

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра автоматизації виробничих процесів

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри автоматизації
виробничих процесів
к.т.н., доцент
_____ Олександр ДІДИК
“ ____ ” _____ 2024р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему

***“ Розробка автоматизованої системи контролю технологічного
процесу провітрювання в вугільних шахтах ”***

Виконав здобувач вищої освіти
групи АК-23М-1
ОПП «Автоматизація та комп’ютерно-
інтегровані технології»
спеціальності 174 «Автоматизація,
комп’ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»
_____ Бузінов А.Г.
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ Пархоменко Ю.М.
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

ЗМІСТ

ВСТУП	2
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	4
2.ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ	9
2.1 Визначення вимог до засобів контролю та місця їх встановлення.....	9
2.2 Аналіз існуючих методів вимірювання концентрації газових сумішей	15
3. ПРИНЦИП ДІЇ КАТАЛІТИЧНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА МЕТАНУ ...	21
3.1 Склад та призначення аналізатора метану	21
3.2 Принцип дії датчика.....	22
3.3 Опис дії газоаналізатора АТ1-1	23
3.4 Особливості газоаналізатора АТ3-1	35
4 ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДАТЧИКА	38
4.1 Розрахунок схеми датчика	38
4.2 Дослідження роботи датчика	42
5 ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ ТА КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ ГІРСЬКИХ ВИРОБНИЧИХ ДІЛЯНОК ШАХТИ	45
5.1 Аналоговий метод передачі даних до диспетчера.....	45
5.2 Фільтрація вхідних даних з використанням перетворень Фур'є	48
5.3 Розробка автоматизованої системи контролю та керування провітрюванням гірничих виробіток шахти	59
ВИСНОВКИ	72
ЛІТЕРАТУРА	73
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Рівень розвитку вугільної промисловості на Україні достатньо високий. Вона повністю забезпечує потреби країни за рахунок власних ресурсів. Проте і аварійність на вугільних шахтах залишається дуже високою. Одною із головних причин такої високої аварійності є перевищення граничного рівня концентрації метану в рудній атмосфері, що часто призводить до раптових та несподіваних вибухів з великим числом жертв.

Технології розробки пластів вугілля і системам провітрювання шахт, здійсненню заходів щодо техніки безпеки присвячені сотні, якщо не тисячі науково-дослідних робіт, книг, статей. Тим не менше, частота вибухів метану з катастрофічними наслідками за останні 17 років збільшується.

У зв'язку з цим, питання провітрювання гірських виробок і ефективного газового захисту набувають ще більшої актуальності.

Тому, задача модернізації шахтного обладнання і вдосконалення автоматизованих систем безперервного контролю рівня метану та керування процесом провітрювання шахт сьогодні набуває особливої гостроти.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності технологічного процесу провітрювання в вугільних шахтах.

Для досягнення мети роботи необхідно було вирішити наступні **задачі**:

- провести аналіз технологічного процесу провітрювання;
- дослідити та систематизувати групи чинників, які впливають на процес провітрювання в шахтних спорудах;
- створити математичну модель датчика метану, провести її моделювання і перевірити її на адекватність;
- розробити структурну схему системи автоматичного керування провітрюванням та принципову схему мікропроцесорної системи підземного замірного пункту;
- знайти оптимальні параметри.

Об'єкт дослідження – система комп'ютеризованого контролю технологічного процесу провітрювання в вугільних шахтах.

Предмет дослідження – автоматизація технологічного процесу провітрювання в шахтних спорудах.

Методи дослідження:

- аналіз літератури та нормативних документів;
- вивчення наукових публікацій, стандартів та нормативних актів, які регламентують вентиляційні процеси у шахтах;
- визначення ключових взаємозв'язків між параметрами вентиляції, безпекою і технічними засобами контролю;
- імітаційне моделювання роботи датчика концентрації газу.

Структура магістерської роботи. Робота складається з вступу, 5 розділів, основних висновків, додатків, списку літератури з ____ найменувань. Загальний обсяг роботи – ____ сторінок.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Як відмічалось, однією із головних причин високої аварійності на вугільних шахтах є перевищення граничного рівня концентрації метану в рудній атмосфері, що часто призводить до раптових та несподіваних вибухів з великим числом жертв [5].

Негативною особливістю метану є постійна тенденція ускладнення провітрювання шахт, у зв'язку із збільшенням глибини, подовженням протяжності мережі гірських виробок і інших чинників [5, 9, 16, 17, 25, 26].

Основні найхарактерніші причини і порушення провітрювання і загазування гірських виробок:

1. Порушення режиму провітрювання через перерозподіл повітря між виробками.

2. Зміна режиму роботи машин видобутку і організації робіт у бік прискорення, неприйняття при цьому відповідних заходів по збільшенню повітря, що подається в забій.

3. Зміна гірничо-геологічних умов. Частіше це буває при розкритті забоєм виробки геологічного порушення

4. Незадовільне управління кривлею. Проведення непланових виробок з подальшою їх ізоляцією без погашення. Метан завжди є у виробленому просторі вентиляційного або конвеєрного штреків лави. Незадовільна ізоляція виробленого простору, наявність пусток, великих витоків повітря є причинами самозагорання вугілля і вибухів метану з припиненням гірських робіт на довгий час в цілому по шахті.

5. Порушення провітрювання тупикових забоїв в результаті зупинки вентилятора місцевого провітрювання, розриву вентиляційних труб, пережому і невчасного їх нарощування в приви́бійному просторі.

6. Низькі швидкості руху повітря по виробці. В результаті недостатньої турбулентності повітряного струменя утворюються шарові скупчення метану високої концентрації, загазовування куполів, тупиків і інших ділянок виробки, що слабо обдуваються.

7. Інтенсивне виділення метану в процесі після виробництва вибухових робіт з відбитого вугілля. Заміряти концентрацію метану і визначати короткочасне загазовування після вибухових робіт через 3-5 хвилин

8. Раптові викиди вугілля і газу, виділення метану.

9. Неправильне розгазування в результаті швидкого витіснення з них метану високої концентрації в діючі виробки.

10. Планові зупинки головних і допоміжних вентиляторів в результаті ревізії, ремонту, демонтажу і перенесення устаткування, реверсії повітряного струменя. Аварії з вентиляторами, електроустаткуванням і електричними мережами.

11. Відсутність на шахтах дегазації. Засобами вентиляції неможливо на деяких шахтах забезпечити концентрацію метану в шахтній атмосфері в межах припустимих норм. Станції дегазації на переважній більшості газових шахт при будівництві проектом не передбачається, а коли в них з'являється необхідність, то швидко побудувати їх неможливо.

12. Незадовільний стан головних вентиляторів, вентиляційної мережі, через порушення схем розкриття, недостатнього перетину вироблень, що приводить до величезних зовнішніх і внутрішніх втрат повітря і не дозволяє збільшити кількість повітря, що подається в шахту.

13. Інженерні помилки в розрахунках, вимірах повітря, зокрема при роботі головних вентиляторів в різних режимах.

14. Неправильно вибраних режим провітрювання при ліквідації аварій, обвалень завалів

15. Незадовільний контроль за провітрюванням гірських вироблень.

Загазування виробіток найчастіше стається не по одній, а двом, трьом і більшому числу перерахованих вище причин [9, 35].

Також треба враховувати, що у зв'язку з інтенсивністю гірничопрохідних і очисних робіт збільшується кількість виділеного метану з гірського масиву і відбитої гірської маси. У окремих шахтах його об'єм досягає $1000-2000\text{м}^3$ на добу, а в очисних забоях в середньому $20-30\text{м}^3$ на 1т добового видобутку. Цей чинник призвів до того, що деякі очисні і підготовчі забої працюють на межах можливості по провітрюванню (наявності вмісту метану на витікаючих потоках до 1-1,3%). Робота постійно на межі припустимого і призводить до вибухів.

При щонайменшому порушенні провітрювання (5-10хв), скупчення метану небезпечної концентрації практично можливе в найрізноманітніших місцях - камерах, забоях і виробках шахти. Реальна і висока вірогідність аварій (загроза) загоряння метану, спалахи або вибухи на шахтах настає в результаті прояву 12-15 джерел відкритого вогню (іскри).

Роботи по дослідженню динаміки концентрації метану у виробках, проведені при викидах, викликаних струшувальними підриваннями по вугіллю на відстані 0,5—9,5м від забою в різних точках перетину виробки показали, що уповільнення спрацьовування пробовідбірників досягають 0,06—25с. Отже, дані про концентрацію метану, отримані при струшувальних вибухах, що супроводжувалися викидами вугілля і газу, будуть прийнятними при вимірюванні малоінерційною апаратурою протигазового захисту від викидів [5,9].

Слід відмітити, що концентрація метану у виробці при струшувальному підриванні, що викликало викид, в початковий період буде дещо вищою, ніж при раптовому викиді. При викидах породи, викликаних струшувальним підриванням, в інтервали часу 0,07с і більше після подачі імпульсу струму у вибухову мережу концентрація метану в забої набагато вища, ніж при викидах газу викликаних при застосуванні інших технологій видобутку. Так, через 0,5с середні значення концентрації метану в забої перевищують 3%, а можливі індивідуальні значення концентрації метану в цей період часу можуть досягати більше 15,5%. Тобто порідні викиди «динамічніші», ніж

вугільні, відносно утворення вибухонебезпечних концентрацій метану в гірських виробленнях.

Аналіз даних показує, що при раптових викидах вугілля і газу, що виникли при технологічних процесах виїмки вугілля, відмінної від вибухової, вказана концентрація метану в забоях (2,5%) з'являтиметься через 4,3с після початку раптового викиду. При цьому швидкість наростання концентрації метану складає 0,5 % у секунду.

Таким чином можна прийти до висновку, що інерційність апаратури протигазового захисту при використанні її для відключення електроенергії під час порідних викидів практично повинна бути нульовою [23].

В той же час модернізація шахтного обладнання в останні роки практично не проводиться через низьку рентабельність вуглевидобувної галузі. Собівартість видобутку тони вугілля складає близько 1200грн., а вартість його реалізації 300-500грн. Третина стаціонарного обладнання, транспортних засобів та техніки для видобутку вугілля відпрацювали свій термін і потребують заміни. Системи проти аварійного захисту також морально застаріли і не відповідають сьогоднішнім вимогам ведення гірничо-видобувних робіт. Серед провідних країн світу Україна посідає 10 місце по видобутку вугілля, а по кількості загиблих в шахтах – одне з перших.

Все вище згадане показує необхідність мати в загальному комплексі засобів автоматичного захисту автономну підсистему безперервного ефективного контролю вибухонебезпечних компонентів повітряного середовища. Така система здатна своєчасно встановити факт, джерело і причини загазованості повітря, вжити необхідні заходи в аварійних ситуаціях, забезпечити можливість автоматичного кондиціонування атмосфери по нормативах вибухонебезпечності.

Аналіз наявних даних підтверджує, що контроль і регулювання атмосфери по газовому чиннику слід здійснювати з урахуванням комплексного показника вибухонебезпеки, що пов'язує концентрацію

горючого інгредієнта, швидкість руху повітря і геометричні розміри приміщення (шахтного забою) [25].

Завдання автоматизації технологічного процесу провітрювання шахт зводиться до подачі й розподілу по виробленнях такої кількості повітря, при якому забезпечується задана продуктивність вибоїв, дотримуються вимоги Правил безпеки й підтримуються оптимальні режими роботи вентиляторних установок. Особливості підземної технології виїмки корисних копалин висувають це завдання в ряд найбільш складних проблем гірничої справи. Труднощі її рішення обумовлені мінливістю топології й параметрів вентиляційних мереж шахт, стохастичним характером аерогазових процесів і наявністю викидів у випадкових функціях регульованих параметрів, великою розгалуженістю й значною кількістю датчиків, використовуваних для контролю параметрів рудничної атмосфери, що збільшує складність систем збору інформації й т.д. Дослідження питань, пов'язаних з автоматизованим керуванням провітрюванням показало, що для рішення цієї проблеми необхідно створити спеціалізовану централізовану автоматизовану систему з використанням засобів ЕОМ. Метою цієї системи буде збір інформації про стан і динамічні параметри (швидкість, зміст метану й т.д.) шахтної атмосфери й видача цієї інформації гірському диспетчерові або операторові АГК й, у випадку виникнення аварійної або непередбаченої ситуації, надання необхідних рекомендацій.

2. ВИЗНАЧЕННЯ ВИМОГ ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ

2.1 Визначення вимог до засобів контролю та місця їх встановлення

Загальні положення

Для забезпечення нормальних умов праці та життєдіяльності шахтарів, безпеки ведення гірничих робіт в шахтах, небезпечних по газу та вугільному пилу, необхідно організувати таку систему вентиляції шахт шляхом зміни подачі та перерозподілу повітря в гірничих виробітках, яка б виключила можливість накопичення та спалахування газу на окремих ділянках.

Шахтна вентиляційна мережа, як об'єкт автоматизованого керування провітрювання являє собою дуже складну систему із-за нестаціонарності і стохастичності процесів, що протікають, багатомірності та просторового розподілення [19, 30, 31. На рисунку 2.1 представлена функціональна схема циркуляції повітря в шахті. Об'єктом керування є вентилятор головного провітрювання (ВГП), який регулює сукупний потік відпрацьованого загазованого повітря та регулятори витрат повітря, що встановлюються на розподільних ділянках вентиляційної мережі.

Для функціонування автоматизованої системи керування провітрюванням необхідно постійно отримувати інформацію по двох параметрах, які характеризують стан рудничної атмосфери: концентрації метану та швидкості руху повітря [33, 36]. Підземні замірні пункти (ПЗП) обладнуються у відповідності з технічною необхідністю та правилами безпеки в гірничих виробітках в місцях заміру цих параметрів: в лаві на ділянках виробітки, на шляху руху свіжого повітря вздовж відкотного штреку, на шляху потоку відпрацьованого повітря вздовж вентиляційного штреку, в місцях розгалуження, біля регуляторів витрати повітря і т.д.

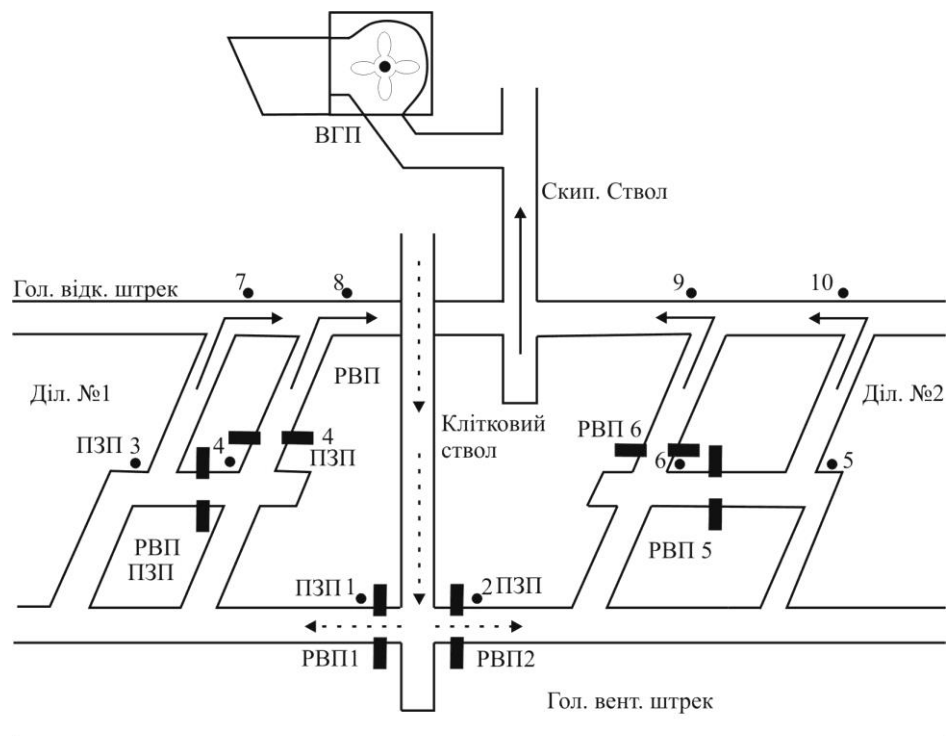


Рисунок 2.1- Схема циркуляції повітря в шахті: ПЗП – підземні замірні пункти; ВГП – вентилятор головного провітрювача; РВП – регулятор витрат повітря; 1-10 – місця встановлення ПЗП

Кількість ПЗП залежить від категорійності шахти по метану. Така багатомірність точок виміру вимагає впровадження централізованої системи контролю та керування з великим числом периферійних датчиків та регуляторів, а також достатньо потужної ЕОМ в диспетчерському пункті.

При контролі вибухонебезпечності, як критерій застосовується поняття вибухонебезпечної концентрації (ВНК) того або іншого компонента, здібного до утворення вибухової суміші.

Місця встановлення підземних замірних пристроїв

Основними джерелами виділення метану в лаві є: виділення метану із забою, з вугілля, що транспортується, суфлярні виділення метану з вугільного пласта.

Контроль концентрації метану в шахтній атмосфері здійснюють як приладами епізодичної дії, так і засобами безперервного контролю вмісту метану. Найефективнішим є безперервний контроль, який виробляють за

допомогою стаціонарної, переносної і вбудованої апаратури автоматичного контролю змісту метану.

Дотримання припустимих норм вмісту метану на шахтах забезпечується комплексом заходів і засобів по провітрюванню гірських вироблень і дегазації вугільних пластів і вміщуючих порід. Контроль концентрації метану в атмосфері копальні здійснюють як приладами епізодичної дії, так і засобами безперервного контролю вмісту метану [28]. Найбільш ефективним є безперервний контроль, який проводять за допомогою стаціонарної, переносної і вбудованої апаратури автоматичного контролю вмісту метану (АКМ). Існуючі засоби АКМ оснащені датчиками, які визначають концентрацію метану тільки в місці установки їх (практично в точці), тому істотну роль в забезпеченні ефективності АКМ грає місце розташування датчиків [16, 17, 19].

Точки, в яких повинні проводитися виміри і братися проби повітря:

- головні вентиляційні виробки із струменем, що поступає, якомога ближче до входу стовбура або до кінця шляху, ведучого на поверхню;
- всі роздільники основного вентиляційного струменя повітря якомога ближче до точки розгалуження;
- якщо роздільник вентиляційного струменя обслуговує робоча ділянка, тоді: у 50м від першого робочого місця, на яке поступає повітря; у 50м від останнього робочого місця, після якого повітря покидає робоча ділянка;
- вентиляційна виробка з витікаючим струменем ділянки якомога ближче до місця стику з головною вентиляційною виробкою з витікаючим струменем:

Згідно чинних інструкції датчики повинні встановлюватися в наступних точках (див. рисунки 2.1 та 2.2):

- 1) на відкочувальному штреку. Встановлюється на штреку між лавою і розподільним пунктом. Місце розташування датчика не більше 50 м від лави під крівлею;

2) в призабійному просторі. Встановлюється на відстані 5м від забою під кривлею на стіні, протилежній повітряному потоку;

3) в тупику штреку. Встановлюється під кривлею в тупику вентиляційного штреку, який не може бути більш 6м;

4) у струмені, що витікає по вентиляційному штреку. Встановлюється під кривлею на відстані 20м від сполучення вентиляційного штреку і іншої виробки.

