

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра електрифікації, автоматизації  
виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Яцковий Сергій Олександрович**

УДК 621.315.1

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Модернізація захисту ЛЕП-10 кВ на базі мікропроцесорного пристрою  
MPBC 0,5А  
(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр  
Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело

Яцковий С.О.  
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи  
Войцицький Анатолій Павлович  
доцент

Житомир – 2020

## АНОТАЦІЯ

Яцковий С. О. «МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗАХИСТУ ЛЕП-10 кВ на базі мікропроцесорного пристрою МРВС -0,5А».

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, 2021.

Запропонована модернізація захисту ЛЕП-10 кВ в системі електропостачання з метою підвищення надійності електропостачання та для унеможливлення не регульованого аварійного знеструмлення споживачів.

На сьогоднішній день існує безліч апаратів, здатних в найкоротші терміни запобігти аварії на дільниці, яку обслуговує електромережі або в крайньому випадку попередити персонал про порушення робочого режиму.

Здійснено вибір та обґрунтування обладнання релейного захисту ліній напругою 10 кВ на базі мікропроцесорного пристрою МРВС-0,5А. Це в свою чергу дасть можливість більш ефективно захищати ЛЕП від аварійних ситуацій на її працездатність.

**Ключові слова:** електроенергія, напруга, потужність, мережа, повітряна лінія, трансформаторна підстанція, дільниця, мікропроцесорний захист.

## SUMMARY

Yatskovy SO "MODERNIZATION OF 10 kV transmission line protection on the basis of microprocessor device MRVS 0,5A".

Qualifying work for a master's degree in 141 "Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". Zhytomyr National Agroecological University, Zhytomyr, 2021.

It is proposed to modernize the protection of 10 kV in the power supply system in order to increase the reliability of power supply and to prevent unregulated emergency power outages.

To date, there are many devices that can quickly prevent an accident at the site, which is serviced by the grid or, as a last resort, to warn staff about violations of the operating mode.

The choice and substantiation of the equipment of relay protection of lines is made

voltage of 10 kV on the basis of the microprocessor device MRVS 0,5A. This, in turn, will make it possible to more effectively protect the transmission line from the effects on its performance of unauthorized negative effects.

**Key words:** electricity, voltage, power, network, overhead line, transformer substation, section, microprocessor protection.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ АВТОРА ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ	6
РОЗДІЛ 1. Огляд проблем з надійністю ліній електропередач	7
1.1. Загальні уявлення про лінії електропередач	7
1.2. Режим роботи та умови експлуатація ЛЕП	9
1.3. Загальні вимоги для реконструкції ліній електропередач	10
РОЗДІЛ 2. Обґрунтування вибору типу релейного захисту	12
2.1. Вибір напрямку досліджень	12
2.2. Основні вимоги до пристроїв релейного захисту	12
2.3. Огляд пристроїв сучасного релейного захисту	15
РОЗДІЛ 3. Обґрунтування застосування релейного захисту на базі мікропроцесорного пристрою МРВС -0,5а	19
3.1. Обґрунтування спроможності релейного захисту ЛЕП-10 кВ на базі мікропроцесорного пристрою МРВС - 0,5А	19
3.2. Спроможні властивості МРЗС-05	21
3.3. Розробка схеми принципової приєднання мікропроцесорного пристрою МРВС - 0,5А д електричної мережі	24
3.4. Визначення допустимих втрат напруги	26
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	29
ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА	30

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Для збільшення обсягів виробництва електроенергії та підвищення її експорту до країн-сусідів, задля цього необхідно збудувати тисячі кілометрів високовольтних ліній електропередачі щоб фізично об'єднати електричну мережу України з європейськими мережами.

Але для цього потрібно мати якісне обладнання контролю та захисту ліній електропередач та обладнання трансформаторних підстанцій.

**Мета і завдання роботи.** Мета даної роботи є створення та подальший розвиток науково-технічних рішень вдосконалення методів захисту лінії електропередач 10 кВ від негативних впливів, та знаходження альтернативних рішень.

**Предмет дослідження.** Процеси захисту ЛЕП від негативних впливів.

**Об'єкт дослідження.** Обладнання захисту ліній електропередач передач від негативних впливів.

**Методи дослідження.** Методи дослідження носять теоретичний характер з використанням вимог до запропонованих у відповідних ДСТУ,

**Практична цінність.** Дане рішення, застосування релейного захисту на базі мікропроцесорного пристрою МРВС 0,5А, може бути використано для більшості ліній електропередач 10 кВ.

## **ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ АВТОРА ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ**

1. Войцицький А. П., Яцковий С. О. Аналіз роботи існуючих систем релейного захисту. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. С. 198-302.

«Наукові читання – 2020». 5-6 березня 2020 року м. Житомир.

2. Войцицький А. П., Яцковий С. О. Пошук існуючих ефективних систем релейного захисту. С. IV МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МАТЕРІАЛИ. ЧАСТИНА 2. С. 89-93. «Біоенергетичні системи». 29 травня 2020 Житомир, Україна.

3. Яцковий С. О. Обґрунтування застосування релейного захисту на основі МРЗС-05. Студентське читання – 2020: матеріали науково-практичної конференції факультету інженерії та енергетики С. 306-309. «Студентське читання – 2020», 26 жовтня 2020р. Житомир: ПНУ, 2020. – 400с.

# РОЗДІЛ 1

## ОГЛЯД ПРОБЛЕМ З НАДІЙНІСТЮ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

### 1.1. Загальні уявлення про лінії електропередач

Лінія електропередачі (ЛЕП) – призначена для передавання електричної енергії по проводах на великі відстані. ЛЕП розташовані у відкритому просторі і прикріплені за допомогою інженерних споруд до опор або кронштейнів і стояків на (мостах, шляхопроводах тощо).

Повітряні лінії електропередачі поділяються на ЛЕП напругою до і понад 1кВ. ЛЕП 2–110 кВ призначені для обслуговування районних підстанцій, які розташовані на відстані 10-20 км.

Основною особливістю ліній – це їх конструктивне виконання, робото здатність, захист від впливових факторів – вітру, температури, атмосферних опадів, ожеледі, грози тощо. На рис.1.1. зображено одну із використовуваних ЛЕП 10 кВ [ 39].



Рис. 1.1. Приклад ЛЕП 10 кВ

На рис. 1.2. більш детально зображено верхню частину опори ЛЕП 10.



Рис 1.2. Верхня частина опори ЛЕП 10.

Зображення ЛЕП 10кВ на рис. 1.1. являє собою складну конструкцію інженерної споруди комплекс, яка спроможна безперебійно працювати при допустимому навантаженні на споживача.

Кожна подібна типова інженерна конструкція, у більшості випадків, призначена для використання її в певних кліматичних умовах.

В Україні, через її достатньо великі розміри, наявність рівнинного рельєфу – область застосування інженерних рішень ЛЕП досить різноплановий [ 39].

За зовнішнім виглядом можна визначити, на яку напругу вони розраховані. Якщо система електропостачання трифазна. То в більших випадках вона містить 3 проводи (3 фази), якщо чотири то це електромережа мережах 0,4 кВ.



На рис 1.3. Зображено приклад спрощеної схеми постачання електричної енергії від електростанції до споживачів електричної енергії.

Електростанція, в цьому разі – первинне джерело електроенергії.

