



Міністерство освіти і науки України  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет енергетики, робототехніки та  
комп'ютерних технологій  
Кафедра електропостачання та  
енергетичного менеджменту

## **ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження та налагодження максимального струмового  
направленого захисту секціонованих ліній 6-10 кВ»  
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»**

**Харків  
2023**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет енергетики, робототехніки та  
комп'ютерних технологій  
Кафедра електропостачання та  
енергетичного менеджменту

## ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження та налагодження максимального струмового  
направленого захисту секціонованих ліній 6-10 кВ» для здобувачів  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання  
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

Затверджено рішенням  
науково-методичної ради  
факультету енергетики,  
робототехніки та комп'ютерних  
технологій  
Протокол № 3  
від 22 лютого 2023 року

Харків  
2023

УДК 621.31  
С 31

Схвалено на засіданні кафедри  
електропостачання та енергетичного  
менеджменту Протокол №7 від 8.02.2023

р.

**Рецензенти:**

**С. О. Тимчук**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ;

**Ю. М. Хандола**, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

С 31 Електричні установки і системи електропостачання: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження та налагодження максимального струмового направленого захисту секціонованих ліній 6-10 кВ» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко, С.А. Попадченко – Харків: [б. в.], 2023. – 30 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до програми навчальної дисципліни. Видання включає теоретичну частину, алгоритм виконання лабораторної роботи, контрольні запитання та перелік рекомендованої літератури.

Видання призначена для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**УДК 621.31**

**Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник**, д-р техн. наук

© Савченко О. А., Попадченко С.А., 2023.

© ДБТУ, 2023

## Лабораторна робота

### «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТРУМОВОГО НАПРАВЛЕНОГО ЗАХИСТУ (МСНЗ) СЕКЦІОНОВАНИХ ЛІНІЙ 6-10 кВ»

#### I. Мета роботи:

1. Вивчення принципів розрахунку і виконання максимального струмового направленої захисту (МСНЗ) секціонованих ліній 6-10 кВ двостороннього живлення та ліній взаємного резервування.

2. Набуття навичок налагодження МСНЗ і створення принципових електричних схем релейного захисту електричних мереж.

#### II. Звіт по роботі повинен мати:

1. Мету роботи.

2. Принципову схему ліній 10 кВ взаємного резервування, рис. 1.

3. Паспортні дані реле і приладів.

4. Розрахунки уставок реле струму і часу релейного захисту для вимикачів 5 і 6, зроблених згідно таблиці 1 та схеми, рис. 1.

5. Характеристику часу спрацювання МСНЗ пунктів 2-8 мережі 10 кВ, рис. 1, подібно до [ 1, стор. 312, рис. 10.21]

6. Принципову електричну схему у двофазному виконанні вимикачів 5 і 6 (пункту ПАВРЛ) рис. 1, створених відповідно з вимогами ЄСКД.

### **III. Пояснення до роботи**

Сільські розподільні електричні мережі 6-10 кВ відрізняються від мереж електрифікації міст, промислових підприємств за своєю конфігурацією та довжиною. Сільські лінії мають значну кількість тупикових відгалужень з малими навантаженнями. Великий опір ліній створює умови короткому замиканню, які приводять до малих кратностей струмів по відношенню до робочих струмів. Лінії працюють як радіальні. З двостороннім живленням, в нормальному режимі, по цілому ряду причин лінії не працюють. За такої будови ліній РЕМ, забезпечити надійність електропостачання всім трьом категоріям споживачів, за вимогами надійності, не можливо. Лінії будують так, щоб вони мали резервне живлення від сусідніх підстанцій або джерела живлення. За джерело живлення приймаються підстанції напругою 110-35/6-10 кВ. Від шин 6-10 кВ відходять декілька ліній 6-10 кВ. Для підвищення надійності електропостачання використовують різні організаційно-технічні заходи.

Одним із основних заходів підвищення надійності електропостачання є автоматизація РЕМ. Автоматизований РЕМ являє собою складну відновлювальну систему багаторазової дії. Автоматизована розподільна лінія створюється так, щоб була можливість автоматично підключатись до лінії резервного живлення, тобто до іншої підстанції (трансформатора).

Такі лінії взаємного резервування мають магістральну частину, як правило, виконану постійним перерізом проводу [4] і поділену за допомогою комутаційних апаратів на декілька ділянок (рис. 1). При коротких замиканнях, або при виконанні ремонтних робіт, без струму залишається тільки

ділянка лінії між автоматично діючими вимикачами. Надійність електропостачання значно підвищується.

В якості автоматично діючих комутаційних вимикачів використовуються оливкові або вакуумні вимикачі, які монтують у спеціальних шафах і встановлюють у вибраних місцях [2].

Секційні пристрої з вакуумними вимикачами називаються реклоузерами [3].

При автоматизації РЕМ ускладнюються:

- схеми електропостачання;
- пристрої релейного захисту, автоматики, телемеханіки (потрібно передавати інформацію на диспетчерський пункт про стан елементів мережі).

В комплексі використання всіх необхідних апаратів і пристроїв створюються пункти автоматичного секціонування (ПАС) та пункти автоматичного ввімкнення резерву (ПАВР), які мають декілька різновидів як за виконанням завдань, так і наявності технічного обладнання.

В нормальному режимі лінії 6-10 кВ взаємного резервування працюють як радіальні, вимикач 4 ПАВР (рис. 1) – вимкнений.

При зникненні напруги на шинах 10 кВ РТП1 або РТП2 захистом мінімальної напруги ( $< H$ ) вимикається з витримкою часу більшою за час спрацювання захисту мінімальної напруги вимикач 2 або 8. Спрацьовує пристрій АВР 4 пункту ПАВР. Якщо на ділянках між вимикачами 2 - 3, 3 - 4 або 4 - 5, 6 - 7 буде стійке коротке замикання, то струмовий захист подає сигнал на вимикання вимикачів відповідних ділянок з коротким замиканням.

