

Видмиш А. А.



ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

для студентів галузі знань 14 - "Електрична інженерія"
зі спеціальності 141 - "Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка"

Частина перша

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

Факультет Інженерно-технологічний Кафедра «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Видмиш А.А

**ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
для студентів галузі знань 14 – «Електрична інженерія»
зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

Частина перша

Вінниця ВНАУ - 2019

УДК 621.38(072)

Автор:

Видмиш А.А.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технології обслуговування та ремонту електрообладнання та засобів керування». Методичні вказівки для проведення лабораторних робіт студентами галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», частина перша. – Вінниця, РВВ ВНАУ: 2019 р. – 150 с.

Рецензенти:

Веселовська Н.Р., доктор технічних наук, професор кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва, ВНАУ

Бабенко О.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, ВНТУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною комісією ВНАУ
(протокол № _____ від _____ 2019 р.)

© Видмиш А.А.

Вінницький національний аграрний університет, 2019 р.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
ВСТУП	5
Лабораторна робота №1	
ДЕФЕКТАЦІЯ ТРИФАЗНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ РЕМОНТІ	11
Лабораторна робота №2	
ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПІСЛЯ РЕМОНТУ	24
Лабораторна робота №3	
ДЕФЕКТАЦІЯ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА	40
Лабораторна робота №4	
ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПІСЛЯ РЕМОНТУ	50
Лабораторна робота №5	
РОЗРАХУНОК І ВИКОНАННЯ ОДНОШАРОВИХ ОБМОТОК СТАТОРА ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА	65
Лабораторна робота №6	
РОЗРАХУНОК І ВИКОНАННЯ ДВОШАРОВОЇ ОБМОТКИ СТАТОРА ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З ЦІЛИМ ЧИСЛОМ ПАЗІВ	72
Лабораторна робота №7	
РОЗРАХУНОК І ВИКОНАННЯ ДВОШАРОВОЇ ОБМОТКИ СТАТОРА ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З МАЛИМ ЧИСЛОМ ПАЗІВ	79
Лабораторна робота №8	
ДЕФЕКТАЦІЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПРИ РЕМОНТІ	87
Лабораторна робота №9	
ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПІСЛЯ РЕМОНТУ	107
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	130
ДОДАТКИ	132

ПЕРЕДМОВА

Запропоновані навчальні методичні вказівки складені у відповідності з програмою дисципліни «Технології обслуговування та ремонту електрообладнання та засобів керування» та є першою частиною лабораторного практикуму. Це допомагає студентам опанувати теоретичні розділи курсу. В процесі лабораторних досліджень студенти набувають навиків у обслуговування та ремонту електричного обладнання, складанні електричних схем, методикою проведення експериментів і обробки їхніх результатів.

Програма досліджень охоплює базові засади головних розділів дисципліни а саме: технологій та обслуговування основних видів силового обладнання.

З метою полегшення та прискорення підготовки студентів до проведення експериментів в методичних вказівках наведено загальні теоретичні відомості з досліджуваних тем. В кожній роботі, разом із самостійними випробуваннями, передбачається аналіз отриманих результатів та порівняння їх з теоретичними положеннями.

Практичні приклади наводяться у роботах за необхідністю. Наявність в роботах великої кількості довідникових даних та технологічних карт дозволяє студенту краще самостійно засвоїти матеріал та володіти сучасними технологіями. До кожної лабораторної роботи наведені і питання для самоконтролю, що дозволяє студенту перевірити себе на готовність до виконання роботи та її захисту.

ВСТУП

Організація і порядок виконання лабораторних робіт

Першим заняттям є ввідне, яке передбачає проведення всіх необхідних організаційних заходів по проведенню лабораторного практикуму в лабораторії. Студенти знайомляться зі специфічними умовами роботи в даній лабораторії, правилами внутрішнього розпорядку, організацією робочого часу й питаннями техніки безпеки під час роботи (Інструкція з техніки безпеки наведена в додатку А). Проводиться ознайомлення з лабораторним обладнанням: електричними стендами по дослідженню електричних кіл, електричних машин, основам електроніки, електровимірювальними приладами, електричними машинами, напівпровідниковими приладами.

Організаційні питання і порядок проведення лабораторних робіт включають такі пункти:

1. Студентів, які працюють в лабораторії, поділяють на окремі бригади в складі двох-чотирьох чоловік в кожній.

2. Студент, який входить до складу бригади, зобов'язаний завчасно підготуватися до лабораторного заняття за лекційними записами, рекомендованою навчальною літературою та відповідними методичними вказівками, поданою у даному навчальному посібнику; заготовити бланк встановленої форми з ретельно накресленою на ньому електричною схемою установки та з необхідними таблицями для запису експериментальних даних.

3. Прийшовши в лабораторію, студенти мають пред'явити керівникові занять заготовлені бланки для перегляду, після чого бригада одержує право приступити до виконання роботи за відповідним лабораторним столом.

4. Після складання схеми всі невикористані провідники потрібно відразу ж прибрати зі столу.

5. Не дозволяється вмикати рубильники, автоматичні вимикачі до перевірки керівником правильності з'єднань приладів, апаратів та машин.

6. У разі будь-яких Perez'єднань у зібраній установці потрібно, щоб перед

її вмиканням ще раз перевірів керівник.

7. Кожна робота виконується з приладами, які для неї спеціально призначені. Брати будь-які інші прилади без дозволу керівника або лаборанта заборонено!

8. У разі пошкодження будь-якого приладу студент зобов'язаний негайно повідомити про це керівника.

9. Закінчивши випробування, кожний студент зобов'язаний до розбирання схеми надати керівникові для підпису бланк з результатами спостережень. Якщо результати дослідів незадовільні або зовсім не надані керівникові, то робота вважається невиконаною і призначається для повторного виконання.

10. Після зарахування керівником результатів дослідів студенти мають розібрати всі з'єднання, провідники ретельно скласти, зібрати прилади, накрити їх кришками та загвинтити.

11. Студентів допускають до виконання наступної роботи тільки після того, як вони подадуть керівникові окремий звіт про попередню роботу. Зразок оформлення титульного аркуша звіту наведено в додатку Б.

У звіті подаються: короткий опис змісту роботи, схема електрична принципова установки, перелік усіх використаних приладів і апаратури з їх технічними даними, результати спостережень, розрахунків з відповідними графіками, а також короткий висновок по виконаній роботі. Розрахунки потрібно виконувати з врахуванням одиниць міжнародної системи SI (додаток В).

Звіт оформляється за допомогою комп'ютера на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 (210x297 мм) з рамкою зі штампом 15 мм через 1,5 міжрядкового інтервалу. Шрифт – Times New Roman, 14 кегль. Текст необхідно друкувати, залишаючи поля таких розмірів: лівий – 30 мм, правий – 15 мм, верхній – 20 мм, нижній – 30 мм.

Графіки будують за допомогою комп'ютера або вручну (бажано на міліметровому папері). При цьому повинна бути координатна сітка, а на кожній з координатних осей – нанесені позначення, їхні одиниці і масштаб. Для

правильного уявлення про вигляд характеристик, масштаби вибирають таким чином, щоб початок координат відповідав нульовим значенням як функцій, так і їх аргументів.

При побудові характеристик вручну спочатку наносять експериментальні точки, а потім проводять плавну криву, розташовану якомога ближче до основної кількості цих точок. При комп'ютерній побудові характеристик ця процедура реалізується за допомогою згладжування експериментальних даних. Отриману усереднену криву і приймають за дослідну характеристику.

12. При складанні схеми та користуванні літерними або графічними символами потрібно використовувати умовні позначення, які прийняті в лабораторії відповідно до діючих ДЕСТів (умовні графічні позначення найбільш вживаних елементів схем наведені в додатку Д, а буквені позначення елементів наведені в додатку Г).

13. Студентам, які працюють у лабораторії, заборонено: торкатися деталей, що знаходяться під напругою, виконувати будь-які перемикання на головних розподільних щитах, випрямлячах або перетворювальних пристроях; робити зміни у складених електричних колах під напругою; розрізати провідники на частини; писати крейдою на приладах, машинах, апаратах, щитах та столах, а також переміщувати лабораторне майно, розставлене за певним планом.

Електровимірювальні прилади

Електровимірювальні прилади використовують для вимірювання різних електричних, магнітних і неелектричних величин, тобто для експериментального визначення значень тих чи інших фізичних величин.

Вимірювання – процес знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Електровимірювальні прилади поділяються на **прилади безпосередньої оцінки та прилади порівняльні**. Перші дозволяють визначити числове значення вимірювальної величини за допомогою відлікової шкали, а другі –

порівнюють її з відповідною відомою величиною, яка приймається в якості довідникової. Прилади безпосередньої оцінки, чи прямого відліку, дозволяють виконати процес вимірювання простіше і швидше, ніж прилади порівняння, які мають більшу точність та чутливість.

За способом видачі інформації електровимірювальні прилади ділять на аналогові (прилади з неперервним відліком) і цифрові (прилади з дискретним відліком), у яких покази видаються у цифровій формі.

Похибка вимірювання – відхилення результатів вимірювання від істинного значення величини, що вимірюється.

Похибки поділяють на абсолютну, відносні, приведену, основну і додаткову. Розглянемо перші три з них.

Абсолютною похибкою вимірювання ΔX називають різницю між показом приладу X і істинним значенням X_{icm} величини, що вимірюється:

$$\Delta X = X - X_{icm}. \quad (B.2)$$

Відотною похибкою вимірювання $\gamma\%$ називають відношення абсолютної похибки до істинного значення величини, що вимірюється:

$$\gamma\% = \frac{\Delta X}{X_{icm}} \cdot 100 = \frac{X - X_{icm}}{X_{icm}} \cdot 100. \quad (B.3)$$

В зв'язку з тим, що істинне значення величини, що вимірюється, мало відрізняється від показу приладу X , то відносна похибка

$$\gamma\% \approx \frac{\Delta X}{X} \cdot 100. \quad (B.4)$$

Точність вимірювання в основному оцінюється саме відотною похибкою.

Точність вимірювальних приладів оцінюється за допомогою **приведеної похибки**: відношенням абсолютної похибки вимірювання до номінального значення $X_{ном}$ вимірювального приладу, здебільшого вираженого у відсотках:

$$\gamma_{пр\%} = \frac{\Delta X}{X_{ном}} \cdot 100. \quad (B.5)$$

Для визначення найбільших похибок вимірювання користуються класом

точності приладу.

Згідно ГОСТ 8711-78 електровимірювальні прилади (наприклад, амперметри і вольтметри) за ступенем точності діляться на дев'ять класів: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4 і 5. Цифра, яка визначає клас точності, визначає значення найбільшої допустимої основної приведенної похибки приладу $\gamma_{np}\%$.

Чим менша вимірювальна величина в порівнянні з номінальною величиною шкали, тим більша відносна похибка вимірювання цієї величини. По цій причині рекомендується електровимірювальні прилади вибирати таким чином, щоб вимірювана величина була не менша однієї третини номінальної величини шкали приладу, тобто потрібно старатись по можливості при вимірюваннях не користуватися початковою частиною шкали приладу. Під **робочою частиною шкали приладу** розуміють всю шкалу, якщо вона рівномірна, чи її частину (в проміжках 20 – 100% кінцевого значення), відмічену на шкалі точками у тому випадку, коли вона нерівномірна.

Прилади класів 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 називаються лабораторними, а прилади вищих класів – технічними.

За виконанням прилади в залежності від умов експлуатації діляться на групи:

А – для роботи в закритих приміщеннях;

Б – для закритих неопалювальних приміщень;

В – для роботи в польових чи морських умовах;

Т – для роботи в умовах сухого і вологого тропічного клімату.

За тривалістю механічних дій при експлуатації прилади діляться на звичайні, звичайні з додатковою міцністю (ОП), стійкі до механічних дій – трясостійкі (ТМ), нестійкі до трясіння (ТН), вібростійкі (ВМ), нестійкі до вібрації (ВН), ударостійкі (УМ).

За ступенем захисту від зовнішніх магнітних і електричних полів прилади діляться на категорії I та II, які обмежують значення похибок приладів.

Крім того, прилади поділяються за способом перетворення електричної

енергії в механічну та конструкції вимірювального механізму, за принципом дії і конструктивним особливостям перетворювачів вимірювальних кіл, за способом утворення протидіючого моменту, а також за конструкцією опор рухомої частини приладу, конструкцією відлікової частини, положенням нульового відліку на шкалі, характером самої шкали, розмірами і формою корпусу. Кожен вимірювальний прилад повинен відповідати роду струму, мати необхідні межі вимірювання, знаходитись у визначеному положенні по відношенню до горизонтальної поверхні та встановлюватись в місті, де відсутні зовнішні чинники, які спотворюють результат вимірювання.

Прилади для вимірювання струму вмикають в електричне коло послідовно, а для вимірювання напруги – паралельно. Прилади, які вимірюють потужність, енергію, коефіцієнт потужності та інші електричні величини, вмикають по більш складних схемам, які додаються до приладів.

На шкалі кожного приладу наводиться: позначення одиниці вимірювальної величини і класу точності, номер стандарту, умовне позначення роду струму і числа фаз, системи приладу, групи його виконання за умовами експлуатації, а також категорія його захисту від впливу зовнішніх магнітних і електричних полів. Крім цього вказують: робоче положення приладу, умовне позначення величини напруги, що досліджується, номінальну частоту чи область частот, товарний знак заводу-виробника, заводське позначення приладу, рік випуску, заводський номер приладу, а в окремих випадках – і ряд інших величин: номінальна напруга, номінальний струм, номінальна температура тощо.

Умовні позначення на шкалах електровимірювальних приладів у відповідності до ГОСТ 23217-78 наведені в додатку Д.

Лабораторна робота №1

ДЕФЕКТАЦІЯ ТРИФАЗНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ РЕМОНТІ

Мета роботи: Придбання практичних навичок дефектації силових трансформаторів при ремонті та ознайомлення з порядком прийому трансформаторів в ремонт і оформленням основної документації.

Теоретичні відомості

Проведення зовнішнього огляду силового трифазного трансформатора, перевірка його комплектності і запис паспортних даних.

Паспортні дані силового трансформатора заносяться в “Відомість дефектів” (див. Додаток А).

Розбирання і перевірка стану трансформатора

Основною операцією при розбиранні силового масляного трансформатора є відділення виймальної частини від бака. При розбиранні трансформатора необхідно дотримуватися умов безпеки і обережності, щоб не допустити механічних ушкоджень обмоток, ізоляторів та інших частин і деталей трансформатора. Кожна деталь трансформатора повинна бути помічена ремонтним номером.

Після розбирання проводиться ретельний огляд елементів конструкції трансформатора. При огляді обмоток трансформатора звертається особлива увага на стан ізоляції обмоток (ступінь старіння, обгорання, механічні ушкодження, електродинамічні деформації, забруднення, якість просочування та ін.). Уважно також оглядаються виводи обмоток і стан місць пайки. При огляді магнітопроводу перевіряється наявність задирок, які перекидають сусідні листи, можливі ушкодження міжлистової ізоляції магнітопроводу, щільність

прилягання листів магнітопроводу та ін. Результати огляду елементів конструкції заносяться в “Відомість дефектів”(див Додаток А).

Вимірювання омичних опорів обмоток ВН і НН трансформатора

Омічні опори обмоток ВН і НН визначаються за допомогою амперметра і вольтметра при підключенні обмоток до джерела постійного струму або безпосереднього виміру за допомогою вимірювального моста, наприклад, типу М416. Дані вимірів заносяться в “Відомість дефектів”. Якщо опори окремих фаз обмоток відрізняються більше, ніж на $\pm 5\%$, то це свідчить про наявність ушкоджень в обмотках.

З метою виявлення ушкоджень обмоток застосовується перевірка обмоток методом падіння напруги. У цьому випадку напруга постійного струму підводиться до послідовно з'єднаних усіх трьох обмоток ВН або НН. Вольтметром вимірюється падіння напруги на окремих фазах (рисунок 1.1). При наявності в однієї з обмоток міжвиткового замикання, падіння напруги на цій обмотці буде менше, ніж на інших. При невеликій кількості закорочених витків описаний метод малоефективний, але він дозволяє встановити наявність поганих контактів і високих перехідних опорів.

Вимірювання опору ізоляції обмоток

Опір ізоляції вимірюють за допомогою мегомметра між обмотками ВН і НН, а також між обмотками ВН і НН та магнітопроводом (корпусом). Дані вимірів заносяться в Відомість дефектів. Опір ізоляції повинен бути не нижче значення, визначеного в ПУЕ.

Перевірка роботи перемикача відгалужень обмоток трансформатора і проведення зовнішнього огляду ввідних ізоляторів

При огляді перемикача відгалужень необхідно звернути увагу на конструктивне виконання і кількість відгалужень обмоток; власне роботу перемикача, діапазон регулювання напруги.

При огляді ввідних ізоляторів необхідно перевірити відсутність тріщин і сколів на поверхні ізоляторів виводів обмоток ВН і НН, чистоту їхньої поверхні; стан контактних затискачів.

Випробування ізоляції обмоток підвищеною напругою. Випробування проводиться, якщо в цьому є необхідність. Це визначається станом ізоляції, номінальною потужністю трансформатора і значеннями номінальної напруги обмоток ВН і НН. Випробування обмоток підвищеною напругою проводяться відповідно до методики, визначеної в ГОСТ 22756-77. "Трансформатори силові. Методи випробування електричної міцності ізоляції."

Оформлення "Відомості дефектів" силового трансформатора

За результатами огляду, вимірів і випробувань оформлюється "Відомість дефектів" трифазного силового трансформатора (Додаток А)

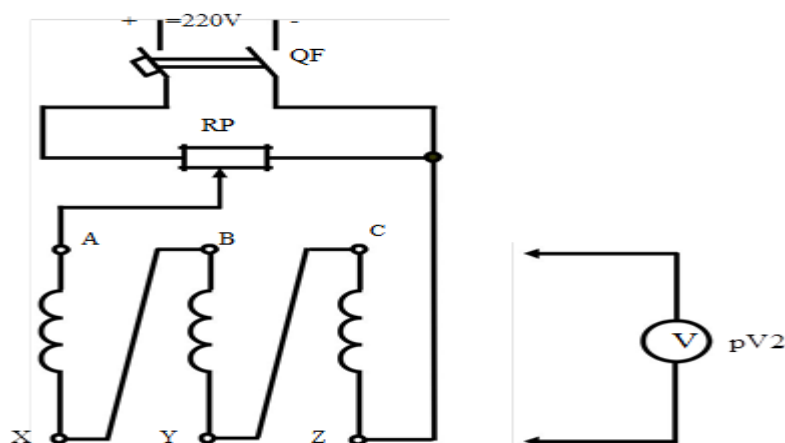


Рисунок 1.1 - Схема до визначення виткового замикання в обмотці методом падіння напруги.

Програма роботи

1. Провести зовнішній огляд силового трифазного трансформатора, перевірити його комплектність і записати паспортні дані.
2. Розібрати і перевірити стан магнітопроводу, обмоток і кожуху трансформатора.
3. Виміряти омичні опори обмоток ВН і НН трансформатора.
4. Виміряти опір ізоляції обмоток.
5. Перевірити роботу перемикача відгалужень обмоток трансформатора і провести зовнішній огляд ввідних ізоляторів.
6. Провести випробування ізоляції обмоток підвищеною напругою при необхідності.
7. Оформити відомість дефектів трифазного силового трансформатора.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Вивчити матеріал, що стосується дефектації силових трансформаторів при ремонті [1-4].
2. Вивчити розділ “Будова та Устрій” силових трансформаторів з курсу “Електричні машини” [3].
3. Відповісти на контрольні питання до даної роботи.

