що забезпечується за рахунок об'єднання п'яти інтервалів і передачі інформації без кодування.

3.1.2 Технічні можливості

У системі Bluetooth реалізований гібридний метод доступу, в якому поєднується стрибкоподібна перебудова частоти і дуплексна передача з тимчасовим розділенням каналів (FHSS/TDD). Інформація передається пакетами в тимчасових інтервалах завдовжки 625 мкс з обов'язковою зміною частоти в кожному інтервалі. Максимальна швидкість перебудови частоти - 1600 стрибків в секунду. Тимчасові інтервали, виділені для прийому і передачі, чергують один з одним в режимі дуплексної передачі з тимчасовим розділенням (TDD).

Висока завадостійкість і простота реалізації системи досягаються за рахунок використання частотної маніпуляції з гаусовим згладжуванням (G-FSK, Gaussian-shaped Frequency Shift Keying); коефіцієнт згладжування форми вхідних імпульсів – 0.35. Мовний зв'язок здійснюється за допомогою дельта-кодера CVSD, який забезпечує безперервну зміну крутизни нахилу.

Завдяки успіхам в мікроелектроніці сьогодні стала можливою реалізація на одному кристалі приймача-передавача з енергоспоживанням 100 мВт і вихідною потужністю 1 мВт. Кожний пристрій Bluetooth має свою 48-бітову адресу, сумісний з форматом стандартної локальної мережі IEEE 802.

Вироби Bluetooth можуть вбудовуватися в комп'ютери, стільникові телефони і інше устаткування, а також випускатися у вигляді автономних мережних адаптерів.

3.1.3 Структура і формат пакету

Пакет має фіксовану структуру (рис. 3.2) - він складається з коду доступу, заголовка і корисної інформації.

Код доступу необхідний для ідентифікації ведучих пристроїв в мережі, тобто є унікальним для кожної пікомережі. Відомі пристрої визначають відповідність вхідних пакетів кодам доступу. У разі їх невідповідності пакет, що приймається, розглядається як помилковий і його інформаційний вміст ігнорується. Код доступу застосовується також для синхронізації, оскільки він володіє підвищеною завадостійкістю.

Заголовок пакету має фіксовану довжину (54 біти) і передається з використанням згорткового коду ($R=1/3$). В ньому міститься шість полів: трьохбітова адреса, тип пакету, біт управління потоком, ознака повторної передачі (ARQ) і поле контролю помилок в заголовку (HEC, Header Error Check). Довжина блоку даних змінюється від 0 до 2745 біт, а при необхідності він може забезпечуватися власним заголовком.



Рисунок 3.2 – Структура пакету

3.2 Пікомережі

3.2.1 Встановлення зв'язку

У пікомережі реалізований принцип централізованого управління. Ведучий пристрій періодично передає позивні (пейджингові) повідомлення на різних частотах із заданого набору (23/79), причому в кожний момент максимальне число частот, що використовуються, рівне 16 або 32.

Закон перенастроювання - визначає кодова послідовність, відповідно до якої сигнал циклічно (через кожні 2048 часових інтервалів, тобто 1.28 с) зсувається на одну частотну позицію вперед, і перша частота в наборі стає останньою, а друга - першою. Застосування такого способу перенастроювання частоти приводить до ускладнення перехоплення і дешифрації сигналів.

Всі ведені пристрої знаходяться в черговому режимі (режимі очікування), регулярно включаючись за заданою програмою. Після «пробудження» приймач здійснює пошук контрольної несучої частоти (wake-up carrier), періодично випромінюваної ведучим пристроєм. Якщо виявляється корисний сигнал, пристрій автоматично переходить з режиму очікування в робоче положення.

Оскільки ведений приймач не може в точності знати номінал частоти ведучого пристрою і момент початку передачі, то виникає невизначеність по частоті і часу. За наявності початкового набору з 16 несучих частот пошук сигналу ведеться протягом 18 тимчасових інтервалів (тобто 11.25 мс). Два додаткові інтервали (один зліва і один справа) необхідні для усунення невизначеності пошуку за часом (± 0.625 мс).

У режимі очікування приймач-передавач Bluetooth працює подібно пейджеру, активізуючись лише після прийому конкретного коду доступу. Причому коди доступу передаються безперервно, а не тільки перед «пробудженням» веденого пристрою. Протягом 10 мс (16 інтервалів по 625 мкс) ведучий приймач-передавач транслює код доступу послідовно на різних частотних позиціях. Десятимілісекундна послідовність передається до тих пір, поки абонент не відповість або не буде перевищений заданий ліміт часу.

Входження в синхронізм завершується успішно, якщо частоти що випромінюються і приймаються - співпадають, код доступу прийнятий правильно і поступила квитанція. Лише тоді визивний пристрій передає пакет, що містить ідентифікаційні параметри і поточний номінал генератора опорної частоти. На цьому процедура входження в зв'язок завершується.

