

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
"Дніпровська політехніка"



Кафедра електротехніки



**МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**  
до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
*«Інтелектуальні системи керування та захисту.*  
*Частина 1. Інтелектуальний релейний захист»*  
для студентів спеціальностей

**141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**  
**151–Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

Дніпро  
2021



Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
"Дніпровська політехніка"



Кафедра електротехніки



**МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**  
до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
*«Інтелектуальні системи керування та захисту.*  
*Частина 1. Інтелектуальний релейний захист»*  
для студентів спеціальностей

**141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**  
**151–Автоматизація та компютерно-інтегровані технології**

Дніпро  
2021

Матеріали методичного забезпечення до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інтелектуальні системи керування та захисту. Частина 1. Інтелектуальний релейний захист" для студентів спеціальностей 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 151–Автоматизація та компютерно-інтегровані технології / Упорядники: Д.В. Ципленков, О.В. Бобров. – Дніпро: НТУ "ДП", 2021 – 31 с.

Упорядники:

Ципленков Дмитро Володимирович – канд. техн. наук, доцент,  
завідувач кафедри електротехніки  
Бобров Олексій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри  
електротехніки

Затверджено на засіданні кафедри електротехніки  
(протокол № 3 від 04 березня 2021 р.)

Відповідальний за випуск Д.В. Ципленков, завідувач кафедри електротехніки,  
канд. техн. наук, доцент.

## ВСТУП

Метою цих методичних вказівок є надання допомоги студентам у підготовці до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем». Зміст і тематика лабораторних робіт підібрані так, щоб забезпечити більш глибоке вивчення студентами низки практичних питань навчальної програми.

Перед виконанням лабораторних робіт студент зобов'язаний уважно вивчити правила техніки безпеки при роботі в лабораторії. До кожного заняття студенти зобов'язані готуватися заздалегідь. Підготовка полягає в опрацюванні відповідного теоретичного матеріалу за даними вказівками і рекомендованій літературі, вивченні змісту роботи і схеми електроустановки згідно її опису, нанесенням схем і таблиць; в які будуть заноситися дані, що будуть отримані в результаті вимірів і обчислень. Непідготовлені студенти до роботи не допускаються.

Після закінчення практичної частини роботи, результати вимірювань необхідно показати викладачеві. Обробка лабораторного дослідження і оформлення звіту здійснюється студентами в лабораторії.

У звіті вказується номер, назва, паспортні дані машин, приладів та іншого електрообладнання, наводяться програма роботи, математичні розрахунки, зведені таблиці, графіки, дається зображення електросхем, робляться необхідні висновки.

У формулах і схемах слід використовувати прийняті за ГОСТом умовні позначення і розмірності. Звіти надаються для захисту викладачеві кожним студентом індивідуально.

## **ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

### **1 Правила техніки безпеки при роботі в електротехнічній лабораторії**

1.1. Перед виконанням лабораторних робіт на початку заняття студенти кожної групи повинні прослухати вступний інструктаж і додатково, при необхідності, інструктаж на робочому місці з техніки безпеки. Інструктаж проводиться викладачем, що веде заняття, і оформляється в журналі з техніки безпеки даної лабораторії.

1.2. У лабораторії забороняється:

- а) захащувати робоче місце (стенд) особистими речами;
- б) вішати особисті речі на лабораторне обладнання;
- в) ходити без дозволу по лабораторії.

1.3. Складання, розбирання і зміни в схемі на лабораторному стенді слід проводити тільки при відключеному живленні на робочому місці.

1.4. Вмикати досліджувані установки, лабораторні стенди в мережу дозволяється тільки після перевірки схеми викладачем, що веде заняття або лаборантом. Після кожних змін в схемі пред'явлення її викладачеві для перевірки є обов'язково умовою.

1.5. При складанні схеми забороняється використовувати проводи з пошкодженою ізоляцією, а також зрощувати окремі дроти.

1.6. Перед складанням схеми досліду на лабораторному стенді необхідно уважно ознайомитися:

- а) зі схемою;
- б) з межами вимірювальних приладів;
- в) з набором приладів і обладнання, які використовуються в даній роботі.

## **2 Організація виконання лабораторних робіт**

2.1. Тематика робіт складена відповідно до лекційного курсу Тривалість робіт в залежності від складності 2 і 4 години.

2.2. Лабораторні роботи виконуються бригадами в кількості від двох до чотирьох осіб, відповідно до графіка проходження лабораторних робіт. Комплектація бригад проводиться викладачем.

2.4. Студент допускається до лабораторної роботи, якщо він:

- а) прослухав інструктаж з техніки безпеки вступний і при необхідності на робочому місці;
- б) засвоїв програму досліджень і ознайомився з методикою її виконання;
- в) має схеми вимірювань і підготував таблиці для результатів дослідів.

## **3 Оформлення і захист виконаних робіт**

3.1. Кожен студент самостійно оформляє звіт за виконаною роботою. Оформлення виконується в робочому зошиті з даної дисципліни або на окремих аркушах з титульною сторінкою.

3.2. У звіті повинні бути приведені: мета роботи, програма роботи, паспортні дані обладнання та приладів, схеми проведених дослідів, таблиці з даними вимірювань і результатами обчислень, графіки отриманих залежностей, висновки по роботі, що містять практичну оцінку дослідів.

Схеми і графіки слід виконувати акуратно із застосуванням креслярських інструментів, все позначення схем повинні відповідати ГОСТ. При побудові графіків наносяться всі точки даних дослідів, за якими проводиться плавна усереднена крива.

3.3. Кожен студент після оформлення звіту здає залік по роботі. Викладач проводить індивідуальний, бригадний або у формі технічної гри опитування студентів з питань теорії, методики виконання роботи, з аналізу графіків і використання результатів дослідження на практиці. Звіт з помилками підлягає переробці і захищається в додатковий, призначений викладачем, час.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### ВИВЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЦИФРОВИХ ТЕРМІНАЛІВ SERAM ТА MiCOM.

**Мета роботи:** Вивчити особливості програмного забезпечення цифрових систем захисту на прикладі *MiCOM S1 Studio* компанії Schneider Electric.

#### *Програма роботи*

1. Розглянути види захисту, які реалізовані у цифрових терміналах, що розміщені у лабораторії.
2. Ознайомитись з коротким описом особливостей роботи у програмному середовищі *MiCOM S1 Studio* компанії Schneider Electric згідно /1/.
3. Завантажити модель даних у відповідності до отриманого завдання.
4. Використовуючи інструменти програмного середовища, побудувати систему релейного захисту.
5. Виконати зміни у відповідності з завданням, параметрів захисту.

#### *Етапи виконання роботи*

##### Етап 1. Робота з цифровими терміналами

Відповідно до завдання, ознайомитись зі структурою захистів, що реалізовані у цифрових терміналах лабораторії. Визначити спосіб з'єднання пристрою з ПК у лабораторії.

##### Етап 2. Робота з моделями даних з використанням інструментів програмного середовища *MiCOM S1 Studio*

Ознайомитись з коротким описом особливостей роботи у програмному середовищі *MiCOM S1 Studio*. Завантажити модель даних у відповідності з завданням, скориставшись інструментом *DataModelManager*.

##### Етап 3. Розробка системи релейного захисту у середовищі *MiCOM S1 Studio*.

Побудувати систему релейного захисту, на основі однолінійної схеми електропостачання, що отримана в завданні. У схемі захисту обов'язково вказати назву підстанцій, клас напруги, де встановлено захист, номер комір-ки, та назву пристрою захисту.

У відповідності до завдання виконати зміни уставок пристрою релейного захисту.

##### Етап 4. Складання звіту

Звіт за даною лабораторною роботою повинен містити:

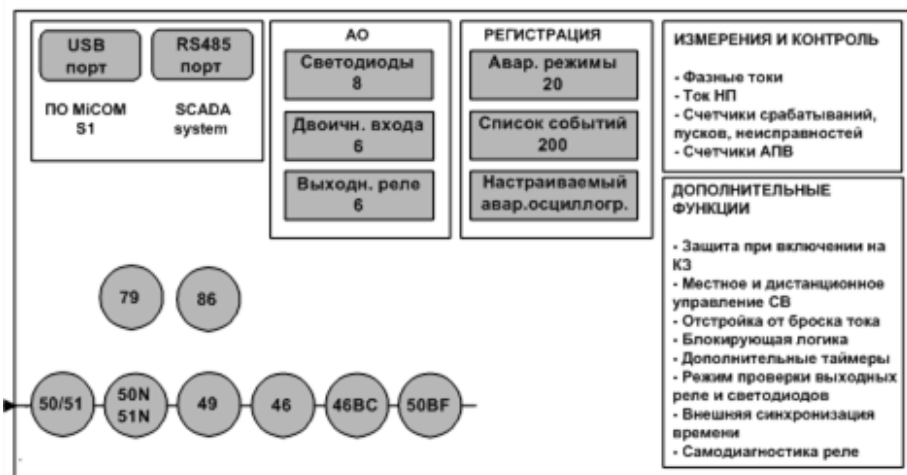
1. Найменування, мету та програму роботи.
2. Функціональну схему з набором видів захисту цифрового терміналу у відповідності до завдання.
3. Однолінійну схему електропостачання, отриману у відповідності до завдання.
4. Схему релейного захисту зі змінами параметрів, що вказані викладачем.
5. Висновки.