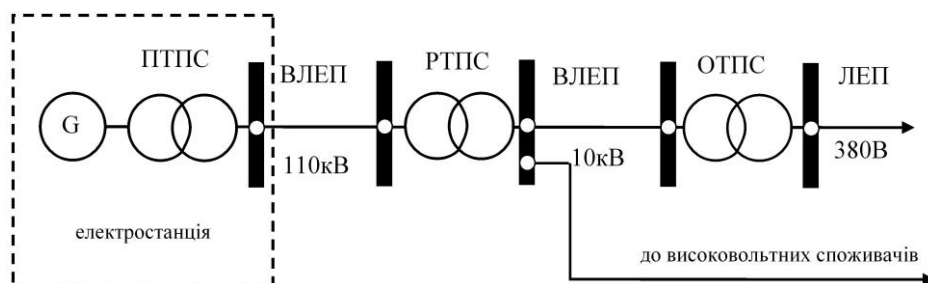


Рис 1.3. Приклад спрощеної схеми постачання електричної енергії від електростанції до споживачів електричної енергії:

G – джерело електроенергії (генератор змінного струму);

ПТПС – трансформатор для підвищення напруги;

ЛЕП – лінія електропередачі;

РТПС – районна трансформаторна – знижує напругу (приклад кваліфікаційної роботи);

ОТПС – об’єктова трансформаторна – призначена для зниження напруги.

## 1.2. Режими роботи та умови експлуатації ЛЕП

В процесі експлуатації ЛЕП повинні проходити обстеження, профілактичним вимірюванням в задані строки, встановлені ПТЕ.

Огляд робочого стану ЛЕП повинен проводитися не менше одного разу на рік. При цьому повинні звертати увагу на: обрив та накидів проводів, наявність побиття та тріщин ізоляторів; стан розрядників, кабельних муфт; опорних металоконструкцій, чистоту траси.

Лінії повинні бути обладнанні пристроями для плавлення ожеледиці електричним струмом [8,39].

Вимоги до експлуатації схем електропостачання, залежать від багатьох факторів, а саме:

- 1) джерела живлення повинні бути максимально наближати до електрообладнання споживачів;
- 2) система електропостачання повинна забезпечувати необхідну надійність живлення підприємств та фізичних осіб до їхньої категорії за ступенем відповідальності;
- 3) схеми електропостачання повинні постійно знаходитися під напругою;
- 5) повинні бути забезпеченні необхідні показники якості і стабільності електроенергії [8,9].

### **1.3. Загальні вимоги для реконструкції ліній електропередач**

До реконструкції ЛЕП повинні бути здійсненні наступні роботи:

- підвищення пропускної здатності;
- підвищення її механічної міцності;
- наявності пристроїв автоматики, телемеханіки.
- підлягає реконструкції (знаходиться в незадовільному стані) від негативних впливів.

При збільшенні довжини магістральних ЛЕП 6-10 кВ від центра живлення до найбільш віддаленого споживача – призводить до значного зниження якісних показників електропостачання і, це є причиною збільшення кількості й тривалості аварійних знеструмлень споживачів.

Резервування ліній електропередач, як свідчить досвід експлуатації, у теперішній час, є недостатньо ефективним.

Це напрошується на більш раціональні методи покращення підходу до експлуатації розподільних мереж та ТП – для цих цілей доцільно запропонувати реконструкційні заходи, а саме застосування комутаційного апарата – реклоузер (мікропроцесорний релейний захист) [40] .

## **Висновок до розділу 1**

Для забезпечення надійного та безперебійного електропостачання споживачам стан електричних мереж повинен відповідати діючим вимогам нормативно-технічних документів. Серед основних обов'язків електропередавальної організації є безперебійна та якісна передача електричної енергії споживачам та якісне обслуговування електромереж.

Оснащення лінії пристроями дистанційних визначень до місць різноманітних пошкоджень – важливий фактор збереження функціонування ЛЕП та розподільчих станцій з ТП,

## РОЗДІЛ 2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТИПУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

#### 2.1. Вибір напрямку досліджень

Основним напрям проведеного досліджень – монографічний, цей метод передбачає детальне обстеження об'єктів, що експлуатуються, модернізуються, або проектуються, з метою виявлення застарілого релейного захисту систем електропостачання.

Також цей метод базується вивченні напрацювання вчених, які займались зазначеними проблемами.

Достатньо повно використано також аналітичних роздумів автора і проведених автором огляд окремих проектів з модернізації релейного захисту ЛЕП.

#### 2.2. Основні вимоги до пристроїв релейного захисту

Релейний захист повинен задовольняти наступним вимогам – селективності, стійкості тощо.

Селективність – спрацювання пристроїв захисту при виникненні короткого замикання.

Швидкодійним захист – час спрацювання не перевищує 0,05 с.

Чутливість захисту – властивість реагувати на можливі пошкодження, в мінімальних режимах, роботи електрообладнання. Для цього ведений коефіцієнтом чутливості ( $K_{\text{ч}}$ ).

Максимальний захист – відношення мінімальної вхідної  $X_{\text{min}}$  величини до встановленої величини  $X_{\text{с.з}}$  параметру на захисті:

$$K_{\text{ч}} = \frac{X_{\text{min}}}{X_{\text{с.з}}} . \quad (2.1)$$

Для мінімального захисту коефіцієнт чутливості – відношення величини параметру спрацювання захисту до максимальної вхідної величини:

$$K_{\text{ч}} = \frac{X_{\text{с.з.}}}{X_{\text{max}}} \quad (2.2)$$

Надійність – спроможність захисту виконувати всі задані функції в повному обсязі при певних умовах експлуатації.

Як приклад візьмемо розповсюджену схему захисту (рис. 2.1).

У подібних схемах, зі з'єднанням обмоток зіркою за замкненою нульовою точкою, використовується вмикання реле захисту KV через відповідні конденсатори C1, C2, C3. В нормальному режимі сума фазних напруг рівна нулю. Тоді напруга нульових точок конденсаторів і вторинної обмотки ТН також рівна нулю. Тому струм в обмотці реле KV відсутній.

