

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

В авторській редакції

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

Навчально-методичні рекомендації
до лабораторних робіт

Електронне видання

ДНІПРО
2024

УДК 621.3.04(076.5)
Е 50

Упорядники:
Д. В. Устименко, О. О. Карзова, О. Ю. Балійчук

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми
141 «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

Протокол № 5 від 01.02.2024

Е 50 Електричні апарати : навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт / упоряд. Д. В. Устименко, О. О. Карзова, О. Ю. Балійчук ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 44 с.

Навчально-методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із дослідження електричних апаратів в умовах лабораторії кафедри електротехніки та електромеханіки УДУНТ.

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання лабораторних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

Іл. 12. Табл. 21. Бібліогр.: 2 назв.

© Устименко Д. В. та ін., упорядкування, 2024

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Правила охорони праці під час роботи у лабораторії.....	4
Лабораторна робота №1 Дослідження електромагнітних контакторів.....	5
Лабораторна робота №2 Дослідження магнітного пускача.....	11
Лабораторна робота №3 Дослідження автоматичних вимикачів.....	17
Лабораторна робота №4 Дослідження реле часу.....	21
Лабораторна робота №5 Дослідження реле захисту енергосистем.....	25
Лабораторна робота №6 Дослідження реле захисту електропривода.....	30
Лабораторна робота №7 Дослідження реле з магнітокерованими контактами (герконами).....	34
Лабораторна робота № 8 Дослідження плавких запобіжників.....	40
Бібліографічний список.....	43

ВСТУП

Всі роботи з дисципліни «Електричні апарати» виконуються за допомогою спеціальних стендів, розроблених та виготовлених на кафедрі електротехніки та електромеханіки Українського державного університету науки і технологій.

Перед виконанням першої лабораторної роботи кожний студент повинен прослухати інструктаж від викладача з питань охорони праці під час роботи у даній лабораторії, вивчити наявні в лабораторії інструкції з охорони праці, після чого поставити підпис у спеціальному бланку інструктажу.

Кожен студент повинен з'явитися на лабораторне заняття підготовленим. Для цього під час самостійної роботи він зобов'язаний:

- ознайомитись зі змістом лабораторної роботи;
- вивчити відповідні розділи програми й рекомендованої літератури;
- дати відповідь на контрольні запитання;
- зробити потрібні заготовки до звіту з лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи виконується в окремому зошиті і містить:

- назву роботи, її номер;
- мету і зміст роботи;
- паспортні дані досліджуваного апарату;
- схеми експериментів;
- таблиці спостережень експериментів із результатами вимірювань та обчислювань;
- необхідні графіки;
- формули, за якими було проведено обчислення; один приклад обчислення з кожної формули;
- стислі висновки, у яких повинні бути пояснення щодо отриманих характеристик і оцінка інших результатів, одержаних відповідно до мети роботи.

Схеми і графіки накреслюються олівцем за допомогою креслярського приладдя. Усі схеми мають відповідати стандартам ЄСКД. Графіки бажано створювати розміром не менше ніж 8×8 см. На кресленні повинна бути масштабна сітка.

Приймаються лабораторні роботи у порядку, встановленому на кафедрі.

Студент допускається до виконання лабораторної роботи тільки за наявності повністю оформленого звіту про попередню роботу.

ПРАВИЛА ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС РОБОТИ У ЛАБОРАТОРІЇ

Усі працюючі повинні знати та суворо дотримуватись правил внутрішнього розпорядку кафедри.

1. Працювати треба уважно, обережно, не відволікаючись, не допускати необміркованих дій та рухів.

2. Перед початком роботи безпосередньо на робочому місці необхідно переконатися, що всі рубильники на щитку, від якого передбачено живлення схеми, знаходяться у розімкненому стані і забезпечують надійний видимий розрив.

3. Під час виконання лабораторної роботи всі працюючі повинні стояти на діелектричних килимках. Студенти при цьому повинні знаходитись тільки на робочих місцях, наданих кожному з них викладачем.

4. Подавати напругу на робочі місця із загального розподільчого щита та відключати її під час оперативної роботи має право тільки викладач або лаборант за вказівкою викладача.

5. Зібравши схему, необхідно показати її для перевірки викладачу і отримати дозвіл подати напругу на робоче місце. Отримавши дозвіл, студент, який виконує увімкнення, повинен переконатися, що ніхто не торкається частин електрообладнання і проводів, чітко та голосно попередити: «*Подаю напругу*». Тільки після цього можна вмикати рубильник на робочому місці.

6. У разі необхідності внесення змін у схему слід вимкнути всі рубильники на щитку робочого місця, і тільки після внесення необхідних змін і перевірки викладачем або лаборантом знову виконати увімкнення в порядку, вказаному у п. 5.

7. Спостереження за показаннями приладів треба проводити, не торкаючись їх.

8. Прохід із навчального класу у дослідний зал лабораторії під час лабораторної роботи має бути огорожений. Встановлення (зняття) переносних огорож здійснюється за розпорядженням викладача.

9. Перед розпорядженням про подачу напруги викладач або лаборант повинні перевірити:

- а) правильність зібрання схеми;
- б) наявність захисних засобів;
- в) дію сигналів і блокування;
- г) відсутність людей на дослідному полі, якщо їх присутність не передбачена програмою випробувань.

Студенти допускаються до лабораторних робіт тільки після проведення інструктажу з техніки безпеки за особистим підписом у журналі.

Лабораторна робота № 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОНТАКТОРІВ

Мета роботи: зняти дані для побудови тягової характеристики контактора змінного струму, порівняння отриманої характеристики з типовою та набування навичок пояснення її вигляду.

1. Програма роботи

1.1. Дослідним шляхом визначити конструктивні параметри контактора змінного струму:

- зазор контактів;
- провал контактів.

1.2. Дослідним шляхом знайти мінімальне значення напруги спрацьовування та напруги повернення і визначити коефіцієнт повернення $K_{пов}$.

1.3. Зняти чисельні дані для побудови тягової характеристики $F = f(\delta)$, де F – тягова сила електромагніту; δ – зазор електромагніту.

2. Основні теоретичні відомості

Контактор – це електромеханічний комутаційний апарат лише з одним положенням спокою, з неручним приводом, що призначений для частих включень та виключень електричних кіл за нормальних режимів роботи в колах змінного і постійного струму.

Основні вузли електромагнітного контактора: електромагнітний механізм, головні контакти, дугогасний пристрій і блок-контакти.

Номинальні струми контакторів лежать у межах від 3 до 4000 А.

Номинальна напруга головних кіл контакторів: 220, 440, 750 В при постійному струмі і 380, 660 В при змінному струмі.

Електромагнітні контактори використовуються не тільки для комутації кіл, а і для захисту від зниженої напруги в колі.

За зниженої напруги електромагніт не може утримати рухому систему контактора і він сам автоматично вимикається. Двигун у цьому випадку захищається від підвищених струмів (за постійного механічного навантаження на валу).

Виключення контакторів (повернення у вихідне положення) здійснюється під дією пружини повернення та маси рухомої частини.

Зазором контактів називається найменша відстань між контактними поверхнями рухомого та нерухомого контактів у розімкненому стані.

Провалом контактів називається відстань, на яку може зміститися рухомий контакт після доторкання до нерухомого, якщо останній буде віддалений.

Мінімальна напруга спрацьовування контактора ($U_{спр}$) – це така напруга, за якої починається і повністю закінчується процес вмикання.

Напруга повернення контактора ($U_{пов}$) – це така напруга, за якої відбувається відпадання рухомого контакту від нерухомого.

3. Порядок виконання роботи

3.1 Перевірка первинних знань студентів з конструкції, використання та принципу дії контакторів змінного та постійного струму.

3.2 Дослідним шляхом визначити конструктивні параметри контактора змінного струму і занести їх до табл. 1. Також до табл. 1 занести номінальні параметри контактора, що досліджується.

Таблиця 1

Параметри контактора

Тип контактора	
Зазор контактів, мм	
Провал контактів, мм	
Номінальна напруга, В	
Номінальний струм, А	
Кількість контактів, шт	

3.3 Зібрати схему (рис. 1).

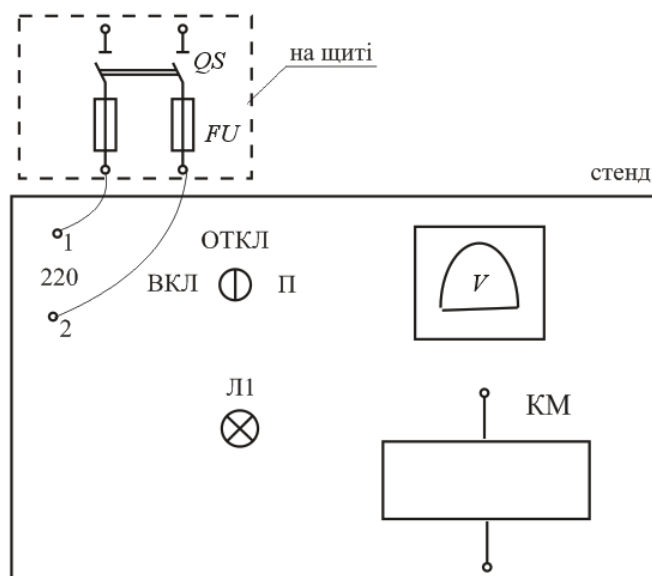


Рис. 1. Монтажна схема підключення контактора змінного струму

Виводи електромагнітного контактора КМ під'єднані відповідним чином до виводів 1 та 2 на стенді. Підключення схеми до виводів рубильника QS змінного струму виконується провідниками стандартного перетину, що входять до комплекту. Кінці провідників виконані з наконечниками.

3.4 Після перевірки правильності зібрання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

3.5 Після подачі напруги, для ввімкнення, на стенді електромагнітного контактору потрібно перемкнути перемикач П з положення «Откл» у положення «Вкл».

3.6 Для проведення досліду з визначення мінімальної напруги спрацьовування $U_{\text{спр}}$ і напруги повернення $U_{\text{пов}}$ потрібно змінювати напругу, яка подається на котушку контактора, від нуля до спрацьовування контактора і у зворотному напрямку за допомогою індукційного регулятора (ІР). ІР знаходиться за розподільчим щитом і регулювати напругу за його допомогою має право тільки викладач або лаборант за вказівкою викладача. При досягненні мінімальної напруги спрацьовування контактора загориться на стенді лампочка зеленого кольору Л1. При зміні напруги у зворотному напрямку до напруги повернення лампочка Л1 погасне.

Виміри провести три рази. Результати вимірів занести до табл. 2. Після закінчення дослідів напругу за допомогою ІР зменшити до 0.

