

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра електроенергетики, електротехніки та  
електромеханіки

**ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ**

методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт для  
здобувачів вищої освіти ступеня «Бакалавр» спеціальності 141  
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
денної та заочної форм навчання

Миколаїв  
2020

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 21.05.2020 р., протокол № 10.

#### Укладачі:

- Л. В. Вахоніна – канд. фіз.-мат. наук, доц. кафедри електроенергетики електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет;
- О. С. Садовий – канд. техн. наук, расист. кафедри електроенергетики електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

#### Рецензенти:

- І. П. Атаманюк – д-р техн. наук, професор кафедри вищої та прикладної математики, Миколаївський національний аграрний університет;
- О. А. Горбенко – канд. техн. наук, доц., завідувач кафедри агроінженерії, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний аграрний  
університет, 2020

ЗМІСТ	стр.
ВСТУП.....	5
.....	
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ОБЛАДНАННЯМ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З КУРСУ "ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ"	6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАВКИХ ЗАПОБІЖНИКІВ	10
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТОРІВ ПОСТІЙНОГО І ЗМІННОГО СТРУМУ	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЛЕ ЧАСУ	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИМИКАЧА	31
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО СТРУМУ	36
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЛЕ	41
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8 ДОСЛІДЖЕННЯ ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ (ТРН)	46
ЛІТЕРАТУРА	51

## ВСТУП

Беззаперечним і усіма усвідомленим є факт, що рівень розвитку суспільства визначається рівнем його енергозабезпечення. Разом з електричними машинами електричні апарати є фундаментальними засобами, що забезпечують прогрес в області електрифікації, автоматизації і комп'ютеризації і сучасний їх стан. Саме тому дисципліна електричні апарати – одна із базових дисциплін для майбутніх спеціалістів енергетиків.

*Електричні апарати* – це пристрої електротехніки, що використовуються для вмикання, вимикання електрокіл, контролю, захисту, керування, регулювання роботою установок, що призначені для передачі, перерозподілу та споживання енергії.

*Предмет курсу* „Електричні апарати” полягає у вивченні основ функціонування електричних апаратів, їх конструкцій, та їх експлуатаційних характеристик і в першу чергу тих електричних апаратів, що використовують в енергетичних та технічних системах і при автоматизації різних технологічних і виробничих процесів.

В результаті вивчення курсу студент повинен знати:

- основні фізичні принципи роботи;
- розрахунки окремих елементів і вузлів апаратів;
- методи вибору провідників та апаратів і області їх застосування;
- Основні технічні вимоги до апаратів.

*Вміти:*

- виконувати розрахунки для правильного вибору автоматичних вимикачів, рубильників, пускачів і контакторів;
- визначати розрахункові умови короткого замикання;

- виконувати вмикання електричних апаратів, вимикання при короткому замиканні.

Дисципліна „Електричні апарати” базується на знаннях вищої математики, фізики, ТОЕ, елементів теорії електричних машин.

Електричні апарати застосовуються практично всюди, де необхідно керувати потоками електроенергії – починаючи від АЕС і закінчуючи побутовими приладами, наприклад, таких як пральна машина, електропраска, сучасна електролампа.

**ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ОБЛАДНАННЯМ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З КУРСУ  
"ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ "**

*1.1. Мета роботи*

Ознайомлення з будовою учбового стенду НТЦ – 09 та принципом виконання лабораторних робіт за допомогою вказаного стенда.

*1.2. Основні положення*

Лабораторний стенд "Електричні апарати" призначений для використання в якості навчального обладнання у вищих навчальних закладах при проведенні лабораторно-практичних занять за курсом "Електричні апарати ".

Електроживлення стенду здійснюється від однофазної мережі змінного струму напругою 220В і частотою 50Гц. Потужність, яка споживається виробом від мережі, не більш ніж 500 Вт.

Лабораторний стенд забезпечує багаторазове проведення наступних лабораторних робіт:

- дослідження плавких запобіжників
- дослідження реле постійного струму й магнітного пускача змінного струму;
- дослідження реле часу;
- дослідження автоматичного вимикача;
- дослідження реле максимального струму;
- дослідження тиристорного регулятора напруги ;
- дослідження теплового реле;

Максимальний струм навантаження ЛАТРа 2А.

Мінімальний струм спрацьовування реле струму РТ не менш 0,5А.

Межі виміру електронного секундоміра 0,1...99,9сек і 1...999сек.

Максимальний струм навантаження джерела живлення 24В; 1А.

Максимальний струм навантаження випрямного мосту 3А.

Стенд допускає тривалість безперервної роботи 8 годин.

### 1.3. Будова і принцип роботи

Конструктивно стенд складається із корпусу з лабораторним столом і лицевої панелі (рис. 1.1).

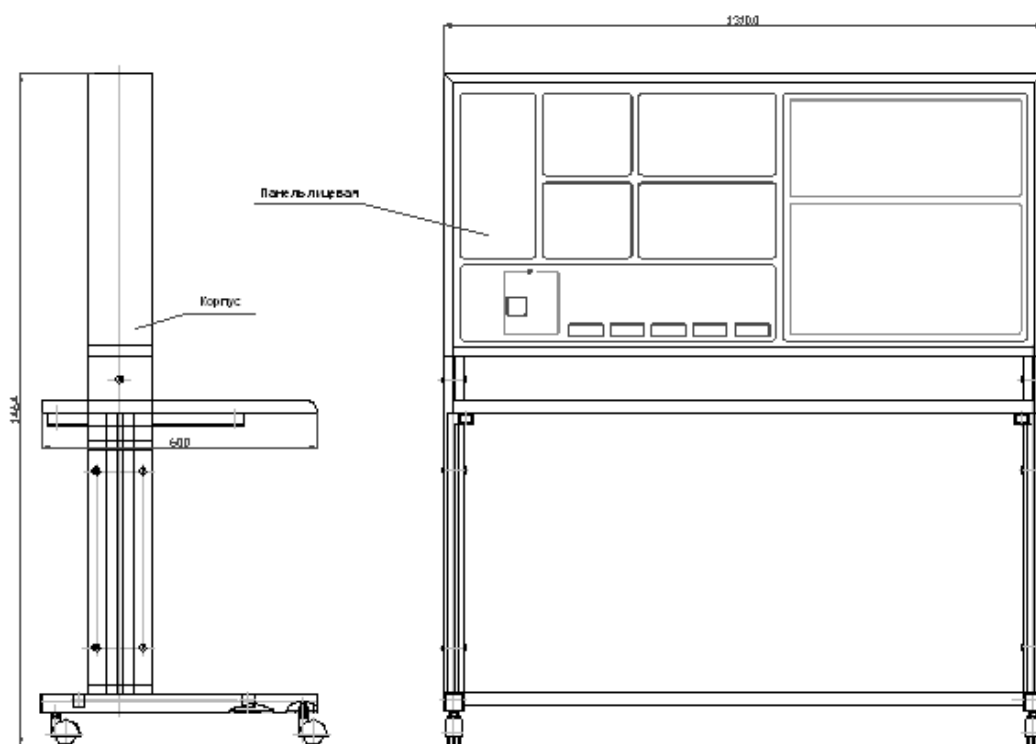


Рис. 1.1.

На лицевій панелі встановлені: контрольно-вимірювальні прилади; досліджувані апарати (реле, пускачі,); органи керування.

Електричні апарати розміщені зовні, що дозволяє вивчити конструкцію електричних апаратів і спостерігати в безпосередній

близькості його роботи. Для зручності комутації між собою контактні затискачі виведені на монтажну панель і на гнізда безпосередньо на зображенні відповідних елементів апарата.

#### *1.4. Заходи безпеки при роботі на стенді*

При експлуатації стенду необхідно дотримуватися «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» і "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів".

Стенд експлуатувати тільки в приміщенні без підвищеної небезпеки по ступеню ураження електричним струмом.

Включення живлення стенду і виконання лабораторних робіт проводити тільки після дозволу викладача.

Збирання електричних схем для проведення лабораторної роботи робити необхідно при відключеному живленні стенду.

Корпус стенда повинен бути заземлений. Опір контуру заземлення не більше 4 Ом.

При заміні запобіжника або перед розкриттям задньої кришки необхідно відключити стенд від мережі.

Під час проведення лабораторної роботи забороняється торкатися контактів апаратів.

До лабораторних робіт допускаються особи, що пройшли інструктаж з техніки безпеки.

#### *1.5. Підготовка і порядок роботи*

Зробити візуальний огляд виробу і перевірити комплектність поставки.



Підготовку виробу до роботи зробити в зазначеній послідовності.

1.5.1. Вилку кабеля живлення включити в розетку електромережі 220В, 50Гц.

1.5.2. Перед початком роботи необхідно ретельно вивчити даний паспорт і докладно ознайомитися зі схемою лабораторної роботи.

1.5.3. Накреслити принципову схему роботи в зошиті. Продумати, яким чином провести комутацію між апаратами, розібратися в їхньому призначенні, усвідомити роботу схеми і її елементів.

1.5.4. Вичертити монтажну схему із вказівкою місць підключення перемичок або скласти таблицю з'єднань, відповідно до якої буде проводитися комутація елементів апаратів.

1.5.5. Складання схеми роботи тільки при відключеній живильній мережі. Після закінчення складання схеми ретельно перевірити правильність з'єднань відповідно до малюнків, прикладених до лабораторних робіт. Переконатися у відсутності коротких замикань у монтажі схеми. Після чого звернутися до викладача за дозволом на проведення лабораторної роботи.

1.5.6. Приступаючи до роботи, варто встановити всі тумблери в нижнє положення, що відповідає їхньому відключеному стану.

При проведенні роботи стежити за тим, щоб величини вимірюваних параметрів не виходили за межі їхніх паспортних даних. При проведенні робіт, у яких струми навантаження перевищують 1А (дослідження запобіжника, автоматичного вимикача, реле максимального струму, магнітного підсилювача) рекомендується між експериментами робити паузи, для того щоб навантажувальні елементи не перегрівалися і теплові розчіплювачі апаратів відновлювали свої властивості (теплове реле, автоматичний вимикач).

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАВКИХ ЗАПОБІЖНИКІВ

### 2.1. Мета роботи

2.1.1. Ознайомитися з конструкцією і технічними даними низьковольтних запобіжників типів ПР-2, ПН-2, ПНД-2, ПРС, НПН-60.

2.1.2. Зняти часо-струмову характеристику плавкої вставки й зрівняти її з розрахунковою.

### 2.2. Основні теоретичні відомості

Плавким запобіжником називають електричний апарат, що при струмі, більшому заданої величини, розмикає електричний ланцюг шляхом розплавлення плавкої вставки, безпосередньо нагрітої струмом до розплавлення.

Запобіжники можна класифікувати по ступеню закриття плавкої вставки на:

- запобіжники з відкритою плавкою вставкою (застосовуються рідко);
- запобіжники з напівзакритим патроном;
- запобіжники із закритим патроном, - у яких відсутній викид полум'я дуги при перегорянні плавкої вставки.

Запобіжники із закритим патроном можуть бути з наповнювачем і без нього. У запобіжниках з наповнювачем дуга гаситься в порошкоподібному наповнювачі, а в запобіжниках без наповнювача - внаслідок високого тиску газів у патроні.

Матеріали для плавких вставок повинні мати малий питомий опір, невелику температуру плавлення й, крім того, повинні бути стійкими до окислювання.

У сучасних запобіжниках для плавких вставок звичайно застосовуються мідь, цинк, срібло.

Мідь у порівнянні із цинком має малий питомий опір, що дозволяє застосовувати плавкі вставки невеликого перерізу. Однак мідь має досить високу температуру плавлення (близько 1083 °С) і піддана окислюванню.

Срібло, як і мідь, має малий питомий опір й, крім того, не окислюється, що обумовлює високу стабільність прикордонних струмів срібних вставок. Температура плавлення срібла – 961 °С .