Вказівки щодо оформлення звіту

В якості звіту по даній роботі студенти подають оформлену "Відомість дефектів" установленної форми з обов'язковим формулюванням висновків за результатами дефектації силового трансформатора.

Контрольні питання

1. Що таке дефектація силового трансформатора?
2. На що необхідно звертати увагу при дефектації трансформатора при огляді:
 - обмоток;
 - магнітопроводу;
 - перемикача відгалужень;
 - ввідних ізоляторів;
 - кожуху або бака.
3. Перерахуйте можливі зовнішні ушкодження обмоток трансформатора.
4. Назвіть основні види та несправності магнітопроводу силових трансформаторів.
5. Перерахуйте можливі ушкодження ввідних ізоляторів силового трансформатора.
6. Які види ушкодження системи охолодження виникають при експлуатації трансформаторів?
7. Як визначити омичний опір фазних обмоток трансформатора?
8. Як вимірюється опір ізоляції обмоток трансформатора?
9. Як оцінити наявність виткового замикання в обмотках трансформатора по розміру омичних опорів обмоток?
10. Назвіть норму опору ізоляції обмоток трансформатора.

Список літератури

1. Пястолов А.А. Монтаж, експлуатація і ремонт електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Мешков, А.Л. Вахрамеев. - М.: Колос, 1981. - 355 с.
2. Пястолов А.А. Практикум по монтажу, експлуатації і ремонту електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Попков и др. - М.: Колос, 1976. -с.
3. Пястолов А.А. Експлуатація і ремонт електроустановок / А.А.Пястолов, А.Л. Вахрамеев и др. - М.: Колос, 1984. - 271 с.
4. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СРСР. - 6-е изд. -М.: Энергоатомиздат, 1985. - 640 с.
5. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек. - Л.: Энергия,1970. - 339 с.
6. Конспект лекцій по дисципліні “Ремонт електрообладнання.”

Додаток А

(Обов'язковий)

Відомість дефектів силового трансформатора

« _____ » _____ 20__ р.

місце проведення огляду _____

Замовник, його адреса _____

Паспортні дані силового трансформатора :

завод-виробник _____ рік виготовлення _____

тип _____ заводський № _____

потужність _____ кВА інвентарний № _____

напруга к.з., % _____ група з'єднання _____

струм х. х., % _____ схема з'єднання _____

втрати: P_0 _____ Вт P_k _____ Вт

Номинальна напруга

ВН _____ вольт

НН _____ вольт

Номинальний струм

ВН _____ ампер

НН _____ ампер

Результати дефектації:

I. МАГНІТОПРОВІД

1. Стан шихтовки сталевого ярма _____

2. Стан ізоляції прокладок ярма, консолей та рейок _____

3. Стан болтів (шпильок) _____

4. Опір ізоляції стяжних болтів (шпильок) _____ МОм при перевірці
мегомметром типу _____ заводський № _____ на напругу _____ В.

5. Випробування ізоляції стяжних болтів (шпильок) підвищеною напругою
_____ В протягом _____ хвилин _____

6. Наявність та стан заземлюючих листів між ярмом і консолями _____

II. ОБМОТКИ

1. Стан обмоток _____

2. Стан дистанційних прокладок та рейок (біля консолей) _____

3. Стан фібрових шпильок, що стягують дерев'яні кріплення _____

4. Виконані през'єднання обмоток _____

5. Забір омичного опору обмоток (в омах):

Обмотки	Виводи	Положення перемикача відгалужень										Похиб- ка	
		I	II	III	IV	V		I	II	III	IV		V
високої напруги	AB(I)												
	BC(II)												
	CA(III)												
		дані заводу виробника					дані виміру						
низької напруги	ав			ао									
	вс			во									
	са			со									

Забір опору ізоляції обмоток у (мегомах)

Забір опору ізоляції	Дані виміру	Дані попереднього виміру 20__р.
між обмоткою ВН і корпусом		
між обмоткою НН і корпусом		
між обмотками ВН і НН		

Температура верхніх шарів масла _____⁰С.

Іспит проводився мегомметром типу _____ заводський № _____ на
напругу _____ вольт.

ІІІ. ПЕРЕМИКАЧ ВІДГАЛУЖЕНЬ

1. Стан штанг, і їх вільне переміщення _____

2. Стан наконечників і пружин _____

ІV. ВИВІДНІ ІЗОЛЯТОРИ

1. Стан ізоляторів і арматури _____

2. Стан приєднань _____

V. КОЖУХ

1. Стан кожуха _____
 2. Наявність пломби на зливному крані _____
 3. Виконано злив масла _____
 4. На дні кожуха виявлено _____
-

5. Промивання кожуха виконане трансформаторним маслом з діелектричною міцністю _____

–

VI. МАСЛО

Трансформатор залитий маслом з діелектричною міцністю _____ кВ

VII. ІСПИТ ІЗОЛЯЦІЇ ПІДВИЩЕНОЮ НАПРУГОЮ

Між обмоткою ВН і корпус + обмотка НН _____ вольт протягом _____ хв.

Між обмоткою НН і корпус + обмотка НН _____ вольт протягом _____ хв.

Між корпусом і обмотками ВН+ НН _____ вольт протягом _____ хв.

ВИСНОВКИ: _____

Дефектацію проводив _____

(підпис)

« _____ » _____ 20__ р.

Лабораторна робота №2

ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ПІСЛЯ РЕМОНТУ

Мета роботи: Засвоєння методики випробування силових трансформаторів після ремонту. Придбання практичних навичок випробування трансформаторів і оформлення протоколів випробування.

Теоретичні відомості

Ознайомлення з обладнанням і приладами на робочому місці

Перед випробуванням трансформатора необхідно ознайомитися з обладнанням і вимірювальними приладами на робочому місці. Провести зовнішній огляд трансформатора, і переконатися у відсутності ушкоджень і необхідності складання трансформатора. Записати паспортні дані випробуваного трансформатора і технічні характеристики вимірювальних приладів.

Вимір опору ізоляції обмоток ВН і НН трансформатора

Опір ізоляції обмоток вимірюється в загальному випадку мегомметром напругою 2500 В. Для силових трансформаторів із номінальною потужністю до 630 кВА припускається застосування мегомметра з напругою 500 і 1000 В з межею виміру 1000 МОм. Опір ізоляції вимірюється при температурі верхніх прошарків масла не менше +10С. Перед виміром потрібно випробувану обмотку підключити до контуру заземлення на час не менше 2 хвилин [4]. Відповідно до [4] контроль опору ізоляції по мегомметру варто робити двічі: через 15 с (R_{15}) і 60 с (R_{60}) із початку виміру. Ступінь зволоження ізоляції характеризується коефіцієнтом абсорбції обмоток трансформації, що визначається відношенням

$$K_{60} = \frac{R_{60}}{R_{60}} \quad (2.1)$$

Коефіцієнт абсорбції повинний бути при температурі обмоток 20-30⁰ С не нижче 1,2.

Випробування електричної міцності ізоляції обмоток трансформатора

Випробування здійснюють двома методами:

- підвищеною прикладеною напругою нормальної частоти для випробування головної ізоляції;
- напругою, індукованою у самому трансформаторі для випробування в основному повздовжньої ізоляції трансформатора.

При випробуванні по першому способу спочатку випробовують обмотку НН, а потім обмотку ВН. Напругу підвищують поступово, спочатку від нуля до 40%, із довільною швидкістю і потім плавно зі швидкістю 3% напруги в 1 секунду.

Регулюючий пристрій установлюють на низькій стороні випробуваного трансформатора (регулювальний автотрансформатор, потенціал-регулятор і т.д.). Потужність випробувального трансформатора не повинна бути менше 1 %, потужності випробовуваного трансформатора.

Підвищену напругу витримують протягом 1 хв., потім напругу плавно знижують протягом 5с. до значення 25-30%, після чого її відключають. Випробування підвищеною прикладеною напругою роблять при температурі верхніх прошарків олії близько 20°С і не раніш чим через 10-20 годин після заливання олії.

Вважається, що трансформатор витримав випробування, якщо під час випробування не відбулося пробою ізоляції, перекриття, виділення газів або диму, а також зниження випробувальної напруги.

Випробування повздовжньої ізоляції індукованою напругою проводиться в режимі холостого ходу шляхом подачі до виводів однієї з обмоток подвійної номінальної напруги при підвищеній частоті 100...400 Гц. Підвищена частота необхідна для того, щоб уникати надмірного збільшення струму, що намагнічує. Час випробування 1 хв. при частоті 100 Гц. Підняття і зниження випробувальної напруги проводяться плавно.

Випробування електричної міцності трансформаторного масла

Для випробування масла використовуються спеціальні апарати або прилади, наприклад, типу АМІ-60.

Методика визначення електричної тривкості масла стандартизована. При цьому необхідно виконувати такі умови:

1. Використовуються латунні або мідні шліфовані напівсферичні електроди діаметром 25 мм.
2. Розрядний проміжок установлювати рівним 2,5 мм.
3. Випробуване масло необхідно брати в обсязі, достатньому для того, щоб рівень його був вище електродів на 15 мм.
4. Напруга піднімається зі швидкістю 1,0...1,5 кВ/с).
5. Використовуються цілком чисті і сухі судини та електроди. Після просочування забороняється торкатися їхньої внутрішньої поверхні.
6. Проба масла береться в абсолютно чистий і сухий скляний або алюмінієвий посуд, закривається корковою або скляною притертою пробкою. При взятті проби спочатку дають стекти деякій кількості масла, щоб видалити відстій.

7. Робиться 6 пробоїв, перший із яких не враховується при розрахунку середнього значення пробивної напруги.

8. Момент пробою встановлюється по виникненню стійкої електричної дуги між електродами, а не по одиничному виникненні іскор.

Відповідно до Інструкції з експлуатації трансформаторів, трансформаторне масло повинне задовольняти встановленим нормам на пробивну напругу (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Норми на пробивну напругу трансформаторного масла

Номінальні напруги трансформаторів, кВ	Напруга пробою не менше кВ	
	свіже масло	експлуатаційне масло
До 10 кВ	35	20
Від 11 до 35 кВ	35	25
Від 35 до 220 кВ	40	35

Вимір омичного опору обмоток трансформаторів

Для виміру омичного опору обмоток при контрольних випробуваннях силових трансформаторів звичайно використовується метод амперметра і вольтметра на постійному струмі. Опір постійному струму вимірюють для всіх доступних відгалужень обмоток. Для запобігання нагрівання обмотки і внесення помилок у результати виміру, струм при вимірі не повинний перевищувати 20% номінального струму обмотки. При наявності виведеної нейтралі (нуля), виміри виконуються між фазовим виводом і нульовим. При вимірі між лінійними виводами значення фазних опорів визначаються по формулі:

$$R_{\phi} = \frac{R_L}{2} - \text{при з'єднанні обмоток за схемою зірка,}$$

$$R_{\phi} = \frac{3}{2} R_L - \text{при з'єднанні за схемою трикутник,}$$

де R_L , R_{ϕ} - лінійні і фазні опори обмоток.

Результати вимірів опорів обмоток заносяться у відповідну таблицю Протоколу випробувань (див. Додаток А). Значення омічних опорів обмоток ВН і НН трансформатора можуть бути також виміряні за допомогою вимірювального моста постійного струму або приладами, які називаються омметрами. Результати виміру вважаються задовільними, якщо фазні значення опору однієї і тієї ж обмотки відрізняються друг від друга не більш ніж на $\pm 5\%$ або відповідно до ПТЕ, не більш $\pm 2\%$ від розрахункового.

Визначення коефіцієнта трансформації

Варто розрізнити коефіцієнт трансформації трансформатора K і лінійний або експлуатаційний коефіцієнт трансформації K_L . Коефіцієнт трансформації трансформатора визначається як відношення числа витків обмотки ВН до числа витків обмотки НН. Або, що теж саме, відношення фазних значень ЕРС обмоток ВН і НН.

Таким чином,

$$K = \frac{W_{ВН}}{W_{НН}} = \frac{E_{\phi ВН}}{E_{\phi НН}}, \quad (2.2)$$

Отже, завжди $K \geq 1$.

Лінійний або експлуатаційний коефіцієнт трансформації визначають як відношення лінійного значення напруги обмоток ВН і НН незалежно від схеми з'єднання обмоток, тобто

$$K_L = \frac{U_{ЛВН}}{U_{ЛНН}}, \quad (2.3)$$

Рекомендується для визначення коефіцієнта трансформації підводити до обмотки ВН знижену напругу, але не менше 2 % від номінального значення. Результати вимірів і розрахунків заносяться у відповідну таблицю "Відомості випробувань". Припускається відхилення обмірюваного коефіцієнта трансформації від розрахункового не більш $\pm 1\%$ для трансформаторів із

коефіцієнтом трансформації 3 і менше і не більш $\pm 0,5\%$ для всіх інших трансформаторів.

Визначення групи з'єднання обмоток трансформатора

Група з'єднання обмоток трансформатора визначається по куту зсуву по фазі між векторами лінійних напруг або ЕРС обмоток ВН і НН.

Група з'єднання трансформатора залежить від схеми з'єднання обмоток ВН і НН і маркірування виводів обмоток. За одиницю кута зсуву по фазі приймається кут у 30 град. Всього можливо 12 груп з'єднання обмоток трансформаторів, проте практично стандартизовані лише нульова - 0 і одинадцята - II.

Група з'єднання обмоток силових трансформаторів визначається по наступній методиці.

Виводи "А" і "а" обмоток ВН і НН за допомогою провідника з'єднують електрично. До обмотки ВН підводиться трифазна симетрична напруга, звичайно 100-200 В. Потім вольтметром роблять ряд вимірів значень напруг між відповідними виводами обмоток ВН і НН відповідно до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані вимірів значень напруг між відповідними виводами обмоток ВН і НН

U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{BB}	U_{BC}	U_{CC}	U_{CB}
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В

Значення напруг у таблиці 2.2 порівнюють із так званою, умовною або розрахунковою напругою, розрахованою по формулі

$$U_{\text{умов}} = U_{\text{лін}} \sqrt{K^2 + 1}, \tag{2.4}$$

де $U_{лін}$ - лінійна напруга на виводах обмотки НН, наприклад, U_{ab}

Далі за допомогою спеціальної таблиці, фрагмент якої поданий в таблиці 2.3, порівнюють ряд вимірних значень напруги із $U_{умов}$

Таблиця 2.3 - Умови порівняння напруг і визначення групи з'єднання обмоток трансформатора.

Група з'єднання обмоток	Зсув по фазі	Схема з'єднання Обмоток	Вимірні напруги			
			Вв	Вс	Сс	Св
0	0_0	Y/Y; Δ/Δ ; Δ/Z	м	м	м	м
11	330^0	Y/ Δ ; Δ/Y ; Y/Z	м	м	м	р

Вимірні напруги можуть бути більше (б), рівними (р) або менше (м) $U_{умов}$. По рядку таблиці 2.3, у якому виконуються умови порівняння напруг, і визначається група з'єднання обмоток трансформатора.

Вимір втрат і струму холостого ходу

Струм і втрати холостого ходу визначають за даними дослідження холостого ходу трансформатора. При цьому до обмотки НН підводять номінальну напругу, практично синусоїдальну і симетричну. Лінійні напруги не повинні відрізнятися від середньоарифметичного значення більш ніж на $\pm 4,5\%$.

Схема проведення дослідження наведена на рисунку 2.1. Результати вимірів заносяться в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Експериментальні та розрахункові дані досліду холостого ходу

U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}	U_0	I_{OA}	I_{OB}	I_{OC}	I_0	P_{OA}	P_{OB}	P_{OC}	P_0	$\cos\varphi$
В	В	В	В	А	А	А	А	Вт	Вт	Вт	Вт	-

В таблиці:

$$P_0 = P_{OA} + P_{OB} + P_{OC} , \quad (2.5).$$

$$I_0 = \frac{I_{OA} + I_{OB} + I_{OC}}{3} , \quad (2.6).$$

$$U_0 = \frac{U_{OA} + U_{OB} + U_{OC}}{3} , \quad (2.7).$$

Відповідно до ГОСТ 11677-85, потужність втрат холостого ходу при номінальній напрузі приймається за магнітні втрати трансформатора і відносяться до постійних втрат активної потужності в трансформаторі при роботі. Результати вимірів вважаються задовільними, якщо сила струму холостого ходу не перевищує більш ніж на 30% нормоване значення, а втрати не більш ніж на 15%.

Перевірка напруги і втрат короткого замикання

Напругу і втрати короткого замикання визначають за даними короткого замикання силового трансформатора. У досліді к.з. обмотки НН замикаються накоротко. До обмотки ВН підводиться істотно знижена напруга, наприклад, від трифазного автотрансформатора або індукційного трансформатора. Дослід проводиться за схемою на рисунку 2.2. Напруга, що підводиться до первинної обмотки трансформатора, при якій в досліді к.з. по обмоткам трансформатора буде протікати номінальний струми, називається напругою к.з. трансформатора.

Результати вимірів у досліді к.з. при $I_K = I_H$, заносяться в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Експериментальні та розрахункові дані досліді короткого замикання

U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}	U_K	I_{KA}	I_{KB}	I_{KC}	I_K	P_{KA}	P_{KB}	P_{KC}	P_K
В	В	В	В	А	А	А	А	Вт	Вт	Вт	Вт

Відповідно до ГОСТ 11677-85, у якості електричних втрат у трансформаторі приймається потужність короткого замикання в досліді к.з. при $I_K = I_H$. Електричні втрати в трансформаторі відносять до змінних втрат.

Відповідно до ГОСТ 3484-77, припускається відхилення від норм значення напруги і втрат короткого замикання не більш ніж на $\pm 10\%$.