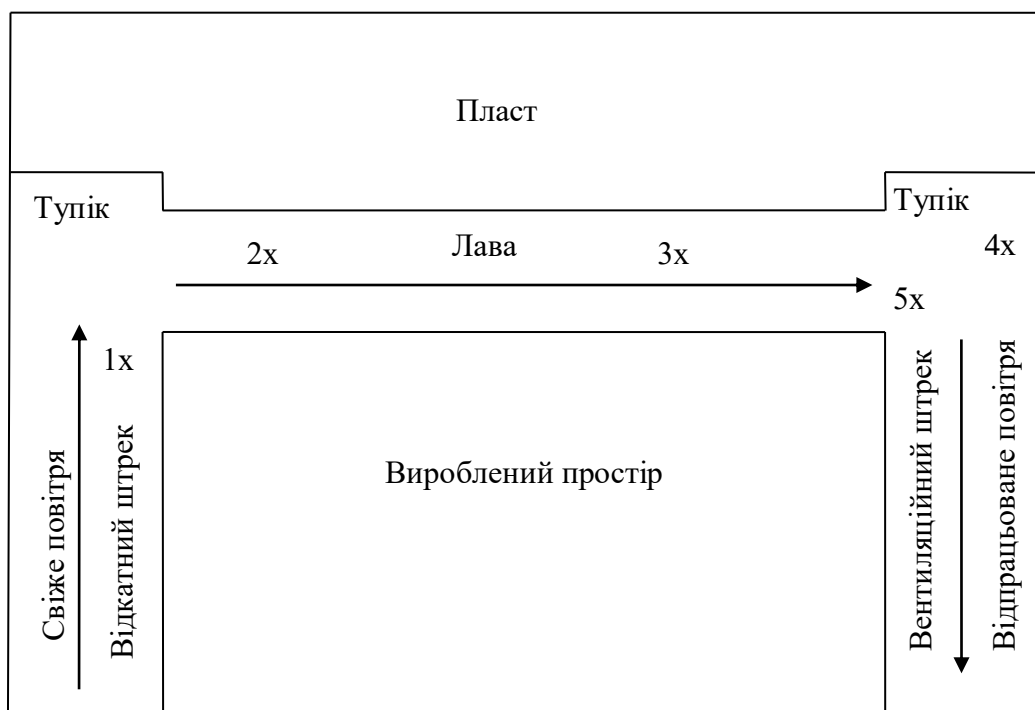


Рисунок 2.2 - Місця розташування датчиків

Гірничо-технічні умови застосування аналізаторів метану

Аналізатори метану призначені для застосування в підземних виробках вугільних шахт, небезпечних по газу, в яких „Правилами безпеки в вугільних і сланцевих шахтах” припустиме застосування електрообладнання у виконанні РВ і РО. Умови застосовування аналізаторів мають наступні обмеження [16, 17]:

- температура зовнішнього середовища від 5 до 35% °С;
- відносна вологість оточуючого середовища до 100% при температурі 35°С;

- зміна напруги живлячої мережі від номінального значення від 0,85 до 1,1;
- атмосферний тиск від 87,8 до 119,7кПа (від 660 до 900мм рт. ст.);
- об'ємний рівень вуглекислого газу – не більше 2%;
- швидкість руху газоповітряного потоку до 8 м/с;
- зміна просторового положення датчик і будь-якому напрямку від горизонтально вісі – не більше 90°;
- запиленість атмосфери – не більше 1 г/куб. м.

Вимоги до параметрів виміру:

- верхня межа діапазону вимірів об'ємного рівня метану – 2,5%;
- об'ємний рівень метану, при якому спрацьовує виконавчий пристрій – 0,5; 0,7; 1,0; 1,3; 2,0%;
- межа припустимої основної абсолютної похибки аналізаторів – 0,2%;
- межа припустимої основної абсолютної похибки спрацьовування аналізаторів по показам перетворювача – 0,2%;
- витримка часу на видачу попереднього сигналу – (17 ± 3) хв.;
- напруга живлення змінного струму при частоті (50 ± 1) Гц – 36, 127, 220В.

Опір ізоляції струмопровідних частин аналізаторів метану повинний бути [28]:

1. При відносній вологості оточуючого середовища до 80% і температурі (20 ± 5) °С не менше 40МОм;
2. При відносній вологості оточуючого середовища до 100% і температурі (35 ± 2) °С не менше 0,3МОм;

Вимоги до функціональних можливостей аналізаторів метану

Аналізатори метану повинні забезпечувати:

1. Безперервний автоматичний контроль об'ємного рівню метану в місці встановлення;

2. Видачу сигналу на автоматичне відключення електричного живлення контролюваного об'єкту при досягненні межі припустимого ступеня об'ємного рівня метану або несправності функціонування ланцюгів;

3. Видачу сигналу на попереднє відключення окремого механізму ділянки (комбайна, вантажної машини тощо) з витримкою в часі;

4. Безперервну світлову та звукову сигналізацію відповідно до ГОСТ 24032-80;

5. Дистанційний візуальний контроль об'ємного рівня метану по вказівному пристрою апарату сигналізації;

6. Можливість передачі диспетчеру безперервного уніфікованого сигналу про об'ємний рівень метану;

7. Можливість передачі диспетчеру дискретної телесигналізації про нормальну роботу аналізаторів, граничний припустимий об'ємний рівень метану та обрив ліній телевимірювання;

8. Телефонний зв'язок між перетворювальним апаратом сигналізації і пультом диспетчера.

Перелік функцій системи автоматичного керування

Для реалізації зазначених критеріїв керування система автоматизації повинна виконувати ряд функцій, які можна розбити на наступні основні групи:

- збір і контроль інформації про стан параметрів шахтної атмосфери й технічних засобів автоматизації (датчиків, каналів зв'язку, регуляторів і т.д.);
- аналіз стану провітрювання й розрахунок керуючих впливів;
- відображення інформації про стан провітрювання й інформації про роботу системи;
- обробка керуючих впливів технічними засобами.

До першої групи функцій відносяться наступні:

- контроль концентрації метану й швидкості повітря, на ділянках гірських виробіток визначених «Правилами безпеки для вугільних і сланцевих шахт»;

- контроль режиму роботи ВГП - подачі та депресії;
- контроль за станом регуляторів витрати повітря (РВП).

Другу групу функцій становлять:

- попередня обробка й запис оперативної інформації;
- аналіз відхилень параметрів шахтної атмосфери від номінальних значень;
- формування записів про стан провітрювання: оцінка часу,

концентрація метану на ділянках, швидкості й т.д.;

- вибір режимів керування;
- розрахунок керуючих впливів на ВГП і РВП;
- прогноз аерогазового стану в шахті при реалізації керуючого впливу й видача на екран дисплея гірського диспетчера відповідної інформації.

Третю групу функцій становлять:

- відображення інформації про стан аерогазового стану в шахті; - вироблення попереджуючих повідомлень про аварійну ситуацію провітрювання й відмовах технічних засобів;
- друк протоколів про аерогазовий стан (на вимогу диспетчера); До четвертої групи функцій відноситься обробка керуючих впливів регулятором вентилятора головного провітрювання й приводом РВП.

2.2 Аналіз існуючих методів вимірювання концентрації газових сумішей

В даний час одним із найбільш поширених методів контролю стану навколишнього середовища є газова хроматографія [19, 28, 33]. Хроматографія – гібридний метод: спочатку потік аналізованого газу, що проходить через колонку поділяється на окремі компоненти, а потім детектор, розташований після хроматографічної колонки, визначає вміст різноманітних сполук у потоці газу-носія. Газохроматографічний детектор

являє собою вимірювальний прилад, що виявляє присутність у газі-носієві компонентів, які відрізняються від носія за хімічним змістом і перетворює цю інформацію в електричний сигнал.

До переваг газохроматографічних методів можна віднести високу селективність і точність. В основному це пов'язано з гарною пропрацьованістю методів інтерпретації результатів вимірів. Як конструкція детекторів так і методи опрацювання результатів, розроблялися на протязі десятків років і в даний час розроблені високочутливі методи, що дозволяють виявити навіть надзвичайно малі концентрації речовини. Проте ці результати, отримані за рахунок надзвичайно складних конструкцій газових хроматографів, робота яких потребує великих витрат часу та висококваліфікованого персоналу.

У випадку, коли можна обійтися невисокою точністю й селективністю застосовують газові датчики, що виробляють більш-менш специфічні для різноманітних речовин електричні сигнали. Ці датчики, в залежності від різноманітних фізичних ефектів, на який заснована їхня дія, а також хімічних властивостей досліджуваних речовин, поділяються на: фотоколориметричні, електрохімічні, іонізаційні, хемілюмінесцентні і флуоресцентні, лазерні, оптико-акустичні, оптико-абсорбційні, термokatалітичні та ін..

Дія фотоколориметричних газоаналізаторів заснована на кольорових виборчих реакціях між реактивом-індикатором в розчині, на стрічці або спеціальному порошку і аналізованим компонентом газо-повітряної суміші. При цьому мірою концентрації компоненту, що визначається, є інтенсивність забарвлення продуктів реакції, що утворюються. Фотоколориметричні газоаналізатори володіють достатньо високою чутливістю і вибірковістю, що досягається вибором характерного хімічного реактиву, що використовується для приготування індикаторного засобу.

Перевагою фотоколориметричного методу є можливість створення на його основі універсальних конструкцій, оскільки один і той же прилад з

різними індикаторними розчинами може бути використаний для визначення різних шкідливих речовин. За принципом дії фотоколориметричні

газоаналізатори підрозділяють на рідинні, стрічкові і порошкові.

З електрохімічних методів аналізу для створення автоматичних газоаналізаторів найбільш широко використовують кулонометричні і кондуктометричні методи. Великі можливості кулонометричних газоаналізаторів дозволяють мати декілька діапазонів вимірювання, що охоплюють концентрації як на рівні ВНК в атмосферному повітрі, так і при значних перевищеннях ВНК. Такий газоаналізатор застосовують в стаціонарних умовах і в умовах пересувних лабораторій. Принцип дії газоаналізатора заснований на методі потенціостатичної амперометрії, що полягає у вимірюванні струму електрохімічного осередку.

Термокондуктометричний ДМ – забезпечує безперервне вимірювання рівня метану в шахтній атмосфері в межах 0-99%. Максимальна похибка вимірювання -10%. Застосовується в апаратурі вимірювання і контролю вмісту метану в дегазаційній мережі. Рівень і вид вибухозахисту РВ, ЗВ, РО, Іа. Розробка Національного гірничого університету (м. Дніпропетровськ). Серійно випускається стаціонарний термокондуктометричний газоаналізатор метану АГ-0012 (0-100% об.). Так як похибка вимірювання дорівнює 10%, використання такого датчика для точних вимірювань прямо в виробітках не допустимо.

Іонізаційний спосіб газового аналізу заснований на залежності іонного струму, що виникає в процесі іонізації досліджуваного газу, від змісту, контрольованого компонента. З відомих способів іонізації газів (іонізація полум'ям, тліючим розрядом, радіоактивним випромінюванням і опромінюванням короткохвильовим світлом) при розробці газоаналізаторів найчастіше використовують іонізацію полум'ям і радіоактивне випромінювання.

Перевагами іонізаційного методу є низький поріг чутливості, широкий діапазон вимірювання, достатня надійність і стабільність роботи, швидкодія,

можливість створення датчиків для систем газового контролю з уніфікованим електричним сигналом. Основний недолік полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів полягає в їх низькій вибірковості до окремих органічних компонентів при їх сумісній присутності.

Принцип роботи хемілюмінесцентних газоаналізаторів заснований на вимірюванні інтенсивності люмінесценції продуктів хімічної реакції компоненту, що визначається, з реагентом, а флуоресцентних - на вимірюванні інтенсивності флуоресценції визначуваного компоненту під дією УФ-випромінювання.

Лазерний газоаналізатор призначений для вимірювання концентрації метану в атмосферному повітрі. Входить до складу пересувних лабораторій для оперативного обстеження трас магістральних і міських газопроводів з метою виявлення витoku газу. Принцип дії газоаналізатора заснований на лазерному прямому методі абсорбції вимірювання, який полягає в резонансному поглинанні випромінюванні метану. Як джерело випромінювання використовують газовий лазер, частота випромінювання якого співпадає з частотою резонансного поглинання випромінювання метаном. Такий збіг забезпечує високу вибірковість і чутливість вимірювання.

Оптико-акустичний метод ґрунтується на наступному фізичному явищі. Якщо газ, здатний поглинати інфрачервоне проміння, помістити в закритий об'єм, і подіяти впливом потоку інфрачервоної енергії, то за деякий проміжок часу газ нагрівається до деякої температури, яка визначається умовами теплопередачі. Також одночасно збільшується тиск газу. Коли потік зупиняється з деякою частотою за допомогою обтюратора, газ в закритому об'ємі періодично нагрівається і охолоджується, виникають коливання температури і тиску газу, які можуть бути сприйняті чутливим елементом газоаналізатора. До цього класу відноситься і стаціонарний інфрачервоний оптико-акустичний газоаналізатор метану ГАММА-100 (0-500 ppm 0-100 %).

Принцип роботи оптико-абсорбційних [30] датчиків базується на зміні провідності тонко плівкового напівпровідникового чутливого елемента при абсорбції на його поверхні газових компонентів. До цього класу відносяться стаціонарні інфрачервоні датчики – газоаналізатори метану: оптико-абсорбційний ДАК-СН4-100, 0-100% НКПР (використовується з блоком БПС21 або в системі СКАПО та АК-СН4-100(В,Н), 0-100% НКПР (вибухозахищене виконання, напруга живлення від 11 до 16В, від 10 до 18В або від 18 до 36В, діапазон температур навколишнього середовища від -40С до +50С, від +1 до +70С).

В даний час найбільше поширення набули прилади і апаратура, засновані на термокаталітичному принципі. Термокаталітичні датчики метану і побудовані на їх базі газоаналізатори, сигналізатори і інші прилади визначення процентного змісту метану в копальневій атмосфері (метанометри) використовуються для контролю вибухонебезпечних концентрації метану в діапазоні від 0 до 4%.

Принцип дії таких датчиків базується на безпламеневому спалюванні (окисленні) метану на поверхні каталітично активного елемента і вимірюванні кількості виділеного при цьому тепла, яке при підтримці постійності умов теплообміну пропорційно концентрації метану в аналізованому повітрі.

В якості каталітично активного елемента у деяких термокаталітичних газоаналізаторів застосовується спіраль з платинового дроту, розжарена електричним струмом до температури 700—800°С. Останніми роками використовуються низькотемпературні каталітично активні елементи, засновані на використанні каталітичних покриттів, що наносяться на термостійкі носії з широко-розгалуженою поверхнею. Серійно виробляються датчики метану стаціонарні типу ДМС-01 з термокаталітичним (0-5% об.) та термокондуктометричним (5-100% об.) чутливими елементами.

Останній тип датчика покладений в основу роботи аналізаторів метану, які входять до складу діючих систем автоматичного контролю концентрації газу в шахтних виробітках та керування процесом їх провітрювання.

3. ПРИНЦИП ДІЇ КАТАЛІТИЧНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА МЕТАНУ

3.1 Склад та призначення аналізатора метану

До останнього часу на шахтах України широко використовується аналізатор метану термокatalітичний швидкодіючий (АТШ), який є складовою частиною системи диспетчерського керування провітрюванням і призначений для безперервного централізованого телеавтоматичного контролю об'ємної частки метану, швидкості її наростання в гірських виробленнях шахт, розробляючи пласти, небезпечні раптовими викидами вугілля і газу, видачі команд на відключення електроживлення контрольованої ділянки при перевищенні гранично припустимих норм об'ємної частки метану й швидкості її наростання [4].

До складу аналізаторів метану АТ1-1 та АТ3-1 входять:

- апарат сигналізації АС.8 (АТ1-1), АС.9 (АТ3-1);
- від одного (АТ1-1) до трьох (АТ3-1) перетворювачів параметрів вимірювальних ППВ,
- від одного (АТ1-1) до трьох (АТ3-1) датчиків метану виносних ДМВ;
- сирена іскробезпечна СИ-1;
- дві трубки телефонні іскробезпечні ТИТ-1.

Вироби, які входять до складу аналізаторів метану, мають вибухозахищене виконання з наступними видами вибухозахисту.

Аналізатори метану АТ1-1 та АТ3-1 забезпечують:

- безперервний автоматичний контроль об'ємної частки метану в місцях установки датчиків;
 - видачу сигналу на відключення електричного живлення
- ДЕРЖСТАНДАРТ 24032-80;

- переривчасту звукову й світлову сигналізацію при швидкості наростання об'ємної частки метану від (0,1-0,2) % за 1с і вище;
- дистанційний візуальний контроль об'ємної частки метану по приладі відображення;
- можливість передачі диспетчерові безперервного уніфікованого сигналу про об'ємну частку метану;
- можливість передачі диспетчерові дискретної телесигналізації про нормальну роботу аналізатора, гранично припустимій об'ємній частці метану або швидкості її наростання й обриві лінії телевимірювання;
- телефонний зв'язок між абонентами й перетворювачами ППВ, апаратом АС-7 і диспетчером.

3.2 Принцип дії датчика

Кількісний вміст метану в повітрі визначається шляхом безполуменового спалювання метану на поверхні платин-паладієвого каталізатора при температурі 400С і виміром тепла, що при цьому виділилося. Процес перетворення теплового сигналу, пропорційного об'ємному рівню метану в електричний здійснюється датчиком, що працює наступним чином: тепло, виділене при згорянні метану, підвищує температуру робочого елементу, яка вимірюється платиновим термометром опору, включеним в плече вимірювального мосту. В інше плече мосту включений порівнювальний елемент, однаковий за конструкцією з робочим, але не володіє каталітичними властивостями.

Сигнал, пропорційний концентрації метану, формується на каталітично активному елементі за рахунок підвищення температури на поверхні елементу до $400^{\circ} \div 800^{\circ}$ внаслідок окислення метану і зміни опору спіралі з платинового дроту, що характеризується досить високим значенням температурного коефіцієнту опору.

Таким чином, приріст опору платиного дроту R пропорційний концентрації метану. Вимірювання величини R здійснюється шляхом підключення платинової спіралі в одне з плечей мостової вимірювальної схеми. Для компенсації зміни навколишньої температури, тиску і інших, не вимірюваних параметрів атмосфери, в суміжне плече мостової вимірювальної схеми підключається компенсаційний елемент, який по своїх характеристиках і конструктивному виконанні аналогічний каталітично активному елементу і відрізняється тільки відсутністю активного покриття і метан на ньому не окислюється. Каталітично активний і компенсаційний елементи поміщаються в реакційну камеру і утворюють датчик метану.

Наявність метану в повітрі викликає різне нагрівання робочого та порівняльного елементів, що призводить до неоднакової зміни опорів цих елементів і порушенню балансу мостової схеми. Сигнал із мостової схеми підсилюється в перетворювачі параметрів вимірювання ППВ і при наявності метану в кількості, що перевищує встановлені норми, надходить до апарату сигналізації для відключення електричного живлення контролюваного об'єкту. Підсилений електричний сигнал від датчика транзитом через апарат сигналізації може передаватися диспетчерові.

3.3. Опис дії газоаналізатора АТ1-1

Розглянемо роботу газового аналізатора АТ1-1, в якому використовується принцип каталізу. Аналізатори цього типу отримали найбільше поширення.

Принцип дії аналізаторів заключається в обробці електричних сигналів, які поступають від чутливих елементів датчика, та передачі цих сигналів на апарат сигналізації.

Датчик ДМВ призначений для безперервного контролю об'ємного рівня метану, перетворення його в електричний сигнал і передачі цього сигналу на перетворювач ППВ.

Перетворювач ППВ призначений для живлення датчика ДМВ, прийому від нього сигналу про об'ємний рівень метану, перетворення цього сигналу в уніфікований для передачі його в апарат сигналізації і видачі сигналу на відключення електричного живлення контрольованого об'єкту при

перевищенні допустимої межі об'ємного рівня метану.

Апарат сигналізації АС.8 призначений для живлення перетворювача ППВ. Апарат сигналізації АС.9 призначений для живлення трьох перетворювачів ППВ.

У конструкційному виконанні апарат АС.9 аналогічний апарату АС.8.

Трубка телефонна іскробезпечна призначена для здійснення місцевого телефонного зв'язку між апаратом сигналізації і пультом у диспетчера.