У запобіжниках із мідними або срібними вставками при невеликих струмах перевантаження можливе значне нагрівання патрона запобіжника і його руйнування. Одним зі способів зниження температури плавлення вставки є застосування металургійного ефекту, коли на мідну або срібну вставку напаяють кульки із металу з низькою температурою плавлення (олово, свинець). При нагріванні від струму перевантаження кулька плавиться і розчиняє в собі метал вставки, що призводить в остаточному підсумку до зміни перерізу вставки і її розплавлення в цьому місці. Металургійний ефект сприяє помітному зниженню часу перегорання вставок при невеликих струмах перевантаження.

До переваг цинкових вставок варто віднести, крім невисокої температури плавлення (419(С)), незмінність їхнього перерізу при експлуатації.

Основними параметрами запобіжників є:

-  $I_{\text{ном потр}}$  - номінальний струм патрона - максимальний струм, при якому струмоведучі й контактні частини нагріваються не вище допустимої температури;

-  $I_{\text{ном вст}}$  - номінальний струм вставки - тривалий робочий струм, при якому плавка вставка не повинна перегоряти;

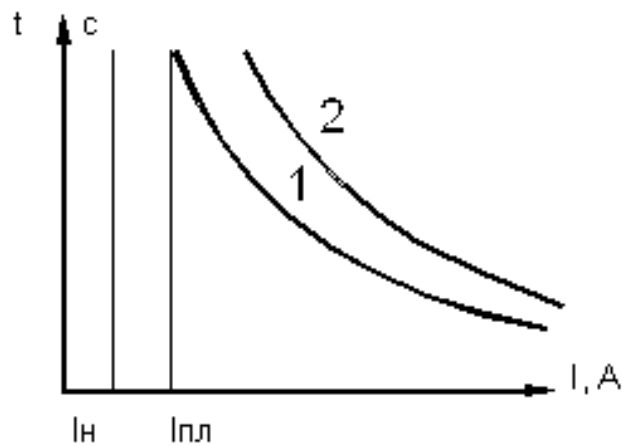
-  $I_{\text{ном відкл}}$  - граничний струм відключення запобіжника.

Повний час відключення ланцюга запобіжником складається з часу нагрівання вставки до плавлення, часу переходу із твердого стану в рідке (плавлення) і часу горіння (гасіння дуги):

$$t_{\text{відкл}} = t_{\text{нагр}} + t_{\text{пл}} + t_{\text{дуги}}$$

Залежність повного часу відключення ланцюга плавким запобіжником від струму називають часо-струмовою характеристикою, або захисною характеристикою.

Запобіжник буде захищати об'єкт лише в тому випадку, коли його захисна характеристика розташовується трохи нижче захисної характеристики, об'єкта, який захищається при будь-якому значенні струму в ланцюзі (рис. 2.1).



1 - характеристика запобіжника;  
2 - характеристика об'єкта.

Рис. 2.1.

Крутизна захисної характеристики запобіжника визначає швидкодію спрацьовування запобіжника а, отже, надійність захисту.

Величина струму, при якому вставка запобіжника не перегорє протягом тривалого часу, називають прикордонним струмом.

Номінальний струм плавкої вставки повинен бути менше прикордонного струму.

Для звичайних запобіжників відключення 5-10 - кратного струму відбувається приблизно за час 0,5-0,1с, а 1,5-2 - кратного струму - за 20-50с.

Для ланцюгів, що вимагають більшої швидкодії захисту, створені спеціальні швидкодійчі запобіжники (серія ПНБ), які відключають 5-10 - кратний струм за час не більше 0,01с, а 1,5-2 -кратний струм - за 10с.

У деяких випадках потрібно, навпаки, підвищена інерційність спрацьовування запобіжника, наприклад для захисту асинхронних двигунів із прямим пуском. Для таких ланцюгів є спеціальні інерційні запобіжники із двома різними плавкими вставками, що обумовлює двоступінчастий вид захисної характеристики із різною крутизною.

Кожен тип запобіжника виготовляють на певний номінальний найбільший струм, а плавкі вставки до нього, роблять на кілька значень номінального струму. Так, наприклад, запобіжник на номінальний струм 60А виконують з плавкими вставками на струми 15, 20, 25, 35, 45 й 60 А.

Вибір запобіжника здійснюється:

- по номінальній напрузі мережі:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{вст}},$$

де  $U_{\text{ном}}$  - номінальна напруга запобіжника.

Рекомендується номінальну напругу запобіжників обирати по можливості рівною номінальній напрузі мережі.

- по тривалому розрахунковому струму лінії:

$$I_{\text{НОМ ВСТ}} \geq I_{\text{ТРИВ}},$$

де  $I_{\text{НОМ ВСТ}}$  - номінальний струм вставки;

- за умовами пуску асинхронних двигунів (з короткозамкненим ротором):

$$I_{\text{НОМ ВСТ}} \geq I_{\text{ПУСКУ}} / \alpha,$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, що залежить від умов пуску,

$$\alpha = 1,5 \dots 2,5;$$

- якщо запобіжник стоїть в лінії, що живить відразу кілька двигунів з к.з. ротором:

$$I_{\text{НОМ ВСТ}} = 0,4(I_{\text{РОЗР}} + (I_{\text{ПУСКУ}} - I_{\text{НОМ ДВ}})),$$

де  $I_{\text{РОЗР}}$  - розрахунковий номінальний струм лінії, рівний  $I_{\text{НОМ ДВ}}$

Різниця  $(I_{\text{ПУСКУ}} - I_{\text{НОМ ДВ}})$  береться для двигуна, у якого вона найбільша.

Для двигунів з фазним ротором, якщо  $I_{\text{ПУСКУ}} < 2I_{\text{НОМ ДВ}}$ , то

$$I_{\text{НОМ ВСТ}} \geq (1 \dots 1,25)I_{\text{НОМ ДВ}}.$$

- перевірка за умовами короткого замикання:

$$I_{\text{КЗ}} / I_{\text{НОМ ВСТ}} \geq 3 \dots 4,$$

де  $I_{\text{КЗ}}$  - струм к.з. двигуна.

У ланцюгах керування і сигналізації плавкі вставки обираються за співвідношенням:

$$I_{\text{НОМ ВСТ}} \geq \sum I_{\text{РОБ МАКС}} + {}^{0,1} \sum I_{\text{ВКЛ МАКС}},$$

де  $\sum I_{\text{РОБ МАКС}}$  - найбільший сумарний струм, споживаний котушками апаратів, сигнальними лампами і т.д. при одночасній роботі;

$\sum I_{\text{вкл макс}}$  - найбільший сумарний струм, споживаний при включенні котушок, одночасно увімкнених апаратів.

### 2.3. План роботи

2.3.1. Вивчити теоретичні відомості й конструкції низьковольтних запобіжників по наявних зразках, плакатам і довідковій літературі.

2.3.2. Зняти часо-струмову характеристику мідної круглої вставки для різних перерізів вставок.

Для зняття даної характеристики необхідно зібрати схему рис. 2.2.

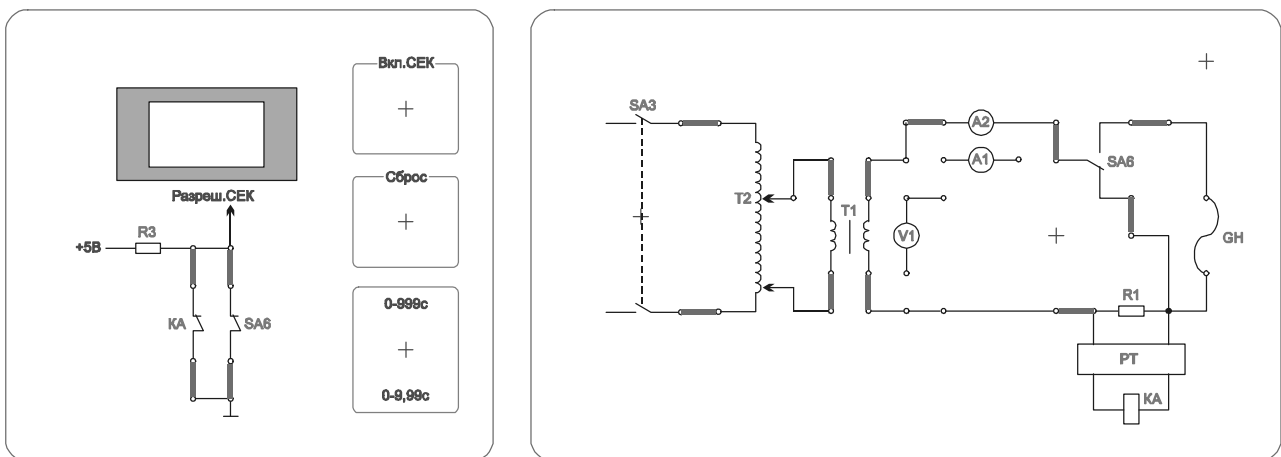


Рис. 2.2

У тримач запобіжника встановити плавку вставку на 0,5-1,0 А (при відсутності останніх рекомендується напаявати відрізки одножильного мідного дроту необхідного перетину, на несправну плавку вставку). Увімкнути секундомір тумблером "Вкл. СЕК". При ненульових показаннях секундоміра зробити скидання однойменною кнопкою. Тумблер SA6 повинен знаходитися в нижньому положенні, при якому струм навантаження через запобіжник не протікає. Включити тумблером ЛАТР і поступово збільшуючи напругу, що подається на понижуючий трансформатор T1 встановити необхідну величину струму. Зафіксувати показання приладів. Потім тумблером SA6 перемкнути ланцюг на

досліджуваний запобіжник Пр. Секундомір почне відлік і зупиниться при перегорянні нитки запобіжника. Записати показання секундоміра і потім обнулити індикатори кнопкою "Скидання". Повторити дослід при різних величинах струму. Дані занести в табл. 2.1. і розрахувати температуру плавлення по формулі:

$$t_{\text{пл}} = \frac{S^2}{I^2} \cdot 10^5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $S$  - переріз вставки,  $\text{мм}^2$ ;

$I$  - значення встановлюваного струму по шкалі, А.

2.3.3. За даними досліду п.1.3.2 побудувати в одному масштабі часо-струмові характеристики, зрівняти їх і зробити висновки.

### Результати досліду

Таблиця 2.1

Струм навантаження, $I_{\text{н}}$ , А				
Показання секундоміра $t$ , сек				
Розрахункова температура плавлення $t_{\text{пл}}$ $^\circ\text{C}$				

#### 2.4. Контрольні питання

2.4.1. Призначення запобіжників.

2.4.2. Вимоги до матеріалу для плавких вставок.

2.4.3. Призначення металургійного ефекту в запобіжниках.

2.4.4. Особливості роботи запобіжника при "прикордонному" струмі.

2.4.5. Основні параметри запобіжників.

2.4.6. Схема вмикання запобіжників у мережу, яка захищається.



## ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТОРІВ ПОСТІЙНОГО І ЗМІННОГО СТРУМУ

### 3.1. Мета роботи

3.1.1. Ознайомитися з технічними даними й вивчити конструкцію контакторів і магнітних пускачів змінного струму.

3.1.2. Дослідити магнітні пускачі змінного струму.

### 3.2. Основні теоретичні відомості

Контактори - це комутаційні апарати, призначені для частих включень і відключень електричних ланцюгів при нормальних режимах роботи. Контактори застосовуються в ланцюгах напруги до 500В змінного струму і 600В постійного струму.

Контактори розподіляють на:

- електромагнітні, які спрацьовують за допомогою електромагніта;
- постійного струму - лінійні і прискорення;
- змінного струму промислової частоти;
- змінного струму підвищеної частоти (до 10 кГц ).

Контактори, що служать для замикання або розмикання електричних ланцюгів, називають лінійними, а контактори, які слугують для замикання окремих щаблів пускового реостата, - прискорення.

Основні вузли будь-якого електромагнітного контактора:

- електромагнітний механізм,
- головні контакти,
- дугогасійний пристрій,
- блок-контакти.

Принцип дії контакторів полягає в наступному: при подачі напруги на обмотку електромагніта яркір притягається. Рухомий контакт, пов'язаний з яркорем, замикає або розмикає головний ланцюг. Дугогасійна\_система забезпечує швидке гасіння дуги. Допоміжний блок-контакт використовується для узгодження роботи контактора з іншими апаратами.