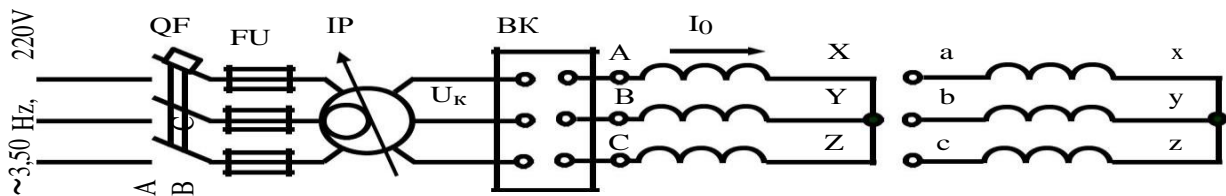


Рисунок 2.1. - Принципова електрична схема для визначення струму і втрат холостого ходу трансформатора

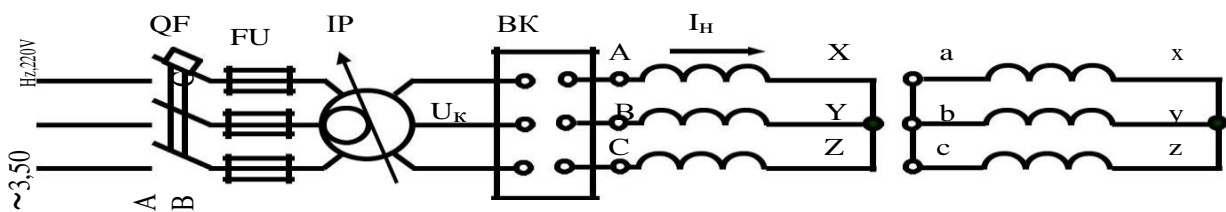


Рисунок 2.2. - Принципова електрична схема для визначення напруги і втрат короткого замикання трансформатора

Програма роботи

1. Ознайомитися з обладнанням і приладами на робочому місці і записати їх паспортні дані і технічну характеристику.
2. Виміряти опір ізоляції обмоток ВН і НН трансформатора. Ознайомитися з методикою випробування електричної міцності ізоляції обмоток ВН і НН і трансформаторної оливи.
3. Визначити омичні опори обмоток трансформатора при різному положенні перемикача відгалужень обмоток.
4. Перевірити значення коефіцієнта трансформації трансформатора при різному положенні перемикача відгалужень.
5. Перевірити групу з'єднання обмоток трансформатора при необхідності.
6. Визначити розмір струму і втрат холостого ходу трансформатора.
7. Визначити розмір напруги і втрат короткого замикання трансформатора.
8. Оформити Протокол випробування трифазного силового трансформатора.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Вивчити матеріал, що стосується методів випробування трифазних силових трансформаторів [1-6].
2. Відповісти на контрольні питання до даної роботи.

Вказівки щодо оформлення звіту

1. Звіт по роботі оформляється на спеціальному бланку. У звіті приводяться електричні схеми проведених випробувань при випробуванні силового трансформатора і дані вимірів у виді таблиць.
2. За результатами випробувань силового трансформатора оформляється Протокол випробувань установленної форми, що додається до звіту по даній роботі (див. Додаток А).
3. За результатами випробувань силового трансформатора зробити висновки.

Контрольні питання

1. Назвіть об'єм контрольних випробувань силових трансформаторів після ремонту.
2. Як вимірюється омичний опір обмоток силового трансформатора?
3. Що називається коефіцієнтом трансформації трансформатора і як його визначити дослідним шляхом?
4. Що розуміється під групою з'єднання обмоток трансформатора?
5. Поясніть методику дослідного визначення групи з'єднання обмоток трансформатора за даними вимірів напруги на затискачах обмоток трансформатора.
6. В чому полягає методика випробування електричної міцності ізоляції обмоток трансформатора?
7. Які вимоги і в чому полягає методика випробування електричної міцності трансформаторного масла?
8. Як визначається значення струму і втрат холостого ходу трансформатора?
9. Як визначається значення напруги і втрат короткого замикання трансформатора?
10. Які групи з'єднання обмоток трифазних силових трансформаторів стандартизовані?
11. Що називається напругою к.з. силового трансформатора і приблизна його величина в %?
12. Що розуміється під лінійним або експлуатаційним коефіцієнтом трансформації трансформатора?

Список літератури

1. Пястолов А.А. Монтаж, експлуатація і ремонт електрооборудовання / А.А.Пястолов, А.А. Мешков, А.Л. Вахрамеев. - М.: Колос, 1981. - 355 с.
2. Пястолов А.А. Практикум по монтажу, експлуатації і ремонту електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Попков и др. - М.: Колос, 1976. -223с.
3. Девятков А.Ф. Ремонт електросилового електрооборудовання/ А.Ф.Девятков, С.А. Пискунов и др. - М.: Колос, 1971. - 294 с.
4. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1986.
5. ГОСТ 3484-77. Трансформаторы силовые. Методы испытания. - М.: Издательство стандартов, 1977.
6. Конспект лекцій по дисциплінах “Електричні машини” і “Експлуатація і ремонт електротехнічного обладнання”.

Додаток А

(Обов'язковий)

Протокол випробування трифазного силового трансформатора

Таврійський державний агротехнологічний університет
Кафедра електроенергетики і автоматизації

Протокол

випробування трифазного силового трансформатора

« ____ » _____ 20 ____ р.

_____ місце проведення огляду

Замовник, його адреса _____

Паспортні дані силового трансформатора :

завод-виробник _____ рік виготовлення _____

тип _____ заводський № _____

потужність _____ кВА інвентарний № _____

напруга к.з.,% _____ група з'єднання _____

струм х. х., % _____ схема з'єднання _____

втрати: P_0 _____ Вт P_k _____ Вт

Номинальна напруга

Номинальний струм

ВН _____ вольт

ВН _____ ампер

НН _____ вольт

НН _____ ампе

Результати випробування:

7. Вимір опору ізоляції обмоток і визначення ступеня зволоження

Найменування виміру	Обмотка ВН-корпус	Обмотка НН-корпус	Між обмотками
Опір ізоляції, МОм			
R_{15}			
R_{60}			
Кабс.			

Температура верхніх шарів масла _____⁰С. Іспит проводився мегомметром типу _____ заводський № _____ на напругу _____ вольт.

Висновок за ступенем зволоження _____

3. Випробування електричної міцності ізоляції

Найменування виміру	Обмотка ВН – НН+корпус	Обмотка НН –ВН+корпус	Корпус – обмотка НН+ВН	Час випробування, хвилин
Величина випробувальної напруги, кВ				

Висновок _____

4. Вимір опору обмоток постійному струму

Найменування обмотки	Фази	Опір при положенні вимикачі					Опір проведен. до 75°C	Метод випробування	Похибка, %
		I	II	III	IV	V			
Обмотки ВН	АВ								
	ВС								
	АС								
Обмотки НН	ав								
	вс								
	ас								

6. Перевірка коефіцієнта трансформації

Фази	Положення перемикача	Напруга, В		Коефіцієнт трансформації		Похибка, %
		Обмотки ВН	Обмотки НН	Вимірюваний	Розрахунковий	
АВ, ав	I					
ВС, вс						
АС, ас						

7. Перевірка групи з'єднань обмоток

U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{BB}	U_{BC}	U_{CC}	U_{CB}	K_l	$U_{умов}$	Група з'єднань
В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	-	В	

3. Перевірка струму і втрат холостого ходу

Найменування виводів фаз	Напруга		Струм		Потужність		Похибка, %		cos φ ₀
	U _л	U ₀	I _л	I ₀	P _{вт}	P ₀	P ₀	I ₀	
А-В									
В-С									
С-А									

2 Перевірка напруги та втрат короткого замикання

Найменування виводів фаз	Напруга		Струм		Потужність		Похибка, %	
	U _л	U _к	I _л	I _к	P _{вт}	P _к	U _к	P _к
А-В								
В-С								
С-А								

ВИСНОВОК _____

Протокол складений « ____ » _____ 20__ р.

Випробування проводив _____
 _____ підпис _____ ПІБ

Лабораторна робота №3

ДЕФЕКТАЦІЯ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Мета роботи: Придбання практичних навичок дефектації АД з короткозамкненим ротором при ремонті і ознайомлення з порядком прийому АД в ремонт та оформленням основної документації.

Теоретичні відомості

Зовнішній огляд електродвигуна

При зовнішньому огляді АД звернути увагу на комплектність електродвигуна, наявність тріщин, ум'ятин, сколів на станині, кожусі вентилятора, валу, коробці виводів і інших елементів машини. Внести у відомість дефектів АД (див. Додаток А) паспортні дані присланого в ремонт АД, а також дані про стан корпусу, вала, коробки виводів і підшипникових щитків.

Розбирання АД і перевірка стану статора і ротора

Розбирання починається зі зняття підшипникових щитів. Щити повинні зніматися обережно, без перекосів. Для полегшення зняття щитів можна користуватися молотком через дерев'яну або мідну прокладку. Після зняття одного з щитів під ротор варто підложити лист електрокартона, щоб уникнути ушкодження пакетів стали. Після зняття щитів знімається ротор. Перевіряють стан ротора, статора, окремих вузлів і деталей. Кріпильні деталі замінюють, якщо вони скривлені, мають зіпсоване різьблення, зім'яті голівки болтів і т.д. Підшипникові щити розраховані на щільну посадку в станину; посадка підшипника кочення на щит щільна або широкоходова; зазор між кришкою підшипника і валом повинний бути 0,3-0,7 мм. Посадка підшипника на вал напружена підшипникова. Вимірюють повітряний проміжок між статором і ротором. При цьому ротор вкладають у статор, за допомогою щупа вимірюють проміжок між поверхнею ротора і розточкою статора у верхній частині машини.

Повітряний проміжок дорівнює половині обмірюваної відстані. Вимір повторюють при повороті ротора на 180^0 . Отриманий результат порівнюють із припустимим значенням по таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Нормальні значення повітряних проміжків асинхронних електродвигунів

Потужність, кВт	Повітряні проміжки (мм) асинхронних двигунів при частоті обертання вала	
	1500	3000
0,5-0,75	0,25	0,3
1,0-2,0	0,3	0,35

При огляді вала звертається увага на стан посадкових поверхонь, шпоночної канавки, відсутність скривлень.

Вал вважається придатним, якщо в ньому немає тріщин, шийки його мають строго циліндричну поверхню.

Конусність і овальність шийок підшипників ковзання не повинна перевищувати 0,06 мм. На посадкових поверхнях вала під підшипником кочення допускаються невеличкі вм'ятини загальною площею не більш 4%, а на посадковій поверхні під шків або муфту - не більш 10%. Прогин допускається до 0,1 мм на метр його довжини, але не більш 0,2 мм по всій довжині вала. Тріщини вала заварюють, якщо глибина поперечних тріщин не перевищує 10-15% діаметра вала, а подовжніх - 10% довжини вала. Відомості про замічені при огляді дефекти заносяться у Відомість (див. Додаток А).

Визначення дефектів обмотки статора

Замикання обмотки статора на корпус і між фазами можна визначити за допомогою контрольної лампи або мегомметра. Виткове замикання в обмотці можна визначити такими методами:

1. Методом допоміжного магніту. Сталева пластинка буде притягуватися до зубців під пазом, у якому лежить сторона несправної котушки обмотки. Пластинка буде також притягатися під пазом, що лежить на відстані кроку від паза з несправною котушкою. У випадку наявності короткозамкнених витків у секції, пластина вібрує, видаючи при цьому характерний звук.

2. Метод сталеві кульки. Статор електродвигуна підключається на знижену напругу трифазного змінного струму. У розточці статора розміщується сталева кулька. У місцях наявності короткозамкнених витків кулька буде залипати.

3. За допомогою приладу ЕЛ-1.

Прилад ЕЛ-1 дозволяє:

- виявити головним чином металеві виткові замикання в обмотках електричних машин до і після укладки;
- знайти пази з короткозамкненими витками в обмотках статорів, роторів і якорів електричних машин;
- перевірити правильність з'єднання обмоток електричних машин за схемою;
- виявити обриви у фазах або котушках обмоток електричних машин і апаратів;
- випробувати на міцність низьковольтну виткову ізоляцію типу емалі без обплітки.

Тип обмотки, параметри і показники, що характеризують обмотку, визначаються шляхом зовнішнього огляду, необхідних вимірів і розрахунків.

Визначення приналежності котушкових груп обмотки до виводів на клемному щитку двигуна проводиться за допомогою контрольної лампи і голчастих щупів. При цьому ізоляція лобових частин котушок обмотки проколюється за допомогою щупів у будь-якому місці. Дані обмотки статора заносяться у Відомість дефектів АД (див. Додаток А).

Визначення дефектів статора

При визначенні дефектів осердя статора, варто звертати увагу на наявність ум'ятин, прогару в окремих місцях осердя статора, зубців, що розпустилися. Перевіряється наявність зміщення осердя статора в місці посадки в станину. Необхідно також виконати вимір осердя статора і пазовозубцової зони. Відомості про дефекти і розміри осердя статора заносяться у Відомість (див. Додаток А).

Визначення дефектів осердя ротора і короткозамкненої обмотки

При огляді ротора варто звернути увагу на стан поверхні осердя ротора, наприклад, чи немає на поверхні слідів доторкання ротора о статор, чи не погнуті або зламані вентиляційні лопатки ротора, чи не відбулося ослаблення посадки і зсув ротора на валу, чи є видимі розірвання (тріщини), у стрижнях і короткозамикаючих кільцях обмотки ротора. Необхідно також виконати обмірювання осердя ротора.

Програма роботи

1. Провести зовнішній огляд електродвигуна, підшипникових щитів, підшипникових вузлів і вентилятора і записати паспортні дані.
2. Визначити дефекти обмотки статора, а також тип обмотки та основні обмотувальні дані.
3. Визначити дефекти статора, виконати обмірювання статора і пазовозубцової зони.
4. Визначити дефекти осердя ротора і короткозамкненої обмотки.
5. Оформити відомість дефектів АД з короткозамкненим ротором.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Вивчити матеріал, що стосуються правил прийому в ремонт і дефектації АД по (1-5).
2. Проробити розділ “Будова асинхронних електродвигунів” з курсу “Електричні машини” в [6].
3. Відповісти на контрольні питання до даної роботи

Контрольні питання

1. Що розуміється під дефектацією АД?
2. На що необхідно звертати увагу при дефектації:
 - обмотки статора;
 - осердя статора;
 - осердя і обмотки короткозамкненого ротора.
3. У якій послідовності проводиться розбирання АД з короткозамкненим ротором?
4. Як вимірюється довжина повітряного проміжку АД?
5. Які існують методи для виявлення виткового замикання в обмотці статора АД?
6. Призначення приладу ЕЛ-1.
7. Як визначити наявність міжфазних обмоток статора внаслідок порушення ізоляції?
8. Як визначити наявність замикання фазних обмоток статора на корпусі внаслідок порушення ізоляції?
9. Як визначити приналежність котушкових груп обмотки статора до виводів на клемному щитку АД?

Список літератури

1. Пястолов А.А. Монтаж, експлуатація і ремонт електрооборудовання / А.А.Пястолов, А.А. Мешков, А.Л. Вахрамеев. - М.: Колос, 1981. - 355 с.
2. Пястолов А.А. Експлуатація і ремонт електроустановок / А.А.Пястолов, А.Л. Вахрамеев и др. - М.: Колос, 1984. - 271 с.
3. Пястолов А.А. Практикум по монтажу, експлуатації і ремонту електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Попков и др. - М.: Колос, 1976. -223с.
4. Девятков А.Ф. Ремонт электросилового электрооборудования/ А.Ф.Девятков, С.А. Пискунов и др. - М.: Колос, 1971. - 294 с.
5. Конспект лекцій по дисциплінах “Електричні машини” і “Експлуатація і ремонт електротехнічного обладнання”.
6. Таран В.П. Диагностика электрооборудования / В.П. Таран. - К.:Техника,1983. - 198 с.
7. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек. - Л.: Энергия,1970. - 339 с.

Додаток А

(Обов'язковий)

Відомість дефектів асинхронного трифазного електродвигуна з короткозамкнутим ротором

Відомість

дефектів асинхронного трифазного електродвигуна з короткозамкнутим ротором

Замовник _____

Дата надходження замовлення «_____» _____ 20__ р.

1. ПАСПОРТ ДВИГУНА

Тип _____ 7. Частота обертання вала _____ об/хв.
3ф, 50 Гц _____ 8. К.К.Д. _____
З'єднання обмоток _____ 9. $\cos\phi$ _____
Напруга _____ В 10. Режим роботи _____
Номінальний струм _____ А 11. Клас ізоляції _____
Потужність _____ кВт 12. Ступінь захисту _____

ТЕХНІЧНІ ДАНІ

4. Обмір стали статора

Зовнішній діаметр, Дз _____ мм.

Внутрішній діаметр, Двн _____ мм.

Повна довжина осердя _____ мм.

Число пазів статора, _____

Форма і розмір паза, N _____

Повітряний проміжок _____ мм.

5. Дані обмотки статора

Тип обмотки _____

Число котушкових груп _____

Кроки обмотки, U_1 , та інші _____

Число пазів на полюс і фазу _____

Число провідників у пазу, N_{ef} _____

З'єднання котушкових груп _____

Марка і розмір проводу _____

Виліт лобових частин _____ мм.

5. РОТОР

1. Діаметр, Др _____ мм

2. Довжина сталі _____ мм

3. Тип обмотки _____

4. Число пазів ротора _____

МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

4. Стан корпусу _____

5. Стан вала _____

6. Стан кришок і підшипникових щитів _____

ВИЯВЛЕНІ ДЕФЕКТИ

ВИСНОВОК ПРО РЕМОНТ

Дефектацію проводив _____

(підпис)

« _____ » _____ 20 _____ р.

Лабораторна робота №4

ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПІСЛЯ РЕМОНТУ

Мета роботи: Засвоєння методики випробування асинхронних двигунів при ремонті. Придбання практичних навичок випробування АД і оформлення протоколів випробування.

Торетичні відомості

Загальні відомості

Електродвигуни після капітального ремонту піддаються приймальноздавальним випробуванням. Встановлюються два види цих випробувань: контрольні і типові.

Контрольним випробуванням підлягають електродвигуни, відремонтовані без зміни потужності або частоти обертання, тобто в яких при ремонті збережені електричні і магнітні навантаження. Електродвигуни, відремонтовані зі зміною потужності або частоти обертання піддаються типовим випробуванням.

Типовим випробуванням повинні піддаватися електродвигуни, що надійшли в ремонт без заводських щитків і випущені з ремонту з номінальними даними, визначеними розрахунковим шляхом. Об'єм прийомоздавальних випробувань приведений у таблиці 4.1 (К - контрольні, Т - типові).

Таблиця 4.1. - Об'єм прийомоздавальних випробувань асинхронних електродвигунів

Випробування	Об'єм
Вимір опору ізоляції обмоток відносно корпусу і між обмотками	К, Т
Вимір опору обмоток при постійному струмі практично в холодному стані	К, Т
Випробування ізоляції обмоток відносно корпусу і між обмотками на електричну міцність	К, Т
Випробування міжвиткової ізоляції обмоток на електричну міцність	К, Т
Випробування при підвищеній частоті обертання (при заміні обмоток ротора або бандажів)	Т
Обкатування електричної машини на холостому ході (перевірка температури підшипників, осьове переміщення ротора для машини с підшипниками ковзання і стан механізму короткого замикання (для електродвигуна з фазним ротором)	К, Т
Визначення струму холостого ходу і втрат холостого ходу	К, Т
Визначення струму і втрат короткого замикання	К, Т
Визначення коефіцієнта трансформації (для електродвигунів з фазним ротором)	К, Т
Випробування на нагрів	Т
Випробування на короткочасне перевантаження по струму	Т
Визначення ККД, коефіцієнта потужності і ковзання	Т
Визначення максимального обертаючого моменту	Т
Визначення максимального обертаючого моменту	Т
Визначення мінімального обертаючого моменту (для електродвигуна з короткозамкненим ротором)	Т
Визначення вібрацій	Т

Методика проведення випробувань, схеми вмикання вимірювальних приладів і пускорегулюючої апаратури, методи розрахунку окремих втрат визначені у ГОСТ 7217-87.

Перевірка якості складання АД після ремонту

Перед початком випробувань необхідно оглянути АД. Перевірити затягування кріпильних болтів, гайок, обертання вала.