Пропускна спроможність пікомережі обмежена, оскільки в кожен момент всі абоненти займають лише один частотний канал шириною 1 МГц (як мовилося раніше, таких каналів в системі 79). Подальше збільшення числа абонентів без зниження питомої (перерахованої на одного абонента) пропускної спроможності неможливе.

Нарощування абонентної бази і пропускної спроможності забезпечує перехід від пікомережі до «розосередженої» мережі (scatternet). Суть ідеї полягає в розбитті N абонентних пристроїв на m незалежних груп (або пікомереж) з N/m обслуговуваними пристроями в кожній пікомережі.

На перший погляд, виграш від створення scatternet не цілком очевидний, оскільки загальне число абонентів, зона обслуговування і сумарне завантаження системи не змінюються. Проте, на відміну від випадку вживання загальної

пікомережі, в декількох підмережах використовуються різні кодові послідовності. В цій ситуації виграш забезпечується за рахунок статистичного ущільнення каналів різних підмереж з відмінними законами перебудови частоти.

Правда, нічого дарма не дається. Пропускна спроможність зростає, але збільшується вірогідність виникнення конфліктів через випадкові збіги частот в різних пікомережах. Таким чином, із збільшенням числа пікомереж завадостійкість мережі scatternet знижується (деградація носить плавний характер і залежить від ступеня завантаження системи).

3.2.2 Організація міжмережового зв'язку

Топологія системи безпроводового доступу, як вже наголошувалося, заснована на використанні багатьма пікомережами одного і того ж каналу зв'язку. Кожній пікомережі привласнені свій ідентифікаційний код (код доступу) і величина зсуву частоти опорного генератора. Відповідно, набір ідентифікаційних кодів і зсувів частоти є унікальним для кожної пікомережі. Коли ведений пристрій входить в мережу, він вибирає такий зсув частоти, що різниця між частотами власного і ведучого генераторів виявляється мінімальною. Якщо ведений приймач-передавач одночасно працює в двох пікомережах, він повинен відстежувати два частотні зсуви (рис. 3.3).

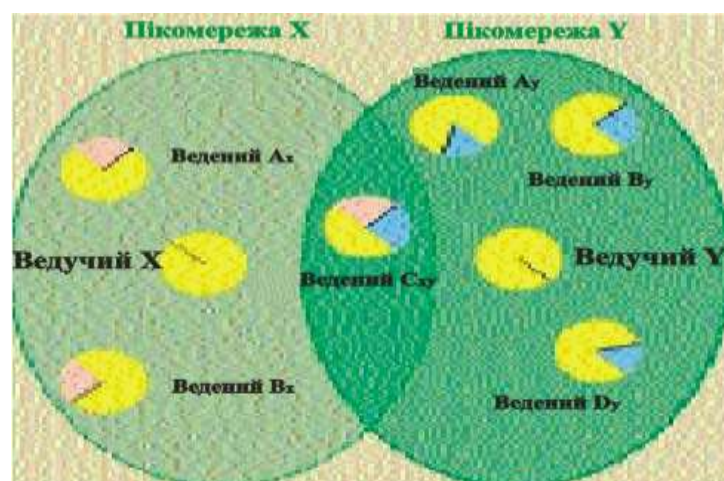


Рисунок 3.3 – Організація міжмережового зв'язку

Безперечна перевага системи безпроводникового доступу Bluetooth – її гнучкість. Хоча в кожній пікомережі тільки один пристрій є ведучим, його статус допускається міняти в процесі роботи, тобто будь-який приймач-передавач може стати веденим або ведучим. Важливо відзначити, що ведучий пристрій однієї пікомережі здатен діяти як ведене в іншій. Коли ведучий пристрій покидає домашню пікомережу, обмін інформацією в ній тимчасово припиняється.

3.3 Перспективи розвитку бездротового зв'язку

Ті пристрої, основний принцип роботи яких відповідає різним етапам розвитку техніки мобільного зв'язку і бездротового доступу, традиційно відносять до різних поколінь: в перше входять аналогові системи, в друге - цифрові, а третє характеризується як перехідне на шляху впровадження мультимедійних технологій. Концепція побудови і можливі стратегії розвитку мережної інфраструктури майбутнього остаточно не визначені, але вже зараз ясно, що однією з ключових тенденцій стане оснащення практично всіх професійних і побутових приладів четвертого покоління вбудованими засобами радіодоступу. І в «русло» цієї тенденції цілком «вписується» технологія безпроводникового доступу Bluetooth. Її впровадження дозволить не тільки спростити взаємодію між різними приладами і периферійними пристроями, але і замінити традиційні провідникові лінії на безпроводникові канали.

Завдяки низькій вартості і міжпротокольні сумісності надмініатюрних приймачів-передавачів вони можуть знайти широке вживання в домашніх комп'ютерах, ноутбуках, стільникових телефонах, пейджерів. Революційні перетворення відбудуться і в області побутової техніки: радіоконтролери Bluetooth дозволять управляти режимами роботи кондиціонерів, цифрових фотокамер, НВЧ-пічок, холодильників, пральних машин, телевізорів. Існує і безліч інших потенційних областей вживання Bluetooth. Багато аналітиків вважають цю технологію революцією в області безпроводникового зв'язку і роблять приголомшуючі прогнози. За їх оцінками, вже через декілька років сотні

мільйонів комп'ютерів і побутових приладів різного призначення оснастять надмініатюрними приймачами-передавачами Bluetooth.