### *Методичні вказівки.*

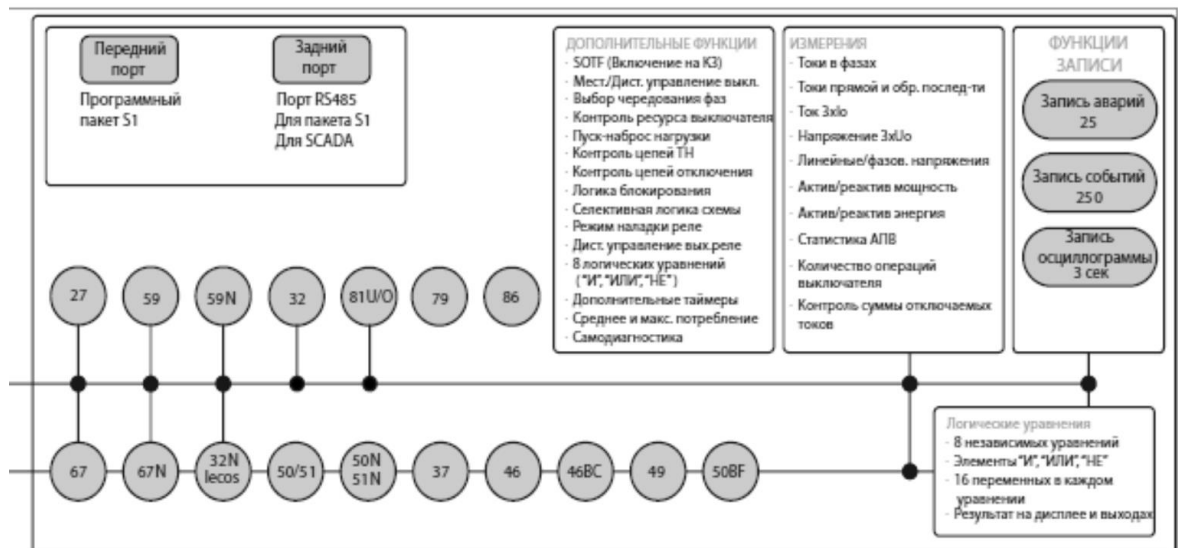
#### До етапу 1

У лабораторії представлені наступні цифрові термінали захисту MiCOM: 111 Enh (модель А), 127 та 139. Ці пристрої забезпечують захист мереж (цифра 1 на початку назви) та представлені у базовій, стандартній та розширеній комплектації (цифри 1, 2 та 3 в середині назви). Функціональні схеми пристроїв, з реалізацією відповідних способів захисту, представлені на рисунку 1 а-в.

а)



б)





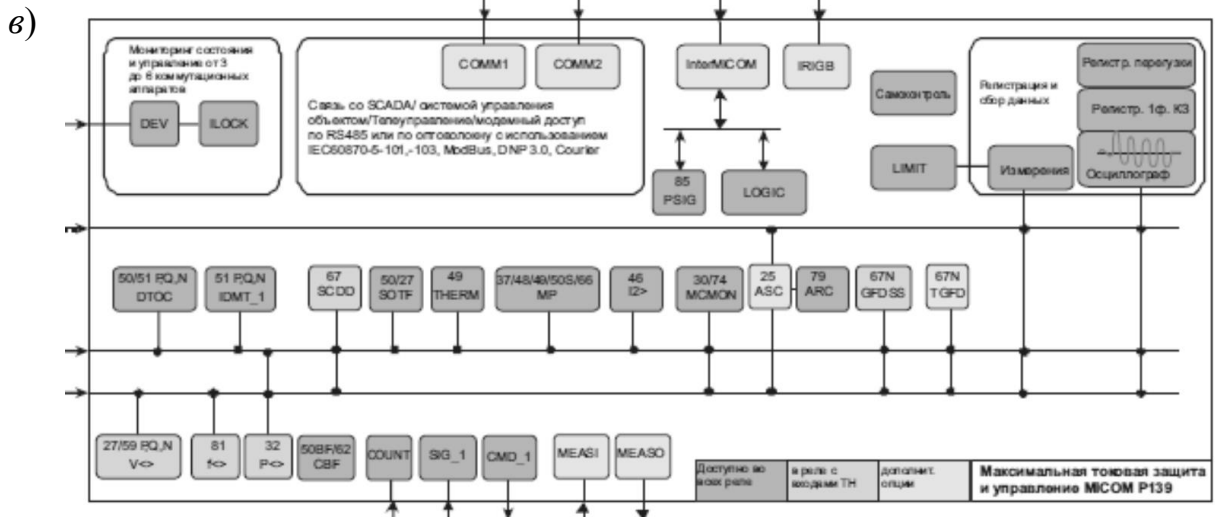


Рис. 1. Функціональні схеми пристроїв MICOM:  
а) 111 Enh, б) 127, в) 139

### До етапу 2

Перед виконанням завдання необхідно скористатися можливостями *DataModelManager*, який дозволяє завантажити необхідну модель даних з

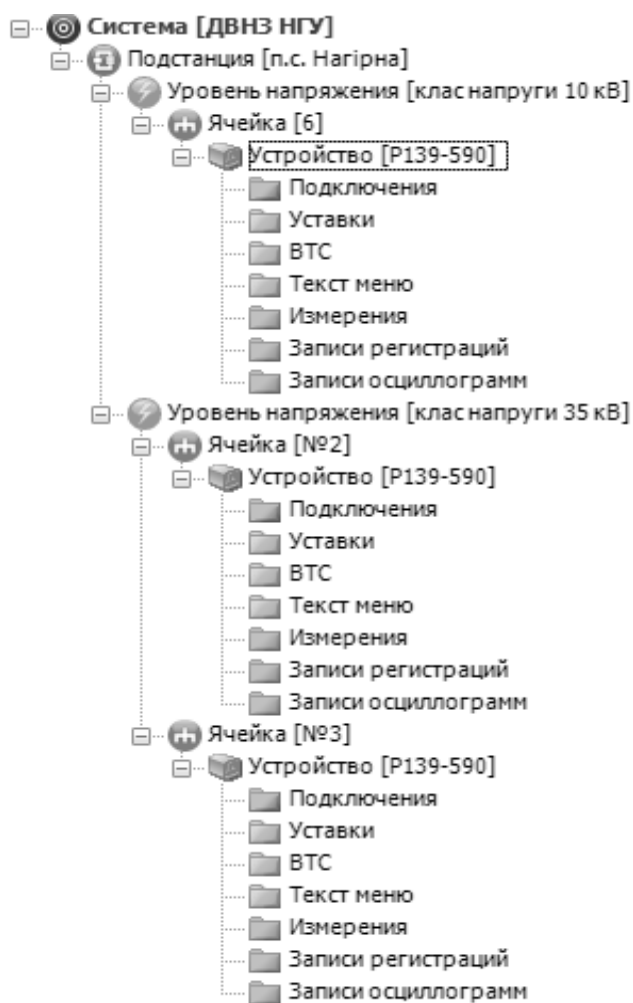


Рис. 2 – Система релейного захисту відповідних об'єктів

мережі *Internet* чи зовнішнього носія. Детально опис роботи цього інструмента, викладено в /1/.

### До етапу 3

Після завантаження необхідних моделей даних та отриманого завдання середовище *MiCOM S1 Studio* дозволяє побудувати схему релейного захисту за однолінійною схемою електропостачання.

Спочатку визначається підстанція – одна або декілька, де буде встановлено відповідні пристрої захисту. Аналізуються класи робочої напруги та кількість приєднань де будуть встановлені високовольтні коміртки. При розміщенні пристроїв захисту необхідно пам'ятати, що їх може бути встановлено декілька в одній комірці. Приклад побудови та-

кої системі захисту, зображено на рисунку 2.

При виборі відповідної папки «Уставки» необхідно створити новий файл, що дозволить змінити параметри захисту та завантажити їх у пристрій. Мова файлу може бути вибрана як базова (як правило, англійська) так регіональна (французька, німецька або російська).

Приклад вигляду такого файлу показано на рисунку 3

Наименование	Оценка	Адрес
<b>ПАРАМЕТРЫ</b>		
Описание	P111Eh	0000
Обозначение	SE	0003
Версия аппаратных средств	A 7BO; 4 BI	0006
Сетевой адрес	254	0100
Версия ПО	1.D	0005
Диапазон фазных токов =	In=1A/5A, 0.1-40In	0007
Диапазон тока в нейтрале =	Ien=1A/5A, 0.01-2Ien	0008
<b>ОБЩИЕ НАСТРОЙКИ</b>		
КОЭФФИЦИЕНТ ТРАНСФОРМАЦ...		
ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ		
СВЯЗЬ		
ВЫБОР ГРУППЫ УСТАВОК		
ЛОКАЛЬНЫЕ НАСТРОЙКИ		
БЛОКИРОВКА ПО ТОКУ НАМА...		
ОСЦИЛЛОГРАФ		
МТЗ ДОП. НАСТРОЙКИ		
ПАРАМЕТРЫ СВЯЗИ		
<b>ГРУППА УСТАВОК 1</b>		
<b>ЗАЩИТЫ</b>		
[50/51] МТЗ		
[50/51N] ТЭП		
[50BF] УРОВ		
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ ТАЙМЕР		
АВТОМАТИЧЕСКОЕ УСКОР...		
ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ		
ФУНКЦИЯ ПУСК-НАВРОС		
ДВОИЧНЫЕ ВЫХОДЫ		
ДВОИЧНЫЕ ВХОДЫ		
СВЕТОДИОДЫ		
<b>ГРУППА УСТАВОК 2</b>		

Рис. 3 – Параметри моделі даних, що можуть бути змінені у пристрої

## Контрольні питання

1. З якою метою розглядаються особливості функціонування програмного забезпечення пристроїв релейного захисту?
2. Назвіть спільні та відмінні види захисту у цифрових терміналах, що розміщені у лабораторії
3. Яке призначення моделей даних?
4. Назвіть способи з'єднання цифрових терміналів з ПК.
5. Який файл необхідно корегувати для зміни параметрів спрацьовування пристроїв захисту?

