



Ministry of Education and Science of Ukraine  
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty «Computer technologies and systems»  
Department «Automatics and Telecommunication»

Explanatory Note  
to Master's Thesis

on the topic: «Development of additional methods for automatic protection of microprocessor centralization for switches and signals system against overvoltage effects.»

according to educational curriculum «Automatics and Automation on transport»  
in the Speciality: «151 Automation and computer-integrated technologies»

Done by the student of the group AT2226: /Dmytro YURETS/

Scientific Supervisor: /Volodymyr MALOVYCHKO/

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра: «Автоматика та телекомунікації»

Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Спеціальність: «151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра  
студенту Юрець Дмитро Вікторович

1. Тема роботи: «Розробка додаткових засобів автоматичного захисту системи МПЦ-У від впливу перенапруг.»

Керівник роботи: Маловічко Володимир Володимирович, доцент  
затверджені наказом № 1151 ст. від 21.11.2022

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: вивчення та створення методик і інструментів для зміцнення оборони системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У проти впливу перенапруг

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналіз систем мікропроцесорної централізації в Україні

4.2 Розробка грозозахисного вирівнювання потенціалів та схем додаткового внутрішнього захисту мікропроцесорного обладнання системи МПЦ-У

4.3 Покращення якості живлення на мікропроцесорних елементах МПЦ-У

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

18 слайдів для презентації

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз систем мікропроцесорної централізації в Україні	1.12.23	30%
2	Розробка грозозахисного вирівнювання потенціалів та схем додаткового внутрішнього захисту мікропроцесорного обладнання системи МПЦ-У	15.12.23	60%
3	Покращення якості живлення на мікропроцесорних елементах МПЦ-У	30.12.23	100%
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.24	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	26.01.24	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дмитро ЮРЕЦ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

доц. Володимир МАЛОВІЧКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

60с., 4 рис., 3 табл., 12 джерел.

**Метою роботи** є розробка методів та засобів для підвищення захисту системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У від впливу перенапруг.

**Завданням роботи** є:

- розробка грозозахисного вирівнювання потенціалів для поста ЕЦ та транспортбельних модулів системи МПЦ;
- розробка схем додаткового внутрішнього захисту мікропроцесорного обладнання системи МПЦ-У;
- підвищення якості електроживлення системи МПЦ-У шляхом використання схем мережевих фільтрів;

**Об'єкт дослідження** – процес функціонування системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

**Предмет дослідження** – методи та засоби підвищення захисту від перенапруг мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

Проаналізовано існуючі системи мікропроцесорної централізації в Україні та в Європейських країнах зроблено висновок що мікропроцесорні централізації з часом витіснять релейні системи повністю і при розробці різних нововведень треба орієнтуватися саме на них. В Україні серед мікропроцесорних централізацій визначаємо найбільш перспективною систему МПЦ-У і саме для неї будемо розробляти різні покращення. Як і для європейських систем так і для українських значною проблемою є захист від перевантажень під дією перенапруг що виникають в наслідку різних відмов та грозових явищ. Саме захисту від даних небезпек і присвячена дана робота.

Ключові слова: МІКРОПРОЦЕСОРНА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ, ПЕРЕНАПРУГА, ЗАХИСНІ ПРИЛАДИ, ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз систем мікропроцесорної централізації в Україні .....	9
1.1 Загальна характеристика та класифікація систем електричної централізації.....	9
1.2 Аналіз мікропроцесорних систем в Європі та світі.....	10
1.3 Аналіз МПЦ в Україні .....	17
1.4 Постановка задачі.....	26
1.5 Висновки до першого розділу.....	26
2 Розробка грозозахисного вирівнювання потенціалів та схем додаткового внутрішнього захисту мікропроцесорного обладнання системи МПЦ-У .....	28
2.1 Приклади поломок постів електричної централізації через перенапругу.	28
2.2 Розробка додаткових засобів захисту від грозових розрядів та перенапруг в мікропроцесорній централізації МПЦ-У .....	31
2.3 Захист мікропроцесорних модулів від перенапруги з кабельних ліній ....	38
2.4 Структурна схема контролю рівня напруги на зовнішніх лініях.....	45
2.5 Висновки до другого розділу .....	46
3 Покращення якості живлення на мікропроцесорних елементах МПЦ-У ....	48
3.1 Використання джерел безперебійного живлення .....	48
3.2 Особливості електроживлення в різних режимах .....	53
3.3 Технічні заходи стабілізації напруги що надходять на ДБЖ .....	54
3.4 Висновки до третього розділу.....	58
Висновки .....	59
Перелік посилань.....	60

## ВСТУП

Залізничні автоматизовані системи сьогодні переважно базуються на електромагнітних реле. Основні недоліки цих систем - їх об'ємність, значний витрат енергії, висока матеріаломісткість та складність інтеграції з управлінськими системами вищого рівня для повної автоматизації технологічних процесів на станціях.

Мікропроцесорні пристрої, які замінюють електромеханічні та електронні системи, покращують експлуатаційні характеристики систем залізничної інформації. Використання мікропроцесорної централізації дозволяє істотно зменшити кількість апаратури порівняно з релейними системами. Це знижує витрати на будівництво службових приміщень. Застосування потужної обчислювальної техніки дозволяє обслуговувати великі ділянки з інтенсивним рухом поїздів одним контрольним постом. Модульний принцип побудови цих систем дозволяє точно підібрати обсяги апаратури відповідно до параметрів конкретної станції чи ділянки. Порівняно з унікальними проектами релейних систем для кожної станції, МПЦ дозволяє враховувати індивідуальні особливості на програмному рівні, скорочуючи терміни введення нових систем в експлуатацію. З точки зору безпеки, мікропроцесорні централізації мають вищі показники надійності завдяки можливостям електронних технологій і 100% гарячому резервуванню основних елементів системи. Система самодіагностики дозволяє виявляти передвідмовний стан елементів централізації та контролювати всі відмови, виводячи їх на екран робочого місця електромеханіка.

Релейна централізація вимагає більших матеріальних і трудових витрат на експлуатацію, особливо через велику кількість електромагнітних реле, які потрібно перевіряти перед запуском та регулярно в процесі експлуатації. Крім того, значний час витрачається на обслуговування пульта управління, табло та кабельної мережі.

Комп'ютерні централізації мають ряд переваг при впровадженні інформаційних технологій в транспортний процес та управління роботою структурних підрозділів залізниці. Вони служать ефективною зв'язковою ланкою між первинними джерелами отримання інформації (рухомий склад, об'єкти СЦБ тощо) та управлінськими системами вищого рівня, дозволяючи легко інтегрувати їх без додаткових підсистем і пристроїв, чого неможливо досягнути за допомогою релейної централізації.

Досвід експлуатації МПЦ на залізницях світу демонструє їх експлуатаційні та технічні переваги порівняно з релейними системами. Ураховуючи швидкий розвиток та удосконалення мікроелектроніки та мікропроцесорної техніки, а також зниження її вартості, можна стверджувати, що з часом МПЦ стануть основними системами станційної автоматики. Однак вони дуже чутливі до якості електроживлення та перенапруг.

# 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ В УКРАЇНІ

## 1.1 Загальна характеристика та класифікація систем електричної централізації

Донедавна на залізницях України використовувались лише системи централізації стрілок і сигналів на базі електромагнітних реле. Автоматизація руху поїздів на станціях і перегонах залишалася незмінною відносно застосування комп'ютерних технологій. Технічні рішення для релейної централізації, розроблені в 1960 – 1980 роках, застаріли. Реле як елементна база електричної централізації вичерпали свій потенціал. Покращення якості та розширення функцій релейної централізації веде до збільшення кількості реле, споживаної енергії та витрат на обслуговування. Тому мікропроцесорна централізація (МПЦ) є доцільним вибором для автоматизації руху на станціях, успішно застосовуваною як на вітчизняних, так і на зарубіжних залізницях.

Централізація стрілок і сигналів – це сукупність пристроїв для центрального керування та контролю. Вона забезпечує логічні взаємозалежності (блокування) між станційними об'єктами відповідно до вимог безпеки руху.

У блочній маршрутно-релейній централізації (БМРЦ) для швидкого встановлення маршрутів переведення стрілок використовуються кнопки. При маршрутному управлінні загальний час на встановлення найскладнішого маршруту складається з часу натискання кнопок і часу переведення стрілок і складає 5 – 7с. [1]

Вся апаратура БМРЦ розділяється на дві групи: набірну й виконавчу.

Набірна група маршрутного набору використовується для формування пускових кіл переведення стрілок, а виконавча група – для встановлення, замикання й розмикання маршруту.

Проектування БМРЦ включає з'єднання типових схемних блоків за колійним розвитком станції.

## **1.2 Аналіз мікропроцесорних систем в Європі та світі**

Застосування МПЦ дозволяє зменшити обсяг апаратури порівняно з релейними системами, що знижує витрати на будівництво приміщень. Високопродуктивна обчислювальна техніка дозволяє обслуговувати великі ділянки з інтенсивним рухом поїздів одним постом централізації. Модульний принцип дозволяє точно підібрати обсяги апаратури для кожної станції чи ділянки. В МПЦ можна враховувати індивідуальні особливості на програмному рівні, скорочуючи терміни введення систем в експлуатацію.

Обробка управлінської та сповіщувальної інформації в електронно-обчислювальній машині (ЕОМ) спрощує діагностику апаратних засобів. МПЦ створює базу для повної автоматизації управління рухом поїздів, дозволяючи передавати команди та отримувати інформацію від систем вищого рівня.

Перші системи на базі електроніки були запроваджені в кінці 70-х. Розвиток цих систем у різних країнах визначався національними концепціями безпеки пристроїв на залізницях. [1]

Наприклад, в Німеччині, де залізниці мають велике значення, високі вимоги до безпеки й надійності досягаються дублюванням технічних та програмних засобів.

Системи EIS, EIL(ESTW L90) і ELEKTRA відповідають високим вимогам безпеки. МПЦ EIS, розроблена Siemens, призначена для управління великими станціями. У США, де залізничний транспорт менш важливий, компанія General Railway Signal (GRS) розробила одноканальні системи VPI і WESTRECE. Система SSI, створена спільно з Gec-General Signal і Westinghouse Signals, широко поширена на залізницях світу. Ця система будується за географічним принципом, де всі основні логічні умови безпеки, введення команд і індикація виконуються постовим обладнанням. Система

WESTRACE, розроблена групою Hawker–Siddeley, використовується на малих станціях, де вся логіка управління розподілена. Системи МПЦ різняться залежно від регіону та вимог до залізничного транспорту. Вони обмежені лише функціями централізації, але не включають управління верхнім рівнем.

Для надійної обробки інформації компанія Siemens використовує спеціалізовані комп'ютери власного виробництва, які можуть бути різноманітно конфігуровані. Ці комп'ютери родини Simis мають модульне устрій, що дозволяє оперативнo налаштовувати їхню обчислювальну архітектуру, відповідно до специфічних потреб конкретних задач і необхідного рівня довговічності. Обчислювальні пристрої Simis можуть працювати за принципом «2 з 2» або «2 з 3». Технічні пристрої каналів є однаковими і функціонують автономно. Обчислювальний процес у каналах відбувається одночасно, програмне забезпечення є ідентичним. Інформація обробляється паралельно. З метою забезпечення безпеки, пристрій порівняння кінцевих даних має захист від потенційних збоїв, його виходи з'єднані з периферійним устаткуванням. На рис. 1.1 представлено структурну схему контролера SIMIS–С, який об'єднує два мікрокомп'ютери, працюючі незалежно один від одного, однаково сконструйовані та запрограмовані, працюють синхронно за таймером або відповідно до команд. Після кожного робочого циклу і формування команди на виведення, стан обох комп'ютерів перевіряється на збіг. Реалізовані лише однакові кінцеві команди. За допомогою періодичних контрольних програм перевіряється точність виконання операцій. Інформація, пов'язана з не безпеко-критичними функціями, зазвичай обробляється стандартними ЕОМ, які використовуються на робочих станціях оперативнo-управлінського персоналу.