Таблиця 2

$U_{\text{спр}}, \text{В}$			
$U_{\text{пов}}, \text{В}$			
$K_{\text{пов}}$			
$K_{\text{пов.сеп}}$			

3.7 За даними табл. 2 підрахувати коефіцієнт повернення $K_{\text{пов}}$ для кожного з дослідів за наступною формулою:

$$K_{\text{пов}} = \frac{U_{\text{пов}}}{U_{\text{спр}}}.$$

Результати розрахунку $K_{\text{пов}}$ занести у відповідні графи табл. 2.

Значення $K_{\text{пов}}$ в електромагнітних механізмів клапанного типу постійного струму знаходиться в діапазоні 0,2...0,3, а у механізмів змінного струму 0,4...0,5.

3.8 Підрахувати середній коефіцієнт повернення $K_{\text{пов.сеп}}$

$$K_{\text{пов.сеп}} = \frac{\sum K_{\text{пов}}}{3},$$

де $\sum K_{\text{пов}}$ – сума коефіцієнтів повернення за 3 досліди.

Результат занести в останній рядок табл. 2.

3.9 Зняти числові дані для побудови тягової характеристики $F = f(\delta)$ для $U = U_{\text{ном}}$.

Для цього потрібно при вимкненій напрузі стенду (вимкнути рубильник QS) змінювати кількість діелектричних прокладок між осердям та якорем електромагнітного контактору. Товщина однієї діелектричної прокладки $\delta = 0,2$ мм. Потім ввімкнути рубильник QS, змінити напругу за допомогою ІР

до $U_{\text{спр}}$ та виміряти динамометром величину тягової сили електромагніту при відриванні якоря від осердя.

Результати вимірів занести до табл. 3.

Таблиця 3

δ , мм		
F , Н		

3.10 Після закінчення дослідів перемкнути перемикач П з положення «Вкл» у положення «Откл». Вимкнути напругу стенду за допомогою рубильника QS.

3.11 За даними табл. 3 побудувати тягову характеристику $F = f(\delta)$ для $U = U_{\text{ном}}$.

4. Зміст звіту

- 4.1. Тема і мета лабораторної роботи.
- 4.2. Монтажна схема та паспортні дані досліджуваного контактора.
- 4.3. Результати вимірів (табл. 2 та табл. 3) та графічне зображення тягової характеристики контактора.
- 4.5. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Порядок дій при визначенні коефіцієнта повернення контактора.
2. Тягова характеристика контактора.
3. Що таке провал, зазор контактів?
4. Які пружини є в контакторі та їх призначення?
5. Визначення понять механічної та електричної зносостійкості контактів.
6. Визначення понять електричного контакту, перехідного опору контактів.
7. Види контактів.
8. Що є основним показником якості контактної з'єднання?
9. Ширина контакту контактора при пневматичному приводі може бути в порівнянні з шириною контакту при електромагнітному приводі більша, менша, однакова?
10. По якій причині болтові з'єднання перевіряють на додаткову механічну напругу?
11. Поясніть, чому при короткому замиканні виникає загроза зварювання контактів?
12. Мета застосування ступеневих контактних систем.
13. Що називається контактним натисненням?
14. Що забезпечує більший провал за інших рівних умов?
15. Як впливає знос контактів на їх провал?
16. Як впливає знос контактів на стиснення контактної пружини?
17. Як можна обмежити вібрацію контактів?

18. Для виникнення електричної дуги напруга між розімкнутими металевими контактами повинна бути вище, _ В.
19. Для виникнення електричної дуги струм через контакти, які розмикаються, повинен бути не менше, _ А.
20. В чому полягає позитивний аспект горіння електричної дуги?
21. Формула для визначення глибини комутації контактного електричного апарату.
22. До чого може привести застосування надмірно швидкодіючих апаратів вимикання?
23. Яким чином забезпечується швидке переміщення дуги з контактів у дугогасильну камеру контактора?
24. Випадки застосування камери з щілинами. Дугогасильної решітки.
25. Види магнітного дугтя в контакторах.
26. Принцип дії електромагнітного контактора.

Лабораторна робота № 2

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПУСКАЧА

Мета роботи: зняти чисельні дані для побудови залежності часу спрацьовування теплового реле магнітного пускача від струму при різних уставках та набуття навичок пояснення її вигляду.

1. Програма роботи

1.1 Дослідним шляхом знайти мінімальне значення напруги спрацьовування та напруги повернення і визначити коефіцієнт повернення $K_{пов}$ магнітного пускача.

1.2 Зняти чисельні дані для побудови залежності часу спрацьовування теплового реле магнітного пускача від струму $t_{спр} = f(I)$.

1.3 Визначити струми в обмотці електромагніту магнітного пускача.

2. Основні теоретичні відомості

Магнітним пускачем називається апарат, призначений для кнопкового дистанційного пуску в хід, зупинки та реверсування короткозамкнених асинхронних двигунів, захисту їх від перевантаження та надмірного зниження напруги. Як правило, в пускачі, крім контактора, вбудовані теплові реле для захисту двигуна від перевантажень та «втрати фази». Але наявність теплових реле обмежує частоту включення магнітного пускача і тому вони не можуть застосовуватися для частих включень. Випускають магнітні пускачі як реверсивні, так і неревверсивні, змінного та постійного струму і різного конструктивного виконання (закриті в кожухах, вибухонебезпечні і т. д.).

Основні характеристики магнітного пускача, які визначають його успішну експлуатацію:

- зносостійкість;
- комутаційна стійкість;
- чіткість спрацьовування;
- своєчасне відключення при надмірному підвищенні струму в колах обмоток двигунів;
- мінімальне споживання потужності.

Характерним режимом роботи контактора магнітного пускача є включення струму, рівного $(6...7) \cdot I_{ном}$ для напруги $U_{ном}$ та відключення струму $I_{ном}$ для напруги $(0,65...0,7) \cdot U_{ном}$. Два теплових реле вбудовані по одному у дві фази, що виключає можливість продовження роботи двигуни на двох фазах при обриві третьої.

Теплові реле по причині теплової інерції не забезпечують достатньо швидкого відключення при короткому замиканні. Тому захист двигуна доповнюється запобіжниками або автоматами максимального струму.

Біметалічні пластини можуть нагріватися електричним струмом, який протікає безпосередньо по пластинах (безпосереднє нагрівання), а також від окремих нагрівальних елементів (посереднє нагрівання). Можливо нагрівання двома способами одночасно.

При безпосередньому нагріванні регулювання струму спрацьовування реле в значних межах здійснюється шляхом підбору відповідних опорів, які включаються паралельно біметалічній пластині. Регулювання струму спрацьовування при посередньому нагріванні, як правило, виконується шляхом зміни нагрівальних елементів.

Регулювання струмів спрацьовування в невеликих межах досягається зміною:

- величини прогину біметалічної пластини;
- зусилля, яке розвивається біметалічною пластиною, що здійснюється за допомогою спеціального пристрою.

У магнітному пускачі ПММ-1010 застосовується теплове реле типу ТРТ-115 на струм неспрацьовування 5,9 А, в якому регулюючим органом є термобіметал інвар-сталь, по якому проходить робочий струм.

Термобіметал має *U*-подібну форму і закріплений симетрично по осі. При недопустимому перевантаженні контакти теплового реле, які включені у систему керування, розмикаються. Це приводить до зникнення струму через біметалічну пластину, яка охолоджується та повертається у вихідне положення: контакти теплового реле замикаються.

Поворот у нормальний стан може бути прискорений вручну натисканням на спеціальну кнопку.

Теплове реле ТРТ забезпечує захист двигуна у таких випадках:

- при тривалих (більше 20 хвилин) перевантаженнях електродвигуна струмом більше 135 % від номінального;
- при значному перевищенні тривалості пуску;
- при обриві однієї фази, якщо двигун був повністю навантажений.

3. Порядок виконання роботи

3.1 Перевірка первинних знань студентів з конструкції, призначення та принципу дії магнітного пускача.

3.2 Підключити стенд до виводів рубильника QS змінного струму провідниками стандартного перетину, що входять до комплекту (рис. 2). До відповідних клем на стенді під'єднати ЛАТР та водяний реостат. Кінці провідників виконані з відповідними наконечниками.

3.3 Після перевірки правильності зібрання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

3.4 Для проведення досліду з визначення мінімального значення напруги спрацьовування $U_{\text{спр}}$ та напруги повернення $U_{\text{пов}}$ магнітного пускача потрібно спочатку перемикач П на стенді установити в положення K_b . Потім потрібно змінювати напругу за допомогою ЛАТРу від нуля до спрацьовування магнітного пускача і у зворотному напрямку. При досягненні $U_{\text{спр}}$ загориться

на стенді лампочка зеленого кольору Л1. При зміні напруги у зворотному напрямку до напруги повернення лампочка Л1 погасне.

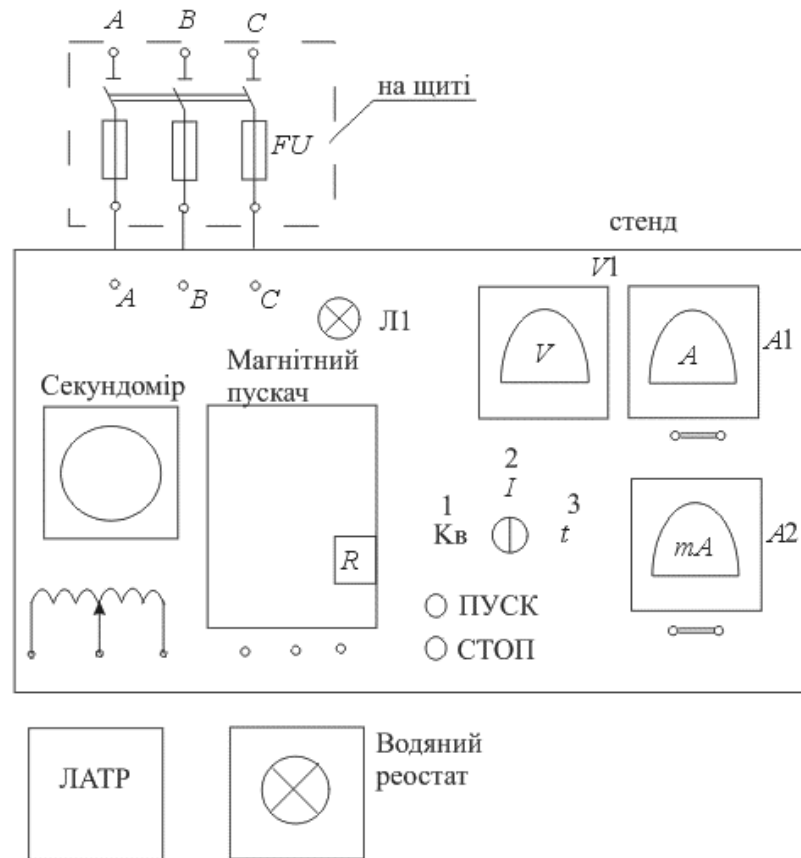


Рис. 2. Монтажна схема для дослідження магнітного пускача

Провести три досліди. Дані вимірювань занести до табл. 1.