Налагодження захистів за струмом і часом відбувається для найбільш важкого режиму роботи ліній – одностороннього живлення обох ліній від одного джерела, вимикач 4 ввімкнений. Для послідовно розміщених захистів витримку часу вибирають за умови виконання вимог селективності:

$$t_{n+1} = t_n + \Delta t, \quad (1)$$

де  $t_{n+1}$  - витримка часу спрацювання наступного максимального струмового захисту (МСЗ);

$t_n$  - витримка часу попереднього максимального струмового захисту;

$\Delta t$  - ступінь селективності, який приймають таким:

для захисту з незалежною характеристикою напівпровідникових реле 0,3...0,4 с, електромагнітних – 0,5 с, для реле типу РТ-85 в незалежній частині характеристики – 0,6 с, в залежній - 0,8 с, для реле типу РТВ – 1с.

Для схеми (рис. 1) селективного відключення пошкодженої ділянки між вимикачами повинна виконуватись умова:

- при живленні ліній від РТП

$$t_1 > t_2 > t_3 > t_4 > t_{5,6} \quad (2)$$

- при живленні ліній від РТП 2

$$t_3 > t_4 > t_{5,6} > t_7 > t_8 \quad (3)$$

Із аналізу умов (2 і 3) виходить, що послідовно встановлені в лінії взаємного резервування захисти поділяються на три групи:

- витримка часу не залежить від напрямку потоку потужності (струму), вимикачі 1, 2 і 7, 8;
- витримка часу залежить від напрямку потоку потужності (струму) – вимикачі 3, 5, 6;
- витримка часу постійна при зміні напрямку потоку, вимикач 4, пункт АВР.

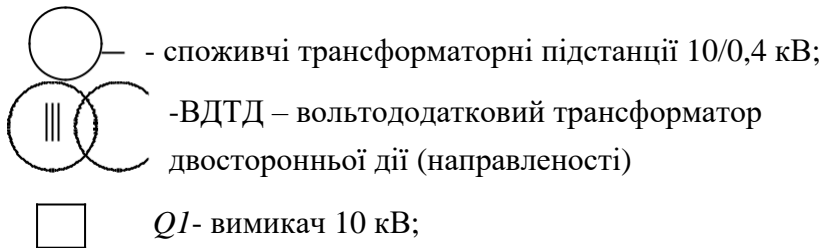
**Умовні позначення до рис. 1:**

СВ – струмова відсічка, її номер;

МС – максимальний струмовий захист, МСЗ;

Н< - нульовий захист, діючий на вимкнення вимикача при зникненні напруги; СН – максимальний струмовий направлений захист МСНЗ;

↔ - напрямок дії захисту;



ДС – джерело струму;

ПАС – пристрій автоматичного секціонування ліній;

С1К – споживачі електричної енергії першої категорії по вимогам надійності електропостачання;

ПАВР – пристрій автоматичного ввімкнення резерву;



8

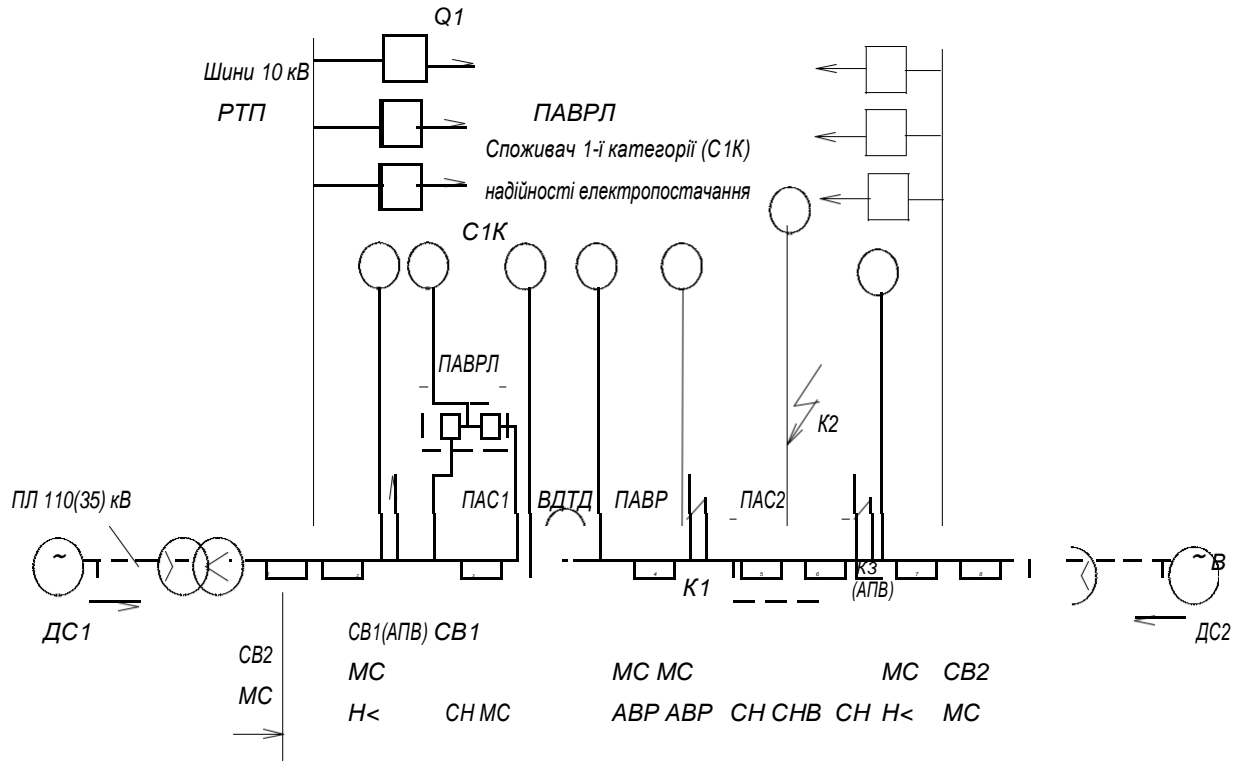


Рисунок 1- Схема принципова лінії 10 кВ взаємного резервування з пунктами секційних вимикачів (ПАС) і пунктами автоматичного ввімкнення резерву (ПАВР, ПАВРЛ) та вольтододатковим трансформатором двосторонньої дії (ВДТД)

АПВ – автоматичне повторне ввімкнення;

ПАВРЛ – пристрій автоматичного ввімкнення резерву ліній;

СНВ – максимальний струмовий направлений захист (внутрішній), діючий одночасно на вимкнення вимикачів 5 і 6 при к. з. в зоні К2.