Сирена іскробезпечна СИ-1 слугує для подачі звукового сигналу при досягненні гранично допустимого об'ємного рівня метану в місці встановлення датчика ДМВ.

При включенні блоку сигналізації АС.8 (Рис. 3.1) напруга 36, 127, 220 або 380В змінного струму через контакти блокувального роз'єднувача Т1 и запобіжник F1 надходить на вхід трансформатора Т1. Із вторинної обмотки трансформатора напруга 127В надходить на вхід феррорезонансного стабілізатора А1-1. З виходу стабілізатора (клеми а1, b1 роз'єму XS1) іскробезпечна напруга 52В надходить на панель зажимів контактних ХТ1 (клеми 1, 2) і використовується для живлення перетворювача ППВ. Напруга 24 В із обмотки 03-24 трансформатора Т1 надходить до блоку живлення сирени А1.2 і блоку елементів А1.3. Блок елементів слугує для живлення реле К1, ламп Н1, світлодіода Н2, генератора сигналів А1.4 і складається із випрямляча на діодах VD1, VD2, мультівібратора на мікросхемі DA1 і транзистора VT1.

Зв'язок перетворювача ППВ з апаратом АС.8 здійснюється чотирьохжильним телефонним кабелем. Однією парою жил від апарату АС.8 подається напруга живлення і здійснюється видача сигналу на попереднє відключення окремого механізму ділянки (комбайну, вантажної машини тощо) із витримкою у часі (перший поріг спрацювання) і видачу сигналу без витримки на відключення електричного живлення контролюваного об'єкта

(другий поріг спрацювання).

По другій парі жил передається телеметрична інформація про об'ємний рівень метану і телефонний зв'язок.

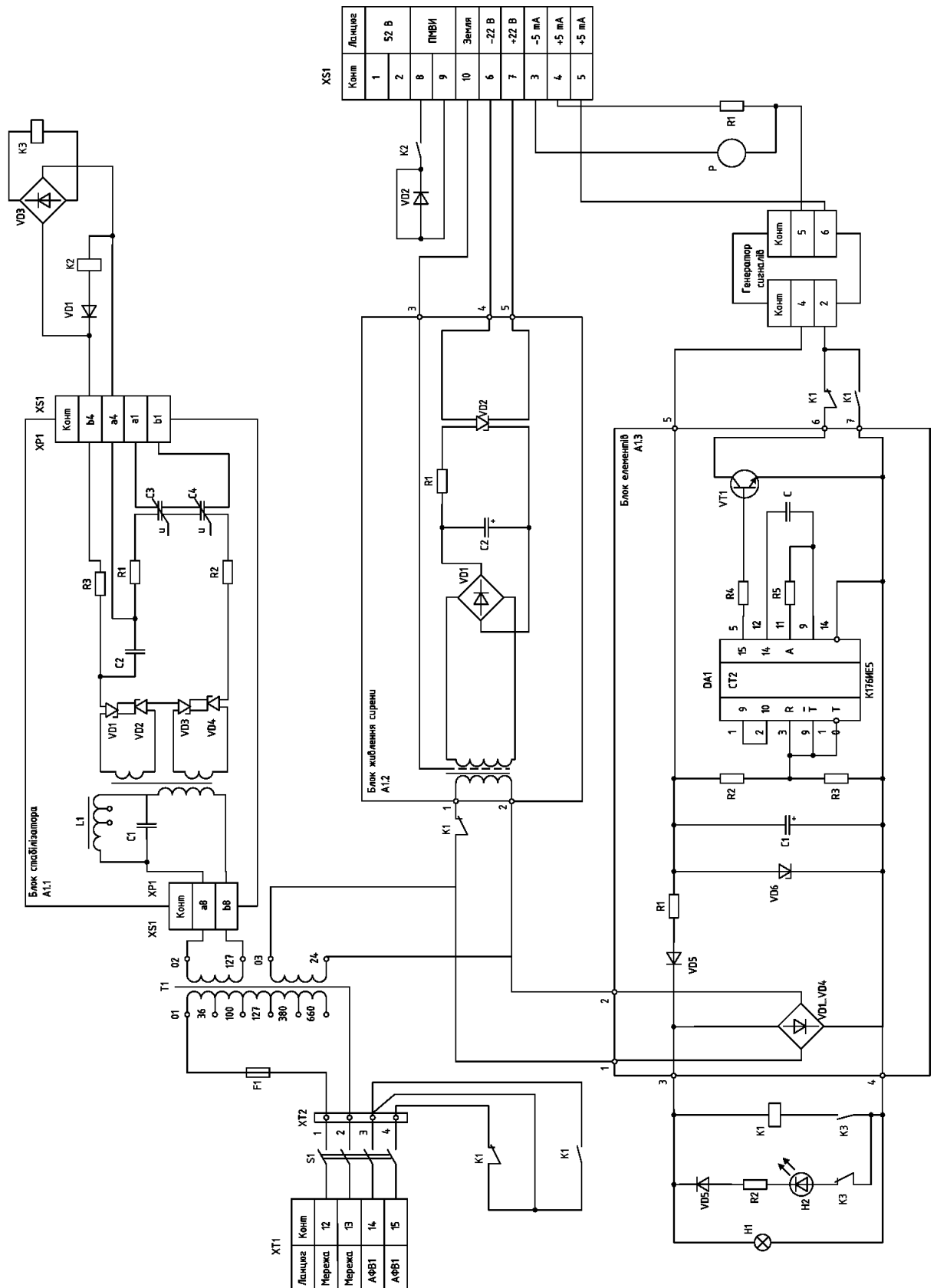


Рисунок 3.1 - Апарат сигналізації АС.8

Живлення перетворювача ППВ здійснюється змінним струмом частотою 50 Гц від блоку стабілізатора А1.1, а передача сигналів керування

здійснюється по цій самій лінії накладенням постійного струму. Для першого порогу використовується ланцюг, що складається із оптрона VD5 і резистора R37, що знаходяться в ППВ, діоду VD1 і реле K2, що знаходяться в апараті АС.8. Для видачі сигналу відключення ділянки (другий поріг) передбачений ланцюг із VD6, резистора R37, випрямляючого блоку VD3, реле K3.

Для розділення перемінної і постійної складової струму в блоці стабілізатора А1.1 і блоці живлення А2.2 перетворювача ППВ існують розділяючі конденсатори С2. Змінний струм, що живить перетворювач ППВ, проходить обидва конденсатора, при цьому реле K2 і K3 на цей струм не реагують.

Із блоку живлення А2.2 (Рис. 3.2) перетворювача ППВ (контакти А3, А4 роз'єму ХР4) напруга 1,9-2,1 В подається на вимірювальний міст, що складається із робочого R2 і порівнюючого R3 елементів датчику ДМВ і плечових резисторів R4 та R5, що знаходяться у перетворювачі ППВ.

Напруга +14, -14, +5, -5 В і змінна 3 В надходять до виконавчого блоку та блоку сигналізації та індикації.

Величини напруг можуть відхилятися від наведених значень в межах $\pm 20\%$ в залежності від довжини лінії зв'язку між апаратом АС.8 і перетворювачем ППВ.

Початкове урівноваження мостової схеми (при відсутності метану) виконується за допомогою змінного резистора R1, розташованого у блоці А2.3. Блок виконавчий А2.1 (Рис. 3.3) призначений для підсилення сигналу мостової вимірювальної схеми, його випрямлення, підсилення і перетворення в сигнал постійного струму 0-5 мА.

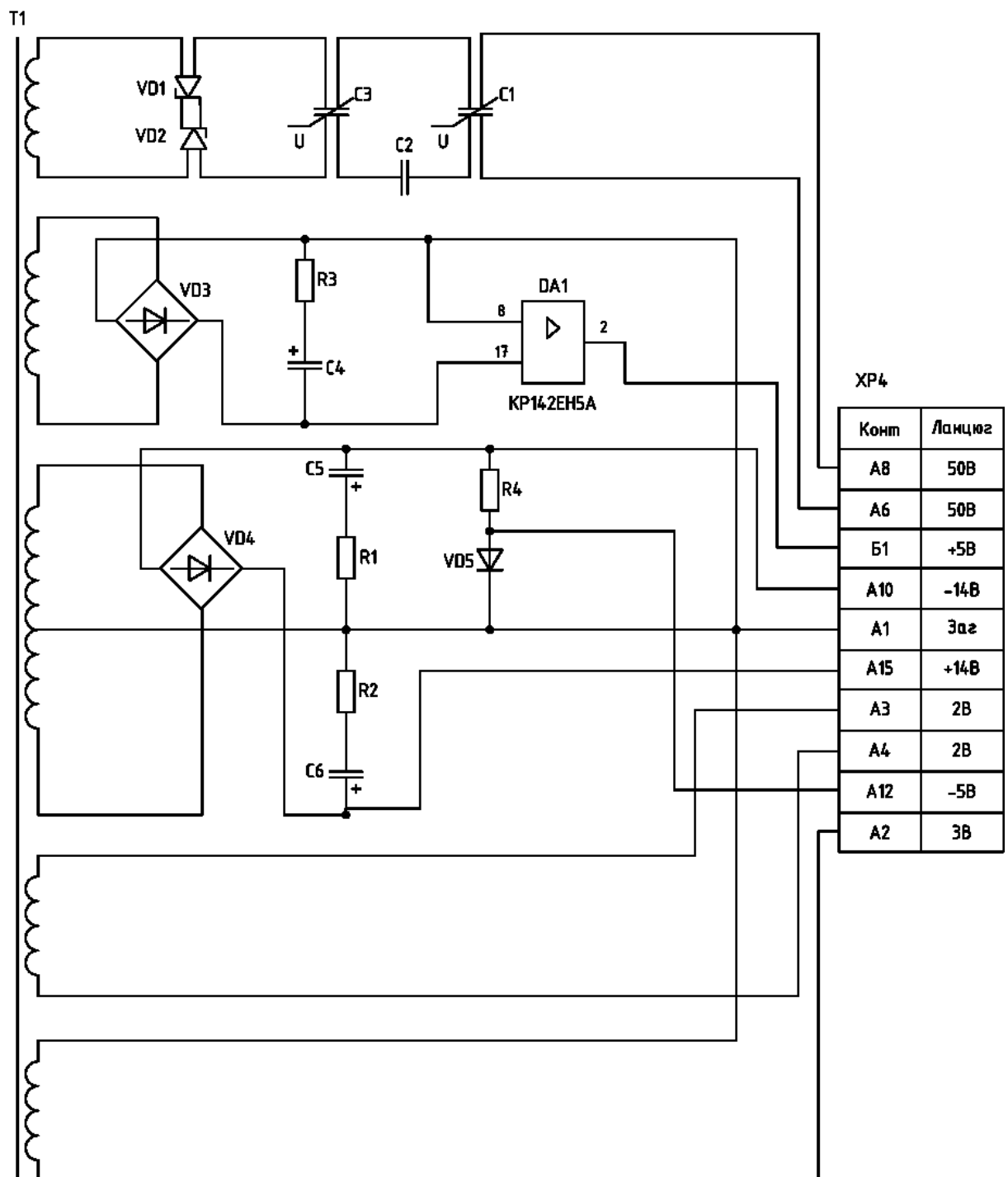


Рисунок 3.2 - Блок живлення А2.2

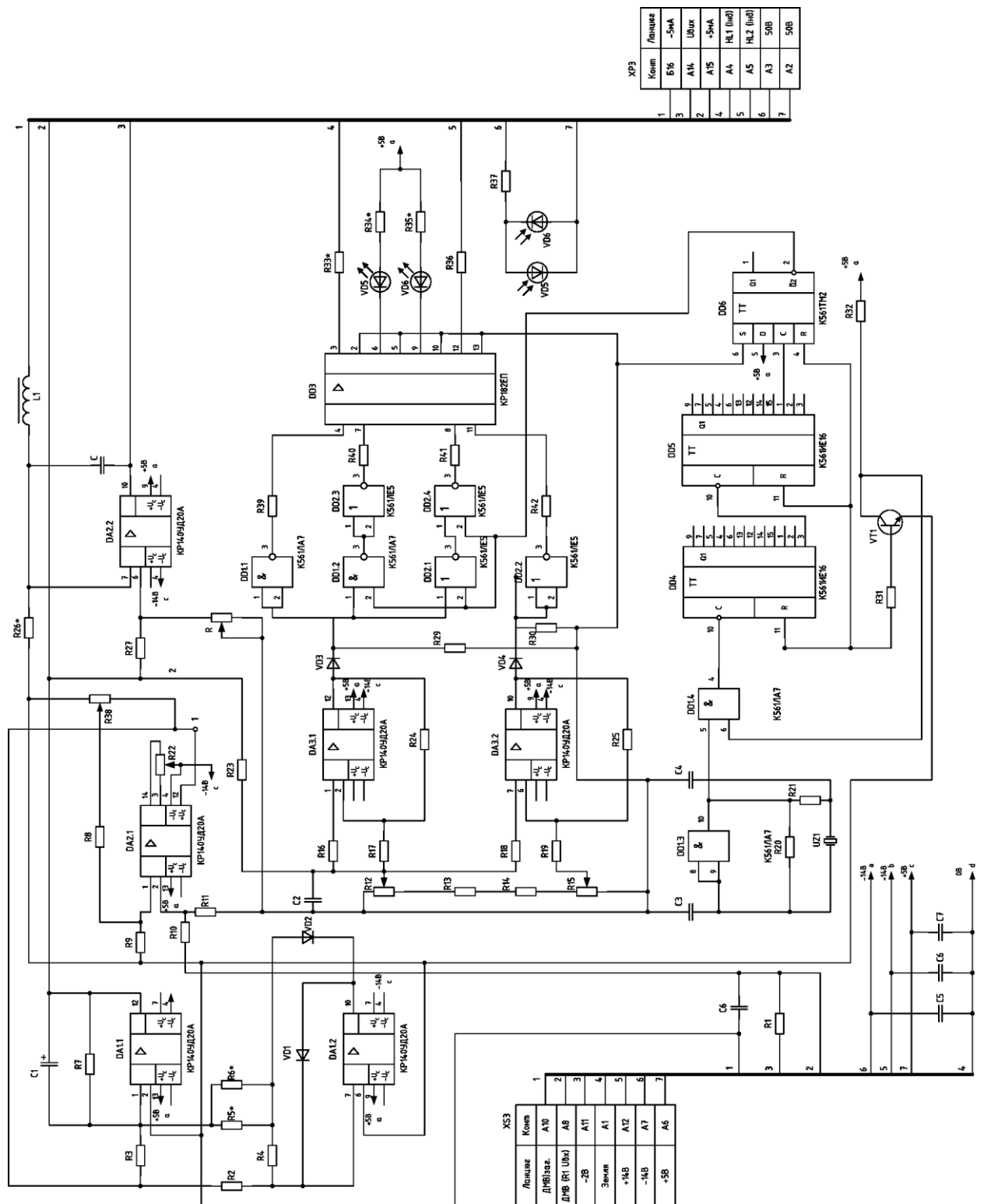


Рисунок 3.3 - Блок виконавчий 2.1

Крім того, блок А2.1 забезпечує обробку вхідного сигналу, формування команд відключення за першим і другим порогами і формування команд на включення сигнальних світлодіодів HL1 і HL2 (1П, 2П), при чому відключення по першому порогу відбувається із затримкою по часу.

Змінний вихідний сигнал порядку 0-25мВ (що відповідає об'ємному рівневі метану 0-2,5%) із мостової вимірювальної схеми, зашунтованої градуированим резистором R2, надходить на вхід 2 підсилювача DA2.1. Змінним резистором R22 здійснюється балансування зміщення нульового рівня підсилювача при відсутності метану. Перемінним резистором R38 встановлюється такий коефіцієнт підсилення, щоб сигнал на виході випрямлювача (контрольна точка 2) відповідав об'ємному рівневі метану: наприклад, при 2,5% (вихід із мостової схеми приблизно 256 мВ) вихідний сигнал встановлюється 2,5%. Із виходу підсилювача DA2.1 (контрольна точка 1) сигнал надходить на вхід пристрою виділення модуля абсолютного значення сигналу, зібраного на двох операційних підсилювачах DA1.1 і DA1.2, діодах VD1, VD2, резисторах R2-R7. Цей пристрій являє собою двох-напівперіодний активний випрямляч з діодом, включеним в ланцюг від'ємного зворотного зв'язку, і працює наступним чином. На мікросхемі DA1.2 зібраний одно-напівперіодний випрямляч з одиничним підсиленням, який дає на своєму виході (вихід 10) від'ємний вихідний сигнал при додатних напівхвилях вхідного сигналу. Від'ємні напівхвилі сигналу через резистори R5 і R6 надходять на інверсний вхід підсилювача DA1.1, а через резистор R3 на даний вхід надходить весь вхідний сигнал. Сигнали додаються і на виході DA1.1 (вивід 12) з'являються тільки додатні імпульси напруги, які послідовно повторюють по формі додатні і від'ємні напівхвилі вхідного сигналу. Паралельно резистору зворотного зв'язку R7 інверсного підсилювача DA1.1 підключений конденсатор C1, який утворює разом із резистором фільтр нижніх частот, і на виході DA1.1 – постійну напругу, пропорційну вхідному сигналові з мостової вимірювальної схеми.

З виходу випрямляча (точка 2) сигнал надходить на вхід телеметричного підсилювача DA 2.2, вхід порогового пристрою DA 3.1, DA 3.2 і на вхід аналого-цифрового перетворювача DD.1 блоку сигналізації і індикації. Телеметричний підсилювач, зібраний на мікросхемі DA2.2, являє собою стабілізатор струму. Рівень вихідного струму регулюється перемінним резистором R28. При напрузі на виході випрямляча (точка 2) 2,5 В на вказівнику метану апарату повинний бути об'ємний рівень метану 2,5%, що відповідає струмові 5 мА. Дросель L1 і конденсатор C5 затримують частоти 14, 20, 26 кГц, що потрапляють з апарату при роботі при роботі аналізатора зі стійкою СПИ-1. Порогові пристрої зібрані на мікросхемах DA3.2 і DA3.1. Опорна напруга на неінвертуючих входах 6, 2, який відповідає настройкам спрацьовування, встановлюється за допомогою перемінних резисторів R15, R12. Наприклад, якщо необхідно встановити спрацьовування першого порогу на 1%, а другого – на 1,3%, необхідно на виходах мікросхеми 6 і 2 встановити резисторами R15 і R12 відповідно 1 В і 1,3 В. Якщо величина вхідного сигналу менша вибраної настройки спрацьовування, тобто менше опорної напруги, то на виході мікросхем виводів 10,12 додаткова напруга практично дорівнює напрузі живлення, тобто на виході – сигнал логічної одиниці. При перевищенні вхідним сигналом опорної напруги на виході мікросхем стрибкоподібно встановлюється від'ємна напруга, яка обмежується на нульовому рівні діодами VD3, VD4, тобто на виході встановлюється сигнал логічного нуля.

Вихід пристрою першого порогу (мікросхема DA3.1) підключений до пристрою формування затримки у часі, вихід якого (вивід 2 мікросхеми DD6) підключений до пристрою формування команд, який складається із логічних елементів DD1.2, DD2.1, DD2.2, DD2.3 і транзисторних ключів DD3, у навантаження яких включені випромінювачі тиристорних оптронів VD5 і VD6. Фотоприймачі оптронів включені в протифазі в ланцюг живлення перетворювача ППВ.

Пристрій формування команд працює наступним чином.

При вмісті метану в місці контролю нижче за обидві установки спрацьовування на виходах порогових пристроїв DA3.1 та DA3.2 – сигнал логічної одиниці. На обидвох входах DD1.2 – одиниці, на його виході – нуль, на виході інвертора DD2.3 – одиниця, тривипряляє струм, постійна складова якого по лінії зв'язку подається на реле K2, K3 апарату A1. Напрямок струму такий, що реле K2 і K3 включаються. На входах елементу DD2.1 – одиниці, на його виході, а отже на першому вході DD2.2 – нуль, на другому вході цього елемента – одиниця, так як він паралельний із другим входом елементу DD2.1 і на виході DD2.2 – нуль, транзисторний ключ, підключений до виходу цього елемента, закритий, а отже закритий оптрон VD6.