### Список рекомендованої літератури

1. Остапчук А.В. Програма *S1 Studio* для пристроїв захисту *MICOM* серій *P 11x-12x*: метод. указання / А.В. Остапчук, П.Ю. Красовский – Д.: ГВУЗ «НГУ», 2016 – 23 с. [Електронний ресурс].
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Андреев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.
3. Дьяков А.Ф. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Учеб. пособие для студентов вузов / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 199 с.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ, ПРИНЦИПУ ДІЇ ТА ВИКОНАННЯ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА СТРУМУ У КОЛАХ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

**Мета роботи:** Вивчити особливості конструкції та принципу дії трансформатора, ознайомитись з методикою перевірки, одержати практичні навички організації й проведення такої перевірки.

### *Програма роботи*

1. Вивчити конструкцію та принцип дії трансформатора струму, що розміщений у лабораторії.
2. Обґрунтувати схему, за якою буде виконуватися перевірка та зібрати випробувальну установку.
3. Зняти зовнішню характеристику трансформатора.
4. Побудувати експериментальну зовнішню характеристику та порівняти її з паспортною.
5. У відповідності до завдання, оцінити чутливість захисту при заданій уставці.
6. Складання звіту.

## Етапи виконання роботи

### Етап 1. Вивчення конструкції та принципу дії трансформатора струму.

Записати паспортні данні трансформатора струму у таблицю 1 та пояснити усі параметри, які у ньому неведені.

Таблиця 1

Тип ТС	Назва вимірювальної обмотки	Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Клас точності	Потужність, ВА

### Етап 2. Складання електричної схеми.

Типова схема випробування дії максимальних-струмових захистів фідера наведена на рис. 1.

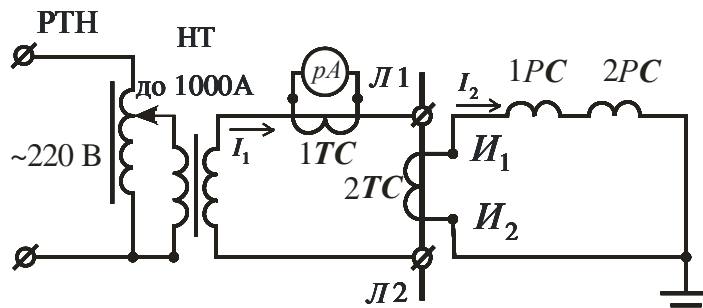


Рис. 1 Типова схема випробування МСЗ фідера

Схеми перевірки дії РЗА з навантаженням вторинних струмових кіл на рис. 2 а-б.

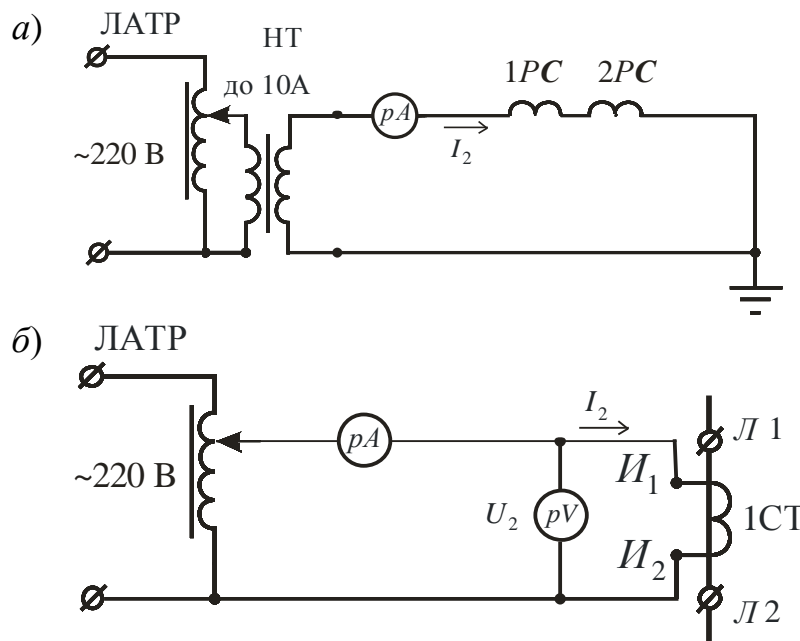


Рис. 2. Схеми перевірки дії РЗА з навантаженням вторинних струмових кіл:

а) перевірка роботи; б) зняття зовнішньої характеристики трансформатора струму

### Етап 3. Зняття зовнішньої характеристики трансформатора струму.

Працездатність трансформатора струму фідера, виключеного зі схеми загального випробування дії РЗА, необхідно перевірити зняттям його зовнішньої характеристики. Для цього збирають схему, наведену на рис. 2б. Регульовану напругу від ЛАТРа подають на вторинну обмотку трансформатора струму й поступовим підйомом напруги з нуля вимірюють його значення при фіксованих значеннях струму, зазначених у табл. 1.

Таблиця 1

$I_2, A$	0	0.5	1	2	3	4	5
$U_2, B$							
Паспорт							

**Етап 4. Побудова зовнішньої характеристики трансформатора струму та визначення чутливості захисту.**

Побудувати зовнішню характеристику трансформатора струму та виконати порівняння з паспортною. Допускається розбіжність не більше 10 %.

Згідно до отриманого завдання, виконати оцінку чутливості уставки спрацювання реле.

**Етап 5. Складання звіту**

Звіт з даної лабораторної роботи повинен містити:

- 1 Найменування, мету та програму роботи.
- 2 Схем, зображені на рис. 1-2 та таблицю з результатами перевірки.
- 3 Паспортну та експериментальну зовнішню характеристику.
- 4 Висновки.

***Методичні вказівки.***

**До етапу 1**

У лабораторії знаходиться трансформатор струму (ТС) типу ТПЛ-10. Даний трансформатор має дві вимірювальні обмотка одна з яких використовується для підключення вимірювальних приладів, а інша – для підключення пристроїв релейного захисту. ТС працює у режимі короткого замикання, тому відповідно до вимог техніки безпеки, його вторинна обмотка не повинна залишатися розімкненою, це може призвести до пошкодження приладу або небезпеки ураження обслуговуючого персоналу.

**До етапу 2**

Типова схема випробування дії максимальних-струмових захистів і АПВ фідера наведена на рис. 1. Регульований трансформатор напруги РТН разом зі знижувальним навантажувальним трансформатором НТ утворюють джерело плавно регульованого струму, який подається в первинну обмотку трансформатора струму ІТС приєднання. Для виміру первинного струму  $I_1$  у коло включають лабораторний трансформатор струму ЛТС з амперметром  $pA$ . До вторинної обмотки ІТС, у відповідності зі схемою вторинних кіл фідера 10 кВ, підключені струмові реле максимальних-струмових захистів з витримкою часу 1РС і струмової відсічки ЗРС.

Випробування дії РЗА за схемою рис. 1 здійснюють імітацією режиму короткого замикання (КЗ) з фіксацією величини первинного струму спрацювання  $I_{1сп}$  і перевіркою дії АПВ при стійкому КЗ та КЗ, що усувається автоматично. Для імітації стійкого КЗ з неуспішним АПВ струм  $I_1$  збільшують до величини  $I_{1сп}$  і після спрацювання захисту і вимикання вимикача, утримують його на рівні  $I_1 > I_{1сп}$  протягом 5-6 секунд, які необхідні для спрацювання АПВ. КЗ, що самоусувається із успішним АПВ імітують скиданням струму  $I_1$  відразу ж після вимикання вимикача захистом до рівня  $I_1 < I_{1сп}$ .

У процесі випробування дії РЗА візуально й на слух контролюють також тимчасову послідовність спрацювання реле й вимикача, дія попереджувальної й аварійної сигналізації.

Єдиним кількісним результатом часткової перевірки РЗА є струм  $I_{1сп}$ , який порівнюють зі струмом уставки  $I_{1у}=750$  А та визначають відносну розбіжність їх значень у відсотках.

У зв'язку з відсутністю спеціального навантажувального трансформатора на струм до 1000 А, випробування дії РЗА здійснити не за типовою схемою (рис. 1), а за схемами, наведеними на рис. 2.

