

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет

Козлов В.Д., Соломаха М.І., Єнчев С. В.

Лабораторні роботи 1 – 10
по курсу

Електричні апарати

Київ 2007

УДК 621.316
ББК 3 260 я 7
К 592

Компоновка та редагування: В.Д. Козлов, Соломаха М.І.,
Єнчев С. В.

Рецензент.....

Затверджено на засіданні секції педради Інституту НАУ
..... 2007 р.

Електричні апарати. Лабораторні роботи 1 – 10.

В.Д. Козлов, Соломаха М.І., Єнчев С. В. – К.: НАУ, 2007, -
54 с.

Приведені методичні вказівки для виконання лабораторних
робіт, запитання для самоперевірки, список літератури.

Для студентів спеціальностей 8.090603 «Електротехнічні
системи електроспоживання», 8.090605 «Світлотехніка і джерела
світла» та 8.000800 «Енергетичний менеджмент».

УДК 621.316
ББК 3 260 я 7

© В. Д. Козлов, М.І Соломаха., С. В Єнчев. 2007

ЗМІСТ

<i>Лабораторна робота 1. ЕЛЕКТРИЧНА ДУГА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ЇЇ ГАСІННЯ.....</i>	
<i>Лабораторна робота 2. ЕЛЕКТРИЧНІ КОНТАКТИ.....</i>	
<i>Лабораторна робота 3. КОНТАКТОРИ І МАГНІТНІ ПУСКАЧІ</i>	
<i>Лабораторна робота 4. АВТОМАТИЧНІ ПОВІТРЯНІ ВИМИКАЧІ</i>	
<i>Лабораторна робота 5. РОЗ'ЄДНУВАЧІ ТА ВИМИКАЧІ НАВАНТАЖЕННЯ</i>	
<i>Лабораторна робота 6. СИЛОВІ ВИМИКАЧІ І ЇХНІ ПРИВОДИ</i>	
<i>Лабораторна робота 7. ВИМІРЮВАЛЬНІ ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ І НАПРУГИ.....</i>	
<i>Лабораторна робота 8. ПЛАВКІ ЗАПОБІЖНИКИ</i>	
<i>Лабораторна робота 9. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ РЕЛЕ ЗАХИСТУ</i>	
<i>Лабораторна робота 10... Устройства защитного отключения</i>	

Лабораторна робота 1

ЕЛЕКТРИЧНА ДУГА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ЇЇ ГАСІННЯ

Мета роботи: вивчити фізичні процеси, що проходять в електричній дузі постійного і змінного струму на різних стадіях її горіння, дослідити електричні характеристики дуги постійного і змінного струму, а також основні методи її гасіння.

Контрольні питання

1. Які фізичні процеси відбуваються між електричними контактами зі струмом в початковій фазі їх розмикання?
2. Які основні іонізаційні процеси відбуваються в стійко палаючій дузі?
3. Що таке статична і динамічна вольтамперні характеристики дуги постійного струму?
4. Які характерні зони в дузі постійного струму вам відомі? У чому їх особливості?
5. Назвіть і поясніть графічно умови гасіння дуги постійного струму.
6. Намалуйте і поясніть осцилограми струму і напруги при відключенні кола постійного струму.
7. Що таке електрична міцність міжконтактного проміжку і як вона змінюється в часі після гасіння дуги?
8. Намалуйте осцилограми, що пояснюють процес гасіння дуги змінного струму при розходженні контактів ($\cos\varphi=1$).
9. Намалуйте осцилограми, що пояснюють процес гасіння дуги змінного струму при розходженні контактів ($\cos\varphi<1$).
10. Які методи гасіння дуги реалізовані у вивченій вами дугогасній камері з поперечними феромагнітними пластинами?
11. Які методи гасіння дуги використані в дугогасній камері газогенеруючого вимикача навантаження?
12. Які методи гасіння дуги використані в дугогасній камері маломасляного вимикача?
13. Які методи гасіння дуги використані в кварцових запобіжниках?

14. Поясніть ідею використання вузьких подовжніх щілин для гасіння дуги

15. Що таке елегаз? Які позитивні якості він має?

16. Поясніть ідею використання підвищеного тиску і вакууму при гасінні дуги.

17. Що таке безструмова пауза? Як її можна використовувати для гасіння дуги?

18. Поясніть принцип дії тиристора. Як його можна використовувати для бездугової комутації?

19. Які ви знаєте спеціальні середовища, що використовують для підвищення ефективності гасіння дуги? Охарактеризуйте їх властивості.