3.4 Технічні засоби радіоінтерфейсу Bluetooth

3.4.1 Система BlueWAVE

BlueWAVE - Індустріальний Серійний Термінальний пристрій повністю забезпечує безпроводниковий зв'язок типу Bluetooth™ через стандартний інтерфейс 9Way D-type RS-232 (рис. 3.4). BlueWAVE призначений для OEM і інтеграторних систем, плануючих забезпечити індустріальним двоточковий або багатоточковим зв'язком Bluetooth™.



Рисунок 3.4 - Система BlueWAVE

Особливості:

- клас Bluetooth™ 1 v1.1 SPP сумісний;
- радіус дії більше – 100 м;
- сумісний з будь-якою системою RS-232;
- адаптер для систем 110-240 В;
- установка plug-and-play, не потрібен драйвер;
- швидкість передачі даних –2400 – 115200 Бод;

- різні низькоенергетичні режиму очікування;
- для прямого зв'язку – антена SMA.

В табл 3.1 приведена специфікація BlueWAVE.

BlueWAVE забезпечить надійний безпроводниковий зв'язок до будь-якого пристрою, що підтримує інтерфейс RS-232. BlueWAVE сумісний зі всіма іншими пристроями, що підтримують Bluetooth™ SPP, як наприклад iPAQ™, Palm™, портативні комп'ютери із інтерфейсом Bluetooth™, адаптери USB, мобільні телефони.

3.4.2 Система Bluetooth-to-LAN D-Link DBT-900AP

Точка доступу Bluetooth-to-LAN D-Link DBT-900AP (рис. 3.5) розроблена для розширення сервісів локальної мережі за допомогою пристрою Bluetooth, такі як портативні комп'ютери і PDA. Ця технологія доступу є новим вирішенням проблем по безпроводниковому підключенню безлічі користувачів і пристроїв мережі Bluetooth. Вона дозволяє мобільним користувачам по безпроводниковому зв'язку підключатися до локальної мережі (LAN) і інтернету, використовуючи пристрої з підтримкою технології Bluetooth.

Відповідно до стандартів Bluetooth 1.1 і IEEE 802.3u Ethernet, точка доступу DBT-900AP забезпечує безпроводниковий доступ до локальної мережі Ethernet і сервісів інтернету, допускаючи підключення широкого діапазону пристроїв Bluetooth. DBT-900AP дозволяє мобільним користувачам негайно підключатися до мережі, як тільки вони потрапляють в радіус дії мережі Bluetooth. Дана точка доступу Bluetooth-to-LAN підтримує пристрої, оснащені безпроводниковою технологією Bluetooth, яка включає вбудовані функції забезпечення безпеки і швидкої установки. DBT-900AP підтримує найсучаснішу технологію PAN Profile Bluetooth.

Таблиця 3.1 - Загальна специфікація системи BlueWAVE

Напруга живлення	3.5V і 16V (в комплекті поставляється адаптер для 110-240 V)
Несуча частота	2400 МГц - 2483.5 КГц (США, Європа)
Метод модуляції	GFSK, 1Mbps, 0.5BT Gaussian
Частота IF одержувача	частота центру 1.5MHz
Інтерфейс виходу	RS-232 (5V)
Температура середовища	-20 – + 75 C 0
Температура блоку пам'яті	-40 – + 85 C 0
Вологість	95% що не конденсується
Тип	Bluetooth Специфікація v1.1
Габарити	86 x 58 x 26 мм
Антенa	Антенa заглушки Flextronics 2.4 GHz (Тип SMA)

DBT-900AP допускає одночасне підключення безлічі мобільних користувачів без якої-небудь затримки, як тільки вони потрапляють в радіус дії точки доступу.

DBT-900AP працює на загальнодоступних радіочастотах, діапазон яких широкий і не підлягає ліцензуванню. Вона забезпечує з'єднання з пристроями Ethernet і системами TCP/IP через безпроводникове з'єднання Bluetooth, дозволяючи встановити високошвидкісний зв'язок з локальною мережею і інтернетом без витрат на оплату послуг оператора стільникового зв'язку (телефонних рахунків).

Використовуючи інтерфейс LAN, DBT-900AP надає користувачам Bluetooth доступ до інформаційних сервісів локальної мережі (LAN), електронної пошти, сервісу передачі файлів, сервісів Web і синхронізації баз даних. Користувачі Bluetooth також можуть дістати доступ до принтерів, сканерів і пристроїв зберігання даних, підключених до мережі Ethernet.

Використовуючи інтерфейс Ethernet, точка доступу DBT-900AP може бути безпосередньо підключена до широкосмугового інтернетшлюзу, надаючи високошвидкісний доступ в інтернет користувачам Bluetooth. В локальній мережі, наприклад, в офісі, загальний доступ в інтернет для користувачів Bluetooth можна організувати через віддалений маршрутизатор, що знаходиться в цій мережі.