Плавно регульоване джерело струму (ЛАТР, НТ до 10 А) підключають, минаючи трансформатор струму фідера, безпосередньо до струмових реле (рис. 2, а) і перевіряють загальну дію РЗА так, як це описано вище. При цьому за допомогою амперметра  $pA$  вимірюють вторинний струм спрацювання  $I_{2сп}$ , а первинний струм обчислюють за формулою

$$I_{1сп} = I_{2сп} \cdot K_{ТС},$$

де  $K_{ТС}$  – коефіцієнт трансформації трансформатора струму фідера, що дорівнює 1500/5.

Працездатність трансформатора струму фідера, виключеного зі схеми загального випробування дії РЗА, необхідно додатково перевірити зняттям його вольт-амперної характеристики (ВАХ). Для цього збирають схему, наведену на рис. 2, б.

### До етапу 3

Типова зовнішня характеристика ТС має вигляд, як показано на рисунку

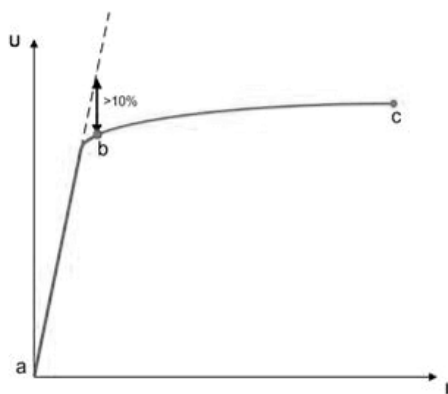


Рис. 3 – Зовнішня характеристика трансформатора струму

3. Вона складається з лінійної (a-b) та нелінійної (b-c) ділянки. Такий вигляд пов'язаний з насиченням осердя трансформатора. Задовільним є результат, коли уставка спрацювання відповідного реле знаходиться на лінійній частині характеристики.

В іншому разі необхідно виконувати зміну параметру спрацювання реле, або виконувати заміну трансформатора струму на інший.

### Контрольні запитання

1. Розшифруйте назву трансформатора струму ТПЛ-10.
2. За якою схемою виконується перевірка пристроїв релейного захисту?
3. Обґрунтуйте, чому у лабораторії перевірка виконується за схемою 2?
4. За рахунок чого зовнішня характеристика трансформатора струму має нелінійний характер?

### Список рекомендованої літератури

1. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець – М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.
2. Рогоза, М.В. Електричні апарати /М.В. Рогоза.-Дн-ськ: НГУ,2008.-207 с.
3. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций : учебник для студ. сред. проф. образования /Л. Д. Рожкова, Л.К.Карнеева, Т.В.Чиркова. — 4-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 448 с.

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

#### РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СПРАЦЮВАННЯ ПРИСТРОЇВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

**Мета роботи** Навчитися визначати параметри спрацювання пристроїв релейного захисту, а також виконувати перевірку їх чутливості.

#### ***Програма роботи***

1. У відповідності з завданням виконується розрахунок параметрів нор-

- мального та аварійного режимів.
2. Обґрунтування та вибір трансформатора струму.
  3. Розрахунок параметрів спрацювання струмового захисту та перевірка чутливості.
  4. Складання звіту.

### ***Етапи виконання роботи***

#### **Етап 1. Розрахунок параметрів нормального та аварійного режимів.**

Відповідно до структурної схеми, що наведена на рисунку 1, виконуються розрахунок параметрів струму у нормальному та аварійному режимі.

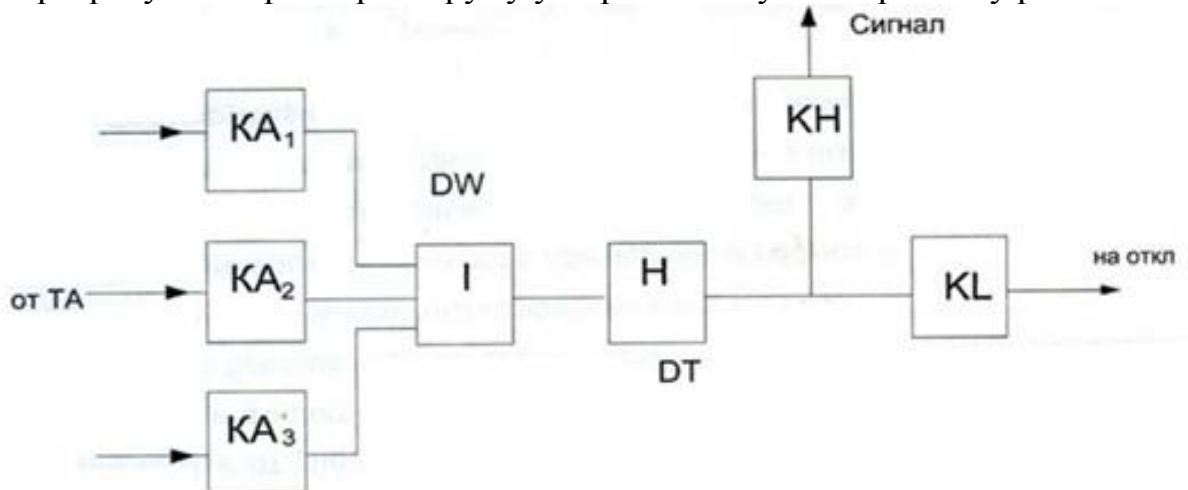


Рис. 1 – Структурна схема струмового захисту цифрового терміналу:  
 $KA_1, KA_2, KA_3$  – реле струму, DW – логічний елемент АБО,  
 DT – логічний елемент витримки часу

При розрахунку необхідно пам'ятати, що струм нормального режиму визначається в амперах, а аварійного – в кілоамперах. До параметрів нормального режиму відноситься:

- струм тривалого режиму у приєднанні (визначається додаванням усіх номінальних струмів споживачів);
- пусковий струм, якщо у якості навантаження присутній двигун.

До параметрів аварійного режиму відноситься:

- струм трифазного (двофазного) короткого замикання.

#### **Етап 2. Розрахунок параметрів трансформатора струму**

Трансформатор струму вибирається за умови  $I_1 \geq I_{роб}$ ,  $I_1$  – найближче значення первинного струму трансформатора струму з каталогу;  $I_{роб}$  – номінальний струм через ЛЕП у нормальному режимі.

#### **Етап 3. Розрахунок параметрів спрацювання струмового захисту та перевірка чутливості.**

Визначається струм спрацювання струмового захисту, А



$$I_{cn.MC3} = k_H \cdot I_{роб.мах} ,$$

де  $k_H$  – коефіцієнт надійності, залежить від типу реле та приєднання;  $I_{роб.мах}$  – максимальний робочий струм у приєднанні в нормальному режимі.

Струм у реле, А

$$I_{cn.p.} = \frac{I_{cn.MC3} \cdot k_{cx}}{k_{нов} \cdot n_T} ,$$

де  $k_{cx}$  – коефіцієнт схеми, залежить від схеми підключення ТС та реле;  $k_{нов}$  – коефіцієнт повернення реле у робочий стан;  $n_T$  – коефіцієнт трансформації трансформатора струму.

перевірка захисту на чутливість

$$k_{ч} = \frac{I_{k \min(K2)}}{I_{cn.MC3}} \geq 1,2..1,5 ,$$

де  $I_{k \min(K2)}$  – струм двофазного КЗ в місці встановлення пристрою захисту.

### **Етап 5. Складання звіту**

Звіт за даною лабораторною роботою повинен містити:

1. Найменування, мету і програму роботи.
2. Схему зображену на рис.1.
3. Схему об'єкта захисту, що наведена у завданні.
4. Порядок розрахунку параметрів пристрою захисту та перевірку її чутливості.

### ***Методичні вказівки.***

#### **До етапу 1**

Приклад розрахунку параметрів МСЗ для схеми зображеної на рисунку 2 наступний. Вихідні дані: номінальна напруга ліній –  $U_1, U_2$ ; довжина ліній –  $L_1, L_2$ ; індуктивний опір ліній –  $x_{01}$  та  $x_{02}$ ; потужність КЗ системи –  $S_c$ ; потужність навантаження (спокійне навантаження) –  $S_n$ ; потужність двигуна (асинхронний двигун з  $k_n = 6$ ) –  $S_m$ .

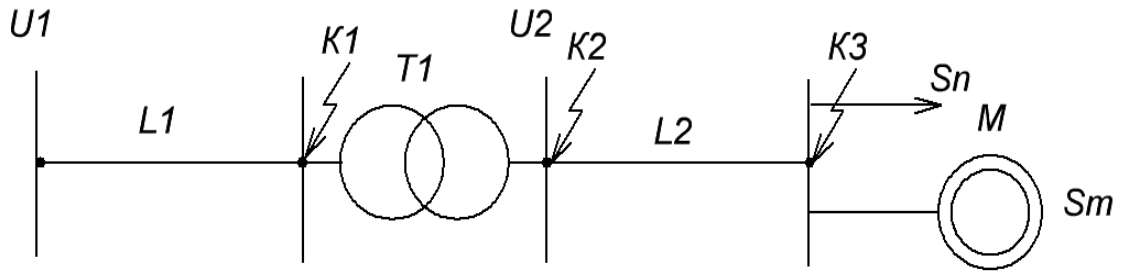


Рис. 2 – Вихідна схема для розрахунку параметрів захисту

При розрахунку параметрів МСЗ основною вимогою є умова

$$I_{сн.МСЗ} \geq I_{роб.мах},$$

де  $I_{сн.МСЗ}$  – струм спрацювання МСЗ;  $I_{роб.мах}$  – максимальний робочий струм у приєднанні в нормальному режимі.