Тягова характеристика електромагніта змінного струму близько підходить до протидіючої характеристики, у результаті, контактори змінного струму мають високий коефіцієнт повернення (0,6...0,7), що дає можливість здійснити захист об'єкта від спадання напруги.

В промисловості випускаються наступні основні серії контакторів змінного струму:

- контактори серії КТ на номінальні струми 75, 150, 300 й 600А і номінальні напруги 380В и 500В.

- контактори серії КИ - призначені в основному для установки в магнітних пускачах на струми 60, 100 й 150А і напругою 380В.

Контактори виконують свої функції задовільно, якщо напруга на затискачах котушки:

$$U = (0,85...1,1)U_{\text{ном}}$$

Зниження напруги нижче  $0,85 U_{\text{ном}}$  зменшує силу, що втримує яркір, у результаті чого при деякій напрузі відпадиння  $U_{\text{відп}}$ , відбувається відрив яркоря від полюсів. Найменша напруга  $U_{\text{спр}}$ , при якому відбувається включення контактора, називають напругою спрацьовування.

Відношення:

$$K = U_{\text{відп}} / U_{\text{спр}}$$

називають коефіцієнтом повернення.

Механічною характеристикою контактора називають залежність механічних протидіючих сил від величини робочого зазору.  $F_{\text{мех}} = f(\delta)$

Протидіючі сили в електромагнітних контакторах створюються за допомогою пружин.

Магнітний пускач - це контактор змінного струму, призначений для дистанційного керування і захисту від зниження напруги живильної мережі й струмів перевантаження асинхронних двигунів малої й середньої потужності.

Основним вузлом магнітного пускача, як контактора, є електромагніт змінного струму, що приводить у дію систему з контактами.

Звичайно в магнітних пускачах застосовують триполюсний контактор змінного струму, що має три головних замикаючі контакти й від одного до чотирьох допоміжних, блокувальних, або блок-контактів.

У кожух магнітного пускача, крім контактора, часто вбудовується теплове реле, що виконує струмовий захист із витримкою часу, залежної від величини струму.

Вибір магнітного пускача і контакторів здійснюється:

- за номінальною напругою мережі:

$$U_{\text{ном}} = U_{\text{мер}},$$

де  $U_{\text{ном}}$  - номінальна напруга котушки магнітного пускача;

- за номінальним струмом навантаження:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ном нагр}},$$

де  $I_{\text{ном}}$  - номінальний струм магнітного пускача, контактора для конкретного режиму роботи;

- за потужністю двигуна виконавчого механізму;

- за режимом роботи;
- за числом включень у годину;
- за номінальною напругою контактів апарата:

$$U_{\text{НОМ КОНТ}} \geq U_{\text{мер}},$$

- за часом включення й відключення.

### 3.3. План роботи

3.3.1. Вивчити пристрій, призначення контакторів і магнітних пускачів і їх систем.

3.3.2. Для дослідження властивостей магнітного пускача змінного струму ПМЛ-110 з номінальною напругою котушки 110В, 50Гц необхідно зібрати схему згідно рис. 3.1.

Увімкнути стенд, потім включити джерело живлення 24В і далі ЛАТР. Збільшуючи величину вхідної напруги контролювати показання приладів і зафіксувати їх у момент, коли якір втягнеться в котушку. Зафіксувати величину різко зміненого струму. Потім довести напругу до номінальної величини 110В і знову заміряти струм у котушці. Потім зменшувати напругу до моменту відпускання якоря. Зафіксувати величину струму і напруги в цей момент (у моменти перемикання Латра притримувати пальцем кнопку якоря пускача, забезпечуючи його притягнуте положення на момент короткочасного знеструмлення котушки). Дані занести в табл. 3.1. Повторити дослід кілька разів. Щоб уникнути перегріву котушки пускача не допускати тривалої роботи котушки з невтягненим якорем, а також необхідно робити паузу між дослідями.

3.3.3. Зробити розрахунок параметрів пускача по наступним формулам:

Коефіцієнт повернення:

$$K_B = U_B / U_{\text{спр}}$$

Кратність пускового струму до номінального:

$$K = I_{\text{спр}} / I_{\text{ном}}$$

Номінальна активна потужність:

$$P_{\text{ном}} = I \cdot R, \text{ Вт.}$$

Номінальна повна потужність котушки:

$$S_{\text{ном.}} = I_{\text{ном}} \cdot U_{\text{ном}}, \text{ ВА}$$

Пускова повна потужність котушки:

$$S_{\text{п}} = I_{\text{спрном}} \cdot U_{\text{ном}}, \text{ ВА}$$

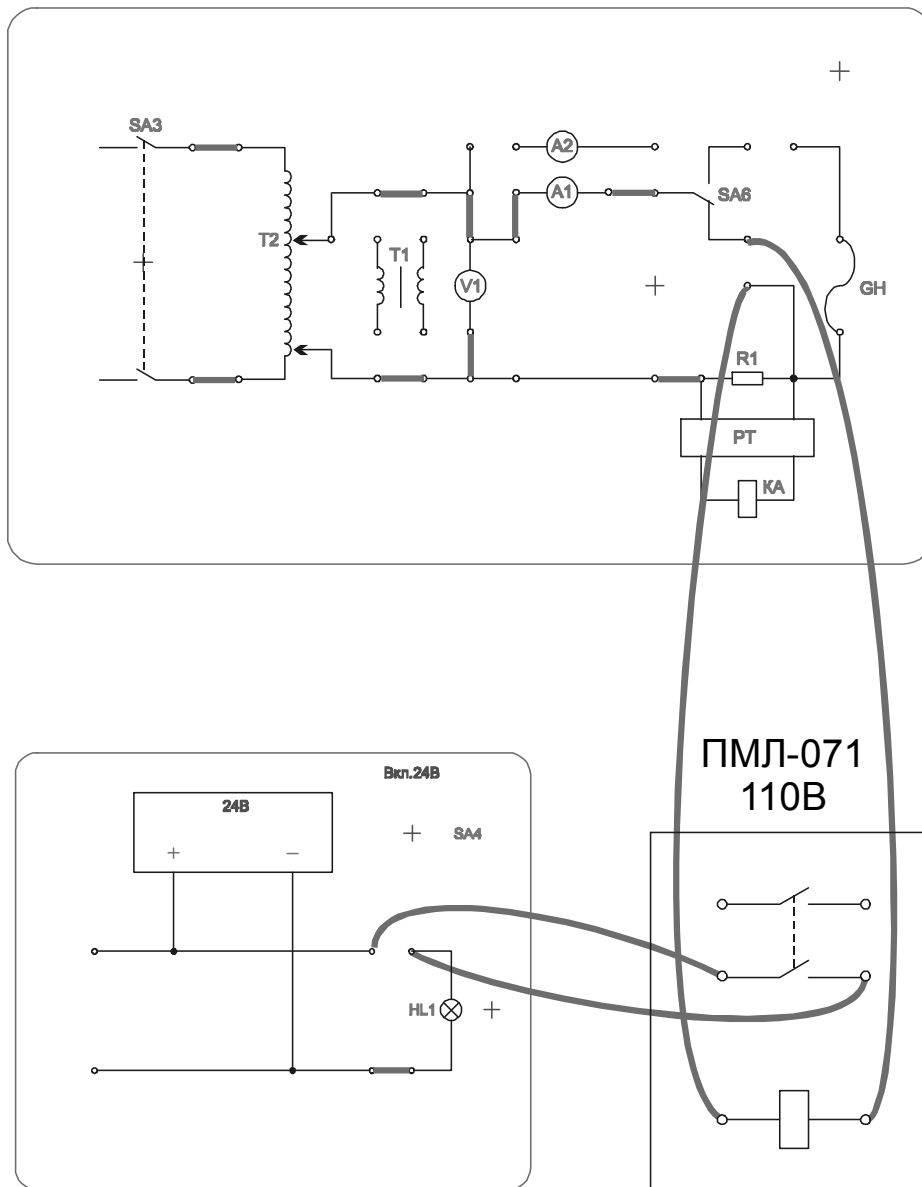


Рис. 3.1

## Результати досліджу

Таблиця 3.1

Напруги спрацьовування $U_{спр}, В$					
Струм при невтягнутому якорі в досліді на включення $I_{спр}, А$					
Струм при втягнутому якорі в досліді на включення $I_{вкл}, А$					
Напруга повернення, В					

3.3.4. Для дослідження властивостей магнітного пускача змінного струму ПМЛ із номінальною напругою котушки 220В, 50Гц необхідно зібрати схему згідно рис. 3.2.

Далі порядок виконання роботи аналогічний приведеному вище. Увімкнути стенд, потім включити джерело живлення 24В і далі ЛАТР. Збільшуючи величину подаваної напруги контролювати показання приладів і зафіксувати їх у момент, коли якір втягнеться в котушку. Зафіксувати величину різко зміненого струму. Потім довести напругу до номінальної величини 220В і знову виміряти струм у котушці. Потім зменшувати напругу до моменту відпускання якоря (у моменти перемикання Латра притримувати пальцем кнопку якоря пускача, забезпечуючи його притягнуте положення на момент короткочасного знеструмлення котушки). Зафіксувати величину струму й напруги в цей момент.

Дані занести в табл. 3.1. Повторити дослід кілька разів. Щоб уникнути перегріву котушки пускача не допускати тривалої роботи котушки з невтягненим якорем, а також необхідно робити паузу між

дослідами. Результати досліду занести в табл. 3.2. і зробити розрахунки, як і у попередньому досліді.

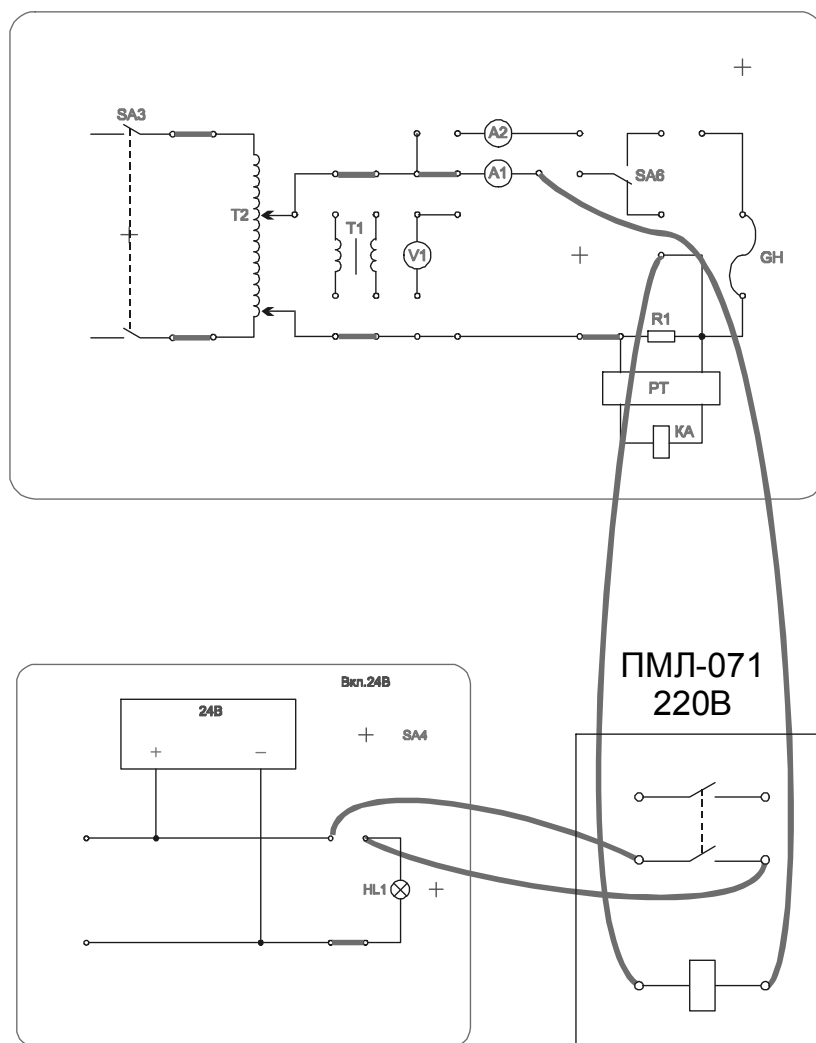


Рис. 3.2

### Результати досліду

Таблиця 3.2

Напруга спрацьовування $U_{спр}, В$					
Струм при невтягнутому якорі в досліді на включення $I_{спр}, А$					
Струм при втягнутому якорі в досліді на включення $I_{вкл}, А$					
Напруга повернення, В					

3.3.5. Для дослідження властивостей проміжних реле постійного струму з номінальною напругою котушки 24В необхідно зібрати схему згідно рис. 3.3.

