



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 максимального струмового захисту типу МТЗ- М»
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 максимального струмового захисту типу МТЗ- М» 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 максимального струмового захисту типу МТЗ- М» 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. – 15 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 МАКСИМАЛЬНОГО СТРУМОВОГО ЗАХИСТУ ТИПУ МТЗ- М”

I. Мета роботи:

Вивчення принципу дії і налагодження роботи струмового захисту з магнітними трансформаторами струму.

II. Звіт по роботі повинен мати:

1. Мету роботи.
2. Функціональну схему МТЗ-М.
3. Паспортні дані реле, приладів.
4. Розрахунки струмів спрацювання захистів першого і другого ступенів.

5. Залежності струму спрацювання від номера уставок

$I_{спCm1} = f(N_{устCm1})$; $I_{спCm2} = f(N_{устCm2})$ і залежності часу спрацювання реле $t = f(N_{уст})$ - для уставок точно «0» і $t = f(N_{уст})$ - грубо «10».

6. Висновки по роботі.

III. Підготовка до виконання роботи, послідовність

1. Уважно прочитайте розділ IV. Пояснення до роботи.
2. Ознайомтесь зі схемою дослідження, зображеною на панелі лабораторного стенду.

3. Підготуйте таблиці 1, 2, 3 до запису даних струму спрацювання першої і другої ступені та часу спрацювання реле в залежності від уставки по часу при струмі уставки більшої за мінімальне значення спрацювання, в межах 40 А.

Таблиця 1 - Струм спрацювання реле другого ступеня Ст.2

№ Ст.2	уставки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
-----------	---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Струм спрацювання, А										
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблиця 2 - Струм спрацювання реле першого ступеня Ст.1.

№ уставки Ст.1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Струм спрацювання										

Таблиця 3 – Час спрацювання реле другого ступеня при струмі спрацювання реле в межах 40 А.

Уставка «грубо» №	1	2	3	4	5	6
Уставка «точно» «0»						
Уставка «точно» «10»						

4. Згідно номера бригади та вихідних даних таблиця 4 визначте за формулами (1, 2) струм спрацювання першого і другого ступеня. Час спрацювання реле заданий в таблиці 4.

Таблиця 4 - Умови розрахунку струмів і часу спрацювання захисту.

№ бригади	Робочий максимумний струм	Максимальний струм к. з. в кінці зони, А	Уставки струму спрацювання		Час спрацювання, с
			I _{ст1} , А	I _{ст2} , А	
1	25	70			0,8
2	20	80			1,0
3	30	84			1,5
4	24	90			0,5
5	32	92			1,0
6	33	93			1,3
7	28	75			1,2

Струм спрацювання захисту першого ступеню, струмова відсічка, без витримки часу розраховується за формулою:

$$I_{1ст} = K_n \cdot I_k^{(3)}_{макс} \quad (1)$$

де $I_k^{(3)}_{макс}$ - максимальне значення струму в кінці захисту елемента електропередавання;

K_n - коефіцієнт надійності 1,2...1,4.

Струм спрацювання захисту (МСЗ) другого ступеню з витримкою часу:

$$I_{2ст} = K_n \cdot K_{сх} \cdot K_{зр} \cdot I_{р.макс} / K_{\epsilon} \quad (2)$$

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

$K_{сх}$ - коефіцієнт схеми, $K_{сх} = 1$;

$I_{р.макс}$ - робочий максимальний струм, 1,2;

$K_{зр}$ - коефіцієнт запуску двигунів, $K_{зр} = 1,2...1,3$

K_{ϵ} - коефіцієнт повернення реле, $K_{\epsilon} = 1$.

Час спрацювання захисту першого ступеню знаходиться в проміжку 0,07-0,1 с.

Час спрацювання захисту другого ступеню регулюється в проміжку від 0,3 до 5 с.

Час спрацювання (витримка часу) розраховується за формулою:

$$t_{с.з.} = t_n + \Delta t \quad (3)$$

де t_n - час спрацювання (витримка часу) попереднього максимального струмового захисту, с;

Δt - ступінь відлагодження (ступінь селективності), с.

В лабораторній роботі час спрацювання захисту заданий, див. таблиця 4.