Рисунок 3.5 - Система Bluetooth-to-LAN D-Link DBT-900AP

Окрім приватного використання удома, точку доступу DBT-900AP можна встановити в суспільних місцях, наприклад, в офісі, готелі, музеї, залі очікування аеропорту або навіть в школі. Вона може бути дуже зручна, якщо ви знаходитесь в готелі і хочете мати доступ в інтернет з різних місць готелю або з готельного номера. Точку доступу можна також встановити в школі, забезпечивши доступ в інтернет в межах шкільної території.

Особливості:

- сумісність із специфікацією Bluetooth v1.1 (PAN Profile);
- підключення до мережі Ethernet з розподілом адрес через DHCP;
- порт LAN 10/100BASE-TX Ethernet з автоузгодженням швидкості 10/100 Мбіт/с і автоматичним визначенням полярності MDI/MDIX;
- установка plug-and-play, не потрібен драйвер;
- індикатори живлення, статусу з'єднання Bluetooth і LAN;
- функції забезпечення безпеки для авторизації/аутентифікації користувачів;
- одночасний доступ в Інтернет до 7 користувачів Bluetooth;

- радіус дії до 200 метрів (Class 2);
- працює напряду з настільними/портативними комп'ютерами і PDA;

3.5 Опис роботи пристрою по структурній схемі

Для опису стандарту Bluetooth, я обрав передачу голосу по радіоканалу. В результаті, створена модель системи для передачі голосових повідомлень у симуляторі Simulink 6 матричної системи MatLab 6.5.

Структурна схема пристрою складається з таких основних блоків:

- джерело інформації – з нього в систему поступає деяка інформація, яка повинна бути передана на відстань;
- канал зв'язку – імітує канал по якому передається інформація;
- стандарт IEEE 802.11b – для порівняння;
- суматор – для сумування сигналів стандарту IEEE 802.11b та стандарту Bluetooth;
- панель управління – для керування сигналами з IEEE 802.11b та Bluetooth;
- спектрограма – виводить спектральну характеристику сигналу стандарту Bluetooth;
- дисплей наявності помилок – виводить інформацію про помилки;
- пристрій виправлення помилок;
- одержувач інформації.

Деяка інформація поступає з джерела інформації в канал зв'язку. Інформація, яку потрібно передати може бути різноманітною, в залежності від можливостей і призначення пристрою – по радіоканалу можна передавати починаючи від голосових повідомлень з мікрофона і закінчуючи Інтернетом. Канал зв'язку імітує канал по якому передається інформація, а також завади, які спотворюють інформацію.

Для порівняння двох стандартів IEEE 802.11b та Bluetooth був доданий у схему блок IEEE 802.11b, інформація якого (без завад) сумується з інформацією яка передається з Bluetooth.

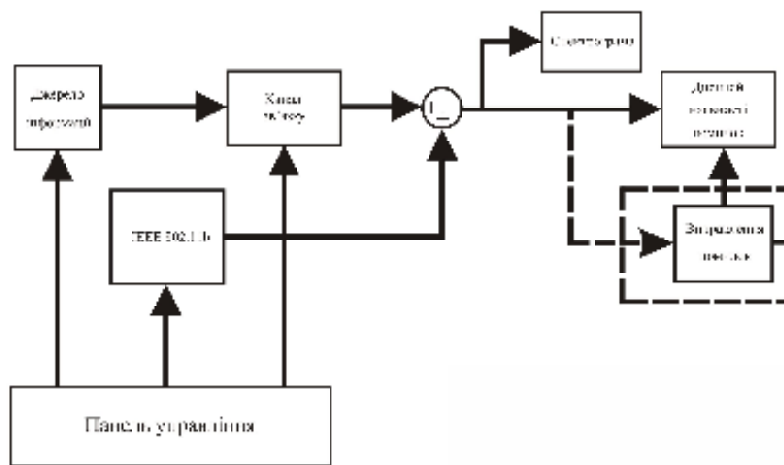


Рисунок 3.6 -Функціональна схема радіозв'язку

Для візуального спостереження за помилками, які навмисне були імітовані в каналі зв'язку, слугує дисплей, який відображає:

- на першому екрані – кількість помилок, які були введені в корисний сигнал;
- на другому екрані – кількість помилок, які були виправлені;
- на третьому екрані – кількість помилкових фреймів (кадрів).

Одержувачем інформації може бути як динамік – для голосових повідомлень, так і комп'ютер – для інформаційних повідомлень.

Панель управління слугує для: початку і часу симуляції як окремих блоків, так і для системи блоків; для задання кількості помилок, які будуть додані в сигнал.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища

Процес компримування газу є автоматизований і управління ним здійснюється із загальної диспетчерської і є централізованим.

В процесі експлуатації установки існує певна кількість факторів, що негативно впливає на фізичний стан операторів, що проводять контроль за протіканням технологічного процесу, обслуговуючого обладнання установки і екологічний стан навколишнього середовища.