Якщо об'ємний рівень метану перевищив лише нижній поріг, то на виході порогового пристрою DA3.2 встановиться сигнал логічного нуля. Цей нуль через обраний час встановиться на виході пристрою затримки (вивід 2) DD6 і на входах логічних елементів. Тепер на одному вході логічного елемента DD1.2 - сигнал логічної одиниці, а на другому – логічного нуля, отже на його виході – одиниця, на виході інвертора DD2.3 – нуль, транзисторний ключ закритий і оптрон VD5 також закритий. На одному вході першого елемента DD2.1 – одиниця, а на другому вході – нуль, отже на виході і на першому вході другого елемента DD2.2 – нуль, і на другому вході DD2.2 також нуль, тоді на виході DD2.2 – одиниця, транзисторний ключ, підключений до цього виходу, включений, також включений світлодіод оптрона VD6, і його фотоприймач випряляє струм, але так як VD6 включений протифазно відносно оптрона VD5, то і випрямлений ним струм протилежний по напрямку струмові випрямленому оптроном VD5. Тому в апараті сигналізації буде включене лише реле K3, для якого напрямок струму не має значення.

Якщо вміст метану перевищить верхній рівень захисного відключення (другий поріг), то на виході порогового пристрою DA3.1 встановиться сигнал логічного нуля. Це призведе до негайного відключення оптрона VD5 або VD6 (в залежності від того, який з них був включений). Наявність сигналу

логічного нуля на будь-якому із входів елементу DD1.2 призводить до відключення оптрона VD5, так само, як і наявність сигналу логічного нуля на першому вході DD2.1 (вивід 1) призводить до негайного відключення оптрона VD6. Таким чином, обидва оптрона будуть відключені, і в апараті сигналізації будуть відключені реле K2 і K3.

Пристрій затримки по часу складається із кварцового генератора, зібраного на інверторі DD1.3, резисторів R20, R21, конденсаторів C3, C4 і кварцовому резонаторі UZ1, схеми порівняння DD1.4, транзистора VT1, резисторів R31, R32, лічильників DD4, DD5 і тригера DD6. Пристрій забезпечує затримку у часі команди попереднього відімкнення при перевищенні об'ємним рівнем метану нижнього порогу і працює наступним чином. При спрацьовуванні порогового пристрою нижнього рівня DA3.2 на його виході встановлюється сигнал логічного нуля. Він передається на входи лічильників DD4, DD5 і тригера DD6, а також через інвертор VT1 у вигляді одиниці на схему порівняння DD1.4. Із виходу кварцового генератора DD1.3 через схему співпадіння DD1.4 на лічильний вхід лічильника DD4 надходять імпульси із частотою 32 кГц. 28-розрядні лічильники DD4 і DD5 дозволяють отримати будь-яку затримку в інтервалі від 0 до 128хв, кратну 2^n , де n – може приймати значення від 0 до 28. Сигнал із виходу лічильника надходить до входу тригера DD6 і переводить його в стан 1, тобто на виході 2 встановлюється сигнал логічного нуля. Цей стан тригера може зберігатися скільки завгодно, до тих пір, поки на виході порогового пристрою DA3.2, а отже і на виходах DD4, DD5 і DD6 не встановиться сигнал логічної одиниці.

Із виходу пристрою - затримки сигнал надходить до пристрою формування команд попереднього відключення розміщеному в апараті сигналізації АС.8, робота якого була описана вище.

Сигнал із точки 2 випрямляча надходить через резистори R11 і R12 блоку індикації і сигналізації А2.3 (Рис. 3.4) аналого-цифрового перетворювача DD1.

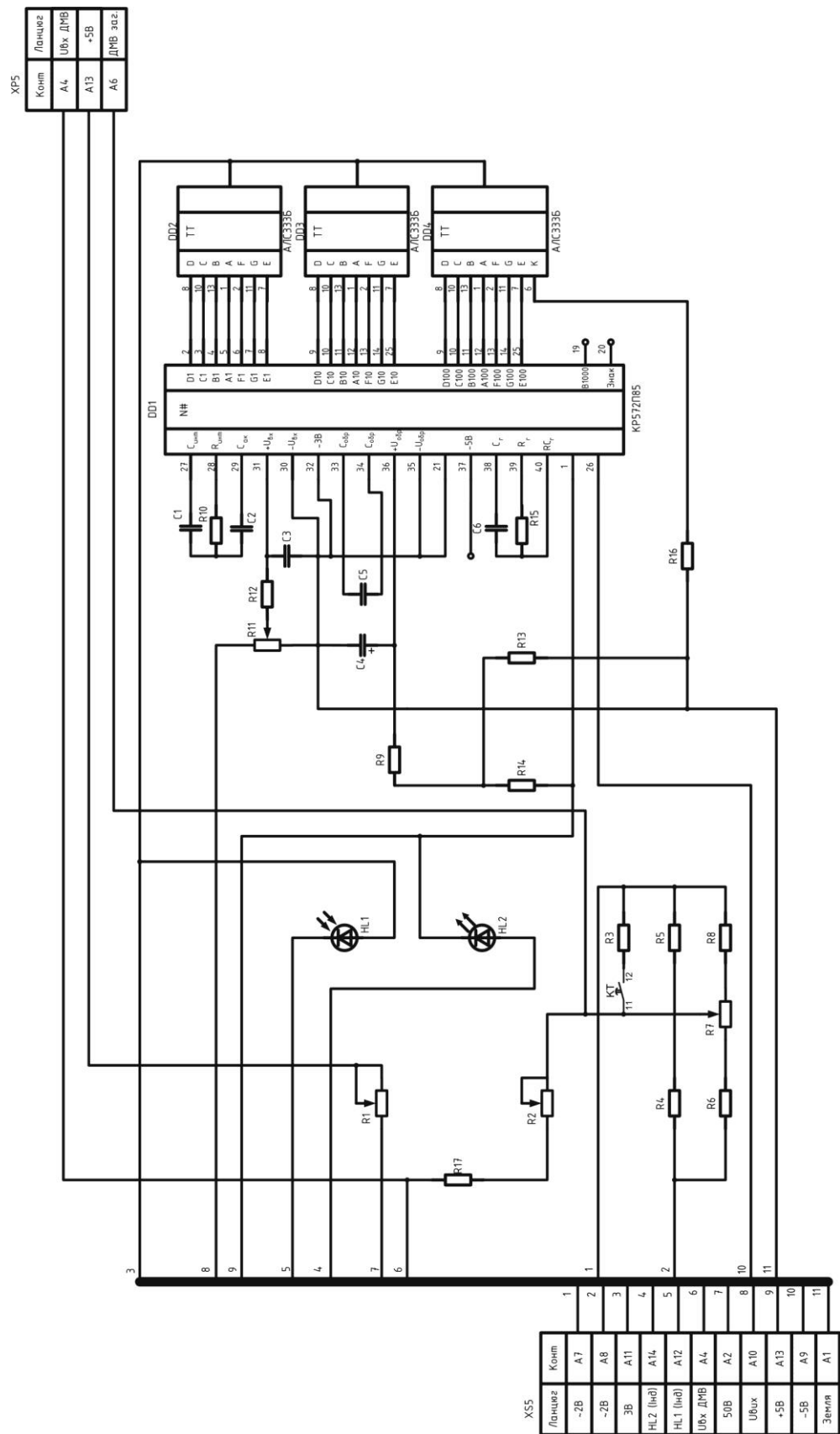


Рисунок 3.4 - Блок сигналізації та індикації А2.3

Із його виходу сигнал надходить на цифрові індикатори. Резистором R11 покази індикаторів налаштовуються так, щоб при напрузі у контрольній точці 2 виконавчого блоку 2,5 В індикатори показували 2,5%.

За допомогою резистора R1 блоку A2.3 виставляється напруга живлення робочого і порівняльного елементів (клеми 1, 2 датчика ДМВ), її величина повинна бути 1,9-2,1 В. Таким чином, виключається похибка, що вноситься опором лінії між апаратом АС.8 і датчиком ДМВ.

Попереднє відключення розраховане для відключення окремого механізму ділянки, наприклад, видобувного комбайну, а конвеєр в цей час може працювати. Реле К2 при необхідності може використовуватися для комутації іскробезпечної сигналізації.

При спрацюванні на другому порозі реле К3 включає світлодіод Н2 і через повторювач R1 видає сигнал на відключення фідерного автомату, включає блок живлення сирени, підключає через мультивібратор живлення генератора сигналів А1.4, при цьому у диспетчера на стійці прийому інформації СПИ-1 з'являється мерехтливий із частотою до 3 Гц світловий сигнал.

Вибір витримки у часі на видачу попереднього сигналу здійснюється перемичкою у блоку виконавчому між мікросхемами DD5 і DD6. На заводі встановлюється перемичка 1-3, що відповідає витримці у часі приблизно 17 хв. Якщо поставити перемичку 1-9, спрацювання буде відбуватися через 0,5 с.

3.4 Особливості газоаналізатора АТЗ-1

Газоаналізатор АТЗ-1 (див. рисунок 3.5) є подальшим розвитком газоаналізатора АТ1-1. Його відмінність від базового полягає лише в тому, що він обробляє сигнали від трьох датчиків метану.

При включенні апарату АС.9 напруга 36, 100, 127, 380 або 660 В через контакти блокуючого вимикача S1 і запобіжник F1 надходить на вхід

трансформатора Т1. Із обмотки 02,127 напруга 127 В надходить до блоків стабілізатора А1.1, А1.2 і А1.3, які служать для живлення іскробезпечною напругою перетворювачів ППВ А2, А3 і А4.

Із обмотки 03,24 напруга 24 В надходить до блоку живлення сирени і через випрямляч VD1.. VD4 на лампу Н1 і світлодіоди Н2, Н3, Н4, реле, мультівібратор і генератор сигналів А1.6, А1.1, А1.8. Робота перетворювача ППВ і датчика описана вище.

Сигнал телевимірювання на вказівний пристрій апарату АС.9 надходить тільки від одного із трьох перетворювачів ППВ.

Сигнал на відключення електричного живлення від перетворювачем ППВ А3 і А4 надходять до апарату АС.9 на реле К5 та К6, які комутують реле-повторювачі К2 та К3. Останні комутують іскробезпечні ланцюги керування пускачів при спрацьовуванні першого порогу із витримкою у часі або другого порогу без витримки.

Телефонний канал зв'язку призначений для двостороннього телефонного зв'язку між абонентами, що знаходяться біля перетворювача, апарату сигналізації і стойки прийому інформації. Телефонний зв'язок здійснюється по лінії телеметрії.

Зв'язок між абонентами здійснюється за допомогою телефонної трубки ТИТ-1. Телефонна трубка складається із мікрофона, телефону, батареї живлення, підсилювача, зібраного на інтегральній схемі, трансформатора, кнопок для підключення живлення та підсилювача на транзисторі для здійснення виклику абонента.

Для здійснення телефонної розмови абонентами необхідно штепселі телефонних трубок підключити до гнізд стойки СПИ-1, блоку телефонного апарату АС.8 або АС.9 і, через спеціальний перехідник, до перетворювача ППВ.

Окрім існуючих можливостей даного аналізатора пропонується передбачити можливість одночасного використання за тим же принципом дії трьох датчиків концентрації метану, а також до існуючої системи

вимірювання включити можливість передачі сигналу про об'ємний рівень метану у повітрі по струму на ЕОМ.

4 ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДАТЧИКА

4.1 Розрахунок схеми датчика

На рисунку 4.1 представлена схема моделювання каталітичного датчика з ланкою підсилення та випрямлення вхідного сигналу реєстрації.

Вхідний сигнал $U_{вх}$ знімається з послідовно з'єднаних опорів R_2' і R_{17} . Виразимо величину цього сигналу через параметри мостової схеми R_5 , R_4 , R_6 , R_7 , R_8 , R_2 , R_3 . Для цього спочатку розглянемо еквівалентну мостову схему (рис. 4.1), в якій:

$$R_A = \frac{R_4(R_6 + R_7'')}{R_4 + R_6 + R_7}, \quad (4.1)$$

$$R_B = \frac{R_5(R_8 + R_7'')}{R_5 + R_8 + R_7}. \quad (4.2)$$

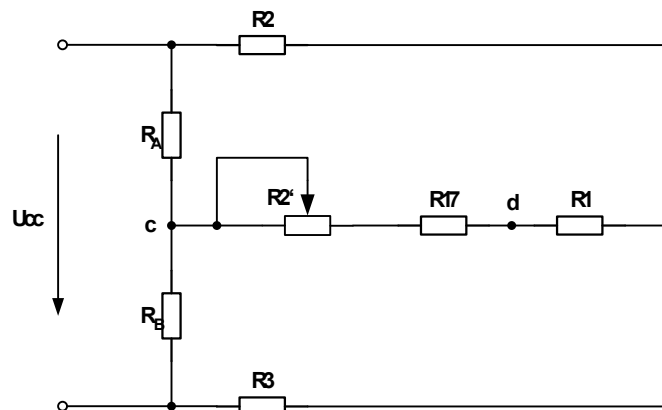


Рисунок 4.1-Еквівалентна схема мостової схеми каталітичного датчика метану

Струм в діагоналі моста I визначимо методом еквівалентного генератора

$$I = \frac{U_{xx}}{R_{6x} + R_2' + R_{17} + R_1}, \quad (4.3)$$

де U_{xx} - напруга в діагоналі моста при відключених опорах R_2' , R_{17} , R_1 (рис 4.1);

$R_{вх}$ – опір між точками тієї ж діагоналі при заморочених точках, до яких підводиться напруга живлення U_{cc} (рис. 4.1)

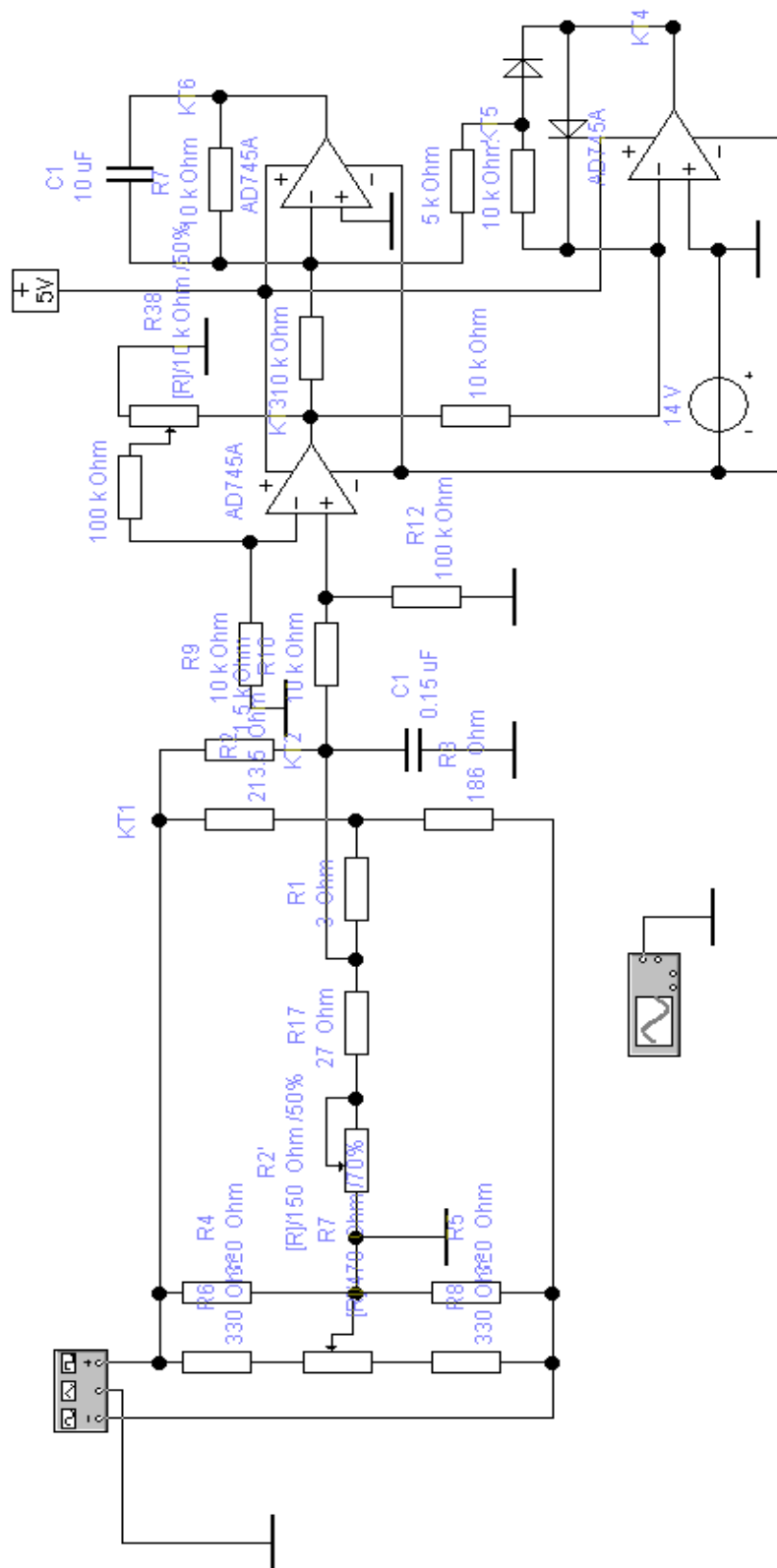


Рисунок 4.2 - Схема моделювання каталітичного датчика з підсилюючою та випрямляючою ланками

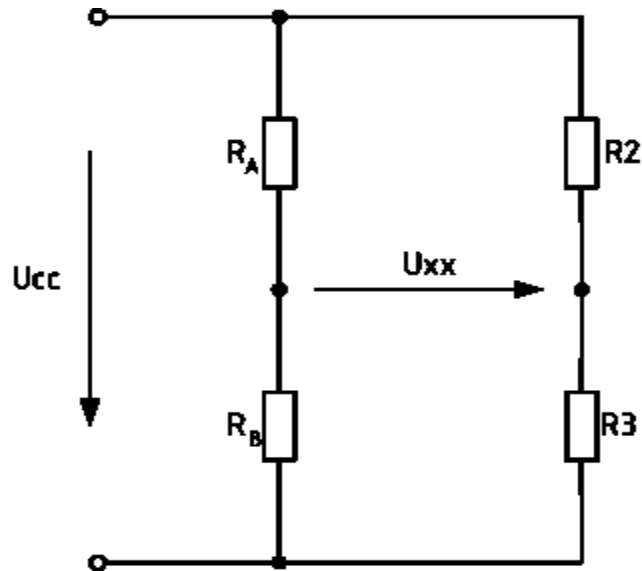


Рисунок 4.3-Еквівалентна схема мосту при відключених опорах R_2' , R_{17} , R_1 .

Із схеми (рис 4.3) бачимо, що

$$U_{xx} = \frac{U_{cc} R_B}{R_A + R_B} - \frac{U_C R_3}{R_2 + R_3}. \quad (4.4)$$

Виконавши перетворення в (4), одержуємо

$$U_{xx} = \frac{U(R_B R_2 - R_3 R_A)}{(R_A + R_B)(R_2 + R_3)}. \quad (4.5)$$

Моделювання за допомогою за допомогою програми Electronics Workbench показує, що $U_{xx} = 0$, якщо $R_2 = 213,5 \text{ Ом}$ і $R_3 = 186 \text{ Ом}$.

Із (5) видно, що $U_{xx} = 0$, якщо $R_B R_2 - R_A R_3 = 0$.