IV. Пояснення до роботи

Максимальний струмовий захист типу МТЗ-М, призначений для захисту ліній з одностороннім живленням і силових трансформаторів напругою 35-220 кВ. Будова МТЗ-М виконана по двоступеневій схемі струмового захисту, рис.1. Захист має три магнітні трансформатори струму типу ТВМ 1 - 3(рис.2), шість порогових органів 4-9, три елементи «АБО» 10-12, два елементи пам'яті 13-14, елемент витримки часу 15, підсилювач 16, три сигналізатори положення 17-19, проміжне реле 20 та тестовий блок.

Конструктивно будова МТЗ-М має три магнітні трансформатори струму, рис.2 блок реле захисту, блок живлення, вказівне реле, проміжне реле.

Магнітні трансформатори струму типу ТВМ являються перетворювачами електромагнітного поля, створеного струмом в проводі, в е. р. с.

Магнітний трансформатор струму типу ТВМ являє собою розімкнений П - подібний магнітопровід з двома однаковими котушками, надітими на полюси осердя. Трансформатори розміщують під або над контрольованими струмопроводами фаз на певній відстані. Обмотки котушок трансформатора з'єднані зустрічно-послідовно, рис.2.

Якщо в проводі повітряної лінії, наприклад, фази А протікає струм I навколо нього індукується е. р. с.:

$$E = M_q \cdot \frac{di}{dt}, \quad (4)$$

де M_q - коефіцієнт взаємоіндукції проводу фази А і трансформатора струму фази

Коефіцієнт взаємодукції залежить від конструктивних особливостей магнітопроводу, місця розміщення, впливу струмів інших фаз.