Слід зазначити, що для нормальної роботи оператора на підприємстві створено всі умови: є окреме ізольоване приміщення операторної (там же розміщується і комп'ютер системи), роздягальні, санітарні приміщення. Це забезпечує нормальну і продуктивну роботу обслуговуючого персоналу.

До працівників шкідливих професій можна віднести чергових інженерів та операторів, які працюють в умовах підвищеного шуму та вібрацій. Враховуючи специфіку їх роботи, будуть наведені вимоги та рекомендації стосовно режиму праці та відпочинку, освітленості та вентиляції приміщень, і ін.

Шкідливі виробничі фактори: підвищена або понижена температура в робочій зоні, підвищений рівень шуму та вібрації в виробничому приміщенні.

Деякі виробничі процеси супроводжуються значним шумом та вібраціями. Розвиток техніки, ріст потужності і швидкохідності машин, механізація виробничих процесів призводить до збільшення вібрації і шуму

При високому рівні гучності шум шкідливо впливає на нервову систему людини і її органи слуху, що викликає роздратування, втому, послаблення уваги, зниження роботоздатності і глухість. Це приводить до нещасних випадків і до значного зниження продуктивності праці.

Вібрація та механічні трясіння характеризуються періодичними коливаннями звукової частоти. В багатьох випадках шум і вібрації діють одночасно і з одного джерела.

Для боротьби з шумом та вібрацією приймають захисні заходи при будівництві об'єктів (використовують звукопоглинаючі матеріали), особливо при будівництві операторних та щитових, при проектуванні і їх експлуатації (усунення причин шуму або послаблення його в джерелі).

Перелік потенційних небезпек приведений в табл. 4.1 та 4.2

Таблиця 4.1 —Аналіз потенційно небезпечних виробничих факторів

Виробничий об'єкт	Небезпечний фактор (технологічна операція)	Фактичне значення	Нормативне значення	Характер дії на людину
Технологічне обладнання (компресори з електроприводом)	Вібрація	L =80 дБ f _{с.г.} =63	L =109 дБ f _{с.г.} =63	Швидка втомлюваність, біль в суглобах
	Шум	L =72 дБ f _{с.г.} =61,5	L =80 дБ f _{с.г.} =63	Втрата слуху, головний біль, втомлюваність
	Електрострум	U=0,4 кВ I=90 А T=50 Гц	U=48 В I=0,1А T=50 Гц	Можливість ураження електрострумом

При роботі з ЕОМ слід, наскільки можливо, зменшити засліпленість від прямого та відбитого блищання, відмежуватися від постійної пульсації зображення, які посилюють загальну і зорову втому. Необхідно забезпечити як кількісні, так і якісні параметри освітлення.

Рівень звуку у приміщеннях та у машинному залі — 65 дБ рекомендується забезпечити рівень шуму не більше 75 дБ.

Таблиця 4.2 — Характеристика шкідливих речовин

Назва Речовини	ГДК — граничне допустима концентрація даної речовини		Перша допомога при отруєнні
	В робочій зоні, мг/м ³	Середньодобова в Атмосфері населених пунктів	
CO ₂	2 0	3	Винести з шкідливої атмосфери, зігріти тіло, обложивши грілками.
Природний газ	300	-	При порушенні дихання дати кисень. Свіже повітря, тепло, 20-30 капель валеріани Свіже повітря, тепло.

4.2 Забезпечення нормальних умов праці

Враховуючи умови, в яких доводиться працювати обслуговуючому персоналу на установці при проектуванні враховуються всі особливості технологічного процесу, всі допоміжні будівлі і споруди розташовані окремо від основних виробничих приміщень. Це в свою чергу дозволяє зменшити негативний вплив відповідних факторів на робітників, зокрема знизити рівень шуму та вібрації, а також забезпечити нормальні і безпечні умови праці.

Забезпечення необхідних умов праці та їх покращення веде до підвищення працездатності обслуговуючого персоналу, зручного в обслуговуванні технологічного та допоміжного обладнання.

Для цього на установці проектом передбачено санітарно-побутові приміщення, лабораторії, приміщення КВПіА, електрощитової диспетчерської, їдальні, душові.

Обладнання та споруди розміщуються і будуються згідно СНиП -2.09.04-87.

Для обслуговуючого персоналу передбачено санітарно-побутові приміщення, номенклатура, яких приведена в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Номенклатура санітарно-побутових приміщень

Назва приміщення	Найменування побутового приладдя	Норми площ на 1 м ²	Кількість працюючих	Всього площі	Фактична площа приміщ.
Душова	Кабіни	1.7	15	24.5	26
Умивальники	Столи з водою	1	15	15	20
Гардероби	Шафа	1.5	1.5	22.5	25

Треба відмітити, що конструкція диспетчерської, а також конструкції виробничих та санітарно-гігієнічних приміщень передбачені у вогнестійкому виконанні. Відстань між апаратами установки і диспетчерською, задовольняють вимоги протипожежної безпеки (ППВ-79). Ці ж вимоги збережено при виборі відстаней між електрообладнанням до апаратів та обладнання до установки.