При створенні схеми живлення споживача першої категорії за надійністю виду<sup>а</sup> потрібно також контролювати напрямок потоку потужності між двома вимикачами 5 і 6.

Для захисту радіальних фідерів напругою 6 - 10 кВ у багатьох випадках МСЗ використовуються в двоступеневому варіанті. Взагалі МСЗ використовується як самостійний захист фідерів напругою до 35 кВ. При захисті фідерів 110 кВ і вище МСЗ використовується як елемент в комплекс захистів.

МСЗ використовуються не тільки для захисту фідерів (тобто повітряних і кабельних ліній електропередачі), але і для захисту трансформаторів, генераторів і електродвигунів.

Для підвищення надійності електропостачання споживачів, особливо якщо вони мають електроприймачів другої та першої категорії, використовується двостороннє живлення, а іноді живлення і з великою кількістю сторін. Збільшення кількості джерел породжує додаткові вимоги до МСЗ, ускладнює розрахунок і вибір уставок.

Розглянемо схему з двостороннім живленням споживачів (рис. 2).

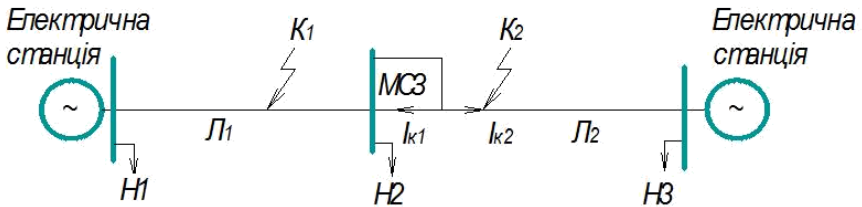


Рисунок 2 – Схема з двостороннім живленням споживачів

При виборі параметрів спрацювання МСЗ  $L2$  може виявитися така ситуація, що струм  $I_{k1}$  (к. з. «за спиною») може бути більшим струму  $I_{k2}$  при к. з. на  $L2$ , що захищається. Це означає, що при к. з. на чужій ПЛ спрацює МСЗ  $L2$  і вимкне її, одночасно захисти  $L1$  вимкнуть і цю лінію. У результаті буде порушений принцип селективності і будуть відключені споживачі  $H2$ . Для забезпечення селективності МСЗ необхідно навчитися розрізняти струми  $I_{k1}$  і  $I_{k2}$ . Для цього зобразимо ці струми діаграмою (рис. 3). При к. з. на  $L2$  струм к. з. ( $I_{k2}$ ) буде відставати від залишкової напруги на кут близький до кута лінії ( $\varphi_{L2}$ ). Якщо ж к. з. на  $L1$ , МСЗ  $L2$  сприймає струм  $I_{k1}$  як струм, що йде в протилежному напрямку. Лінія з штрихуванням, що примикає, розділяє всю площину, на якій можуть розміщуватися струми к. з. на дві частини. Заштрихована область відповідає блокуванню МСЗ  $L2$ , не заштрихована область відповідає дозволу роботи МСЗ  $L2$ .

Пристрої МСЗ, які реагують на фазові співвідношення між напругою і струмом к. з. називають напрямленими МСЗ або МСЗ з контролем напрямку потужності (мається на увазі потужність к. з.) (МНСЗ).

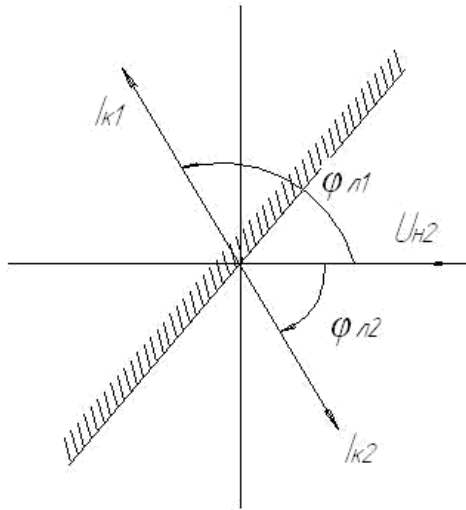


Рисунок 3 – Діаграма струмів

Елементи направлення (реле направлення потужності) спрацьовують при проходженні струмів від шин підстанції і блокують дію захисту при напрямку струму до шин підстанції.

МСНЗ в своєму складі має такі елементи:

- вимірювальний – струмове реле;
- контролю напрямку потужності – реле потужності;
- логічний з витримкою часу - реле часу;
- виконавчий – проміжне реле;
- вказуючий – вказуючі реле або сигнальні лампочки.

Момент спрацювання індукційного реле потужності змішаного типу визначається за формулою [2]:

$$M_{об} = K \cdot U_p \cdot I_p \cdot \sin(\gamma - \phi_p), \quad (4)$$

де  $K$  - коефіцієнт конструктивних особливостей реле;

$U_p$  - напруга, яка підводиться до обмотки реле;

$I_p$  - струм обмоток реле;

$\gamma$  - кут зсуву між вектором напруги і струмом котушки напруги;

$\phi_p$  - кут зсуву між вектором напруги і струмом котушки струму.