Далі робота виконується аналогічно наведеної вище методиці (напруга, що подається на котушку реле змінюється Латром). Результати вимірів занести в табл. 3.3 і зробити розрахунки як і в попередньому досліді (крім номінальної і пускової повної потужності).

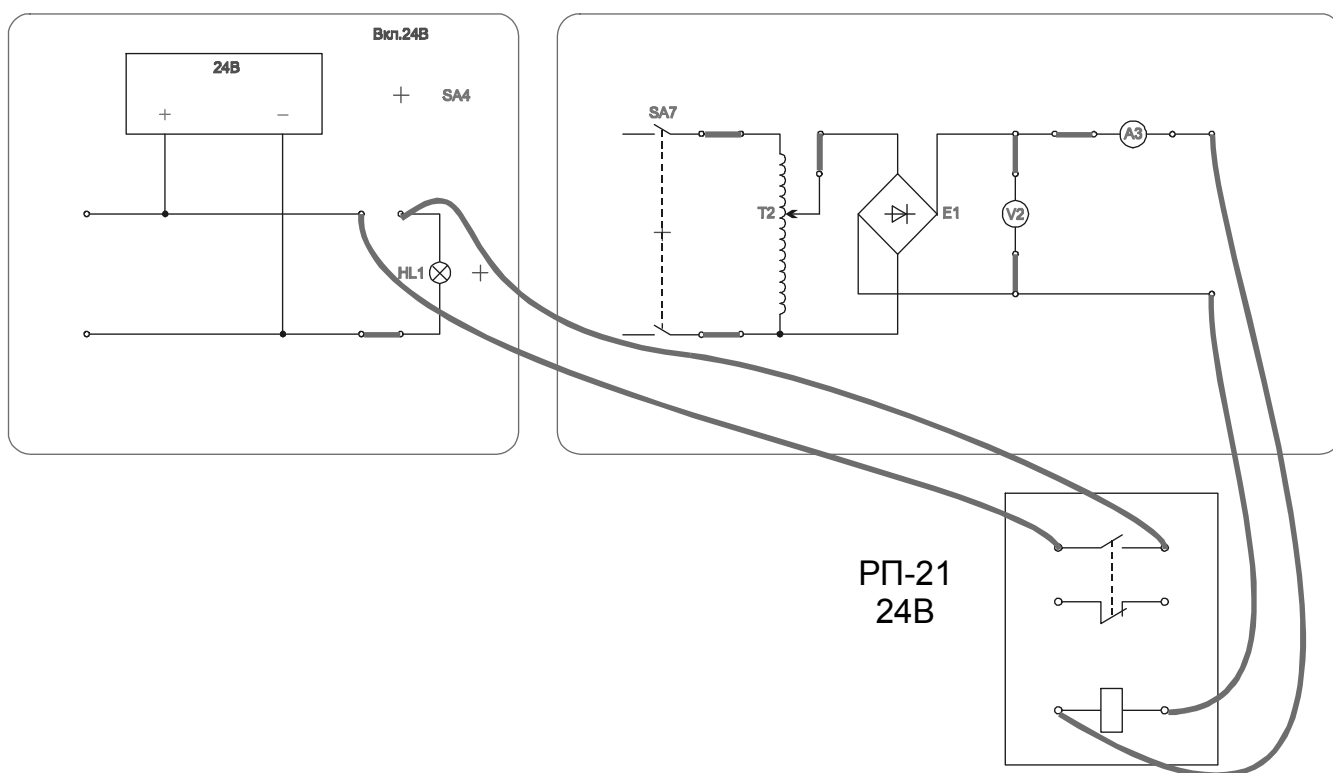


Рис. 3.3

Результати досліді

Таблиця 3.3

Напруга спрацьовування $U_{спр}, В$					
Струм при невтягнутому якорі в досліді на включення $I_{спр}, А$					
Струм при втягнутому якорі в досліді на включення $I_{вкл}, А$					
Напруга повернення, В					



3.3.6. Визначити залежність струму, споживаного котушкою контактора, пускача від величини повітряного зазору. Величина зазору змінюється за рахунок немагнітних прокладок, що поміщають у робочий зазор магнітної системи пускача, контактора. Дослід провести для різних товщин немагнітних прокладок. Результати дослідів занести в табл. 3.4.

### Результати дослідів

Таблиця 3.4

Товщина прокладки, мм							
Струм, споживаний котушкою, А							

#### 3.4. Контрольні питання

3.4.1. Призначення контакторів і магнітних пускачів.

3.4.2. Конструкції контакторів і магнітних пускачів.

3.4.3. Призначення теплового реле в магнітному пускачі.

3.4.4. Намалювати схему керування пуском асинхронного двигуна за допомогою магнітного пускача.

### Лабораторна робота № 4

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЛЕ ЧАСУ**

##### 4.1. Мета роботи

4.1.1. Вивчити конструкцію і принцип дії електромагнітного реле часу.

4.1.2. Засвоїти способи налагодження реле часу на задану витримку часу.

4.1.3. Дослідити вплив напруги на роботу реле часу.

## 4.2. Основні теоретичні відомості

Електромагнітне реле часу забезпечує витримку часу з моменту подачі сигналу керування на реле часу і моментом замикання або розмикання його контактів.

Часом спрацьовування електромагнітного реле часу називають час, що проходить із моменту замикання ланцюга котушки до повного притягання якоря або, навпаки, з моменту відключення котушки від мережі до повного відпадиння якоря. У першому випадку час спрацьовування називають часом спрацьовування на включення, а в другому випадку - часом спрацьовування на відключення.

Час спрацьовування як при включенні, так і при відключенні складається із двох складових:

$$t_{\text{спр}} = t_{\text{зр}} + t_{\text{руху}}$$

Перша складова  $t_{\text{зр}}$ , називана часом вирушання, визначає собою: при включенні - час, що протікає з моменту замикання ланцюга котушки до початку руху якоря; при відключенні - час, з моменту розмикання ланцюга котушки до початку відпускання якоря.

Друга складова  $t_{\text{руху}}$

- є час руху якоря до повного його притягання (при включенні) або до повного відпадиння (при відключенні).

Уповільнене спрацьовування електромагніта, як при включенні, так і відключенні від мережі може бути здійснене збільшенням або  $t_{\text{зр}}$  або  $t_{\text{руху}}$

. У першому випадку уповільнення досягається за допомогою магнітного демпфірування, у другому - за допомогою механічного демпфірування.

Для притягання або відпускання якоря електромагнітного реле, необхідна присутність у магнітній системі певної величини магнітного потоку. Необхідна величина потоку досягається не відразу після включення або відключення реле від мережі, а через певний проміжок часу. Сповільнюючи наростання (при включенні) або спад (при відключенні) магнітного потоку, можна змінювати час притягання або відпускання якоря. Способи впливу на швидкість зміни магнітного потоку в магнітопроводі при включенні або відключенні реле і зветься магнітним демпфіруванням.

Всі способи магнітного демпфірування засновані на використанні магнітних потоків, створюваних вихровими струмами, які з'являються в масивних деталях магнітної системи реле при зміні основного магнітного потоку. При включенні вони будуть зменшувати швидкість зростання потоку в магнітопроводі, а при відключенні - швидкість спадання потоку.

Очевидно, ефективність цього методу буде тим більше, чим більше абсолютна величина основного потоку. Тому метод магнітного демпфірування дає помітне уповільнення при відключенні електромагніта, коли повітряні зазори малі й величина основного потоку велика.

З метою посилення магнітного демпфірування електромагніти, призначені для одержання витримок часу, доповнюються спеціальними, короткозамкненими котушками, що охоплюють магнітопровід. Короткозамкнена котушка, називається демпфіруючою, зазвичай виконується у вигляді масивної гільзи (мідної або алюмінієвої) або окремих коротких втулок, які насаджуються на магнітопровід.

Застосування коротких втулок дозволяє отримувати різні витримки часу при включенні залежно від їхнього місця розташування на осерді. Так, при розташуванні демпфіруючих втулок у торця осердя (поблизу робочого повітряного зазору) витримка часу при включенні буде більше, ніж при їхньому розташуванні в основі осердя. Це пояснюється тим, що в першому випадку у початкові моменти часу після включення електромагніта втулки будуть охоплюватися практично повним магнітним потоком і в них будуть наводитися великі вихрові струми. У другому ж випадку (розташування втулок в основі осердя) спочатку після включення магнітний потік буде замикатися через якір по повітрю від корпусу до осердя, минаючи сповільнюючу втулку з усіма витікаючими з цього наслідками - малими вихровими струмами, а отже, малими витримками часу. При відключенні електромагніта місце розташування втулок не має великого значення, так як тоді чи іншому випадку втулки охоплюються однаковим магнітним потоком.

Грубе східчає регулювання витримки часу можна робити шляхом зміни товщини немагнітної прокладки, встановленої на торці якоря. Товщина прокладки, не позначаючись практично на величині сталого магнітного потоку при замкненому якорі, змінює індуктивність системи й тим самим впливає на швидкість зміни потоку. Зі збільшенням товщини прокладки швидкість зміни потоку зростає і витримка часу зменшується і, навпаки, зі зменшенням товщини прокладки швидкість зміни потоку зменшується, а витримка часу зростає. Товщина прокладки береться від 0,1 мм і вище.

Плавний спосіб регулювання витримки часу полягає в зміні натягу віджимної пружини.

Обидва способи дозволяють змінювати витримку часу від декількох десятих часток секунди до декількох секунд із відносною погрішністю не більше 10%.

Реле часу ВЛ розраховано на напруги: 36, 110, 127, 220, 240, 380, 400, 440, 500У (50Гц або 60Гц).

Струм, що комутується контактами, до 4А.

Діапазон регулювання витримки часу від 0,4 до 180 с. Розкид 15%.

Потужність, яка споживається котушкою 40 ВА.

Кількість і виконання контактів залежно від виконання реле.

### 4.3. План роботи

4.3.1. Вивчити конструкцію й принцип дії реле часу РВП-72.

4.3.2. Для дослідження властивостей реле часу ВЛ-69 необхідно зібрати схему згідно рис. 4.1. Тумблер SA6 служить для одночасного запуску електронного секундоміра і самого реле часу.

Після включення стенда, включити ЛАТР тумблером SA3 і встановити на його виході напругу 110В по вольтметру V1, потім обнулити показання секундоміра кнопкою "Скидання". Схема готова до пуску. Виконати включення схеми тумблером SA6. Секундомір буде виконувати відлік часу до моменту спрацьовування реле часу. Занести показання секундоміра в табл. 4.1, виключити тумблер SA6, обнулити показання секундоміра і повторити дослід при різних значеннях часу (встановлюється перемикачами на лицьовій панелі реле часу ВЛ-69).

4.3.3. За результатами вимірів зробити розрахунок похибки спрацьовування реле часу по формулі:

$$\Delta t = |t_{\text{вст}} - t_{\text{спр}}|, \text{ с.}$$

Встановлення часу $t_{вст}$ , с					
Час спрацьовування $t_{спр}$ , с					
Похибка спрацьовування $t$ , с					
Відносна похибка $t$ , %					

Розрахувати відносну похибку по формулі:

$$\Delta = \frac{t_{спр}}{t_{вст}} \cdot 100\%$$

Визначити середню відносну похибку по формулі:

$$\Delta_{спр} = \frac{t_{спр}}{n}$$

де  $n$  - число вимірів.