Неабиякий вплив на працездатність робітників мають також метеорологічні умови. Метеорологічні умови виробничої сфери визначаються температурою повітря, його вологістю, швидкого руху, а також ступінню випромінювання від нагрітих предметів. Метеорологічні умови встановлюються в залежності від характеру робіт.

Перелік метеорологічних умов праці приводиться в табл. 4.4.

Вкажемо основні методи досягнення метеорологічних умов на визначеному рівні:

- побутові та допоміжні приміщення обладнанні і приєднанні до парового опалення;
- в диспетчерській (операторній) в літній період передбачена, як природна так і механічна вентиляція, а в зимовий період - механічна припливно - витяжна вентиляція з обігрівом холодного повітря.

Заходи по попередженню охолодження працюючих в приміщеннях зводяться до правильного влаштування опалення, вентиляції, запобігання пропускання в приміщення холодних мас повітря, при наявності щілин чи вікон.

Таблиця 4.4 - Нормативні характеристики метеорологічних умов у виробничих приміщеннях

Виробниче приміщення	Категорія важких фізичних робіт	Період року	Температура° С	Відносна вологість, %	Шв. Руху повітря, м/с
Машинний зал	ІІб (середня)	Теплий	21-23	40-60	0.3
		Холодний	19-22		0.2
Пульт управління (операторна)	Іа (легка)	Теплий	22-25	40-60	0.1
		Холодний	20-23	40-60	0.1

Оскільки приточно - витяжна вентиляція має свої певні особливості, наведемо повну її характеристику в табл. 4.5.

Необхідно відмітити, що нормальні умови праці залежать також і від освітленості в операторській, побутових приміщеннях, лабораторіях і безпосередньо на території. В проекті будівництва установки передбачається природне і штучне освітлення. Для забезпечення природного освітлення передбачається наявність віконних пристроїв.

Освітлення території проводиться світильниками з лампами розжарення, які розміщені на всіх апаратах та обладнанні установки на різних, визначених нормами і правилами техніки безпеки підприємства, висотах. Освітлення приміщень виконується згідно СНиП-114-79, а вибір типів світильника виконано в залежності від призначення, умов середовища і висоти підйому світильників.

Таблиця 4.5 — Характеристика вентиляції

Приміщення	Тип вентиляції	Вентиляційне обладнання	Кратність повітрообміну, год ⁻¹
Диспетчерська (операторна)	Припливно-витяжна	Кондиціонер повного кондиціонування SAMSUNG-25MN	3.0
Машинний зал	Витяжна	Агрегат вентиляторний Відцентрований Е3.15-100.1 а) вентилятор ВЦ-4-70; б) електродвигун № 0.19 кВт; n=1000 об/хв	4.0
Побутові приміщення та кімнати для відпочинку	Припливна	Вентилятор осьовий електричний ЦО-10-42: а) калорифер; б) фільтр ФДР	4.0
	Витяжна	Агрегат вентиляторний Е-2,5-100: а) вентилятор ВЦ-4-70 б) електродвигун № 0.86 кВт; n=1500 об/хв	4.0

Характеристика освітлення приміщень на території даної установки приведена в табл. 4.6.

Таблиця 4.6. — Характеристика штучного освітлення

Виробниче приміщення	Розряд та підрозряд зорової роботи	Освітленість, Лк				Тип світильників
		Загальна	Комбінована	Аварійна	Евакуаційна	
Машинний зал	VIII	60	100	5	2	НСП 21
Пульт управління (операторна)	VII	150	200	10	2	ЛСП- 12

4.3 Розрахунок необхідного січення витяжної операторної

Вихідні дані:

- кімната знаходиться на першому поверсі трьохповерхового будинку;
- висота поверху 2.8 м;
- витяжна решітка знаходиться під стелею першого поверху;
- висота витяжної решітки 0.5 м;
- кратність повітрообміну 1.5 год⁻¹;
- об'єм приміщенням 76 м³;

Об'єм повітря, що видаляється $L=1.5 \times 76=114$ м³/год;

Висота витяжного каналу в товщині цегляної стіни $H=2.8 \times 2+0.5=6.1$ м;

Втрати на тертя:

$$\Delta p_{\text{тр}}=R \times H, \text{ Па}; \quad (4.1)$$

де R - питомі втрати на тертя, Па/м.

Питомі втрати на тертя визначаються в залежності від швидкості руху повітря в каналі і його шорхуватості.

Рекомендована швидкість руху повітря в каналі дорівнює (0.5 ÷ 1) м/с, вибираємо $V=1$ м/с.