Реле потужності може бути односторонньої дії (спрацювання), і такі реле використовуються для секційних вимикачів виду ПАС, рис. 1. Для здвоєних вимикачів, від з'єднувальних шин яких відходить лінія до споживача першої категорії, використовуються реле двосторонньої дії, тобто при к.з. в зоні точки  $K2$ , рис. 1, вимикачі 5 і 6 повинні вимкнутись. Обмотка котушки напруги реле потужності може вмикатись на лінійну і фазну напругу. Тому схеми підключення обмоток напруги і струму поділяють на  $90^0$ ,  $60^0$  і  $30^0$  - градусні. На клеммах реле підключення генераторні затискачі позначають зірочкою «\*». Це дає змогу спростити виконання монтажних та випробувальних робіт МНСЗ.

В зв'язку з тим, що при к. з. поблизу установки МНСЗ напруга знижується до нуля, реле потужності може не спрацювати:  $U \cong 0$ ,  $M_{об} \cong 0$ , тобто захист має „мертву зону”.

Тому на практиці використовують різні типи напівпровідникових модульних захистів, які майже не мають „мертвої зони”. Секційні пункти ПАС та пункти АВР нового покоління, так звані реклоузери [3], мають значно кращі технічні характеристики, у порівнянні з тими, що використовувались на базі шаф типу КРП-10, але принципи розрахунку спрацювання захисту залишились класичні.

Виконання МТЗ з контролем напрямку потужності, вимагає створення фазочутливого пристрою, який, може бути виконано в електромеханічному варіанті.

Існує багато варіантів конструкцій реле напрямку потужності.

*Реле напрямку потужності.*

Для того щоб визначити напрямок потужності, що передається контрольованою електричною мережею, в місці установки захисту використовують спеціальне реле - *реле напрямку потужності* . Використовується реле напрямку потужності двох видів: індукційні (серій РБМ-170 і РБМ-270) і мікроелектронні (типу РМ-11 і РМ-12).

Індукційне реле напрямку потужності має дві обмотки, розміщені на полюсах замкнутого сталевих магнітопроводу 1 (рис. 4).

Одна з них, струмова (4) вмикається у вторинні кола ТС, і струм в ній ( $I_p$ ) визначається вторинним струмом ТС.

Друга - потенційна (5) - підключається до вторинної обмотки трансформатора напруги (ТН), і струм в ній ( $I_H$ ) пропорційний підведеній напрузі ( $U_H$ ). Між полюсами розташоване внутрішнє сталеве осердя 2 циліндричної форми і алюмінієвий ротор 3, який має форму стакану. На роторі закріплено контактний місток 6. При направленні потужності к. з. від шин в лінію цей місток замикає нерухомі вихідні контакти 7 (реле спрацьовує). Повернення реле відбувається під впливом протидії пружини 8.

Магнітні потоки, створювані котушками з відповідними струмами, зсунуті в просторі на кут  $90^0$ . Взаємодія потоків з

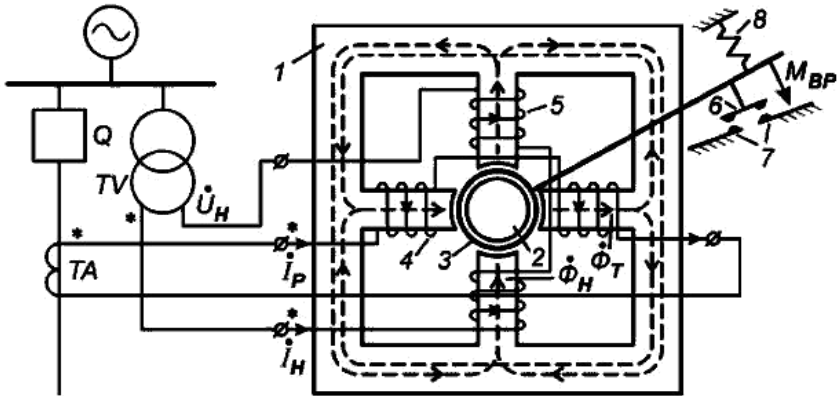


Рисунок 4 – Структурна схема індукційного реле напрямку потужності

1 - сталевий магнітопровід; 2 - сталеве осердя; 3 - алюмінієвий ротор; 4 - струмова обмотка; 5 - потенційна обмотка; 6 - контактний місток; 7 - нерухомі вихідні контакти; 8 - пружина.

струмами, індукованими ними в роторі, створює обертовий момент, який змушує ротор повертатися.

Якщо магнітні потоки мають синусоїдальну форму, то обертовий момент

$$M_{\text{обер}} \sim \Phi_I \cdot \Phi_U \cdot \sin \psi, \quad (5)$$

де  $\Phi_I$  і  $\Phi_U$  - магнітні потоки, які утворюються струмовою котушкою і котушками напруги відповідно;

$\psi$  — електричний кут між магнітними потоками  $\Phi_I$  і  $\Phi_U$ .

На рис. 5 показана векторна діаграма, яка пояснює принцип дії реле.

Прийняті наступні позначення:  $\dot{I}_p$  і  $\dot{U}_H$  - вектори струму і напруги, підведені до реле;  $\phi_p$  - кут між векторами  $\dot{I}_p$  і  $\dot{U}_H$ , який визначається параметрами силової електричної мережі та схемою включення реле;  $\dot{I}_H$  - вектор струму в потенційній котушці реле;  $\alpha$  - кут між векторами  $\dot{I}_H$  і  $\dot{U}_H$  (кут внутрішнього зсуву), який визначається співвідношенням активного і реактивного опорів кола потенційної котушки.

Враховуючи, що  $\Phi_I \sim I_p$ ,  $\Phi_U \sim I_H \sim U_H$ , а  $\psi = \alpha - \phi_p$ , можна отримати:

$$M_{об} = k_p \cdot I_p \cdot U_H \cdot \sin(\alpha - \phi_p). \quad (6)$$

У цьому виразі  $k_p$  - постійний коефіцієнт, що визначається параметрами реле, а  $I_p \cdot U_H \cdot \sin(\alpha - \phi_p) = S_p$  - потужність на затискачах реле.

Отже, обертовий момент реле пропорційний потужності:

$$M_{обер.} = k_p \cdot S_p, \quad (7)$$

тобто реле реагує на потужність.

Обертовий момент реле дорівнює нулю, коли  $\sin(\alpha - \phi_p) = 0$ .