Навантаження лінії складається відповідно до рисунку 2 з асинхронного двигуна та спокійного навантаження

$$S_{нЛЕП} = S_n + S_m,$$

Номінальний струм, що створений спокійним навантаженням

$$I_{номн.} = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_2}.$$

Номінальний струм двигуна

$$I_{номт.} = \frac{S_m}{\sqrt{3}U_2}.$$

Пусковий струм двигуна

$$I_{пуск} = k_n I_{номт.}$$

Номінальний робочий струм ЛЕП

$$I_{роб} = I_{номн.} + I_{номт.}$$

Для перевірки чутливості струмового захисту в аварійному режимі необхідно розрахувати значення струму при трифазному та двофазному КЗ. Розрахунок аварійних струмів буде виконуватись для точки КЗ.

Розрахунок виконується у відносних одиницях з приблизним приведенням параметрів. За базові умови приймаємо  $S_{\bar{o}}$  та  $U_{\bar{o}}$  тоді базисний струм

$$I_{\bar{o}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3}U_{\bar{o}}}.$$

Опір від системи

$$x_{*\bar{o}c} = \frac{U_1^2}{S_c} \frac{S_{\bar{o}}}{U_{cp}^2}.$$

Опір лінії з напругою  $U_1$

$$x_{*\bar{o}1} = x_{01}L_1 \frac{S_{\bar{o}}}{U_{cp1}}.$$

Опір трансформатора Т1

$$x_{*\bar{o}TP} = \frac{u_k}{100} \frac{S_{\bar{o}}}{S_{TP}},$$

де  $u_k$  – напруга КЗ трансформатора,  $S_{TP}$  – його номінальна потужність.

Опір лінії з напругою  $U_2$

$$x_{*\bar{o}2} = x_{02}L_2 \frac{S_{\bar{o}}}{U_{cp2}}.$$

Струм трифазного КЗ у точках К1-К3 визначається за формулами

$$I_{*K1}^{(3)} = \frac{I_{\bar{o}}}{x_{*\Sigma 1}}, I_{*K2}^{(3)} = \frac{I_{\bar{o}}}{x_{*\Sigma 2}}, I_{*K3}^{(3)} = \frac{I_{\bar{o}}}{x_{*\Sigma 3}},$$

де  $x_{*\Sigma 1}$  – загальний опір до точки К1,  $x_{*\Sigma 1} = x_{*\bar{o}c} + x_{*\bar{o}1}$ ;  $x_{*\Sigma 2}$  – загальний опір до точки К2,  $x_{*\Sigma 2} = x_{*\bar{o}c} + x_{*\bar{o}1} + x_{*\bar{o}TP}$ ;  $x_{*\Sigma 3}$  – загальний опір до точки К3,  $x_{*\Sigma 3} = x_{*\bar{o}c} + x_{*\bar{o}1} + x_{*\bar{o}TP} + x_{*\bar{o}2}$ .

Струм двофазного КЗ у точках К1-К3 можна визначити за умови  $I_{*K}^{(2)} = 0,7I_{*K}^{(3)}$ .

### До етапу 3

У випадку недостатньої чутливості захисту необхідно зменшити коефіцієнт схеми (вибравши більш дорожчий варіант) або змінити тип реле і, відповідно, коефіцієнт повернення.

### **Контрольні запитання**

1. навіщо виконується перевірка чутливості РЗ?
2. Який аварійний струм використовується при перевірці чутливості РЗ?
3. Оцініть вплив на параметри РЗ спокійного навантаження; навантаження двигуна?
4. Які особливості вибору трансформатора струму?
5. Поясніть поняття коефіцієнт схеми, від чого він залежить?
6. Поясніть поняття коефіцієнт повернення реле, від чого він залежить?

### **Список рекомендованої літератури**

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов/ В.А. Андреев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.
2. Дьяков А.Ф. Микропроцессорная релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Учеб. пособие для студентов вузов/ А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко – М.: Издательство МЭИ, 2000. – 199 с.
3. Шабад М.А. Расчет релейной защиты и автоматики распределительных сетей/М.А. Шабад. – СПб.: ПЭИПК, 2003. – 4-е изд., перераб. и доп. – 350 с., ил.

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4**

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ФУНКЦІЙ РЕЛЕ МІСОМ 111 ENH ПРИ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ ТА ЗАМИКАННЯХ НА ЗЕМЛЮ**

**Мета роботи** Дослідити захисні функції реле МІСОМ 111 Enh при коротких замиканнях та замиканнях на землю.

#### ***Програма роботи***

1. Ознайомлення з захисними характеристиками струмового захисту реле МІСОМ 111 Enh.
2. Вивчення будови та принципу дії лабораторного стенду.
3. Вимірювання значень струму у нормальному та аварійному режимах.
4. Налаштування струмового реле на спрацювання в аварійному режимі.
5. Складання звіту.

## ***Етапи виконання роботи***

### **Етап 1. Вивчення будови та принципу дії лабораторного стенду**

Дослідження роботи пристроїв струмового захисту виконується за допомогою спеціалізованого стенда. Його принципова схема зображена на рисунку 1. Можливості лабораторного стенда дозволяють досліджувати наступні види захисту:

- максимальний струмовий захист (2 рівня);
- захист від однофазних замикань на землю;
- направлений максимальний струмовий захист.
- захист від перевищення та зниження допустимого рівня напруги.

Крім того, є можливість організації дистанційного керування та контролю за допомогою персонального комп'ютера. Стенд обладнаний відповідною світловою індикацією для перевірки спрацювання пристроїв.

В схемі стенду за допомогою роздільного трансформатора Т1, реалізований режим роботи з ізольованою нейтраллю, що відповідає реальним мережам напругою 6-35 кВ. Для імітації струмів короткого замикання та навантаження використовуються R1-R6, для імітації струмів однофазного замикання – ємності С1-С3.

### **Етап 2. Вимірювання значень струму у нормальному та аварійному режимах.**

Необхідно встановити робочу напругу за допомогою автотрансформатора до значення 110 В. Перемикач SA при цьому встановлений у положення «0», положення тумблерів QF1, QF2 відповідає позначці «робочий режим». Вибрати реле МіCOM 111 Enh відповідним встановленням перемикача SA. При цьому світловий індикатор на реле буде сигналізувати про готовність його до роботи.

Реле МіCOM 111 Enh призначене для захисту приєднань від коротких замикань та однофазних замикань на землю в мережах напругою 6-35 кВ, тому має тільки один вимірювальний канал за струмом. Вибирається «режим вимірювання» для фіксації значень струму у нормальному режимі. Для вимірювання значень струму в режимі КЗ тумблер QF1 встановлюється у положення «режим КЗ». Для аналізу роботи реле у режимі однофазного замикання на землю необхідно тумблер QF1 повернути у «робочий режим», а тумблер QF2 переключити у «режим ОЗНЗ», ємність однієї з фаз зашунтується і на вхід реле потрапить сигнал, що відповідає існуванню струму однофазного замикання на землю. Отриманні дані записуються в таблицю 1.