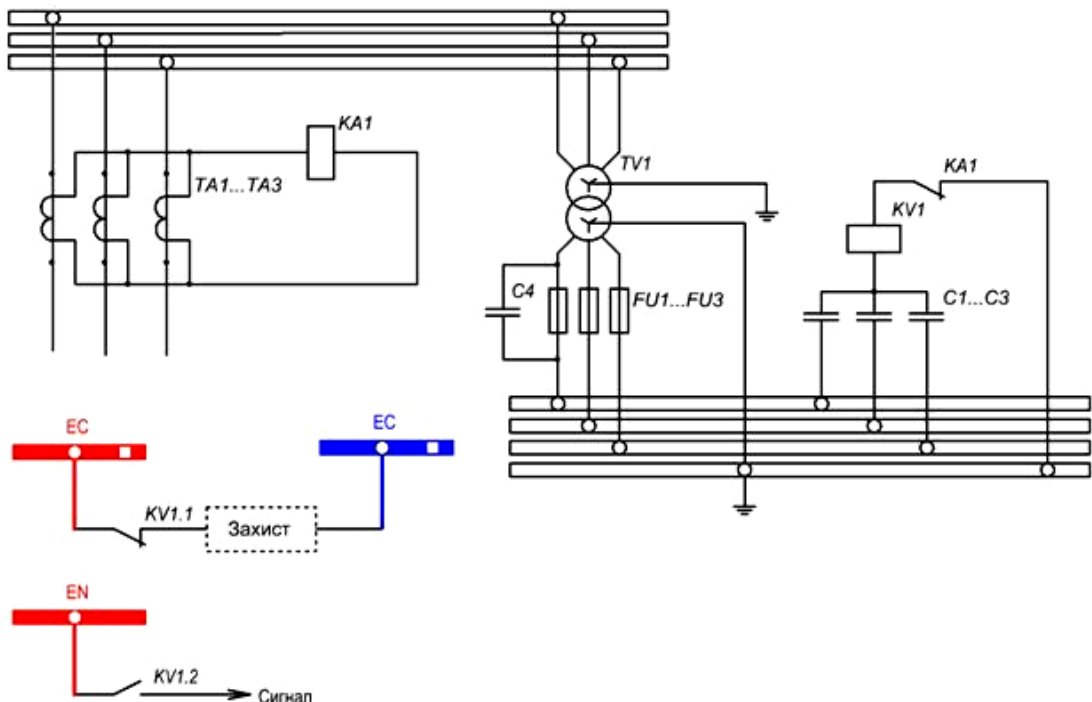


Рис. 2.1. Схема релейного захисту

При перегорянні одного або двох запобіжників напруга нульової точки зірки конденсаторів рівна сумі напруг непошкоджених фаз, а напруга нульової точки зірки вторинної обмотки ТН залишається рівна

нулю. Тоді через реле KV пройде струм, воно спрацює і контактом KV.1 зніме напругу з комплекту живлення захисту.

При КЗ на землю симетрія фазних напруг порушується, блокування може спрацювати і виведе захист з дії.

Для запобігання неправильної дії встановлене реле струму КА, яке розмикає коло обмотки KV, запобігаючи його спрацюванню. На такому принципі побудоване блокування типу КРБ-12.

Такі пристрої не будуть працювати при перегорянні запобіжників в усіх трьох фазах або при обриві нульового проводу. Для створення блокування вмикається конденсатор С4, який забезпечує підведення напруги до реле KV [1,3].

До пристроїв релейного захисту та протиаварійної автоматики пред'являються найбільш високі вимоги по надійності і швидкодії. Відмови мікропроцесорних систем при виконанні функцій релейного захисту та протиаварійної автоматики повинні бути практично виключені.

За допомогою мікроЕОМ реалізуються адаптивні системи АПВ ЛЕП та шин, які забезпечують:

- змінну витримку часу (безструмову паузу) з урахуванням тяжкості попереднього КЗ,

- вибір елемента для подачі напруги на шини підстанції, що залишилися без напруги (по мінімальному рівню струму КЗ у разі стійкого ушкодження, за максимальним значенням залишкової напруги на шинах підстанції, від якої подається напруга та ін),

- зміна витримки часу, висновок АПВ з дії при багаторазових пошкодженнях на ЛЕП, обумовлених важкими метеоумовами, почергове замикання фаз вимикача при двох-або трифазному КЗ на землю (спочатку включається вимикач однієї з пошкоджених фаз, а потім у разі успішного АПВ вимикачі двох інших фаз), завдяки чому знижується тяжкість аварійного обурення у разі неуспішного АПВ [10,35].

### 2.3. Огляд спроможності пристроїв сучасного релейного захисту

Найвідоміші зарубіжними фірмами, в галузі розроблення цифрових пристроїв релейного захисту та автоматики, постійно вдосконалюють і розширюють номенклатуру цих пристроїв.

На теренах України працюють такі промислово-наукові об'єднання, як РЕЛСіС, «Київприлад», ЗАО «Меандр», ЗАО «Радіус Автоматика та ін.

Для реалізації більш ефективного захисту ЛЕП та електрообладнання трансформаторних підстанцій використовують більш сучасні пристрої релейного захисту [20,22].

До сучасного релейного захисту відносяться мультимедійний термінал трьох фазного виконання МіСОМ Р123. Характеристики терміналу МіСОМ Р123 забезпечують просту адаптацію реле до різних випадків застосування і умов експлуатації.

Потужний, але в той же час простий інтерфейс на передній панелі терміналу і програмне забезпечення МіСОМ S1 дозволяє користувачеві легко виконати конфігурацію терміналу, отримати доступ до інформації що зберігається в терміналі для полегшення наладки і після аварійного аналізу.

Серія реле ВіСОМ Р12х включає діапазон реле від однофазного реле максимального струму Р120 до багатофункціонального трифазного реле Р123, яке призначене для захисту повітряної лінії.

Нині світові компанії провідних використовують реле п'ятого покоління, які мають високу точність, надійність та швидку дію спрацьовування. Обладнанні широкими засобами комунікації.

Сучасна релейний захист побудований за більш складними інженерними рішеннями та з гнучкими засобами контролю та регулювання, а також мають можливість сполучення з виконавчими контакторами, що впливає на оперативність реакцій на негативні впливові ситуації.

Використання та експлуатація механічних і електромагнітних реле супроводжується масою негативних недоліків:

- знос рухомих частин;
- занижена надійність;
- наявність допоміжних захисних пристроїв.

У цьому випадку вони повинні поступитися електронним системам релейного захисту та автоматики [34].

На рис. 2.2. Зображено загальний вигляд сучасного релейного захисту.



Рис. 2.2. Дизайн сучасних пристроїв релейного захисту

Один з таких пристроїв, може замінити багато одноманітних механічних та електромеханічних реле.

На рис. 2.2. зображені дві схеми функціональні електричні релейного мікропроцесорного захисту.