Лабораторна робота 2

ЕЛЕКТРИЧНІ КОНТАКТИ

Мета роботи: вивчити фізичні явища, що відбуваються в контактах, найбільш розповсюджені конструкції контактів, дослідити залежність перехідного опору електричних контактів від їх конфігурації і сили стиску.

Контрольні питання

1. Що називають електричним контактом?
2. На які три характерні зони можна розділити всю поверхню контакту?
3. Поясніть причини підвищення опору в місці контактування.
4. Напишіть формулу для розрахунку опору свіжозачищеного контакту і поясніть фізичний зміст величин, що входять в неї.
5. Які фізичні процеси відбуваються в контактному з'єднанні при підвищенні його температури?
6. На скільки повинна відрізнятися температура контактної поверхні хорошого контакту від температури його тіла при протіканні номінального струму?
8. Поясніть причину виникнення в контактах електродинамічних сил відштовхування?
9. Які основні вимоги пред'являються до матеріалів контактів?
10. Охарактеризуйте властивості срібла і вольфраму з позиції використання їх у контактних з'єднаннях.
11. Охарактеризуйте властивості міді й алюмінію з позиції використання їх у контактних з'єднаннях.
12. Що таке металокераміка?
13. Які з вивчених вами зразків контактів відносяться до крапкових? Які достоїнства і недоліки таких контактів?
14. Які з вивчених вами зразків контактів відносяться до площинних? Які достоїнства і недоліки таких контактів?
15. Які з вивчених вами зразків контактів відносяться до лінійних? Які достоїнства і недоліки таких контактів?
16. Які основні конструкції контактів використовують в електричних апаратах до 1000 В.

17. Які основні конструкції контактів використовують в електричних апаратах вище 1000 В.

18. Чим пояснюється зменшення перехідного опору при збільшенні сили стискання контактів?

19. Спираючись на дані експерименту назвіть доцільний діапазон зусиль стиску досліджуваних контактів.

20. З якою метою в комутаційних апаратах роблять поділ контактів на основні і дугогасні?

21. Які технічні рішення використовуються в конструкціях контактів для зменшення їх підгоряння?

КОНТАКТОРИ І МАГНІТНІ ПУСКАЧІ

Мета роботи: вивчити конструкції найбільш розповсюджених серій контакторів, магнітних пускачів і теплових реле, схеми їх підключення, досліджувати основні характеристики пускачів і контакторів.

Контрольні питання

1. Яке призначення контактора?
2. Яке призначення магнітного пускача?
3. Поясніть електричну схему підключення контактора.
4. Поясніть електричну схему підключення пускача.
5. На які номінальні струми і напруги випускаються контактори і пускачі?
6. З якою метою послідовно з пускачем включають запобіжники або повітряні автомати?
7. Яке призначення теплових реле? Як вони включаються?
8. Поясніть принцип шифровки в заводських позначеннях контакторів і магнітних пускачів.
9. Розкажіть про вакуумні контактори та тиристорні пускачі.
10. Назвіть і покажіть на зразках основні елементи контактора?
11. Назвіть і покажіть на зразках основні елементи магнітного пускача.
12. Назвіть і покажіть на зразках основні елементи теплового реле.
13. По яких параметрах вибирають контактори і магнітні пускачі?
14. Поясніть достоїнства і недоліки прямоходової і важільно-поворотної конструктивних схем контакторів.
15. Що таке номінальний струм пускача і теплового реле?
16. Для чого в довідниках приводять захисні криві теплових реле?
17. Яке технічне рішення використане для усунення вібрації якоря контактора змінного струму?

18. Які методи гасіння електричної дуги використані в контакторах змінного струму?

19. Які методи гасіння електричної дуги використані в контакторах постійного струму?

20. Які методи гасіння електричної дуги використані в магнітних пускачах?

Лабораторна робота 4

АВТОМАТИЧНІ ПОВІТРЯНІ ВИМИКАЧІ

Мета роботи: вивчити конструкції найбільш розповсюджених серій автоматів і їхніх приводів, з'ясувати основні технічні характеристики автоматів і приводів, освоїти вибір цих апаратів.