Тобто, $U_{xx} = 0$ при $R_B R_2 = R_A R_3$, або

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{R_3}{R_2} = \frac{213,5}{186} \approx 1,15. \quad (4.6)$$

Використавши (1), (2), (6), одержуємо співвідношення

$$\frac{R_4(R_6 + R_7')}{R_4 + R_6 + R_7} = 1,15 \cdot \frac{R_5(R_8 + R_7'')}{R_5 + R_8 + R_7''}. \quad (4.7)$$

На основі (7) і того, що $R_7' + R_7'' = R_7$, а також користуючись чисельними значеннями резисторів, обчислюємо R_7' , R_7'' , R_A і R_B :

$$R_7' = 339,6 \text{ Ом}; R_7'' = 130,4 \text{ Ом}; R_A = 221 \text{ Ом}; R_B = 1992,2 \text{ Ом}.$$

Схема для визначення вхідного опору отримується із схеми (рис. 4.3) шляхом закорочення точок живлення.

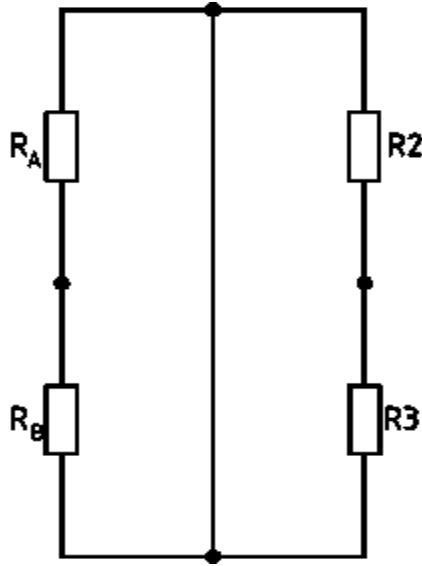


Рисунок 4.4 - Мостова схема із закороченими точками с і d.

Вхідний опір:

$$R_{ex} = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{R_A R_B (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_A + R_B)}{(R_A + R_B)(R_2 + R_3)}. \quad (4.8)$$

Підставляючи (5) і (8) в (3), отримуємо вираз для струму в діагоналі:

$$I = \frac{U_{cc} (R_B R_2 - R_A R_3)}{R_A R_B (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_A + R_B) + (R'_2 + R_{17} + R_1)(R_A + R_B)(R_2 + R_3)}. \quad (4.9)$$

Вхідний сигнал, який подається на вхід

$$U_{ex} = I(R'_2 + R_{17}) = \frac{U_{cc} (R_B R_2 - R_A R_3)(R'_2 + R_{17})}{R_A R_B (R_2 + R_3) + R_2 R_3 (R_A + R_B) + (R'_2 + R_{17} + R_1)(R_A + R_B)(R_2 + R_3)}. \quad (4.10)$$

Для спрощення виразу (10) необхідно підставити значення опорів, які залишаються сталими і прийти до виразу:

$$U_{ex} = \frac{U_{cc} (192,2 R_2 - 41106) \times 177}{221 \times 199,2 (R_2 + 186) + 186 R_2 (221) + 192,2 + 180 (221 + 192,2) (186 + R_2)}. \quad (4.11)$$

Виконавши обчислення в (11), одержимо

$$U_{ex} = \frac{(0,176 R_2 - 37,576) U_{cc}}{R_2 + 112,203}. \quad (4.12)$$

Величина опору R_2 залежить від концентрації метану. Задаючи значення R_2 від 213,5 Ом до 300 Ом за виразом (12) обчислюємо величину вхідного сигналу. Результати обчислень приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Залежність вхідного сигналу від опору R₂.

R ₂ , Ом	213,5	222,2	230,8	239,5	248,1	256,7	265,4	274,5	282,7	291,4	300
U _{вх} , мВ	0	9,1	17,8	30,0	33,8	41,4	48,4	55,2	61,7	67,9	73,9

Вихідна напруга визначається виразом:

$$U_{вих} = \left(1 + \frac{R_9 + R_{14}}{R_{10}} \right) \times \frac{R_{12}}{R_{11} + R_{12}} \times U_{вх}. \quad (4.13)$$

Напруга на виході операційного підсилювача DA2.1 визначається співвідношенням (4.7):

4.2 Дослідження роботи датчика

Дослідження роботи датчика виконаємо за допомогою комплексу програм імітаційного моделювання Electronic Workbench. Для цього набираємо на робочому полі EWB схему датчика з підсилювачем DA2.1 та блоком спрямлення підсиленого сигналу DA1.1, DA1.2. Змінну напругу U_{сс}=2В (f=50Гц) на міст подаємо з задаючого генератора. Сигнали в контрольних точках КТ1÷КТ7 досліджуємо за допомогою двохпроменевого осцилографа.

Перший замір зроблено у точках КТ1 і КТ2. Як видно із наведеного малюнка, синусоїдальний вхідний сигнал КТ1 має амплітуду 2В, а напруга вихідного сигналу КТ2 збалансованої мостової схеми – не перевищує 2 мВ.

Як видно із наступного малюнка при розбалансуванні мостової схеми (що відповідає підвищенню вмісту метану у повітрі), починає зростати вихідний струм (КТ3), прямо пропорційно зростанню опору R₂.

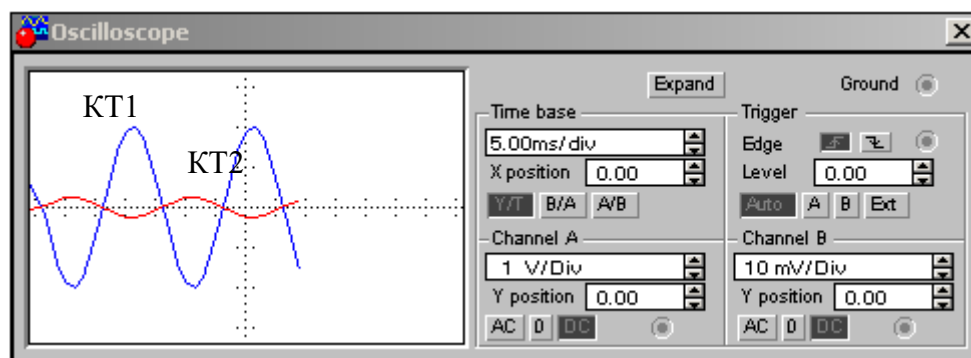
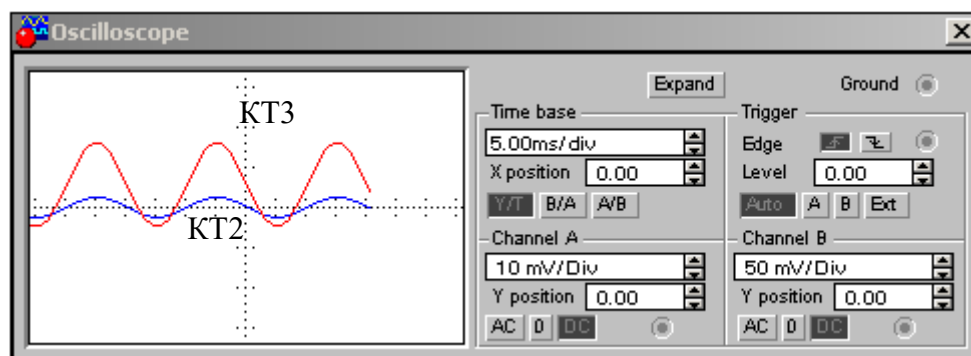
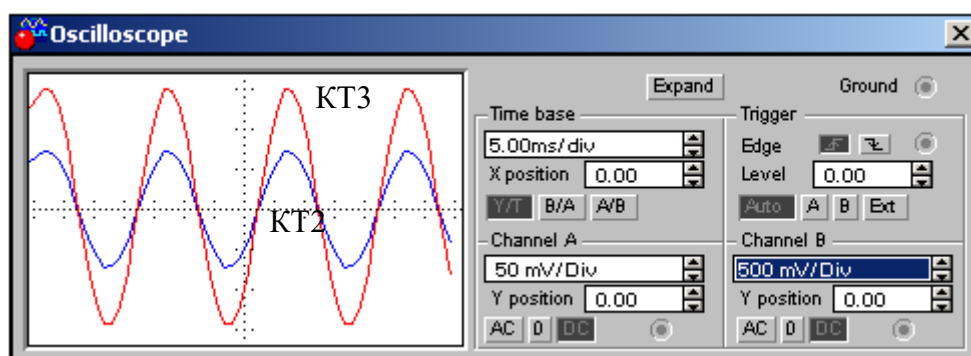


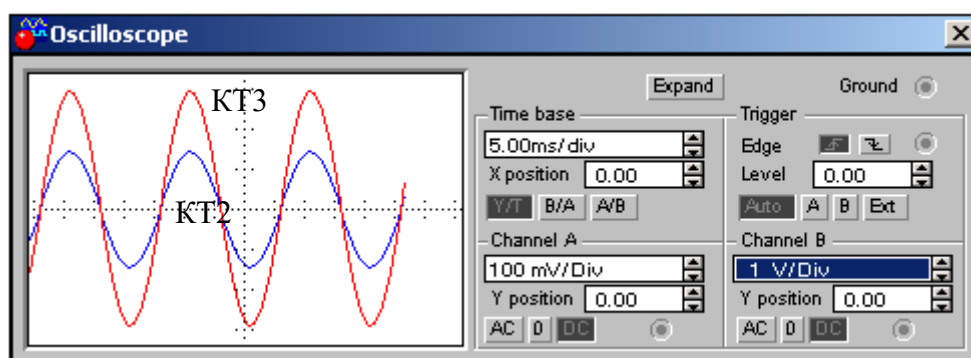
Рисунок 4.5-Покази осцилографа в точках КТ1 і КТ2



а)

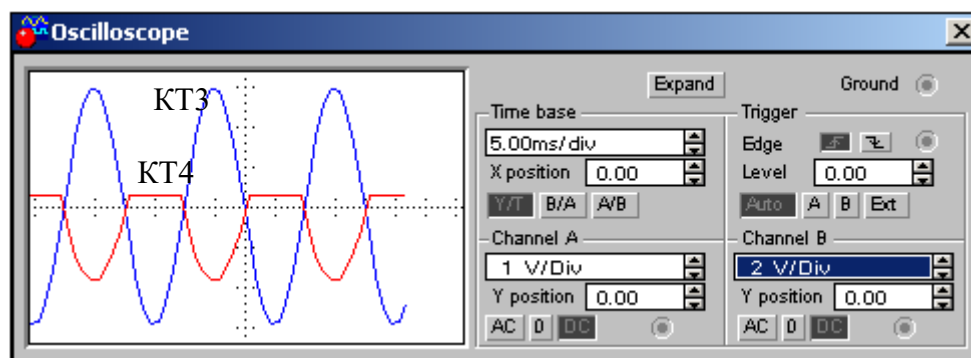


б)

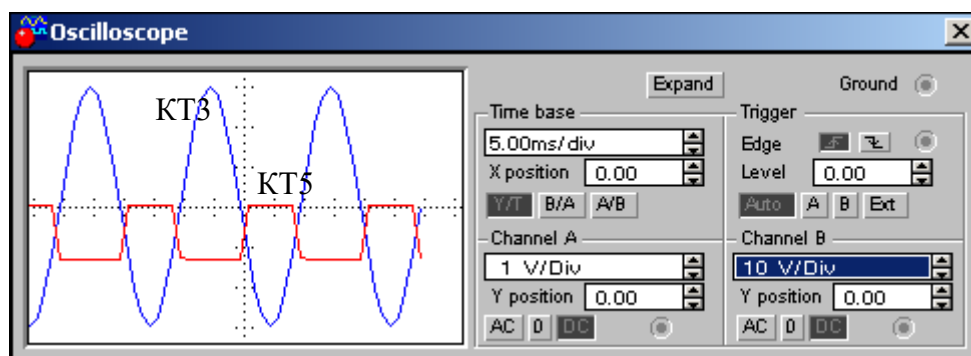


в)

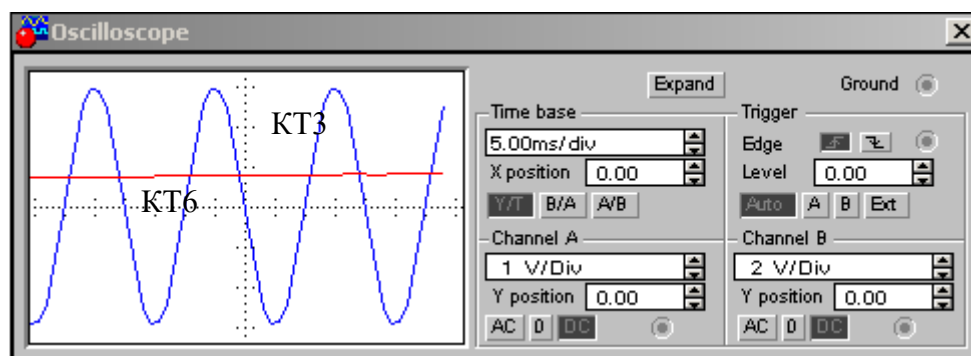
Рисунок 4.6-Покази осцилографа в точках КТ2 і КТ3: а) при збалансованому струмі датчика ($R_2=213,5 \text{ Ом}$); б) при розбалансованому струмі датчика ($R_2=250,0 \text{ Ом}$); в) при розбалансованому струмі датчика ($R_2=300,0 \text{ Ом}$)



а)



б)



в)

Рисунок 4.7-Покази осцилографа при розбалансованому струмі датчика ($R_2=300,0 \text{ Ом}$) в точках: а) КТ3 і КТ4; б) КТ3 і КТ5; в) КТ3 і КТ6

Результати дослідження схеми моделювання датчика повністю підтверджують правильність визначення математичної моделі. Даний датчик за напругою живлення і вихідними параметрами можна використовувати в других схемних рішеннях системи автоматичного контролю концентрації метану.

5 ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ ТА КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ ГІРСЬКИХ ВИРОБНИЧИХ ДІЛЯНОК ШАХТИ

5.1 Аналоговий метод передачі даних до диспетчера

Використовувані зараз системи автоматизованого контролю стану рудничної атмосфери фізично й морально застаріли, на багатьох шахтах давно виробили свій ресурс. Для того, щоб підвищити рівень безпеки при добуванні вугілля в шахтах України потрібна заміна існуючих систем контролю стану рудничної атмосфери та управління провітрюванням на сучасне обладнання. Однак, фінансове становище шахт не дозволяє встановити сучасні дорогі системи контролю шахтної атмосфери. Одним з рішень цієї проблеми в короткий термін, та ще й з прийнятними витратами, є модернізація існуючих систем, так як створення нових потребує, по-перше, суттєвих капітальних вкладень, по-друге, тривалих випробувань на якість реєстрації та керування і по-третє, надійності і вибухонебезпечності.

І наука і виробництво не стоять на місці. На сьогодні відпрацьовується декілька напрямків модернізації існуючих систем. В першу чергу вони направлені на спрощення і здешевлення апаратури передачі даних вимірювання, їх обробки, формування і передачі керуючих сигналів за рахунок впровадження цифрових систем. Підставою для цього є наявність і доступність широкого спектру комп'ютерної техніки, дискретної елементної бази та мікропроцесорних засобів, що дозволяє створити гнучку і швидкодіючу систему. Більш складною задачею є заміна аналізаторів метану. Незважаючи на наявні досягнення в розробці газоаналізаторів, значний перелік їх типів, прийняти рішення на заміну випробуваних дуже відповідально і складно. Точність і швидкість вимірювання об'ємного вмісту метану повинні бути дуже високими, адже вибухонебезпечний поріг становить всього лише 2,5%. А швидкість його накопичення вимірюється сотими частками секунди.

По шляху модернізації шахтного устаткування пішли розроблювачі системи автоматизованого контролю параметрів рудничної атмосфери й керування вентиляцією шахт – Макіївський науково-дослідний інститут (МакНДІ) і Донецький Національний технічний університет (ДонНТУ). Ними був розроблений апаратно-програмний комплекс КАГІ, за допомогою якого здійснюється контроль концентрації метану в шахтній атмосфері [2, 3, 23, 28].

Сигнали від датчиків концентрації метану надходять у КАГІ через апарат сигналізації (АС). В якості датчиків використовуються стандартні датчики метану (ДМВ), які входять до складу описаного вище аналізатора метану АТЗ-1. Вихідні сигнали струму, пропорційні об'ємному вмісту метану, надходять до АС (Рис. 5.1). Апарат сигналізації здійснює перетворення сигналів, що надходять від трьох датчиків концентрації метану, в один сигнал, що передається на поверхню в пристрій прийому інформації (УПІ). До автомата сигналізації може бути підключене від одного до трьох датчиків метану.

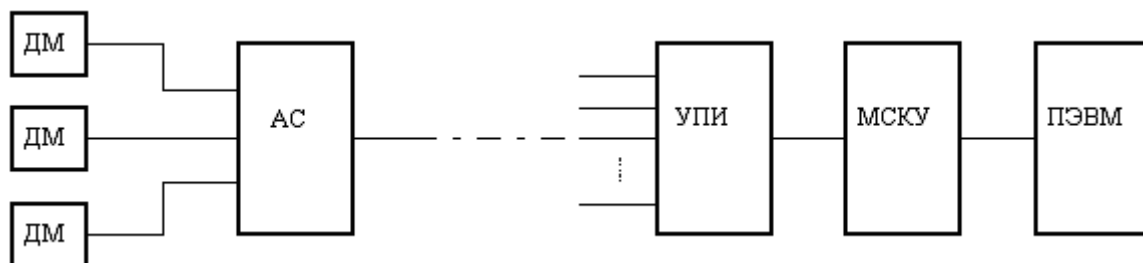


Рисунок 5.1 - Структура системи контролю рудничної атмосфери

Автомат сигналізації формує безперервний синусоїдальний сигнал від кожного із трьох підключених датчиків, якщо концентрація метану не перевищує припустимий рівень – 2,5%. Крім того, сигнал від одного з датчиків передається у вигляді постійного струму, величина якого пропорційна концентрації метану. Ці сигнали змішуються й передаються по двухпроводной лінії зв'язку на поверхню. Частоти синусоїдальних сигналів

рівні 14, 20 й 26 кгц відповідно для першого, другого й третього датчика. Формування безперервних синусоїдальних сигналів від датчиків й їхнє змішування

У випадку перевищення концентрації метану вище заданого рівня (2,5%), зафіксованого одним з датчиків, відповідний синусоїдальний сигнал переривається із частотою 3-5Гц. Таким чином, у лінію передаються відеоімпульси із частотою 3 - 5 Гц від того датчика, що зафіксував рівень перевищення концентрації метану. У випадку обриву лінії зв'язку з датчиком, АС також видає відеоімпульси із частотою 3 - 5 Гц. Така несправність прирівнюється до аварійної ситуації й вимагає негайного втручання диспетчера шахти.

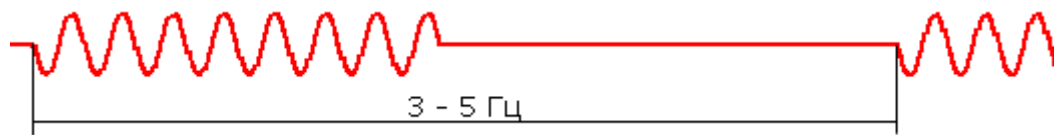


Рисунок 5.2 - Відеоімпульси при появі аварійної ситуації

Відсутність несучих частот говорить про обрив лінії зв'язку апарата сигналізації з поверхнею або про відсутності напруги живлення.

У системі КАГІ при визначенні параметрів рудничної атмосфери використовується система обробки сигналів від АС, в основі якої лежить аналоговий спосіб обробки інформації. Сигнал, що надходить від АС, фільтрується за допомогою смугових аналогових фільтрів, настроєних відповідно на частоти 1, 14, 20 й 26Кгц. Після фільтрації формуються дискретні сигнали, які відображають стан датчиків метану. Потім ці сигнали за допомогою модулів дискретного введення мікропроцесорного субкомплекса контролю й керування (МСКУ) надходять у центральну ЕОМ.