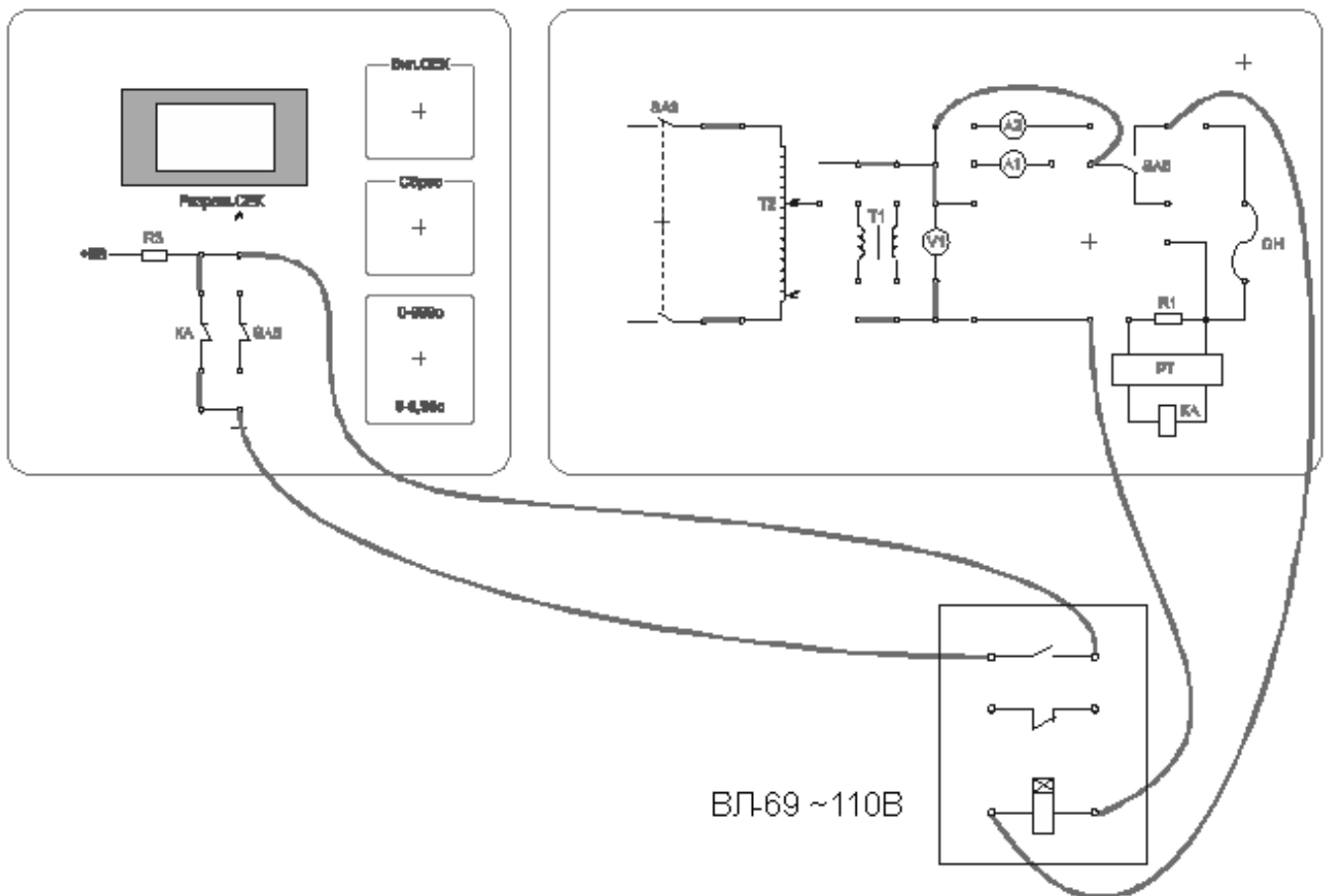


Рис. 4.1

4.3.4. Зробити виміри і розрахунки по п.п. 4.3.2 і 4.3.3 при зниженій напрузі живлення котушки реле часу ВЛ. Дані вимірювань занести в табл. 4.2.

### Результати дослідю

Таблиця 4.2

Встановлення часу $t_{вст}$ , с					
Час спрацьовування $t_{спр}$ , с					
Похибка спрацьовування $t$ , с					
Відносна похибка $t$ , %					

#### 4.4. Контрольні питання

4.4.1. Що таке час зрушення електромагніта?

3.4.2. У чому полягає принцип магнітного демпфірування?

3.4.3. З якою метою магнітопровід реле часу виготовлений цільним з матеріалу із малим питомим опором і малою коерцитивною силою?

3.4.4. Яке призначення масивної гільзи?

3.4.5. Яким чином можна регулювати витримку часу спрацьовування реле часу?

### Лабораторна робота № 5

## ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ВИМИКАЧА

#### 5.1. Мета роботи

Вивчити пристрій, конструкції і принцип дії автоматичних вимикачів, застосовуваних у системах електропостачання і в електроприводах.

#### 5.2. Основні теоретичні відомості

Автоматичний повітряний вимикач (автомат) - апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів.

Як правило, автоматичні вимикачі виконують функції захисту при коротких замиканнях, перевантаженнях, зниженні або зникненні напруги, зміни напрямку передачі потужності або струму і т.д.

Незалежно від призначення, автомати складаються з наступних основних вузлів:

- контактної системи;
- дугогасійної системи;
- приводу;
- механізму вільного розчіплювання розчіплювачів;
- комутатора із блок-контактами.

Контактна система автоматів повинна перебувати під струмом не відключаючись досить тривалий час і бути здатною виключати великі струми короткого замикання. Широке поширення одержали двоступінчасті (головні і дугогасійні) і триступінчасті (головні, проміжні і дугогасійні) контактні системи.

Дугогасійна система повинна забезпечувати гасіння дуги великих струмів короткого замикання в обмеженому обсязі простору. Завдання дугогасійного пристрою полягає в тім, щоб обмежити розміри дуги і забезпечити її гасіння в малому об'ємі. Поширення одержали камери із широкими щілинами і камери з дугогасійними решітками.

Привід в автоматі служить для вмикання автомата по команді оператора.

Відключення автоматів здійснюється відмикаючими пружинами.

Механізм вільного розчіплювання призначений:



- виключити можливість утримувати контакти автомата у включеному положенні (рукояткою, дистанційним приводом) при наявності ненормального режиму роботи кола, яке захищається;

- забезпечити моментальне відключення, тобто незалежну від операторів, роду і маси приводу швидкість розбіжності контактів.

Механізм являє собою систему шарнірно-з'єднаних важелів, що з'єднують привід включення із системою рухливих контактів, які пов'язані із відмикаючою пружиною. Механізм вільного розчіплювання дозволяє автомату відключатися в будь-який момент часу, у тому числі і в процесі включення, коли вмикаюча сила впливає на рухому систему автомата.

При відключенні автомата першими розмикаються головні контакти і весь струм перейде в паралельний ланцюг дугогасійних контактів з накладками з дугостійкого матеріалу. На головних контактах дуга не повинна виникати, щоб вони не обгоріли. Дугогасійні контакти розмикаються, коли головні контакти розходяться на значну відстань. На них виникає електрична дуга, котра видувається нагору і гаситься в дугогасійній камері.

Розчіплювачі - елементи, що контролюють заданий параметр ланцюга й впливають через механізм вільного розчіплювання на відключення автомата при відхиленні заданого параметра за встановлені межі.

Залежно від виконуваних функцій захисту розчіплювачі бувають:

- струмові максимальні миттєвої або сповільненої дії;
- напруги - мінімальне, для відключення автомата при зниженні напруги нижче певного рівня;
- зворотного струму - спрацьовує при зміні напрямку струму;

- теплові - працюють залежно від величини струму і часу його протікання (звичайно застосовуються для захисту від перевантажень)

- комбіновані - спрацьовують при сполученні ряду факторів.

Блок-контакти служать для проведення перемикання в ланцюгах управління блокування, сигналізації залежно від комутаційного положення автомата.

Блок-контакти виконуються нормально відкритими (замикаючі) і нормально закритими (розмикаючі).

Номинальний струм захищаючого від перевантаження електромагнітного теплового або комбінованого розчіплювача автоматів  $I_{H3}$  вибирається по тривалому розрахунковому струмі лінії  $I_{H3} = I_{дл}$ ; струм спрацьовування (відсічки) електромагнітного розчіплювача  $I_{ср}$  визначається зі співвідношення:

$$I_{ср} = 1,25 \cdot I_{кр}$$

де  $I_{кр}$  - максимальний короткочасний струм лінії, що при відгалуженні до одиночного електродвигуна дорівнює його пусковому струму. Коефіцієнт 1,25 враховує неточність у визначенні максимального короткочасного струму лінії і розкид характеристик розчіплювачів.

Автоматичні вимикачі серії АЗ700 розраховані на напругу до 440В постійного струму і до 660В змінного струму та номінальну силу струму 160, 250, 400 і 630А. Встановлення струмів спрацьовування вимикачів становлять десятикратну величину їхніх номінальних струмів. Серійно виготовляються також автоматичні вимикачі типів АЕ2000 на номінальний струм до 100А; АК63 на номінальний струм до 63А; А63 на номінальний струм до 25А і т.п.

### 5.3. План роботи

5.3.1. Для дослідження властивостей автоматичного вимикача АБЗ-М необхідно зібрати схему рис. 5.1.

Особливість цього автомата полягає в тому, що він не має теплового розчіплювача, а тільки розчіплювач максимального струму.

5.3.2. Включити ЛАТР і поступово збільшуючи струм навантаження через автомат, домогтися спрацьовування максимального захисту. Зафіксувати показання амперметра. Потім повернути регулятор ЛАТР а в положення MIN і встановити важіль вимикача в положення "0". Далі знову включити автомат і повторити дослід кілька разів. Показання приладу А1 занести в таблицю 5.1.

#### Результати дослідів

Таблиця 5.1

Значення струму встановлення	Значення струму навантаження, при якому спрацьовує автомат						

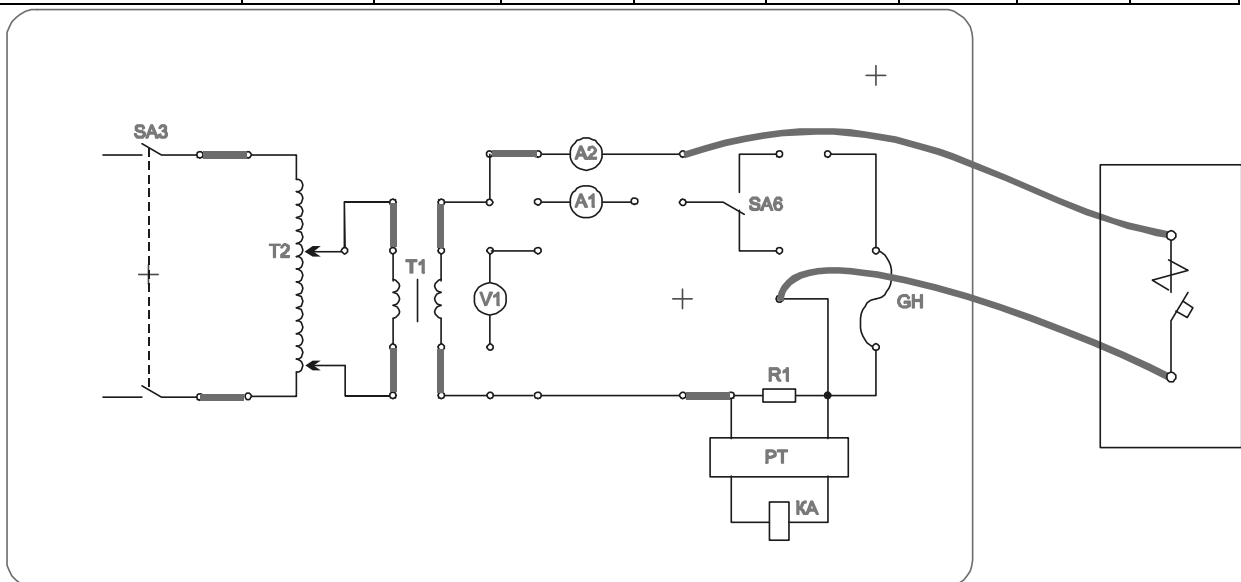


Рис. 5.1

Увага не допускати тривалої роботи автомата в режимі перевантаження, близьких до струму спрацьовування. Після кожного

спрацьовування робити паузу 5 хвилин для охолодження котушки розчіплювача!