Звідси випливає, що  $M_{обер.} = 0$ , якщо  $\phi_p = \alpha$  при відставанні і якщо  $\phi_p = (\alpha + 180^\circ)$  при випередженні вектором  $\dot{I}_p$  вектора  $\dot{U}_H$ .

Лінія, розташована під цим кутом до вектора  $\dot{U}_H$ , називається лінією нульових моментів або *лінією зміни знака моменту*. Кут  $\phi_p$  між векторами  $\dot{I}_p$  і  $\dot{U}_H$ , при якому обертовий



момент має максимальне значення, прийнято називати кутом максимальної чутливості  $\phi_{МЧ}$ .

Лінія, розташована до вектора  $\dot{U}_H$  під кутом  $\phi_{МЧ}$ , називається лінією максимального моменту.

Якщо внутрішній кут  $\alpha = 0$ , то обертовий момент  $M_{обер.} = k_p \cdot U_H \cdot I_p \cdot \sin(-\phi_p)$  в реле пропорційний реактивній потужності, підведеної до реле (синусне реле або реле реактивної потужності). Ці реле виконують так, що  $M_{обер.}$  позитивний, якщо кут  $\phi_p < 0$  (тобто  $M_{обер.} = k_p \cdot U_H \cdot I_p \cdot \sin\phi_p$ ). Кут максимальної чутливості для синусного реле  $\phi_{МЧ} = 90^\circ$ .

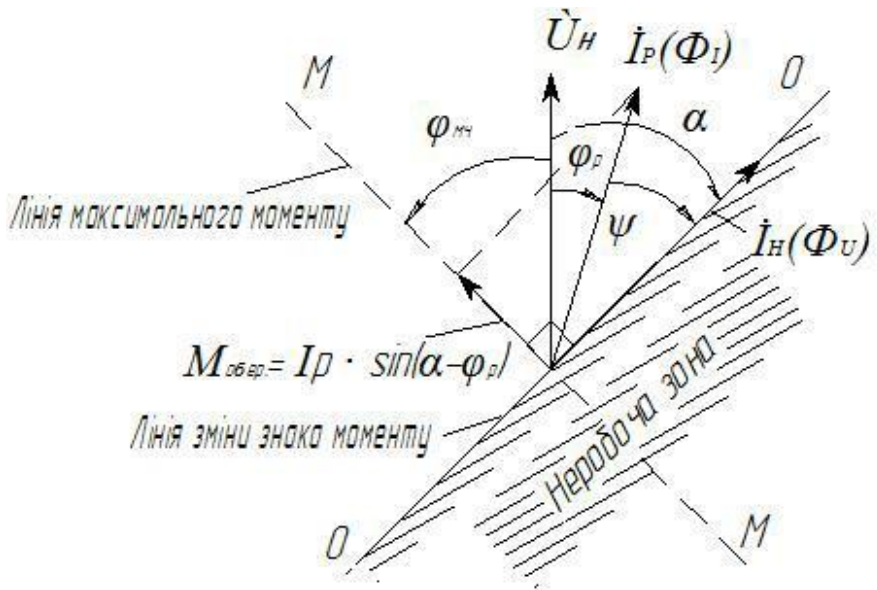


Рисунок 5 – Векторна діаграма індукційного реле напрямку потужності.

Якщо внутрішній кут  $\alpha = 90^0$ , то обертаючий момент  $M_{обер.} = k_p \cdot U_H \cdot I_p \cdot \sin(90^0 - \phi_p) = k_p \cdot U_H \cdot I_p \cdot \cos \phi_p$ .  
пропорційний активній потужності, яка підведена до реле (косинусне реле або реле активної потужності).

Для косинусного реле  $\phi_{мч} = 0^0$ .

### **Струмові направлені захисти.**

Направлені захисти встановлюються на лініях з двостороннім живленням.

На лініях з двостороннім живленням використовуються:

1. Струмові відсічки.
2. Направлений максимальний захист.
3. Поздовжній диференціальний захист.
4. Дистанційний захист.
5. Високочастотний захист.

### **Перший ступінь захисту.**

Струмова відсічка без витримки часу має селективність на лініях з двостороннім живленням. Вона використовується в якості першого ступеню струмового спрямованого захисту. Вибір її струму спрацьовування здійснюється за виразом:

$$I_{св} \geq k_n \cdot I_K^{(3)}.max, \quad (8)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт надійності

Реле напряму потужності встановлюють, якщо вимагається підвищити чутливість струмової відсічки.

## Другий ступінь захисту.

Струмова відсічка з витримкою часу, яка встановлюється на лінії з одностороннім живленням, також має селективність і на лініях з двостороннім живленням. При виборі її струму спрацювання необхідно враховувати струми підживлення від другого джерела живлення.

При коротких замиканнях в точках  $K1$  і  $K2$  струм  $I_k^{(3)}$ , який проходить в місці установки захисту  $A1$ , буває меншим струмів  $I_k^{(3)}_{л}$  і  $I_k^{(3)}_{м}$  за рахунок струму «підживлення» від генератора  $G2$ .

Відношення  $\frac{I_k^{(3)}}{I_k^{(3)}_{\delta.\delta}} = \hat{e}$  ;  $\frac{I_k^{(3)}}{I_k^{(3)}_{\delta.\delta}} = \hat{e}$  називають

коефіцієнтами струморозподілення.