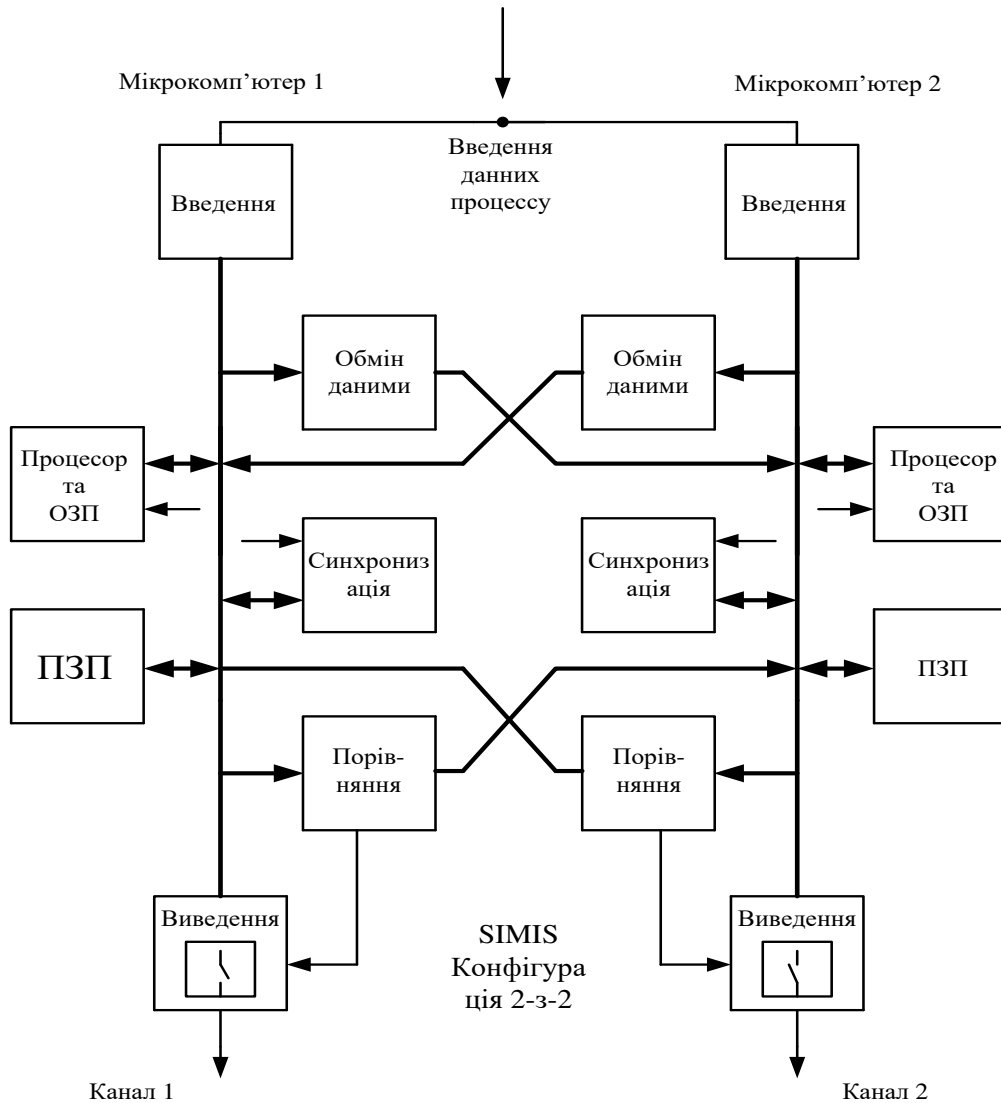


Рисунок 1.1 – Структурна схема контролера SIMIS–С

Типовий проект централізації включає п'ять підсистем:

- підсистема управління та сигналізації - яка реєструє дії оператора, опрацьовує їх та готує дані для дисплеїв та моніторів;
- підсистема вводу, моніторингу та тлумачення - обробляє дані від першої підсистеми та зберігає всю необхідну інформацію про стан станції;
- інтерфейсний комп'ютер - передає інформацію на комп'ютер дисплею та організовує обмін даними з іншими контрольними пунктами;
- комп'ютер дисплею - керує індикацією, контролюючи цілісність електричних ланцюгів ламп у вимкненому і включеному станах. Ці кола

реалізовані на пристроях з безпечним режимом відмови. Активація індикації на дисплеї відноситься до важливих команд;

– виконавчі районні контролери - виконують функції електричної централізації, забезпечують керування стрілками та сигналами через зв'язні схеми.

Районні керуючі комп'ютери можуть працювати з різними типами земельного обладнання: рейковими колами, точковими сенсорами, з пристроями для підрахунку осей AZS350, стрілками з електричним приводом, обладнаними ключовою залежністю, передбачені сигнали блокування поїздів. [4]

Обмін між районними контролерами здійснюється через двоканальну систему ліній зв'язку. У разі пошкодження автоматично здійснюється перехід на одноканальний варіант.

Яскравим прикладом впровадження такої системи стала станція Ганновер (Німеччина). Тут фірма Siemens встановила одну з найбільших у світі МПЦ типу EIS. Структурна схема станції зображена на рис. 1.2.

МПЦ EIL(ESTW L90), розроблена компанією Alcatel SEL (Германія), забезпечує значне розширення зони обслуговування. Її відмітна особливість полягає в базуванні на стандартних ЕОМ, що здійснюють критично важливі функції системи. Система має чотири основні рівні: інтерфейс користувачів, рівень повідомлень та введення даних, рівень забезпечення безпеки та виконавчий рівень. Інтерфейс користувачів включає як загальні, так і деталізовані монітори. Модуль повідомлень та введення даних контролює точність формування команд ДСП та обробляє вихідні сигнали від модуля забезпечення безпеки, передаючи їх у користувацький інтерфейс. Модуль формування зображення колійного розвитку гарантує безпеку завдяки двом незалежним системам.

Кожен модуль забезпечення безпеки, прив'язаний до певного району станції, виконує:

– перевірку усієї залежності СЦБ;

- зберігання в пам'яті таблиці маршрутів;
- відправлення команд на вимкнення напільних пристроїв.

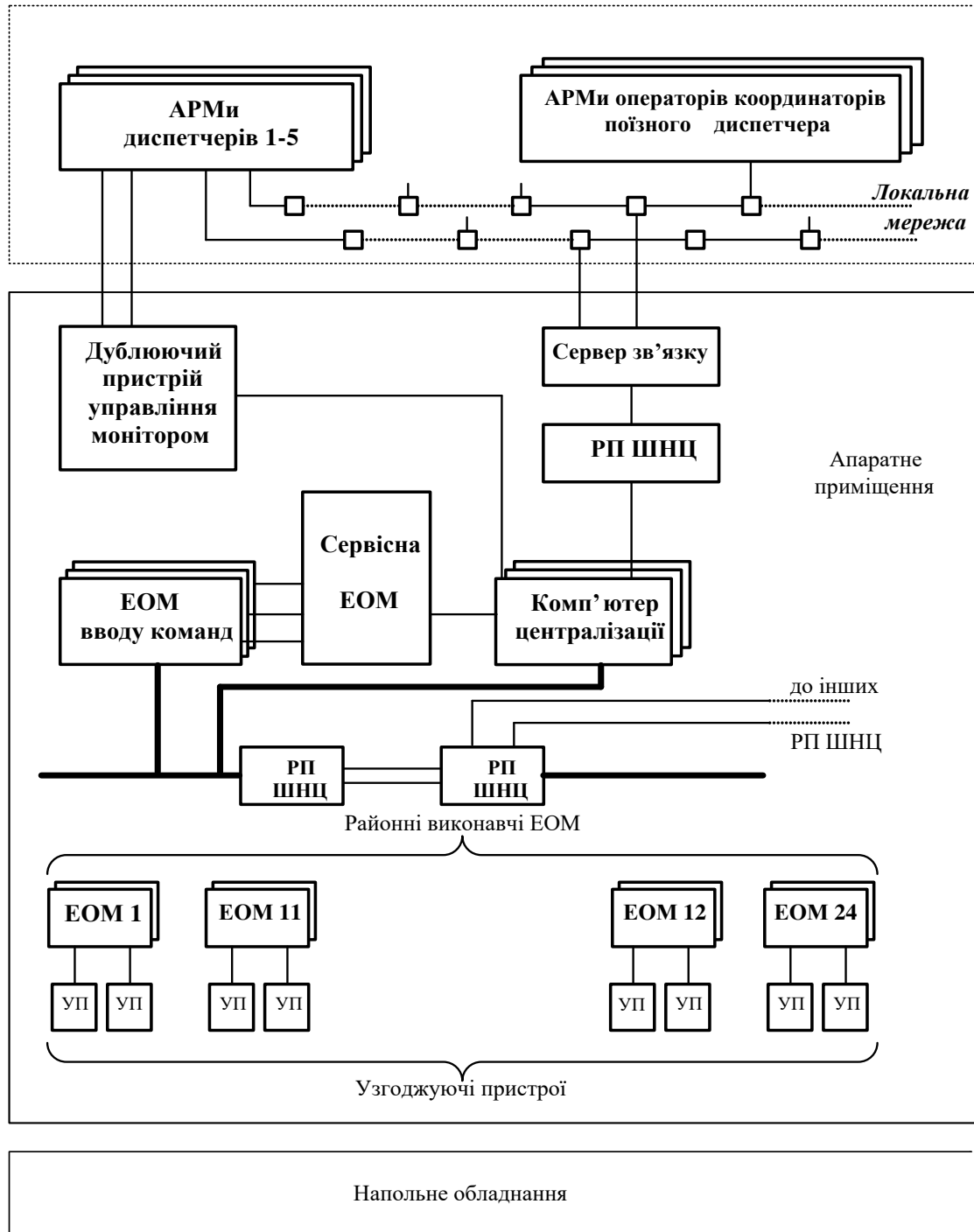


Рисунок 1.2 – Структура МПЦ станції ГанOVER – Головний

Модулі, відповідальні за критичні функції, захищені від небезпечних відмов. Вони побудовані на блоках SELMIS за трьохканальною схемою з

програмним порівнянням результатів та вибором за принципом «2 з 3». Використовуються обчислювальні канали з гальванічними розв'язками.

Система МПЦ ELEKTRA, створена Alcatel Austria, має двоканальну структуру для забезпечення надійності та безпеки. У ній функції в каналах розділені; один з них логічний, інший – для забезпечення безпеки. Надмірність забезпечується на системному рівні, не на апаратному. Кожен канал використовує унікальне програмне забезпечення, що покращує економічні показники.

Розділення концепцій безпеки та забезпечення експлуатаційної готовності робить систему більш гнучкою. Надійність досягається за допомогою резервування ЕОМ. У країнах, де залізничний транспорт менш домінуючий, вимоги до МПЦ менш жорсткі з огляду на вартість. Наприклад, у Великобританії та Швеції зосередження на експлуатаційній готовності є ключовим, а вартісні обмеження скорочують перелік функцій централізації.

Світова відома МПЦ типу SSI, розроблена за участю Gec–General Signal та Westinghouse Signals, побудована за географічним принципом. Управління напільним обладнанням здійснюється через постове обладнання та об'єктні модулі. Колійні модулі передають управління та зчитують інформацію з колійних пристроїв, забезпечуючи безпеку. Безпека багатопроцесорного модуля централізації забезпечується включенням обчислювальних засобів за схемою «2 з 3», а функціональний блок працює за схемою «2 з 2», вимикаючись при відмові. [4]

У зв'язку з тим, що один такий модуль може управляти чотирма стрілками або двома сигналами наслідки, його відмови мають локальний характер. Після відключення функціонального модуля обладнання, яке підключене до нього, втрачає управління й контроль .

В США роль залізничного транспорту не є такою значущою, як у європейських країнах, що зумовило рішення американської компанії General Railway Signal (GRS) припинити розробку багатоканальних систем МПЦ.

Натомість, вона зосередилася на виробництві та поставках на ринок одноканальних систем VPI і WESTRECE.

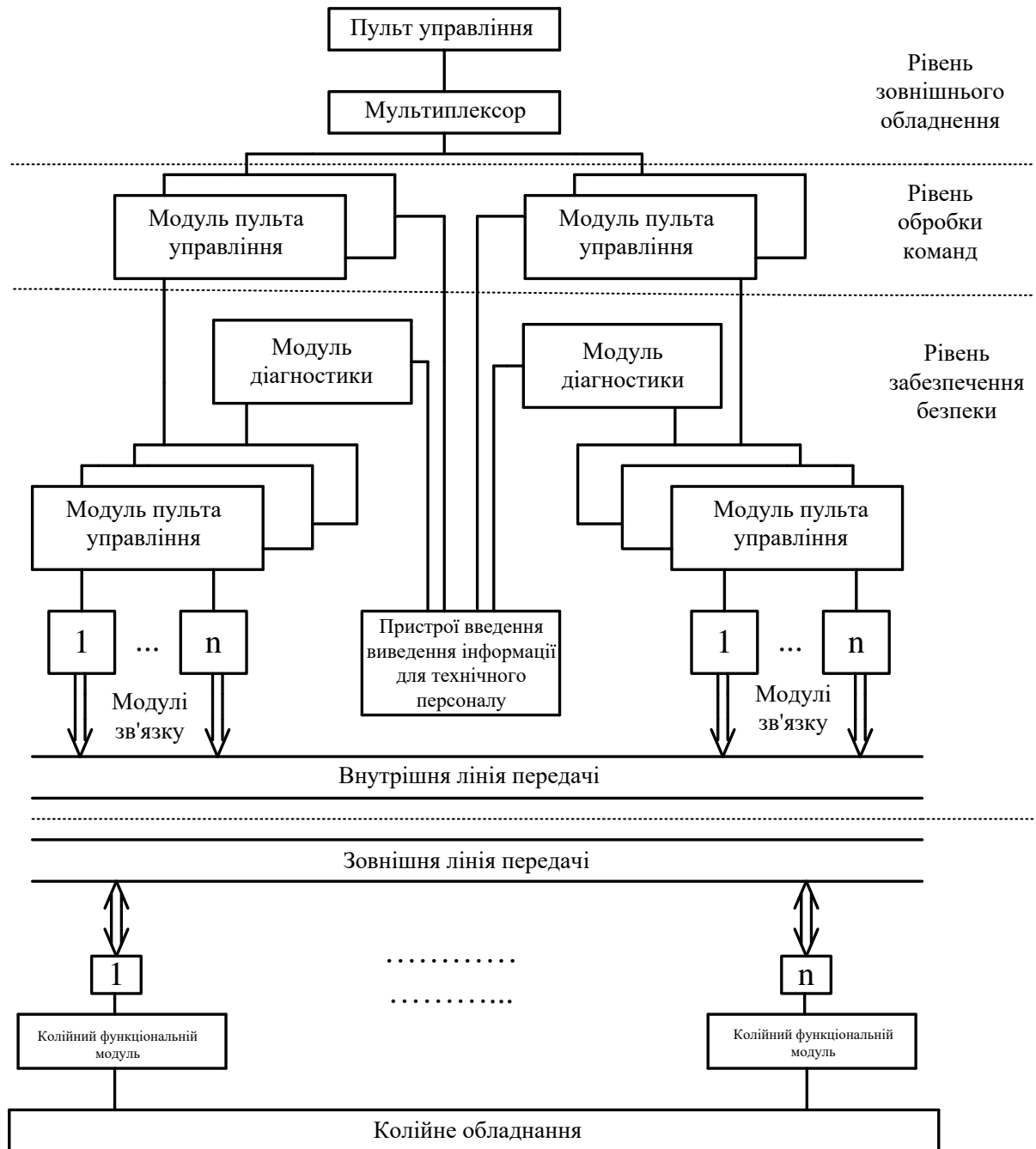


Рисунок 1.3 – Структура централізації SSI

Система SSI не вважається оптимальною для довгих ділянок із малими роздільними пунктами. У відповідь на це, дочірні підприємства промислової групи Hawker–Siddeley, включаючи Westinghouse Brake and Signal в Великобританії і Австрії, Safetran в США, а також Dimetronic в Іспанії,

розробили проект Westinghouse Train Radio and Advanced Control Equipment (WESTRACE).