#### *5.4. Контрольні питання*

5.4.1. Призначення повітряних вимикачів.

5.4.2. Поняття про час спрацьовування автомата.

5.4.3. Основні вузли автоматів і їхнє призначення.

5.4.4. Функції і види розчіплювачів.

5.4.5. Принцип гасіння дуги в автоматі.

5.4.6. Вид характеристики теплового розчіплювача.

5.4.7. Основні параметри повітряних вимикачів.

### Лабораторна робота №6

## **ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЛЕ МАКСИМАЛЬНОГО СТРУМУ**

#### *6.1. Мета роботи*

6.1.1. Ознайомитися з конструкціями електромагнітного реле максимального струму.

6.1.2. Зробити перевірку і зняття основних характеристик реле максимального струму.

#### *6.2. Основні теоретичні відомості*

Плавкі запобіжники (лабораторна робота № 2) - прості, але не досконалі апарати захисту. Зміна встановлення спрацьовування можливо тільки східчасте шляхом заміни патронів, а регулювання часу спрацьовування взагалі неможливо. Щодо цього більш досконалим апаратом струмового захисту електричних приймачів і ланцюгів є максимальні струмові реле.

Максимальним струмовим реле називають реле, що реагує на збільшення струму в колі, яке захищається. За допомогою таких реле здійснюються максимальні струмові захисти, що відключають електроустановки при надструмах, виникаючих при перевантаженнях і коротких замиканнях.

Конструкція одного з видів реле максимального струму представлено на рис. 6.1.

Котушку 1 включають послідовно в контрольований ланцюг із струмом навантаження  $I_H$ . Коли цей струм досягає величини заданого струму спрацьовування, при якому електромагнітна сила в зазорі стає вище протидіючої сили пружини 12, якір 3 притягається до полюсного наконечника 2. Відбувається розмикання контактів 10 - 11 і замикання контактів 6 - 7. Рухомі контакти 7 і 10 закріплені на якорі 3 за допомогою пластмасових колодок 9. Сила натискання в контактах створюється пружинами 8.

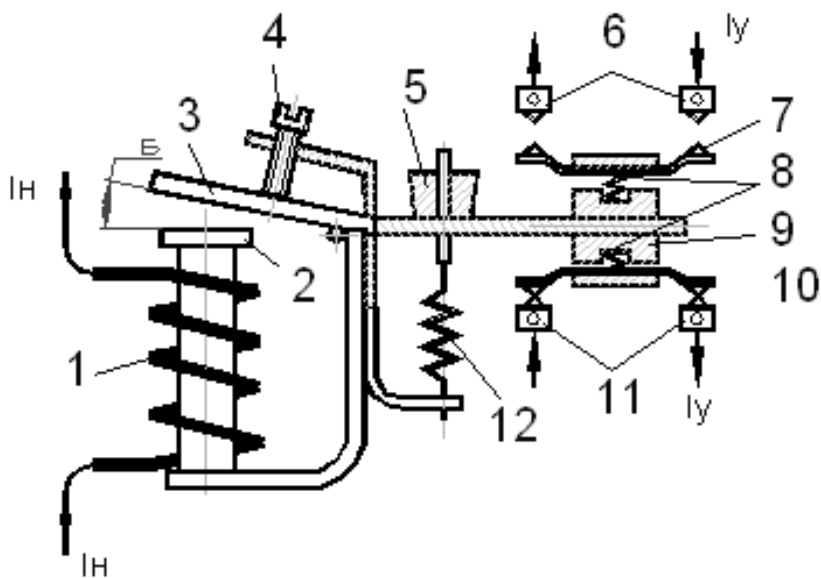


Рис. 6.1.

Струм спрацьовування електромагнітного реле можна регулювати зміною числа витків котушки 1. Силу натягу зворотної пружини 12

змінюють за допомогою гайки 5 і робочого повітряного зазору, що встановлюють за допомогою гвинта 4. Діапазон регулювання струму спрацьовування таких реле досягає чотирьох і настраюється безступінчато, що досить важливо для досягнення високої точності роботи. Час спрацьовування електромагнітного струмового реле звичайно не перевищує 0,03с при  $I_H=2,0 \cdot I_{вст}$  і 0,1с при  $I_H=1,3 \cdot I_{вст}$ . На такому принципі працюють і реле мінімальний струм, а також реле мінімальної і максимальної напруги. Максимальні струмові реле електромагнітного принципу дії можуть працювати в ланцюгах як змінного, так і постійного струму.

Мінімальний струм, при якому спрацьовує реле, називають струмом спрацьовування  $I_{спр}$

Максимальний струм, при якому якір реле вертається у вихідне положення, називають струмом повернення  $I_{пов}$

Відношення струму повернення до струму спрацьовування реле називають коефіцієнтом повернення:

$$K_{пов} = I_{пов} / I_{спр} .$$

Коефіцієнт повернення завжди менше одиниці: чим ближче  $K_{пов}$  до одиниці, тим вище чутливість максимального струмового захисту.

До групи електромагнітних струмових реле належить струмове реле типу РТ-40. Всі реле РТ-40 мають один замикаючий і один розмикальний контакти. У реле серії РТ-40 коефіцієнт повернення не менш 0,85 на першому встановленні (мінімальному) і не менш 0,8 на інших встановленнях шкали.

Час спрацьовування  $t_{спр}=0,1$  с при струмі в котушках реле, який дорівнює  $1,2 \cdot I_{спр}$  і 0,03с при  $3 \cdot I_{спр}$  і вище.

Контакти реле здатні комутувати в ланцюзі постійного струму індуктивне навантаження потужністю 60 Вт, а в ланцюзі змінного струму - навантаження потужністю 300 ВА при напрузі 220В і струмі до 2А.

Споживана потужність при струмі  $I_{спр}$  знаходиться в межах 0,2...0,8 ВА. Причому меншу величину мають реле з встановкою до 2А, більшу величину - реле з встановкою до 200А.

При захисті асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором струм встановки  $I_{вст}$  реле максимального струму вибирається по пусковому струмі двигуна:

$$I_{вст} \geq (1,3...1,5) \cdot I_{пуск\ дв}$$

При захисті асинхронних двигунів з фазовим ротором від короткого замикання струм встановки реле визначається:

$$I_{вст} \geq (2,25...2,5) \cdot I_{ном\ дв}$$

Схема включення струмових електромагнітних реле наведена на рис. 6.2.

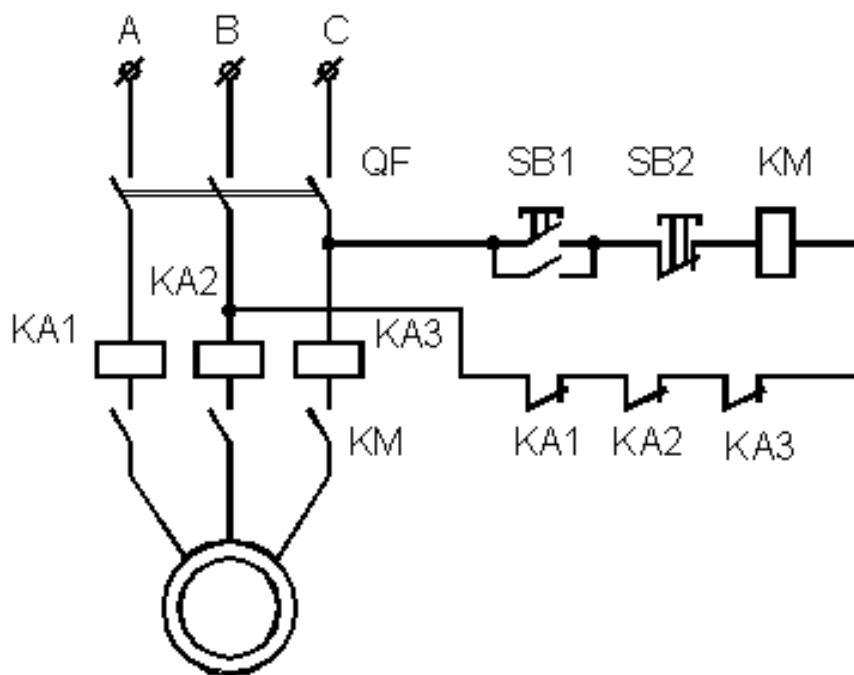


Рис. 6.2.

### 6.3. План роботи

6.3.1. Зібрати схему для дослідження реле максимального струму типу РТ-40 (рис. 6.3.). Встановити необхідну величину струму встановки  $I_{вст}$ , переміщаючи регулятор реле. Включити стенд, потім включити джерело живлення 24В однойменним тумблером. Включити ЛАТР і збільшувати струм навантаження до моменту спрацьовування реле максимального струму (індикатор згасне), зафіксувати величину струму спрацьовування  $I_{спр}$ . Потім зменшити величину струму до моменту відпускання реле (індикатор знову загориться). Зафіксувати показання амперметра  $I_{пов}$ . Повторити дослід кілька разів при одному значенні струму встановки і потім також при інших величинах струму встановки. Дані занести в табл. 6.1.

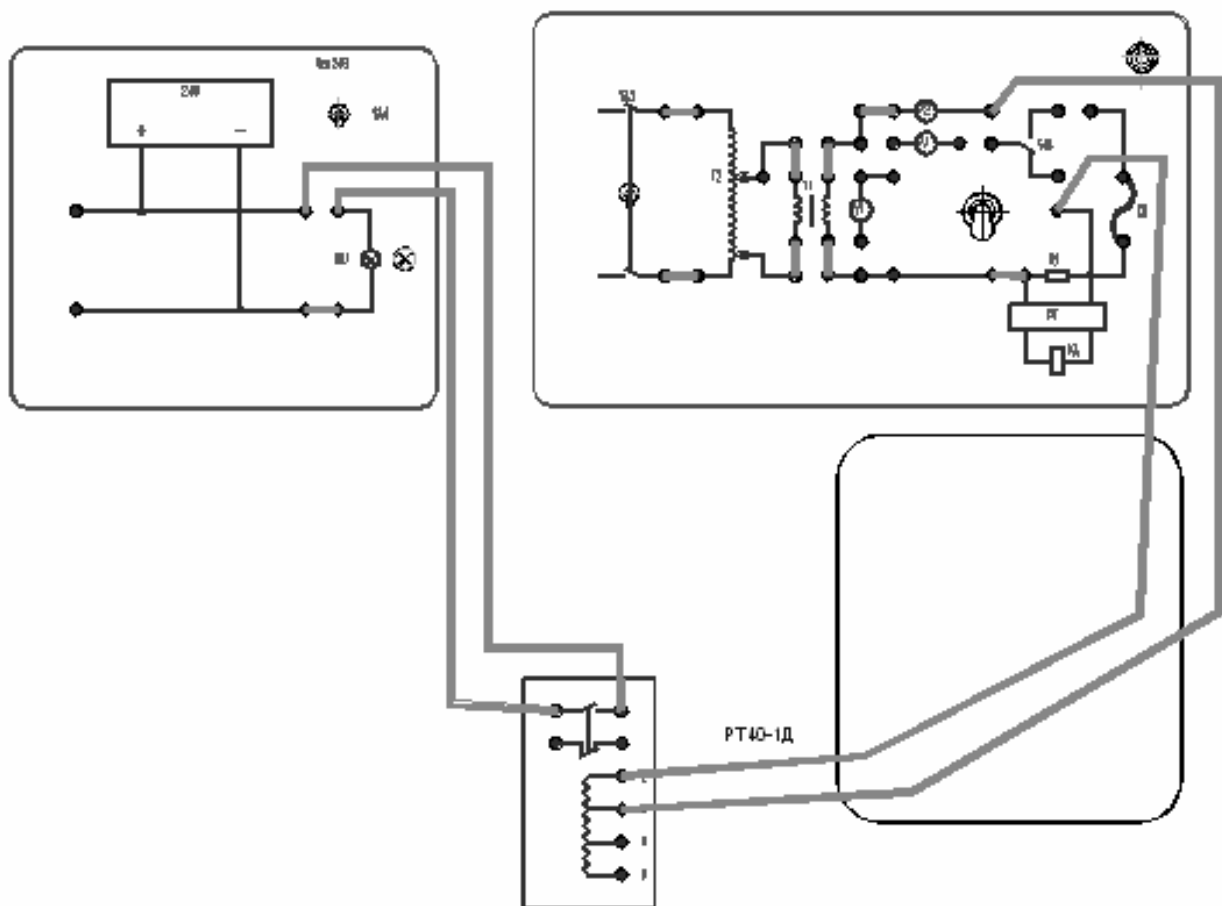


Рис. 6.3



## Результати дослідження

Таблиця 6.1

$I_{вст}$	$I_{спр}$			$I_{спр\ сер}$			$I_{пов}$			$I_{пов\ сер}$	$K_{пов}$	, %
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			