Їх враховують при виборі струму спрацювання другого ступеню лінії  $A1$ .

$$I_{с.зА1} \geq \kappa_{відб.} \cdot I_{р.л.} \cdot I_{с.зА2}^{(3)}$$

$$I_{п} \geq \kappa_{к}^{п} \cdot I^{(3)}$$

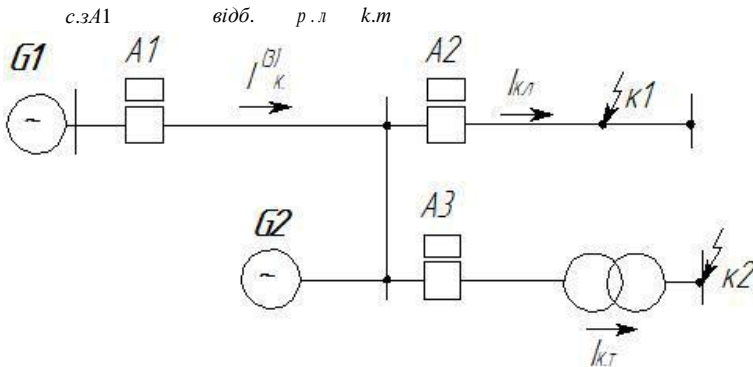


Рисунок 6 – Схема двостороннього живлення



## Третій ступінь захисту – максимальний струмовий захист.

Для селективної дії в мережах з двостороннім живленням МСЗ доповнюється вимірювальним органом направлення потужності КВ. Такий захист називається струмовим направленим.

Вимірювальні елементи захисту:

1. Максимальне реле струм – РТ-40.
2. Реле направлення потужності.

Захист реагує не тільки на значення струму в елементі, але і на його фазу відносно напруги на шини у місці установки захисту.

Селективна дія захисту забезпечується відповідним вмиканням органу направлення потужності і вибором витримки часу.

### Принцип дії захисту.

При замиканні в будь якій точці фаза струму протікає через захисти  $A1$  і  $A4$  не змінюється. Тому ці захисти можна виконувати без реле направлення потужності.

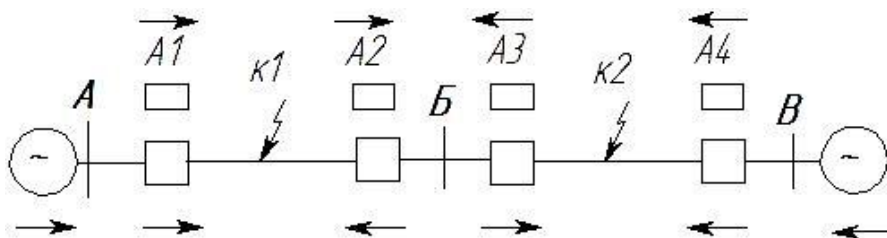


Рисунок 7 – Схема розставлення захистів

Фаза струму при переміщенні точки к. з. від  $K1$  до  $K2$  в захистах  $A2$  и  $A3$  змінюється на протилежну. Це використовується в направленому захисті.

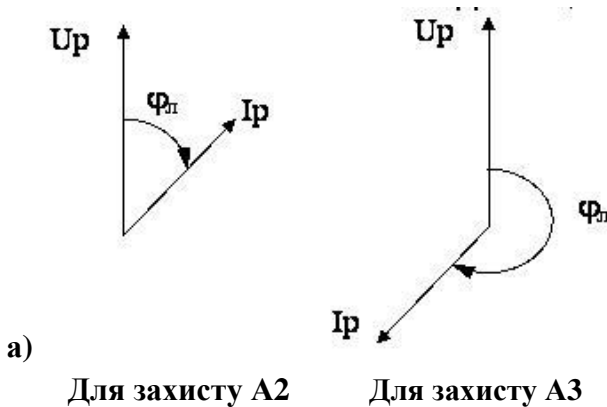
Реле направлення потужності захисту  $A2$  спрацьовує при зсуву фаз відповідному к. з. в т.  $K1$ , а  $A3$  – при зсуву фаз, відповідному к. з. в т.  $K2$ .

При к. з. в т.  $K1$  спрацьовують вимірювальні органи захистів  $A1, A2, A4$ .

Для селективного відключення лінії  $AB$  узгоджують витримки часу захистів  $A1$  і  $A4$ .

При к. з. в т.  $K2$  спрацьовують вимірювальні органи захистів  $A1, A3, A4$ .

Для селективного відключення лінії  $BB$  узгоджують витримки часу захистів  $A1$  і  $A4$ .



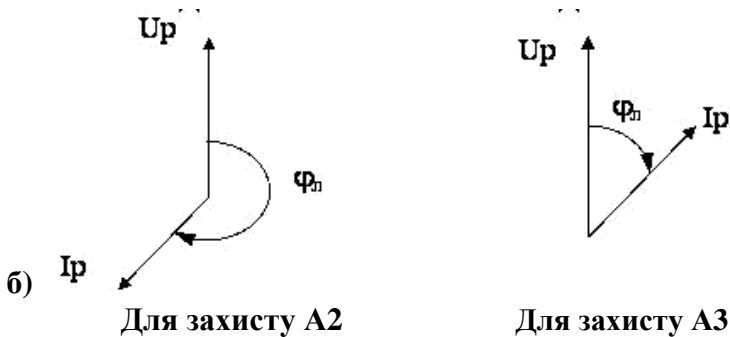


Рисунок 8 – а) Векторні діаграми при замиканні в точці K1; б) Векторні діаграми при замиканні в точці K2

### Мертва зона струмового направленої захисту.

Щоб реле напрямку потужності спрацював, до нього потрібно підводити напругу:

$$U_p < U_{cp.min}$$

При трифазному к. з. в місці установки захисту напруга дорівнює 0. Якщо  $U_p < U_{cp.min}$ , то реле працювати не буде. З'являється мертва зона - зона, в межах якої реле напрямку потужності не діє. За величиною ця зона невелика.

Наявність мертвої зони є недоліком направленої захисту.