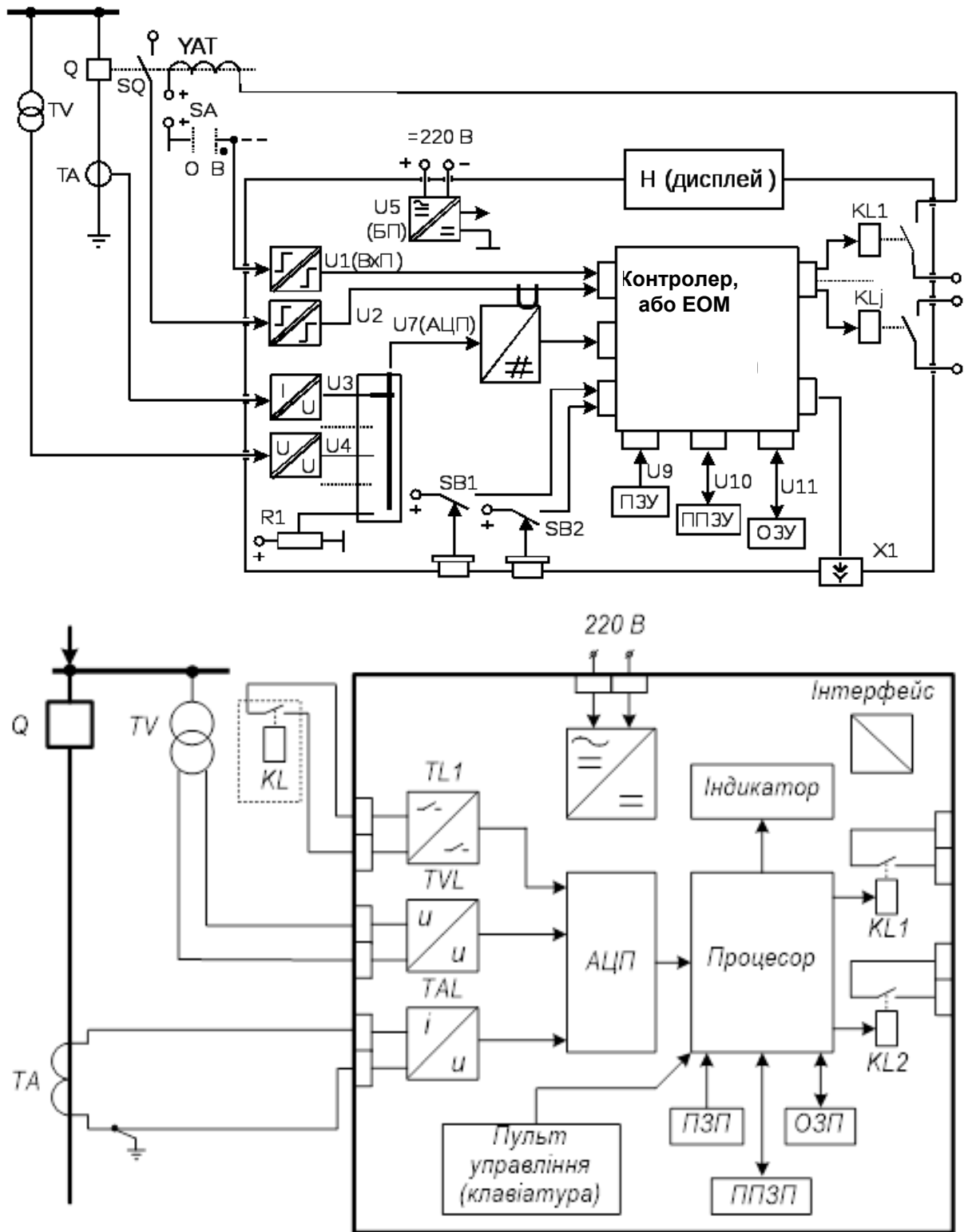


Рис. 2.2. Схема функціональна електрична релейного мікропроцесорного захисту.

## **Висновки до другого розділу**

Релейний захист – унеможлиблює руйнування пошкодженого елемента, а обмежує розповсюдження пошкодження на інші елементи електроенергетичної системи. Сучасний мікропроцесорний захист спроможний значимо підвищити їх надійність, селективність та швидкодію локалізації негативної ситуації, також здійснює ліквідацію можливих небезпек для людей.

## РОЗДІЛ 3

### ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО ПРИСТРОЮ МРВС -0,5А

#### 3.1. Обґрунтування спроможності релейного захисту ЛЕП-10 кВ на базі мікропроцесорного пристрою МРВС - 0,5А

Мікропроцесорні пристрої захисту і керування приєднань ЛЕП 6-35 кВ МРЗС-05 розроблені і виготовляються на ДП ВО «Київприлад», і на використовуються ПТП 220-35/10/6 кВ.

На протязі останніх років ДП «ВО «Київприлад» вдосконалює програмне забезпечення мікропроцесорних пристроїв релейного захисту, а також продовжує роботу над дизайном загального виду.

Наразі продовжує випуск, широковідомої і яка добре себе зарекомендувала, серії пристроїв МРЗС-05 [36,37].

Особливості, які відрізняють новий МРЗС-05А від пристроїв, що випускалися раніше МРЗС-01,02:

- багатомовне меню з базовою підтримкою трьох мов (російська, українська, англійська) і четвертою мовою на замовлення;
- запис аналогового реєстратора у форматі COMTRADE;
- дискретний реєстратор сумарним обсягом 5000 сигналів;
- рознімання бездротового інтерфейсу для об'єднання пристроїв у локальну мережу по радіоканалу;
- вісім обумовлених функцій і 4 обумовлених тригери (елементів програмувальної логіки) [36,37].

На рис 3.2. зображена схема структурна мікропроцесорного пристрою МРЗС-05А, яка повністю відображає його технічним характеристикам.

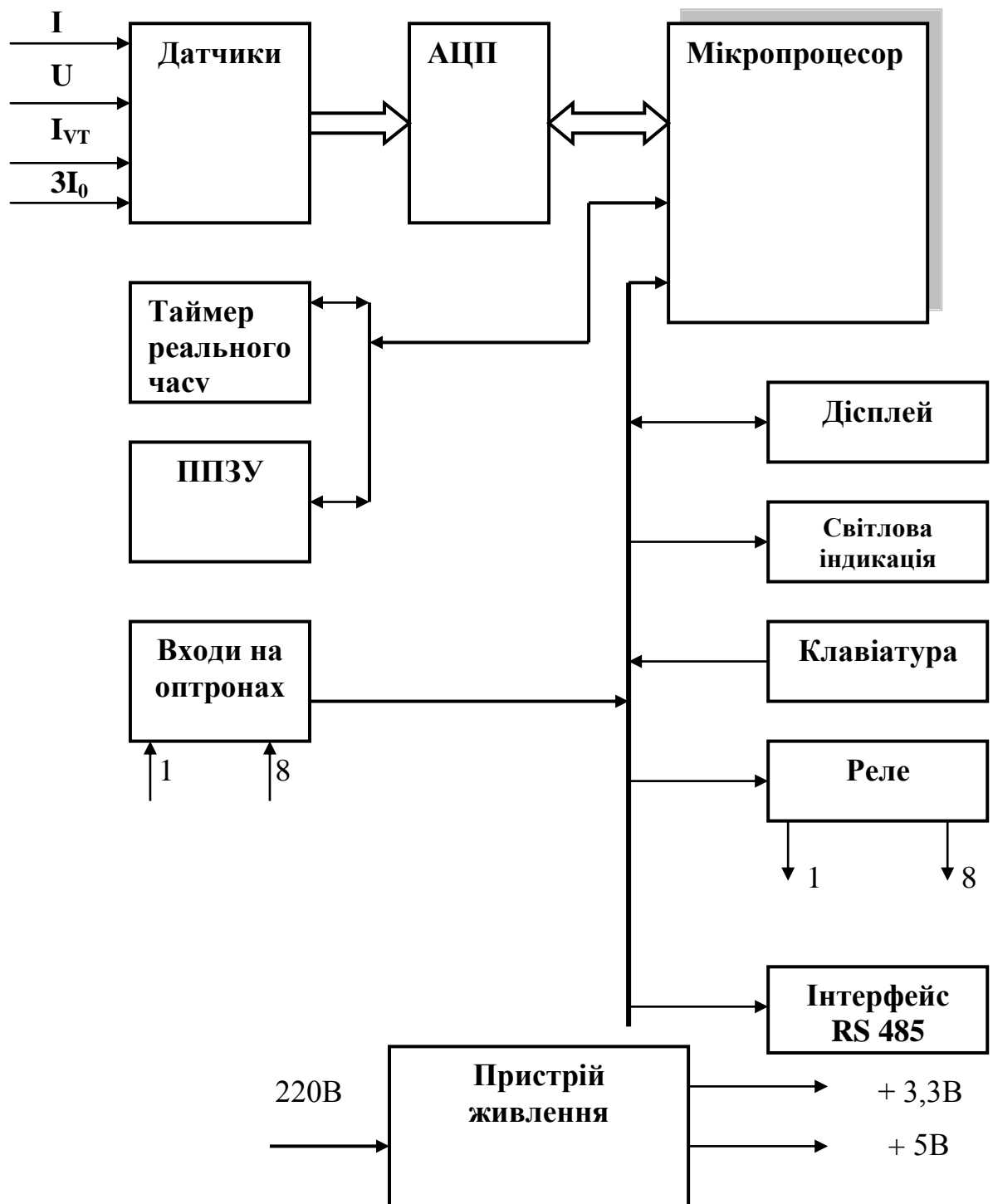


Рис. 3.2. Структурна схема мікропроцесорного пристрою MP3C-05A

В пристроях MP3C застосовують АЦП з частотною вибіркою від 600 Гц до 2000 Гц. На рис зображено процес перетворення аналогової напруги на вході АЦП в дискретну (цифрову).