За допомогою фільтра нижніх частот з вихідного сигналу АС виділяється постійна складова струму, пропорційна величині концентрації метану. За допомогою схем модулятора-демодулятора здійснюється

гальванічна розв'язка по постійному струму й формування на виході напруги, пропорційної величині концентрації метану. Цей сигнал за допомогою модуля аналого-цифрового перетворення МСКУ передається в центральну ЕОМ.

Конструктивно схеми перетворення сигналів від одного апарата сигналізації реалізовані у вигляді окремої плати. Ці плати встановлюються в стійки УПП. Кількість апаратів сигналізації в шахті може досягати декількох десятків.

5.2 Фільтрація вхідних даних з використанням перетворень Фур'є

Аналогові фільтри досить складні пристрої, які вимагають налаштування в процесі виготовлення й експлуатації. Аналоговим схемам властиві також наступні недоліки:

- аналогові елементи піддаються впливу температури. Їхні властивості й характеристики змінюються з температурою;
- аналогові елементи мають допуски. У серійному виробництві це створює певні труднощі при налагодженні пристроїв;
- електронні компоненти старіють, їхні характеристики й властивості міняються згодом. Це вимагає періодичного налаштування фільтрів, що значно ускладнює експлуатацію пристроїв [23, 28].

Ці недоліки приводять до зростання вартості виробництва й обслуговування аналогових систем.

Подальшим шляхом модернізації апаратно-програмного комплексу КАГІ є використання цифрових систем обробки сигналів (ЦОС), що дозволяє усунути недоліки аналогової фільтрації. Одним з можливих підходів до рішення завдання цифрової обробки сигналів від апарата сигналізації, є використання методів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), запропоноване працівниками Донецького національного університету [11].

При виборі параметрів алгоритму ШПФ необхідно керуватися мінімальною вартістю апаратної реалізації пристрою цифрової обробки сигналів. Перше питання, що виникає при проектуванні системи ЦОС із ШПФ - його розмірність. Чим більше розмірність ШПФ, тим вище його розв'язна здатність, але при цьому потрібні більше високі обчислювальні витрати, більший обсяг пам'яті, при цьому зростає ймовірність переповнення розрядної сітки процесора. Тому що частоти синусоїд, що втримуються в сигналі АС, рознесені досить широко - на 6 кГц, де розв'язувальна здатність алгоритму ШПФ може бути не високою. Дослідження показали, що для виділення частот 14, 20 й 26 кГц досить використати 128 точкове ШПФ при частоті квантування вхідного сигналу 64 кГц. Нижче на малюнку показаний вхідний сигнал, що представляє суму синусоїд із частотами 1, 14, 20 й 26 кГц і результат роботи 128 точкового ШПФ.

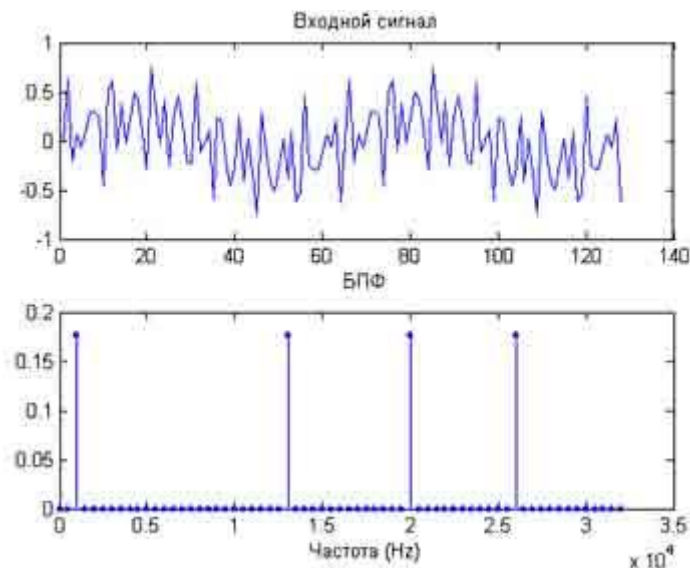


Рисунок 5.3 - Зображення вхідного сигналу та результат 128 точкового ШПФ

Перехід від аналогової системи до цифрового вносить багато змін не тільки в апаратну частину. Для використання процесорів цифрової обробки сигналів (ЦОС) необхідно вирішити завдання проектування програмного забезпечення, що і буде управляти цифровим процесором.

Віртуальні вимірювальні прилади, що ще донедавна здавалися чимось фантастичним, все ширше використовуються практично у всіх областях

людської діяльності. Скрізь, де виникає потреба в універсальних, точних і недорогих вимірювальних приладах, системи на базі ПК і плат АЦП досить успішно конкурують з традиційними осцилографами, спектроаналізаторами і вольтметрами.

Головними перевагами подібних систем є, перш за все, гнучкість і універсальність. Технічні характеристики вимірювального комплексу залежать тільки від типу вибраної плати АЦП, при цьому точність вимірювань буде однакою як на стаціонарному ПК, так і на ноутбуку в польових умовах. Для спостереження сигналу в режимі реального часу необхідна висока обчислювальна потужність комп'ютера, оскільки потік даних від АЦП доволі інтенсивний, а частота оновлення інформації на екрані монітора багато в чому залежить від швидкодії ПК. Якщо плата АЦП не оснащена пристроєм, що здійснює попередню обробку і комутацію цифрового потоку, то ці функції доводиться виконувати центральному процесору ПК, що практично приводить до його повного завантаження. Крім того, процесори загального застосування не підтримують аналого-цифрові і цифро-аналогові перетворювачі без додаткових апаратних ресурсів і вимагають витрат процесорного часу для вводу/виводу даних.

При підвищенні тактової частоти АЦП і його розрядності навіть сучасні високопродуктивні універсальні процесори ледь справляються із збільшеним потоком даних. Для їх розвантаження використовуються різні рішення схемотехніки. Як правило, до них відносяться традиційні ПЛІСи і цифрові сигнальні процесори (DSP). Програмована логіка дозволяє працювати з високошвидкісними потоками, але оскільки її управління реалізоване апаратно, переконфігурація системи стає доволі трудомістким завданням. До того ж, вартість таких мікросхем прогресивно збільшується із зростанням числа логічних ланок.

Цифрові сигнальні процесори створювалися спеціально для високошвидкісної обробки великих масивів інформації, тому їх застосування в платі АЦП дозволяє істотно знизити навантаження на центральний

процесор ПК. Оскільки функції, виконувані DSP, можуть бути різними — від маршрутизації цифрових потоків до фільтрації і різної обробки, то DSP можуть замінити собою цілий ряд вузлів на платі АЦП. Головна перевага сигнальних процесорів перед програмованою логікою — в програмному управлінні функціями і параметрами обробки. Гнучкість систем з DSP дозволяє, залежно від поставленої задачі, легко перепрограмувати, наприклад, плату АЦП з функцією віртуального осцилографа в спектр-аналізатор з різноманітними можливостями відображення спектру, причому БПФ в даному випадку виробляється сигнальним процесором, і центральний процесор відповідає тільки за оновлення даних на екрані. Навіть далека від програмування DSP людина може легко справитися із зміною режимів роботи, оскільки в його розпорядженні є набір стандартних динамічних бібліотек, що включають найрізноманітніші режими обробки. Необхідність в написанні власних програм для сигнального процесора виникає у користувача тільки при рішенні складних задач. Якщо, наприклад, система повинна працювати виключно в режимі осцилографа, то DSP успішно справиться з отриманням даних від АЦП, управлінням ланцюгами комутатора вхідних сигналів і коефіцієнтом посилення програмованого підсилювача з буферизацією та обміном даними з ПК.

Дійсно, власний процесор плати і передача йому функцій управління збором даних платою дозволяє мінімізувати неприємні наслідки того, що в недорогих інформаційно-вимірювальних системах операційна система типу Windows, обробляючи власне переривання, на деякий час втратить контроль над роботою плати. Альтернативою процесору є створення на платі схеми цифрової обробки сигналу на базі ПЛИС. Проте досвід показує, що для пристроїв збору і обробки аналогових сигналів в смузі частот 5–10 МГц застосування цифрового сигнального процесора (ЦСП) виявляються технічно і економічно вигіднішими в порівнянні з реалізацією функцій цифрової обробки сигналів на ПЛИС: вартість реалізації відповідної схемотехніки відрізняється у декілька разів.

Також виробники плат АЦП супроводжують свої розробки власним доволі складним ПЗ для них. Так, компанія Microstar Laboratories розробила для своєї плати багатозадачну ОС, що дозволяє синхронізувати збір даних, проводити їх фільтрацію, усереднення, Фур'є-аналіз і здійснювати операції управління в рамках типових алгоритмів автоматичного регулювання.

При побудові вимірювальних систем цифрової обробки сигналів (ЦОС) для збору і обробки даних, контролю і управління, особливо пов'язаних з функціонуванням у виробничих умовах, розробникам доводиться стикатися з необхідністю забезпечення гальванічної розв'язки вимірювальних ланцюгів, ланцюгів вводу/виводу даних, з одного боку, і ланцюгів персонального комп'ютера, а також ланцюгів цифрової обробки сигналів, з іншого. При цьому розв'язуються наступні основні задачі:

1. Захист ланцюгів комп'ютера від дії електричних напруг і струмів. Це важливо при експлуатації устаткування в умовах, пов'язаних з можливим впливом на нього несанкціонованих електромагнітних дій, з неможливістю забезпечення якісного заземлення і т. п., наприклад, в цехах промислових підприємств, на транспорті.

2. Захист користувача від можливого електричного удару. Необхідність подібного захисту виникає при небезпеці дії електричного удару, небезпечного для здоров'я людини, наприклад, при побудові систем медичного застосування.

3. Забезпечення необхідного перешкодо-захисту. Ця проблема актуальна при побудові вимірювальних точних систем, наприклад, в наукових дослідженнях і метрологічних лабораторіях.

Гальванічна розв'язка плати вводу/виводу більшості виробників засобів збору даних використовується для узгодження інтерфейсних ліній шини даних персонального комп'ютера і вузлів самої плати. Зазвичай при використанні паралельного способу передачі даних між шиною комп'ютера і платою вводу/виводу введення гальванічної розв'язки знижує надійність і

збільшує вартість системи. Це обумовлено необхідністю використання для розв'язки інформаційних ліній шини великої кількості оптронів, що є найуразливіші з погляду надійності, і дорогі з погляду ціни елементи.

Для часткової компенсації згаданих недоліків в платі L-761 реалізований інший спосіб управління гальванічною розв'язкою, припускаючий використання меншого числа оптронів і, отже, гарантуючий вищу надійність і низьку вартість пристрою. Він заснований на застосуванні часткового мультиплексування ліній зв'язку між комп'ютером і платою вводу/виводу. Такий підхід дає можливість зменшити необхідну кількість гальванічно розв'язаних магістралей передачі даних і оптоелектронних компонентів розв'язки.

Зокрема, обмін даними між опторозв'язаними елементами системи в платі здійснюється побітно. Управління передачею даних через гальванічну розв'язку в першому випадку здійснюється мікроконтролером AVR90S2313 фірми Atmel.

Структурна схема плати АЦП/ЦАП L-761 дана на рисунку 5.4. Функціонально вона розділена на дві гальванічно розв'язані частини. На опторозв'язаній з комп'ютером стороні знаходяться мікроконтролер AVR, який забезпечує функціонування послідовного АЦП AD7894 і ланцюгів комутації вхідних сигналів, і ЦАП AD7294, керований безпосередньо цифровим сигнальним процесором (ЦСП). Крім того, мікроконтролер AVR управляє ланцюгами комутатора вхідних сигналів, коефіцієнтом посилення програмованого підсилювача, частотою запуску АЦП і, при необхідності, синхронізацією введення даних [18].

На іншій стороні опторозв'язки розташований контролер PCI (мікросхема PCI9050-1), забезпечуючий обмін даними з комп'ютером через інтерфейс PCI, цифровий сигнальний процесор (ЦСП), а також порт зовнішніх цифрових ліній. ЦСП здійснює отримання даних з АЦП, управління роботою мікроконтролера AVR за допомогою одного з своїх послідовних портів SPORT0, забезпечує також взаємодію з мікросхемою

двохканального ЦАП через послідовний порт SPORT1 і управління зовнішніми цифровими лініями.

Використання ЦСП дозволяє здійснювати цифрову обробку вхідних аналогових сигналів в режимі реального часу. При цьому апаратні і програмні ресурси персонального комп'ютера не задіюються в процесі перетворення і обробки сигналу [24,27].

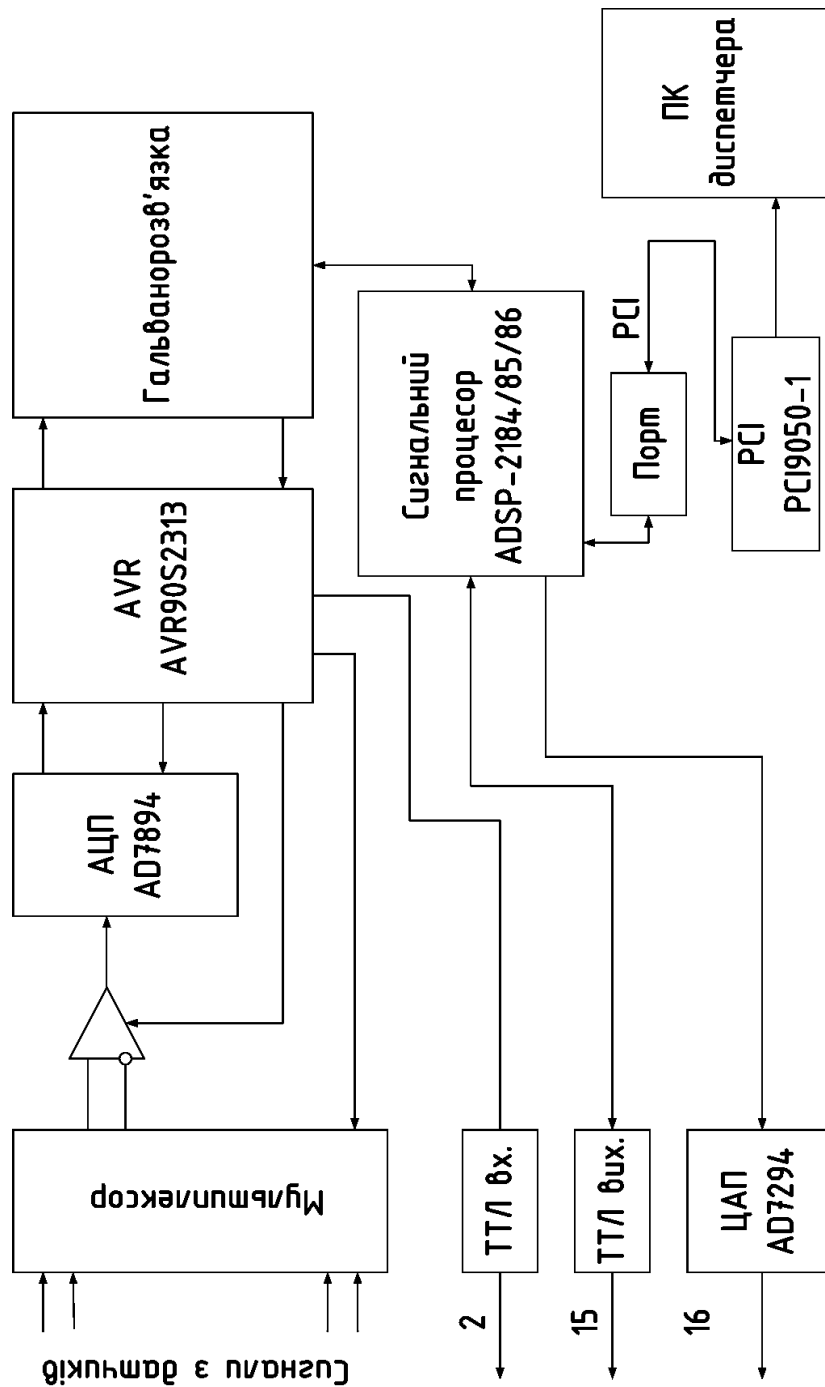


Рисунок 5.4 - Структурна схема плати L-761

На рисунку. 5.5 а і 5.5 б приведені, відповідно, фрагменти принципів схем приймача і передавача сигналів з гальванічною розв'язкою.

Як розв'язуючий вузол схеми L-761 використана оптопара HCPL-2630 фірми Hewlett Packard із найкращими показниками швидкодії і температурної стабільності.

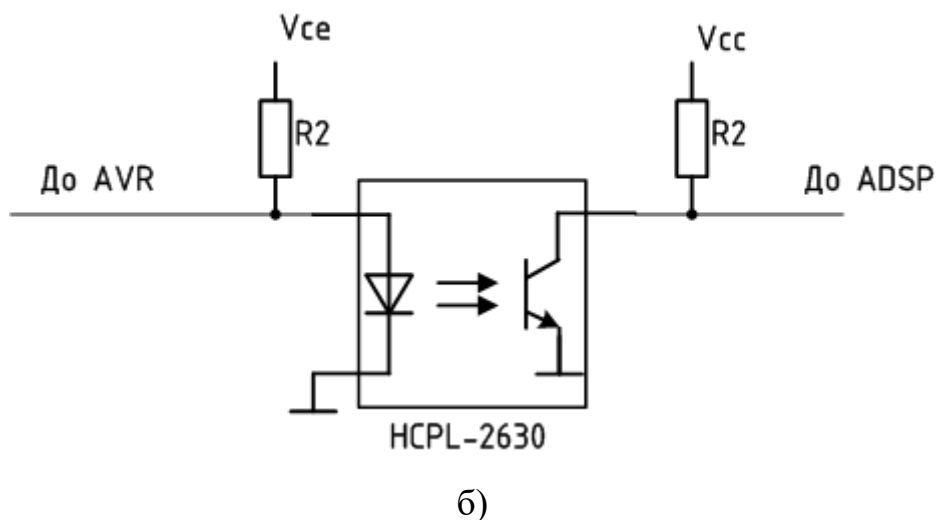
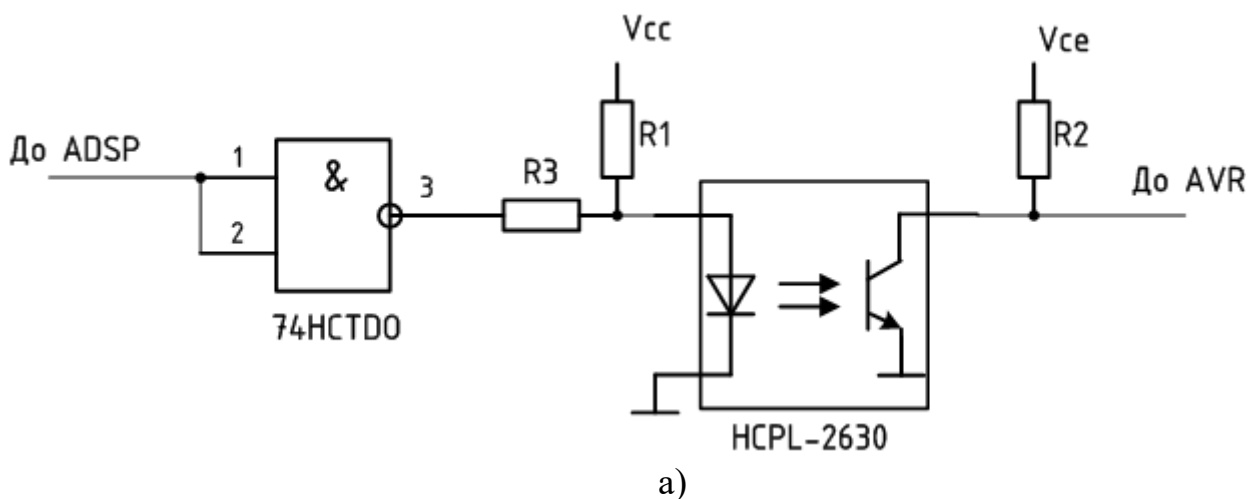


Рисунок 5.5 - Фрагменти принципів схем приймача (а) і передавача (б) гальванічної розв'язки інформаційних сигналів

Гальванічна розв'язка входних ланцюгів плати і ланцюгів персонального комп'ютера припускає використання вторинного джерела живлення, виконаного на основі трансформаторного перетворювача напруги VCC (+5 В) і +12 В, формованого джерелом живлення персонального комп'ютера, в гальванічно не пов'язані з ним напруги +5 В, +15 В і -15 В.