**Перевагами максимального струмового захисту є простота виконання і обслуговування та мала вартість.**

До недоліків відносяться: труднощі відбудови від струмів перевантаження; відносно повільне відключення к. з. (кілька секунд); неможливість селективної налаштування в мережах з двостороннім живленням, а також на паралельно працюючих трансформаторах і лініях

#### **IV. Опис лабораторного стенду проведення досліджень, (рисунок 9).**

Для виконання поставленої мети пропонується модель захисту, яка діє на вимикачі 5 і 6, принципової схеми мережі, рис. 1. Електричні схеми захисту збираються за допомогою з'єднувальних провідників, показаних на рис. 9 з двосторонніми стрілками. На панелі стенду встановлені електромагнітні реле струму, потужності, часу та прилади і обладнання. МСНЗ діє при к.з. в точках  $K1$  і  $K2$  на вимикачі  $Q1$  (ВМ1) і  $Q2$  (ВМ2), імітація вимикачів 5 і 6 схеми мережі, рис. 1. На вимикач  $Q1$  діє захист зібраної схеми групи реле верхньої частини панелі, а на вимикач  $Q2$  – нижньої частини. Струмові кола реле струму і потужності збираються від трансформаторів струму фази А. Котушки напруги реле потужності приєднуються до клем а, в, с трансформатора напруги (100 В) відповідно з вибраним напрямком спрацювання при к. з. в точках  $K1$  і  $K3$ . Реле потужності підключається по  $90^0$  - ній схемі, тобто напруга на котушки реле подається лінійна. Оперативний струм постійний, напруга 220 В.

#### **V. Підготовка до виконання роботи.**

1. Вивчіть методичні вказівки, розділ III.

2. Ознайомтесь з лабораторною установкою. Зробіть креслення схем мережі, рис. 1, і під нею зробіть креслення графіка селективності спрацювання захисту, зроблених згідно даних таблиці 1, рекомендацій [1] і номера бригади. Запишіть паспортні дані реле, приладів.



3. Зробіть креслення принципової електричної схеми МНСЗ у двофазному виконанні у відповідності з вимогами ЕСКД для пункту ПАС2, вимикачів 5 і 6 з обов'язковим виконанням програм дії вимикачів при коротких замиканнях в точках  $K1$ ,  $K2$ ,  $K3$ .

4. Зробіть розрахунки по визначенню струму спрацювання реле типу РТ-40/6 за формулою:

$$I_{cp} = \frac{K_n \cdot K_{cx} \cdot K_z \cdot I_{p. \max}}{n_{mc} \cdot K_n}, \quad (9)$$

де  $K_n = 1,2$  – коефіцієнт надійності;

$K_{cx} = 1$  – коефіцієнт схеми з'єднання трансформаторів струму;

$K_z = 1,2$  – коефіцієнт запасу, яким враховують збільшення струму в мережі, наприклад, при пуску асинхронних двигунів;

$n_{mc}$  – коефіцієнт трансформації трансформаторів струму, вибирається з таблиці 1, згідно номера бригади;

$K_n = 0,9$  – коефіцієнт повернення реле;

$I_{p. \max}$  – первинний робочий максимальний струм, А.

5. За допомогою розрахунків та за графіком селективності, побудованого згідно пункту 2 та даних таблиці 1, визначте уставки спрацювання реле часу захистів 5 і 6. Для кінцевого захисту направленої дії вимикачів 3 і 6 мінімальна витримка часу на реле приймається 0,25 с.

Таблиця 1- Дані для розрахунку уставок струму і часу спрацювання реле захистів 5 і 6, рис. 1

№ б р и г а Д и	Первин ний робочи й струм		Коефіцієнт трансформа ції трансфор матора струму $n_{mc}$		Ступінь селекти вності, с	Задана витримка часу захисту в напрямках, с								
	5	6	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	42	37	20	20	0,5		2							2,5
2	60	45	40	30	0,4	2							1,6	
3	30	22	15	20	0,3		1,2							1,5
4	72	54	40	30	0/5	2, 5							2	
5	56	44	30	20	0,4		1,8							2
6	84	50	40	30	0,3	1, 5							1,2	
7	40	34	20	15	0,6		2,4							3

6. На реле струму і часу лабораторної панелі встановіть уставки реле, захистів, що діють на вимикачі  $Q1$  і  $Q2$ .

7. Зберіть схему випробування на налагодження захисту, згідно рис. 2.

8. Після виконання робіт згідно пунктів 1 – 7 дайте перевірити зібрану схему викладачеві і отримайте дозвіл на проведення досліджень.

## VI. Послідовність проведення дослідження .

1. Після отримання дозволу на проведення досліджень ввімкніть автоматичний вимикач *SF1* живлення схеми напругою 220 В і вимикач *SF2* живлення оперативного струму захисту. Натисніть кнопку пуск (*SB1*) і ввімкніть вимикач *Q1*. Загоряться лампочки *HLL-3*, які свідчать про живлення споживачів першої категорії. Запишіть показники амперметра *PA1* в таблицю 2, вимкніть вимикач *Q1* і ввімкніть вимикач *Q2*. Дані показу амперметра запишіть в таблицю 2. Ввімкніть вимикач *Q1* і дані амперметрів запишіть в таблицю 2. Якщо не відбувається аварійних вимкнень, то схема приведена до проведення досліджень МСНЗ.

Дослідження МСНЗ проведіть в третьому режимі роботи ліній, таблиця 2, тобто вимикачі *Q1* і *Q2* ввімкнені.

Таблиця 2 – Величини струмових навантажень

Номер режиму	Положення вимикачів		Показники амперметрів, А	
	<i>Q1</i>	<i>Q2</i>	<i>PA1</i>	<i>PA2</i>
1	1	0		
2	0	1		
3	1	1		

2. Проведіть випробування дії захистів при к. з. в точці *K1*. Натисніть кнопку *K1*, зробіть штучне к. з. При вірно зібрані схемі захисту з витримкою часу вимкнеться вимикачем *Q1*. Якщо вимикач *Q1* не вимикається, або вимикається вимикач *Q2*, знайдіть недоліки в роботі схеми.

3. Аналогічно пункту 2 в третьому режимі роботи ліній проведіть випробування дії захистів при к. з. в точці *K3*, натиснувши на кнопку *K3*. Повинен вимкнутися з витримкою часу вимикач *Q2*.

4. Проведіть випробування дії захистів при к. з. в точці *K2*. Натисніть короткочасно на кнопку *K2*, при цьому реле струму *KA1* і *KA2* спрацюють, а реле часу – ні.