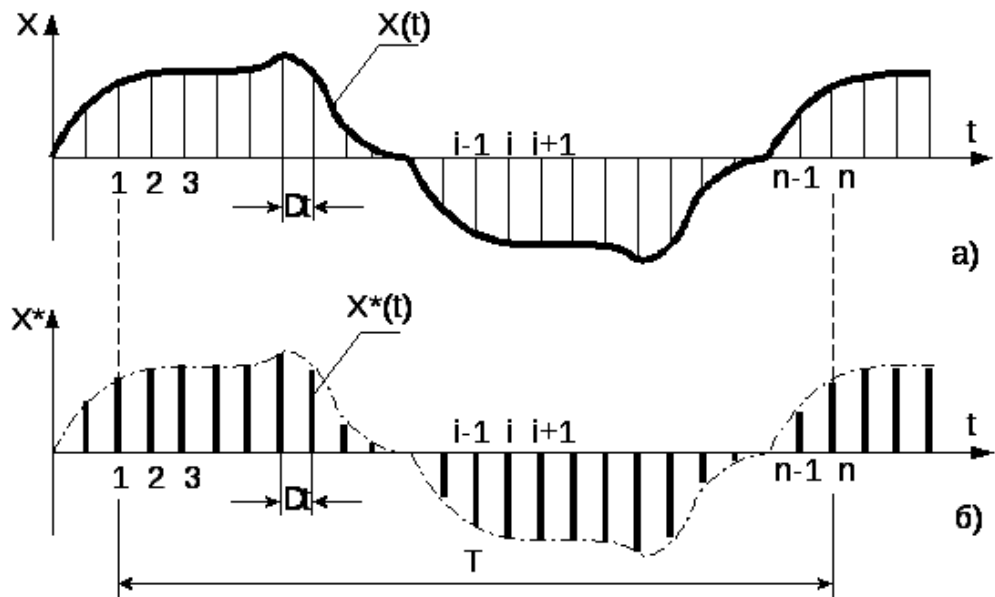


Рис. Принцип перетворень АЦП

Вхідні перетворювачі забезпечують гальванічну розв'язку зовнішніх ланцюгів (ЛЕП) від внутрішніх ланцюгів пристрою релейного захисту. Одночасно, з попереднім перетворенням, вхідні перетворювачі здійснюють приведення контрольованих сигналів до єдиного вигляду (як правило, до напруги) і нормованого рівня у цифровій формі.

При цьому здійснюється попередня частотна фільтрація вхідних сигналів перед їх аналого-цифровим перетворенням. Одночасно приймаються заходи щодо захисту внутрішніх елементів пристрою від впливових факторів.

### 3.2. Спроможні властивості МРЗС-05А

Мікропроцесорний пристрій релейного захисту і керування приєднань ліній електропередач до споживача спроможний здійснювати ререєстрацію подій:

- вхідних дискретних сигналів;
- спрацювання всіх захистів;

- спрацювання функцій автоматики;
- усіх видаваних дискретних сигналів.

Реєстрація всіх подій здійснюється з прив'язкою в реальному часі, але до його потоку. Спроможний реєструвати останні 50 подій.

Мікропроцесорний пристрій релейного захисту МРЗС здійснює реєстрацію аварійних ситуацій із записом миттєвих значень струмів і напруг при аваріях із прив'язкою до поточного часу (зберігається інформація про дев'ять останніх аварій) і з записом дискретних сигналів під час аварії.

Також існує можливість пуску реєстратора аварій при спрацюванні обраних окремих (обраних) функцій захистів і автоматики.

Інформація реєстраторів зберігається в енергонезалежній пам'яті.

Пристрій здійснює контроль ресурсу вимикача за кількістю відключень. У якості пристрою індикації задіяний рідкокристалічний дисплей [41].

Однією з головних функцій мікропроцесорного пристрою релейного захисту МРЗС МРЗС – забезпечення самодіагностики.

Формування керуючих впливів на комутаційні апарати – проводиться тільки після перевірки вірогідності необхідності виконання операції і справності каналів керування. Забезпечується безупинна перевірка справності програмного забезпечення тощо [36,37,41]. На рис зображено загальний вигляд МРЗС-05А.



Рис. 3.1. Загальний вигляд МРЗС-05А

Таблиця 3.1.

№п/п	Параметри МРЗС-05А	Характеристики
1.	Максимальний струмовий захист (СВ+МСЗ) з витримкою часу – 50/51	50/51
2.	Прискорення захистів при ввімкненні на КЗ	50HS
3.	Направлений струмовий захист нульової послідовності	67N
4.	Зовнішній захист за допомогою ДВ з можливістю дистанційного контролю сили струму та напруги	
5.	Дуговий захист	50ARC/50NARC.
6.	Автоматичне частотне розвантаження або виконання зовнішніх команд АЧР/ЧАПВ	81L
7.	Напруга оперативного струму, DC/AC	90 - 254 В.
8.	Час готовності, не більше	0,25с.
9.	Стійкість до переривання напруги живлення, не менше	0,5с.
10.	Кількість струмових входів для живлення пристрою	2
11.	Діапазон вхідного струму тривало	2,5-10,0 А.
12.	Номінальне значення вхідного фазного струму	5 А
13.	Діапазон вимірюваних значень струму	2,5-10,0 А.
14.	Швидкість передачі даних	38400,115200 біт.
15.	Кількість входів	8
16.	Рівень напруги спрацьовування	132-276 В.
17.	Маса, не більше	3 кг

### 3.3. Розробка схеми принципової приєднання мікропроцесорного пристрою МРВС - 0,5А д електричної мережі

На рис. 3.3. зображено схему приєднання до об'єкта дослідження.