Не дивлячись на те, що за кордоном сотні фірм займаються виробництвом систем вимірювання, діагностики і контролю штатно керованих ПК, лідируючі позиції займають близько десятка компаній, серед яких National Instruments, Hewlett-Packard, Keithley Instruments, Computer Boards, Blue Wave Systems, Omega Engineering, Fluke, IOtech, Data Translation, Signalogic, Microstar Laboratories. Проте головним недоліком плати АЦП з процесором зарубіжного виробництва є висока вартість.

На їхньому фоні вигідно відрізняється плата АЦП для шини PCI російського виробництва L-761, яку бажано використовувати для прийому аналогового сигналу вимірювання. Вона має наступні характеристики:

- Кількість каналів - 16 диференціальних або 32 із загальною "землею";
- Розрядність АЦП - 14 біт;
- Ефективна розрядність (вх. сигнал – синус 10 кГц / 4,9 В) - 13,3 біт (частота перетворення - 100 кГц);
- Вхідний опір при одноканальному введенні - не менше 1 МОм;
- Діапазон вхідного сигналу - ± 5 В, $\pm 1,25$ В, $\pm 0,3$ В, $\pm 0,08$ В;
- Максимальна частота перетворення - 125 кГц;
- Синхронізація - зовнішній синхросигнал, по рівню аналогового сигналу;
- Захист входів - ± 25 В (живлення вкл.) ± 10 В (живлення викл.);
- Міжканальне проходження - -70 дБ (вхідний сигнал – синус / 10 кГц);
- Тип цифрового сигнального процесора - ADSP 2185;
- Тактова частота ЦСП - 29.5 МГц;
- Внутрішнє ОЗУ даних ЦСП - 4 кСлова (16 кСлов)
- Внутрішнє ОЗУ програм ЦСП - 4 кСлова (16 кСлов);
- FIFO-буфер ЦСП - 512-2048 Слів (512-14336 Слів);
- Швидкість обміну по шині PCI в різних режимах:

- Регістри платі відображаються на порти вводу/виводу - до 1,2 Мбайт/с;
- Регістри платі відображаються на запам'ятовування РС - до 10 Мбайт/с;
- К-ть входів – 16;
- К-ть виходів – 16;
- Тип логіки - КМОП (74 НСТ);
- Габарити - 170x105 мм;
- Групова гальванорозв'язка - 500 В.

При необхідності подачі з плати аналогових сигналів у платі L-761 використовується мікросхема зведеного ЦАП, що дозволило вивести на зовнішній роз'єднувач 2 канали з сигналом в діапазоні ± 5 В. Час встановлення — 8мкс, максимальна частота перетворення — 125кГц, розрядність — 12біт.

Також плата має 16 цифрових входних і 16 вихідних ТТЛ ліній, які можуть бути використані для управління зовнішніми пристроями.

Плата АЦП L-761 оснащена DSP фірми Analog Devices ADSP-2184/85/86 з тактовою частотою до 40МГц. Цей процесор володіє своїм власним контролером ПДП (IDMA), завдяки чому призначена для користувача програма може звертатися до будь-якого елементу пам'яті центрального процесора, не перериваючи роботи самого DSP, і швидкість обміну при цьому складає приблизно 10 Мбайт/с. Наявність власного контролера ПДП дозволяє відладжувати і програмувати DSP в “гарячому режимі”, що надає додаткові зручності при розробці власних програм під DSP.

Спеціалізована архітектура DSP і скорочена система команд дозволяють при порівняно низьких тактових частотах (40–50 МГц) одержувати достатньо високу продуктивність, порівняну на задачах певного класу з універсальними процесорами Pentium II, Pentium III з тактовими частотами 300–450 МГц. Проте низька тактова частота DSP накладає

обмеження на максимальну частоту вхідного аналогового сигналу: на практиці вона, як правило, не може перевищувати 10–20 МГц. Тому при роботі на вищих частотах доцільніше використовувати програмовану логіку.

Модель плати на шину PCI L-761 - це універсальна плата, що забезпечує виконання 4-х найпоширеніших функцій для вимірювальних і управляючих систем: АЦП, ЦАП, ввід і вивід цифрових сигналів. ЦСП на платі в штатному режимі здійснює тактування і синхронізацію роботи АЦП і ЦАП, служить буфером і організовує обмін даними з ПК через двох портовий ОЗП. Додатково він забезпечує користувачу принципову можливість перенесення частини операцій обробки сигналу на плату і навіть написання власних драйверів. При цьому в комплект поставки плати входять готові програми для процесора, що дозволяють здійснювати ввід/вивід з аналогових каналів в різних режимах і без необхідності додаткового програмування ЦСП. Перемикання каналів при багатоканальному режимі збору даних відбувається автоматично, з довільним порядком вибору каналу і коефіцієнта посилення. Вхідний опір каналів — не менше 1 МОм. Аналогова частина плати L-761 має гальванічну розв'язку на 500 В з цифровою частиною і з ланцюгами персонального комп'ютера, що підвищує перешкодозахист аналогового тракту.

Використання нових комутаторів компанії Analog Devices з вертикальними оксидними структурами зменшило між каналне проходження при перемиканні каналів. Це дозволило для плати L-761 забезпечити роботу з вхідними сигналами в мілівольтовому діапазоні.

Певні труднощі можуть виникнути і при розробці власних програм для DSP, оскільки процесори різних виробників мають свою систему команд, що не дозволяє користуватися стандартним асемблером. Проте останнім часом з'явилися загальнодоступні і достатньо потужні засоби розробки, наприклад новий продукт фірми Analog Devices — Visual DSP, який можна безкоштовно одержати на сайті фірми.

Підводячи підсумок, потрібно сказати, що цифрові сигнальні процесори, не дивлячись на певні обмеження, як і раніше залишаються одним з найперспективніших засобів обробки сигналів. Їх функціональні можливості і область застосування постійно розширюються, а собівартість стрімко падає. В зв'язку з цим використання DSP в платі АЦП безумовно є наступним кроком в розвитку сучасних систем аналогового вводу.

5.3 Розробка автоматизованої системи контролю та керування провітрюванням гірничих виробіток шахти

Автоматизація контролю концентрації метану

Аналіз описаних вище шляхів модернізації показує, що як перший, так і другий не передбачають заміни діючих аналізаторів метану типу АТ1-1 та АТ3-1, а лише модифікують технологію та апаратуру передачі даних від реєстратора рівня метану до диспетчера. Дана розробка також базується на збереженні та використанні існуючих аналізаторів метану і модернізації засобів збирання, попередньої обробки та передачі даних до диспетчера. Це обумовлено тим, що аналізатори метану АТ1-1 та АТ3-1 є добре випробуваними часом автономними пристроями, які виконують локальну задачу реєстрації, сигналізації і відключення контролюємих ними іскробезпечних пристроїв (вугільних комбайнів, транспортерів та ін.) в зоні їх дії.

Як відмічалось вище, для функціонування автоматизованої системи керування провітрюванням необхідна інформація про два параметри, що характеризують стан рудничної атмосфери: швидкості руху повітря й концентрації метану. Підземні замірні пункти (ПЗП) обладнуються відповідно до технологічної необхідності й ПБ у гірських виробленнях у місцях виміру параметрів. Кількість ПЗП, у загальному випадку, залежить від категорійності шахти по метану й визначається для кожної шахти окремо [7, 8, 10].

Комплектність та структура підземних замірних пунктів базується на використанні сучасних мікропроцесорних засобів збору, попередньої обробки та передачі даних.

На рис. 5. наведена структурна схема ПЗП. Сигнали від датчика метану ДМ і датчика швидкості ПТ надходять у блоки захисту БЗ1 і БЗ2 (гальванічна розв'язка), які перетворюють струмовий сигнал датчиків у сигнал напруги, забезпечують іскробезпечність й охороняють вхідні ланцюги пристрою від перенапруги.

Технічні засоби, необхідні для контролю зазначених параметрів у цей час випускаються серійно, відповідають вимогам ДСП і мають аналоговий уніфікований струмовий сигнал. Так, для виміру концентрації метану можуть бути використані датчики метану апаратури «Метан» - ДМТ-4 або ДМТ-5, наприклад, або аналогічні зазначеним [2, 4]. Сигнал датчика метану формується на виході перетворювача параметрів виміру ППВ аналізатора метану АТЗ-1 величиною струму до 5мА.

Безперервний контроль витрати повітря може бути здійснений за допомогою перетворювача тахометричного ПТ вимірника швидкості й напрямку руху повітря типу ВШНП. Датчик швидкості складається з генератора прямокутних імпульсів частоти, що змінюється пропорційно зміні швидкості руху повітря у виробленні. Датчики встановлюються стаціонарно на вихідному струмені кожної виробничої ділянки й шахти в цілому, відповідно до Правил безпеки. Установка повинна здійснюватися на ділянках вироблень, де досягається найбільш рівномірний розподіл швидкостей руху повітря по перетині, а саме на відстані 10-20 м від розгалужень і поворотів вентиляційних струменів.

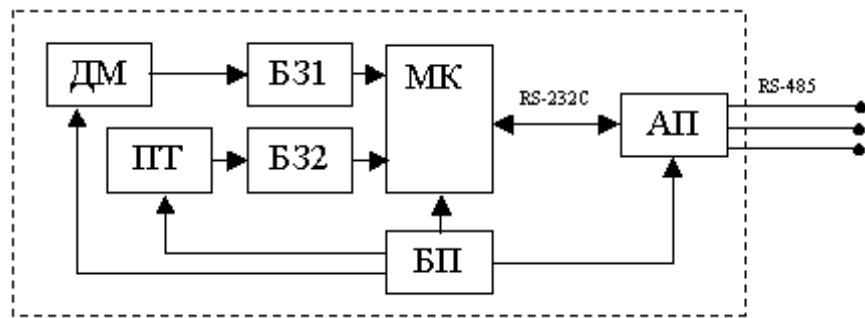


Рисунок 5.6 - Структурна схема пристрою ПЗП

Мікроконтролер МК призначений для приймання, попередньої обробки інформації, що надходить від датчиків ДМ і ПТ і передачі сформованих даних по трьохпровідній лінії зв'язку через інтерфейс RS-485 на поверхню, на пульт гірничого диспетчера.

Приймально-передавальний адаптер АП використовується для перетворення інтерфейсів RS-232 в RS-485. Його застосування обумовлене тим, що приймання-передача даних від більшості мікроконтролерів здійснюється інтерфейсом RS-232, що має два істотних недоліки: погану перешкодозахищеність і можливість роботи тільки з одним пристроєм. Для зв'язку з віддаленими контролерами часто користуються наявним у кожному комп'ютері й у більшості контролерів послідовним інтерфейсом RS-232C, який не передбачає гальванічної розв'язки між з'єднувальними пристроями. Послідовний порт RS-232C має два недоліки, що обмежують дальність й якість зв'язку. Перший з них - несиметрична й неузгоджена лінія зв'язку погано захищена від перешкод і спотворює передані сигнали. Другий недолік полягає в тім, що загальне проведення всіх ланцюгів порту електрично з'єднаний з корпусом комп'ютера ("гальванічно не розв'язані"), тому при підключенні до пристроїв, що перебувають на деякому віддаленні, по ньому можуть протікати паразитні струми, що не тільки створюють перешкоди, але й здатні зашкодити ЕОМ. Крім того, інтерфейс RS-232C розрахований на обмін даними тільки між двома абонентами, що не задовольняє умовам функціонування системи керування САКП. Для усунення зазначених

недоліків необхідно застосовувати інтерфейс RS-485. У комп'ютерах, спеціально призначених для промислового застосування, по стандарту RS-485 бувають виконані вхідні й вихідні ланцюги одного з комунікаційних портів (COM1 або COM2). У звичайних комп'ютерах, які в основному застосовуються на шахтах, цього немає, тому доводиться або встановлювати відповідну інтерфейсну плату, або підключати лінію зв'язку через спеціальний перетворювач. Для нього, як правило, потрібно й окреме джерело живлення, хоча є й такі, які живляться безпосередньо від інтерфейсних ланцюгів RS-232C [6, 18, 21, 32, 34].

Інтерфейс RS-485 забезпечує передачу даних на відстань до 1200м і здатний забезпечувати зв'язок для 32 абонентів (із застосуванням репітерів довжина лінії зв'язку зростає до 4800м, а число абонентів до 128), що цілком прийнятно для умов шахт.

Використання цифрового каналу зв'язку (трьохпровідна лінія) замість пристроїв телемеханіки дозволяє значно розширити можливості приймання-передачі як по числу абонентів, так і по функціональних можливостях.

Блок живлення БЖ забезпечує електроживлення пристрою ПЗП і датчиків. Тому що до складу підземного замірного пункту входить ряд елементів, вимоги яких до параметрів електричного живлення різні (наприклад, для живлення мікроконтролера й адаптера необхідно забезпечити +5В, а для датчиків ДМТ і ПТ напруга живлення становить 52В змінного струму частотою 50Гц й 12В постійного струму відповідно), то потрібно спеціальний іскробезпечний блок живлення, що повинен забезпечити необхідні рівні живлячих напруг та їх якість.

Для перетворення струмових сигналів у сигнал напруги повинні використатися прецизійні резистори, а захист мікросхеми від можливих перенапруг може здійснюватися стабілітронами й резисторами, які також забезпечують іскробезпечність ліній датчиків, що є важливою умовою використання електронних пристроїв у підземних умовах шахти.

Принципова електрична схема ПЗП представлена на рисунку 5.7.

Резистори R1, R2, номіналами 250Ом й 1кОм відповідно, перетворюють струмовий сигнал у сигнал напруги. Стабілітрони VD1, VD2

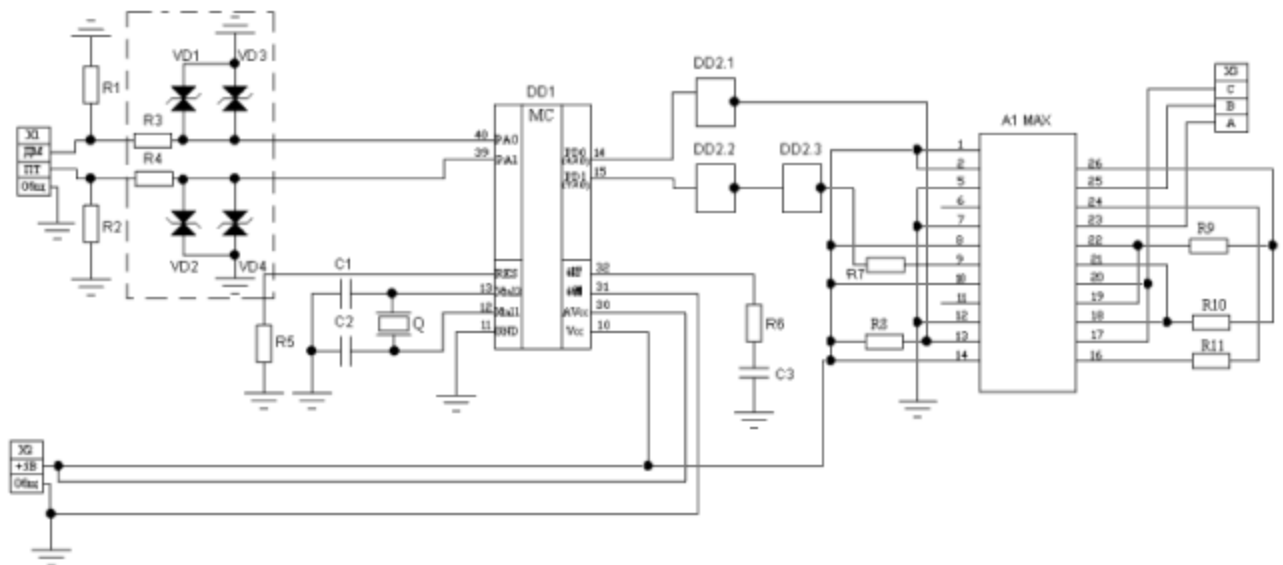


Рисунок 5.7- Принципова електрична схема ПЗП

напругою стабілізації 6,2В (залиті епоксидним компаундом) не дозволяють сигналам з великою амплітудою надходити в АЦП мікроконтролера. Резистори $R3 = R4$ приймаються за значенням максимального струму стабілізації для даних стабілітронів (22мА). Виходячи із цього, їхній номінал складає 230Ом. В якості мікроконтролера МК можуть бути прийняті будь-які модифікації, що містять у своєму складі мультиплексований аналого-цифровий перетворювач й універсальний асинхронний прийомо-передатчик УАПП (USART).

В даній розробці прийнятий мікроконтролер AT90S8535 фірми Atmel. В якості АП застосована мікросборка перетворювач інтерфейсів MAX 1480 фірми Maxim ,що містить крім приймача й передавача, перетворювач напруги з розділовим трансформатором для їхнього живлення й оптронні розв'язки вхідних ланцюгів. Ці умови дозволяють забезпечити гальванічну розв'язку лінії зв'язку й пристроїв, що приєднують до неї, а також забезпечує іскробезпечність вихідних ланцюгів.

Інші елементи, використані в принциповій схемі приймаються виходячи зі схем включення мікрозборок.

Таким чином, пропонується пристрій автоматичного контролю параметрів рудничної атмосфери здійснює обробку вимірювальної інформації, прогнозування аварії й видачу необхідної інформації ЕОМ диспетчера шахти для вироблення керуючих впливів у системі вентиляції.

Автоматизація керування регулятора витрат повітря

Найбільш ефективним способом боротьби з раптовими викидами й вибухами метано-повітряної суміші є оперативне керування провітрюванням, шляхом зміни об'єму повітря, що подається в гірські вироблення і його подальший перерозподіл безпосередньо в головному й допоміжному вентиляційному виробленнях. За таким принципом побудовані автоматизовані системи керування провітрюванням [1,2].

Одним з виконавчих пристроїв системи є регулятори витрат повітря (РВП), які змінюють витрату безпосередньо у зоні виробок. Регулятор встановлюється в цегляну перегородку в якій обладнано блокуємі двері для пропускання людей та вагонеток. Число таких регуляторів, у загальному випадку, залежить від кількості горизонтів шахти й схеми провітрювання шахтного поля [20, 22].

Регулятор, змінюючи положення пластинчастої штори, закриває (відкриває) отвір таким чином, щоб домогтися необхідної витрати повітря. Для керування регулятором розроблено пристрій контролю й керування (ПКК), на базі мікро контролера, структурна схема якого представлена на рисунку 5.8.