Після закінчення дослідів напругу за допомогою ЛАТРу зменшити до нуля.

Таблиця 1

$U_{\text{спр}}, \text{В}$			
$U_{\text{пов}}, \text{В}$			
$K_{\text{пов}}$			
$K_{\text{пов.сер}}$			

3.5 За даними табл. 1 підрахувати коефіцієнт повернення $K_{\text{пов}}$ для всіх дослідів за наведеною нижче формулою:

$$K_{\text{пов}} = \frac{U_{\text{пов}}}{U_{\text{спр}}}$$

Результати розрахунку $K_{\text{пов}}$ занести у відповідні графи табл. 1.

3.6 Підрахувати середній коефіцієнт повернення $K_{\text{пов.сер}}$

$$K_{\text{пов.сєр}} = \frac{\sum K_{\text{пов}}}{3},$$

де $\sum K_{\text{пов}}$ – сума коефіцієнтів повернення за 3 досліди.

Результат занести в останній рядок табл. 1.

3.7 Провести дослід для визначення часу спрацювання $t_{\text{спр}}$ теплового реле магнітного пускача в залежності від величини струму, що протікає по обмотці, для різних уставок теплового реле. Уставка за струмом теплового реле змінюється вручну при вимкненому стенді.

Як навантаження використовується водяний реостат. Величина струму вимірюється амперметром А1 (рис. 2).

Спочатку потрібно встановити мінімальне значення напруги спрацювання як описано в п. 3.4. Потім встановити відповідну величину струму за допомогою водяного реостату (перемикач П у положенні «І»). Перевести перемикач П з положення «І» у положення «т» і натиснути кнопку «Пуск». За секундоміром фіксувати час, за який спрацює теплове реле.

Дані вимірювань для різних струмів уставки занести до табл. 2.

Таблиця 2

I, A	$t_{\text{спр}}, \text{C}$	
	$I_{\text{уст}} = 1,5, \text{A}$	$I_{\text{уст}} = 2,6, \text{A}$
5		
7		
8		
10		

Повертання теплового реле у вихідний стан після кожного з дослідів виконується натисненням кнопки «Р» на корпусі магнітного пускача після охолодження біметалевої пластини.

3.8 За даними табл. 2 побудувати характеристики $t_{\text{спр}} = f(I)$ для $I_{\text{уст}} = \text{const}$.

3.9 Визначити за амперметром А2 (рис. 2) струми в обмотці електромагніту при розімкнутому та замкнутому положенні якоря, якщо напруга на обмотці дорівнює 170 В.

Дані вимірів занести до табл. 3.

Таблиця 3

$I_{\text{роз}}, \text{mA}$	
$I_{\text{замкн}}, \text{mA}$	

Після закінчення роботи напругу за допомогою ЛАТРу зменшити до нуля, вимкнути рубильник QS.

4. Зміст звіту

- 4.1. Тема і мета лабораторної роботи.
- 4.2. Монтажна схема досліджуваного магнітного пускача та схема для визначення характеристик теплового реле.
- 4.3. Результати вимірів (табл. 1-3) та графічне зображення характеристики $t_{\text{спр}} = f(I)$ для $I_{\text{уст}} = \text{const}$.
- 4.4. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Призначення електромагніту в конструкції пускача.
2. Призначення магнітних пускачів.
3. Роль теплових реле. Чому у схемі пускача у трифазних колах теплових реле два, а не три?
4. Головні характеристики магнітного пускача.
5. Що називається коефіцієнтом повернення?
6. Як відбувається захист від надмірного зниження напруги (нульовий захист)?
7. Методи регулювання струму спрацьовування.
8. Принцип дії теплового реле.
9. Принцип дії магнітного пускача.
10. З якою метою на осердя електромагніту встановлюють демпферне кільце?
11. Наведіть вираз для постійної часу електромагніту.
12. Яким чином впливає на час спрацьовування електромагніту наявність масивних магнітопроводів; короткозамкнених контурів, створених кріпленнями та іншими конструктивними деталями, які лежать на шляху магнітного потоку?

Лабораторна робота № 3

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ

Мета роботи: дослідити процес спрацьовування автоматичних вимикачів.

1. Програма роботи

1.1 Дослідним шляхом визначити струм спрацьовування $I_{\text{спр}}$ автоматів з електромагнітним захистом.

1.2 Зняти дані для побудови ампер-секундної характеристики спрацьовування теплового розчіплювача при вмиканні автомата АП50Б з холодного стану.

2. Основні теоретичні відомості

Автоматичні вимикачі використовуються для захисту електричних кіл від струмів перевантаження і коротких замикань, а також для оперативних включень і відключень кіл змінного та постійного струму.

Вимикачі складаються з механізму керування системою, дугогасного пристрою, розчіплювача максимального струму, механізму вільного розчеплення, основи, кришки, виводів та інших вузлів.

Розчіплювач максимального струму вимикачів різних серій може бути:

- тепловим, який спрацює при перевантаженнях та коротких замиканнях;
- електромагнітним, який спрацює миттєво при струмах, що перебільшують установку на струм спрацьовування;
- комбінованим, який складається з теплового та електромагнітного елементів.

Вимикач має покажчик комутаційного положення, яким служить рукоятка керування. У підключеному стані рукоятка займає верхнє положення: при відключеному вручну – нижнє; при автоматичному виключенні – проміжнє. Завдяки механізму вільного розчеплення автоматичне відключення вимикачів при перевантаженнях та коротких замиканнях відбувається незалежно від того, утримується рукоятка керування у включеному положенні чи ні.

3. Порядок виконання роботи

3.1 Перевірка первинних знань студентів з класифікації, конструкції, використання та принципу дії автоматичних вимикачів.

3.2 Записати паспортні дані досліджуваних автоматичних вимикачів до табл. 1.

Таблиця 1

Тип автомата	$U_{\text{ном}}$, В	$I_{\text{ном}}$, А	$I_{\text{відс}}$, А

3.3. Зібрати за допомогою провідників стандартного перетину з відповідними наконечниками монтажну схему для дослідження автоматичних вимикачів (рис. 1). Виводи автомата АЕ253А під'єднані відповідним чином до виводів 1 та 2 на стенді, виводи електромагнітного роз'єднувача автомата АЕ63 та автомата АП50Б – до виводів 3 та 4.

3.4 Після перевірки правильності збирання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

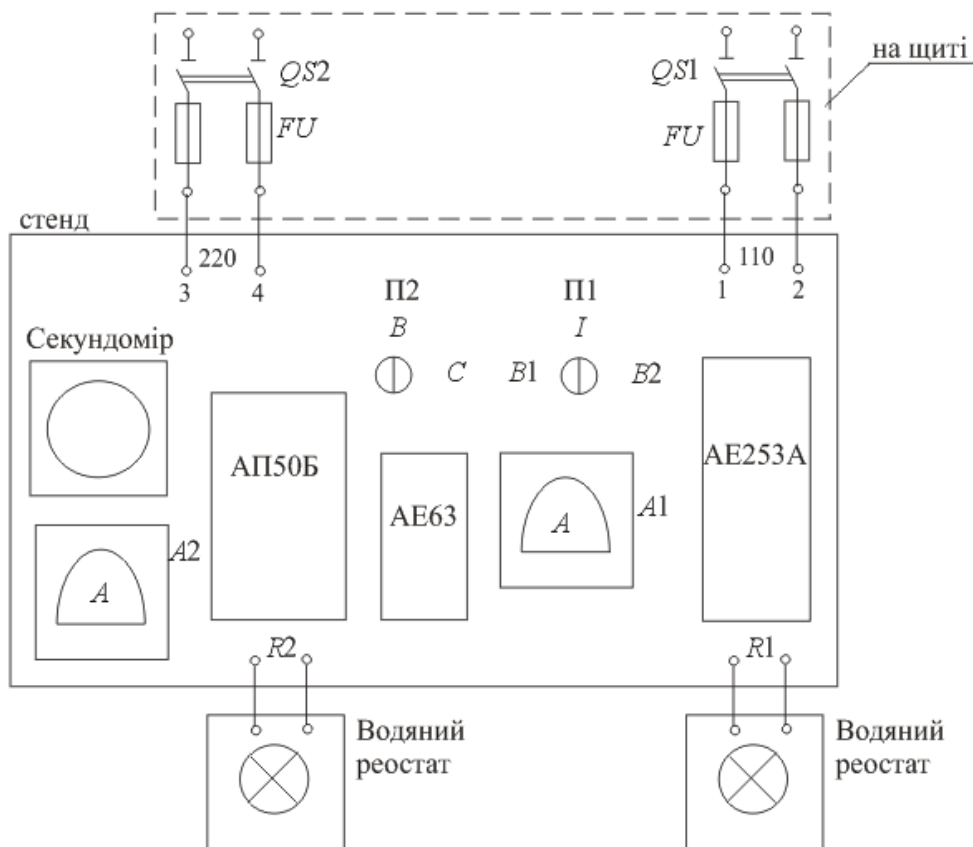


Рис. 1. Монтажна схема для дослідження автоматичних вимикачів

3.5 Для ввімкнення автомата АЕ253А потрібно замкнути на щиті рубильник постійного струму QS1 потім на стенді перемикнути перемикач П1 у положення В2.

3.6 Для визначення струму спрацьовування $I_{спр}$ автомата АЕ253А, який працює на постійному струмі, потрібно плавно збільшувати струм за допомогою водяного реостату R1. За амперметром А1 (рис. 1) визначити струм, при якому спрацьовує електромагнітний захист автомата.

Дані досліду записати до табл. 2.

Таблиця 2

Тип автомата	$I_{спр}$, А

Після закінчення досліду ножі водяного реостату R1 витягнути з води, повернути перемикач П у вихідне положення, напругу вимкнути за допомогою рубильника QS1.

3.7 Для ввімкнення електромагнітного роз'єднувача автомата АЕ63 потрібно замкнути на щиті рубильник змінного струму QS2 потім на стенді перемикнути перемикач П1 у положення В1.