Маркірування виводів обмоток

Перед початком випробувань у ряді випадків необхідно виконати маркірування виводів фаз обмотки статора електродвигуна.

Відомо декілька засобів виконання цієї операції (рисунок 4.1 та 4.2)

- індукційний;
- за допомогою міліамперметра;
- методом мілівольтметра та ін.

Одним з найбільш поширених у практиці є індукційний або спосіб трансформації. Окремі фази статора спочатку визначаються за допомогою контрольної лампи або мегомметра. Далі будь-який вивод однієї з фаз статора приймають за її початок, а другий вивод з'єднують з одним з виводів іншої фази. Потім збирається принципова електрична схема, зображена на рисунку 4.2,б. На дві послідовно з'єднані фази подають напругу змінного струму (біля 220 В). До третьої фази приєднують вольтметр. Якщо перша і друга фази з'єднані між собою однойменними виводами (наприклад, початками), то третя фаза не перетинається магнітним потоком і в ній не наводиться ЕРС (рисунок 4.2,б). Тому вольтметр, приєднаний до цієї фази, показує нуль. Якщо фази з'єднані різнойменними виводами, то на вольтметрі показується напруга, сумірна з підвимою. Потім раніше залучену до вольтметра фазу змінюють місцями з однієї з двох послідовно з'єднаних фаз. Знайдені початки фаз позначають С1, С2 і С3, а кінці відповідно С4, С5, С6 (відповідно до ГОСТ 183-74).

Вимір омичного опору фаз

Вимір проводиться з метою виявлення обривів в обмотці, дефектних місць пайки, неправильного з'єднання схеми, проводів підвищеного або заниженого перетину; короткого замикання між витками, а також для визначення температури обмотки електродвигуна при випробуванні його на нагрів. Вимір опору обмоток статора проводиться за допомогою моста постійного струму або методом амперметра і вольтметра на постійному струмі. Рекомендується проводити 2-3 виміри і визначати середній арифметичний опір обмоток статора. Результати вимірів заносяться в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Дані вимірів опорів обмоток АД

Фаза	Опір, Ом			R_{cp}
C1-C4 (A)				
C2-C5 (B)				
C3-C6 (C)				

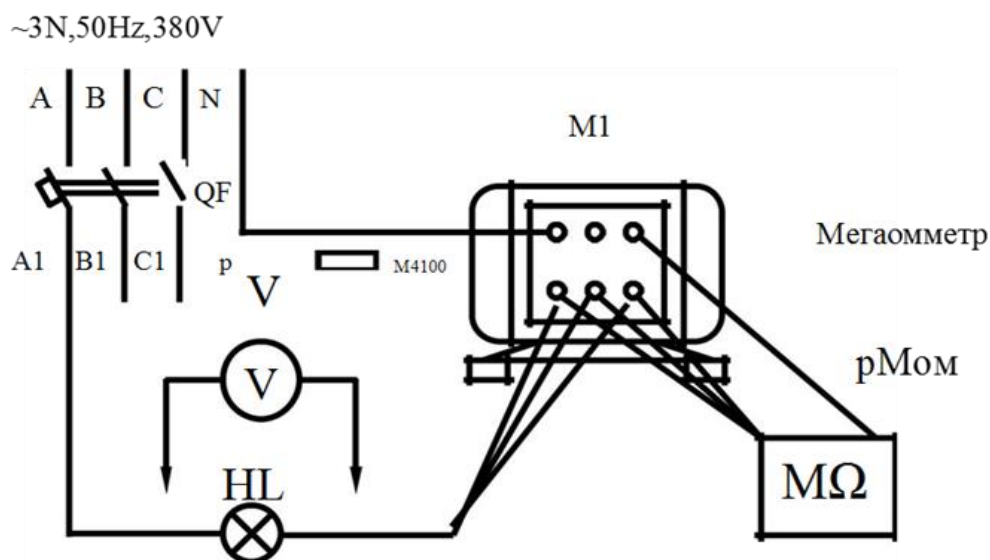


Рисунок 4.1. - Принципова електрична схема до дослідів по визначенню виводів обмоток трифазного асинхронного електродвигуна за допомогою контрольної лампи/вольтметра/ і мегаомметра/омметра/.

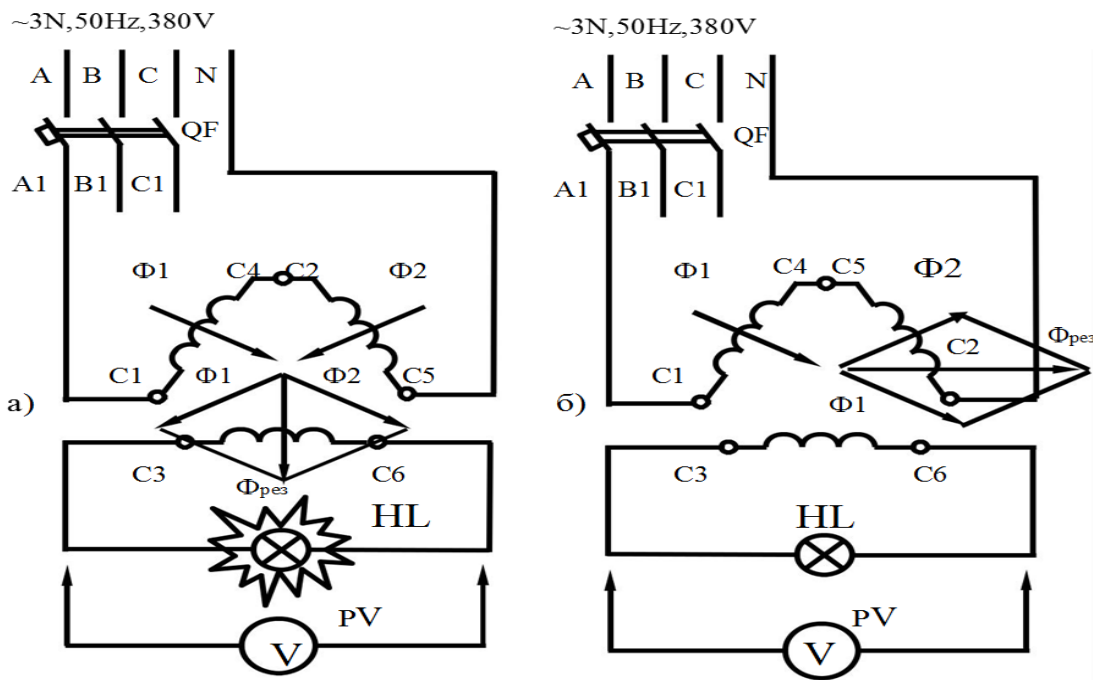


Рисунок 4.2. - Принципова електрична схема до досліду по маркуванню виводів обмоток трифазного асинхронного електродвигуна: а) з'єднані різнойменні кінці; б) з'єднані однойменні кінці обмоток/ “кінець” з “кінцем” або “початок” з “початком”/.

Опори обмоток, вимірювані при температурі навколишнього середовища в помешканні (T_0) необхідно перерахувати на розрахункову температуру $T_0 = 75^{\circ}\text{C}$ - для класу нагрівостійкості ізоляції В та 115°C - для класу F.

$$R_t = \frac{235+t_p}{235+t_o} R_{cp}, \quad (4.1).$$

Виміряні опори різних фаз обмоток не повинні відрізнятися одне від іншої, або від раніше обмірюваних або від заводських даних більш ніж на $\square 2\%$.

Вимір опору ізоляції обмотки статора

Вимір проводять відносно корпусу і між обмотками мегомметром на 1000В для електродвигунів напругою до 0,66 кВ і мегомметром на 500 В для електродвигунів напругою вище 0,66 кВ. Відповідно до [5], опір ізоляції обмотки

статора електродвигунів змінного струму напругою до 0,66 кВ повинен бути: у холодному стані не менше 1 МОм, а при температурі 60 °С - 0,5 МОм. У електродвигунів напругою понад 0,66 кВ опір ізоляції не нормується, але повинен враховуватися при вирішенні питання про необхідність їх сушіння. Результати вимірів заносяться в таблицю 4.4.

Таблиця 4.3 – Результати вимірів опору ізоляції обмотки статора

Метод перевірки	Між фазами			Між фазою і корпусом		
	C1-C2	C2-C3	C3-C1	фаза C1- корпус	фаза C2- корпус	фаза C3- корпус
Мегомметром						

Випробування ізоляції обмоток відносно корпусу і між обмотками на електричну міцність

Ізоляція обмоток щодо корпусу і між обмотками повинна витримати без ушкодження протягом 1 хв. випробувальну напругу частотою 50 Гц відповідно до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Значення випробувальної напруги при випробуванні ізоляції обмотки асинхронних двигунів

Характеристика електродвигуна або його частини	Випробувальна напруга, В
Електродвигуни потужністю менше 1кВт на номінальну напругу нижче 110 В	$500+2U_{ном}$
Електродвигуни потужністю від 1 кВт і вище на номінальну напругу нижче 110 В	$1000+2U_{ном}$
Електродвигуни потужністю до 1000 кВт, крім зазначених вище	$1000+ 2U_{ном}$, але не менше 1500 В

Випробування починається напругою, що складає 1/3 від повної випробувальної напруги. Далі плавно або поступово ступенями, які не перевищують 5% повного значення, напруга доводиться до необхідного значення. Після витримки напруги протягом 1 хв. вона плавно знижується до 1/3 повного значення і відключається.

Вважається, що ізоляція обмотки витримала випробування, якщо під час випробування не відбулося пробою ізоляції, що контролюється по падінню напруги в колі випробувального трансформатора, підвищення споживаного струму, появи розрядів, іскор і диму.

Випробування електричної міцності ізоляції проводиться після досліду короткого замикання, випробування на нагрів і випробування електродвигуна при підвищеній частоті обертання. Якщо ці випробування не проводяться, то ізоляція випробовується в холодному стані електродвигуна.

Випробування міжвиткової ізоляції обмоток на електричну міцність. Ізоляція обмотки між суміжними її витками повинна витримати протягом 5 хв. випробування підвищеною напругою. Це випробування проводиться шляхом підвищення підведеної напруги на 30% вище номінальної.

Електродвигуни з фазним ротором випробовують при нерухомому розімкнутому роторі, а електродвигуни з короткозамкненим ротором – при холостому ході.

Визначення розміру струму і втрат холостого ходу

Дослід холостого ходу дає можливість виявити деякі порушення при ремонті:

збільшення струму і втрат холостого ходу понад норми може бути викликано укладкою в пази меншого числа витків або недобором листів при шихтовці сталі сердечники, або аксіальним зсувом ротора стосовно статора;

збільшення струму холостого ходу при нормальних втратах холостого ходу може бути наслідком збільшеного повітряного проміжку.

Нормальний струм холостого ходу при збільшених втратах холостого ходу може бути через механічні причини: підвищене тертя в підшипниках або неправильній посадці вентилятора.

Дослід холостого ходу повинний проводитися при стійкій, симетричній і практично синусоїдальній лінійній напрузі, а також при стабільній частоті.

Нерівномірність струму холостого ходу по окремих фазах не повинна перебільшувати 4,5% їх середнього значення. Вимір потужності холостого ходу електродвигунів проводиться по загальновідомій схемі двох ватметрів або з використанням комплектів вимірювальних приладів за схемою, яка представлена на рисунку 4.4.

Результати вимірів заносяться в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Експериментальні та розрахункові дані дослідження холостого ходу

Струм холостого ходу, А			Потужність холостого ходу, Вт			Напруга холостого ходу, В		
I_{0A}	I_{0B}	I_{0C}	P_{0A}	P_{0B}	P_{0C}	U_{0A}	U_{0B}	U_{0C}
$I_{0=}$			$P_{0A=}$			$U_{0A=}$		

Вводяться припустимі значення струмів і втрат холостого ходу. Обумовлюється, що допускаються відхилення від цих значень результатів дослідження холостого ходу – для струму $\pm 5\%$, для втрат - $\pm 10\%$.

Визначення розміру струму і втрат короткого замикання

Дослідження короткого замикання дозволяє перевірити пайки в обмотці, а також виявити дефекти білячих клітин короткозамкнених роторів. У останньому випадку струми короткого замикання будуть неоднаковими по фазах і змінюватися при провертанні ротора. За результатами дослідження можна також визначити пусковий струм і початковий пусковий момент електродвигуна. Схема вмикання приладів при дослідженні короткого замикання така ж як при дослідженні холостого ходу. При дослідженні короткого замикання до обмотки статора підводиться знижена напруга. Ротор електродвигуна загальмовується. Джерелом живлення є потенціал-регулятор. При дослідженні короткого замикання для одержання правильних результатів підводима напруга повинна бути симетричною по фазах і практично синусоїдальною. Розмір підводимої напруги в залежності від номінальної напруги електродвигуна, при якому в обмотці статора будуть проходити струми, близькі до номінального, складає розмір, зазначений у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Значення напруги при проведенні досліду короткого замикання

Номінальна напруга електродвигуна, В	127	220	380	500	660
Напруга короткого замикання, В	33	58	100	130	173

Відповідно до ГОСТ 7217-87, струми короткого замикання є нормованою величиною. Втрати короткого замикання не нормовані, але вони істотно впливають на розмір пускового моменту. Припустимі розміри струмів і втрат короткого замикання для двигунів приведені в .

Дослід короткого замикання звичайно проводять разом з випробуванням електродвигуна на перевантаження по струму, що відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТУ 183-74 складає:

- для електродвигунів до 0,6 кВт - $1,51I_{ном}$. протягом 1 хв;
- для електродвигунів понад 0,6 кВт - $1.51I_{ном}$ протягом 2хв.

Результати вимірів заносяться в таблицю 4.7

Таблиця 4.7 – Результати вимірів струмів короткого замикання

Середні значення	$I_{кА}, А$	$I_{кВ}, А$	$I_{к}, А$

Програма роботи

1. Перевірити якість складання АД після ремонту.
2. Перевірити цілісність обмотки статора і виконати маркування виводів обмотки статора.
3. Виміряти омичний опір фазних обмоток статора.
4. Виміряти опір ізоляції обмоток статора.
5. Виконати операції контрольних випробувань електричної міцності ізоляції обмоток статора.
6. Визначити розмір струму і втрат холостого ходу АД.
7. Визначити розмір струму і втрат короткого замикання АД.
8. Оформити Протокол випробувань трифазного АД.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Вивчити матеріал, що стосується методів випробувань трифазних асинхронних електродвигунів по [1-5].
2. Ознайомитися з ГОСТ 7217-87 “ Електродвигуни трифазні асинхронні. Методи випробувань.”
3. Відповісти на контрольні питання до даної роботи.

Контрольні питання

1. Який обсяг контрольних випробувань трифазного асинхронного електродвигуна?
2. Для чого вимірюють опір обмоток фаз статора електродвигуна постійному струмі?
3. Для виявлення яких недоліків ремонту проводять дослід холостого ходу електродвигуна?
4. Як і для чого проводять дослід короткого замикання в процесі контрольних випробувань двигуна?

5. Як випробовують міжвиткову ізоляцію електродвигуна з короткозамкненим ротором на електричну міцність?
6. Як проводять випробування ізоляції обмоток статора відносно корпусу і між обмотками на електричну міцність?
7. Як здійснюється маркування виводів обмотки статора АД при ремонті?

Список літератури

1. Пястолов А.А. Монтаж, експлуатація і ремонт електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Мешков, А.Л. Вахрамеев. - М.: Колос, 1981. - 355 с.
2. Пястолов А.А. Практикум по монтажу, експлуатації і ремонту електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Попков і др. - М.: Колос, 1976. -223с.
3. Норми испытання електрооборудовання і апаратів електроустановок потребителів. - М.: Энергоиздат, 1982. - 106 с.
4. Электродвигатели асинхронные серии 4А. Технические требования на капитальный ремонт. ТК.70.0001.047-77.-М: ГОСНИТИ, 1977.-87 с.
5. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин / Г.К.Жерве. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 408 с.
6. ГОСТ 7217-87. Машины электрические вращающиеся. Двигатели асинхронные. Методы испытания.- М.: Издательство стандартов, 1987.
7. ГОСТ-183-74. Машины электрические вращающиеся. Общие технические требования.- М.: Издательство стандартов, 1982.

Додаток А

(Обов'язковий)

Протокол випробування трифазного асинхронного електродвигуна з короткозамкнутим ротором

Протокол

випробування трифазного асинхронного електродвигуна
з короткозамкненим ротором

«_____» _____ 20__ р.

(місце проведення випробування)

7. Замовник і його адреса _____

8. Паспортні дані електродвигуна :

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1. Тип _____ | 7. Частота обертання вала _____ об/хв |
| 2. 3ф. 50 Гц | 8. К.К.Д. _____ |
| 3 З'єднання обмоток _____ | 9. $\cos \varphi$ _____ |
| 4 Напруга _____ В | 10. Режим роботи _____ |
| 5 Номінальний струм _____ А | 11. Клас ізоляції _____ |
| 6 Потужність _____ кВт | 12. Ступінь захисту _____ |

5. Результати випробування:

А Опори ізоляції

Метод перевірки Мегомметром	Між фазами			Між фазою і корпусом		
	C1-C2	C2-C3	C3-C1	C1-корпус	C2-корпус	C3-корпус

6. Опір обмоток постійному струму

Фаза	Опір, Ом			
	1	2	3	середнє
А X(C1-C4)				
В Y(C2-C5)				
С Z(C3-C6)				

3. Міцність ізоляції обмоток

Випробування напругою, В	Час, хв.	Висновок

4. Дані досліду холостого ходу

Струм холостого ходу, А			Потужність холостого ходу, Вт			Напруга холостого ходу, В		
I_{0A}	I_{0B}	I_{0C}	P_{0A}	P_{0B}	P_{0C}	U_{0A}	U_{0B}	U_{0C}
$I_0=$			$P_0=$			$U_0=$		

Лабораторна робота №5

РОЗРАХУНОК І ВИКОНАННЯ ОДНОШАРОВИХ ОБМОТОК СТАТОРА ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Мета роботи: Придбання практичних навичок розрахунку, виготовлення, складання і перевірки роботи одношарової обмотки статора асинхронного двигуна.

Теоретичні відомості

Ознайомлення з обладнанням і приладами на робочому місці

При ознайомленні з обладнанням і приладами на робочому місці необхідно записати паспортні дані обладнання і технічну характеристику вимірювальних приладів.

Розрахунок основних параметрів одношарової обмотки статора трифазного АД і складання обмотувальної таблиці

Розрахунок основних параметрів одношарової обмотки статора АД проводиться відповідно до розрахункових співвідношень, поданих у Додатку А до даної роботи. При складанні обмотувальних таблиць одношарової концентричної обмотки необхідно керуватися методикою і правилами складання обмотувальних таблиць, описаних у. У Додатку Б даної роботи поданий схематично один із методів складання таблиць з'єднання одношарових обмоток змінного струму.

Виконання розгорнутої схеми обмотки

Розгорнута схема одношарової обмотки викреслюється відповідно до прийнятих правил у кольоровому зображенні на папері формату II.

Виготовлення і закладання в пази статора котушки обмотки статора

Виготовлення котушок обмотки статора проводиться вручну за допомогою установки для намотування котушок, яка оснащена лічильником витків і забезпечує виготовлення котушок необхідного розміру. Котушки закладаються в пази відповідно до прийнятої технології.