Контрольні питання

1. Які функції виконує автоматичний повітряний вимикач?
2. Які особливості автоматів установочних, універсальних, швидкодіючих та автоматів гасіння поля?
3. Назвіть основні елементи автомата і їхнє призначення.
4. Які різновиди розчіплювачів ви знаєте, який принцип їх дії?
5. Які різновиди приводів автоматів ви знаєте? Поясніть принцип їх дії.
6. Які функції виконує механізм вільного розчеплення автомата?
7. З яких елементів складається контактна – дугогасна система автоматів?
8. Намалюйте типові захисні характеристики розчіплювачів від перевантаження і КЗ.
9. По яких параметрах проводять вибір автоматів?
10. Як проводять перевірку автоматів на селективність спрацювання?
11. Поясніть на зразку автомата серії АЗ700 призначення його основних елементів.
12. Поясніть на зразку привода автомата серії АЗ700 призначення його основних елементів.
13. Поясніть принцип дії напівпровідникового рочилювача і його органів настроювання.
14. Поясніть на зразках автоматів АЕ2000, АЗ100 призначення їх основних елементів і поясніть захисні характеристики.
15. Поясніть на зразку автомата серії АП50 призначення його основних елементів і поясніть його захисну характеристику.
16. Поясніть принцип дії дифавтомата.

Лабораторна робота 5

РОЗ'ЄДНУВАЧІ ТА ВИМИКАЧІ НАВАНТАЖЕННЯ

Мета роботи: вивчити призначення і конструкції високовольтних роз'єднувачів, вимикачів навантаження і їх приводів, освоїти методику вибору цих апаратів.

Контрольні питання

1. Для яких цілей використовують високовольтні роз'єднувачі?
2. Які операції допустимо виконувати вимикачем навантаження?
3. З якою метою рухомі ножі в роз'єднувачах і вимикачах навантаження виконують з двох паралельних пластин?
4. По яких умовах проводять вибір роз'єднувачів?
5. По яких умовах проводять вибір вимикачів навантаження?
6. Назвіть і поясніть основні технічні параметри роз'єднувачів серії РВ–10 і діапазон їхніх кількісних значень.
7. Які операції допустимо виконувати високовольтним роз'єднувачем?
8. Які функції виконують приводи роз'єднувачів і вимикачів навантаження?
9. Які конструктивні схеми виконання роз'єднувачів ви знаєте?
10. Які різновиди вимикачів навантаження вам відомі?
11. Назвіть основні технічні параметри вимикачів навантаження серії ВН – 10 і діапазон їхніх кількісних значень.
12. Поясніть конструкцію і принцип дії «магнітного замка» роз'єднувача.
13. Для чого існує механічний зв'язок між рухомими контактами роз'єднувача та контактами заземлення?
14. Які типи приводів використовують для управління розчіплювачами та вимикачами навантаження?
15. З яких основних елементів складається конструкція роз'єднувача серії РВ–10?

16. З яких основних елементів складається конструкція вимикача навантаження серії ВН-10?

17. З яких основних частин складається привід ПР-2 (ПР-3) і ПРА?

18. Як здійснюється керування ножами заземлення в роз'єднувачах?

19. Які методи гасіння дуги використовують в роз'єднувачах?

20. Які методи гасіння дуги використовують у вимикачах навантаження серії ВН – 10?

СИЛОВІ ВИМИКАЧІ І ЇХНІ ПРИВОДИ

Мета роботи: вивчити принцип дії і конструкції маломасляних вимикачів серії ВМП-10 та вакуумних вимикачів серії ВВ-10, конструкцію приводів типу ПЭ-11 і ППМ.

Контрольні питання

1. Які функції виконують силові вимикачі?
2. Які основні технічні параметри силових вимикачів ви знаєте? Поясніть їх.
3. Приведіть класифікацію силових вимикачів по способу гасіння дуги?
4. Які функції виконують приводи вимикачів?
5. Які різновиди приводів силових вимикачів вам відомі?
6. Поясніть умови вибору силових вимикачів.
7. Що є джерелом енергії для безпосереднього включення і відключення вимикачів серії ВМП-10?
8. Чим відрізняються вимикачі ВМП-10, ВМПЭ-10 і ВМПП-10?
9. Які функції виконує олія у вимикачі ВМП-10? Як контролюється її рівень?
10. Назвіть основні елементи вимикача ВВ-10, поясніть його роботу.
11. Поясніть конструкцію дугогасної камери вимикача ВМП-10 і принцип її роботи.
12. Покажіть і поясніть роботу демпферної камери і масляного буфера вимикача ВМП-10.
13. Чим відрізняється процес гасіння дуги в вимикачі ВМП-10 при відключенні струмів КЗ і робочих струмів?
14. Які конструкції контактів використані в вимикачі ВМП-10?
15. Назвіть основні елементи приводів.
16. Назвіть достоїнства й недоліки привода ПЭ-11.
17. Що таке механізм вільного розчеплення і яка його функція в приводі?

18. Поясніть на зразку привода ППМ послідовність його дії при включенні вимикача.

19. Поясніть на зразку привода ППМ послідовність його дій при дистанційному, місцевому й аварійному відключеннях.