Для визначення струму спрацьовування $I_{\text{спр}}$ електромагнітного роз'єднувача автомата АЕ63, що працює на змінному струмі, потрібно плавно збільшувати величину струму за допомогою водяного реостата R2. За амперметром А2 (рис. 1) визначити струм, при якому спрацьовує електромагнітний захист автомата.

Дані досліду занести до табл. 2.

Після закінчення досліду ножі водяного реостату R2 витягнути з води, повернути перемикач П у вихідне положення.

3.8. Зняти дані для побудови ампер-секундної характеристики спрацьовування теплового розчіплювача $t_{\text{спр}} = f(I)$ автомата АП50Б, працюючого на змінному струмі, при вмиканні автомата з холодного стану.

Для цього поставити перемикач П1 у положення «І». Величину струму встановити за допомогою водяного реостата R2. Перевести перемикач П1 в положення В1. За допомогою перемикача П2 провести виміри на трьох фазах автомата.

Час спрацьовування теплового роз'єднувача $t_{\text{спр}}$ визначається за допомогою секундоміра.

Після кожного автоматичного вимикання автомата потрібен час (3...5 хв) для охолодження теплового розчіплювача.

Результати вимірів записати до табл. 3.

Таблиця 3

I, A	$t_{\text{спр}}, \text{с}$		
	А	В	С
10			
14			
17			
20			

Після закінчення дослідів повернути перемикач П1 у вихідне положення, напругу вимкнути за допомогою рубильника QS1.

3.7. За даними табл. 3 побудувати ампер-секундні характеристики $t_{\text{спр}} = f(I)$ для теплових роз'єднувачів трьох фаз автомата АП50Б.

4. Зміст звіту

4.1. Тема і мета лабораторної роботи.

4.2. Монтажна схема для дослідження автоматичних вимикачів.

4.3. Паспортні дані автоматів (табл. 1) та визначення струму спрацьовування $I_{спр}$ (табл. 2).

4.4. Результати вимірів (табл. 3) та графічне зображення ампер-секундних характеристик автомата АП50Б.

4.5. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Призначення автоматичних вимикачів.
2. Складові частини вимикачів.
3. Види розчіплювачів максимального струму.
4. Призначення розчіплювача.
5. Особливості швидкодіючого вимикача.
6. Як відбувається гасіння дуги при відключенні вимикача?
7. Принцип дії електромагнітного розчіплювача.
8. Призначення механізму вільного розщеплення в універсальному автоматі.
9. Яким чином забезпечується відсутність дзвінкової роботи універсального автомата?
10. Чим обмежується струм короткого замикання при розмиканні автоматичного вимикача?
11. Призначення поляризованих електромагнітів у пристрої швидкодіючого автомата.
12. Використання ефекту близькості у швидкодіючому автоматі.
13. В якому випадку застосовують автомат гасіння магнітного поля?

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ ЧАСУ

Мета роботи: дослідити процес спрацьовування реле часу різних типів.

1. Програма роботи

1.1. Визначити дослідним шляхом час спрацювання та відпускання реле при різних положеннях регулюючої пружини реле часу РЕВ-821 та РЭВ-813.

1.2. Визначити дослідним шляхом фактичний час спрацювання $t_{\text{спр}}$ реле часу ЭВ-237 та ВЛ-17.

2. Основні теоретичні відомості

Реле часу призначені для одержання необхідного інтервалу часу при вмиканні та вимиканні електричних апаратів у системах автоматичного керування та захисту.

Реле часу бувають електропневматичні, електромагнітні, напівпровідникові, а також реле на базі магнітних підсилювачів та магнітокерованих контактів (герконів).

Реле часу РЭВ-813 працює за електромагнітним принципом. Усі вузли реле змонтовані на литій алюмінієвій основі. Нерухома частина магнітопроводу складається із сердечника з розташованою на ньому котушкою та знімним демпфером, ярма з алюмінієвим (або мідним) демпфером у вигляді гільзи. При відключенні котушки і зменшенні магнітного потоку в гільзі і демпфері (короткозамкненому витку) наводяться струми, які затримують зменшення магнітного потоку і завдяки цьому збільшують час відпадання якоря. Витримка часу регулюється підбором товщини немагнітних прокладок (грубе регулювання) та зміною натягу пружини (точне регулювання). Збільшення товщини прокладок та затягання пружини зменшує витримку часу реле при розмиканні.

3. Порядок виконання роботи

3.1. Перевірка первинних знань студентів з конструкції, використання та принципу дії реле часу різних типів.

3.2. Зібрати схему (рис. 1). Виводи досліджуваних в роботі реле часу під'єднані відповідним чином до виводів 1 та 2 на стенді. Підключення схеми до виводів рубильника на щиті QS виконується провідниками стандартного перетину, що входять до комплекту.

3.3. Після перевірки правильності зібрання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

3.4. Для визначення часу спрацювання $t_{\text{спр}}$ та відпускання $t_{\text{відп}}$ реле РЭВ-821 в положенні ослабленої регулюючої пружини і в положенні натягнутої регулюючої пружини потрібно спочатку (при вимкненій напрузі) відрегулювати вручну потрібне положення пружини, потім перемкнути перемикач В1 з положення 0 у положення РЭВ-821 та за допомогою секундоміра фіксувати час. При спрацьовуванні реле загориться лампочка Л1

зеленого кольору. Для визначення часу відпускання $t_{\text{відп}}$ реле потрібно перемикач В1 перемкнути з положення РЭВ-821 у положення 0. При цьому лампочка Л1 погасне. Час $t_{\text{відп}}$ фіксується тим же секундоміром, що і в попередньому досліді.

Одержані результати занести до табл. 1.

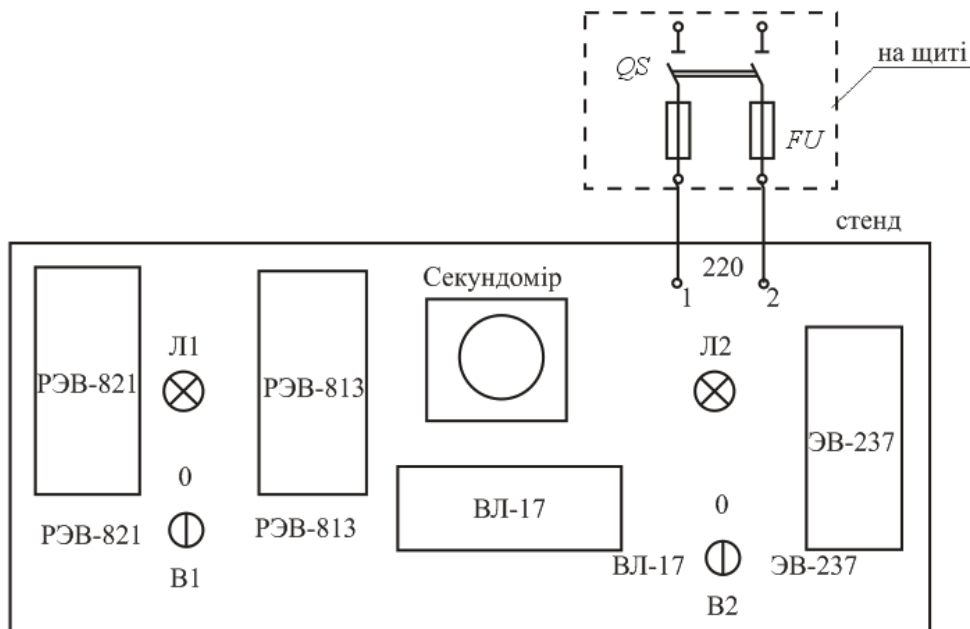


Рис. 1. Монтажна схема для дослідження реле часу

Таблиця 1

РЕВ 821	Варіанти натягнення пружини	
	ослаблена	натягнута
$t_{\text{спр}}, \text{с}$		
$t_{\text{відп}}, \text{с}$		

3.5. Для визначення часу спрацювання $t_{\text{спр}}$ реле РЭВ-813 в положенні ослабленої регулюючої пружини і в положенні натягнутої регулюючої пружини потрібно спочатку (при вимкненій напрузі) відрегулювати вручну положення пружини, потім перемкнути перемикач В1 з положення 0 у положення РЭВ-813 та за допомогою секундоміра, розташованого на стенді, фіксувати шуканий час. При спрацьовуванні реле загориться лампочка Л1 зеленого кольору. Для визначення часу відпускання $t_{\text{відп}}$ реле потрібно перемикач В1 перемкнути з положення РЭВ-813 у положення 0. При цьому лампочка Л1 погасне. Час $t_{\text{відп}}$ фіксується тим же секундоміром, що і в попередньому досліді.

РЕВ-813	Варіанти натягнення пружини	
	ослаблена	натягнута
$t_{\text{спр}}, \text{с}$		
$t_{\text{відп}}, \text{с}$		

3.6. Для визначення фактичного часу спрацьовування напівпровідникового реле ВЛ-17 $t_{\text{спр}}$ при різних значеннях часу уставки $t_{\text{уст}}$ потрібно спочатку виставити на реле потрібну уставку (табл. 3), потім перемкнути перемикач В2 з положення 0 у положення ВЛ-17. При спрацьовуванні реле загориться зелена лампочка Л2. Витримку часу фіксувати за секундоміром на стенді.

Результати вимірів занести до табл. 3.

$t_{\text{уст}}, \text{с}$	$t_{\text{спр}}, \text{с}$	Похибка $\delta_1, \text{с}$	Похибка $\delta_2, \%$
4			
10			
20			
40			
60			

Поставити перемикач В2 у положення 0.

3.7. Підрахувати похибку роботи реле ВЛ-17 за наступними формулами:

$$\delta_1 = t_{\text{спр}} - t_{\text{уст}}, \text{с}; \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{t_{\text{спр}} - t_{\text{уст}}}{t_{\text{уст}}} \cdot 100, \%. \quad (2)$$

Результати розрахунків занести до табл. 3.

3.8. Для визначення фактичного часу спрацьовування механічного реле часу ЭВ-237 $t_{\text{спр}}$ при різних значеннях часу уставки $t_{\text{уст}}$ потрібно спочатку виставити на реле потрібну уставку (табл. 3), потім перемкнути перемикач В2 з положення 0 у положення ЭВ-237. При спрацьовуванні реле загориться зелена лампочка Л2. Витримку часу цього реле потрібно визначити за ручним секундоміром.

Результати вимірів занести до табл. 4.

Таблиця 4

$t_{уст}, c$	$t_{спр}, c$	Похибка δ_1, c	Похибка $\delta_2, \%$
2			
4			
6			
8			

Підрахувати похибку роботи реле ЭВ-237 за формулами (1) та (2).
Результати розрахунків занести до табл. 4.

Після закінчення дослідів поставити перемикач В2 у положення 0.
Вимкнути напругу рубильником QS.