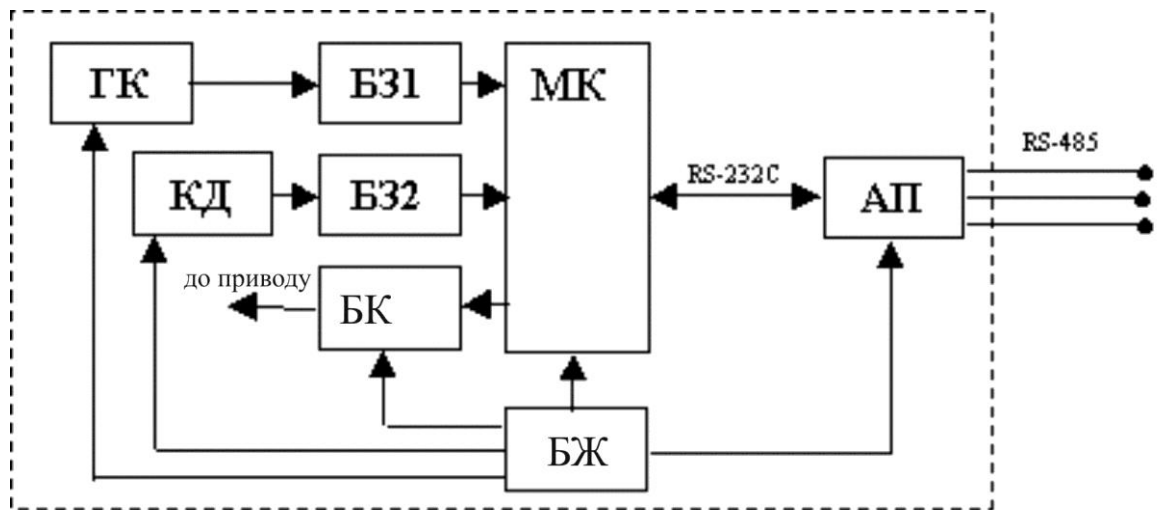


Рисунок 5.8 - Структурна схема ПКК

Геркон-контакти (ГК) встановлюються поруч із вентиляційними отворами. Всі ГК включені паралельно в ланцюг іскробезпечної напруги 12В. Спрацьовування відбувається при проходженні постійного магніту біля контакту. Таким чином, формується посилка із числом імпульсів, що відповідають положенню штори в цей момент часу. Ця посилка надходить у блок захисту БЗ1, де перетворюється зі струмового сигналу в сигнал напруги 5В и подається в мікроконтролер (МК). Мікроконтролер робить порівняння числа імпульсів (тобто, поточного положення штори) із заданим і формує команду на відключення електропривода, що передається через блок підсилювача БП в блок керування приводом.

Для контролю пересування через блокуємі двері, на яких встановлено кінцевий датчик КД, сигнал від якого надходить через блок захисту БЗ2 у мікроконтролер, де відбувається обробка й передача інформації на поверхню. У такий спосіб виключається можливість збільшення витрати повітря в даному виробленні й зниження загальної депресії ділянки (крила).

Зв'язок мікроконтролера з керуючою ЕОМ на поверхні шахти також здійснюється за допомогою приймально-передавального адаптера АП, що перетворює сигнали інтерфейсу RS-232C в інтерфейс RS-485.

Керування РВП пристроєм ПКК описується наступним алгоритмом. При необхідності регулювання керуюча ЕОМ посилає інформацію, що містить дані про ступінь регулювання на і-й ПКК. Мікроконтролер МК виконує обробку інформації і формує керуюче діяння, що запускає привід РВП і приводе в дію пластинчасту штору. Зупинка штори здійсниться тоді, коли число імпульсів сформованих геркон-контактами ГК буде дорівнювати заданому (інформація про це приходить від керуючої ЕОМ). При завершенні регулювання мікроконтролер МК формує повідомлення в систему автоматизації про поточне положення штори й блокуємих дверей, і відсилає його в ЕОМ. Для контролю проходження повітря й концентрації метану безпосередньо біля РВП улаштовуються підземні замірні пункти ПЗП.

Розробка системи автоматичного керування провітрюванням

До теперішнього часу розроблені кілька алгоритмів контролю й керування провітрюванням шахт, суть яких полягає в розпізнаванні конкретної газової ситуації й параметрів подачі повітря в гірські вироблення, вибір того або іншого методу регулювання з наступною нормалізацією газової ситуації на ділянці [2]. Система автоматичного керування провітрюванням (САКП) повинна здійснювати активне (зміну продуктивності вентиляторних установок) і пасивне (вплив на вентиляційний струмінь за допомогою РВП) регулювання. Пріоритетним є регулювання РВП. Якщо ж ця міра не принесе бажаного результату тоді потрібна зміна подачі вентилятора головного провітрювання відповідно до Правил безпеки. З існуючих способів регулювання вентиляторних установок, доцільним вважається спосіб регулювання частоти обертання приводного електродвигуна, як найбільше економічно вигідний, наприклад, для відцентрових вентиляторів, шляхом застосування асинхронно-вентильного каскаду. Регулювання повинне здійснюватися таким чином, щоб відношення депресії вентилятора до відповідного к.к.д було мінімальним, що є критерієм оптимальності. При цьому варто мати на увазі, що необхідною умовою нормального функціонування САКП є наявність резерву регулювання

продуктивності вентилятора по витраті повітря, обумовленого для шахти як різниця між номінальною і гранично припустимою витратою повітря, який протягом усього періоду експлуатації шахтного поля повинен бути достатнім для здійснення безпечного регулювання. У протилежному випадку необхідно передбачити заходи щодо зменшення аеродинамічних опорів гірських вироблень, зміні структури шахтної вентиляційної мережі й удосконаленню схем провітрювання виробничих ділянок.

Виходячи з означеного пропонується наступна структурна схема автоматизованої системи керування провітрюванням (Рис. 5.9).

Визначення концентрації метану та швидкості руху повітря здійснюється підземними збірними пунктами ПЗП, що детально описані в розділі 5.3. Їх кількість та місця встановлення визначаються для кожної шахти окремо, в залежності від її металоємності, системи провітрювання та топології вугільних виробок..

Для контролю режимних параметрів вентилятора в структурі САКП передбачено установку збірних пунктів вентилятора ЗПВ, до складу якого входять датчики виміру подачі й депресії повітряного потоку головної вентиляторної установки типу ДМИ-Р та ДСП-786 , мікроконтролер МК, блоки захисту БЗ і прийомо-передаючий адаптер АП, аналогічно підземному збірному пункту ПЗП. Кількість ЗПВ визначається числом регульованих на шахті вентиляторних установок головного провітрювання.

Для забезпечення оперативного управління регулятором витрат повітря РВП в передбачено використання пристроїв контролю та керування ПКС, робота якого детально описана в розділі 5.3

Мікроконтролер МК у структурі САКП є середнім рівнем керування й призначений для обробки (порівняння поточних значень контрольованих параметрів із заданими за Правилами безпеки) і передачі інформації на верхній рівень керування в ЕОМ.

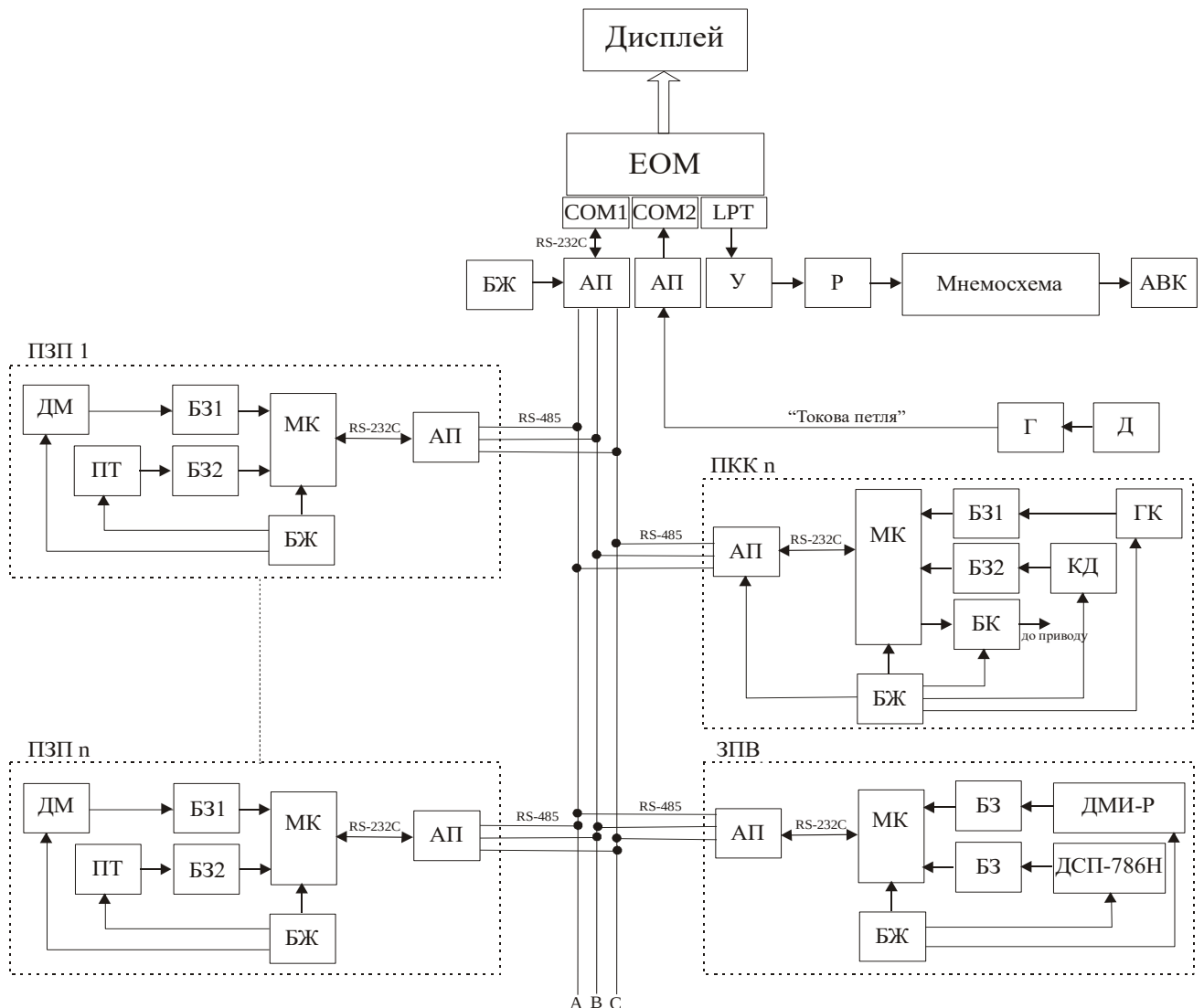


Рисунок 5.9 – Структурна схема САКП

Для електроживлення мікроконтролера, адаптера АП, датчиків ДМТ і ПТ необхідно передбачити блок живлення БЖ постійного струму із стабілізованою напругою та іскробезпечним виходом. Для цього можна використовувати, наприклад, блок живлення типу С1-5/1 [5].

Усі підземні замірні пункти (ПЗП), замірні пункти вентилятора (ЗПВ) та пристрої контролю та керування (ПКК) регуляторів витрат повітря (РВП)(до 32 штук) з'єднуються паралельно між собою й інформація по одній трьох провідній лінії зв'язку (довжиною не більше 1200м) надходить в ЕОМ, що розташована на пульті гірничого диспетчера. Швидкість передачі становить 1200 біт/с, що цілком прийнятно для сигналів телеконтролю. Якщо виникне необхідність, то при використанні спеціальних пристроїв (репітерів) можна об'єднати до чотирьох таких ділянок, у результаті число замірних пунктів зростає до 128, а дальність передачі - до 4800 м.

Інформація з перелічених вище пунктів контролю та керування (ПЗП, ЗПВ та ПКК) через лінію зв'язку та приймально-передаючий апарат АП поступає до ЕОМ через її СОМ-порти.

При використанні інтерфейсу RS-485, як лінії зв'язку, необхідно застосовувати кабель, що має виту пару проводів А,В і так званий «дренажний» провід С (у жодному разі не використовуючи замість нього екран!).

Виводи адаптера А і В призначені для підключення вити пари, С - ізолюваний від корпусу ЕОМ загальний провід приймача й передавача. При паралельному підключенні декількох адаптерів до однієї лінії зв'язку всі точки С необхідно з'єднати між собою «дренажним» дротом кабелю.

Лінія передачі інформації в САКП повинна бути узгодженою, а викривлення в ній мінімальні. З огляду на, що узгодження впливає в основному на поширення високочастотних складових сигналу, послідовно з балансними резисторами необхідно включити роздільні конденсатори ємністю не менш 0.1 мкф. Це трохи полегшує режим роботи передавачів по постійному струмі й знижує споживану ними потужність. Під час роботи кожного з передавачів, вихідні опори яких свідомо малі, додаткові резистори не впливають на рівні сигналів.

Також необхідний захист інтерфейсних ланцюгів від викидів напруги, що неминуче виникають у лініях зв'язку під впливом перешкод. Необхідність

у ньому тим більша, чим довше лінія насичена силовими кабелями й потужними електроустановками вздовж траси її прокладки. Захист може бути здійснена за допомогою напівпровідникових стабілітронів, підключивши їх, наприклад, як показано на рисунку 5.10.

При цьому придушуються як диференціальні (діючі між проводами лінії зв'язку), так і синфазні (діючі між кожним із проводів й "землею") складові перешкод. У якості VD1-VD3 можна використати будь-які (обов'язково однакові) стабілітрони з напругою стабілізації 10...25 В.

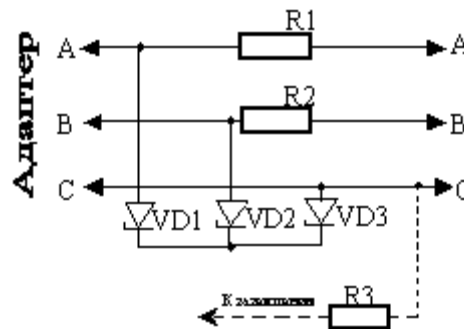


Рисунок 5.10 - Схема захисту від перенапруги лінії зв'язку

При складанні структурної схеми системи керування САУП необхідно також передбачити введення інформації від окремо розташованих датчиків, наприклад, датчика метану, розташованого в каналі вентиляторної установки або датчика стану регулятора РВП. Передача в цьому випадку може бути організована з використанням «струмової петлі». Для цього вихід датчика повинен бути підключений через генератор струму й перетворювач «струмова петля»-RS-232C на комутаційний порт COM2 ЕОМ (див. рис. 5.).

Вихідна інформація ЕОМ надходить на дисплей у вигляді «Поради диспетчерові» по керуванню провітрюванням шахти. При наявності автоматизованих РВП і регульованих вентиляторних установок, диспетчер передає команди керування операторам або з використанням окремих апаратів зв'язку (телемеханіки) або з використанням ЕОМ системи САУП, що є кращим. В останньому випадку, апаратна організація передачі команд

об'єктам керування повинна здійснюватися через LPT порт ЕОМ з використанням підсилювача У та релейної схеми Р (див. рис 5.).

Для реалізації запропонованої структури системи керування САКП необхідна розробка спеціального програмного забезпечення як мікроконтролерів замірних пунктів, так і центральної ЕОМ.

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі розглянуті існуючі методи вимірювання концентрації метану в повітряній суміші, обробки і передачі отриманої інформації до пульта диспетчера.

Проаналізовано шляхи модернізації системи збору, обробки та передачі даних до ПК. Детально розглянуто принцип роботи газоаналізаторів метану АТ1-1 та АТ3-1 і обґрунтовано можливість їх використання в модернізованій системі автоматичного керування провітрюванням.

Запропоновано більш сучасну технологію збору, обробки та передачі числової інформації про рівень концентрації метану та швидкість руху повітря, в місцях заміру, до ПК.

Модернізована САКП дозволяє перейти від аналогового обладнання, більш складного за конструкцією та технологією обміну інформацією, до цифрової обробки та передачі даних. Це дозволяє: підвищити надійність систем контролю та керування провітрюванням в шахті; спростити процес їх виробництва та експлуатації; зробити їх гнучкими та доступними для подальшого вдосконалення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ott, H.W., Noise Reduction Techniques in Electronic Systems (New York: John Wiley & Sons, © 1976)
2. Бірюков С. А. Застосування інтегральних мікросхем серії ТТЛ. —М.: Радіо та зв'язок, 1992.
3. Шевчук В.Я. Системи автоматизації управління технологічними процесами. – Київ: Наукова думка, 2010. – 412 с.
4. Гнатюк П.О., Остапенко М.О. Автоматизація вентиляційних процесів у шахтах. – Донецьк: Шахтар, 2005. – 320 с.
5. Ковальчук О.П. Мікроконтролери в автоматизованих системах контролю. – Львів: Видавничий центр ЛНУ, 2015. – 298 с.
6. Пучков Л.А., Бахвалов Л.А. Методи автоматичного управління провітрюванням шахт. – Київ: Техніка, 1998. – 399 с.
7. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Охорона праці. – Львів: Афіша, 1999. – 348 с.
8. Ott H.W. Noise Reduction Techniques in Electronic Systems. – New York: John Wiley & Sons, 1988. – 340 с.
9. Smith S.W. Digital Signal Processing: A Practical Guide for Engineers and Scientists. – California: Technical Publishing, 1999. – 672 с.
10. Brown T.L. Designing AVR Microcontroller Projects: Principles and Practices. – Amsterdam: Elsevier, 2015. – 450 с.
11. Barnes T. Automated Systems for Mine Ventilation Control. – Berlin: Springer, 2003. – 385 с.
12. Економіка виробничого підприємства / за ред. И.М. Петровича. - К.: Знання, 2001 р.
13. Економіка підприємства: Навч. посібник / І.М.Бойчик. - К.: "Каравела", Львів: "Новий світ", 2001 р.
14. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Охорона праці. - Львів: Афіша, 1999 - 348 с.

15. Silva M., White R. AVR Microcontroller Applications for Industrial Control. – Boca Raton: CRC Press, 2010. – 280 с.
16. Миценко І.М., Мезенцева О.М. Цивільна оборона: навчальний посібник. – Кіровоград, 2003. – 404с.
17. Гиркало А. Побудова системи автоматичного регулювання вентиляції та кондиціонування. – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – 220 с.
18. Браташ О.О., Нестеренко В.М., Тимофєєнко О.В. Оптимальне провітрювання газових вугільних шахт. – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – 310 с.
19. Коваленко П.М. Системи вентиляції небезпечних за газом шахт. – Дніпро: НГУ, 2013. – 280 с.
20. Олійник С.М., Тарасов В.Л. Автоматизовані системи керування у шахтній вентиляції. – Київ: Наукова думка, 2017. – 250 с.
21. Прокопенко О.В. Обґрунтування методів керування вентиляцією виїмкових ділень. – Дніпро: НГУ, 2015. – 290 с.
22. Іваненко Ю.А. Програмовані системи для шахтного провітрювання. – Харків: Техніка, 2010. – 300 с.
23. Голуб О.С. Аеродинамічні аспекти контролю вентиляції в шахтах. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – 270 с.
24. Соловей М.П. Системи безпеки шахтної атмосфери. – Київ: Техніка, 2005. – 310 с.
25. Тараненко А.В. Вентиляційні системи та автоматизація управління. – Донецьк: Шахтар, 2012. – 280 с.
26. Захаров П.О., Ковальчук В.А. Використання AVR-контролерів у гірничій вентиляції. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 240 с.
27. Скороход А. В., Скороход І. А. "Архітектура і програмування мікроконтролерів AVR". : Вінниця, ВНТУ, 2018. – 250 с.
28. Воробйов С., Корольов А. "Програмування AVR-контролерів".: Харків, 2019. – 320 с.
29. Головка В. П. "Цифрова схемотехніка з використанням AVR".: Київ, 2020. – 280 с.

30. Босов Є.П., Жесан Р.В., Каліч В.М., Голик О.П., Зубенко В.О. Охорона праці при проектуванні систем автоматизації виробництва : навч. посіб. 2-е вид., перероб. і доп. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 208 стор.

31. Про охорону праці : Закон України. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2694-12#Text>.

32. Основи законодавства України про охорону здоров'я : Закон України. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2801-12#Text>.