Площа січення каналу:

$$f=L/3600 \times V, \text{ м}^2; \quad (4.2)$$

$$f=84/3600 \times 1= 0.023, \text{ м}^2; \quad (4.3)$$

Реальні розміри каналу 140x140 мм ($f=0.02$ м²) з довідника. Швидкість повітря в каналі:

$$V=L/3600 \times f, \text{ м/с}; \quad (4.4.)$$

Отже:

$$V=84/3600 \times 0.01=1.16 \text{ м/с} \quad (4.5)$$

Питомі втрати на тертя:

$$R=R_{\text{ст}} \times n, \text{ Па/м} \quad (4.6)$$

де $R_{\text{ст}}$ - питома втрата на тертя для круглого сталюого повітропроводу;

n - поправочний коефіцієнт на шорховатість цегляного каналу $n=1.48$.

Для знаходження $R_{ст}$ розрахуємо еквівалентний діаметр цегляного каналу:

$$d_e = (2a \times b) / (a+b), \text{ мм} \quad (4.7)$$

$$d_e = (2 \times 140 \times 140) / (140+140) = 140 \text{ мм.}$$

При $d_e = 140 \text{ мм}$ і $V = 1.16 \text{ м/с}$ питомі втрати складають 0.2 Па/м .

Втрати на тертя:

$$\Delta p_{тр} = 0.2 \times 1.48 \times 6.1 = 1.8 \text{ Па.}$$

Втрати тиску на вхід в жалюзійну решітку $\Delta p_{ж.р.}$ і на виході із шахти $\Delta p_{ш.}$:

$$\Delta p = \xi \times p_d, \text{ Па}$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору $\xi_{ж.р.} = 2.19$, $\xi_{ш.} = 1.3$;

p_d - динамічний тиск. Па;

$$p_d = \rho \times V^2 / 2, \text{ Па} \quad (4.8)$$

де ρ - густина повітря кг/м^3 (при 20°C , $\rho = 1.2 \text{ кг/м}^3$):

$$p_d = 1.2 \times 1.16^2 / 2 = 0.7 \text{ Па} \quad (4.9)$$

При запропонованій швидкості повітря в жалюзевій решітці, рівній $0.5-1 \text{ м}$, підбираються її розміри, які для декоративної решітки складають $120 \times 170 \text{ мм}$.

Втрати тиску в місцевих опорах:

- в жалюзійній решітці $\Delta p_{ж.р.} = 2.19 \times 0.7 = 1.5 \text{ Па}$;

- у витяжній шахті $\Delta p_{ш.} = 1.3 \times 0.7 = 0.9 \text{ Па}$.

Сумарні втрати:

$$\Delta p = \Delta p_{тр} + \Delta p_{ж.р.} + \Delta p_{ш.}, \text{ Па} \quad (4.10)$$

$$\Delta p = 1.8 + 1.5 + 0.9 = 4.2 \text{ Па} \quad (4.11)$$

Маємо напір:

$$p = H \times (\rho_n - \rho_v) \times 9.8, \text{ Па} \quad (4.12)$$

де ρ_n, ρ_v - густина зовнішнього і внутрішнього повітря, кг/м^3

$$\rho_n = 353 / (273 + 1), \text{ кг/м}^3 \quad (4.13)$$

$$\rho_n = 353 / (273 + 5) = 1.27 \text{ кг/м}^3$$

$$p = 6.1 \times (1.27 - 1.17) \times 9.8 = 6.98 \text{ Па,}$$

Запас напору: $\Delta = (6.98 - 4.2) / 6.98 \times 100 = 27.9 \%$.

Необхідний запас $10-30 \%$.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проаналізовано та оцінено параметри автоматизованої системи контролю стану пожежобезпеки “Фотон – А” компресорних агрегатів типу ГПА-Ц-16-С.

Розглянуто методи та технічні засоби вимірювання та сповіщення пожежонебезпечних ситуацій на основі резистивних вимірювальних мостів.

Розроблено функціональну та принципову схеми блоку керування вентиляцією відсіків ГПА в залежності від концентрації вибухонебезпечних сумішей.

Для підвищення ефективності системи контролю пожежобезпеки запропоновано та досліджено характеристики радіоінтерфейсу на основі протоколу Bluetooth.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Основи автоматики та автоматизації: навч. посіб. / Є. П. Пістун, І. Д. Стасюк; – Львів: Нац. ун-т "Львів. політехніка", 2014. - 333 с.
2. Ельперін І. В. Автоматизація виробничих процесів: підр. / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. – К.: Вид-во Ліра-К, 2015. – 378 с.
3. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» — базовий документ для проєктування пожежної сигналізації в Україні.
4. ДСТУ ISO 7240-1:2007 «Системи пожежної сигналізації та оповіщення».
5. ДСТУ EN 54 (серія стандартів) — європейські норми на системи пожежної сигналізації (вимоги до сповіщувачів, приймально-контрольних приладів тощо).
6. Практикум з пожежної профілактики технологічних процесів об'єктів підвищеної небезпеки / Надія ФЕРЕНЦ – Львів: ЛДУ БЖД, 2023. – 294с.
7. Системи пожежної та охоронної сигналізації: навчальний посібник / Кушнір А.П., Чалий Д.О. – Львів: СПОЛОМ, 2022. 298 с.
8. В.І. Гудим, І.П. Кравець, А.П. Кушнір, О.Б. Назаровець, Ю.І. Рудик. Електротехнічні засоби забезпечення пожежної безпеки об'єкта. Навчальний посібник. – Львів, 2021.
9. Ференц Н.О., Павлюк Ю.Е. Пожежна профілактика технологічних процесів: підручник. Львів, ЛДУБЖД, 2019. –332 с.
10. Гудим В.І., Кушнір А.П. Основи виробничої і протипожежної автоматики. Навчальний посібник. – Львів : ЛДУ БЖД, 2016. – 224 с.
11. Кушнір А.П. Автоматичні сповіщувачі систем пожежної сигналізації. Навчальний посібник. – Львів: ВОНДРВР ЛДУ БЖД, 2012. – 186 с.
12. ДБН В.2.5-56: 2014 Системи протипожежного захисту. ДСТУ ISO 7240-1:2007 «Системи пожежної сигналізації та оповіщення».
13. Walt Kester, Editor, Amplifier Applications Guide, Section 1, 6, Analog Devices, Inc., 1993.