4. Зміст звіту

- 4.1. Тема і мета лабораторної роботи.
- 4.2. Монтажна схема для дослідження реле часу.
- 4.3. Результати визначення часу спрацювання та відпускання реле (табл. 1 та табл. 2).
- 4.4. Результати визначення фактичного часу спрацювання реле (табл. 3 та табл. 4).
- 4.5. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Принципи дії електропневматичних, електромагнітних, напівпровідникових реле часу.
2. Фізичний зміст поняття «витримка часу» реле.
3. Основні залежності для реле часу різних видів.
4. Регулювання витримки часу в електропневматичних, електромагнітних, напівпровідникових реле.
5. Які струми використовують для отримання витримки часу в електромагнітному реле часу?
6. Призначення металевої гільзи або шайби у конструкції електромагнітного реле часу.
7. Яким чином впливає зменшення повітряних зазорів у магнітопроводі електромагнітного реле часу на основний потік та швидкість його зміни?
8. Яким чином впливає зменшення активного опору короткозамкненої гільзи електромагнітного реле часу на час відпускання?
9. Яким чином впливає зменшення товщини немагнітної прокладки у повітряному проміжку електромагнітного реле часу на час відпускання?

Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ ЗАХИСТУ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Мета роботи: зняти дані для побудови характеристик реле захисту енергосистем, порівняння отриманих характеристик з типовими та набування навичок пояснення їх вигляду.

1. Програма роботи

1.1. Дослідним шляхом знайти мінімальне значення струму спрацьовування та струму повернення і визначити коефіцієнт повернення $K_{пов1}$ для індукційного реле максимального струму з витримкою часу виду РТ-81.

1.2. Зняти чисельні дані для побудови характеристик $I_{спр} = f(n)$ і $I_{пов} = f(n)$ та характеристики $t_{спр} = f(n)$ при $t^* = \text{const}$ реле РТ-81.

1.3. Дослідним шляхом знайти мінімальне значення напруги спрацьовування та напруги повернення і визначити коефіцієнт повернення $K_{пов2}$ для реле максимальної напруги РН-53.

1.4. Зняти чисельні дані для побудови характеристик $U_{спр} = f(U_{уст})$ та $U_{пов} = f(U_{уст})$ реле РН-53.

2. Основні теоретичні відомості

Індукційне реле РТ-81 має два релейних елементи – електромагнітний і індукційний.

Електромагнітний елемент складається з електромагніту та якоря. Це, по суті, електромагнітне реле максимального струму, яке дозволяє здійснювати захист з відсічкою. Під відсічкою розуміють спрацювання реле без витримки часу.

При пропусканні по реле струму $I_p \geq 2 \cdot I_{спр}$ якір втягується і без витримки часу замикає контакти реле.

Струм спрацьовування електромагнітного елемента регулюється зміною кількості витків обмотки і положення регулюючого гвинта, яким встановлюється кратність струму спрацювання.

Кратність струму спрацювання «п» можна регулювати від 2 до 8.

Індукційний елемент складається з електромагніту з короткозамкненими витками та диска, вісь якого знаходиться у підшипниках. На вісь диска насаджений черв'як. При протіканні по обмотці реле струму $I_p \geq I_{спр}$ диск обертається, рамка повертається, черв'як входить в зчеплення з зубцями сегменту, починає підійматися і спеціальною планкою замикає контакти реле.

Час спрацювання регулюється початковим положенням зубчатого сегменту за допомогою гвинта, який закріплений на шкалі часу. Чим більше струм I_p в обмотці електромагніту, тим скоріше обертається диск і з меншою витримкою часу будуть замикатися контакти реле.

Струм спрацювання індукційного елемента $I_{спр}$ регулюється зміною кількості витків обмотки.

Електромагнітний елемент реле може діяти або разом з індукційним, або самостійно.

Реле серії РТ застосовуються для захисту електричних машин, трансформаторів і лінії передач від перевантаження і коротких замикань.

3. Порядок виконання роботи

3.1. Перевірка первинних знань студентів з конструкції, використання та принципу дії індукційного реле максимального струму з витримкою часу виду РТ-81 та реле максимальної напруги РН-53.

3.2. Зібрати за допомогою провідників стандартного перетину з відповідними наконечниками монтажну схему для дослідження реле захисту енергосистем (рис. 1). Виводи реле РТ-81 та реле РН-53 під'єднані відповідним чином до виводів 1 та 2 на стенді.

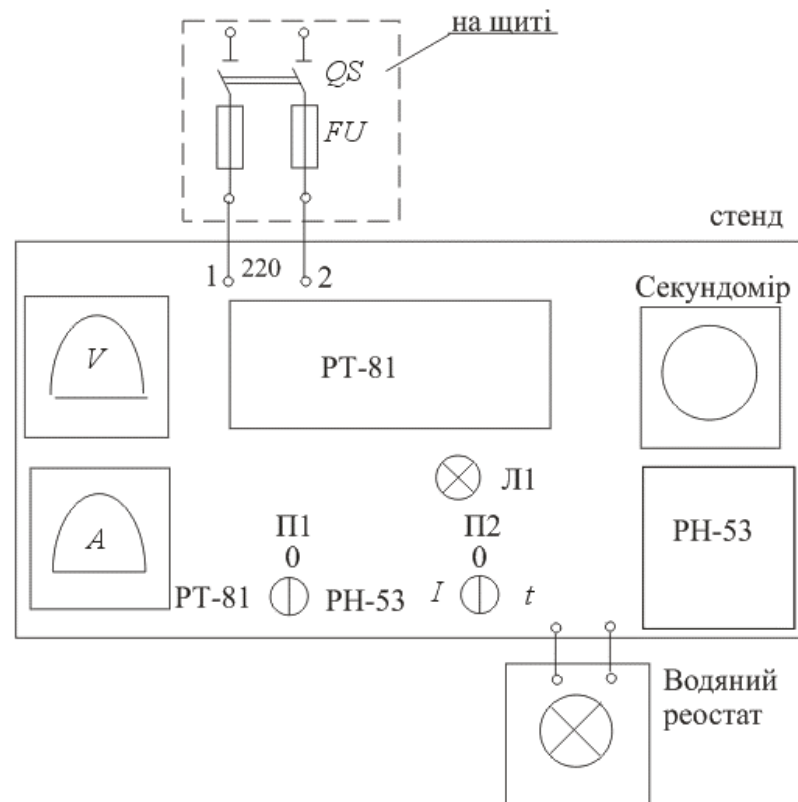


Рис. 1. Монтажна схема для дослідження реле захисту енергосистем

3.3. Після перевірки правильності зібрання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

3.4. Після подачі напруги для ввімкнення на стенді для ввімкнення на стенді реле РТ-81 потрібно перемкнути перемикач П1 з положення 0 у положення РТ-81.

3.5. Дослідити електромагнітний релейний елемент.

3.5.1. Зняти дані для побудови характеристики струмової відсічки $I_{спр} = f(n)$ і $I_{пов} = f(n)$. Для цього встановити мінімальну уставку реле за

струмом спрацьовування $I_{уст} = 4$ А (рубильник QS повинен бути вимкненим). Для того, щоб під час проведення досліду не працював індукційний елемент реле, рамку необхідно обережно притримувати рукою. Змінюючи кратність струму «n» регулюючим гвинтом і збільшуючи струм реле I_p до $I_{спр}$ (водяним реостатом), домогтися спрацювання електромагнітної частини реле. Потім знижувати струм в обмотці реле до тих пір, поки черв'як і зубчатий сегмент не вийдуть із зачеплення. В цю мить фіксується амперметром струм повернення реле $I_{пов}$.

Виконати цей дослід для різних уставок за струмом.
Результати вимірювання записати до табл. 1.

Таблиця 1

$I_{уст}, А$	4			5		8	10
Кратність струму «n»	2	4	6	2	4	2	2
$I_{спр.теор}, А$							
$I_{спр}, А$							
$I_{пов}, А$							
$K_{пов1}$							
$K_{пов1.сер}$							

Після закінчення дослідів повернути перемикач П1 у положення 0.

3.5.2. За даними табл. 1 побудувати характеристики струмової відсічки, $I_{спр} = f(n)$ і $I_{пов} = f(n)$ та визначити коефіцієнт повернення:

$$K_{пов1} = \frac{I_{пов}}{I_{спр}}.$$

Результати розрахунку $K_{пов1}$ занести у відповідні графи табл. 1.

3.5.3. Підрахувати середній коефіцієнт повернення $K_{пов1.сер}$

$$K_{пов1.сер} = \frac{\sum K_{пов1}}{m},$$

де $\sum K_{пов1}$ – сума коефіцієнтів повернення за m дослідів при різних уставках за струмом.

Результат занести в останню строчку табл. 1.

3.6. Дослідити індукційний релейний елемент.

3.6.1. Перемкнути перемикач П1 з положення 0 у положення РТ-81.

Для різних струмів уставки $I_{уст}$ і при різній кратності струмів «n» визначити час спрацювання індукційного елемента реле при різних уставках реле за часом t^* . Для цього регулюючим гвинтом встановити максимальну кратність струму $n=8$ для того, щоб виключити можливість спрацювання електромагнітної системи.

Задаючись кратністю струму «n» і струмом уставки $I_{уст} = 4$ А, за допомогою водяного реостата, встановити за амперметром відповідні струми спрацювання $I_{спр}$ (перемикач П2 у положенні «І»). Щоб виключити в цю мить спрацювання індукційного елемента, рамку потрібно підтримувати рукою. Встановивши перемикач П2 у положенні «т», відпустити рамку. Починає працювати електросекундомір, за яким фіксується час спрацювання $t_{спр}$.

Час спрацювання визначають при різних значеннях $t^* = 1$ і $t^* = 4$.

Повторити всі заміри для струму уставки $I_{уст} = 5$ А. Уставку змінювати при вимкненій напрузі живлення.

Дані вимірювання занести до табл. 2.

Таблиця 2

$I_{уст}, \text{А}$		4	5
$I_{спр}, \text{А}$			
$t_{спр}, \text{с}$	$t^* = 1$		
	$t^* = 4$		

Після закінчення дослідів повернути перемикачі П1 та П2 у положення 0.

3.6.2. За даними табл. 2 побудувати характеристики $t_{спр} = f(n)$ при $t^* = \text{const}$.

3.7. Для ввімкнення на стенді реле РН-53 потрібно перемкнути перемикач П1 з положення 0 у положення РН-53.

3.8. Зняти дані для побудови характеристик реле РН-53: $U_{спр} = f(U_{уст})$ та $U_{пов} = f(U_{уст})$.