Таблиця 1

Струм нормального режиму, А	Струм КЗ, А	Струм ОЗНЗ, А

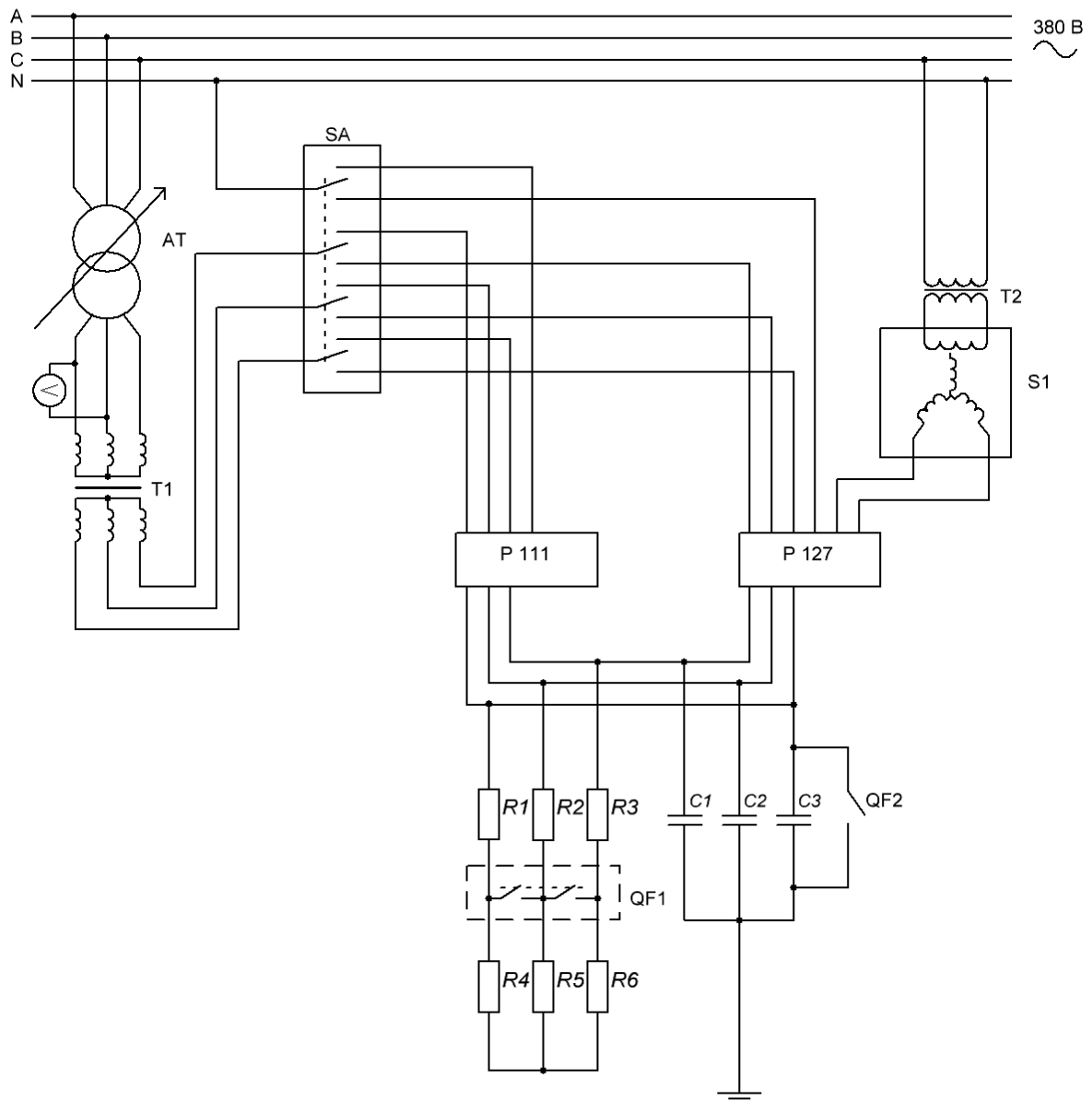


Рис. 1 – Принципова схема стенда для вивчення пристроїв РЗА:

АТ – автотрансформатор, V – вольтметр; Т1 – роздільний трансформатор; SA – перемикач; P111 та P127 – цифрові термінали; S1 – трифазний сельсин; Т2 – трансформатор для живлення обмотки збудження сельсина; R1-R6 – резистори; C1-C3 – конденсатори; QF1, QF2 – тумблери.

### Етап 3. Налаштування струмового реле на спрацювання в аварійному режимі.

Отримані значення струмів з таблиці, необхідно занести в модель даних, з використанням інструментів середовища *MiCOM S1 Studio*, відповідно до вказівок /1/. Передати їх у пристрій захисту та виконати перевірку його спрацювання в аварійному режимі. При налаштуванні реле необхідно пам'ятати, що захист від КЗ діє на вимикання, а від ОЗНЗ – на сигнал. пересявідчитись що у нормальному режимі захист не працює. Повторити операції налаштування безпосередньо на пристрої.

#### Етап 4. Складання звіту

Звіт по даній лабораторній роботі повинен містити:

1. Найменування, мету і програму роботи.
2. Таблицю 1 з даними струму в нормальному режимі, при КЗ та ОЗНЗ.
3. Принципову схему стенда.
4. Моделі даних відповідного реле з встановленими параметрами захисту.

#### *Методичні вказівки.*

#### До етапу 3

#### *Особливості виконання захисту від КЗ*

Для захисту ЛЕП напругою 6-10 кВ в пристроях захисту MiCOM 111 Eпh застосовується модуль триступеневого ненаправленого струмового захисту. Зазвичай перший ступінь захисту використовується у якості струмової відсічки, другий – струмова відсічка з витримкою часу, і третій – максимальний струмовий захист. Для цих характеристик передбачено два варіанти задання: незалежна характеристика або одна з зворотньо залежних характеристик, які відповідають стандартам МЕК або ІЕЕЕ. Вони відрізняються ступенем крутизни (інверсії) і мають назви: інверсна, дуже інверсна, надзвичайно інверсна і тривало інверсна. На Рис.1 наведено характеристики триступеневого захисту для різних варіантів.

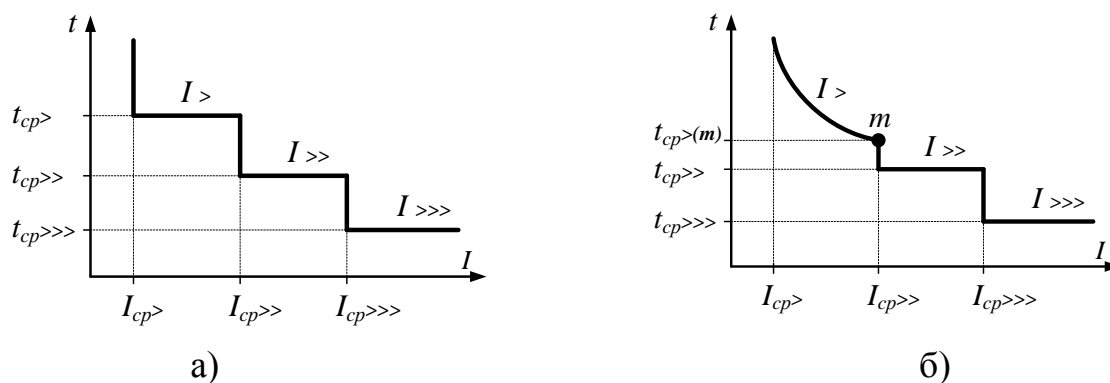


Рис. 1 – Характеристики триступеневого струмового захисту:

- а) незалежні для усіх ступенів; б) зі зворотньо залежною для третього ступеня.

1. За умовою селективності струм спрацьовування відсічки обирається більшим від максимального значення струму при КЗ в кінці ділянки, що захищається:

$$I_{ср.з1} = K_{н1} I_{к.з}^{(3)}, \quad (1.1)$$

где  $K_n$  – коефіцієнт надійності, що забезпечує надійне неспрацювання (відлаштування) захисту шляхом урахування похибки реле з необхідним запасом, може прийматися 1,1 ... 1,3.

Струм спрацювання реле першого ступеня захисту

$$I_{\text{ср.р1}} = \frac{I_{\text{ср.з 1}} K_{\text{сх}}}{K_{\text{Т.Т}}}, \quad (1.2)$$

де  $K_{\text{сх}}$  – коефіцієнт схеми;

$K_{\text{Т.Т}}$  – коефіцієнт трансформації ТС.

Тоді значення заданої уставки буде наступне:

$$I_{\text{ср.р 1}}^* = \frac{I_{\text{ср.р 1}}}{I_{\text{р.ном}}}, \quad (1.3)$$

де  $I_{\text{р.ном}}$  – номінальний (два значення) струм захисту від міжфазних замикань, береться з технічних даних пристрою, може бути 1-5 А.

Перший ступінь виконується без витримки часу. Час його спрацювання ( $t_{\text{ср}} \gg \gg$ ) визначається власним мінімальним часом спрацювання пристрою МІСОМ і виконавчого органу, що діє на вимикач, в зв'язку з цим відсічка спрацює протягом часу  $t_{\text{ср1}} = 0,04$  с.

2. Миттєва відсічка захищає тільки частину лінії; щоб виконати захист всієї лінії з мінімальним часом дії, застосовується відсічка з витримкою часу. Струм спрацювання другого ступеня захисту повинен бути відлаштований (обраний менше) струму першого ступеня:

$$I_{\text{ср.з 2}} = K_{\text{н2}} I_{\text{к.з}}^{(3)}, \quad (1.4)$$

де  $K_{\text{н2}}$  – коефіцієнт надійності для другого ступеня, приймається меншим  $K_{\text{н1}}$ .

Розрахунок і вибір струму спрацювання реле другого ступеня захисту і значення його уставки аналогічне порядку вибору даних параметрів для першого ступеня.

Час спрацювання (витримка часу) другого ступеня МТЗ вибирається з умови селективності захисту:

$$t_{\text{ср 2}} = t_{\text{ср 1}} + \Delta t \quad (1.5)$$

где  $\Delta t$  – ступінь селективності, для пристрою МІСОМ його тривалість складає  $\Delta t \geq 0,2$  с.

3. Третій ступінь призначений для резервування захисту першого і другого ступенів і для узгодження роботи пристроїв захисту в мережі. Виконується як МСЗ з незалежної, так і з залежною характеристикою часу спрацювання.

Струм спрацювання третього ступеню захисту



$$I_{\text{ср.з.3}} = \frac{K_{\text{н}} K_{\text{сзп}}}{K_{\text{в}}} I_{\text{раб.макс}} \quad (1.6)$$

де  $K_{\text{н}}$  – коефіцієнт надійності, що забезпечує надійне неспрацювання (відлаштування) захисту шляхом урахування похибки реле з необхідним запасом, може прийматися рівним 1,1...1,3;  $K_{\text{сзп}}$  – коефіцієнт самозапуску, що визначається конкретним видом навантаження, що одержує живлення по данній лінії ( $1,0 \leq K_{\text{сзп}} \leq 3,0$ );  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт повернення,  $K_{\text{в}} = 0,96$ ;  $I_{\text{раб.макс}}$  – максимальний робочий струм (струм навантаження) елемента, що захищається.