20. Поясніть на зразку привода ПЭ-11 послідовність його дій при включенні та відключенні.

Лабораторна робота 7

ВИМІРЮВАЛЬНІ ТРАНСФОРМАТОРИ СТРУМУ І НАПРУГИ

Мета роботи: вивчити конструкції основних типів вимірювальних трансформаторів струму (ТС) і трансформаторів напруги (ТН), їхні похибки і схеми їх підключення.

Завдання

1. Вивчити конструкції основних типів ТН, що застосовуються в мережах 6 – 35 кВ, і їхні технічні характеристики.
2. Вивчити основні схеми підключення вимірювальних ТН і рекомендації їх застосування.
3. Вивчити конструкції основних типів ТС, застосовуваних у мережах 0,4 – 35 кВ, і їхні технічні характеристики.
4. Вивчити основні схеми підключення вимірювальних ТС і рекомендації з їх застосування.

Контрольні питання

1. Яке призначення вимірювальних ТН і ТС?
2. Назвіть похибки ТН і ТС та їхні кількісні значення. Які причини появи похибок?
3. Які класи точності ТН і ТС ви знаєте? Які класи точності ТН і ТС використовують в залежності від цілей вимірювань?
4. Приведіть основні схеми підключення ТН і рекомендації з їх використання.
5. З якою метою заземлюють вторинні обмотки ТН і ТС?
6. Приведіть основні схеми підключення ТС і рекомендації з їх використання.
7. Використовуючи зразки ТС, поясніть їхню конструкцію.
8. Використовуючи зразки ТН, поясніть їхню конструкцію.
9. Поясніть призначення запобіжників у схемах підключення ТН.
10. Який режим роботи ТС є небезпечним і чому?
11. Поясніть фізичний зміст технічних параметрів, що приводяться на заводських бірках ТН і ТС.

ПЛАВКІ ЗАПОБІЖНИКИ

Мета роботи: ознайомитися з теоретичними відомостями, конструкцією низьковольтних і високовольтних запобіжників, експериментально визначити захисні характеристики запобіжників, одержати навички вибору запобіжників.

Завдання

1. По рекомендованій літературі і конспекту лекцій ознайомитися з теоретичними відомостями, що пояснюють роботу плавких запобіжників та з методикою їх вибору. Виконати домашнє завдання. Відповісти на контрольні питання 1 – 8.

2. По зразках запобіжників, що є в лабораторії ознайомитися з конструкцією низьковольтних і високовольтних запобіжників і їх технічними параметрами.

3. Експериментально визначити захисні характеристики плавких уставок різного перетину.

4. Теоретично розрахувати час перегорання плавких уставок при різних струмах.

5. Оформити протокол роботи, по даним експерименту зробити висновки, відповісти на контрольні питання 9 – 16.

Контрольні питання

1. Дайте визначення електричному апарату запобіжнику.

2. Назвіть основні достоїнства і недоліки, властиві плавким запобіжникам.

3. Які методи гасіння дуги використовуються в низьковольтних і високовольтних запобіжниках?

4. Для яких цілей корпус запобіжника серії ПР-2 виконаний з фібри?

5. Які матеріали використовуються для виготовлення плавких уставок запобіжників? Поясніть їх достоїнства і недоліки.

6. Яке явище називають металургійним ефектом і чому його використовують у запобіжниках?

7. Що таке струмообмежуюча дія запобіжника?

8. З якою метою плавкі вставки виконують зі звуженнями або з декількох рівнобіжних провідників?

9. Поясніть відмінності таких характеристик як номінальний струм запобіжника, номінальний струм плавкої вставки і номінальний струм відключення.

10. Назвіть основні конструктивні елементи запобіжників серії ПР-2 і ПН-2, з яких матеріалів вони виготовлені?

11. Назвіть основні конструктивні елементи запобіжників серії ПКТ, з яких матеріалів вони виготовлені?

12. Як здійснюється перевірка запобіжників на чутливість?

13. Як здійснюється перевірка запобіжників на селективність спрацьовування за допомогою захисних характеристик?

14. За яким правилом можна судити про селективність спрацьовування високовольних і низьковольних запобіжників при відсутності їх захисних характеристик?

15. По яким трьох умовах роблять вибір плавкої вставки низьковольного запобіжника?

16. По яких умовах роблять вибір високовольного запобіжника і його плавкої вставки?

Лабораторна робота 9

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ РЕЛЕ ЗАХИСТУ

Мета роботи: вивчити конструкції електромагнітних реле різного функціонального призначення, що застосовуються в схемах релейного захисту і електроавтоматики, методику їх вибору, дослідити основні технічні характеристики електромагнітних реле.