Складання схеми з'єднання

Перед складанням схеми з'єднання обмотки зробити маркірування виводів котушок на клемному щитку статора АД. Початки і кінці котушок обмотки визначаються за допомогою контрольної лампи або комбінованих приладів, наприклад Ц432У. Потім відповідно до обмотувальної таблиці необхідно з'єднати електрично котушки і котушкові групи обмотки трьох фаз обмотки. Перевірка наявності короткозамкнених витків в обмотці статора проводиться за допомогою приладів, наприклад ЕЛ1 або інших пристроїв. У роботі рекомендується імітувати коротке замикання однієї з котушок після складання схеми з'єднання обмотки з наступним виявленням цієї несправності за допомогою приладу або пристрою.

Перевірка правильності з'єднання котушок, котушкових груп і фаз обмотки

Перевірка проводиться в такій послідовності. Фазні обмотки необхідно з'єднати за схемою “зірка”. Принципова електрична схема вмикання обмотки статора трифазного АД подана на рисунку 5.1. Для перевірки схеми обмотки безпосереднім вмиканням у мережу використовується трифазний регулятор змінної напруги, наприклад трифазний автотрансформатор або індукційний регулятор. Перед перевіркою схеми необхідно ручку регулятора напруги встановити в положення, при якому на вихідних затискачах регулятора напруга буде рівна нулю. Після одержання дозволу викладача зібрана схема обмотки підключається до регулятора напруги і мережі. Далі необхідно здійснювати за

допомогою регулятора плавне збільшення напруги до початку обертання вертушки (або металевої кульки), вкленої в розточку статора. При цьому вимірюються фазні струми обмотки статора. Якщо схема зібрана правильно, те вертушка (кулька) буде безупинно обертатися, а струми по фазах обмотки будуть практично рівні.

Дослід необхідно провести в тій же послідовності, змінивши чергування фаз на вході зібраної схеми обмотки. Напрямок обертання вертушки (або кульки) при цьому повинен змінитися на протилежний. Далі необхідно поміняти місцями виводи однієї з котушкових груп будь-якої фази обмотки, тобто “вивернути” котушкову групу обмотки. Повторити дослід і переконатися у випадку, що розглядається, в нерівності фазних струмів і відсутності обертового магнітного поля обмотки статора.

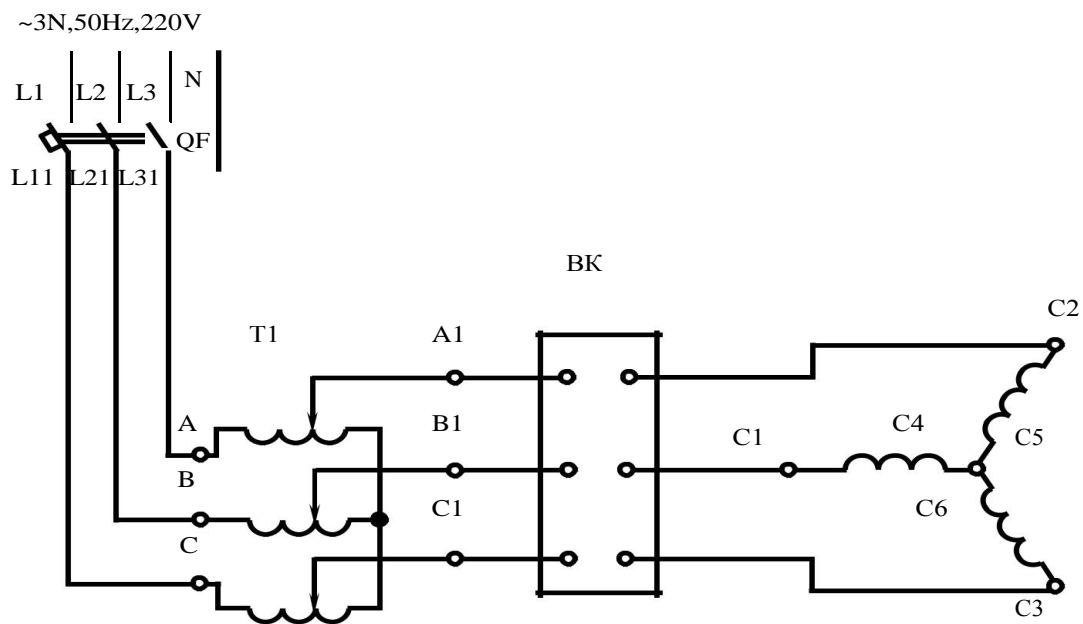


Рисунок 5.1 - Принципова електрична схема включення обмотки статора в мережу змінного струму

Програма роботи

1. Ознайомитися з обладнанням і приладами на робочому місці.
2. Розрахувати основні параметри одношарової обмотки статора трифазного АД і скласти обмотувальну таблицю.
3. Викреслити розгорнуту схему обмотки.
4. Виготовити і закласти в пази статора котушки обмотки статора.
5. Зібрати схему з'єднання котушок одношарової обмотки і перевірити відсутність короткозамкнених витків в обмотці.
6. Перевірити правильність складання схеми шляхом безпосереднього вмикання обмотки в мережу змінного струму.
7. Оформити звіт по роботі.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Вивчити матеріал, що стосується будови, розрахунку і виконання схем обмоток змінного струму.
2. Ознайомитися з технологією виготовлення і методикою перевірки роботи обмоток при ремонті.
3. Відповісти на контрольні питання до даної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Які існують типи обмоток статора трифазного АД?
2. Що є основним елементом обмотки змінного струму?
3. Що називається кроком обмотки? Як визначається крок обмотки?
4. Що значить обмотка з укороченим кроком?
5. Яку обмотку змінного струму називають розподіленою?
6. Фізичний зміст параметра Q обмотки змінного струму.
7. Що називається котушковою групою обмотки?
8. Скільки котушкових груп входять у фазу одношарової обмотки змінного струму?

9. Що розуміється під електричними градусами електричної машини?
10. Як розміщуються фазні обмотки по розточці статора?
11. Принцип утворення обертового магнітного поля за допомогою обмоток змінного струму?
12. Як змінити напрямок обертання магнітного поля обмотки статора асинхронного електродвигуна?
13. У чому складається правило упорядкування обмотувальної таблиці одношарової обмотки змінного струму?
14. Назвіть достоїнств і недоліки одношарової концентричної обмотки?
15. Назвіть область застосування одношарових обмоток у машинах змінного струму.

Список літератури

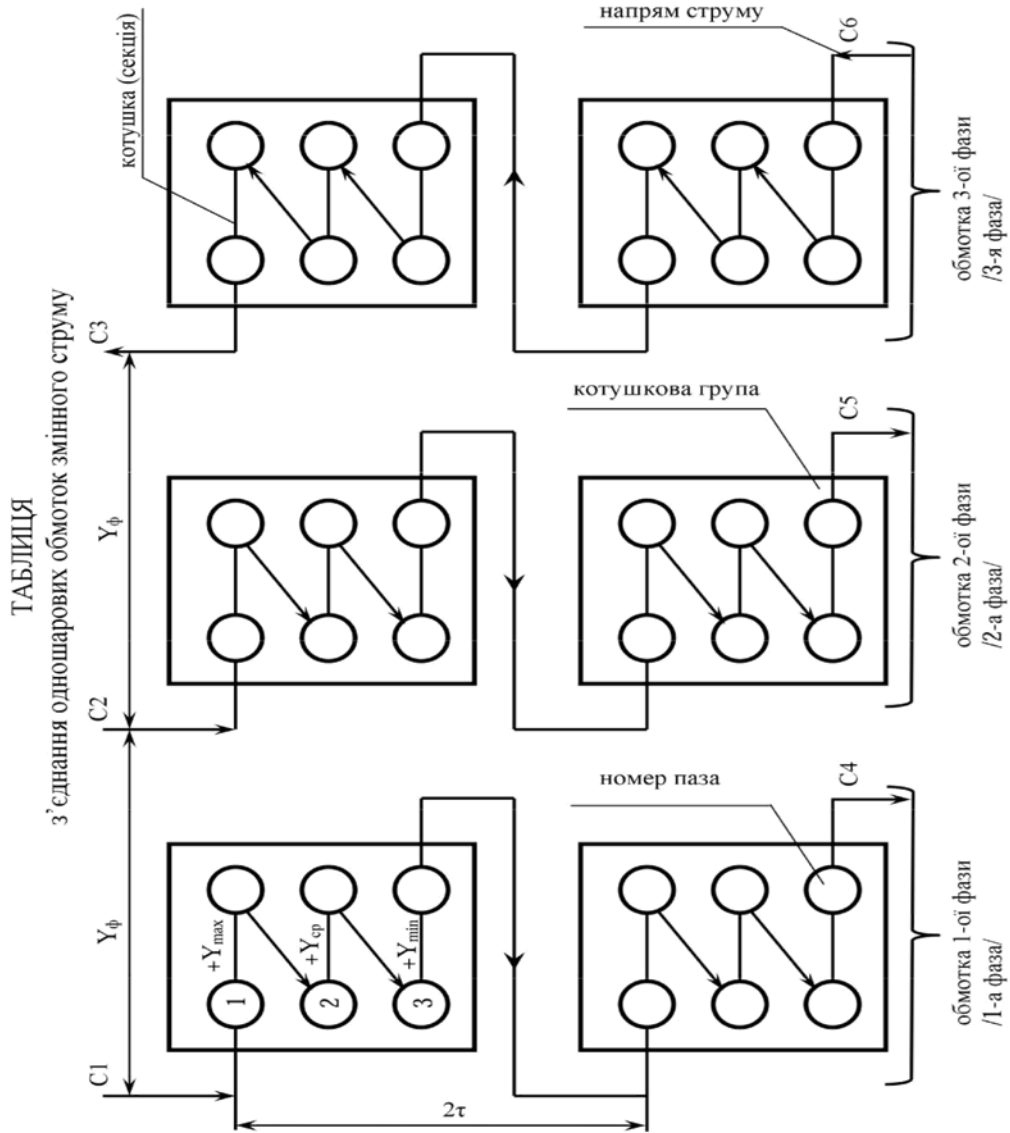
1. Вольдек Л.И. Электрические машины / Л.И. Вольдек. - Л.: Энергия, 1978. - 839 с.
2. Ванурин В.Н. Обмотки асинхронных электродвигателей / В.Н. Ванурин. - М.: Колос, 1978. - 95 с.
3. Зимин В.И. Обмотки электрических машин / Зимин В.И., Каплан Н.Я. и др. - Л.: Энергия, 1975. - 488 с.
4. Маршак Е.Л. Расчет асинхронных электродвигателей при ремонте / Е.Л. Маршак. - М.: Колос, 1974. - 110 с.
5. Практикум по монтажу, эксплуатации и ремонту электрооборудования. Под ред. А.А. Пястолова. - М.: Колос, 1976. - 223 с.
6. Проектирование электрических машин. Под ред. И.П. Копылова. - М.: Энергия, 1980. - 486 с.
7. Конспект лекцій по дисциплінах “Електричні машини” і “Експлуатація і ремонт електротехнічного обладнання”

**Додаток А
(Обов'язковий)**

ПОРЯДОК
розрахунку параметрів одношарової концентричної обмотки статора трифазного асинхронного електродвигуна

Найменування	Параметр обмотки, який виражається в пазах розточки статора		Примітка
	Позначення	Формула для розрахунку	
1. Число пазів статора	Z_1	$Z_1 =$	Визначається візуально
2. Крок обмотки	$Y_{max}, Y_{min}, Y_{ср}$	$Y_{max} =$; $Y_{min} =$	Визначається візуально
3. Полносний поділ	τ		$\tau = 180$ ел.гр.
4. Число полюсів	$2p$	$2p = \frac{Z_1}{\tau} =$	
5. Число пазів на полюс-фазу	q	$q = \frac{Z_1}{2pm} =$	m - кількість фаз q - показує зі скількох котушок складається котушкова група
6. Загальне число котушок в обмотці	$N_{кот. обм}$	$N_{кот. обм} = \frac{Z_1}{2} =$	
7. Число котушок на одну фазу	$N_{кот. 1ф}$	$N_{кот. 1ф} = \frac{N_{кот. обм}}{m} = \frac{Z_1}{2m} =$	
8. Загальне число котушкових груп в обмотці	$N_{кот. гр. обм}$	$N_{кот. гр. обм} = \frac{N_{кот. 1ф}}{q} = \frac{Z_1}{2q} =$	
9. Число котушкових груп на одну фазу	$N_{кот. гр. 1ф}$	$N_{кот. гр. 1ф} = \frac{N_{кот. 1ф}}{q} = \frac{N_{кот. гр. обм}}{m} = \frac{Z_1}{2qm} =$	$N_{кот. гр. 1ф} = p$
10. Фазовий крок	Y_{ϕ}	$Y_{\phi} = \frac{2}{3} \tau = 2q = \frac{120 \cdot \tau \cdot p}{a_{наз}} =$	$Y_{\phi} = 120$ ел. гр; α - пазовий кут. $\alpha_{паз} = \frac{2p180 \cdot \tau \cdot p}{Z_1}$

**Додаток Б
(Обов'язковий)**



Лабораторна робота №6

РОЗРАХУНОК І ВИКОНАННЯ ДВОШАРОВОЇ ОБМОТКИ СТАТОРА ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З ЦІЛИМ ЧИСЛОМ ПАЗІВ

Мета роботи: Придбання практичних навичок розрахунку, виготовлення, складання і перевірки роботи двошарової обмотки асинхронного двигуна.

Теоретичні відомості

Ознайомлення з обладнанням і приладами на робочому місці

При ознайомленні з обладнанням і приладами на робочому місці необхідно записати паспортні дані обладнання і технічну характеристику вимірювальних приладів.

Розрахунок основних параметрів двошарової обмотки статора трифазного АД і складання обмотувальної таблиці

Розрахунок основних параметрів двошарової обмотки статора АД проводиться згідно розрахунковим співвідношенням, поданим у Додатку А до даної роботи. При складанні обмотувальної таблиці двошарової концентричної обмотки необхідно керуватися методикою і правилами складання обмотувальних таблиць, описаних у.

В Додатку Б даної роботи поданий схематично один із методів упорядкування двошарових обмоток змінного струму.

Виконання розгорнутої схеми двошарової обмотки

Розгорнута схема двошарової обмотки викреслюється відповідно до прийнятих правил у кольоровому зображенні на папері формату П.

Виготовлення котушок статорної обмотки

Виготовлення проводиться вручну за допомогою установки для намотування котушок, яка оснащена лічильником витків і забезпечує виготовлення котушок необхідного розміру. Котушки закладаються в пази статора відповідно до прийнятої технології.

Складання схеми з'єднання

Перед складанням схеми з'єднання обмотки зробити маркування (позначення) виводів котушок на клемному щитку статора АД. Початок і кінці котушок обмотки визначаються за допомогою контрольної лампи або комбінованих приладів, наприклад ЕЛ1 або спеціальних пристроїв.

У роботі рекомендується імітувати коротке замикання однієї з котушок після складання схеми з'єднання обмотки і потім виявити цю несправність за допомогою приладу або пристроїв.

Перевірки правильності з'єднання котушок, котушкових груп і фаз обмотки. Перевірка проводиться в такій послідовності

Фазні обмотки необхідно з'єднати за схемою “зірка”. Для перевірки схеми обмотки безпосереднім вмиканням у мережу використовується трифазний регулятор змінної напруги, наприклад, автотрансформатор або індукційний регулятор (рисунок 6.1). Перед перевіркою схеми необхідно ручку регулятора напруги встановити в положення, при якому на вихідних затискачах регулятора напруга буде дорівнювати нулю. Після дозволу викладача зібрана схема обмотки підключається до регулятора напруги і мережі. Далі необхідно здійснювати за допомогою регулятора плавне збільшення напруги до початку обертання вертушки (або металевої кульки), вкладеної в розточку статора. При цьому вимірюються фазні струми обмотки статора.

Якщо схема обмотки зібрана правильно, то вертушка (кулька) буде безупинно обертатися, і струми по фазним обмоткам будуть практично рівні.

Дослід варто повторити в тієї ж послідовності, змінивши чергування фаз на вході зібраної схеми обмотки. Напрямок обертання вертушки (кульки) при цьому повинен змінитися на протилежний.

Далі необхідно поміняти місцями виводи однієї з котушкових груп будь-якої фази обмотки, тобто “вивернути” котушкову групу обмотки. Повторити дослід і переконатися в аналізованому випадку в нерівності фазних струмів і відсутності обертового магнітного поля обмотки статора.

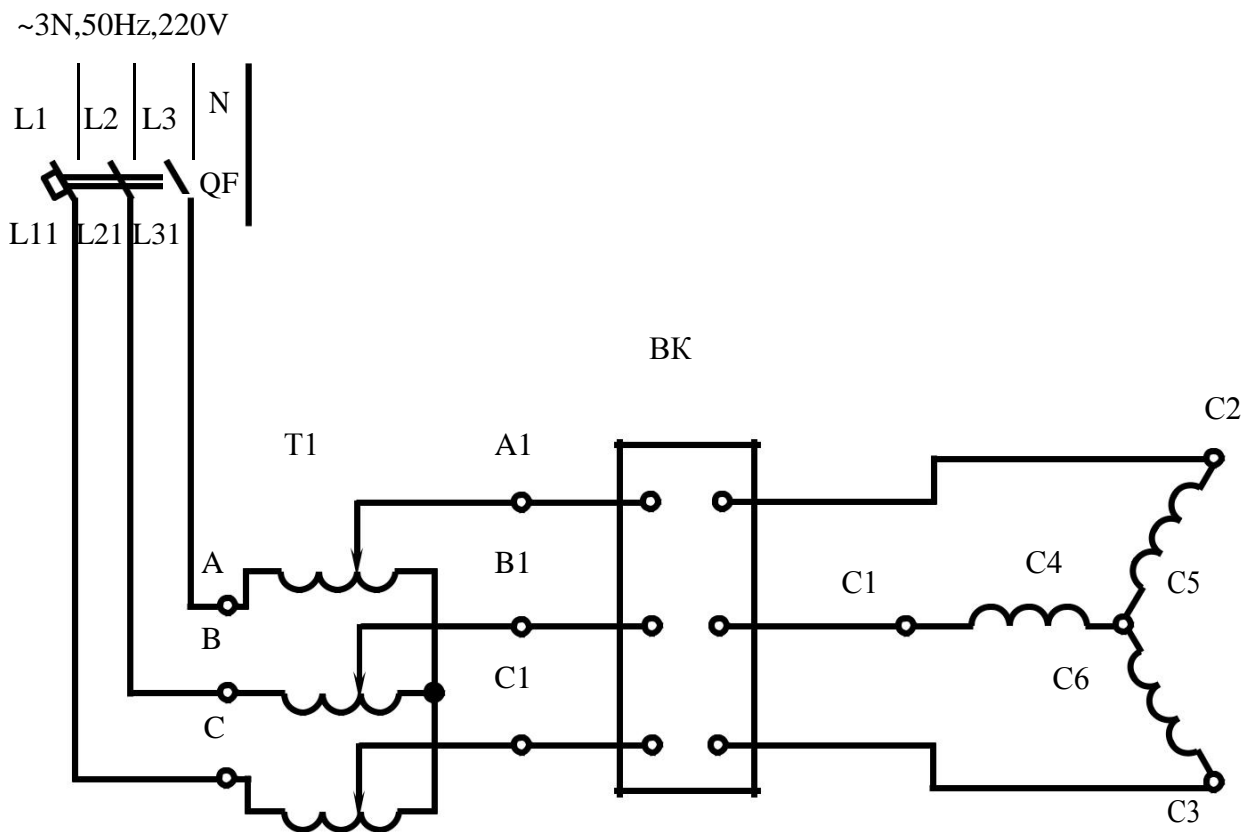


Рисунок 6.1. - Принципова електрична схема включення обмотки статора в мережу змінного струму

Програма роботи

1. Ознайомитися з обладнанням і приладами на робочому місці.
2. Розрахувати основні параметри двошарової обмотки статора трифазного АД і скласти обмотувальну таблицю.
3. Вичертити розгорнуту схему обмотки.
4. Виготовити і закласти в пази статора котушки обмотки статора.
5. Зібрати схему з'єднання котушок двошарової обмотки і перевірити відсутність короткозамкнених витків в обмотці.
6. Перевірити правильність складання схеми обмотки шляхом безпосереднього вмикання обмотки в мережу змінного струму.
7. Оформити звіт по роботі.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Ознайомитися з матеріалом, який стосується будови, розрахунку і виконання схем обмоток змінного струму.
2. Ознайомитися з технологією виготовлення і методикою перевірки роботи обмоток при ремонті [4-7].
3. Відповісти на контрольні питання до даної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Які існують типи обмоток статора трифазного АД?
2. Що є основним елементом обмотки змінного струму?
3. Що називається кроком обмотки і як визначається крок обмотки?
4. Що значить обмотки з укороченим кроком?
5. Фізичний зміст параметра Q обмотки змінного струму.
6. Що називається котушковою групою обмотки?
7. Скільки котушкових груп входять у фазу двошарової обмотки змінного струму?
8. Що розуміється під електричним градусом електричної машини?