$I_{спр\ сер}$  - середня по трьох вимірах величина струму спрацьовування:

$$I_{спр\ сер} = \frac{I_{спр1} + I_{спр2} + I_{спр3}}{3}, \text{ А};$$

$I_{пов\ сер}$  - середня по трьох вимірах величина струму повернення:

$$I_{пов\ сер} = \frac{I_{пов1} + I_{пов2} + I_{пов3}}{3}, \text{ А}.$$

### 6.4. Контрольні питання.

6.4.1. Для чого призначені максимальні струмові реле?

6.4.2. Яким чином регулюється струм спрацьовування в електромагнітних максимальних струмових реле?

6.4.3. Чому коефіцієнт повернення у реле менше одиниці?

6.4.4. Розповісти принцип дії реле максимального струму.

6.4.5. Розповісти принцип дії схеми включення реле максимального струму для захисту асинхронного двигуна від струмів короткого замикання.

## Лабораторна робота № 7

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЛЕ

#### 7.1. Мета роботи

7.1.1. Ознайомитися з конструкціями теплових реле.

7.1.2. Вивчити принцип дії теплових реле.

## *7.2. Основні теоретичні відомості*

При незначних тривалих перевантаженнях в електродвигунах, електромагнітах і інших струмоприймачах, що виникають при зростанні моменту опору на робочому органі машини або за рахунок виткових замикань в обмотках, протікає струм, що перевищує припустиме значення на 20...50%. Такий режим роботи призводить до перегріву обмоток і електродвигуна в цілому, а отже, до передчасного виходу його з ладу. Для захисту електроустаткування від таких перевантажень служать теплові реле, які включають послідовно в контрольований ланцюг.

Теплові реле працюють у ланцюгах змінного і постійного струму. Їх використовують як самостійно, так і в складі магнітних пускачів.

Основним елементом теплового реле є біметалічна пластина.

Нагрівання біметалічного елемента може виникати за рахунок тепла, яке виділюється в пластині струмом навантаження. Дуже часто нагрівання біметалу забезпечується спеціальним нагрівачем, по якому протікає струм навантаження. Кращі характеристики отримуються при комбінованому нагріванні, коли пластина нагрівається за рахунок тепла, виділюваного спеціальним нагрівачем, також обтікаючим струмом навантаження. Прогинаючись, біметалічна пластина своїм вільним кінцем впливає на контактну систему, забезпечуючи спрацьовування реле.

Основною характеристикою теплового реле є залежність часу спрацьовування від струму навантаження ( часо-струмова характеристика), що має вид (рис. 7.1).

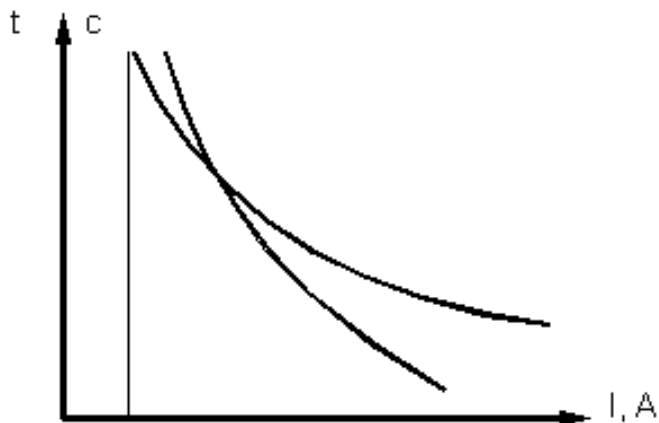


Рис. 7.1

Для забезпечення надійного захисту часо-струмова характеристика реле повинна проходити у всьому діапазоні зміни струмів перевантаження нижче часо-струмової характеристики встаткування, що захищається, це досягається правильним вибором теплового реле по струму.

Реле виготовляють одно-, двох- і трифазного виконання (типів РТ, ТРВ, ТРА, ТРН, ТРП і РТЛ) на різні струми від 0,5 до 600А. Номінальний струм теплового реле є його максимально припустимим струмом, а змінні теплові елементи дозволяють одержати для кожного типорозміру реле від 4 до 12 номінальних струмів встановлення. При цьому для кожного теплового елемента його струм встановлення може змінюватися (зменшуватися) спеціальним регулятором до 30% від номінального значення, а деякі типи реле (ТРН) мають межу регулювання від 0,75 до 1,25  $I_n$ .

Теплові реле вибираються по номінальному струмі теплового елемента і номінальному струму двигуна:

$$U_{\text{ном реле}} \geq U_{\text{мережі}},$$

$$I_{\text{ном реле}} = I_{\text{ном дв}},$$

- для двигунів, що працюють у тривалому режимі роботи.

Для двигунів, що працюють у короткочасному режимі, тепловий захист не використовується за винятком випадків можливої роботи двигуна на ізнос.

### *7.3. План роботи*

7.3.1. У якості досліджуваного застосовується реле ТРН-10 з номінальною встановленою струму 0,8 А. Для дослідження необхідно зібрати схему на рис. 7.2.

Оскільки час спрацьовування реле виміряється десятками секунд або хвилинами, то можна в якості секундоміра використовувати наручний годинник (при цьому частина схеми із секундоміром не потрібна). Роботу починають із включення ЛАТР а і регулятором встановлюють необхідну величину струму навантаження. Потім відключають ЛАТР, обнуляють показання секундоміра і після паузи, необхідної для вихолодження теплового елемента реле знову включають. Секундомір починає відлік і зупиняється після спрацьовування реле. Щоб уникнути перегріву теплового елемента реле ЛАТР варто відразу відключити.

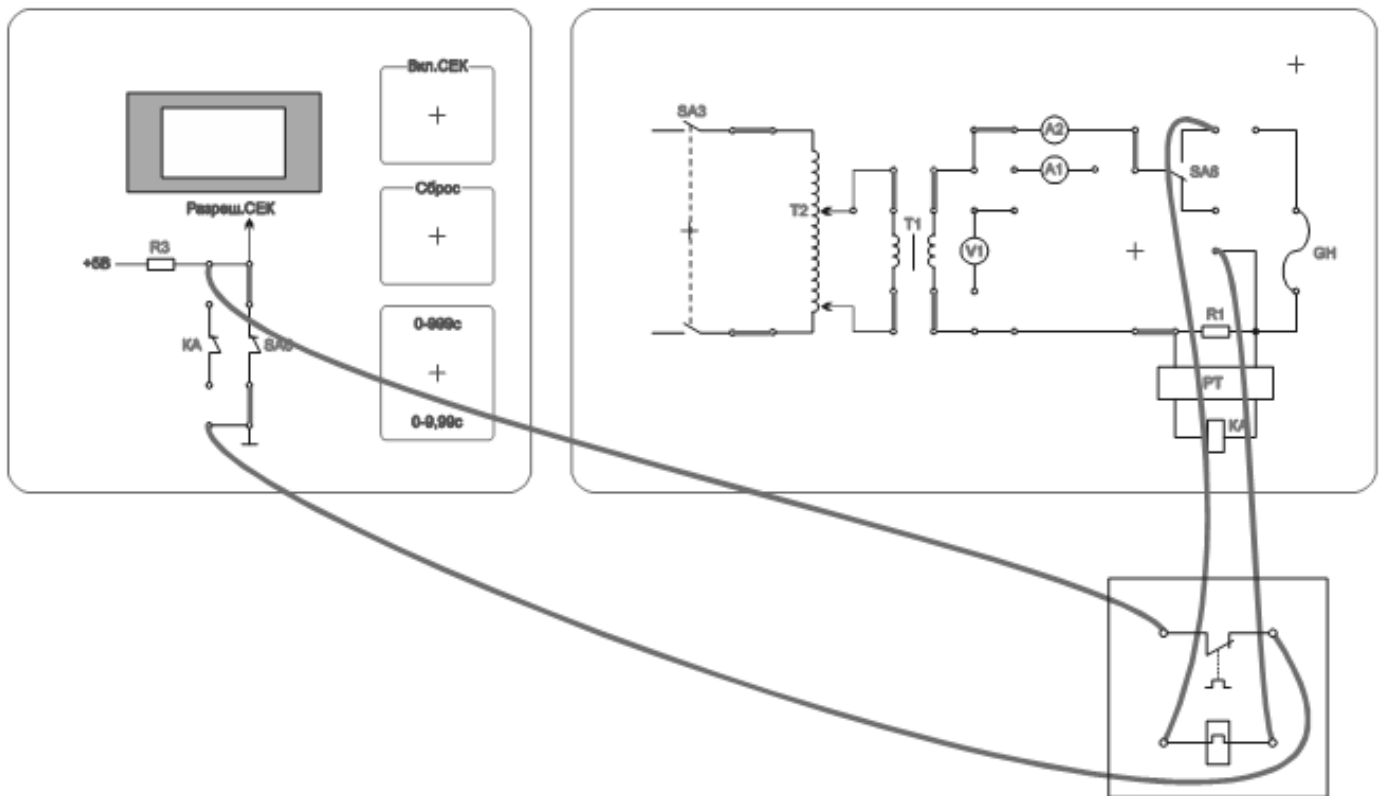


Рис. 7.2

Перед повторенням експерименту необхідно зробити паузу для повного остивання теплового елемента реле і потім повернути його у вихідний стан натисканням зворотної кнопки. Потім встановлюють іншу величину струму навантаження і повторюють вище наведені дії. Дані, отримані за показниками приладів, заносять у таблицю і будують залежність часу спрацьовування теплового реле від струму навантаження.

Допускається доповнити схему лабораторної роботи, вмонтувавши контакт магнітного пускача з робочою напругою котушки 220В між виходом ЛАТР а і первинним ланцюгом понижуючого трансформатора, а його котушку живити від гнізд 220В в блоці ТРН через розмикальний контакт теплового реле (при цьому SA2 потрібно буде включити). Тим самим досягається автоматичне відключення навантаження при спрацьовуванні теплового реле. У ланцюг секундоміра замість контакту теплового реле включається замикаючий контакт пускача.

#### *7.4. Контрольні питання*

7.4.1. Які види біметалічних пластин застосовуються в теплові реле?

7.4.2. Як регулюється струм спрацьовування теплового реле з безпосереднім і опосередкованим нагріванням?

7.4.3. Як залежить величина прогину пластини від її довжини і товщини?

### Лабораторна робота №8

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ (ТРН)**

#### *8.1. Мета роботи*

8.1.1. Вивчити принцип дії тиристорних регуляторів напруги.

8.1.2. Дослідити схему керування тиристорного регулятора напруги.

8.1.3. Дослідити властивості тиристорного як електричного апарата.