Концепція технічного забезпечення WESTRACE базується на принципі конфігурування функціональних модулів навколо центрального модуля відповідно до вимог замовника. Система має найменший радіус дії серед усіх відомих МПЦ, при цьому вся логіка управління є розподіленою. Основною сферою застосування WESTRACE є малі станції.

Система включає три ключових рівня: обробку команд управління, забезпечення безпеки та виконання команд. На рівні обробки команд захист від небезпечних відмов не передбачений, ця функція реалізується на рівні логічного модуля забезпечення безпеки. Модуль введення/виведення складається з набору спеціалізованих пристроїв, які з'єднані між собою лінією безпечної послідовної передачі даних. З системами вищого рівня, такими як диспетчерська централізація, МПЦ зв'язане через лінію послідовної передачі даних, що не впливає на безпеку.

WESTRACE - це система з одноканальним технічним і двоканальним програмним забезпеченням. Програмне забезпечення розробляється за одноканальною схемою, але при його компіляції з використанням двох різних методів генерується двоканальний програмний код. Диверсифікація програмного забезпечення обмежена методом зберігання коду в перепрограмовуваній пам'яті. Результати роботи програм порівнюються в процесорі, і тільки у разі їх збігу дозволяється подальша обробка чи введення даних.

Цей підхід дозволяє забезпечити високу надійність і безпеку системи за рахунок двоканальної перевірки програмного забезпечення, незважаючи на те, що основне технічне забезпечення залишається одноканальним.

### **1.3 Аналіз МПЦ в Україні**

На залізничних мережах України широко використовуються наступні типи систем мікропроцесорної централізації (МПЦ):

**МЩ ЕЦ–ЄМ:** Ця система розроблена за завданням Російського Департаменту сигналізації, централізації та блокування фахівцями ГТСС і АТ "Радиоавионика" (Санкт–Петербург) на базі керуючого обчислювального комплексу (УВК РА). Система ЕЦ–ЄМ базується на сучасних мікропроцесорних засобах, використовуючи реле першого класу в критичних ланцюгах. Вона включає в себе типові релейні схеми для управління наземними об'єктами та УВК РА, яке контролює залежності та безпечно управління рухом потягів. Безпека та надійність досягаються за допомогою триканальної мажоритарної схеми резервування з функціями самодіагностики в УВК РА. Основним недоліком ЕЦ–ЄМ є відсутність модулів безконтактного керування стрілками та сигналами, а також незавершена розробка АРМ електромеханіка, що ускладнює обслуговування. [5]

**Мікропроцесорна централізація Ebilock-950:** Ця система, розроблена "Bombardier Transportation", є перспективною і вже знайшла застосування в Україні, зокрема на ділянці від Краснограда до Лозової, де впроваджена мікропроцесорна система централізації з інтегрованим автоматичним блокуванням "Ebilock-950". Система адаптована до вимог, що пред'являються до систем електричної централізації (ЕЦ), і завдяки програмованій елементній базі покращує експлуатаційні властивості, реалізуючи такі додаткові функції:

- Блокування стрілки в заданому положенні згідно з командою оператора, що запобігає індивідуальному переведенню стрілки або її використанню в маршруті у відмінному положенні.
- Блокування секції за командою оператора, що виключає можливість відкриття сигналу у маршруті через цю секцію.
- Установка поїзного маршруту з автоматичною дією сигналів.
- Контроль горіння забороняючих показань на маневрових світлофорах прикриття при завданні поїзних маршрутів. [5]

Відкриття світлофора в поїзному маршруті на дозволяюче показання відбувається тільки за умови горіння забороняючого показання на маневровому світлофорі прикриття, якщо до цього світлофора встановлений маршрут.

Ці системи демонструють розвиток та адаптацію мікропроцесорної технології для покращення ефективності та безпеки залізничного транспорту в Україні. МПЦ ЕЦ–ЄМ та Ebilock-950, кожна зі своїми особливостями та функціоналом, вирішують специфічні задачі управління та контролю залізничного руху, адаптуючись до конкретних умов експлуатації на українських залізницях. Використання таких передових систем сприяє підвищенню безпеки, ефективності та надійності залізничного транспорту, а також забезпечує сучасний рівень автоматизації процесів управління залізничним рухом.

Після активації залізничного сигнального світла, нагляд за його світінням забороняється, а вказівки на маневровому світлосигналі відсторонюються від уваги. Через програмне та апаратне забезпечення робочих станцій диспетчерського пункту втілено множину інформаційно-сервісних операцій, які включають в себе візуалізацію та реєстрацію дій диспетчерського персоналу та стану підстанційного обладнання, а також некоректну роботу технічних засобів системи МПЦ. Графічний інтерфейс користувача ґрунтується на функціоналах операційної системи Microsoft Windows NT. Він забезпечує інтегрований інтерфейс для усіх операцій диспетчерського пункту і уніфікований підхід до конструкції системи меню, діалогових вікон для введення та виведення інформації. У системі, окрім основного, передбачається режим допоміжного управління, до якого переходять при частковому збої пристроїв МПЦ, відмовах елементів керування і кабельної мережі станції. У допоміжному режимі керування забезпечуються особливі умови взаємодії між оператором і системою МПЦ, спрямовані на перевірку обдуманості дій оператора. До цих умов належать:

- однозначно зрозуміла, пряма, чітка індикація дій;

- повторні запити від системи до оператора з роз'ясненням виконаних ним дій, які вимагають підтвердження;
- обов'язкова вимога від системи до оператора про вказівку причини роботи в допоміжному режимі, яка має бути задокументована та зареєстрована системою.

У цьому режимі забезпечується:

"Індивідуальне перемикання стрілок без контролю стану стрілочного рейкового кола (у випадку помилкового зайняття)";

"Налаштування маршрутів без активації дозволяючого індикатора світлофора".

Система МПЦ Ebilock-950 може бути реалізована у двох форматах: із централізованим та децентралізованим розташуванням обладнання. У першому форматі процесорний модуль централізації (ПМЦ), Interlocking Processing Unit (IPU), що реалізує логічні залежності між стаціонарними об'єктами, та обладнання управління підстанційними пристроями (система об'єктних контролерів (СОК)) розміщуються на посту централізації. У другому форматі ПМЦ розташовується на посту централізації, в той час як СОК розподіляється по станції неподалік від керованих об'єктів.

Одна одиниця ПМЦ здатна керувати 150 логічними елементами (віртуальними відображеннями реальних елементів станції у програмному забезпеченні), 1000 IPU елементами (перемикачами, сигнальними вогнями, котушками та контактами реле), що узагалі відповідає потребам станції з приблизно 40-60 перемикачами. Обсяг контрольованих елементів можна збільшити шляхом додавання додаткових ПМЦ.

У системі Ebilock-950 передбачено повне дублювання стаціонарних пристроїв, використання незалежних джерел електроживлення, розрахованих на самостійну роботу не менше ніж 0,5 години, унікальна конструкція комунікаційних ліній та обладнання для створення каналів, що дозволяє підтримувати функціональність системи у випадку несправностей.

До переваг цієї системи можна віднести здатність застосовувати централізовані та децентралізовані методи розташування устаткування, розширені можливості для моніторингу та діагностики, а також легкість у технічному сервісуванні.

Система МПЦ-У, розроблена у Сіверодонецьку, виробництвом ПрАТ «СНВО «Імпульс» в Україні, є сучасною альтернативою вже існуючим на залізничних шляхах релейним системам електричної централізації. Вона сприяє значному зростанню безпеки та надійності керування рухом поїздів на залізничних вузлах з різноманітним обсягом залізничної роботи, включно з високошвидкісними ділянками. Зазначена система дозволяє мінімізувати релейно-контактні інтерфейси, програмно впровадити всі логічні зв'язки між сигнальними вогнями, перемикачами та рейковими колами, що в свою чергу сприяє високому рівню надійності апаратури. [10]

Може застосовуватись для побудови МПЦ станцій з параметрами:

- кількість стрілок до - 256 шт;
- кількість світлофорів до - 256 шт;
- кількість рейкових кіл до - 512 шт.

МПЦ-У не поступається за показниками жодному з відомих прототипів, а за декількома критеріями навіть перевершує їх.

Основні задачі МПЦ-У включають:

- Регулювання та управління процедурами прийому, відправки, проходження та обгону поїздів, а також маневровою діяльністю;
- запевнення безпечного проходу поїздів за визначеними маршрутами:
  1. встановлення, роз'єднання та скасування маршрутів;
  2. управління індикаціями світлофорів;
  3. кодування маршрутів з перевіркою всіх умов безпеки;
  4. уникнення перехресних маневрів під час маневрування;
  5. активація запрошувального вогню;
  6. індивідуальне перемикання та автоматичне відновлення положень стрілок;

7. штучне роз'єднання секцій;

8. деактивація стрілок і ізольованих ділянок із збереженням можливості використання сигналів;

- відображення актуальної інформації про розташування поїздів та стан залізничної автоматики в реальному часі;

- моніторинг стану систем електропостачання;

- безперервне записування дій оперативного персоналу, архівація параметрів керованих об'єктів і складання відповідних протоколів та звітів;

- налаштування маршруту без активації світлофора;

- індивідуальна регуляція часу для кожного активування світлофора;

- особистий облік часу очікування для кожного скасованого маршруту та роз'єднуваної секції;

- введення команд керування за допомогою інтерфейсу «миша».

Характеристики МПЦ-У:

- високий рівень безпеки, який відповідає стандартам України ДСТУ 4178 та значно вищий за вимоги міжнародного стандарту ІЕС 62425;

- у МПЦ-У еліміновані релейно-контактні інтерфейси, всі логічні залежності між світлофорами, стрілками і залізничними секціями реалізовані програмно за допомогою трьохканального керуючого контролера;

- забезпечення захисту від перенапруг, викликаних комутаціями, блискавками та короткими замиканнями;

- простота розширення та зміни конфігурації МПЦ-У для відповідних залізничних станцій завдяки модульній структурі технічних засобів та програмного забезпечення, а також зручності конструкції;

- інтеграція МПЦ-У з зовнішніми системами через комунікаційний шлюз, включаючи диспетчерські центри, системи автоматичного блокування та керування переїзною сигналізацією, а також автоматизовані системи контролю вантажоперевезень;

- можливість управління та контролю сусідніх об'єктів, таких як ділянки між станціями, переїзди тощо.

Ця система була впроваджена в експлуатацію 26 квітня 2013 року на станції Переїзна Донецької залізниці, замінивши технічно та морально застаріле обладнання, що керувало залежністю стрілок і сигналів, на мікропроцесорну централізацію.

Структурна діаграма системи МПЦ-У, представлена на рис. 1.4, включає наступні елементи:

- АРМ-Ц ДСП (автоматизоване робоче місце чергового по станції): складається з двох еквівалентних робочих станцій для чергового по станції (РС ДСП);

- АРМ-Ц ШН СКД (автоматизоване робоче місце електромеханіка СЦБ);

- ШС (шафа сполучення): призначена для створення зв'язку між ШКиУ, АРМ-Ц ДСП, АРМ-Ц ШН СКД через радіальну дубльовану мережу, засновану на принципі "точка-точка" за допомогою промислових комутаторів та оптичного інтерфейсу Ethernet;

- КРУ (контролер резервований управляючий): складається з трьох ідентичних управляючих обчислювачів (ВУ), які логічно резервують один одного у процесі роботи. Кожен ВУ включає:

- контролер мікропроцесорний КМп-28;

- два модулі зв'язку МСв;

- спеціалізований перетворювач напруги СПН-26 для стабілізації вхідного живлення ВУ.

- КВВ (контролер вводу-виводу). Виконує такі функції:

- прийом команд керування об'єктами моніторингу та керування від КРУ за принципом мажоритарності «2 з 3»;
- контроль стану об'єктів моніторингу та керування;
- нормалізація вхідних та вихідних сигналів;
- моніторинг та самодіагностика власних технічних та програмних засобів;

- передача контрольної та діагностичної інформації до КРУ. Кожен КВВ складається з трьох модулів зв'язку МСв для зв'язку КРУ з МСО; до 14 МСО (Модулів Спостереження та Оперування), призначених для управління та контролю об'єктів моніторингу та керування.