9. Як визначається на розгорнутій схемі обмотки зсув в електричних градусах між початками фаз?
10. Принцип утворення обертового магнітного поля за допомогою обмоток змінного струму?
11. Як визначити число котушок у котушковій групі обмотки?
12. У чому складається правило упорядкування обмотувальної таблиці двошарової обмотки змінного струму?
13. Назвіть достоїнств і недоліки двошарової петльової обмотки з укороченим кроком.
14. У чому полягає основна відмінність обмотки з дробовим числом пазів на полюс і фазу. Призначення дробових обмоток.
15. Яка умова утворення рівнобіжних гілок у двошаровій петльовій обмотці статора трифазного АД?
16. Яка область застосування двошарових петльових обмоток статора трифазного АД?

Список літератури

1. Вольдек Л.И. Электрические машины / Л.И. Вольдек. - Л.: Энергия, 1978. - 839 с.
2. Ванурин В.Н. Обмотки асинхронных электродвигателей / В.Н. Ванурин. - М.: Колос, 1978. - 95 с.
3. Зимин В.И. Обмотки электрических машин / Зимин В.И., Каплан Н.Я. и др. Л.: Энергия, 1975. - 488 с.
4. Маршак Е.Л. Расчет асинхронных электродвигателей при ремонте / Е.Л. Маршак. - М.: Колос, 1974. - 110 с.
5. Практикум по монтажу, эксплуатации и ремонту электрооборудования. Под ред. А.А. Пястолова. - М.: Колос, 1976. - 223 с.
6. Проектирование электрических машин. Под ред. И.П. Копылова. - М.: Энергия, 1980. - 486 с.

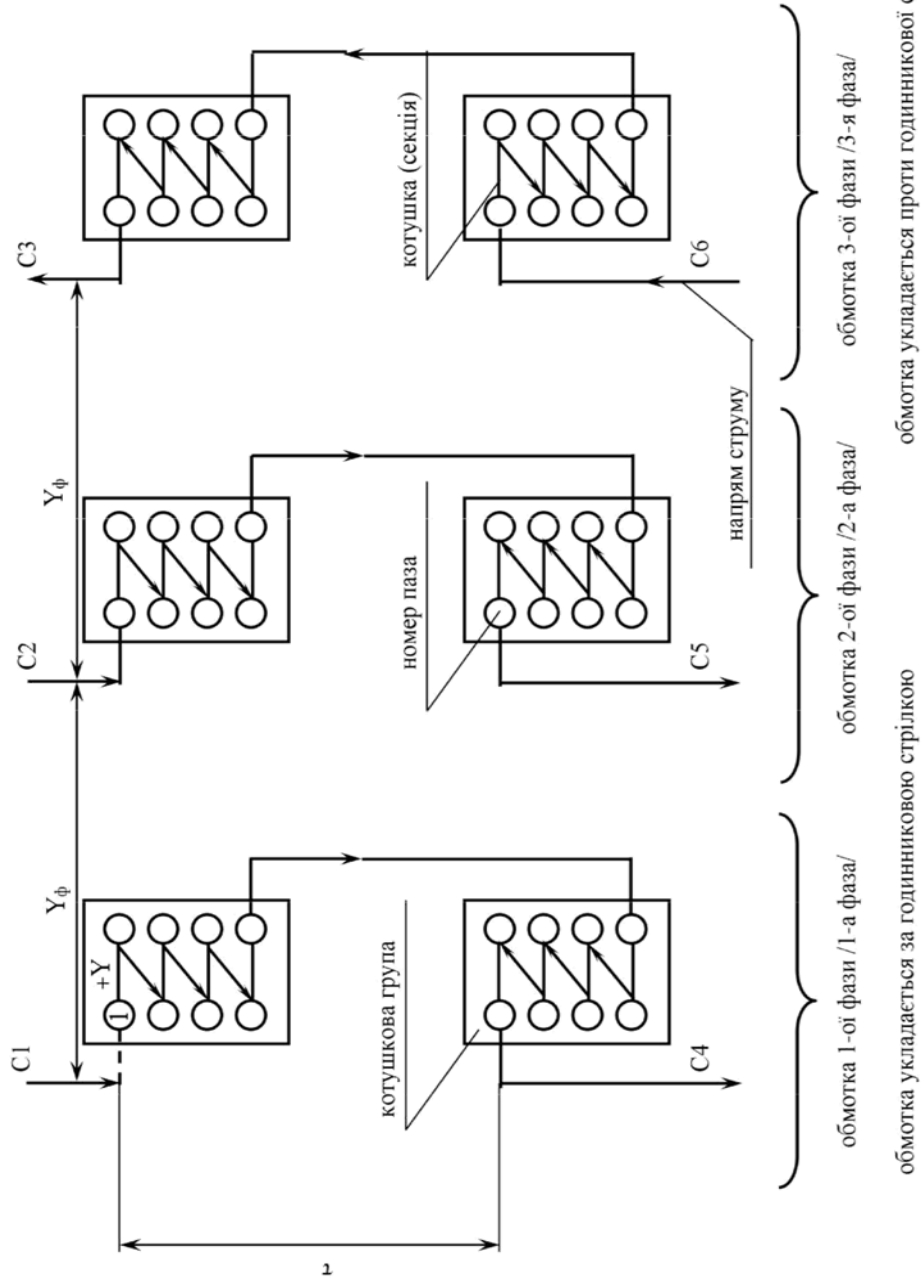
**Додаток А
(Обов'язковий)**

ПОРЯДОК
розрахунку параметрів двохшарової петльової обмотки статора трифазного асинхронного електродвигуна

Найменування	Параметр обмотки, який виражається в пазах розтки статора		Примітка
	Позначення	Формула для розрахунку	
1. Число пазів статора	Z_1	$Z_1 =$	Визначається візуально
2. Крок обмотки	Y	$Y = \beta \cdot \tau =$	Визначається візуально, β - коефіцієнт скорочення кроку ($\beta=0,6, \dots, 0,8$)
3. Поліусний поділ	τ	$\tau = \frac{Y}{\beta} =$	$\tau = 180$ ел. гр.
4. Число полюсів	$2p$	$2p = \frac{Z_1}{\tau} =$	
5. Число пазів на полюс-фазу	q	$q = \frac{Z_1}{2pm} =$	m - кількість фаз q - показує зі скількох котушок складається котушкова група
6. Загальне число котушок в обмотці	$N_{\text{кот. обм}}$	$N_{\text{кот. обм}} = Z_1 =$	
7. Число котушок на одну фазу	$N_{\text{кот. 1ф}}$	$N_{\text{кот. 1ф}} = \frac{N_{\text{кот. обм}}}{m} = \frac{Z_1}{m} =$	
8. Загальне число котушкових груп в обмотці	$N_{\text{кот. гр. обм}}$	$N_{\text{кот. гр. обм}} = \frac{N_{\text{кот. 1ф}}}{q} = \frac{Z_1}{q} =$	
9. Число котушкових груп на одну фазу	$N_{\text{кот. гр. 1ф}}$	$N_{\text{кот. гр. 1ф}} = \frac{N_{\text{кот. 1ф}}}{q} = \frac{N_{\text{кот. гр. обм}}}{m} = \frac{Z_1}{qm} =$	$N_{\text{кот. гр. 1ф}} = 2p$
10. Фазовий крок	Y_ϕ	$Y_\phi = \frac{2}{3} \tau = 2q = \frac{120 \text{ л. гр.}}{\alpha_{\text{паз}}} =$	$Y_\phi = 120$ ел. гр; α - пазовий кут. $\alpha_{\text{паз}} = \frac{2p180 \cdot \text{л. гр.}}{Z_1}$

**Додаток Б
(Обв'язковий)**

ТАБЛИЦЯ
З'єднання двошарових обмоток змінного струму



Лабораторна робота №7

РОЗРАХУНОК І ВИКОНАННЯ ДВОШАРОВОЇ ОБМОТКИ СТАТОРА ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА З МАЛИМ ЧИСЛОМ ПАЗІВ

Мета роботи: Придбання практичних навичок розрахунку, виготовлення, складання і перевірки роботи двошарової обмотки асинхронного двигуна.

Теоретичні відомості

Загальні відомості

В потужних багатополюсних синхронних генераторах практично неможливо виконати обмотку статора з числом пазів на полюс і фазу q , рівним цілому числу, так як для цього потрібно було б мати на статорі надто велику кількість пазів. В цьому випадку обмотку статора виконують з дрібним числом пазів на полюс і фазу q . Такі обмотки мають деяку перевагу перед обмотками з цілим q , так як дозволяють отримати ЕРС практично синусоїдальної форми.

Ознайомлення з обладнанням і приладами на робочому місці

При ознайомленні з обладнанням і приладами на робочому місці необхідно записати паспортні дані обладнання і технічну характеристику вимірювальних приладів.

Розрахунок основних параметрів двошарової обмотки статора трифазного АД і складання обмотувальної таблиці

Розрахунок основних параметрів двошарової обмотки статора АД проводиться згідно розрахунковим співвідношенням, поданим у Додатку А до даної роботи.

Після розрахунку основних параметрів двошарової обмотки статора, дрібне значення q може бути представлено у вигляді

$$q = a + \frac{b}{c} = (ac + b). \quad (7.1)$$

Якщо ціла частина дрібного $q = 1$, то чергування котушок в кожнійкотушковій групі представлено в таблиці 7.1

Якщо ж ціла частина дрібного q більше одиниці, то для визначення чергування котушок в котушковій групі необхідно до кожної цифри чергування, що приведені в таблиці 7.1, додати різницю між цілою частиною і одиницею. Чергування котушок в котушковій групі підпорядковується наступному правилу: кількість цифр чергування дорівнює знаменнику неправильної дробі c , а сума цих цифр дорівнює чисельнику неправильної дробі $ac+b$.

Таблиця 7.1 – Чергування котушок в кожній котушковій групі, якщо ціла частина дрібного $q = 1$

q	Чергування котушок	q	Чергування котушок
$1\frac{1}{2}$	1-2	$1\frac{5}{7}$	2-1-2-2-2-1-2
$1\frac{1}{4}$	1-1-1-2	$1\frac{6}{7}$	2-2-2-2-1-2-2
$1\frac{3}{4}$	1-2-2-2	$1\frac{1}{8}$	2-1-1-1-1-1-1
$1\frac{1}{5}$	2-1-2-1-1	$1\frac{3}{8}$	2-1-2-1-1-2
$1\frac{3}{5}$	1-2-1-2-2	$1\frac{5}{8}$	2-2-1-2-2-1-2-1
$1\frac{1}{7}$	1-1-1-1-1-1-1-2	$1\frac{7}{8}$	2-2-2-2-2-2-2-1
$1\frac{2}{7}$	1-2-1-1-1-2-1	$1\frac{1}{10}$	2-1-1-1-1-1-1-1
$1\frac{3}{7}$	1-2-1-2-1-2-1	$1\frac{3}{10}$	2-1-1-1-1-1-1-1-1
$1\frac{4}{7}$	2-1-2-1-2-1-2	$1\frac{7}{10}$	2-1-1-2-1-1-2-1-1-1

Виконання розгорнутої схеми двошарової обмотки

Розгорнута схема двошарової обмотки викреслюється відповідно до прийнятих правил у кольоровому зображенні на папері формату П.

Виготовлення котушок статорної обмотки

Виготовлення проводиться вручну за допомогою установки для намотування котушок, яка оснащена лічильником витків і забезпечує виготовлення котушок необхідного розміру. Котушки закладаються в пази статора відповідно до прийнятої технології.

Складання схеми з'єднання

Перед складанням схеми з'єднання обмотки зробити маркування (позначення) виводів котушок на клемному щитку статора АД. Початок і кінці котушок обмотки визначаються за допомогою контрольної лампи або комбінованих приладів, наприклад ЕЛ1 або спеціальних пристроїв. У роботі рекомендується імітувати коротке замикання однієї з котушок після складання схеми з'єднання обмотки і потім виявити цю несправність за допомогою приладу або пристроїв.

Перевірки правильності з'єднання котушок, котушкових груп і фаз обмотки

Перевірка проводиться в такій послідовності.

Фазні обмотки необхідно з'єднати за схемою “зірка”. Для перевірки схеми обмотки безпосереднім вмиканням у мережу використовується трифазний регулятор змінної напруги, наприклад, автотрансформатор або індукційний регулятор (рисунок 7.1). Перед перевіркою схеми необхідно ручку регулятора напруги встановити в положення, при якому на вихідних затискачах регулятора напруга буде дорівнювати нулю. Після дозволу викладача зібрана схема обмотки підключається до регулятора напруги і мережі. Далі необхідно здійснювати за

допомогою регулятора плавне збільшення напруги до початку обертання вертушки (або металевої кульки), вкладеної в розточку статора. При цьому вимірюються фазні струми обмотки статора.

Якщо схема обмотки зібрана правильно, то вертушка (кулька) буде безупинно обертатися, і струми по фазним обмоткам будуть практично рівні. Дослід варто повторити в тієї ж послідовності, змінивши чергування фаз на вході зібраної схеми обмотки. Напрямок обертання вертушки (кульки) при цьому повинен змінитися на протилежний.

Далі необхідно поміняти місцями виводи однієї з котушкових груп будь-якої фази обмотки, тобто “вивернути” котушкову групу обмотки. Повторити дослід і переконатися в аналізованому випадку в нерівності фазних струмів і відсутності обертового магнітного поля обмотки статора.

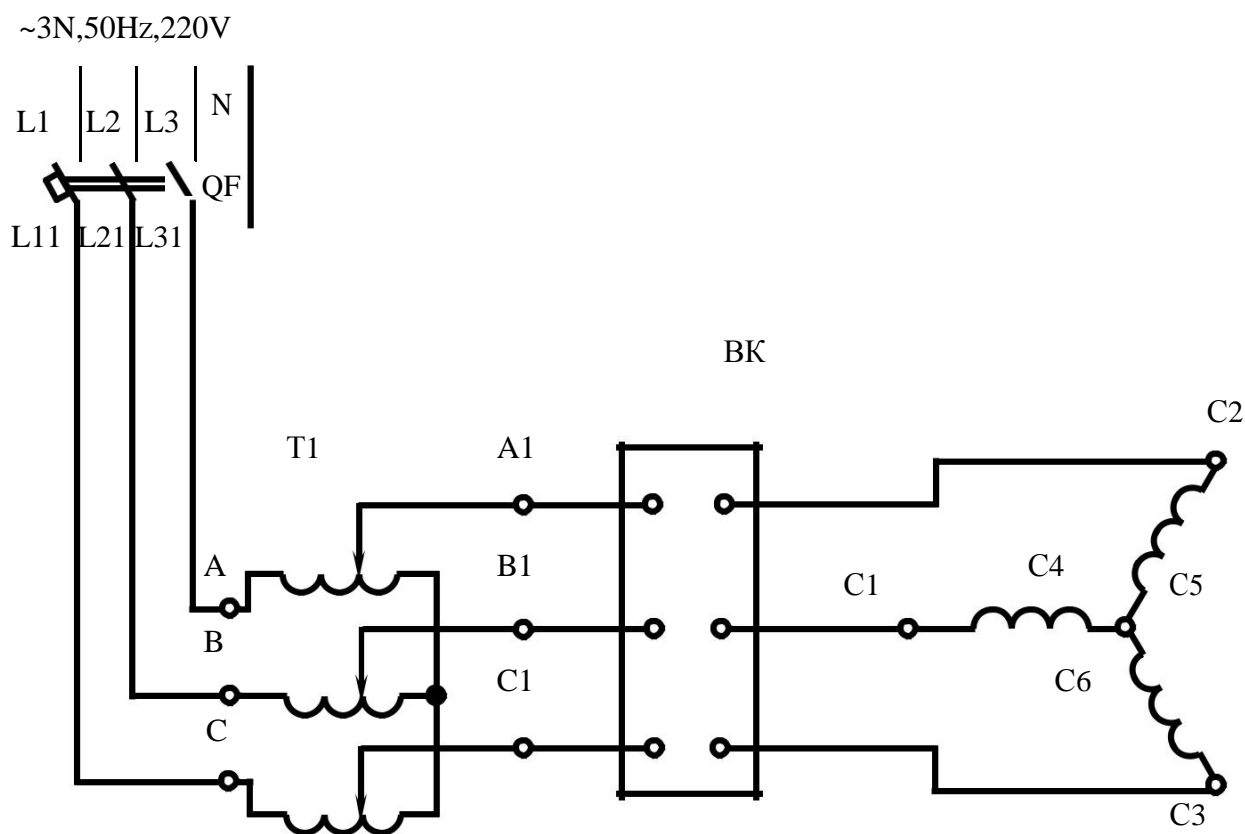


Рисунок 7.1 - Принципова електрична схема включення обмотки статора в мережу змінного струму

Програма роботи

1. Ознайомитися з обладнанням і приладами на робочому місці.
2. Розрахувати основні параметри двошарової обмотки статора трифазного АД.
3. Вичертити розгорнуту схему обмотки.
4. Виготовити і закласти в пази статора котушки обмотки статора.
5. Зібрати схему з'єднання котушок двошарової обмотки і перевірити відсутність короткозамкнених витків в обмотці.
6. Перевірити правильність складання схеми обмотки шляхом безпосереднього вмикання обмотки в мережу змінного струму.
7. Оформити звіт по роботі.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Ознайомитися з матеріалом, який стосується будови, розрахунку і виконання схем обмоток змінного струму.
2. Ознайомитися з технологією виготовлення і методикою перевірки роботи обмоток при ремонті [4-7].
3. Відповісти на контрольні питання до даної лабораторної роботи.