Для МСЗ з незалежної характеристикою спрацювання струм спрацювання реле третього ступеня захисту і відповідна уставка вибираються аналогічно попереднім ступеням захисту.

Для МСЗ з зворотньою залежною характеристикою спрацювання необхідно зробити вибір тимчасового коефіцієнта ( $k$ ). Для його визначення з урахуванням обраної стандартної характеристики і обчисленого раніше струму спрацювання захисту за формулами (1.4) і (1.6) необхідно розрахувати час спрацювання захисту. Цей час має бути більше на ступінь селективності  $\Delta t$ , ніж час спрацювання другого ступеня захисту ( $t_{\text{ср}2} = t_{\text{ср}3} \gg \Delta t$ ):

$$t_{\text{ср}3} = t_{\text{ср}2} + \Delta t \quad (1.7)$$

Тоді часовий коефіцієнт визначаємо за виразом

$$k = \frac{t_{\text{ср}2} \left[ \left( \frac{I_{\text{ср.з.2}}}{I_{\text{ср.з.3}}} \right)^{\alpha} - 1 \right]}{\beta} \quad (1.8)$$

### **Особливості виконання захисту від ОЗНЗ**

Струмовий захист (ненаправлений) нульової послідовності, який використовується в пристроях МіСОМ, реагує на діюче значення повного струму нульової послідовності промислової частоти ( $3I_0$ ).

Умова неспрацювання захисту при ОЗНЗ на інших ЛЕП (зовнішньому ОЗНЗ):

$$I_{\text{ср.з.}} \geq k_{\text{н}} k_{\text{бр}} I_{\text{л.собст}}, \quad (1.8)$$

де  $k_{\text{н}}$  - коефіцієнт надійності;  $k_{\text{бр}} = 3 \div 5$  - коефіцієнт "кидка", що враховує кидок ємнісного струму в момент виникнення ОЗНЗ, а також здатність реле реагувати на нього;  $I_{\text{л.собст}}$  - струм ОЗНЗ лінії, що залежить від власної ємності лінії.

Примітка: Для застосовуваних вдосконалених захистів від ОЗНЗ, наприклад РТЗ-51 (напівпровідникової) рекомендується  $k_{\text{бр}} = 2 \div 3$ . Для сучасних цифрових терміналів захисту від ОЗНЗ, можна приймати значення  $k_{\text{бр}} = 1,5$ .

Умова спрацьовування захисту пошкодженої лінії:

$$I_{\text{ср.з}} \leq \frac{I_{\text{C}\Sigma}^{(1)} - I_{\text{л.собст}}}{k_{\text{ч}}}, \quad (1.9)$$

де  $I_{\text{C}\Sigma}^{(1)}$  - загальний струм однофазного замикання на землю гальванічно зв'язаних ліній;  $k_{\text{ч}} = 1,2 \div 2$  - коефіцієнт чутливості.

Обидві умови об'єднує подвійна нерівність:

$$\frac{I_{\text{C}\Sigma}^{(1)} - I_{\text{л.собст}}}{k_{\text{ч}}} \geq I_{\text{ср.з}} \geq k_{\text{н}} k_{\text{бр}} I_{\text{л.собст}}. \quad (1.10)$$

Ця нерівність є основою для розрахунку уставок захистів від ОЗНЗ всіх ЛЕП даної мережі і для перевірки їх чутливості.

Загальний струм однофазного замикання на землю гальванічно зв'язаних ліній, можна розрахувати за виразом:

$$I_{\text{C}\Sigma}^{(1)} = 3U_{\phi} \cdot \omega \cdot C_{\Sigma} \cdot 10^{-6} \quad (1.11)$$

де  $U_{\phi}$  - фазна напруга мережі, В;  $\omega = 2\pi f$  - кругова (кутова) частота,  $\text{с}^{-1}$ ;  $C_{\Sigma} = C_{\text{п}} + C_{\text{н}}$  - сумарна ємність фази щодо землі з урахуванням ємності пошкодженої і всіх непошкоджених ліній, мкФ.

### **Контрольні запитання**

1. Поясніть, яку небезпеку створює режим КЗ; ОЗНЗ?
2. Які з видів захисту можна досліджувати на базі лабораторного стенда?
3. Які режими дозволяє реалізовувати реле MiCOM 111 Enh?
4. Скільки вимірювальних каналів має реле MiCOM 111 Enh?
5. Які види захисту включає струмовий захист реле MiCOM 111 Enh?

### **Список рекомендованої літератури**

1. Остапчук А.В. Программа *S1 Studio* для устройств защиты *MICOM* серий *P 11x-12x*: метод. указания / А.В. Остапчук, П.Ю. Красовский – Д.: ГВУЗ «НГУ», 2016 – 23 с. [Електронний ресурс].
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Андреев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.
3. MiCOM 111 Enh. Руководство пользователя. – М.: ООО «Шнейдер Электрик», 2014 – 43 с. [Електронний ресурс].

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ФУНКЦІЙ ЦИФРОВОГО ТЕРМІНАЛУ SERAM 80 ПРИ АВАРІЯХ В ТРАНСФОРМАТОРАХ ТА ГЕНЕРАТОРАХ

**Мета роботи** Вивчити захисні функції цифрового терміналу SERAM 80 при аваріях в трансформаторах та генераторах

#### ***Програма роботи***

1. Ознайомлення з захисними характеристиками цифрового терміналу SERAM 80.
2. Вивчення будови та принципу дії лабораторного стенду.
3. Вивчення особливостей функціонування спеціалізованого програмного забезпечення SFT 2841.
4. Налаштування струмового реле на спрацювання в аварійному режимі.
5. Складання звіту.

#### ***Етапи виконання роботи***

##### **Етап 1. Ознайомлення з конструкцією цифрового терміналу SERAM 80.**

Вивчити основні конструктивні особливості терміналу (рис.1) SERAM 80 та види захисту, які реалізовані на його базі. Ознайомитись з основними функціями (рис. 2).

##### **Етап 2. Ознайомлення з конструкцією лабораторного стенда.**

Ознайомитися з особливостями лабораторного стенду (рис. 3). Для пуску стенда у роботу, необхідно всі потенціометри повернути до упора проти годинникової стрілки, переключити перемикач джерела живлення на внутрішнє та подати робочу напругу на стенд, увімкнувши перемикач 1 з лівого боку. Через деякий час на передній панелі SERAM 80 загориться зелений індикатор. Пристрій готовий до роботи.

##### **Етап 2. Налаштування струмового реле на спрацювання в аварійному режимі.**

Перед початком роботи зі зміни параметрів спрацювання захисту необхідно запустити файл DEMO\_A0.T81 з необхідними уставками. Відповідно до вказівок викладача задати параметри спрацювання максимального струмового захисту. Для зміни параметрів пристрою використати можливості програмного забезпечення SFT 2841 /2/.

За допомогою відповідних потенціометрів задайте значення аварійного струму та перевірте спрацювання реле.

### Етап 3. Складання звіту

Звіт по даній лабораторній роботі повинен містити:

1. Найменування, мету та програму роботи.
2. Уставки спрацювання пристрою захисту.
3. Збережений файл з відповідною зміною аварійних параметрів.

### *Методичні вказівки.*

#### До етапу 1

Цифровий термінал SEPAM 80 призначений для здійснення захисту та керування у мережах напругою 6-35 кВ /1/. Має модульну архітектуру, що дозволяє підключати додаткові пристрої та поєднувати їх у мережу. Приклад

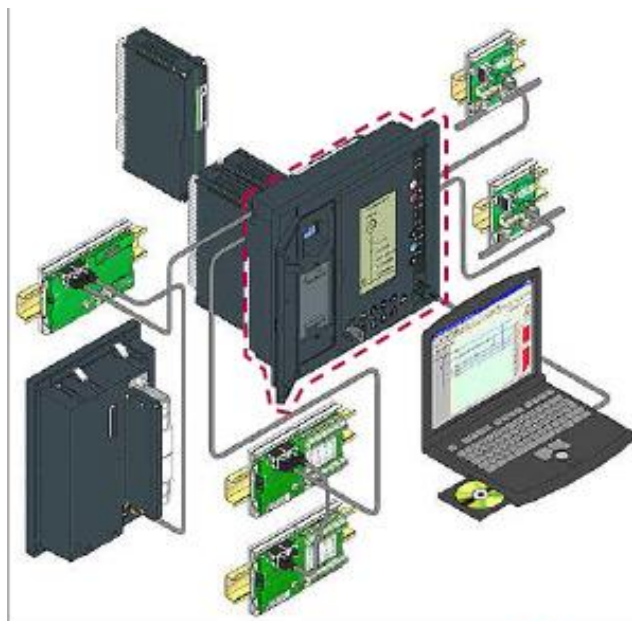


Рис. 1 Схема розміщення терміналу SEPAM 80 з додатковими модулями

такої реалізації, зображену на рисунку 1. До базової конструкції входять – 5 релейних виходів, з можливістю додавання 14 логічних входів, 6 релейних виходів та до 3 пристроїв SEPAM 80. Пристрій захисту має два вимірювальних канали (за струмом та напругою) та дозволяє реалізовувати наступні види захисту: максимальна за струмом з пуском від напруги, направлена за струмом та потужністю (активною або реактивною), захист від однофазних замикань на землю тощо. Повний перелік усіх захистів, що можуть бути реалізовані на базі SEPAM 80 наведено в /1/. При-