У МСО для забезпечення функціональної безпеки використовуються мікроконтролери АТmega 640 (МП1 та мікроконтролер STM32F103 (МП2)). Ця різноманітність мікроконтролерів дозволяє уникнути симетричної (одночасної та однотипної) відмови в обох МК, що може спричинити небезпечну відмову. [10]

В МСО формуються управляючі сигнали та здійснюється моніторинг об'єктів контролю та управління за схемою «2 з 2», і зворотна передача інформації від об'єктів контролю та управління до МСО здійснюється за схемою «1 на 2».

Ця структурна схема відображає комплексний підхід до забезпечення функціональної безпеки, надійності та ефективності системи МПЦ-У, акцентуючи на сучасних рішеннях у сфері залізничної автоматики та телемеханіки.

Кожний з КВВ складається з трьох модулів зв'язку МСв, призначених для організації зв'язку КРУ з МСО та до 14 МСО, призначених для управління і контролю об'єктами контролю і управління. Для отримання функціональної безпеки в МСО використовують мікроконтролери АТmega 640 (МП1) та мікроконтролер STM32F103 (МП2). Цей принцип дозволяє уникнути симетричної (одночасної та однотипної) відмови в двох МК, що може привести до небезпечної відмови. В МСО формуються управляючі сигнали та об'єкти контролю і управління по схемі «2 з 2», та надходять зворотно від об'єктів контролю та управління по схемі «1 на 2».

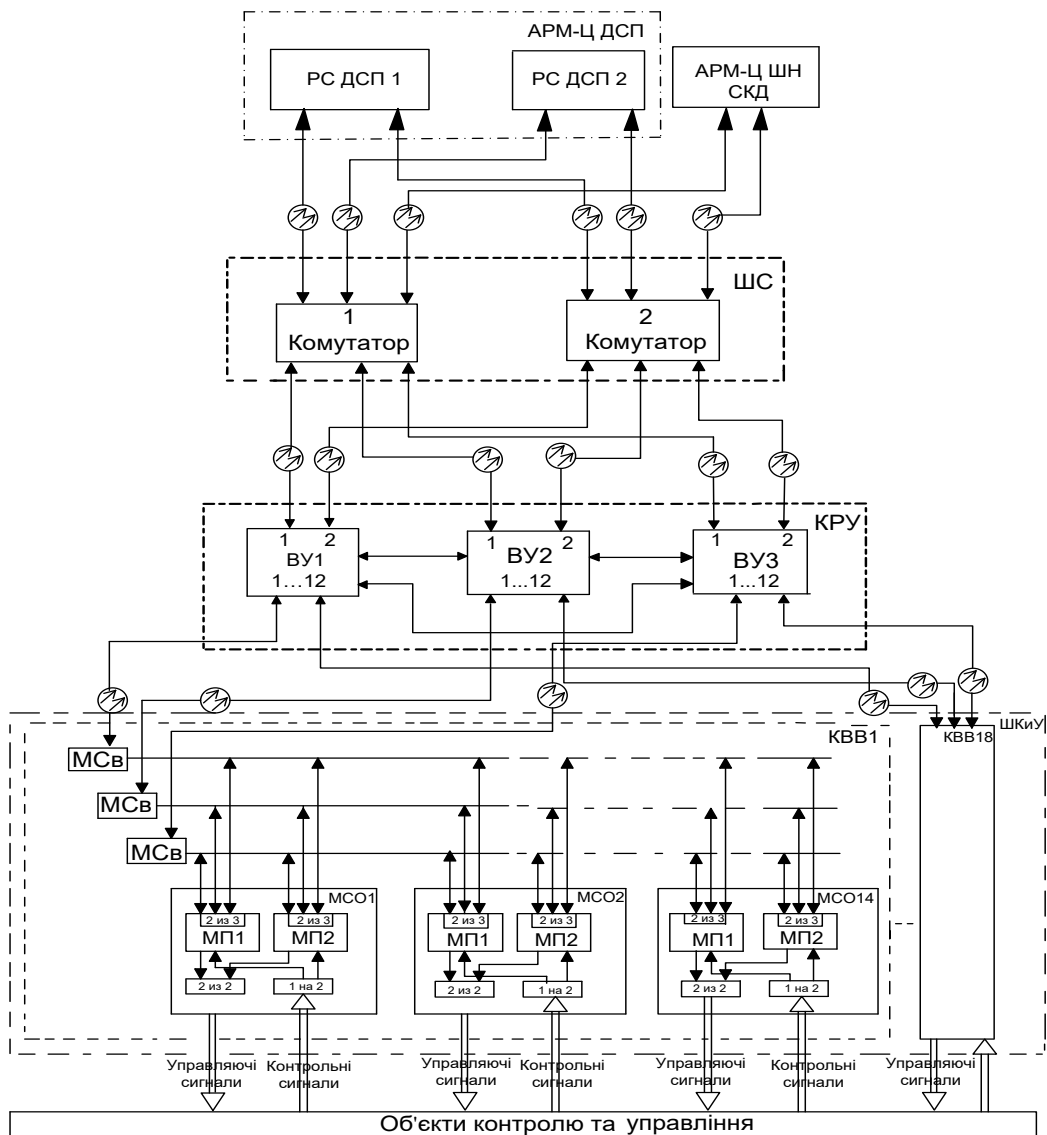


Рисунок 1.4 – Структурна схема МПЦ-У

Кожен з контролерів вводу-виводу (КВВ) у системі МПЦ-У складається з наступних компонентів:

**Три модулі зв'язку МСв** – ці модулі призначені для забезпечення комунікації між контролером резервованим управляючим (КРУ) та модулями спостереження та оперування (МСО).

**До 14 МСО** – ці модулі відповідають за управління та моніторинг об'єктів контролю і управління. Вони є ключовими елементами в системі керування, виконуючи різні завдання залежно від їхньої функціональності та розташування у системі.

Щодо забезпечення функціональної безпеки в МСО, то застосовується принцип використання двох різних типів мікроконтролерів: ATmega 640 (МП1) та STM32F103 (МП2). Це дозволяє уникнути симетричної (одночасної та однотипної) відмови обох мікроконтролерів, що є критично важливим для підвищення надійності системи та запобігання потенційно небезпечних ситуацій.

У МСО формуються управляючі сигнали та здійснюється контроль об'єктів за схемою «2 з 2», а зворотна передача інформації від об'єктів контролю та управління до МСО відбувається за схемою «1 на 2». Це означає, що для виконання команди потрібна згода обох систем, а інформація про стан об'єкту передається обома системами, але достатньо відповіді від однієї для визначення стану об'єкту. Така організація забезпечує високий рівень надійності та безпеки в системі управління залізничної автоматики. [10]

#### **1.4 Постановка задачі**

**Метою роботи** є розробка методів та засобів для підвищення захисту системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У від впливу перенапруг.

##### **Завданням роботи є:**

- розробка грозозахисного вирівнювання потенціалів для поста ЕЦ та транспортабельних модулів системи МПЦ;
- розробка схем додаткового внутрішнього захисту мікропроцесорного обладнання системи МПЦ-У;
- підвищення якості електроживлення системи МПЦ-У шляхом використання схем мережевих фільтрів;

**Об'єкт дослідження** – процес функціонування системи мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

**Предмет дослідження** – методи та засоби підвищення захисту від перенапруг мікропроцесорної централізації МПЦ-У.

## **1.5 Висновки до першого розділу**

Проаналізувавши існуючі системи мікропроцесорної централізації в Україні та в Європейських країнах ми прийшли до висновку що мікропроцесорні централізації з часом витіснять релейні системи повністю і при розробці різних нововведень треба орієнтуватися саме на них. В Україні серед мікропроцесорних централізацій визначаємо найбільш перспективною систему МПЦ-У і саме для неї будемо розробляти різні покращення. Як і для європейських систем так і для українських значною проблемою є захист від перевантажень під дією перенапруг що виникають в наслідку різних відмов та грозових явищ. Саме захисту від даних небезпек і присвячена дана робота.

## **2 РОЗРОБКА ГРОЗОЗАХИСНОГО ВИРІВНЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛІВ ТА СХЕМ ДОДАТКОВОГО ВНУТРІШНЬОГО ЗАХИСТУ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ МПЦ-У**

Більшість систем станційної електричної централізації (ЕЦ) в Україні функціонують на основі релейної техніки, яка вже вичерпала свій потенціал ефективності. Через те, що значна кількість цих систем експлуатуються понад 30 років і незважаючи на всі заходи щодо недопущення поломок автоматичних пристроїв та порушень умов роботи систем електричної централізації, кількість відмов автоматики на станціях майже не знижується. Впровадження сучасних комп'ютерних технологій дозволяє створювати та використовувати мікропроцесорні системи електричної централізації. На європейських залізницях мікропроцесорні централізації (МПЦ) активно використовуються вже тривалий час. На залізницях України мікропроцесорна централізація лише розпочинає застосування і наразі такі системи обладнані лише на окремих станціях магістрального та промислового транспорту, але перспективи їх використання дуже високі, оскільки такі системи функціонально значно перевершують системи релейного типу. У своєму дипломному проекті на станції Ізов, яка обладнана пристроями БМРЦ, я здійснию заміну цих пристроїв на мікропроцесорну централізацію Ebilock-950. [6]

### **2.1 Приклади поломок постів електричної централізації через перенапругу**

Сьогодні однією з ключових проблем на залізницях України є пожежі, що виникають через блискавки та перенапруги, які потрапляють на пост ЕЦ з зовнішніх ліній. Пожежі на цих об'єктах ускладнюють експлуатаційний стан, провокують масові затримки поїздів і потребують витратних ремонтних робіт. За останні роки в Україні зафіксовано ряд інцидентів згоряння апаратури та постів електричної централізації. Наприклад: У 2003 на станції Сухачівка сталася поломка пристроїв електричної централізації на посту ЕЦ

та переїзної автоматики. Причиною поломки стало потрапляння високої напруги в електричні кола пристроїв ЕЦ та переїзної автоматики через контакт металевого бруса електрошлагбаума з дротом фідерної лінії через невідповідність відстані від нижньої точки проводів до поверхні землі та відсутність заземлення на приводах шлагбаумів, релейних та акумуляторних шафах. Причиною інциденту стали неправильні дії чергової по переїзду, яка не вжила заходів щодо вимкнення автошлагбаума за допомогою кнопки на пульті управління після його пошкодження, а також через недостатнє розуміння порядку дій у незвичайних ситуаціях, вона виконувала дії, які були недоречні в даному випадку. У 2004 році на станції Янцеве Придніпровської залізниці сталося зупинення пристроїв ЕЦ через танення та горіння постових кабелів у релейному приміщенні поста ЕЦ, що призвело до горіння дерев'яної підлоги, монтажу та приладів на панелях живлення і релейних штативах. Розслідуванням встановлено, що причиною пожежі став нагрів клеми колодки на панелі живлення через ослаблене кріплення на болтовому з'єднанні кабелю живлення першого фідера, що призвело до танення ізоляції постових кабелів СЦБ і їх займання. Силові кабелі електроживлення під підлогою в релейному приміщенні не були відокремлені від кабелів СЦБ і не укладені в азбестоцементні труби. Пожежна сигналізація в ДСП не спрацювала. У 2005 році на станції Ромодан Південної залізниці зупинення пристроїв ЕЦ сталося через потрапляння тягового струму по оболонках кабелів у підвальне приміщення поста ЕЦ, що призвело до нагрівання та танення кабелів СЦБ та зв'язку. Пошкодження кабелів сталося через ряд недоліків у експлуатації пристроїв СЦБ та зв'язку.

Під час реалізації електрифікації на вказаній ділянці, броня кабелів сигналізації та блокування не була ізольована від реле-шаф вхідних світлофорів та інших апаратів системи централізації та блокування (СЦБ), які були заземлені на колії.

Відсутність тягових з'єднувачів на сліпих коліях та нецентралізованих стрілками, що прямують до під'їзних колій тягової підстанції. Дренаж тягового струму на станції не відповідає проектним параметрам.

Не було виконано положень щодо демонтажу броні з кабелів сигналізації та блокування перед входом у будівлю. Згодом вона була з'єднана дротом ПРГ або ПБ зі сторони поля та підключена до контуру заземлення на посту ЕЦ. Незважаючи на порушення правил цієї інструкції, було здійснено заземлення головних кабелів зв'язку та кабельних стійок зв'язку.

Поширенню вогню в підземному приміщенні сприяла не закрита глиняним розчином діра між підвалом та першим поверхом під панеллю ЩВП-93. Через азбестоцементні труби від цієї панелі проходять силові кабелі на другий поверх. Отвори не були герметично закриті в кабельній ніші, а між кабелем та стіною були закладені шматками тканини.

У 2007 році на станції Терещенська Південно-Західної залізниці сталася зупинка пристроїв ЕЦ через займання відпаю головного кабелю зв'язку та кабелів сигналізації та блокування біля нульових клем штативу, що спричинило займання дерев'яної панелі підлоги через контакт тягового струму в місці дотику міжстативного заземлення діаметром 5 мм з алюмінієвою оболонкою головного кабелю зв'язку. Це сталося через вигорання міждросельної перемички дренажу тягового струму на непарній горловині станції і одноколійного підходу з боку станції, що не було виявлено при плановій перевірці рейкових колій. Внаслідок пожежі було пошкоджено 35 реле-стативів, панелі живлення, внутрішньопостові кабелі СЦБ та зв'язку. [6]

У 2010 році на станції Сиваш Придніпровської залізниці через пориви вітру сталося падіння вихідного світлофора на контактний дріт, внаслідок руйнування іскрового проміжку в колі заземлення вихідного світлофора висока напруга контактної мережі через жили кабелю управління вихідним світлофором потрапила в реле-приміщення поста ЕЦ, що призвело до

пошкодження 21 монтажу реле, плат, вигорання запобіжників та обмотки трансформатора ПОБС-5А та пульта-табло ДСП.