Контрольні питання

1. Які існують типи обмоток статора трифазного АД?
2. Що є основним елементом обмотки змінного струму?
3. Що називається кроком обмотки і як визначається крок обмотки?
4. Що значить обмотки з укороченим кроком?
5. Фізичний зміст параметра Q обмотки змінного струму.
6. Що називається котушковою групою обмотки?
7. Скільки котушкових груп входять у фазу двошарової обмотки змінного струму?
8. Що розуміється під електричним градусом електричної машини?

9. Як визначається на розгорнутій схемі обмотки зсув в електричних градусах між початками фаз?
10. Принцип утворення обертового магнітного поля за допомогою обмоток змінного струму?
11. Як визначити число котушок у котушковій групі обмотки?
12. У чому складається правило упорядкування обмотувальної таблиці двошарової обмотки змінного струму?
13. Назвіть достоїнності і недоліки двошарової петльової обмотки з укороченим кроком.
14. У чому полягає основна відмінність обмотки з дробовим числом пазів на полюс і фазу. Призначення дробових обмоток.
15. Яка умова утворення рівнобіжних гілок у двошаровій петльовій обмотці статора трифазного АД?
16. Яка область застосування двошарових петльових обмоток статора трифазного АД?

Список літератури

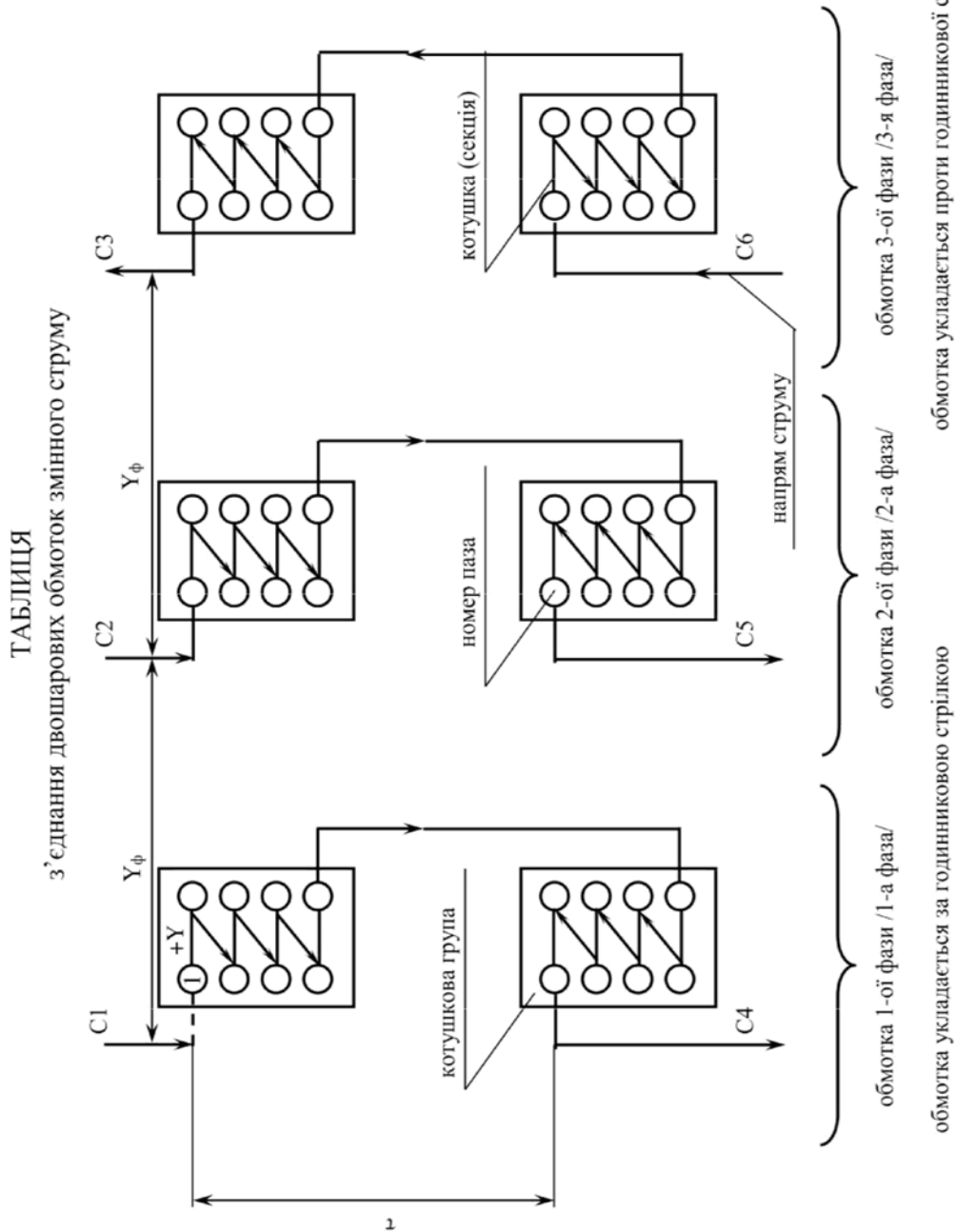
1. Вольдек Л.И. Электрические машины / Л.И. Вольдек. - Л.: Энергия, 1978. - 839 с.
2. Ванурин В.Н. Обмотки асинхронных электродвигателей / В.Н. Ванурин. - М.: Колос, 1978. - 95 с.
3. Зимин В.И. Обмотки электрических машин / Зимин В.И., Каплан Н.Я. и др. - Л.: Энергия, 1975. - 488 с.
4. Маршак Е.Л. Расчет асинхронных электродвигателей при ремонте / Е.Л. Маршак. - М.: Колос, 1974. - 110 с.
5. Практикум по монтажу, эксплуатации и ремонту электрооборудования. Под ред. А.А. Пястолова. - М.: Колос, 1976. - 223 с.
6. Проектирование электрических машин. Под ред. И.П. Копылова. - М.: Энергия, 1980. - 486 с.

**Додаток А
(Обов'язковий)**

ПОРЯДОК
розрахунку параметрів двошарової петльової обмотки статора трифазного асинхронного електродвигуна

Найменування	Параметр обмотки, який виражається в пазах розтки статора		Примітка
	Позначення	Формула для розрахунку	
1. Число пазів статора	Z_1	$Z_1 =$	Визначається візуально
2. Крок обмотки	Y	$Y = \beta \cdot \tau =$	Визначається візуально; β - коефіцієнт скорочення кроку($\beta=0,6...0,8$)
3. Полосний поділ	τ	$\tau = \frac{Y}{\beta} =$	$\tau = 180$ сл. гр.
4. Число полюсів	$2p$	$2p = \frac{Z_1}{\tau} =$	
5. Число пазів на полюс-фазу	q	$q = \frac{Z_1}{2pt} =$	t -кількість фаз q – показує зі скількох котушок складається котушкова група
6. Загальне число котушок в обмотці	$N_{\text{кот. обм}}$	$N_{\text{кот. обм}} = Z_1 =$	
7. Число котушок на одну фазу	$N_{\text{кот. 1ф}}$	$N_{\text{кот. 1ф}} = \frac{N_{\text{кот. обм}}}{m} = \frac{Z_1}{m} =$	
8. Загальне число котушкових груп в обмотці	$N_{\text{кот. гр. обм}}$	$N_{\text{кот. гр. обм}} = \frac{N_{\text{кот. 1ф}}}{q} = \frac{Z_1}{q} =$	
9. Число котушкових груп на одну фазу	$N_{\text{кот. гр. 1ф}}$	$N_{\text{кот. гр. 1ф}} = \frac{N_{\text{кот. обм}}}{m} = \frac{Z_1}{qm} =$	$N_{\text{кот. гр. 1ф}}=2p$
10. Фазовий крок	Y_ϕ	$Y_\phi = \tau = 2q = \frac{120 \text{эл. гр}}{\alpha_{\text{паз}}} =$	$Y_\phi=120$ сл. гр; α - пазовий кут. $\alpha_{\text{паз}} = \frac{2p180 \text{ел. гр.}}{Z_1}$

**Додаток Б
(Обов'язковий)**



обмотка укладається за годинниковою стрілкою
обмотка укладається проти годинникової стрілки

Лабораторна робота №8

ДЕФЕКТАЦІЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПРИ РЕМОНТІ

Мета роботи: Придбання практичних навичок дефектації електродвигуна постійного струму при ремонті і ознайомлення з порядком прийому електродвигуна постійного струму в ремонт та оформлення основної документації.

Технічна характеристика устаткування

Для виконання лабораторної роботи використовуємо наступне електротехнічне устаткування та контрольно-вимірвальні прилади:

- електродвигун постійного струму: тип П-11, $P_H = 0,3$ кВт; $U_H = 110$ В;
 $n_H = 1500$ об/хв.; $I_H = 4,2$ А, тип збудження «змішане», режим роботи S1, $m = 18$ кг, ГОСТ 183-5, рік випуску 1961.
- мегомметр, тип Ф4102/1-1М, напругою 500 В;
- омметр РQ1, тип DT9208A, межа вимірювання 200 Ом.

Довідкові дані щодо опору обмоток електродвигуна постійного струму П-11 представлені в таблиці 8.1

Таблиця 8.1 – Заводські дані омичного опору обмоток двигуна постійного струму типу П-11

Обмотка	Паралельна	Послідовна	Якоря	Додаткова
	Ш1, Ш2	С1, С2	Я1, Я2	Д1, Д2
Величина, Ом	293	0,52	0,48	1,15

Теоретичні відомості

Проведення зовнішнього огляду електродвигуна постійного струму і приготування робочого інструмента для його розбирання. Насамперед необхідно перевірити комплектацію наданого електродвигуна постійного струму та записати його паспортні дані.

Короткі відомості про будову електродвигуна постійного струму

Нерухома частина машини складається зі станини 6 (рисунок 8.1), головних полюсів для створення основного магнітного потоку і додаткових полюсів, встановлених між головними полюсами, і служать для поліпшення комутації. До боків станини кріпляться підшипникові щити 7, в яких встановлені підшипники.

У переважній більшості машин головні полюси є електромагнітами і тільки в спеціальних малопотужних машинах це постійні магніти. Головний полюс складається з сердечника, набраного з листів електротехнічної сталі, і полюсної котушки 5, по якій проходить струм збудження. Котушки збудження з'єднуються між собою послідовно. Додаткові полюси конструктивно подібні до основних. Кількість головних полюсів залежить від типу електричної машини. Вони можуть бути двополюсними і багатополіусними.

Обертова частина машини називається якорем, складається з вала, сердечника 3, обмотки 9 і колектора 1. Сердечник якоря набирається з листів електротехнічної сталі, ізолюваних один від одного лаком для зменшення втрат на вихрові струми. У пази сердечника укладаються провідники обмотки якоря, які заклинюються клинами і закріплюються бандажами.

Для з'єднання обмотки якоря з зовнішнім колом, на колекторі розміщені нерухомі щітки в щіткотримачі, який закріплюється на траверсі, та встановлений на підшипниковому щиті. Траверсу можна повертати і цим змінювати положення щіток щодо полюсів.

До машин постійного струму застосуємо принцип оберненості. Будь який генератор постійного струму може бути переведений в режим двигуна і навпаки.

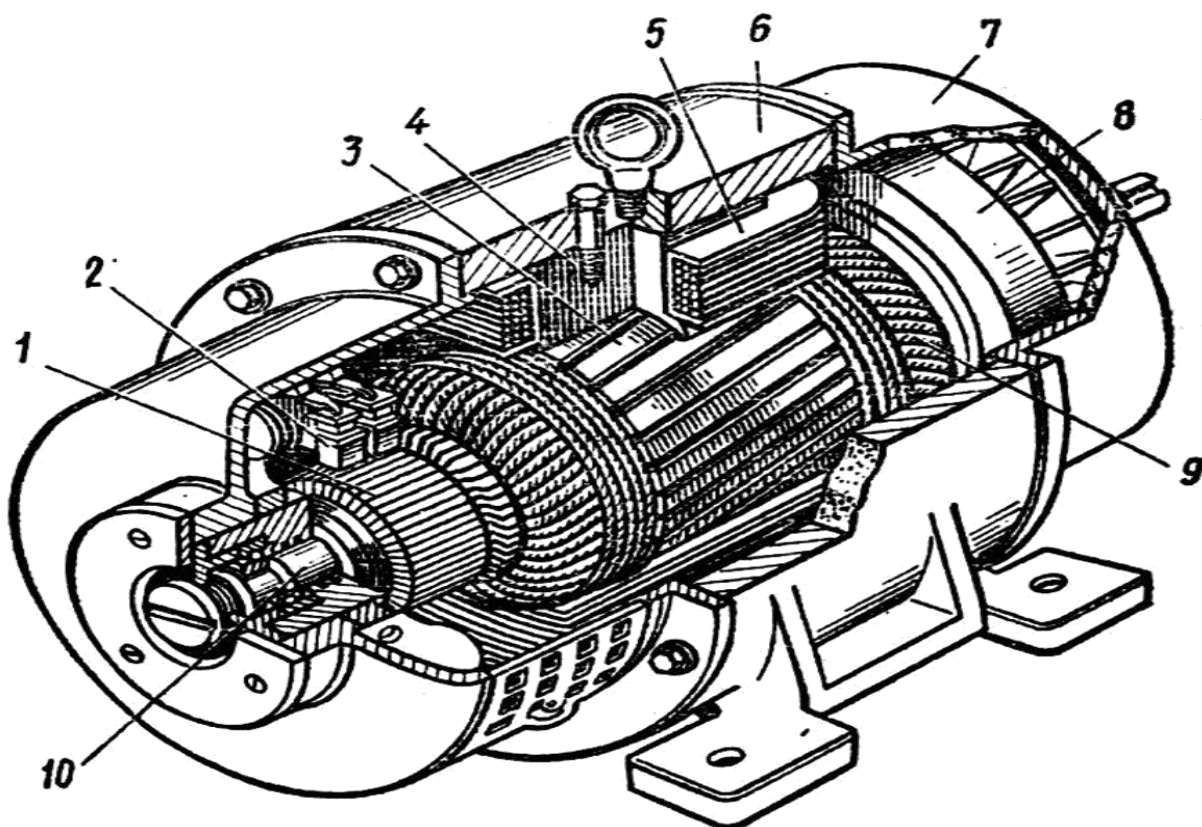
Принцип дії електродвигуна постійного струму полягає в наступному. Якщо до обмотки якоря підвести постійну напругу, то в провідниках обмотки буде протікати струм. За законом електромагнітної індукції провідник зі струмом буде виштовхуватися з магнітного поля з якоюсь силою. Напрямок дії сили визначається за правилом лівої руки. Сила буде направлена по дотичній до окружності якоря. Сумарна сила, діюча на плече (радіус якоря), створює обертаючий момент. Якщо цей момент виявиться більше гальмівного моменту, то якір прийде в обертання.

В машинах постійного струму нерухому частину називають індуктором, а рухому частину якорем. Корпус індуктора виготовляють зі сталеві труби або відливають зі сталі і механічно обробляють. У машин постійного струму корпус служить магнітопроводом, тому повинен бути виконаний з матеріалу, що добре проводить магнітний потік. До корпусу кріпляться болтами основні і додаткові полюси, на яких розташовуються обмотки. Осердя полюсів збирають з листів, відштампованих з конструкційної листові сталі товщиною 1...4 мм., та скріплюють шпильками або зварюванням. Обмотку з мідних проводів намотують, ізолюють і надягають на сердечник. Обмотки основних і додаткових полюсів з'єднують в певній послідовності, а їх кінці виводять в коробку виводів.

Якір складається з валу, на який надіті нажимна шайба, листи якоря, відштамповані з електротехнічної сталі, і нажимна шайба. Остання надіта на вал з натягом і утримує листи якоря в спресованому стані. У пази осердя вкладається обмотка з мідного проводу, на яку, як правило, заздалегідь нанесена електрична ізоляція. На лобовій частині обмотки щоб уникнути її руйнування відцентровими силами, що виникають при обертанні якоря, намотують бандажі зі сталеві проводу або неткані скляної стрічки.

Ознайомлення з можливими несправностями електродвигуна постійного струму

Розглянемо найбільш часто зустрічаємі дефекти електричного характеру та їх походження. При експлуатації електричних машин відбувається поступове руйнування ізоляції обмоток в результаті її нагрівання, впливу механічних зусиль від вібрації, динамічних сил при пусках і перехідних процесах, відцентрових сил при обертанні, вплив агресивних середовищ і вологи, забруднення різним пилом. Незворотні зміни структури і хімічного складу ізоляції називають старінням, а процес погіршення властивостей ізоляції в результаті старіння називають зносом.



1 – колектор; 2 – щітки; 3, 9 – сердечник і обмотка якоря; 4 – головний полюс; 5 – котушка обмотки збудження; 6 – станина (корпус); 7 – підшипниковий щит; 8 - вентилятор; 10 - вал. Рисунок 8.1 - Будова електродвигуна постійного струму

Основною причиною виходу з ладу ізоляції машин є температурні дії. При температурному розширенні ізоляційних матеріалів порушується їх структура, виникають внутрішні механічні напруги. Теплове старіння ізоляції робить її вразливою для механічних впливів. При втраті механічної міцності її еластичності ізоляція не здатна протистояти вібрації або ударам, проникненню вологи і неоднаковим тепловим розширенням міді, сталі і ізоляційних матеріалів. Усадка ізоляції від нагріву призводить до ослаблення кріплень і "розбовтування" катушок, клинів, пазових прокладок та інших кріпильних конструкційних деталей, що сприяє пошкодженню обмоток при відносно слабких механічних впливах. У початковий період експлуатації просочувальний лак добре цементує обмотку, але через теплове старіння лаку цементация порушується і дія вібрації стає більш відчутною.

При експлуатації обмотка може забруднюватися пилом з навколишнього повітря, маслами з підшипників, вугільним пилом при роботі щіток. У робочих приміщеннях металургійних і вугільних підприємств пил настільки легкий і мілкий, що потрапляє в такі місця машини, куди її потрапляння здавалося б неможливим. Він утворює провідні містки, які можуть викликати перекриття або пробій на корпус.

Інколи під час експлуатації виникають аварійні виходи з ладу машин при порушенні цілісності ізоляції. Це відбувається при неправильній експлуатації, а також при прояві прихованих дефектів виробництва.

Між виткові замикання виникають при порушенні ізоляції проводів, при цьому два поруч лежачі провідники замикаються, в обмотці утворюється контур з малим опором, за яким починає проходити великий струм. Струм розігріває провідники, ізоляція, що стикається з проводами, обвуглюється і руйнується, окремі провідники нагріваються до високої температури, і відбувається вигорання частини обмотки.

Для виявлення виткових замикань, в обмотці якоря можна застосувати метод падіння напруги або за допомогою омметра який зводиться до наступного (рисунок 8.2).

До двох суміжним колекторним пластин за допомогою пари щупів вимірюють омичний опір, у разі замикання в секції приєднаної до даної пари пластин, опір її знижується. Значення омичного опору записується в таблицю.