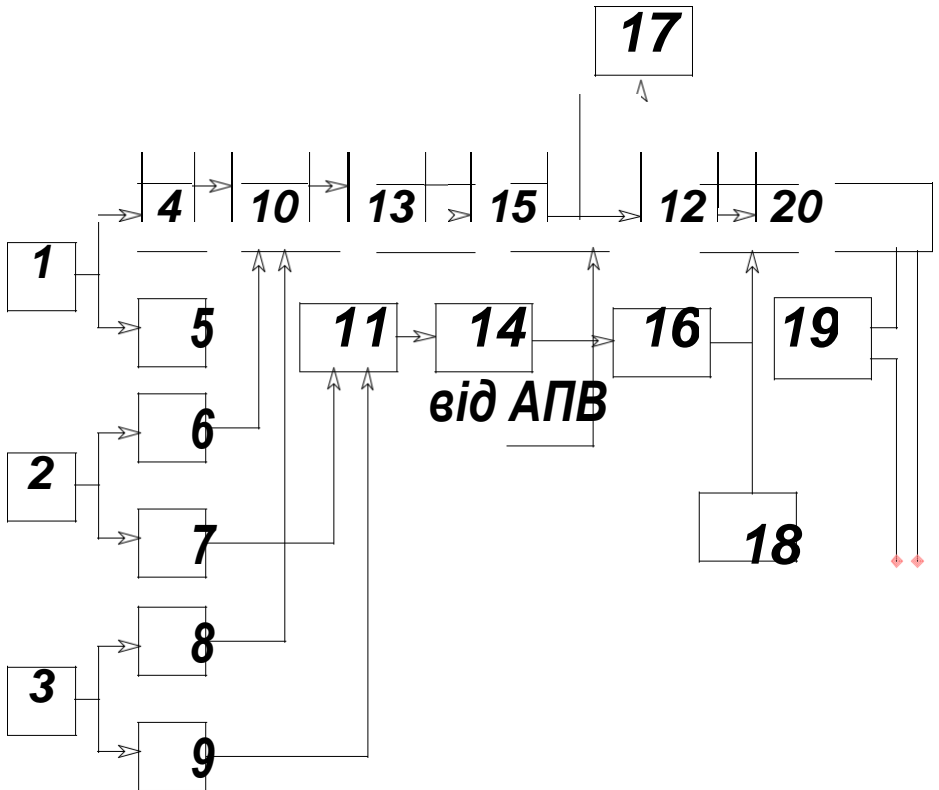


Рисунок1-Функціональна блок- схема МТЗ-М

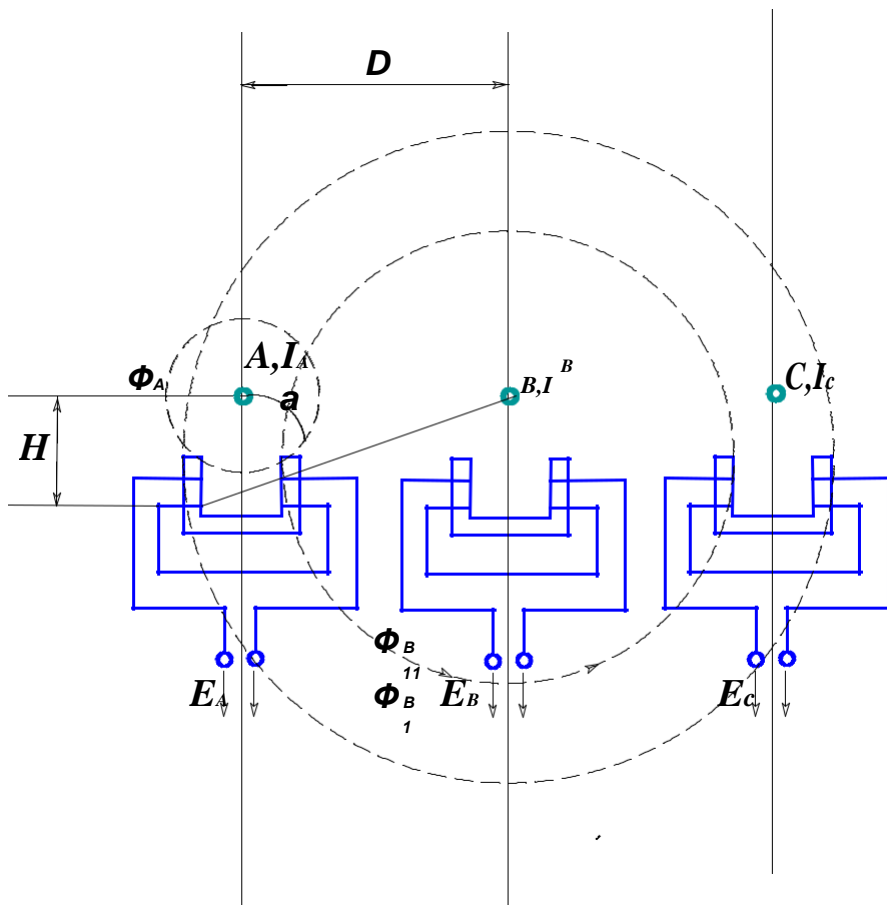


Рисунок 2 - Принципова схема розташування магнітних трансформаторів струму та картина електромагнітного поля

Для прямолінійного провідника необмеженої довжини зі струмом, по закону Био-Савара, магнітну індукцію в деякій точці М простору допустимо визначити за формулою [3]:

$$B_M = \frac{\mu_0 \cdot I}{4 \cdot \pi \cdot R_M}, \text{ Тл} \quad (5)$$

де μ_0 - магнітна постійна $Ом \cdot с / м$,

$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} Ом \cdot с / м = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} Гн / м,$$

R_M - радіус до умовної точки М.

При розрахунку магнітних трансформаторів струму важливим параметром є напруженість магнітного поля, яка визначається за формулою:

$$H_M = \frac{B_M}{\mu_0} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot R_M}, \frac{А}{м} \quad (6)$$

Таким чином можна побудувати залежність відстані установки давачів струму від проводу із струмом.

Розміщення ТВМ повинно бути таким, щоб проекція проводу первинної обмотки трансформатора струму з одним витком знаходилась в центрі П - подібного осердя і магнітний потік ψ був би пропорційним струму фази.

Обмотки ТВМ з'єднані зустрічно, тому е. р. с. складається арифметично і результуючий сигнал е. р. с. подвоюється.