Завдання

1. Використовуючи наведену літературу [], [], [], вивчити принцип роботи електромагнітних реле на постійному й змінному струмах, виконати домашнє завдання.

2. Використовуючи методичні вказівки і препаровані зразки електромагнітних реле, що є у лабораторії, вивчити їх конструкції та основні технічні характеристики.

3. Дослідити основні технічні характеристики струмкових електромагнітних реле серій РТ40, РТВ, РТМ і вказівних реле РУ-21.

4. Дослідити основні технічні характеристики реле напруги серії РН-50, проміжних реле РП-23 і РП-25, реле часу РВ-200 і РВ-100.

5. Відповісти на контрольні запитання 1...20 і підготувати звіт лабораторної роботи.

Контрольні запитання

1. Які вимірювальні реле можна виконати з урахуванням електромагнітного принципу?

2. Які функції виконують допоміжні реле в схемах захисту і електроавтоматики?

3. За якими конструктивними схемами виконані вивчені Вами серії електромагнітних реле?

4. За якими параметрами вибирають електромагнітні реле?

5. З яких основних елементів складаються реле серії РТ-40? За допомогою яких способів можна змінити уставку струму цього реле?

6. З яких основних елементів складається реле серії РН-50? За допомогою яких способів можна змінити уставку напруги цього реле?

7. З яких основних елементів складається реле серії РВ-100 і РВ-200? Як змінюється уставка часу в цих реле?

8. З яких основних елементів складаються реле серії РП-23 і РП-25? Які функції виконують ці реле в схемах захисту і автоматики?

9. Які функції виконують реле серії РУ-21? З яких основних елементів складається це реле?

10. Назвіть основні технічні параметри реле серії РТ-40 і РВ-200. Поясніть їх технічний смисл.

11. Назвіть основні технічні параметри реле серій РН-50 і РУ-21. Поясніть їх технічний смисл.

12. З яких основних елементів складається реле серії РТВ? Які уставки має це реле і як їх можна змінити?

13. Що називають коефіцієнтом повернення реле? Які значення він приймає у мінімальних та максимальних реле?

14. Поясніть принцип дії короткозамкненого витка для усунення вібрації якоря реле при роботі на змінному струмі.

15. Від яких параметрів реле залежить електромагнітна сила, що притягує якір реле?

16. Як змінюється електромагнітна сила, що притягує якір реле змінного струму, за часом?

17. Які способи усунення вібрації застосовані у вивчених Вами конструкціях реле?

18. Які способи зміни уставок використовуються у вивчених Вами реле?

19. Поясніть порядок вибору реле на прикладі вашого домашнього завдання.

20. Поясніть принципову відмінність реле прямої дії від реле попередньої дії.

Лабораторна робота 10
Устройства защитного отключения

Список літератури

1. КОЗЛОВ В.Д. Електричні апарати. Модуль 1. Загальні питання електричних апаратів: Посібник – К.: НАУ, 2005. – 92 с.
2. КОЗЛОВ В. Д., СОЛОМАХА М. І. Електричні апарати. Модуль 2. Комутаційні апарати низької та середньої напруги: Посібник – К.: НАУ, 2006. – 84 с.
3. КОЗЛОВ В. Д., СІНЧЕВ С. В. Електричні апарати. Модуль 3. Вимірювальні, контролюючі та захисні апарати. Посібник – К.: НАУ, 2007. – 72 с.
4. КОЗЛОВ В.Д. Электрооборудование трансформаторных подстанций аэропортов. – М.: Воздушный транспорт, 1993. – 248 с.
5. ЧУНИХИН А.А. Электрические аппараты: Общий курс. Учебник для вузов – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.
6. РОДШТЕЙН Л.А. Электрические аппараты. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. – 304 с.
7. РОЖКОВА Л.Д. , КОЗУЛИН В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоиздат, 1987. – 600 с.

Навчальне видання

КОЗЛОВ Віктор Дмитрович,
СОЛОМАХА Михайло Іванович,
ЄНЧЕВ Сергей В

Електричні апарати

Лабораторні роботи 1 –10

В авторській редакції

Підп. до друку . . . 06. Формат 60x84/16. Папір офс.
Офс. друк. Ум. фарбовідб. 24. Ум. друк. арк. 5,35. Обл.-вид. арк. 5,75.
Тираж 150 пр. Замовлення № Вид. №

Видавництво НАУ
03680. Київ-680, проспект Космонавта Комарова, 1.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 977 від 05. 07. 2002.