Залізобетонна щогла вихідного світлофора висотою 10 метрів використовувалася на станції з 1969 року, експертно-технічний аналіз щогл та опор світлофорів був проведений недостатньо якісно, внаслідок чого не були виявлені дефекти в щоглі світлофора. Відповідно до результатів перевірки стану залізобетонних щогл світлофорів було заплановано замінити 90 дефектних світлофорних щогл.

З огляду на цю статистику, необхідно вжити заходів безпеки для апаратури ЕЦ та обслуговуючого персоналу не тільки від тягового струму, але й від грозових розрядів.

## **2.2 Розробка додаткових засобів захисту від грозових розрядів та перенапруг в мікропроцесорній централізації МПЦ-У**

Мікропроцесорні системи централізації, окрім значної кількості переваг у порівнянні з релейними системами, мають і вагомий недолік. Робота цих систем значною мірою залежить від якості електропостачання та виникнення будь-яких перенапруг у комунікаційних лініях. Згідно зі статистикою, у мікропроцесорних системах автоматики через причини, пов'язані з перенапругами та перебоями в електропостачанні, виникає втрата інформації у 75% випадків, а виведення з ладу електронного устаткування спостерігається у 65% випадків. В Україні наразі не існує єдиної сертифікаційної лабораторії для перевірки надійності та безвідмовності мікропроцесорних систем, що впроваджуються, тому розробка додаткових засобів захисту від перенапруг для таких систем є дуже актуальною.

Під час оцінки захищеності пристроїв залізничної автоматики та телемеханіки була виявлена необхідність у зовнішніх грозозахисних пристроях.

Грози утворюються внаслідок розділення електричних зарядів у хмарах. Для створення моделі, достатньої для проектування грозозахисних пристроїв

постів електричної централізації, враховується те, що через підйом водяної пари у повітрі відбувається розділення зарядів, утворюючи області хмар з позитивними та негативними зарядами. Це сприяє формуванню електричного поля між хмарами та землею. Коли електрична напруженість поля стає достатньо високою, щоб перевищити пробивну міцність повітря, утворюється канал для розрядки в напрямку до землі. Такий канал розрядки розвивається поетапно до поверхні землі, оскільки напруженість поля, яка виникає, достатня лише для іонізації відповідної ділянки. Через індуктивність блискавки заряду потрібен час, щоб досягти блискавки. Наближення блискавки до землі збільшує щільність поля у незахищених місцях, особливо це стосується веж, виступаючих частин споруд. Збільшення щільності іонізації поля та зустрічний розряд інтенсифікуються назустріч блискавці. При зустрічі двох розрядів струм блискавки проходить у землю. Заряд з хмари відводиться у землю, проходить через землю та знову відводиться до хмари на основі "ємності 'земля-хмара'". Оскільки провідник, який підводиться (канал блискавки), та зворотний провідник ('ємність 'земля-блискавка') розташовані далеко один від одного, у зоні каналу блискавки виникає значне магнітне поле, яке за законом електромагнітної індукції індукує напругу у всіх провідних структурах (струмопровідних петлях, жилах кабельної мережі).

Швидкі зміни сили струму, які виникають під час грозових розрядів, ведуть до змін магнітного поля, які індукують напругу у сусідніх провідних структурах. Якщо існує багато провідних структур (наприклад, кабельні мережі, рейкові кола на території станції), то в усіх цих структурах індукується напруга. Напруга, яка індукується по кабельних жилах і прикладається до їх точок підключення, викликає значне збільшення вхідної напруги на клеммах вхідних пристроїв, електронних платах. Через загальні джерела живлення ці перенапруги впливають також на інші електричні пристрої. Одночасно використовуються струми вирівнювання, які виникають, наприклад, при розташуванні неподалік від захищених пристроїв

"пасивних" струмопровідних структур, у яких під дією зовнішнього магнітного поля починають протікати струми вирівнювання. Зустрічно обертове магнітне поле, створене вирівнювальними струмами, зменшує діюче значення загального магнітного поля, і тим самим знижує напругу, яка індукується.

Найефективнішим вважається метод урівнювання потенціалів (описаний далі) на вході до захисних апаратів, створюючи обхідні шляхи для струмів, які з'являються через індуквану напругу. Зовнішній захист від блискавки переважно складається з:

- заземлювального пристрою для захисту від блискавок;
- пристрою для відведення блискавок;
- пристроїв для затримування.

Заземлювач є комбінацією усіх штучних та природних заземлювачів. Його функція полягає у передачі струму блискавки в землю та відведенні його від апаратів. Потім цей струм може розподілятися та повертатися в буревійні хмари. Для електротехнічних станцій необхідно підтримувати на мінімальному рівні збільшення потенціалів, яке може виникнути через грозу, за допомогою створення низького опору ґрунту для розтікання струму. Численні зв'язки в кабельних мережах та на підлозі обладнання, що підключене до станцій, формують зв'язок із віддаленим потенціалом. При ударі блискавки підвищений потенціал станції створює в точках контрольних органів розрив потенціалів з підлоговими апаратами. Необхідно використовувати заземлювач з низьким загальним опором, для цього вживається заземлювач із низьким опором приміщення з максимізацією обмеження індуктивних елементів та з'єднання основної шини урівнювання потенціалів з усіма провідними та чутливими до землі частинами станції. Особливо рентабельним є заземлювач фундаменту. Для цього в фундамент станції поміщається оцинкована сталь. Завдяки бетону вона захищена від корозії, що забезпечує її тривале використання. «Вушка» для підключення

виводяться в потрібних місцях для основної шини урівнювання потенціалів (ОШУП) та для з'єднання відвідників громовідводів. Їх потрібно ефективно захищати від корозії за допомогою конструкції з якісної сталі та цинкового покриття. Надалі заземлювач фундаменту оптимізується шляхом з'єднання з його арматурною сіткою, що дозволяє використовувати його як заземлювач за площею. З'єднання слід проводити за допомогою клем.

Відвідник є з'єднанням між затримувальним пристроєм та заземлювачем. Високої ефективності захисту від блискавки можна досягти, використовуючи арматуру залізобетонних конструкцій, де арматура бетону використовується для перенаправлення струмів блискавки до заземлення. Коли через звичайні відвідники, розміщені на зовнішній стіні, проходить струм до заземлення, поряд з відвідником утворюється значне магнітне поле, яке проникає всередину електротехнічного поста, індукуючи напругу у провідних шляхах. При використанні арматури як відвідника, струм блискавки швидко розподіляється по металевій структурі арматури. Завдяки розподілу блискавки на багато окремих елементів, магнітні поля стають слабшими і, в оптимальному випадку, взаємно компенсують одне одного. Проникаючі в приміщення поля послаблюються. Можна застосувати арматуру з модульною конструкцією. В такій конструкції через точки заземлення затримувальний пристрій замикано на горизонтальний провідник, до якого приєднані вертикальні стрижні арматури, які передають струм вниз. Там знову відбувається заземлення на горизонтальний метал арматури, який через точки заземлення забезпечує з'єднання з заземлювачем. Усі ці з'єднання виконані так, щоб через них протікав струм блискавки. Щоб рівномірно розподілити струм блискавки по сталевій арматурі, потрібно максимально часто з'єднувати арматуру, необхідну для відведення струму блискавки, з іншою арматурою. Завдяки розподілу струму на багато відвідників знижується струм між затримувальним пристроєм та грозозахисним заземленням, тому не потрібно дотримуватися мінімальних інтервалів. При використанні монолітного бетону необхідно перевіряти арматуру, яка

використовується як грозозахисний пристрій. Тільки після перевірки фахівцем деталей, які потім будуть заливатися бетоном, можна починати роботи. Вони виконують роль відвідників струму блискавки, забезпечуючи заземлення струмів блискавки, індукованих у системі електропостачання. При ударах блискавки першого та другого рівнів енергія високого потенціалу передається в розподілену електромережу. Грозозахист розташовується поруч з вводом електропостачання в електротехнічний пост. Якщо це неможливо, допускається їх розміщення на основному джерелі електроживлення. Кріплення конструктивних елементів здійснюється на стикових шинах.

Відвідник струму блискавки може бути сконструйований із окремих компонентів або як єдиний блок для змінного струму. Підключення повинно здійснюватися найкоротшим шляхом до основної шини урівнювання потенціалів або безпосередньо до заземлювача електротехнічного поста. Перенапруга, що досягає провідників, активізує розрядник, що спричиняє перенаправлення перенапруги в систему заземлення. Затримувальний пристрій слід розташовувати так, щоб блискавка потрапляла в нього, а не в електротехнічний пост, передаючи струм блискавки на відвідник. На електричних постах централізації достатньо розмістити його на вершині та похилих частинах даху. Для будівель із плоским дахом застосовується уловлювач у вигляді сітки. Якщо на даху розміщені електричні пристрої, потрібно передбачити можливість неконтрольованого проникнення струму через ці пристрої всередину приміщення під час ударів блискавки. Тому ці пристрої також мають бути захищені від ударів блискавки. У разі значних розмірів установок на даху використовуються частково ізольовані уловлювачі блискавок із сітковою структурою, які захищають їх від ударів блискавки. У певних випадках для зовнішнього захисту службово-технічних приміщень і споруд можуть бути використані уловлювачі, встановлені на окремих щоглах.

За допомогою зовнішнього захисту від блискавок можна зменшити проникнення великих струмів блискавки та знизити рівень електромагнітних завад всередині електротехнічного поста, але це недостатньо для захисту апаратури від перенапруг, які можуть проникнути через кабелі. Тому потрібні заходи внутрішнього захисту. Електротехнічний пост можна поділити на зони захисту від блискавки:

- Зона 0: до цієї зони відносяться підлогові пристрої під контактною мережею та приміщення із зовнішнім захистом від гроз.
- Зона 1: до цієї зони належать внутрішні простори приміщень, внутрішні простори шаф, встановлених поза приміщеннями.
- Зона 2: це рами вузлів, металеві корпуси пристроїв у шафі.
- Зона 3: це зона управління електронними платами пристроїв.

Я рекомендую вирівнювання потенціалів для грозозахисту, оскільки цей метод дозволяє знизити вплив розрядів блискавки та перенапруг на обладнання та підвищити безпеку обслуговуючого персоналу.

Вирівнювання потенціалів можна здійснити методом петльового вирівнювання. При цьому шафи з'єднуються між собою за допомогою з'єднання елементів арматури болтами та із шиною вирівнювання потенціалів. На електротехнічних постах є численні петльові з'єднання між шафами, особливо це стосується двостороннього накладення екранованих кабелів та кабелів передачі даних. Магнітні поля, які виникають в результаті струмів блискавки, індукують напругу в цій мережі сіток, зрівнювальні струми цієї напруги створюють протилежне поле, тим самим послаблюючи проникаючі магнітні поля. У більшості випадків конструкція не дозволяє використовувати арматуру для петльового вирівнювання потенціалів, наприклад, у приміщеннях, де не використовується залізобетон або арматура не з'єднана між собою, або відсутні точки з'єднань. У таких випадках як додатковий захід у приміщеннях для комп'ютерів можна встановити каркас з

петльових решіток на існуючій підлозі, що дозволить досягти аналогічного ефекту.

Для забезпечення ефективної роботи опорного каркасу необхідно створити добре провідні з'єднання елементів, щоб сформувати ефективну решітчасту структуру. Опорний каркас має бути з'єднаний найкоротшим шляхом зі шиною урівнювання потенціалів. Альтернативою створення решітчастої мережі може бути прокладка мідних тросів, з'єднаних у місцях перетину за допомогою пайки чи клем.

У системах залізничної автоматики та телемеханіки цей метод застосовується, зокрема, у шафах цифрових АТС. Він ефективний з точки зору захисту обслуговуючого персоналу та обладнання від грозових розрядів та перенапруг, а також економічно вигідний, оскільки не вимагає додаткової переробки приміщень чи змін у розміщенні сигнальних пристроїв.

Апаратура мікропроцесорної централізації МПЦ-У розміщується у шафах, які використовуються для установки концентраторів, модулів і джерел живлення. Одна шафа може керувати окремим районом станції, цілою станцією чи декількома станціями залежно від її розміру та складності.

Електронне обладнання в процесі експлуатації піддається впливу різних електромагнітних завад, здебільшого розповсюджуваних через електроживлення. Це може призвести до збоїв в роботі, втрати даних, пошкодження програмного забезпечення чи навіть виходу з ладу апаратури. Нестабільна напруга може вплинути на перегрів і зменшити термін служби обладнання.

Система живлення МПЦ-У складається з вступного щита, спеціальної панелі контролю та перемикання фідерів, джерела безперебійного живлення з ізолюючим трансформатором, розподільного щита для розгалуження живлення. Якість електроживлення і захист від перенапруг мають критичне значення для надійної роботи систем.

Основні пошкодження електроживлення включають аварії напруги, довготривалі і короткочасні підсадки та сплески напруги, високовольтні імпульсні перешкоди, високочастотний шум, зміни частоти.