За допомогою індукційного регулятора (ІР), повільно збільшувати напругу на обмотках реле до напруги спрацювання $U_{спр}$ (у цей час загорається лампа Л). ІР знаходиться за розподільчим щитом і регулювати напругу за його допомогою має право тільки викладач або лаборант за вказівкою викладача.

Зменшуючи величину напруги, що подається на обмотки реле, під час затухання лампи Л1 зафіксувати за вольтметром значення напруги повернення $U_{пов}$.

Змінюючи напругу уставки $U_{уст}$ від 100 до 200 В (при вимкненій напрузі живлення), повторити заміри $U_{спр}$ та $U_{пов}$.

Результати дослідження записати в табл. 3.

Таблиця 3

$U_{уст}, В$	100	120	140	160	180	200
$U_{спр}, В$						
$U_{пов}, В$						
$K_{пов2}$						
$K_{пов2.сеп}$						

Після закінчення дослідів напругу за допомогою ІР на щиті керування зменшити до 0. Повернути перемикач П1 у положення 0.

3.9. За даними табл. 3 побудувати характеристики $U_{спр} = f(U_{уст})$ та $U_{пов} = f(U_{уст})$ і визначити коефіцієнт повернення:

$$K_{пов2} = \frac{U_{пов}}{U_{спр}}.$$

Результати розрахунку $K_{пов}$ занести у відповідні графи табл. 3.

3.10. Визначити середній коефіцієнт повернення $K_{пов2.сеп}$.

$$K_{пов2.сеп} = \frac{\sum K_{пов2}}{m},$$

де $\sum K_{пов2}$ – сума коефіцієнтів повернення за m дослідів.

Результат занести в останній рядок табл. 3.

4. Зміст звіту

4.1. Тема і мета лабораторної роботи.

4.2. Монтажна схема для дослідження реле захисту енергосистем.

4.3. Результати вимірів за п. 3.5-3.9 (табл. 1-3) та відповідні графічні зображення характеристик.

4.5. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Конструкція індукційного реле.

2. Що таке характеристика струмової відсічки?

3. Як можна змінити струм спрацьовування індукційного елемента?

4. Призначення реле серії РТ.

Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Мета роботи: зняти дані для побудови характеристик реле захисту електропривода, порівняння отриманих характеристик з типовими та набування навичок пояснення їх вигляду.

1. Програма роботи

1.1. Дослідним шляхом знайти мінімальне значення напруги спрацьовування та напруги повернення і визначити коефіцієнт повернення $K_{пов1}$ для реле максимальної напруги РП-51.

1.2. Зняти чисельні дані для побудови характеристик $U_{спр} = f(U_{уст})$ та $U_{пов} = f(U_{уст})$ реле РН-51.

1.3. Дослідним шляхом знайти мінімальне значення струму спрацьовування та струму повернення і визначити коефіцієнт повернення $K_{пов2}$ для реле постійного струму РТ-40.

1.4. Зняти чисельні дані для побудови характеристик $I_{спр} = f(I_{уст})$ і $I_{пов} = f(I_{уст})$ реле струму РТ-40.

2. Порядок виконання роботи

2.1 Перевірка первинних знань студентів з конструкції, використання та принципу дії реле максимальної напруги РП-51 та реле струму РТ-40.

2.2 Зібрати схему (рис. 1). Виводи реле РП-51 та реле РТ-40 під'єднані відповідним чином до виводів на стенді позначених «+» та «-». Підключення схеми до виводів рубильника на щиті QS постійного струму виконується провідниками стандартного перетину, що входять до комплекту. Кінці провідників виконані з наконечниками.

2.3 На реле РП-51 встановити відповідну уставку (перший рядок табл. 1).

2.4 Після перевірки правильності зібрання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

2.5 Після подачі напруги для ввімкнення на стенді реле напруги потрібно перемкнути перемикач П з положення 0 у положення РН-51.

2.6 Зняти чисельні дані для побудови характеристики реле РН-51 $U_{спр} = f(U_{уст})$ та $U_{пов} = f(U_{уст})$.

Для цього потрібно плавно збільшувати напругу за допомогою реостату на щиті керування (має право тільки викладач або лаборант за вказівкою викладача) до напруги спрацьовування $U_{спр}$. Момент спрацьовування реле визначається за загоранням сигнальної лампи Л1. Напругу спрацьовування потрібно фіксувати за вольтметром V1.

Зменшуючи напругу, що підводиться до стенду від щита керування, визначити напругу повернення $U_{пов}$ (лампа Л1 погасне).

Змінюючи напругу уставки (при вимкненому рубильнику QS), повторити виміри $U_{\text{спр}}$ і $U_{\text{пов}}$.

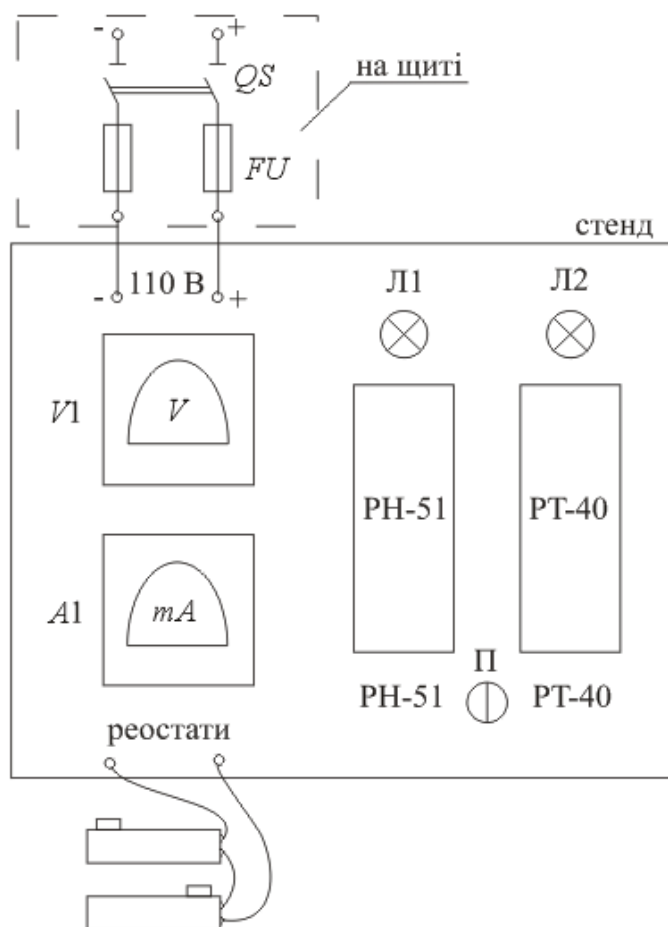


Рис. 1. Монтажна схема реле захисту електропривода

Результати вимірів занести до табл. 1.

Таблиця 1

$U_{\text{уст}}, \text{В}$	95	100	105
$U_{\text{спр}}, \text{В}$			
$U_{\text{пов}}, \text{В}$			
$K_{\text{пов1}}$			
$K_{\text{пов1.сер}}$			

Після закінчення дослідів напругу за допомогою реостату на щиті керування зменшити до 0. Повернути перемикач П у середнє положення.

2.7 За даними табл. 1 побудувати характеристики $U_{\text{спр}} = f(U_{\text{уст}})$, $U_{\text{пов}} = f(U_{\text{уст}})$ та порахувати коефіцієнт повернення $K_{\text{пов1}}$ для кожного з дослідів за наступною формулою:

$$K_{\text{пов1}} = \frac{U_{\text{пов}}}{U_{\text{спр}}}$$

Результати розрахунку $K_{\text{пов1}}$ занести у відповідні графи табл. 1.

2.8 Підрахувати середній коефіцієнт повернення $K_{\text{пов1.сеп}}$

$$K_{\text{пов1.сеп}} = \frac{\sum K_{\text{пов1}}}{3},$$

де $\sum K_{\text{пов1}}$ – сума коефіцієнтів повернення за 3 досліди при різних уставках.

Результат занести в останній рядок табл. 1.

2.9 Після подачі напруги рубильником QS для ввімкнення на стенді реле струму потрібно перемакнути перемикач П з положення 0 у положення РН-40.

2.10 Зняти чисельні дані для побудови характеристики реле РТ-40 $I_{\text{спр}} = f(I_{\text{уст}})$ і $I_{\text{пов}} = f(I_{\text{уст}})$.

Регулювання уставки реле за струмом спрацювання $I_{\text{уст}}$ (перший рядок табл. 2) здійснюється:

- зміною стиснення протидіючої пружини;
- зміною величини зазору між якорем і осердям.

Встановити на щиті керування напругу $U = 60$ В. На реле встановити $I_{\text{уст}} = 0,15$ А. За допомогою повзункового реостата (на робочому місці) плавно збільшувати струм у котушці реле до значення $I_{\text{спр}}$ (загорається сигнальна лампа Л2). Зменшуючи струм у котушці реле, зафіксувати за амперметром А1 струм повернення реле $I_{\text{пов}}$ (лампа Л2 згасне).

Змінюючи струм уставки (при вимкненому рубильнику QS), повторити виміри.

Дані вимірів занести до табл. 2.

Таблиця 2

$I_{\text{уст}}, \text{ А}$	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27	0,3
$I_{\text{спр}}, \text{ А}$						
$I_{\text{пов}}, \text{ А}$						
$K_{\text{пов2}}$						
$K_{\text{пов2.сеп}}$						

Після закінчення дослідів напругу за допомогою реостату на щиті керування зменшити до нуля. Повернути перемикач П у середнє положення.

2.11 За даними табл. 2 побудувати характеристики реле $I_{\text{спр}} = f(I_{\text{уст}})$ та $I_{\text{пов}} = f(I_{\text{уст}})$ і розрахувати коефіцієнт повернення $K_{\text{пов2}}$ для кожного з дослідів за наступною формулою:

$$K_{\text{пов2}} = \frac{I_{\text{пов}}}{I_{\text{спр}}}.$$

Результати розрахунку $K_{\text{пов2}}$ занести у відповідні графи табл. 2.

2.12 Підрахувати середній коефіцієнт повернення $K_{\text{пов2.ср}}$

$$K_{\text{пов2.ср}} = \frac{\sum K_{\text{пов2}}}{6},$$

де $\sum K_{\text{пов2}}$ – сума коефіцієнтів повернення за 6 дослідів при різних уставках.

Результат занести в останній рядок табл. 2.

4. Зміст звіту

- 4.1. Тема і мета лабораторної роботи.
- 4.2. Монтажна схема для дослідження реле захисту електропривода.
- 4.3. Результати вимірів (табл. 1 та табл. 2) та графічне зображення характеристик реле напруги та реле струму відповідно.
- 4.4. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Призначення реле серії РН-51.
2. Конструкція реле серії РТ-40.
3. Як регулюється уставка за струмом реле РТ-40?
4. Як визначити середній коефіцієнт повернення?