#### *8.2. Основні теоретичні відомості*

Схема тиристорного регулятора напруги подано на рис. 8.1.

Силова частина являє собою тиристорну пару, у якій тиристори включені зустрічно. Керування величиною напруги на навантаженні (вольтметр  $V_1$ ), а отже і струмом навантаження (амперметр  $A_1$ ) досягається управлінням кута відмикання тиристорів. При цьому осцилограма, що знімається з навантаження, має вигляд, представлений на рис. 8.2.

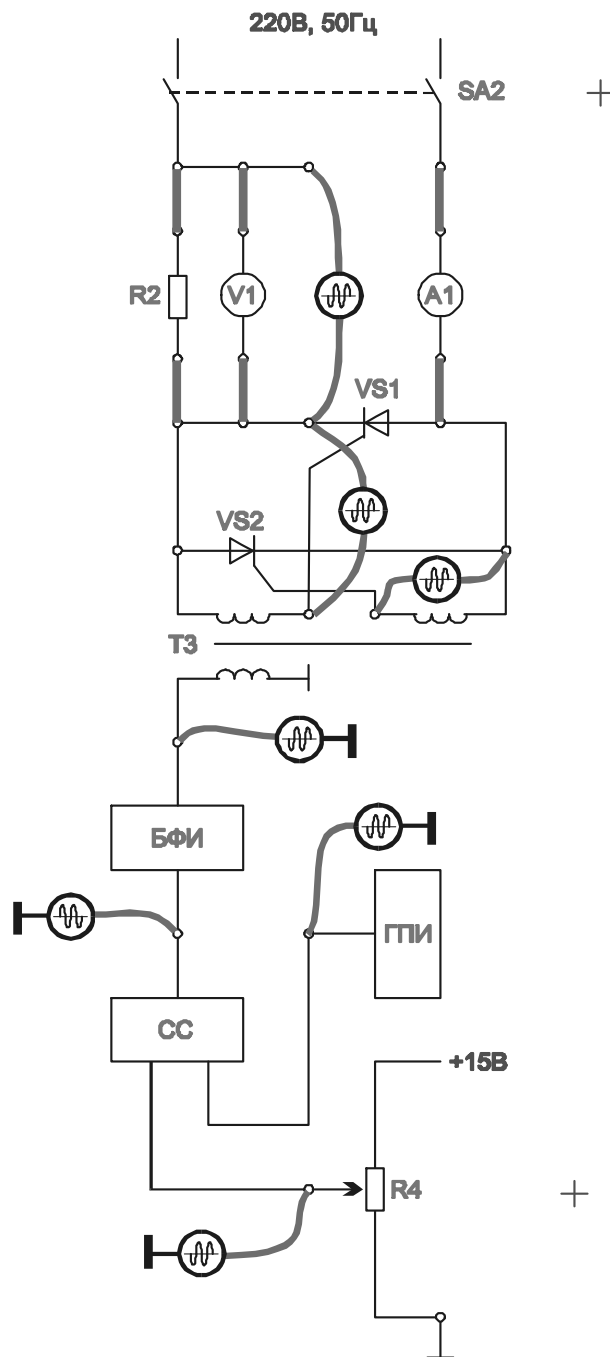


Рис. 8.1

При  $\alpha = \pi$  тиристоры практично закриті і на навантаженні немає напруги, а при  $\alpha = 0$  повністю відкриті і напруга на навантаженні має вигляд повних напівхвиль і відповідає максимальному значенню, одержуваному від випрямляча.

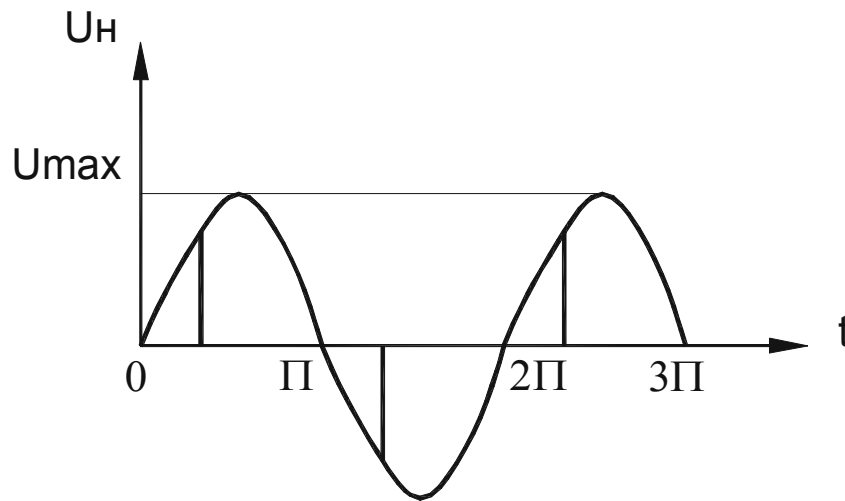


Рис. 8.2

Керування кутом відмикання тиристорів здійснює схема керування, що формує синхронізовані із напругою в мережі імпульси керування, які передаються на керуючі електроди тиристорів через імпульсні трансформатори, що дозволяють зробити гальванічну розв'язку силових ланцюгів перетворювача від ланцюгів керування. Синхронізація імпульсів керування із напругою в мережі досягається шляхом формування в блоці ГОИ зі зниженої синусоїдальної напруги імпульсів пилоподібної форми (рис. 8.3).

Останні надходять у блок порівняння СС, так само як і напруга завдання, що знімається з потенціометра  $R4$ . У результаті порівняння цих величин блок СС формує прямокутні імпульси, шпаруватість яких залежить від положення движка потенціометра  $R4$ , що показано на рис. 8.3. Останні і управляють кутом відмикання тиристорів, перетворюючись у блоці БФИ для передачі через обмотки імпульсного трансформатора ТЗ.

### 8.3. План роботи

#### 8.3.1. Зберіть схему згідно рис. 8.1.



8.3.2. Увімкніть мережний вимикач  $SA1$ , перевірте наявність напруги в мережі по світінню індикаторної лампи. Потім ввімкніть напругу живлення ТРН тумблером  $SA2$ .

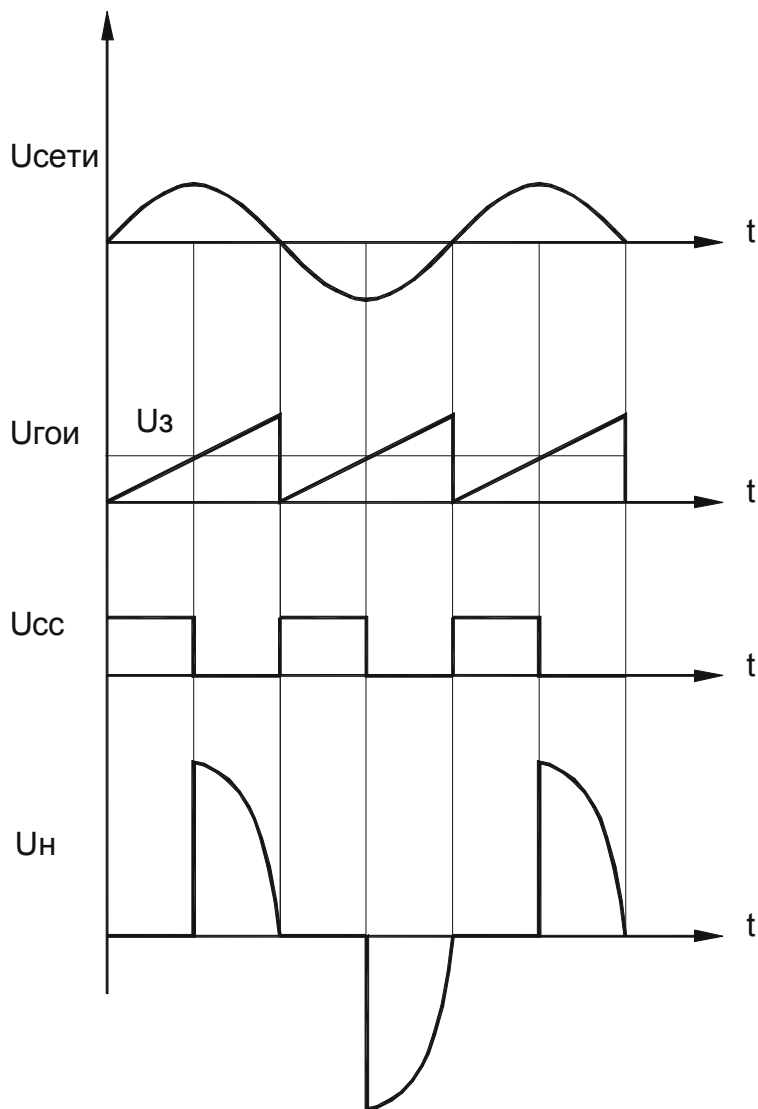


Рис. 8.3

8.3.3. Зняти осцилограми сигналів на виході блоків ГОИ, СС, БФИ і на навантаженні в декількох положеннях потенціометра  $R4$ , у тому числі при мінімальній і максимальній напрузі на навантаженні (точки підключення осцилографа показані на рис. 8.1, підключення осцилографа до навантаження варто робити через дільник напруги).

Напруга на движку  $R4$  вимірювати тестером або осцилографом. По осцилограмам визначите відповідні кути відмикання тиристорів.

8.3.4. Зніміть регульовальну характеристику тиристорного регулятора напруги  $U_H = f(U_3)$ .  $U_3$  вимірювати за допомогою тестера.

8.3.5. Для трьох значень  $U_3$  по двох точках зніміть вихідні характеристики  $U_H = f(I_H)$ .

8.3.6. По закінченні досліду відключити тумблер  $SA2$  і мережний вимикач  $SA1$ .

#### 8.4. *Контрольні питання*

8.4.1. Розповісти принцип дії тиристорного регулятора напруги.

8.4.2. Розповісти принцип дії системи керування тиристорним регулятором напруги.

8.4.3. З якою метою застосовується гальванічна розв'язка силових і керуючих ланцюгів?

8.4.4. Для чого необхідна синхронізація керуючих імпульсів із напругою мережі?

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Родштейн Л. А. Электрические аппараты / Л. А. Родштейн. – 4-е изд. перераб. и доп. – Л. : Энергоатомиздат, 1989. – 303 с.
2. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навч. посіб. / Б. В. Клименко. – Харків : Точка, 2012. – 340 с.
3. Электрические и электронные аппараты : учеб. для вузов ; под ред. Ю. К. Розанова. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Информэлектро, 2001. – 420 с.: ил.
4. Чунихин А. А. Электрические аппараты. Общий курс : учеб. для вузов / А. А. Чунихин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.: ил.
5. Бурштинський М. В. Апарати захисту та керування в електричних установках низької напруги : навч. посіб. / М. В. Бурштинський, Л. С. Копчак, М. В. Хай. [та ін.]. - 2-е вид. – Львів : Львівська політехніка, 2008.– 184с.
6. Лежнюк П. Д. Електричні апарати. Фізичні основи електричних апаратів : навч. посіб./ П. Д Лежнюк, В. Ц. Зелінський. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 182 с.
7. Лежнюк П. Д. Комутаційні електричні апарати : навч. посіб. / П. Д. Лежнюк, В. Ц Зелінський, Л. Н. Добровольська. – Луцьк : ЛНТУ, 2010. – 321 с.
8. . Електричні апарати : метод. вказівки до лабораторних занять для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання / уклад. В. І. Волинець. – Луцьк : ЛНТУ, 2016. – 54 с.

9. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського [Електронний ресурс] : сайт. — Режим доступу : <http://nbuv.gov.ua>. — Дата останнього доступу:28.05.2020.
10. Новатек–електро [Електронний ресурс] : сайт. — Режим доступу : <https://novatek-electro.com/ua/>. — Дата останнього доступу:28.05.2020.

Навчальне видання

## **ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ**

Методичні рекомендації

Укладачі: Вахоніна Лариса Володимирівна

Садовий Олексій Степанович

Формат 60x84 1/16. Ум.друк. арк. 3,25

Тираж \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013р.