14. Недавні В.С. Функціонально необхідні елементи слідкуючих систем і їх вибір: Навч. Посібник. - К.: УМК ВО, 1991. - 132 с.
15. Електричні_схеми_III_напівпровідники_(Kuphaldt). Режим доступу – [https://ukrayinska.libretexts.org/Робоча_сила/Технологія_електроніки/Книга:_Електричні_схеми_III_напівпровідники_\(Kuphaldt\)/04:_Біполярні_транзистори/4.1](https://ukrayinska.libretexts.org/Робоча_сила/Технологія_електроніки/Книга:_Електричні_схеми_III_напівпровідники_(Kuphaldt)/04:_Біполярні_транзистори/4.1)
16. Електричні_схеми_IV_цифрова_схемотехніка_(Kuphaldt). Режим доступу – [https://ukrayinska.libretexts.org/Робоча_сила/Технологія_електроніки/Книга:_Електричні_схеми_IV_цифрова_схемотехніка_\(Kuphaldt\)/03:_Логічні_ворота/3.10:_Рівні_напруги_логічного_сигналу](https://ukrayinska.libretexts.org/Робоча_сила/Технологія_електроніки/Книга:_Електричні_схеми_IV_цифрова_схемотехніка_(Kuphaldt)/03:_Логічні_ворота/3.10:_Рівні_напруги_логічного_сигналу)
17. Бойко В. І. Основи технічної електроніки: У 2 кн. Кн.2 Схемотехніка: підручник / Бойко В. І., Гурій А. М., Жуйков В. Я. та ін. – К. : Вища школа, 2007. – 510 с.
18. Texas Instruments [Електроний ресурс] / TL494 Pulse-Width-Modulation Control Circuits. Режим доступу: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl494.pdf>
19. Трембач Р.Б. Теорія електричних та магнітних кіл. Навчальний посібник / Р.Б. Трембач–Тернопіль: ТНЕУ, 2015.
20. Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.
21. Коноваленко І. В. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0 : навч. посіб. / І. В. Коноваленко, П. О. Марущак. – Тернопіль : В. А. Паляниця, 2020 – 320 с. <http://library.megu.edu.ua:8180/jspui/handle/123456789/4115>
22. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39189>
23. Капаціла Ю.Б., Савків В.Б. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2025. 60 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48495>

24. Капаціла Ю.Б., Шовкун О.П. Конструкторсько-технологічна практика. Методичні вказівки для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2025. 22 с.
25. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
26. Козбур І.Р., «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
27. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1551>
28. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.
29. Моделювання нелінійних систем керування у пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. - 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28057>

30. Моделювання систем керування в пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. - 23 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28056>
31. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Multisim. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо . - Тернопіль : ТНТУ Імені Івана Пулюя, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26404>
32. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Proteus VSM. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26397>
33. Методичні вказівки до курсового проектування з курсу "Проектування систем автоматизації" / Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Пісьціо В.П. Тернопіль : ТНТУ, 2025. 128 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48646>
34. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
35. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка”. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. – 53 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44635>

36. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. -26 с.
37. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
38. Аналіз стійкості і якості електромеханічної слідкуючої системи. : Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Теорія автоматичного управління», для здобувачів спеціальності 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» освітньо-професійних програм «Комп’ютерно-інтегровані системи автоматики та робототехніки», «Комп’ютеризовані системи управління та прикладне програмування». / укл. І.Р. Козбур, В.П. Пісьціо, В.Б. Савків, П.С. Федорів. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. – 67 с
39. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
40. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня бакалавр усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48496>
41. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної

(дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

42. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
43. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
44. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
45. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018.
46. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем. Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / А. Г. Микитиший, М. М. Митник, О. С. Голотенко, В. В. Карташов. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – 324 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42625>
47. Конспект лекцій з дисципліни «Комп'ютерні системи штучного інтелекту» для студентів спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» денної та заочної форми здобуття освіти / уклад. І. С. Дідич. // ТНТУ. – 2025. – С. 92. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/50293>
48. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>
49. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.

50. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>