Зовнішній захист і петльове заземлення захищають апаратуру тільки від грозових розрядів, і це недостатньо для повноцінної роботи мікропроцесорної централізації. Важливо удосконалити систему не тільки з точки зору підвищення якості електроживлення, але й захисту від перенапруг з кабельних ліній та апаратури шаф керування.

### **2.3 Захист мікропроцесорних модулів від перенапруги з кабельних ліній**

Пропозиція доповнити існуючу систему захисту DSTT додатковим модулем захисту є раціональним рішенням. Використання WAGO-клем, які передбачають можливість реалізації захисту від перенапруги шляхом встановлення на них модуля захисту, є ефективним підходом, оскільки не вимагає додаткового провідного монтажу.

Система захисту від перенапруги включає різні схеми захисту, які зазвичай розміщуються у власних корпусах. Для цього підходять наступні стійки підключення кабелю/шафи:

- Сійка підключення кабелів SCN Neumann GmbH;
- Сійка підключення кабелів/крос VKM модель III;
- Монтажна схема розрядника перенапруги/заземлення SCN-Z-00-0439;
- Сійка підключення кабелів Siemens S25131-G103-A110;
- Сійка підключення кабелів Siemens S25140-J212-A1.

Компоненти схемного захисту від перенапруги розміщуються в приймачі конструктивних елементів WAGO C25104-Z8-C726, який встановлюється на відповідні клеми WAGO. Для кожного модуля захисту потрібно передбачити окрему клему. Клема захисного проводу повинна бути з'єднана із стиковою шиною за допомогою фіксуючого елемента. Ці шини мають бути централізовано з'єднані з захисним елементом чи модулем.

При використанні основної клеми C2510-Z8-C713, вилучення модуля грозозахисту призводить до розділення жил від підлогового обладнання. У разі відсутності потреби у модулі грозозахисту, для з'єднання жил можна вставити перемичку C25104-Z8-C971 в основні клеми WAGO. Середні клеми у такому випадку не виконують функцій і можуть бути не підключені.

Зовнішні точки клем WAGO слід підключити так, щоб вони залишалися доступними для перевірок. Важливо, щоб стикові шини були захищені від доторкання і ізольовані, оскільки вони можуть нести небезпечний потенціал для людини.

Для захисту можна використовувати варистори, які встановлюються паралельно до навантаження. Варистор - це напівпровідниковий резистор з нелінійною характеристикою, який при збільшенні напруги вище порогової значно знижує свій опір, шунтуючи навантаження і розсіюючи енергію у вигляді тепла. Це дозволяє захистити апаратуру від високих струмів, які можуть виникати при перенапругах.

Ваша пропозиція використовувати варистори для захисту від перенапруг є дуже обґрунтованою, враховуючи їх ефективність та швидкодію. Варистори дійсно здатні швидко відновити свій високий опір після зняття напруги, що робить їх важливим елементом у системах захисту від перенапруг.

Для мережі з діючою напругою 220 В (50 Гц) використання варисторів з класифікаційною напругою 380 ... 430 В є адекватним. Вони ефективно обмежують напругу до безпечного рівня при імпульсах струму, наприклад, обмежуючи напругу до приблизно 600 В при імпульсі струму 100 А.

Варистори мають такі переваги як швидкодія, здатність безінерційно реагувати на перепади напруги, широкий діапазон робочих напруг, тривалий термін служби та низька вартість. Однак, важливо враховувати їх велику власну ємність, що може впливати на роботу кола.

Що стосується супресорів, вони також є ефективними в захисті від перенапруги та мають різні типи і характеристики, залежно від потреби

системи. Супресори повинні мати стабільну роботу при зворотній напрузі, мінімальний рівень зворотних струмів, швидке спрацьовування для подавлення швидких перешкод та максимальний рівень потужності для подавлення потужних перешкод.

Супресори характеризуються такими параметрами як напруга пробою, постійний зворотний струм, постійна зворотна напруга, максимальна імпульсна напруга обмеження, максимальний піковий імпульсний струм та максимальна допустима імпульсна потужність. Ці параметри визначають здатність супресора витримувати різні рівні напруги та струмів, забезпечуючи ефективний захист обладнання від перенапруг.

Варистори та супресори, використані в комбінації, можуть забезпечити комплексний та надійний захист від перенапруги в системах електроживлення, особливо у складних системах, таких як МПЦ-У.

Функціональність супресора тотожна механізму дії стабілітрона. Основа функціонування захисного діода чи супресора покладена на використання зворотного пробою. Коли на супресор подається напруга амплітудою, що перевищує визначений поріг (напруга пробою), ініціюється пробій із раптовим зростанням кількості носіїв заряду. Сила струму, що протікає через діод, фактично нестримно збільшується, тоді як напруга залишається майже незмінною. У результаті відбувається обмеження вхідної напруги. Так, супресор може перебувати у двох режимах: неактивному та режимі обмеження.

У захисних діодах відзначається виразна нелінійність вольт-амперної характеристики. Перевищення амплітуди електричного імпульсу над встановленими параметрами напруги для даного типу діода призводить до його переходу в стан лавинного пробою. Отже, захисний діод обмежує імпульс напруги до прийняттого рівня, а надлишки спрямовуються на заземлення через діод.

Допоки немає небезпеки виходу електронного пристрою з ладу, захисний діод не впливає на роботу апаратури. Швидкодія цього напівпровідникового

пристрою значно вища у порівнянні з обмежувачами, що застосовувались раніше.

Захисні діоди виготовляються у несиметричній (однонаправленій) та симетричній (двонаправленій) формах. Симетричний діод ефективний у мережах із двополярною напругою, в той час як несиметричний працює лише з напругою однієї полярності.

У ситуації підвищення напруги, прилад за короткий проміжок часу знижує свій опір. Струм у ланцюзі різко зростає, що викликає перегорання запобіжника. Через швидке спрацьовування супресора, обладнанню вдається уникнути потенційної шкоди. Особливістю захисних діодів є їхній дуже короткий час реагування на збільшення напруги. Однак велика залежність максимальної імпульсної потужності від тривалості імпульсу є значним недоліком цих діодів. Зазвичай аналізується робота захисного діода при подачі на нього імпульсу з мінімальним часом наростання близько 10 мікросекунд і короткою тривалістю. [7]

Розрядник - електротехнічний пристрій, призначений для лімітування перевищень напруги в електротехнічних системах та електричних мережах. Газові розрядники перенапруг (газорозрядники) сконструйовані з 2 або 3 електродів у керамічній оболонці, наповненій спеціалізованим інертним газом під регульованим тиском. Розрядники фірми CITEC не містять радіоактивних матеріалів. Керамічна трубка служить корпусом розрядника, кінці якого ущільнені металевими дисками, що функціонують як електроди. Малопотужні розрядники переважно використовуються для обертання телекомунікаційних мереж. Високотужні газові розрядники застосовуються в системах захисту електроживлення, розміщені між нульовим проводом і заземленням.

Газовий розрядник функціонує як прискорений вимикач, що здатний стрімко модифікувати свій опір при досягненні критичної напруги пробою. Існують чотири режими роботи газонаповненого розрядника:

Стан спокою: розрядник має внутрішній опір понад 1 ГОм, а ємність не перевищує декілька пФ.

Тліючий розряд: при досягненні напруги спрацьовування (від 70 В до декількох кіловольт, залежно від моделі) відбувається іонізація інертного газу в розряднику, спричиняючи протікання слабкого струму. Напруга знижується до приблизно 80 вольт. Приріст струму до 0,8-1 А веде до невеликого зростання напруги.

Електрична дуга: При подальшому збільшенні струму в розряднику впродовж декількох наносекунд з'являється електрична дуга. Напруга знижується до 20-25 вольт, залишаючись стабільною при зростанні струму. Інтенсивність розряду може досягати до 150 кА, в залежності від моделі.

Гасіння: при зниженні напруги, що подається на розрядник, до рівня нижче напруги горіння електричної дуги, або зменшення струму нижче певної межі (близько 0,5 А), дуга згасає і розрядник повертається до первісного стану спокою.

Основні параметри газових розрядників охоплюють:

Статичну напругу спрацьовування.

Динамічне напруження спрацьовування.

Струм імпульсного розряду (кА).

Опір ізоляції (ГОм).

Ємність (пФ).

Статична напруга спрацьовування – це ключовий параметр, який допомагає ідентифікувати тип газового розрядника. Він вказує на напругу, за якої через поступове підвищення напруги ініціюється активація розрядника. Газові розрядники CİTEL виробляються в різноманітних версіях і призначені для напруг спрацьовування від 70 до 3000 В.

Номінальний імпульсний струм. Ця величина базується на піковому значенні імпульсу, яке розрядник може неодноразово витримувати без втрати своїх технічних характеристик, що відповідають встановленим нормам. У

технічних даних значення номінального імпульсного струму зазначається при імпульсах 8/20 мкс, 10/350 мкс і 10/1000 мкс.

Динамічне напруження спрацьовування. Цей показник відображає напругу, за якої розрядник активується внаслідок швидкого зростання напруги. Згідно з вимогами міжнародних стандартів ІТУ-Т К.12 і ІЕС 6164-1, використовуються рівні наростання напруги 100 В/мкс і 1 кВ/мкс. Напруга спрацьовування збільшується зі зростанням нахилу фронту імпульсу.

Опір ізоляції та ємність. Високі значення опору ( $> 10$  ГОм) і низька ємність ( $< 1$  пФ) роблять газовий розрядник майже непомітним у контексті впливу на характеристики мережі.

Конструктивні особливості газорозрядників дозволяють їм неодноразово відводити імпульси струму (наприклад, 10 імпульсів 5 кА зі змінною полярністю) без механічних ушкоджень чи втрати захисних властивостей. Проте навіть слабкий, але тривалий імпульс струму (10 А протягом 15 с) може вивести з ладу майже будь-який розрядник.

Для моніторингу перевантажень або зміни електричних характеристик розрядника, газові розрядники CITEЛ можуть комплектуватися опціональною зовнішньою системою "Fail-Safe". Ця система містить скоби на керамічному корпусі, розміщені на безпечній відстані від електродів за допомогою легкоплавкого ізоляційного матеріалу. При екстремальному нагріванні ізоляційний матеріал плавиться, створюючи коротке замикання розрядника через металеві скоби. Захищена ланцюг переходить у режим короткого замикання, що негайно фіксується контрольними пристроями. [8]

Переваги газонаповненого розрядника включають високу, відносно його розмірів, стійкість до струмового навантаження. Однак серед недоліків – крутий профіль обрізу імпульсу перенапруги, що може спричинити негативні наслідки через хвильові процеси у мережі.

Кожен із зазначених вище захисних елементів має свої слабкі сторони, і окреме їх використання не забезпечує повного захисту від перенапруги та струму. Ефективність досягається через комбінацію розрядників, варисторів

та супресорів для створення захисних пристроїв, відповідно до індивідуальних потреб. У схемах захисту ці елементи розташовуються послідовно: спочатку розрядник, потім варистор, нарешті – супресор. Коли імпульс напруги досягає цієї комбінації, спрацьовує розрядник, відводячи великий струм, а остаточний імпульс струму ослаблюється варистором чи супресором. У випадку повільного зростання напруги, якщо розрядник не спрацьовує, імпульс відводиться варистором або супресором.

Електричні параметри цих компонентів підбираються в залежності від їх використання у конкретних схемах управління чи контролю представлени у табл. 1-3. [9]

Таблиця 2.1 – Характеристики розрядників

Розрядники	Максимальна робоча Напруга	Номінальний струм розряду	Ємність	Ступінь захисту
	70В ~I/90В -I	5кА	≤2пФ	600В ~I
	180В ~I/230В -I			650В ~I
	450В ~I/600В -I			1100В ~I

Таблиця 2.2 – Характеристики варисторів

	Номіналь на напруга	Максималь на робоча Напруга	Номінальн ий струм розряду	Максимальн ий струм перевантаже ння	Ємніст ь	Ступі нь захист у
Варисто ри	24В -I	31В -I	300А	1кА	≤4,6н Ф	77В -I
	48В -I	56В -I	300А	1кА	≤2,6н Ф	135В -I
	115В -I	150В -I	1кА	4,5кА	≤0,8н Ф	300В -I
	110/120В ~I	150В ~I	1кА	4,5кА	≤0,57н Ф	360В ~I
	230В ~I	275В ~I	1кА	4,5кА	≤0,32н Ф	710В ~I

Таблиця 2.3 – Характеристики супресорів

	Номінальна напруга	Максимальна робоча	Номінальний струм розряду	Ємність	Ступінь захисту
--	--------------------	--------------------	---------------------------	---------	-----------------

Супресори		напруга			
	24В -I	28В -I	169А	$\leq 2,7\text{нФ}$	59В -I
	48В -I	53В -I	90А	$\leq 1,7\text{нФ}$	111В -I
	115В -I	128В -I	68А	$\leq 0,85\text{нФ}$	265В -I
	110/120В ~I	133В ~I	46А	$\leq 0,63\text{нФ}$	388В ~I
	230В ~I	253В ~I	37А	$\leq 0,4\text{нФ}$	706В ~I

## 2.4 Структурна схема контролю рівня напруги на зовнішніх лініях

Оскільки модулі винесені, до них під'єднуються елементи контролю, що уможливають фіксацію активації комбінованих модулів та їхньої функціональності, а також дозволяють вимірювати струм та напругу на колійних об'єктах і проводити їх діагностику за допомогою передбачення. Всі ці дані відображаються на комп'ютері електромеханіка, який може аналізувати криву перемикання стрілки, визначати відхилення від ідеальної кривої, оцінювати чи струм перемикання стрілки відповідає нормативним вимогам. Також здійснюється діагностика та контроль напруги на колійних реле та світлофорах. У разі невідповідності напруги нормативам, наприклад, якщо вона надто висока, це фіксується і активуються модулі захисту, які стабілізують цю напругу. У випадку надто низької напруги, це також контролюється і відразу відображається на комп'ютері електромеханіка, який займається пошуком причин зниження напруги на земельному обладнанні та вживає заходів щодо їх усунення.