Вимикачі не повинні вимикатись захистами за двома причинами:

- контакти реле потужності РБМ 271 при к. з. в точці *K2* не задіяні на додаткове реле часу внутрішньої витримки часу;
- лампочки НЛ споживача гаснуть, напруга зникає. К. з. створює „мертву зону” спрацювання реле.

5. Після проведення досліджень вимкніть послідовно вимикачі *Q1* і *Q2* та автоматичні вимикачі *SF1* і *SF2*. Про виконання досліджень і проведені роботи повідомте викладача і отримайте дозвіл, щоб розібрати схему та привести в порядок робоче місце.

### **Контрольні запитання**

1. Відмінності в побудові розподільних мереж 6-10 кВ електрифікації міст, промислових об'єктів і сільських районів.

2. За допомогою яких засобів забезпечується надійність електропостачання сільських споживачів?

3. Мета автоматизації сільських розподільних мереж 6-10 кВ.

4. Види пристроїв автоматизації РЕМ і їх призначення.

5. Чому потрібно в деякі схеми максимального струмового захисту пристроїв ПАС і ПАВР вводити елементи контролю направленості протікання потужності ?

6. За якими схемами можуть вмикатись реле потужності? Що значить „мертва зона” роботи реле потужності і чому вона виникає ?

7. Які органи включає максимальний струмовий направлений захист ?

8. Зробіть порівняння МСЗ та МСНЗ.

9. Принцип роботи реле потужності.

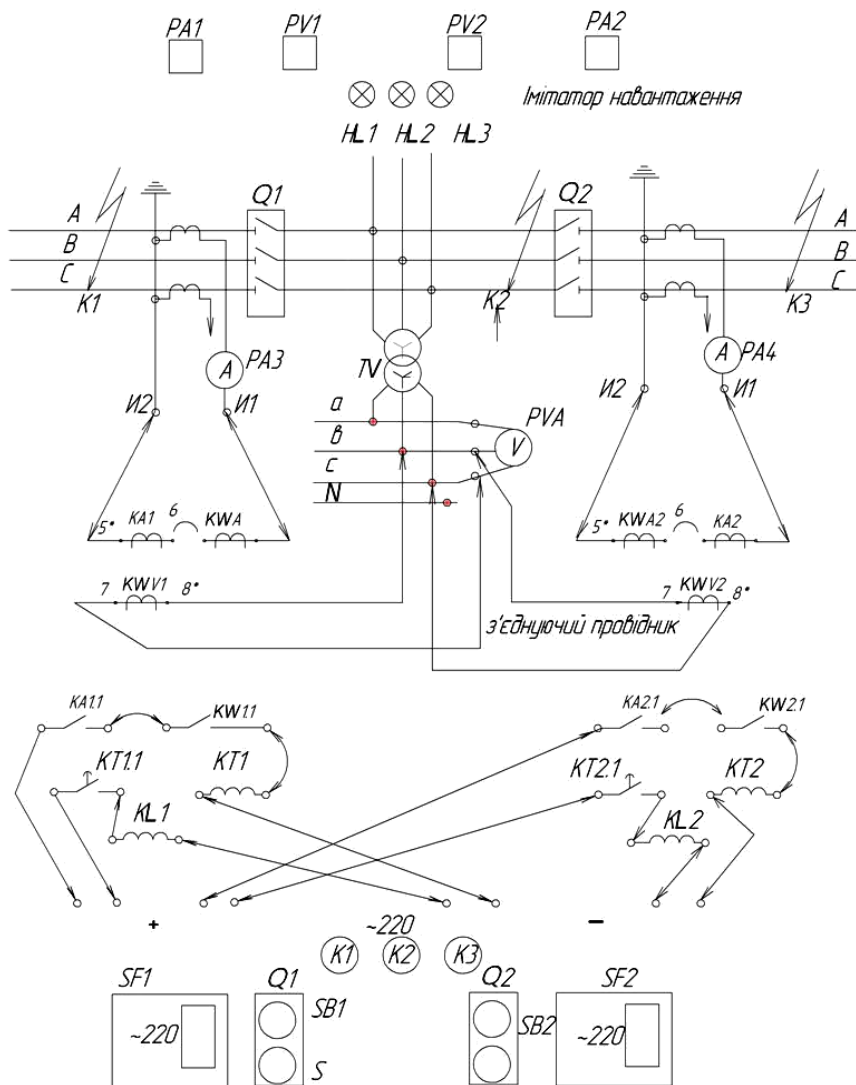


Рисунок 9 – Схема випробування на налагодження захисту

## Літертура

1. Андреев В. А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения / В. А. Андреев. – Москва : Высш. шк., 2006.
2. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. — Москва : Колос, 2000. — 536 с. : ил.
3. Беляков Ю.С. Релейная защита, автоматика и телемеханика электроэнергетических систем и систем электроснабжения потребителей. Краткий курс. Конспект лекций. / Ю.С. Беляков. — Петрозаводск : ПетрГУ, 2012. — 110 с.
4. Гончар М. И. Определение места размыкания магистральной части условно замкнутой распределительной линии / М. И. Гончар // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1987. — № 1. — С. 28–31.
5. Гончар М. І. Електропостачання сільського господарства. І частина: навчальний посібник. / М. І. Гончар, С. А. Попадченко, О. А. Котляр. — Харків : Лідер, 2013. — 244 с.
6. Козирський В. В. Електропостачання агропромислового комплексу / В. В. Козирський, В. В. Каплун, С. М. Волошин. — Київ: Аграрна освіта, 2011. — 448 с.

Навчальне видання

## ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання лабораторної роботи  
«Дослідження та налагодження максимального струмового направлено-  
го захисту секціонованих ліній 6-10 кВ»

Автори-укладачі:  
**САВЧЕНКО** Олександр Анатолійович  
**ПОПАДЧЕНКО** Світлана Анатоліївна

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman Папір для цифрового друку. Друк  
ризографічний. Ум. друк. арк. 0,6. Наклад 100 пр. Державний біотехнологічний  
університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44