Лабораторна робота № 7

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ З МАГНІТОКЕРОВАНИМИ КОНТАКТАМИ (ГЕРКОНАМИ)

Мета роботи: дослідити реле з магнітокерованими контактами та дати висновки про відповідність цього реле встановленим нормам для величини перехідного опору та величини коефіцієнта повернення.

1. Програма роботи

Дослідним шляхом визначити:

- напругу спрацьовування та повернення реле з герметичними магнітокерованими контактами ($U_{\text{спр}}$, $U_{\text{пов}}$);
- величину перехідного опору контактів герконових реле.

2. Основні теоретичні відомості

Електромагнітні реле (якірні), які ще мають досить широке застосування в автоматичній техніці, мають відносно невисоку надійність. Найменш надійними елементами цих реле є контакти, які комутують струми навантаження, що пояснюється їх схильністю до ерозії.

Якірні реле мають низьку швидкодію (у них значний час спрацьовування та відпускання – більший 10^{-2} с), що не сприяє їх застосуванню в багатьох пристроях електроавтоматики. Причиною повільної дії цих реле є наявність у цій конструкції рухомого якоря з відносно великою масою, яка зумовлює інерційність рухомої системи.

Є декілька способів зменшення вищевказаних недоліків якірних електромагнітних реле. Наприклад, сучасні поляризовані реле мають високу швидкодію (до 2...5 мс), вакуумні реле не підлягають дії навколишнього середовища. Проте і ці апарати мають недолік (велика вартість, складність конструкції та експлуатації).

Суттєве підвищення вимог до надійності, швидкодії та терміну служби комутаційних елементів, які розташовуються в системах керування пристроїв автоматичного контролю, телеметрії, вимірювальної та обчислювальної техніки, привело до створення магнітокерованих контактів (герконів) і реле на їх основі.

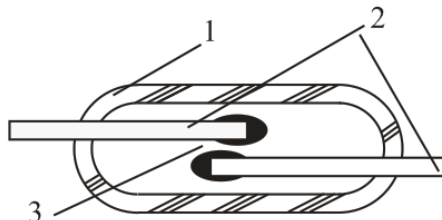


Рис. 1. Нормально розімкнений герметичний магнітокерований контакт

Магнітокерований контакт (МК) найпростішої конструкції (рис. 1) являє собою мініатюрну скляну колбу 1 з впаяними феромагнітними пластинами 2 (кінці котрих перекриваються), між якими є зазор 3.

Під впливом зовнішнього магнітного поля на пластини діє тягове зусилля, яке зближає їх. Дотичні поверхні пластин вкриті сріблом, золотом, родієм або іншими матеріалами, що знижують перехідний опір та застерігають пластини (електроди) від злипання (покриття шаром 10...20 мкм). Пластини виконують функції магнітопроводу, контактних пружин та електричних контактів. Для покращення умов дугогасіння при розмиканні контактів – колба заповнюється інертним газом (азотом, воднем) при нормальному або підвищеному тиску, або в ній утворюється розрідження.

Реле з МК мають наступні переваги:

- висока надійність комутації;
- довготривалий термін служби (до 10^{12} спрацьовувань);
- високу швидкість (час спрацьовування 0,5 мс, відпускання – 0,3...0,5 мс);
- мала вартість;
- висока стійкість до короточасних перевищень напруги (5-6 кратні значення номінальної напруги);
- висока стабільність контактного опору.

Керування МК можна здійснювати за допомогою постійного магніту, під дією поля якого пластини замикаються. Проте частіше МК керуються котушками зі струмом. Можливі реле з одним або декількома нормально замкненими чи розімкненими контактами.

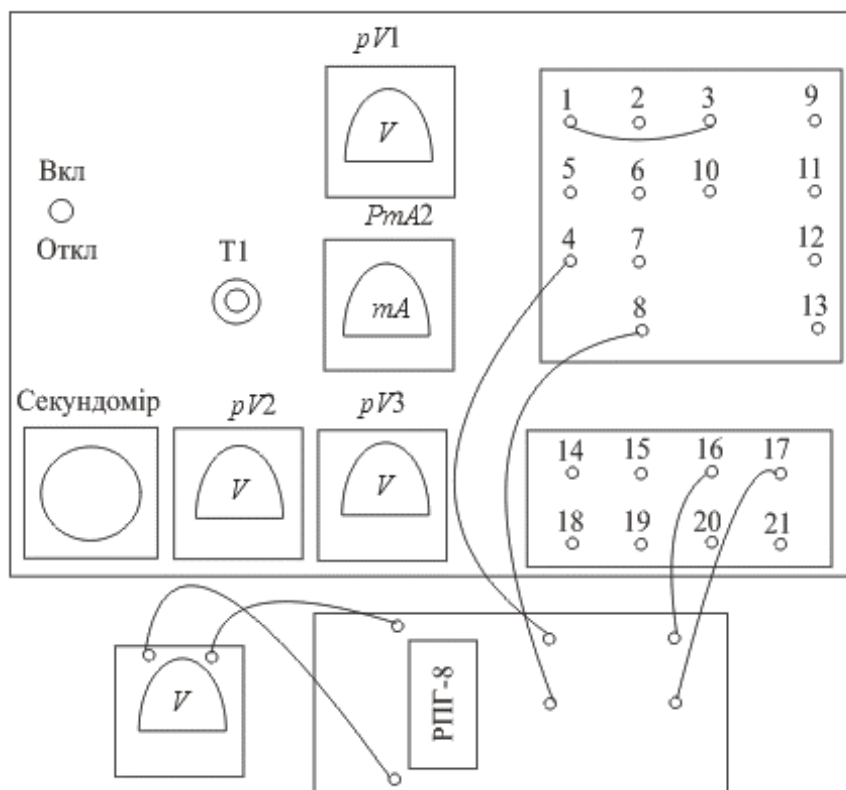


Рис. 2. Монтажна схема для дослідження герконових реле

3. Порядок виконання роботи

3.1. Перевірка первинних знань студентів з конструкції, призначення та принципу дії герконових реле.

3.2. Зібрати схему (рис. 2) з допомогою провідників відповідного перетину. Для проведення випробувань герконових реле використовується спеціальний стенд ПР2578.00.00. Стенд складається з основного блоку та збірної панелі, з'єднання яких між собою показано на рис. 2. Після збирання схеми потрібно закрити кришку основного блоку.

3.3. Після перевірки правильності збирання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

Основний блок вмикається в мережу змінного струму за допомогою розетки.

3.4. Перевірка перехідного опору контактів.

3.4.1. Для виконання досліду по перевірці перехідного опору контактів потрібно встановити реле у відповідний роз'єм на збірній панелі. Схема для вимірювання перехідного опору контактів реле показана на рис. 3.

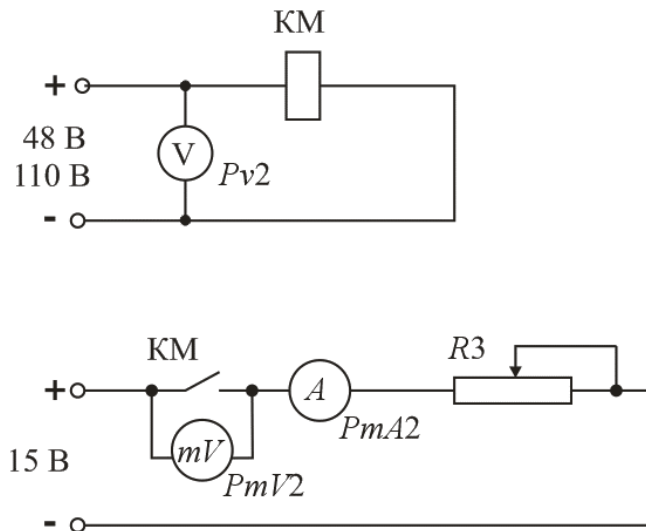


Рис. 3. Схема для вимірювання перехідного опору контактів реле

3.4.2. Включити тумблер S1 (рис. 2). За допомогою автотрансформатора Т1 подати на котушку реле номінальну напругу. Ця напруга контролюється вольтметром PV2. Контакти реле замикаються. У цьому можливо переконатися по відхиленню стрілки міліамперметра PmA2 і загоранню світлодіода.

3.4.3. За допомогою R3, орієнтуючись на показання міліамперметра PmA2, встановити в колі контактів струм 0,1 А.

3.4.4. За допомогою мілівольтметра PmV виміряти спад напруги U на кожному замкнутому контакті. Виводи приладу PmV підключити до відповідних клем на збірній панелі (рис. 2).

Дослід повторити три рази.

Результати вимірювань занести до табл. 1.

ΔU , В			
I , А	0,1		
$R_{пер}$, Ом			
$R_{пер.сер}$, Ом			

3.4.5. Визначити величину перехідного опору контактів:

$$R_{пер} = \frac{\Delta U}{I} = \frac{\Delta U}{0,1}.$$

За результатами трьох дослідів визначити середнє значення $R_{пер.сер}$.

$$R_{пер.сер} = \frac{\sum R_{пер}}{3},$$

де $\sum R_{пер}$ – сума коефіцієнтів повернення за 3 досліди.

Для реле РПК-8-2510 (на базі геркону типу МКА 52202) $R_{пер.сер} < 0,2$ Ом.

Результат розрахунку $R_{пер.сер}$ занести в останню строчку табл. 1.

3.4.6. Після закінчення дослідів за допомогою автотрансформатора Т1 зняти напругу з котушки реле, вимкнути тумблер S1.

3.4.7. Дати висновки про відповідність реле встановленим нормам для величини перехідного опору.

3.5. Визначення коефіцієнта повернення реле.

3.5.1. Для виконання дослідів по визначенню коефіцієнта повернення герконового реле потрібно зібрати схему для визначення коефіцієнта повернення (рис. 4). Закрити кришку основного блоку.