Інформація від земельних об'єктів надходить на комп'ютер електромеханіка відповідно до схеми, зображеної на рис. 2.1.

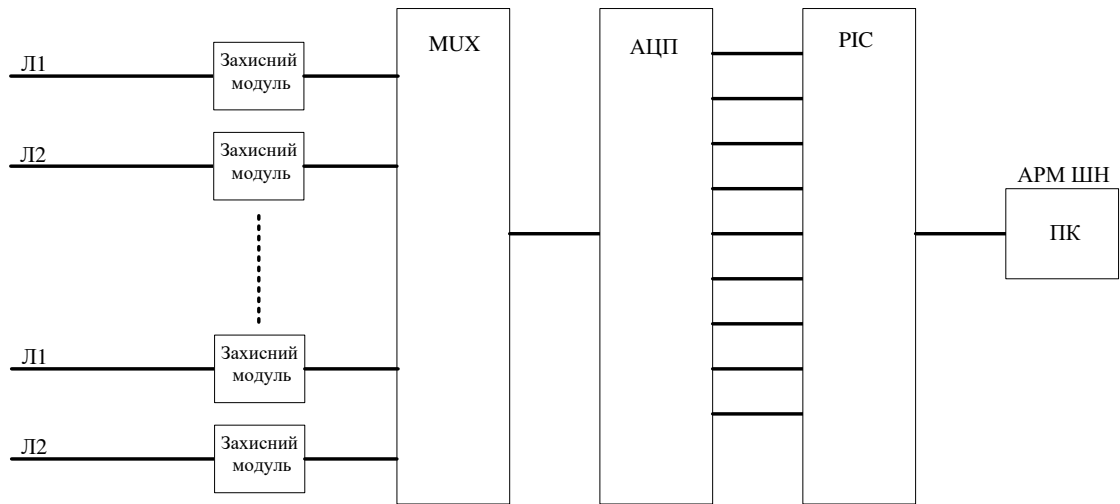


Рисунок 2.1 – Схема контролю напруги на напільних пристроях

Наприклад, напруга від лінійних проводів двопровідної схеми керування стрілкою надходить до захисних модулів, від них через мультиплексор, який передає сигнал на АЦП, конвертуючи аналоговий сигнал у цифровий код. Цей код далі передається на мікроконтролер, який зберігає його та передає на комп'ютер електромеханіка, на якому відображається значення напруги на лінійних проводах. Таким чином здійснюється діагностика та контроль усього земельного обладнання станції.

## 2.5 Висновки до другого розділу

Для підвищення надійності функціонування системи МПЦ-У рекомендовано реалізувати такі вдосконалення: периферійний грозозахист, завдяки якому можливо знизити проникнення інтенсивних струмів блискавки та знизити рівень інтерференційних полів усередині вузла ЕЦ; ланцюгове вирівнювання потенціалів, яке забезпечує захист обладнання та сервісного персоналу від електричних розрядів буревію та контактного струму, котрі могли б проникнути у вузол ЕЦ; додаткові блоки захисту від перевищення напруги, до складу яких входять розрядні пристрої, варистори та супресори, що монтуються на клемну панель і не вимагають додаткової інсталяції, що є економічно вигідним рішенням.

Всі ці рекомендовані поліпшення сприяють забезпеченню безпеки сервісного персоналу та істотно підвищують надійність та функціональні

можливості мікропроцесорної централізації, з допомогою яких можна діагностувати та прогнозувати стан та несправності підлогового устаткування, що в свою чергу дозволить знизити кількість затримок потягів та сприятиме запобіганню поломок дороговартісного обладнання МПЦ.

## **3 ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ЖИВЛЕННЯ НА МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ЕЛЕМЕНТАХ МПЦ-У**

### **3.1 Використання джерел безперебійного живлення**

Обладнання електричної централізації масштабних станцій з числом стрілок понад 30 віднесено до споживачів особливої категорії групи I. Такі інсталяції вимагають забезпечення електроенергією від двох автономних джерел змінного струму, призначених для електропостачання споживачів категорій I та II, а також від резервного дизель-генератора з автоматичним включенням. У разі менш ефективного зовнішнього електропостачання, активація дизель-генератора відбувається при від'єднанні одного з джерел та продовжує функціонувати до його відновлення. Ємність акумуляторної батареї має забезпечити роботу релейних схем і аварійного освітлення протягом не менш як 2 годин, а також резервне живлення червоних світлосигнальних вогнів вхідних світлофорів протягом не менше 12 годин. [11]

Застосування двох автономних ліній живлення значно знижує ризик повного відсутності мережевої напруги, однак залишається повна залежність від її якості. Для гарантії належної якості електропостачання широко використовуються джерела безперебійного живлення (ДБЖ). Вони забезпечують стабільність параметрів напруги живлення у вузьких межах (напруга  $\pm 1\%$ , частота  $\pm 0,1\%$ ) та виключають високо- та низькочастотні перешкоди. У разі повного відключення напруги, ДБЖ здатне підтримувати автономну роботу системи на декілька годин.

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ), також відоме як блок безперебійного живлення (ББЖ) чи UPS, є пристроєм, який забезпечує неперервне енергопостачання об'єктів критичної важливості під час відключення мережі. Воно може бути застосоване як для окремих електроспоживачів, так і для групи пристроїв, де відключення живлення неприпустиме.

ДБЖ необхідні в умовах:

- відсутності напруги;
- провалів напруги;
- появи імпульсів напруги;
- зниження або підвищення напруги;
- відхилень частоти;
- комутаційних перепадів;
- спотворення форми синусоїди. Будь-яка з цих умов може

призвести до збою в роботі обладнання, його поломки та втрати важливих даних.

Джерела безперебійного живлення виконують дві ключові функції: забезпечення необхідної якості електроенергії на виході та резервне електропостачання у випадку зникнення вхідної напруги або відхилення її за встановлені норми.

В склад ДБЖ входять наступні компоненти: вхідний фільтр з радіочастотним фільтром і подавлювачем імпульсів; акумуляторна батарея з зарядним пристроєм; інвертор – перетворювач постійного струму в змінний струм іншого номінального значення (конвертор); у деяких моделях ДБЖ – трансформатори для електричної розв'язки виходу від входу; керуючі схеми діяльності ДБЖ. Здатність ДБЖ забезпечити задану якість і неперервність живлення визначається його внутрішньою архітектурою або класом. При виборі типу пристрою безперебійного живлення варто враховувати три основні класи ДБЖ: off-line, line-interactive та on-line.

У джерелі безперебійного живлення off-line типу електроенергія від зовнішнього джерела постачання проходить через подавлювач імпульсів та радіочастотний фільтр, передаючись на навантаження. У разі повного відключення вхідної напруги спеціальні комутатори переключають під'єднане до ДБЖ навантаження на акумуляторну батарею та інвертор.

Загальною вадою таких джерел безперебійного живлення є переривання синусоїди напруги на виході пристрою на час від 1 до 5 мс при перемиканні на резервне живлення. Проте завдяки значній загальній вхідній ємності цих блоків живлення, недостатня для підтримки номінальної напруги на його силових елементах протягом такого часового проміжку, в системах вторинного електропостачання комп'ютерів або в шафах об'єктних контролерів перерва в електропостачанні не виникає. Однак для деяких споживачів така перерва є неприпустимою, зокрема для тих, які використовують лінійні (трансформаторні) блоки живлення, малопотужне мережеве обладнання (концентратори, комутатори та ін.).

Основною перевагою таких джерел безперебійного живлення є висока ефективність та простота технічних рішень.

Джерело безперебійного живлення типу ON-LINE засноване на принципі подвійного перетворення енергії. Вхідна напруга через фільтруючі елементи подається на випрямляч, далі на інвертор та навантаження. На вході та виході цієї системи можуть бути встановлені трансформатори для електричної розв'язки. Акумуляторна батарея підключена до інвертора і у разі відсутності напруги на вході мережі навантаження переходить на живлення від акумуляторної батареї. У разі виникнення збоїв у роботі будь-якого з елементів, вхідна напруга безпосередньо комутується на навантаження (режим обходу bypass-mode).

Байпас (bypass) – це пристрій обхідного шляху, призначений для прямого з'єднання входу та виходу ДБЖ, оминаючи резервне живлення. Байпас виконує наступні функції:

- включення/відключення ДБЖ під час проведення ремонтів та регулювань без відключення живлення споживачів;
- переключення навантаження з інвертора на байпас при перевантаженнях та коротких замиканнях на виході ДБЖ;

- переключення навантаження з інвертора на байпас за задовільного коефіцієнта енергії в живильній мережі з метою зниження втрат електроенергії в ДБЖ (econom mode - економічний режим роботи).

Байпас виступає як складний електронно-механічний агрегат, конструюючись з так званої статичної версії та ручного (механічного) варіанту. Статична ітерація є тиристорним (статичним) перемикачем із зустрічно-паралельно вмонтованих тиристорів. Керівництво перемикачем (активовано / деактивовано) здійснюється через систему управління джерелами безперебійного живлення. Цей процес можливий як вручну, так і автоматизовано. Автоматичне керування відбувається при надлишковому навантаженні та в режимі економії джерел безперебійного живлення. У обох сценаріях напруга інвертора синхронізована з напругою на вході ланцюга байпаса і з імпульсами керування, забезпечуючи переключення навантаження з інвертора на байпас і назад "без розриву хвилі". Ручний (механічний) байпас представляє собою механічний вимикач навантаження, який шунтує статичний байпас. Його мета - виведення джерела безперебійного живлення з роботи і знеструмлення його компонентів. При активованому ручному байпасі електроживлення навантаження відбувається через ланцюг "вхід байпаса-ручний байпас-вихід джерела безперебійного живлення". Інші компоненти схеми джерела безперебійного живлення, такі як випрямляч, інвертор, акумуляторна батарея, статичний байпас, можуть бути вимкнені (деактивовані) на час включення ручного байпаса для ремонту, налаштувань, оглядів. Заряджена акумуляторна батарея є потужним джерелом постійної напруги, що створює небезпеку для обслуговуючого персоналу. Згідно з класифікацією "Галузевих правил з охорони праці при експлуатації електроустановок" роботи з акумуляторною батареєю слід віднести до категорії робіт з частковим зняттям напруги. У разі потреби заміни акумуляторів джерела безперебійного живлення переводять на ручний

байпас, акумуляторна батарея роз'єднується спеціальним інструментом на окремі акумулятори, знімаючи таким чином небезпеку електричного удару.

Під час роботи на байпасі, як статичному, так і ручному, джерело безперебійного живлення не здатне забезпечити безперервне електропостачання споживачів. Такі режими вимагають супроводу адміністративно-технічними заходами для запобігання небажаним наслідкам для споживачів при вимкненні електропостачання. Найпростішим заходом є проведення профілактичних і ремонтних робіт у періоди, коли споживачі не працюють.

Незважаючи на деякі недоліки такої технології, як зниження ресурсу акумуляторних батарей, відносно низька ефективність, обмежені динамічні та навантажувальні можливості, вона має й переваги. До них належать відсутність перерви в кривій вихідної напруги при переході на резервне джерело живлення, синусоїдальна форма вихідної напруги у будь-якому режимі роботи; покращені стабілізаційні та фільтруючі характеристики порівняно з іншими джерелами безперебійного живлення. Тому такі джерела знаходять застосування для електроживлення файлових серверів, телекомунікаційних систем, в автоматизованих системах керування відповідальними технологічними комплексами, до яких належить електронно-обчислювальний центр.

Джерела безперебійного живлення групи LINE-INTERACTIVE являють собою різні гібриди ON-LINE і STANDBY-систем. Їх об'єднує факт, що будучи системами типу ON-LINE, вони забезпечують навантаження стабільним електроживленням при підключенні до мережі.

Функціонально та за схемо-технічними ознаками інтерактивні джерела безперебійного живлення можна класифікувати на три основні типи: зі ступінчасто-апроксимованою формою вихідної напруги при роботі від інвертора; з синусоїдальною формою вихідної напруги; з ферорезонансною формою вихідної напруги.

Інструмент неперервного енергопостачання цієї категорії оснащені підсилювачами – механізмами послідовного автоматизованого контролю вхідної напруги через перемикання котушок автотрансформатора. Переважна більшість інтерактивних джерел неперервного енергопостачання здійснюють заряджання акумуляторних батарей за допомогою реверсивної роботи інвертора, що елімінує потребу у великогабаритному зарядному пристрої. Інвертор постійно з'єднаний із виходом і виконує додаткові стабілізуючі функції. Встановлюючи пристрої неперервного енергопостачання в шафах, ми підвищуємо якість електропостачання та забезпечуємо захист апаратури від високовольтних стрибків.