Магнітні потоки інших фаз, які пропорційні струмам, проходять по полюсам в одному напрямку і індуковані е. р. с. в обмотках віднімаються. Таким чином, напруга на затискачах котушок пропорційна струмові і зворотно пропорційна відстані:

$$U = K_y \cdot \frac{f}{f_n} \cdot \frac{I_1}{R_m}, \quad (7)$$

де K_y - коефіцієнт пропорційності;
 f, f_n - дійсна і номінальна частота.

При синусоїдальному первинному струмові діюче значення вторинного струму:

$$I_2 = \frac{U}{(Z_\delta + Z_n)} = \frac{f}{f_n} \cdot \frac{1}{R_m} \cdot \frac{1}{Z_\delta + Z_n}, \quad (8)$$

де Z_δ, Z_n - опір захисту та навантаження;
 f, f_n - дійсна і номінальна частота;
 Коефіцієнт трансформації:

$$n = \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_m \cdot (Z_\delta + Z_n) \cdot f}{K_y \cdot f_n}, \quad (9)$$

Потужність навантаження ТВМ визначається за формулою:

$$S_2 \cdot I_2 = \frac{K_y \cdot I_1}{R_m \cdot f_n} \cdot \frac{1}{(Z_\delta + Z_n)} \cdot Z_n. \quad (7)$$

Так як опір Z_δ має лінійний характер, то обов'язковою умовою повинно бути $Z_\delta = Z_n$.

В блоці реле захисту напруга і струм вхідних сигналів підсилюються до величини спрацювання. Блок живлення

перетворює змінну напругу 220 В у постійну стабілізовану 24 В і напругу 120 В тестової перевірки роботи реле захисту.

Будова МТЗ-М дозволяє налагодити спрацювання ступенів захисту на величину первинного струму, який розраховується і узгоджується в межах мінімуму і максимуму уставок реле по таблиці 5.

Таблиця 5 – Межі величини струмів спрацювання захисту

Напруга електроустановки	Уставки струму, А			
	Ступінь 1		Ступінь 2	
	Мін.	Макс.	Мін.	Макс.
35	50	1500	25	375
110	100	3000	50	750
220	200	6000	100	1500

V.Послідовність проведення дослідів та налагодження захисту.

5.1. Зробіть тестову перевірку працездатності реле захисту. Для чого ввімкніть тумблери 2, 6, 7. Зніміть кришку релейного блоку і виставте уставки струму ступені Ст.1 і Ст.2 фаз А, В, С в нульове положення. Перемикачі Ст.1 і Ст.2 блоку розташовані на боковій стінці реле, поставте в перше положення. Регулятор струму поставте в нульове положення. Перемикач 1 розташований на лабораторному стенді поставте в положення «Вкл», тобто включіть стенд під напругу 220 В. Лампочка 1 «сеть 220 В» повинна загорітись. Через 1 хвилину загориться зелена лампочка 3, що означає готовність блоку живлення до роботи.

На панелі реле послідовно натисніть кнопку «Проверка» фази А, а потім кнопку «Вызов». Після натискання кнопки

«Вызов» повинна загорітись червона лампочка спрацювання Ст.1 і Ст.2. Таким же чином зробіть перевірку спрацювання реле для фаз В і С.

Якщо в результаті тестової перевірки було встановлено, що захист працездатний переходьте до наступного етапу дослідження.

5.2. Побудова залежностей струмів спрацювання та витримки часу від положення уставок реле (див. п.5 розділу II роботи).

Будова залежностей $I_{c.з.} = f(N)$ та $t_{c.з.} = f(N_t)$ проводиться індивідуально для кожного захисту типу МТЗ-М. Вимога пов'язана з тим, що велика ймовірність не виконання умови симетричного розташування магнітних трансформаторів струму під або над струмопровідниками (рис.2) при виконанні монтажних робіт. Тому побудовані залежності є документами (паспортом) налагодження захисту згідно розрахункових величин за формулами (1, 2, 3).

5.3. Визначте межі спрацювання реле ступені Ст.2. Вимкніть тумблер 7, а тумблер 6 увімкніть. Значення уставок фаз А, В, С на панелі реле повинно бути в першому положенні. За допомогою кнопки «Пуск» стенду ввімкніть дослідну лінію під навантаження.