стрій, що розміщений у лабораторії, має передню панель, зображену на рисунку 2. На ній розміщені наступні опції:

1. Рідкокристалічний графічний дисплей;
2. Індикатор робочого стану (горить зеленим світлом);
3. Індикатор аварійного стану (горить червоним світлом);
4. Етикетка з роз'ясненням призначення сигнальних індикаторів;
5. 9 жовтих сигнальних індикаторів;
6. Клавiша ручного керування режимом увiмкнення вимикача;
7. Клавiша ручного керування режимом вимкнення вимикача;

8. Переміщення курсору вгору; Підтвердження введення;
10. Переміщення курсору вниз; Порт зв'язку з ПК (RS 232);
12. Захисна прозора панель;
13. Функція відображення на екрані двох останніх паролів;

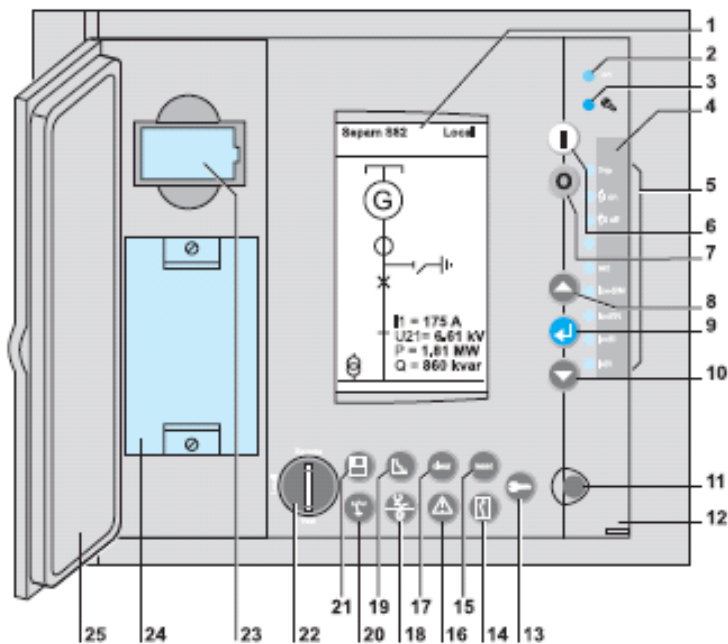


Рис. 2 Зовнішній вигляд передньої панелі терміна-  
ла SEPAM 80, що розміщений у лабораторії

Серам та Logірам;

22. Перемикач режимів (ручне та дистанційне керування, тестування);
23. Елемент живлення;
24. Змінний картридж з захистами об'єкта;
25. Захисні дверцята.

### До етапу 2

Дослідження захисних функцій цифрового терміналу SEPAM 80, виконується за допомогою спеціалізованого навчального стенду, що розміщений у лабораторії. На передній панелі цього стенду розміщені:

1. Базовий блок SEPAM 80 з графічним дисплеєм;
2. Модель вимикача з перемиканням груп А та В;
3. 6 потенціометрів для моделювання параметрів мережі:
  - фазних струмів;
  - фазних напруг;
  - струму нульової послідовності.

14. Функція відображення на екрані графічної (мнемонічної) схеми;
15. Повернення пристрою у вихідний стан;
16. Відображення попереджувальних повідомлень;
17. Керування аварійними повідомленнями (вибір активного, переведення у вихідний стан, видалення повідомлень);
18. Діагностування стану вимикачів або тестування стенду;
19. Відображення активних видів захисту та їх налаштування;
20. Відображення вимірювальних параметрів;
21. Відображення даних

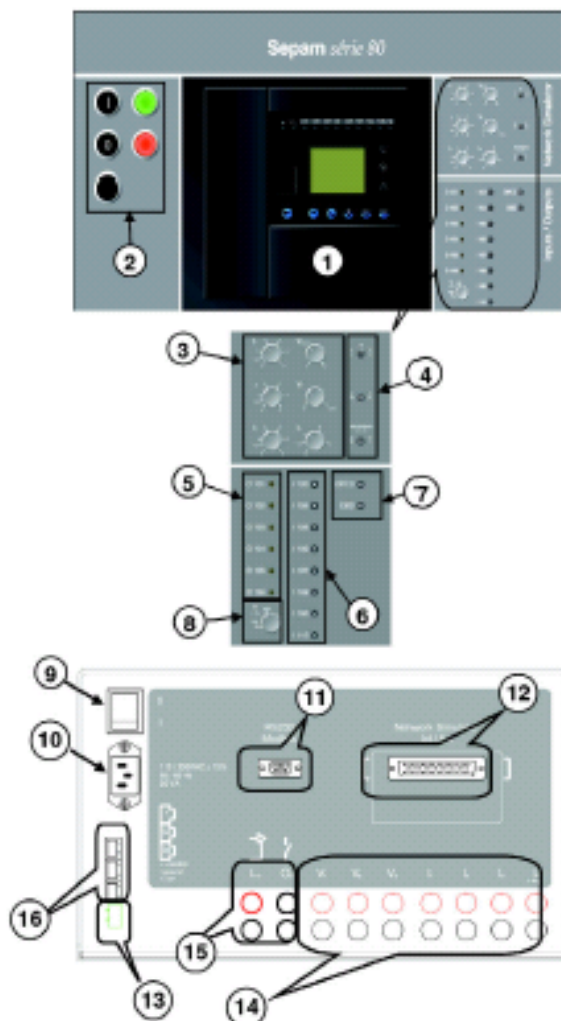


Рис. 3 Елементи учбового стенду для дослідження захисних функцій терміналу SEPAM

го струму;

6. Тестові штепселі для підключення кіл струму та напруги від зовнішнього пристрою;

7. Логічний вхід та релейний вихід;

8. Три роз'єми для:

- забезпечення зв'язку за допомогою M-bus 2;
- забезпечення зв'язку з виносними модулями;
- резервний порт.

4. 3 перемикача для:

- моделювання типу навантаження (активне, індуктивне, ємнісне);

- зміни значення активної потужності за модулем;

- створення 3 гармоніки струму чи напруги.

5. 6 індикаторів стану логічних входів;

6. 8 перемикачів та кнопок керування логічними входами;

7. 2 перемикача для зміни опцій керування вимикачем;

8. Потенціометр для моделювання сигналу від температурних датчиків;

З лівого боку стенда розміщені:

1. Перемикач для вмикання живлення стенда;

2. Роз'єм для підключення мережі живлення;

3. Роз'єм для підключення мережі M-bus;

4. Роз'єм для перемикачів джерела живлення (внутрішнє/зовнішнє);

5. Зовнішній вихід джерела живлення напругою 24 В постійно-

### Контрольні запитання

1. Які види захисту забезпечує термінал SEPAM 80 для трансформатора; для генератора?
2. Скільки вимірювальних каналів має SEPAM 80.
3. Які можливості демонстраційного стенда?
4. Назвіть основні функції програмного забезпечення SFT 2841.

## Список рекомендованої літератури

1. SEPAM серии 80. Установка, применение, ввод в эксплуатацию и обслуживание. – М.: ООО «Шнейдер Электрик», 2005 – 125 с. [Электронный ресурс].
2. SEPAM серии 80. Демонстрационный комплект. Руководство пользователя. – М.: ООО «Шнейдер Электрик», 2005 – 34 с. [Электронный ресурс].
3. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов/ В.А. Андреев. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.

## ЗМІСТ

	стор.
1. <b>Вступ</b> .....	4
2. <b>Загальні вказівки щодо виконання лабораторних робіт</b> .....	4
3. <b>Лабораторна робота №1</b> Вивчення функціональних особливостей цифрових терміналів SEPAM та MICOM .....	6
4. <b>Лабораторна робота №2</b> Вивчення конструкції, принципу дії та виконання перевірки роботи трансформатора струму у колах релейного захисту.....	10
5. <b>Лабораторна робота №3</b> Розрахунок параметрів спрацювання пристроїв релейного захисту.....	14
6. <b>Лабораторна робота №4</b> Дослідження захисних функцій реле MICOM 111 ENH при коротких замиканнях та замиканнях на землю .....	19
7. <b>Лабораторна робота №5</b> Дослідження захисних функцій цифрового терміналу SEPAM 80 при аваріях в трансформаторах та генераторах.....	26

Упорядники:  
Ципленков Дмитро Володимирович  
Бобров Олексій Володимирович

**МАТЕРІАЛИ МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

*«Інтелектуальні системи керування та захисту. Частина 1.*

*Інтелектуальний релейний захист»*

для студентів спеціальності

141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

151–Автоматизація та компютерно-інтегровані технології

Національний технічний університет "Дніпровська політехніка"  
49005, м. Дніпропетровськ-27, просп. К. Маркса, 19.