### **3.2 Особливості електроживлення в різних режимах**

#### **Режим комутації ліній живлення**

Під час комутації ліній енергомережі виникає перебіг у постачанні змінного струму. В таких умовах інвертор джерела безперебійного живлення продовжує функціонувати за рахунок постійної напруги акумулятора. У вихідній змінній напрузі елімінований навіть короткотривалий перерив синусоїдальної хвилі. Коли змінна напруга енергомережі відновлюється, універсальний випрямляч автоматично запускається, живить інвертор та заряджає батареї. [12]

#### **Режим екстреної ситуації в енергомережі**

На противагу попередньому, цей режим характеризується тривалою відсутністю зовнішньої напруги від енергомережі. Системи аварійного живлення мають отримувати енергопостачання змінним струмом від дизельних генераторів, які стартують автоматично. У разі неможливості запуску дизельного генератора, інвертор універсального випрямляча має працювати автономно, виключно від акумуляторної батареї, забезпечуючи роботу всіх систем аварійного живлення протягом двох годин у основному режимі та 10 годин у додатковому аварійному режимі.

Отже, ємність акумуляторної батареї джерела безперебійного живлення має бути розрахована на необхідний струм розряду.

#### **Аварійний режим джерела безперебійного живлення**

При виявленні несправності в схемі випрямляча універсального випрямляча, батареї або перетворювача універсального випрямляча, електроживильний комплекс має забезпечувати автоматичний обхід несправних пристроїв: напруга у вхідній панелі підключається до розподільчої панелі. Щоб уникнути перевантаження процесорів комплексу, таке переключення має відбуватися за частку одного напівперіоду живильної напруги, а початкові фази напруги на вході та виході джерела безперебійного живлення мають співпадати.

#### **Режим перевантаження інвертора**

При зростанні вихідного струму інвертора через перевантаження або коротке замикання, навантаження має негайно переключатися через автоматичний обхід на напругу енергомережі. Після відновлення стандартних параметрів навантаження, робота інвертора має бути відновлена, а навантаження – автоматично перемкнута на напругу інвертора.

#### **Режим технічного обслуговування джерела безперебійного живлення**

Для виконання робіт у джерелі безперебійного живлення має бути передбачений режим його від'єднання за допомогою ручного обходу. У цьому режимі від'єднуються та ізолюються усі живильні пристрої. Ланцюги обходу технічного обслуговування перемикають навантаження на напругу енергомережі без перерви синусоїдальної напруги, одночасно електрично ізолюючи пристрої джерела безперебійного живлення від цієї напруги. [12]

### **3.3 Технічні заходи стабілізації напруги що надходять на ДБЖ**

Для оптимізації витрат на деяких вузлах безперервного електропостачання (БЕП) безпосереднє з'єднання джерел безперебійного електропостачання (ДБЕП) із електроживильними системами релейної централізації, успадкованими від застарілих систем електричної

централізації, веде до недостатньої стабілізації вхідної електронапруги. Через розбіжності характеристик електропостачання між виходом застарілої системи та параметрами енергозабезпечення мікропроцесорних централізаційно-керуючих систем (МПЦ-К), при коливаннях напруги або відхиленнях від припустимих характеристик вхідної напруги та частоти, ДБЕП перемикається на роботу від акумуляторних батарей. Це спостерігається на вузлах, обладнаних електропостачанням за цим принципом, і негативно впливає на тривалість експлуатації акумуляторних батарей, зменшуючи її з 10 до 1-3 років. Також розповсюдженою проблемою є перехід ДБЕП на роботу через обхідний контур при отриманні неякісного електропостачання, внаслідок чого вони припиняють виконувати свої функції.

Для стабілізації параметрів вхідної напруги рекомендується модернізувати систему шляхом монтажу на вході ДБЕП мережевого фільтра та стабілізатора напруги. Це дозволить заздалегідь ліквідувати коливання напруги, стабілізувати її і відфільтрувати перешкоди різних видів. Така модернізація системи електропостачання на вузлі забезпечить підвищення надійності ДБЕП та продовження тривалості експлуатації акумуляторних батарей. Мережевий фільтр забезпечить захист від тривалого підвищення або зниження напруги, імпульсних перешкод та від високої напруги.

Найефективнішим проти мережевих перешкод є LC-фільтр. Котушка в такому фільтрі під'єднується послідовно, а конденсатор – паралельно до навантаження. Номінальна напруга конденсатора обирається з двократним запасом стосовно напруги мережі, щоб компенсувати коливання нестабільної напруги. Резонансна частота фільтра може варіюватися в діапазоні 1,5-300 МГц; багатосмугові фільтри видаляють перешкоди у всьому вказаному спектрі. У фільтрах використовуються високочастотні конденсатори та індуктивності, з магнітними сердечниками або без.

Для захисту від низькочастотних перешкод у мережевому фільтрі застосовується активний опір котушок індуктивності або окремі резистори,

розташовані послідовно до навантаження. Резистор для приглушення низькочастотних перешкод обирається з опором до 1 Ом. Імпульсні миттєві перешкоди усуваються варистором, який при низькій напрузі функціонує як резистор великого опору, але при збільшенні напруги до номінального рівня опір варистора знижується, і він починає пропускати імпульси струму до 40-80А. Однак, недоліком варистора є його старіння після кожного розряду та перегрів, що скорочує час його служби до декількох років.

У фільтрі застосовуються конденсатори С1, С2, С3, С4, С9, С10, С11, С12 – типу КПБ - ємністю 0022 мкФ - розраховані на напругу 500 В, а також С5, С6, С7, С8, С13, С14, С15, С16 – типу КТП-3 - ємністю 0,015 мкФ - розраховані на напругу 500 В. Неонова лампочка VL1 типу ТН - 0,2 служить індикатором наявності живлення в мережі. Варистор – S20K390 (250 В) використовуються для надмірності захисту по напрузі. Дроселі L1 і L1\* намотані подвійним мережевим дротом в ізоляції на сім, складених разом плоских феритових стрижнях для магнітної антени. Загальний перетин магнітопроводу 4,2 см<sup>2</sup>.

Дроселі L1 і L1\* можуть бути намотані і на феритових кільцях проникністю 400 - 2000 НН. Його поперечний переріз вибирається з розрахунку 0,25 см<sup>2</sup> на 100 Вт, споживаної з мережі потужності, з метою уникнення підмагнічування через асиметрію напруги.

У нашому випадку потужність дорівнює максимальний (по перетину) і становить:

$$P_{\max} = \frac{4,2 \cdot 100}{0,25} = 1680 \text{ Вт} \quad (3.1)$$

Дроселі L2 - L2\*, і L3 - L3\* намотані проводом діаметром 1,5 мм<sup>2</sup>. Максимальний струм визначається за формулою:

$$I_{\max} = \frac{d \cdot j}{1,28}, \text{ А} \quad (3.2)$$

де, d - діаметр проводу, мм;

$J$  - щільність струму, А/мм<sup>2</sup>, яку можна прийняти 4 ... 6 А / мм<sup>2</sup>.

При щільності струму 4,5 А/мм<sup>2</sup> максимальний струм складе:

$$I_{\max} = \frac{1,5^2 \cdot 4,5}{1,28} = 7,91 \text{ А}$$

а потужність:

$$P = U \cdot I = 220 \cdot 7,91 = 1740 \text{ Вт} \quad (3.3)$$

Можливо, ефективність цього фільтра досягає 2000 Вт, оскільки він розроблений з певним запасом міцності. Згаданий мережевий фільтр може бути інтегрований із джерелом безперебійного електропостачання (ДБЕП) серії VH з потужністю 2000 Вт для комп'ютерного навантаження. Таким чином, можна припустити, що зазначений мережевий фільтр буде достатнім для вбудовування у систему електропостачання пристроїв контролю.

Наш мережевий фільтр складається з трьох сегментів, кожен з яких, покриваючи певні спектри, працює у своєму діапазоні частот: L3 та L3\* – у області високих частот, L2 і L2\* – у сегменті середніх частот, L1 та L1\* – у зоні низьких частот.

Розглянемо механізм дії запропонованого мережевого фільтра. Фільтр підключається між джерелом електропостачання та ДБЕП. На вході фільтра отримуємо вхідну напругу з імпульсними збуреннями. Завдяки варистору R2 ці збурення частково нейтралізуються, але залишаються високочастотні шуми, які проходять через режекторний фільтр, що складається з трьох сегментів. Оскільки фільтр налаштований на частоту 50 Гц, з виходу режекторного фільтра отримуємо «очищену» напругу без збурень. Захист від короткого замикання у схемі забезпечується за допомогою запобіжників на струм до 10 А. У робочому стані, за наявності електроенергії та замкненому стані перемикача S1, світиться неонова лампа VL1, сигналізуючи про наявність живлення. У ланцюзі неонові лампи встановлений опірник R1 на 270 кОм, який запобігає перегорянню лампи через високу напругу.

Функціональна схема роботи пристрою може бути відображена на діаграмі. На ній ілюструється процес проходження змінного струму через ключові компоненти та блоки фільтра, усунення екстернальних неоднорідних перешкод та виділення на виході напруги високої чистоти.

Ще одним аспектом, що стосується електропостачання систем мікропроцесорних централізаційних систем (МПЦ), є розподілене розміщення обладнання. Більшість сучасних систем, таких як МПЦ-С, МПЦ-У, МПЦ ЕЦ-ЄМ, Ebilock 950, можуть працювати як із централізованим, так і з децентралізованим розташуванням контролерів. У таких випадках систему об'єктних контролерів розміщують у шафах на горловинах станцій. Ця структура має ряд переваг і наразі вважається пріоритетною для імплементації. Електропостачання до шаф подається від станцій ЕЦ через окремі лінії від надійних джерел енергії. Однак, у разі виникнення збоїв у лінії електропостачання, частина станції може опинитися без контролю та управління. З метою підвищення надійності системи МПЦ рекомендується додатково інтегрувати електропостачання до шаф контролерів через блоки безперебійного електропостачання (БЕП), під'єднані до ліній високовольтних систем централізованого блокування (ВЛ СЦБ).

### **3.4 Висновки до третього розділу**

Характерною рисою роботи мікропроцесорних систем є збільшені вимоги до якості електропостачання. У цьому розділі розроблено та обраховано мережеві фільтри для оптимізації якості вхідної напруги. Виконано розрахунки можливих навантажень на мережевий фільтр та його потенційне використання. Проаналізовано характеристики використання джерел безперебійного живлення, їх функціонування в різноманітних режимах та специфіку застосування у сфері залізничного транспорту. За результатами аналізу обрано джерела безперебійного живлення типу онлайн, оскільки вони забезпечують безперервність синусоїдальної кривої живлення.

## ВИСНОВКИ

За виконаною дипломною роботою можна зробити наступні висновки.

1. Виконана розробка грозозахисного вирівнювання потенціалів для поста ЕЦ та транспортабельних модулів системи МПЦ а також розглянуті питання зовнішнього грозозахисту що при мінімальних затратах значно підвищить безпеку експлуатації систем МПЦ;

2. Виконана розробка схем додаткового внутрішнього захисту мікропроцесорного обладнання системи МПЦ-У за рахунок розробки модуля комбінованого захисту що складається з розрядника, варистора та супресора створені таблиці для підбору номіналів даних елементів для проектування індивідуальних модулів для кожного типу пристроїв;

3. Розроблені заходи для підвищення якості електроживлення системи МПЦ-У шляхом використання схем мережевих фільтрів, виконано проектування схеми фільтра та розрахунку його елементів, визначений тип джерел безперебійного живлення та особливості їх використання на залізничному транспорті.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування в АТ «Укрзалізниця», рішення правління АТ «Укрзалізниця» від 10.02.2020 (протокол № Ц-45/11 Ком.т.).
2. Правила технічної експлуатації залізниць України. (наказ МТУ від 20.12.96 № 411), з усіма доповненнями. Київ, 2003.
3. Типовые материалы для проектирования электропитающих устройств электрической централизации. Альбом 1, 4. 501-05-102.88. ГТСС 1988. 211 с.
4. ЦШ/0024. Релейно-процесорна та мікропроцесорна централізація стрілок та сигналів. Експлуатаційно-технічні та організаційні вимоги. Київ, 2006.
5. Басов В., Єлисеєв В., Петренко О., Бойнік А., Чепцов М., Радковський М. Мікропроцесорна система централізації МПЦ-У: Навчальний посібник для студентів вузів залізничного транспорту. Київ: 2014. 430 с.
6. Сапожников В. В. Электропитание устройств железнодорожной автоматики телемеханики и связи.: Маршрут, 2005. 450 с.
7. Закон України «Про охорону праці». Законодавство України про охорону праці. Збірник нормативних документів. 1 том. Київ: 1995. 118 с.
8. Семенов Б. Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов [Текст] М.: СОЛОН, 2001. 327 с.
9. СТП 13-005:2020. Пристрої сигналізації централізації та блокування. Порядок технічного обслуговування. Стандарт акціонерного товариства «Укрзалізниця». Прийнято та надано чинності рішенням правління АТ «Укрзалізниця» від 18.06.2020 (протокол № Ц-45/52 Ком.т.)

10. Мойсеєнко В., Мойсеєнко В., Пархоменко С., Чепцов М., Автоматизовані станційні системи керування рухом поїздів. Харків: 2013. 393 с.

11. Інструкції з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування в АТ «Укрзалізниця», що затверджена рішенням правління від 10.02.2020 (протокол № Ц-45/11 Ком.т.).

12. Коган Д. А., Молдавский М. М. Аппаратура электропитания железнодорожной автоматики. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 438 с.