За допомогою регулятора струму (ЛАТР) збільшуйте струм до спрацювання реле на першій уставці, а потім на другій. Показники амперметра А2 розташованого на стенді запишіть у таблицю 1.

Струм в лінії моделі не повинен перевищувати 100 А!

Після спрацювання реле кожний раз регулятор струму ставте в нульове положення.

По даним показників амперметра побудуйте залежність $I_{срCm2} = f(N_{устCm2})$. Визначте межі змін струму спрацювання реле Ст.1 від положення уставок. Тумблер 6 вимкніть, а

тумблер 7 увімкніть. Послідовність визначення струму спрацювання реле така, як і при виконанні попереднього досліду. Показники амперметра А2 записуйте в таблицю 2. Побудуйте залежність $I_{спCm1} = f(N_{ycmCm1})$. По закінченні перейдіть до побудови залежності часу спрацювання Ст2.

5.4. Увімкніть тумблер 6, а тумблер 7 вимкніть. Поставте уставку по струму Ст2 в положення спрацювання по струму 30...40 А. Номер уставки визначається за таблицею 1. За допомогою регулятора струму доведіть величину струму до спрацювання реле. Увімкніть тумблери 10, 4, 5. Уставку часу регулятором «грубо» поставте в положення 1, «точно» - в положення 0. Кнопкою «пуск» увімкніть лінію. Після вимкнення лінії запишіть показники секундоміра в таблицю 3. Скиньте показники секундоміра і поставте регулятор часу «грубо» в положення 2. Увімкніть лінію і після вимкнення її захистом запишіть показники секундоміра. Подібно провести виміри для усіх уставок часу спрацювання при положенні «10».

Після проведення досліду регулятор струму поставте в нульове положення. Вимкніть лінію і стэнд. Поставте тумблер 1 в положення «вимкнено». Побудуйте залежності часу спрацювання реле $t_0 = f(N_{ycm})$ точно «0»; $t_{10} = f(N_{ycm})$ - точно в положенні «10».

5.5. Налагодіть струмовий захист лінії 35 кВ згідно розрахункових величин, див. формули 1, 2, 3. По залежностям $I_{с.з. см.1,2} = f(N)$ і $t_{с.з. см.1,2} = f(N_t)$ визначте положення уставок.

Виставте на панелі реле уставку по струму Ст.2 і уставку по часу «грубо» і «точно». Тумблер 7 на панелі стэнду поставте в положення «вимкнено». Включіть за допомогою кнопки «пуск» вимикач лінії. Тумблери 6 ступені 2 та 10 секундоміру повинні бути в положенні включено. Регулятором струму збільшіть струм до величини спрацювання реле. Вімкніть вимикач лінії. Якщо уставки по струму і часу зроблені вірно,

то захист спрацює і вимкне пошкоджену лінію. Можна вважати, що ви налагодили МТЗ лінії, про що доповідайте керівникові робіт.

Налагодження першої ступені відсічки не проводьте.

Контрольні запитання.

1. Які переваги мають магнітні повітряні трансформатори струму (ТВС) перед трансформаторами, які вмикаються в розрив струмопроводу?

2. На якому принципі працюють ТВС?

3. Як розраховуються уставки струму і часу спрацювання струмового захисту реле типу МТЗ-М?

4. Який вигляд має електромагнітне поле трьох проводів повітряної лінії електропередавання зі струмом?

5. Які основні блоки має струмовий захист мережі типу МТЗ-М?

6. Який вигляд має часо-струмова характеристика реле?

7. Яка залежність вихідної напруги ТВС від параметрів: струму, частоти та відстані встановлення ТВС.

Літертура

1. Чернобровов Н.В. Релейная защита.: Энергия, 1985 г.

2. Кудрявцев А.А., Кузнецов А.П., Григорьев М.Н. Максимальная токовая защита с магнитными трансформаторами тока. М.: Энергоиздат, 1981 г.

3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники – М.: Высшая школа., 1964. – 749 с.

Навчальне видання

ЕЛЕКТРИЧНІ УСТАНОВКИ І СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки
до виконання лабораторної роботи
«Дослідження максимального струмового захисту типу МТЗ- М»

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