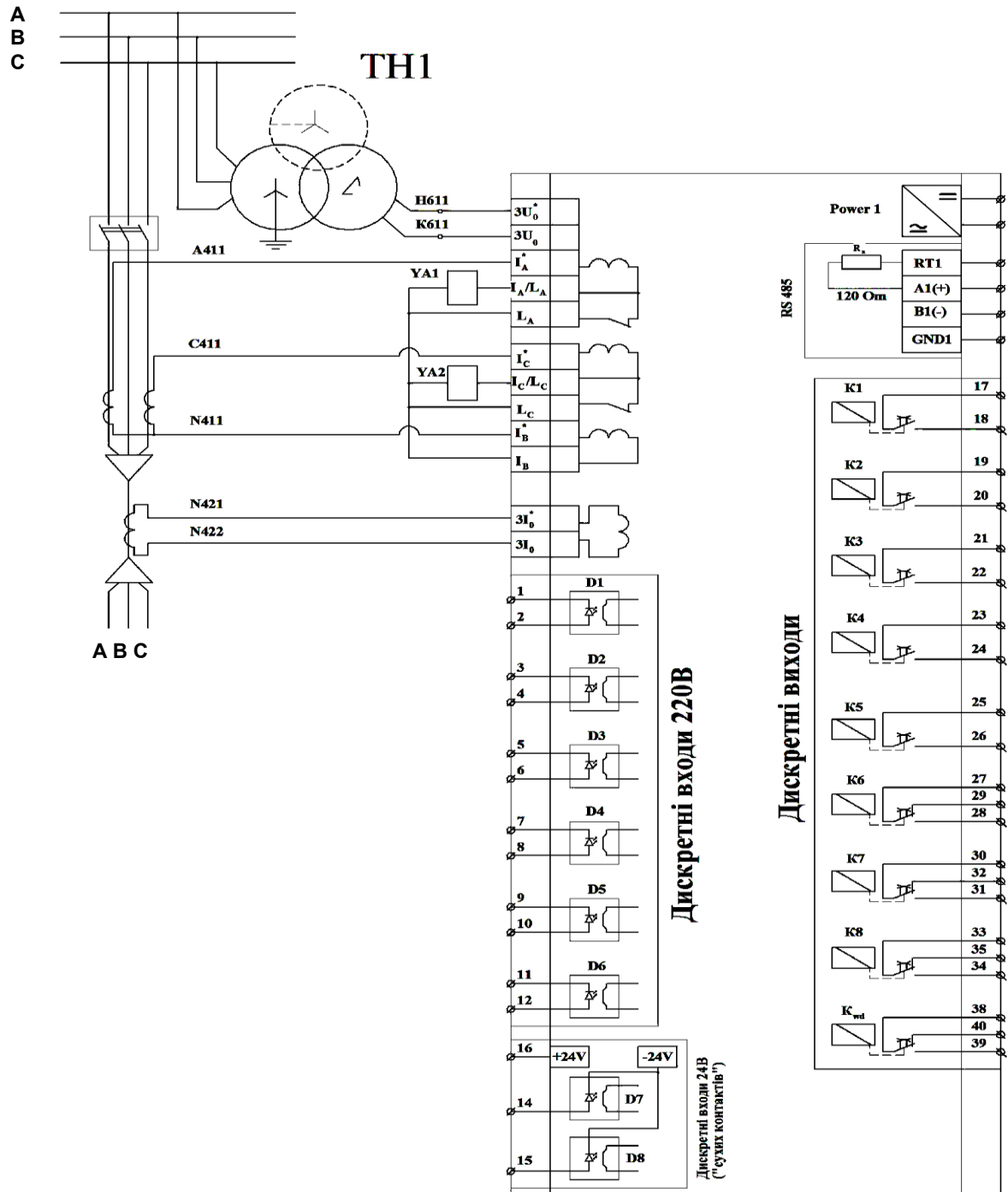


Рис. 3.2. Схема функціональна електрична приєднання пристрою МРВС-05а до електричної мережі:

1. Входи RT, A1(+), B1(-), GND призначені для підключення шини RS485
2. Стани всіх реле, показаних в положенні «вимкнено».
3. Дискретні входи Д1-Д8 незалежні від полярності підключення



Технічні характеристики МРЗС-05А наведені в додатку А

Захист ліній 10 кВ від замикань на землю здійснюється шляхом контролю наявності напруги нульової послідовності на обмотках розімкнутого трикутника трансформатора напруги типу НАМИ-10, або струму нульової послідовності на вторинній обмотці трансформатора струму нульової послідовності [36,37].

Конструктивні рішення та елементи приєднання пристрою МРВС-05а до електричної мережі – зображенні на рис. 3.4. та 3.5. відповідно [37].