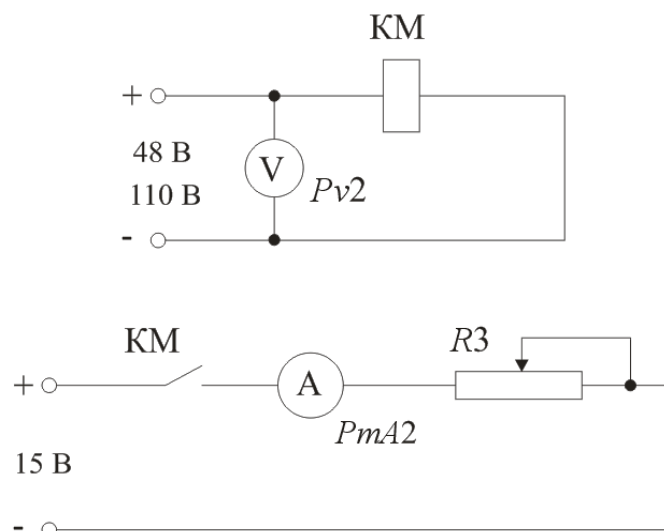


Рис. 4. Схема для визначення коефіцієнта повернення

3.5.2. Включити тумблер S1. За допомогою автотрансформатора T1 повільно підвищувати напругу на котушці реле до замикання контакту геркона, що фіксується по відхиленню стрілки міліамперметра PmA2 та загорянню світлодіода. Зафіксувати за вольтметром PV2 напругу в момент замикання контакту. Це буде напруга спрацьовування $U_{спр}$.

3.5.3. Збільшити напругу на котушці реле (контролюється за PV2) вище номінальної на 10 % та витримати її на протязі не менше 20 с.

3.5.4. Повільно зменшувати напругу на котушці до значення $U_{пов}$, при якому геркон розмикається. У цьому можливо переконатися по падінню стрілки приладу PmA2 до нуля і затуханню світлодіода.

3.5.5. Дослід по визначенню $U_{спр}$ і $U_{пов}$ повторити три рази.

Дані вимірів занести до табл. 2.

Таблиця 2

$U_{спр}$, В			
$U_{пов}$, В			
$K_{пов}$			
$K_{пов.сер}$			

3.5.6. Визначити коефіцієнт повернення для кожного досліді:

$$K_{пов} = \frac{U_{пов}}{U_{спр}} = \frac{I_{пов} \cdot W}{I_{спр} \cdot W} = \frac{I_{пов}}{I_{спр}},$$

де W – кількість витків у котушці.

Результати занести у відповідні графи табл. 2.

3.5.7. Визначити середнє значення коефіцієнта повернення $K_{пов.сер}$.

$$K_{пов.сер} = \frac{\sum K_{пов}}{3},$$

де $\sum K_{пов}$ – сума коефіцієнтів повернення за 3 досліді.

Для справного реле середнє значення коефіцієнта повернення повинно бути в наступних межах: $0,3 \leq K_{пов.сер} \leq 0,9$.

Результат розрахунку занести в останній рядок табл. 2.

3.5.8. Дати висновки про відповідність реле встановленим нормам для величини коефіцієнта повернення.

4. Зміст звіту

4.1. Тема і мета лабораторної роботи.

4.2. Монтажна схема для дослідження герконових реле, схеми для вимірювання перехідного опору контактів реле та для визначення коефіцієнта повернення.

4.3. Результати вимірів (табл. 1 та табл. 2) та відповідні графічні зображення характеристики.

4.4. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Основні недоліки електромагнітних реле.
2. Порівняйте властивості напівпровідникових та герконових елементів.
3. Конструкція та принцип дії герконових реле.
4. Основні властивості герконових реле.
5. Призначення феромагнітних пластин в конструкції геркону.
6. Методика визначення перехідного опору геркону.
7. Методика визначення коефіцієнта повернення герконового пристрою.
8. Доцільність застосування герконів та герконових реле у схемах автоматики.
9. Наведіть приклади застосування герконових пристроїв.
10. Чим характеризується чутливість реле?
11. Що таке комутуюча потужність реле?
12. Що називається коефіцієнтом добротності реле?
13. Що називається коефіцієнтом повернення реле?

Лабораторна робота № 8

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАВКИХ ЗАПОБІЖНИКІВ

Мета роботи: дослідити спрацьовування плавких запобіжників.

1. Основні теоретичні відомості

Плавкі запобіжники застосовуються для захисту від струмів короткою замикання та від струмів перевантаження в електричних пристроях. Плавкий запобіжник повинен пропускати протягом довгого часу електричний струм, зберігаючи при цьому свої електричні та теплові властивості.

Такий режим роботи запобіжника характеризується як сталий.

Запобіжник може знаходитися в колах постійного та змінного струмів, через нього може проходити струм у вигляді імпульсів різної форми.

Номінальний струм запобіжника характеризується діючими значеннями. Основним фактором, що визначає значення номінального струму запобіжника, є допустима температура нагріву плавкого елемента.

Для найбільш оптимального застосування запобіжників необхідно підбирати струм через запобіжник так, щоб забезпечити номінальний тепловий режим.

При виникненні короткого замикання плавкий запобіжник повинен вимкнути аварійний струм до того, коли виникнуть які-небудь порушення в електричному колі.

Габарити, конструкції та матеріали, що застосовуються в запобіжниках, визначаються, в основному, умовами його надійної роботи саме в режимі короткого замикання.

У режимі перевантаження за струмом на протязі довгого часу через запобіжник протікає струм перевантаження і плавкий елемент розплавляється. Запобіжник вимикає коло.

При цьому спостерігається значний перегрів всього запобіжника.

Запобіжники низької напруги – терміни

Патрон запобіжника – армована контактними частинами трубка з ізоляційного матеріалу, призначена для вміщення в середині її плавкої вставки.

Розбірний патрон запобіжника – патрон, який може бути багатократно розібраний, заряджений новою змінною плавкою вставкою та заново зібраний без застосування спеціального інструменту.

Плавка вставка запобіжника – це змінна частина що вставляється в патрон запобіжника, розплавляється під дією струму при умовах, що визначаються захисною характеристикою запобіжника.

Номінальна напруга запобіжника – напруга для тривалої роботи, для якої він призначений.

Номінальний струм запобіжника – струм, який дорівнює найбільшому з $I_{\text{НОМ}}$ плавких вставок, призначених для даного запобіжника.

Номинальний струм плавкої вставки запобіжника – вказаний на плавкій вставці струм для тривалої роботи, для якої вона призначена.

Струм короткого замикання мережі – ефективне значення періодичної складової струму (у перший період протікання струму), який би був одержаний за умови замикання мережі при глухому шунтуванні запобіжника.

Граничний струм вимикання запобіжника при даній напрузі – найбільше значення струму короткого замикання мережі, при якому гарантується надійна робота запобіжника.

Величина струмообмеження запобіжника – найбільше миттєве значення струму, що протікає в колі при спрацюванні запобіжника в умовах короткого замикання мережі.

Захисна характеристика запобіжника – залежність повного часу вимкнення (тривалість розплавлення плавкої вставки плюс тривалість гасіння дуги) від величини $I_{\text{вимкн}}$ запобіжника.

2. Порядок виконання роботи

2.1. Перевірка первинних знань студентів з конструкції, використання та принципу дії плавких запобіжників.

2.2. Установити діаметр дроту, який відповідає номінальним струмам 10 А та 20 А. Вставити дротину в корпус запобіжника.

2.3. Зібрати схему (рис. 1) провідниками стандартного перетину, що входять до комплекту.

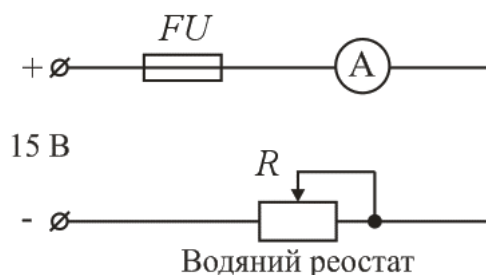


Рис. 1. Електрична схема дослідної установки

2.4. Після перевірки правильності зібрання схеми подати напругу згідно пунктів 4, 5 та 6 розділу «Правила охорони праці».

2.5. Підвищуючи струм шляхом зменшення опору реостату, зафіксувати за амперметром величину струму перевантаження $I_{\text{перев}}$, при якому здійснюється перегорання плавкої вставки.

2.6. Визначити фактичний коефіцієнт запасу:

$$k = \frac{I_{\text{перев}}}{I_{\text{ном}}}$$

Вибір плавких вставок для захисту електродвигунів

Електродвигуни	Кратність номінального струму плавкої вставки по відношенню до номінального струму двигуна
1. Двигуни постійного струму та асинхронні з фазним ротором: а) при тривалому режимі роботи; б) при повторно-короткочасному режимі (при ПВ=25 %).	1,0 1,25
2. Двигуни асинхронні з короткозамкненим ротором та кратністю пускового струму близько 7 при тривалому режимі роботи: а) пуск на повній напрузі мережі, б) пуск на пониженій напрузі мережі за допомогою автотрансформатора і т. п.	2,75 2,0
3. Двигуни асинхронні з короткозамкненим ротором та кратністю пускового струму близько 7 при повторно-короткочасному режимі роботи (при ПВ=25 %).	3,5

Примітки:

1. Захист від перевантажень асинхронних двигунів з к. з. ротором не може бути здійснений тільки запобіжниками з плавкими вставками, які захищають, ці двигуни тільки від струмів короткого змикання. Разом із запобіжниками застосовують тільки реле.

2. При кратності пускового струму асинхронних двигунів, які відрізняються від 7, номінальні струми плавких вставок вибирають згідно з розрахунком.

4. Зміст звіту

- 4.1. Тема і мета лабораторної роботи.
- 4.2. Схема ввімкнення досліджуваного запобіжника.
- 4.3. Результати визначення фактичного коефіцієнта запасу за п. 2.6.
- 4.5. Загальні висновки по результатах роботи.

5. Контрольні питання

1. Призначення запобіжників.
2. Матеріали, що застосовуються для виготовлення плавкої вставки.
3. Можливі види конструкції запобіжників та плавких вставок.
4. Номінальні параметри запобіжників.
5. Захисна характеристика.
6. Інерційні запобіжники (конструкція, призначення).
7. Швидкодіючі запобіжники (конструкція, призначення).

8. Які найбільш поширені матеріали для плавких вставок?
9. Яка користь від вузького перехийку плавкої вставки?
10. З якою метою у засипних запобіжниках застосовують паралельні плавкі вставки?
11. Який матеріал застосовують для струмонесучого шару у плівковому запобіжнику?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посіб. Харків : Вид-во «Точка», 2012. 340 с.
2. Клименко Б. В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі : навч. посіб. Харків : Талант, 2008. 208 с.

Навчально-методичне видання

Устименко Дмитро Володимирович,
Карзова Оксана Олександрівна,
Балійчук Олексій Юрійович

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

Навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт

Електронне видання

Експертний висновок склала канд. техн. наук, доц. Оксана Маренич

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 705 від 12.03.2024)

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка Д. В. Устименко

Формат 60x84 ¹/₁₆. Ум. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 1 ,47.

Зам. № 32

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010