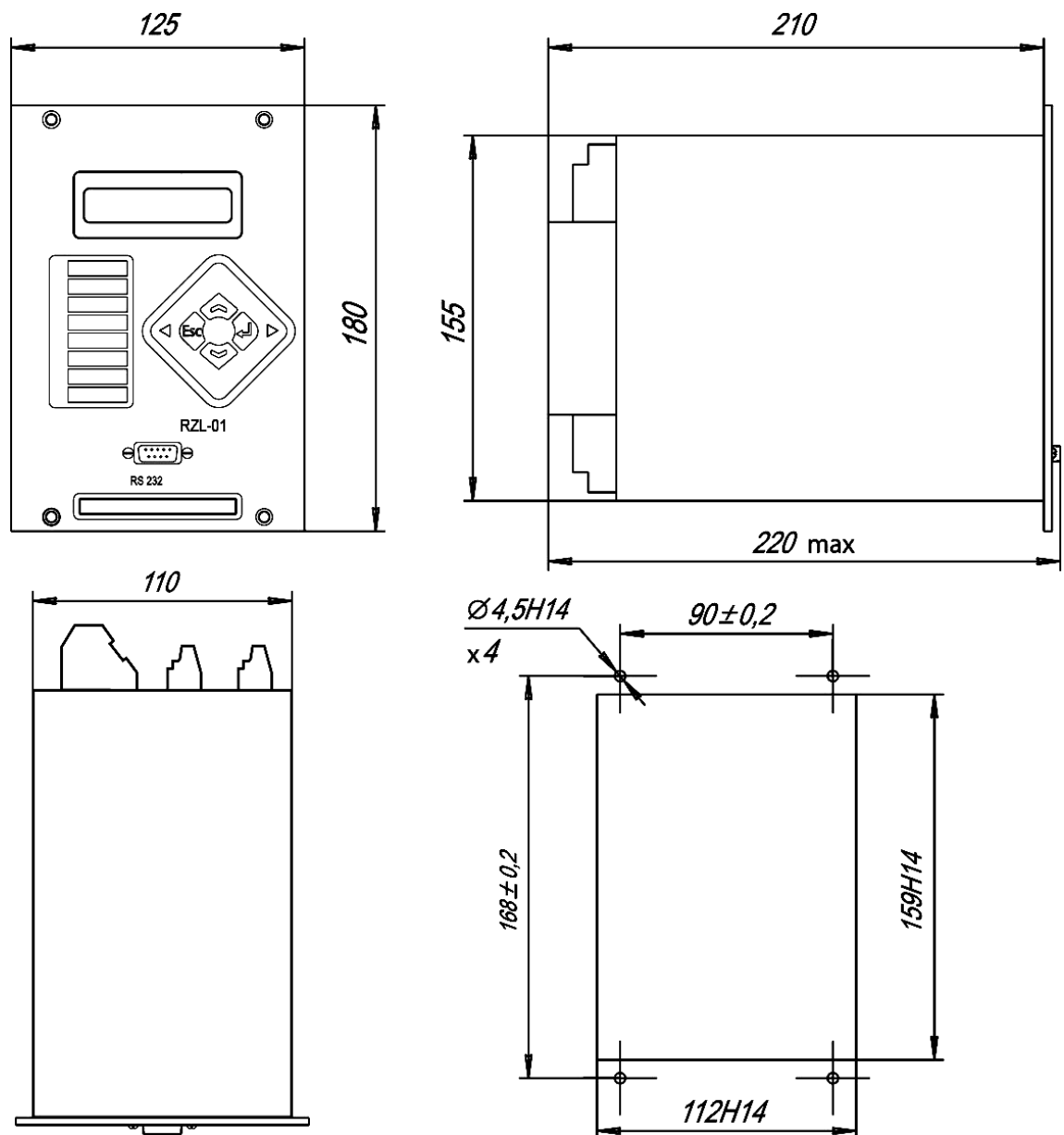


Рис. 3.4. Конструктивні рішення пристрою МРВС-05а

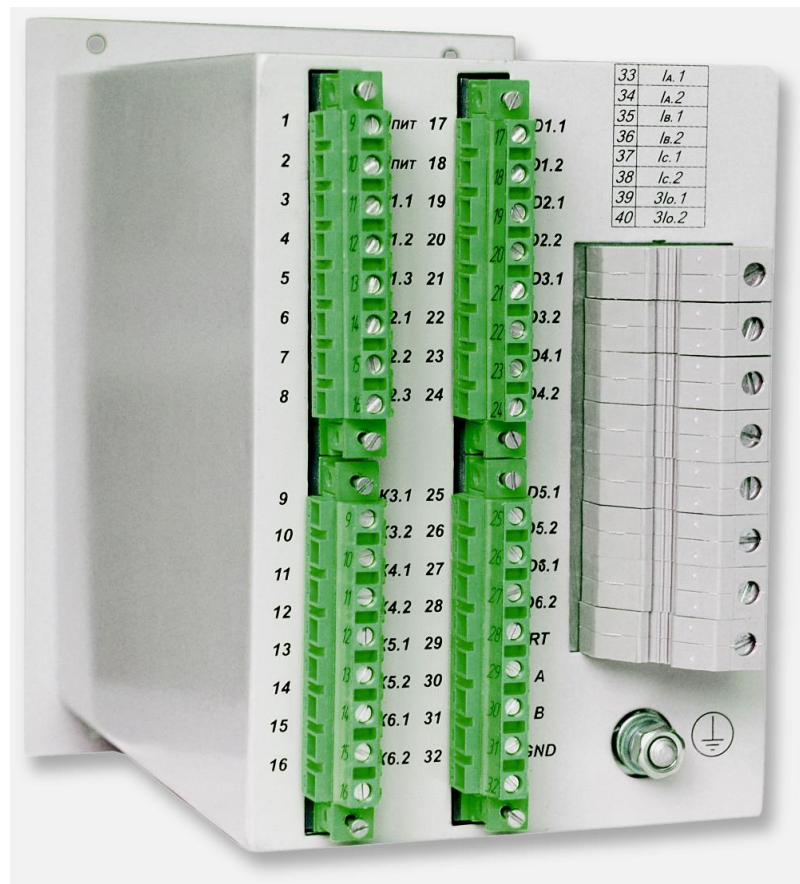


Рис. 3.5. Підключення зовнішніх ланцюгів до МРВС-05а

### 3.3. Визначення допустимих втрат напруги

Після модернізації апаратної частини захисту ЛЕП та ефективної її роботи потрібно здійснити перевірку такого параметра, як норми відхилень на затискачах приймачів електроенергії у відповідності із якими відхилення напруги при 100% навантаженні не повинно виходити за межі -5% і при 25% навантаженні – за межі +5% номінальної.

Електричний розрахунок перерізу проводів ліній електропередач полягає у підтвердженні правильного вибору марки, перерізу і кількості проводів. Це здійснюється методом мінімуму зведених втрат з перевіркою по допустимим відхиленням напруги в споживачів.

Визначення допустимих втрат напруги виконуємо шляхом складання таблиці відхилень напруги (табл. 3.1).

Виходячи з цього відомо, що на шинах 10 кВ підстанції 35/10 кВ підтримується постійний рівень напруги +5%. Розроблюємо та складаємо таблицю відхилень напруги. Визначаємо втрати напруги в ПЛ-10 і 0,38 кВ при 100% навантаженні [38].

Прийнявши надбавку напруги ТП +5 % і відхилення напруги у споживача при 100% навантаженні -5 %, заповнюємо відповідну частину таблиці.

$$\Delta U_{\text{доп.}} = -5 + 5 + 4 - (-5) = 11\%.$$

Приймаємо для лінії 10 кВ  $\Delta U_{\text{доп.}} = 5\%$ , а для лінії 0,38 кВ  $\Delta U_{\text{доп.}} = 6\%$ .

Тоді при 25% навантаженні (витрати напруги для найближчого споживача в пл. 0,38 кВ приймаємо рівним нулю) відхилення напруги споживачів.

Підраховуємо відхилення напруги у споживачів при 100% навантаженні:

Таблиця 3.1

Таблиця відхилень напруги

Елементи мережі	Навантаження, %			
	Найвіддаленіша трансформаторна підстанція		Найближча трансформаторна підстанція	
	100	25	100	25
Шини 10 кВ підстанції 35/10 кВ	+5	+5	+5	+5
Лінія 10 кВ	-5	-4	-5	-4
Трансформатор 10/0,4 кВ				
А) надбавка напруги	+5	+5	+5	+5
Б) втрати напруги	-4	-1	-4	-1
Лінія 0,38 кВ	-6	0	-6	0
<b>Відхилення напруги у споживачів</b>	<b>-5</b>	<b>+5</b>	<b>-5</b>	<b>+5</b>

$$\Delta V_{100} = +5 - 5 + 5 - 4 - 6 = -5\%$$

Визначаємо витрати напруги в ПЛ.10 і 0,38 кВ при 25% навантаження:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 5 - 4 + 5 - 1 = 5\%.$$

. Отже основне відгалуження обмоток найближчої ТП-10/0,4кВ буде оптимальним [38].

### **Висновок до третього розділу**

Сучасні умови пред'являють високі вимоги до надійності систем електропостачання, що в свою чергу вимагає використання високоефективних та надійних схем релейного захисту всіх елементів електроенергетичних систем. Одним з можливих рішень проблеми підвищення надійності системи релейного захисту є використання мікропроцесорних схем.

Перевагою таких схем є простота та відсутність спеціальних джерел постійного або змінного оперативного струму, що крім підвищення надійності також зменшує вартість необхідного обладнання.

## ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

До недавні в якості запобіжних пристроїв застосовувалися вставки плавкі (запобіжники). Але з часом, у міру зросту потужності електричних – такий спосіб захисту став малоефективним. Як вже зазначалося тому – сприяло створенню захисного обладнання, що одержало назву *релейного захисту*.

Застосування мікропроцесорного релейного захисту, на базі мікропроцесорних пристроїв захисту, автоматики, контролю та керування приєднань до лінії передач 6-35кВ, саме МРЗС-05А, значно своєчасно та ефективно попереджує руйнування пошкодженого елемента енергосистеми, що зменшує масштаб такого руйнування і не призведе до виникнення та поширення аварійних ситуацій.

А також локалізує розповсюдження пошкодження на інші суміжні елементи електроенергетичної системи, ліквідувати можливу небезпеку для людей.

## ВИКОРИСТАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Барабанов Ю.А. Релейная защита и автоматизация электрических систем. Рига: РПИ, 1995.- С.19-28.
2. Барабанов Ю.А. Использование цифровой вычислительной техники для выполнения функций релейной защиты / Ю.А. Барабанов // Электричество. - 1989-№ 12.- .6-11. 96
3. Диенн Д. Краткий обзор некоторых актуальных проблем и разработок в области релейной защиты..- М.: Энергия.- 1998.- С.26-46.
4. Гребченко Н.В. Интеграция функций цифровой релейной защиты и средств диагностирования электрооборудования / Н.В. Гребченко / // Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету. Серія: "Електротехніка і енергетика". Донецьк: ДонДТУ.- 2000. 21-24.
5. Рекомендации по выбору защит электротехнического оборудования с использованием микропроцессорных устройств концерна ALSTOM.-К.: ООО «Энергомашвин».- 2000.- 142 с.
6. Томосиха Андо. Тенденции перевода релейной защиты на цифровые устройства вычислительной техники: Перевод № П- 03 03 / Томосиха Андо // К.: ОНМ. Торгово-промышленная палата УССР. - 1984. - Т. 71, № 9.- С. 23-
7. Овчаренко Н.И. Микропроцессорные комплексы релейной защиты и автоматики распределительных электрических сетей / Н.И. Овчаренко. М.: НТФ "Энергопрогресс", 1999. – 64 с
8. Кірик В.В. Електричні мережі та системи: навч. посіб./ В.В.Кірик. Київ.: НТТУ «КПІ», 2014. – 130с.
9. Шкрабець Ф.П. Основи електропостачання: навч. посіб./ Ф.П. Шкрабець. Дніпропетровськ, 2012, 458с.
10. Шабад М.А.. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. – СПб.: ПЭИПК, 2003. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2006. – 120 с.

11. Шабад М.А. Автоматизация распределительных электрических сетей с использованием цифровых реле / М.А. Шабад М.: НТФ «Энерго-прогресс», 2003. – 68 с. М.А. Шабад.– СПб.: ПЭИПК, 2003.
12. Шнеерсон Э.М.. Цифровая релейная защита / Э.М. Шнеерсон. – М.: Энергоатомиздат, 2007. - 549 с.
13. Ванин В.К. Релейная защита на элементах вычислительной техники / В.К. Ванин, Г.М. Павлов – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 336 с.
14. Дьяков А.Ф. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Учебное пособие для студентов вузов / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. – М.: Издательство МЭИ, 2000. - 199 с
15. Яндульський О.С., Дмитренко О.О. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання]: навч. посіб. / О.С. Яндульський, О.О. Дмитренко; під загальною редакцією д.т.н. О.С. Яндульського. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 102 с.
16. Яндульський О.С., Дмитренко О.О., Заколюдажний В.В., Настенко Д.В., Рубель А.Б./ Автоматична багаторівнева система збору та передачі інформації від мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики різних виробників для об'єктів НЕК «Укренерго»// Наукові праці Донецького національного технічного університету. 2011. - № 11. - С.
17. Кириленко А.В. Відкриті розподілені інформаційно-керуючі системи електроенергетичних об'єктів / А.В. Кириленко, В.В. Рункович // Автоматизация и релейная защита в энергосистемах 98.- К.: Ин-т электродинамики НАН Украины.- 1998.- С.24-33.
18. Лугинский Я.Н., Семенов В.А. Релейная защита на микроЭВМ за рубежом / Я.Н. Лугинский, В.А. Семенов // Энергохозяйство за рубежом. - 1992.- № 6.- С.26-28.
19. Кириленко А.В. Алгоритм оптимального распределения защит в многомашинной системе защиты блока генератор – трансформатор / А.В. Кириленко, Э.С. Кохно, Ю.Н. Холоденко // Автоматизация и релейная

защита в энергосистемах: Сб. науч. тр.- К.: Наук. думка, 1987.- С.57 - 61. 67. 700 дней жизни АББ Реле-Чебоксары. - Чебоксары: ТОО СП «АББ Реле-Чебоксары», 1996. – 250 с.

20. Михайлов В.В. Микропроцессорные гибкие системы релейной защиты / В.В. Михайлов, Е.В. Кириевский, Е.М. Ульяницкий и др. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 240 с.

21. Шуин В.А. Гусенков А.В. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6 – 10 кВ. – М.: НТФ «Энергопрогресс» 104с.; ил. [Библиотечка электротехника; Вып. 11 (35)]

22. Виробниче об'єднання "Київприлад", МРЗС-05-01, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kievpribor.com.ua/rus/download.htm> – 2016р.

23. Гуров Н.С. Применение микропроцессоров в устройствах релейной защиты и противоаварийной автоматики / Н.С. Гуров, В.Л. Фабрикант, В.Н. Чувывчин // Изв. вузов. Сер. Энергетика.- 1980.- №5.- С.17-22.

24. Шмурьёв В.Я. Цифровые реле защиты / В.Я. Шмурьёв. М.: НТФ "Энергопрогресс", 1999. – 56 с.

25. Ефимов Н.С. Специализированная микропроцессорная система для выполнения функций релейной защиты / Н.С. Ефимов, В.Н. Козлов, Ю.Я. Лямец, В.М. Шевцов // Тр. Чуваш. гос. ун-та. Электротехн. устройства и системы на основе микропроцессоров и микроЭВМ – Чебоксары: Чувашский госуниверситет.- 1985.- С.3-10.

26. Филиппов А.Г. Микропроцессорные ситемы и микроЭВМ в измерительной технике: Учеб. пособие для вузов / Филиппов А.Г., Аужбичкович А.М., Немчинов В.М. и др. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 368 с.

27. Яндульський О.С., Дмитренко О.О., Заколядзяжний В.В., Настенко Д.В./ Автоматична багаторівнева система збору та передачі інформації від МП РЗА різних виробників// Інформаційний збірник «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро. -2010. – № 2. – С.14-18



28. Релейний захист електроенергетичних систем : навч. посіб. [для студентів електроенергет. спец. ВНЗ, аспірантів, викл.] / В. П. Кідиба ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. Політехніка». – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. – 504 с.

29. Микропроцессорные устройства РЗА серии УЗА-10, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.emvcorp.com> – 2016р.

31. Максимальная токовая защита MiCOM P120. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://inctin.com/uploadedFiles/files/>.

32. РТ-85 – индукционное реле максимального тока с зависимой и независимой выдержкой времени. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://>

33. Пристрій релейного захисту для мереж 6-35 кВ РЗЛ-01. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reلسis.ua/ua/>.

34. Релейний захист - це що таке? Поняття, види, призначення та вимоги: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukr.thehouseofchronic.com/4107020-relay-protection-what-is-it-concept-types-purpose-and-requirements>

35. Основні вимоги, що пред'являються до релейного захисту. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/7/7-8/7-85650.html>.

36. Пристрій мікропроцесорний захисту, автоматики, контролю і управління приєднань МРЗС-05л. Настанова з експлуатації: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.kievpribor.com.ua/download/mrzs-05l\\_aiar\\_466452\\_001\(01\)\\_UK.pdf](http://www.kievpribor.com.ua/download/mrzs-05l_aiar_466452_001(01)_UK.pdf)

37. Мікропроцесорний пристрій релейного захисту та автоматики для розподільчих мереж 6/35 кВ РЗЛ-01.01: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://reلسis.ua/ua/products/relay-protection-automation/rzl-01>

38. Визначення допустимих втрат напруги в електричних мережах: [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5247187/-page:4/>.

39. Воздушные линии электропередачи 6-10 кВ. [Электронный ресурс].  
- Режим доступа: <https://dront.ru/wp-content/uploads/>.
40. Реконструкції ЛЕП та підстанцій - важливі завдання інвестпрограми. [Електронний ресурс]. - Режим доступу:  
<https://www.ztoe.com.ua/news.php?id=1501>
41. МРЗС-05 – серія пристроїв захисту, автоматики, контролю та керування приєднань: [Електронний ресурс]. - Режим доступу:  
<http://www.proelectro.info/ru/content/detail/3206>
42. Структура цифровых устройств релейной защиты: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2827307/page:10/>