До електричних дефектів, відносять також втрату контакту, збільшення його опору в місці пайки або приєднання обмотки до затискачів панелі. При збільшенні опору відбувається місцевий нагрів, а при досягненні певної температури руйнування контакту, порушення ізоляції, різні замикання призводять до виходу машини з ладу. Збільшення опору обмотки може відбуватися також при втраті контакту одного провідника з декількох з'єднаних паралельно.

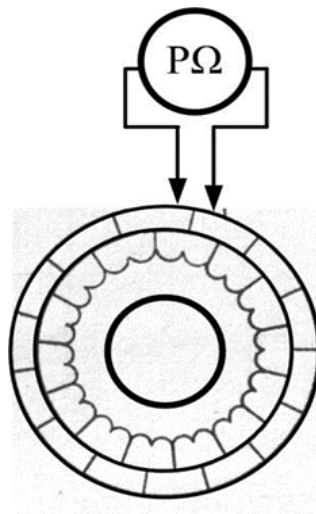


Рисунок 8.2 - Схема для перевірки виткових замикань за допомогою омметра

В машинах, що мають колектор можливе порушення їх нормальної роботи. В контакті відбуваються механічні (від тертя щітки об колектор) і електричні (від проходження електричного струму по контакту щітка-колектор) втрати. В контакті також відбуваються фізико-хімічні процеси. Визначити вплив окремих факторів на працездатність колектора вельми важко, їх спільна дія призводить

до механічного вироблення колектора, підгоряння. Від сильного нагріву може статися відпайка провідників обмоток від колектора, погіршення контакту між щіткою і колектором, що також призводить до підвищення температури нагріву. У колекторі може статися виступання однієї або декількох пластин, що порушує контакт і неминуче призводить до виходу його з ладу.

Розглянемо найчастіші дефекти механічного характеру та їх походження. До механічних ушкоджень відносять несправність підшипників через витікання мастила, несвоєчасного її заповнення або заміни, власні дефекти підшипників (набої кілець, вироблення кульок). При певних умовах можливе вироблення в підшипниковому щиті гнізда для установки підшипників. При нагріванні і охолодженні машини зовнішнє кільце підшипника незначно переміщається в осьовому напрямку і після деякого вироблення гнізда може почати обертатися в напрямку обертання кульок, виробляючи ще більше гніздо в підшипниковому щиті. При сильному виробленні якоря опускається і чіпляється за полюса індуктора. Помітивши пошкодження, машину слід відправити в ремонт. При сильному і тривалому чіплянні відбувається нагрівання сердечника статора і вигорання ізоляції, замикання на корпус і між витками.

Виконання розбирання двигуна постійного струму

Розбирання виконується в наступному порядку:

- Зняття жалюзі, перевірка або нанесення міток на траверсу щіткотримачів і підшипниковий щит;
- Зняття щіток;
- Зняття кришки підшипника;
- Зняття підшипникового щита, при цьому щит спочатку повинен зійти з замка на станині, а потім з підшипника. Після цього якір лягає на полюса;
- Відкручення болтів і зняття іншого підшипникового щита з замка на корпусі. Виймання якоря з індуктора;
- Зняття кришки підшипника і щита з підшипника;

- Зняття підшипника і вентилятора;
- Дефектація вузлів і деталей.

Подальше розбирання проводять рідко, коли в результаті дефектації виявлені несправності в колекторі, обмотках якоря, індукторі, і т. д. Подальше розбирання включає витяг обмотки якоря з пазів, зняття основних і додаткових полюсів, зняття і розбирання колектора, розбірку щіткового апарату.

Дефектація вузлів та деталей електродвигуна постійного струму

Дефектація індуктора

Дефектацію починають із зовнішнього огляду, перевіряючи відсутність тріщин, відколів, деформацій в корпусі, стан різьбових отворів, наявність розпушення крайніх листів, вигорання окремих листів, наявність корозії. Вимірюють у двох взаємно перпендикулярних площинах діаметр замків на корпусі, на які надягають щити.

Ознаками остаточного браку індуктора є: відкол більше двох лап, збільшення повітряного зазору більш ніж на 15 %, наявність наскрізних тріщин в корпусі.

Дефектація якоря

У якорі що подається на дефектацію повинні бути відремонтовані центральні отвори. Якір встановлюють шийками вала на призми, проводять зовнішній огляд, вимірюють діаметр осердя (для визначення повітряного зазору розрахунковим методом), перевіряють посадочні місця шийок валу під посадку підшипників і вентилятора, перевіряють стан шпонкових пазів і робочого кінця валу, биття шийок валу і осердя якоря. Оглядають колектор (на відсутність підгоряння, оплавлення, нерівномірності виробітку), встановлюють величину їх вироблення.

Ознаками остаточного браку якоря є: злам валу в будь-якому перетині, значний знос осердя якоря внаслідок корозії або абразивного впливу пилю.

Дефектація підшипникових щитів

Перевіряють зовнішнім оглядом підшипникові щити на відсутність тріщин і зламів. Вимірюють посадочні місця під підшипник і на корпус індуктора, стан отворів, цілісність вух.

Ознаками остаточного браку підшипникових щитів є: тріщини і відколи в щитах і на посадочних поверхнях, відкол кріпильних вух.

Дефектація струмоз`ємного пристрою

Перевіряють зовнішнім оглядом стан щіткотримачів, пружин, вивідних кабелів, кріплення виводів в щітках необхідний зазор між щіткою і щіткотримачем складає 0,2...0,3 мм. Тиск пружин на щітки має бути однаковим і відповідати заданому значенню. Вимірюють опір ізоляції між корпусом та щіткотримачем.

Перевіряють оглядом кріпильні деталі (болти, гайки, шпильки та інше) на відсутність тріщин, надривів біля головок болтів і деформації шпильок, стан різьби. Якість різьби визначають різьбовими кільцями.

Ознаками остаточного браку кріпильних деталей є: пошкодження більше 20 % витків різьби, тріщини і надриви біля головок болтів, зменшення діаметру болтів і шпильок більше ніж на 10 % в результаті корозії.

Вимірювання опору ізоляції обмоток та бандажів

При вимірюванні опору ізоляції обмоток електродвигуна постійного струму один кінець проводу від мегометра приєднується до корпусу електродвигуна а інший – до виводу котушки. Вимірювання проводиться мегомметром на напругу 0,5 кВ. Виміряне значення опору ізоляції повинне бути не менше ніж 0,5 МОм.

В експлуатації опір ізоляції обмоток вимірюється разом із з'єднаними з ними колами і кабелями.

Вимірювання опору ізоляції бандажів, проводиться відносно корпусу і обмоток, що утримуються ними. Вимірне значення опору ізоляції повинне бути не менше ніж 0,5 МОм.

Вимірювання омичного опору обмоток електродвигуна постійного струму.

Вимірювання провадиться в генераторах, а також електродвигунах потужністю більш ніж 3 кВт при практично холодному стані машини. Норми допустимих відхилень опору наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Норми відхилення значень опору по постійному струмі

Випробний елемент	Норма	Примітка
Обмотки збудження	Значення опорів обмоток не повинні відрізнятись від попередніх вимірювань або заводських значень більше ніж на 2 %	
Обмотка якоря	Значення виміряного опору не повинні відрізнятись один від одного більша ніж на 10 % за винятком випадків, коли це зумовлено схемою з'єднання	
Реостати, пускорегулювальні резистори	Значення виміряного опору не повинні відрізнятись від попередніх вимірювань або заводських даних більше ніж на 10 %. Не повинно бути обриву кіл	Вимірювання проводяться на кожному відгалуженні Перевіряється мегаомметром цілість кіл

Вимірювання повітряних зазорів під полюсами

Вимірювання проводиться в генераторах, а також електродвигунах потужністю 3 кВт і більше. Розміри зазорів в діаметрально протилежних точках не повинні відрізнятись один від одного більше ніж на $\pm 10\%$ від середнього розміру зазору.

Збільшення повітряного проміжку визиває збільшення струму холостого ходу, зменшення коефіцієнту потужності та коефіцієнту корисної дії.

Вимірюють повітряний проміжок між полюсом і якорем. При цьому якір вкладають у індуктор, за допомогою щупа вимірюють проміжок між поверхнею якоря і полюсом у верхній частині електродвигуна. Повітряний проміжок дорівнює половині вимірюваної відстані. Вимір повторюють при повороті якоря на 90^0 . Ширина щупа повинна бути меншою ширини зубця якоря і при вимірюваннях щуп не повинен попадати на пазовий клин.

Збирання електродвигуна постійного струму

Збирання електродвигуна постійного струму починається зі збирання індуктора яка передбачає установку і кріплення в корпусі головних і додаткових полюсів з котушками, з'єднання котушок по електричній схемі, ізоляцію між котушкових з'єднань і перевірку правильності з'єднань.

На сердечники полюсів надягають котушки і кріплять їх відповідно з ескізами, знятими при розбиранні індуктора. Кожен полюс поміщають на колишнє місце згідно ескізу, складеним при розбиранні машини. Полюси заводять всередину корпусу і по черзі закручують болти, при цьому полюси повинні прилягати до корпусу всією поверхнею.

Котушки головних і додаткових полюсів з'єднують між собою згідно електричної схеми, ескіз якої зроблений при розбиранні. Для правильного

чергування полярності полюсів початки і кінці котушок з'єднують, з'єднання ізолюють кількома шарами склалакотканини або іншої аналогічної ізоляцією із скляною стрічкою. Місця ізолювання промащують емаллю і сушать. Ізоляцію вивідних кабелів в місцях виходу з корпусу електричної машини оберігають гумовими або пластмасовими втулками, які встановлюють в корпусі.

Потім збирають якір. Напресовують вентилятор, та підшипники. На якір надягають правий щит і закручують болти. Якір має вентилятор, розмір якого більше внутрішнього отвора індуктора, тому якір можна завести в індуктор тільки з правого боку. Якір заводять в індуктор і опускають на полюси.

Збирають лівий підшипниковий щит. На щиті встановлюють по мітках траверсу щіткотримачів з щіткотримачами і щітками. Щит ставлять на корпус і просувають вперед до корпусу. Потім обидва щита насувають на корпус так, щоб замки на щитах і корпусі зімкнулися. Наживляють болти кріплення щитів і закручують їх дотримуючись необхідний порядок. Останньою встановлюють кришку підшипника з лівого боку. Перевіряють легкість обертання якоря і відправляють його на випробування.

В зібраному вигляді електродвигун постійного струму представити викладачу, який перевіряє і підтверджує правильність виконання роботи. Після завершення роботи прибирається робоче місце.

Програма роботи

1. Провести зовнішній огляд електродвигуна, підшипникових щитів, колекторного вузла, підшипникових вузлів і вентилятора і записати паспортні дані.
2. Визначити дефекти обмотки якоря, а також тип обмотки та основні обмотувальні дані.
3. Визначити дефекти індуктора, виконати обмірювання індуктора і пазово-зубцової зони.

4. Визначити дефекти якоря, виконати обмірювання якоря.
5. Оформити відомість дефектів електродвигуна постійного струму.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Вивчити матеріал, що стосуються правил прийому в ремонт і дефектації електродвигуна постійного струму по (1-5).
2. Проробити розділ “Будова машин постійного струму” з курсу “Електричні машини” в [6].
3. Відповісти на контрольні питання до даної роботи.

Контрольні питання

1. Принцип дії електродвигуна постійного струму.
2. Назвіть основні елементи будови електродвигуна постійного струму.
3. Призначення індуктора електродвигуна постійного струму.
8. Призначення колектора електродвигуна постійного струму.
5. З якою метою вимірюють омичний опір обмоток електродвигуна постійного струму?
6. Як позначаються виводи обмоток електродвигуна постійного струму?
7. Що таке дефектація електродвигуна постійного струму?
8. Яким приладом вимірюють опір ізоляції обмоток і його мінімально допустима величина для електродвигуна постійного струму?
9. Як можна виміряти омичний опір обмоток збудження електродвигуна постійного струму?
10. Назвіть послідовність дефектації вузлів та деталей електродвигуна постійного струму.

Список літератури

1. Вольдек А. И. Электрические машины / А. И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.
2. Ермолаев С.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации в системе АПК / С.А. Ермолаев, В.А. Мунтян, В.Н. Кюрчев; под ред. С.А. Ермолаева. – К.: НПФ Альтур, 1997 – 414 с.
3. Ермолаев С.А. Эксплуатация энергооборудования в сельском хозяйстве: Учебник / С.А. Ермолаев, Е.П. Масюткин, В.Ф. Яковлев. – Киев: Инокс, 2005. – 670 с.
8. Ермолаев С.О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: Підручник / С.О. Ермолаев, В.О. Мунтян, Є.Ф. Яковлев; за ред. С.О. Ермолаєва. – К.: Мета, 2003 – 543 с.
5. Ермолаев С.О. Експлуатація і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації/ С.О. Ермолаєв, В.Ф. Яковлев; за ред. С.О. Ермолаєва. – К.: Урожай, 1996 – 334 с.
6. Куценко Ю. М. Электричні машини і апарати: навчальний посібник/ Ю. М. Куценко, В. Ф. Яковлев В. М. Смуригін [та ін.] – К.: Аграрна освіта, 2012. – 449 с.
7. Назарьян Г. Н. Электрические машины: Учебное пособие для вузов / Г. Н. Назарьян. – Мелитополь, Люкс, 2011. – 827 с.
8. Правила улаштування електроустановок. – 2-ге вид., переробл., і допов. - Харків: Форт, 2009. – 736 с.
9. Практикум по монтажу, эксплуатации и ремонту электрооборудования / А. А. Пястолов, А. А. Попков, А. А. Большаков [и др.] . изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1976. – 224 с.
10. Пястолов А. А. Монтаж, эксплуатация и ремонт электрооборудования / А. А. Пястолов, А. А. Мешков, А. Л. Вахрамеев. – М.: Колос, 1981. – 355 с.

11. ГОСТ 11828-86(2003) Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний. – М.: 1986. – 45 с.
12. Куценко Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок: практическое пособие / Г.Ф. Куценко. – Мн.: Дизайн ПРО, 2006. – 472 с.

Додаток А

(Обов'язковий)

Відомість дефектів машини постійного струму

Відомість

дефектів машини постійного струму

8. Замовник _____

9. Дата надходження замовлення « _____ » _____ 20__ р.

1. ПАСПОРТ ДВИГУНА

1. Тип	_____	6. Коефіцієнт корисної дії	_____ %
2. Напруга	_____ В	7. Тип збудження	_____
3. Номінальний струм	_____ А	8. Режим роботи	_____
8. Потужність	_____ кВт	9. Маса	_____
5. Частота обертання	_____ об./хв	10. Рік випуску	_____

9. ТЕХНІЧНІ ДАНІ

7 Обмір сталі індуктора

V. Зовнішній діаметр, Dн _____ мм.

W. Внутрішній діаметр, Dвн _____ мм.

X. Повна довжина осердя _____ мм.

Y. Внутрішній діаметр полюсів _____ мм.

Z. Повітряний проміжок _____ мм.

В ЯКОР

7. Діаметр, D_p _____ мм
8. Діаметр колектора _____ мм
9. Довжина сталі _____ мм
10. Тип обмотки _____
11. Число пазів якоря, Z_1 _____

4 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

4. Стан корпусу _____

5. Стан вала, та обмотки якоря _____

3 Стан кришок і підшипникових щитів _____

2. РЕЗУЛЬТАТИ

ВИМІРІВ Таблица 1 – Значення омичного опору обмотки якоря

Номер колекторної пластини	Величина напруги, Ом	Несправність	Номер колекторної пластини	Величина опору, Ом	Несправність
1-2			29-30		
2-3			30-31		
3-4			31-32		
4-5			32-33		
5-6			33-34		
6-7			34-35		
7-8			35-36		
8-9			36-37		
9-10			37-38		
10-11			38-39		
11-12			39-40		
12-13			40-41		
13-14			41-42		
14-15			42-43		
15-16			43-44		
16-17			44-45		
17-18			45-46		
18-19			46-47		
19-20			47-48		
20-21			48-49		
21-22			49-50		
22-23			50-51		
23-24			51-52		
24-25			52-53		
25-26			53-54		
26-27			54-55		
27-28			55-56		
28-29			56-1		

Таблиця 2 – Дані вимірів опору ізоляції обмоток електродвигуна постійного струму

Обмотка, Корпус	Опір, R, МОм				
	Паралельна Ш1, Ш2	Послідовна С1, С2,	Якоря Я1, Я2	Додаткова Д1, Д2	Корпус
Паралельна Ш1, Ш2	-	-	-	-	-
Послідовна С1, С2,		-	-	-	-
Якоря Я1, Я2			-	-	-
Додаткова Д1, Д2				-	-
Корпус					-

Таблиця 3 – Дані виміру омичного опору обмоток електродвигуна постійного струму

Обмотка Номер досліду	Паралельна Ш1, Ш2		Послідовна С1, С2		Якоря Я1, Я2		Додаткова Д1, Д2	
	1							
2								
3								
Середнє значення R, Ом								

6. ВИЯВЛЕНІ ДЕФЕКТИ

7. ВИСНОВОК ПРО РЕМОНТ

Дефектацію проводив _____

(підпис)

«_____» _____ 20__ р.

Лабораторна робота №9

ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПІСЛЯ РЕМОНТУ

Мета роботи: Засвоєння методики випробування синхронних двигунів після ремонту. Придбання практичних навичок випробування СД і оформлення протоколів випробування.

Технічна характеристика устаткування

Для виконання лабораторної роботи використовуємо наступне електротехнічне устаткування:

= синхронний електродвигун: тип БМЗ 4,5/4; $S_H=4,5$ кВА; $P_H = 3,8$ кВА;

$U_H=230$ В; $N_H = 1500$ об/хв.; $\cos\phi_H=0,8$; $\eta=74,2\%$, $i_{xx}=35\%$, $P_{xx}=380$ Вт.

- Збуджувач: $U_H=22$ В; $I_H=11,3$ А

Довідкові дані щодо опору обмоток синхронного електродвигуна БМЗ 4,5/4 представлені в таблиці 9.1

Таблиця 9.1 – Заводські дані омичного опору обмоток синхронного електродвигуна типу БМЗ 4,5/4

	Статора	Ротора	Якоря збуджувача	Індуктора збуджувача
Обмотка		И1, И2	Я1, Я2	Н1, Н2
Величина, Ом	1,2	5,5	1,2	6,3

Основні теоретичні положення

Загальні відомості

Для синхронних машин всіх видів – генераторів, двигунів і синхронних компенсаторів встановлена наступна програма післяремонтних випробувань:

- вимірювання опору ізоляції обмоток по відношенню до корпусу машини і між обмотками;
- вимірювання опору обмоток при постійному струмі в практично холодному стані;
- випробування при підвищеній частоті обертання;
- випробування ізоляції обмоток відносно корпусу машини і між обмотками на електричну міцність;
- випробування міжвиткової ізоляції обмоток на електричну міцність;
- визначення струму холостого ходу і втрат холостого ходу;
- визначення струму і втрат короткого замикання при нерухомому роторі;
- визначення номінального струму збудження і регулювальної характеристики електродвигуна;
- випробування при короткочасному перевантаженню по струму;
- визначення струму збудження в режимі ненавантаженого перезбудженого двигуна при номінальній напрузі і номінальному струмі якоря;
- визначення коефіцієнта корисної дії і коефіцієнта потужності;
- визначення початкового пускового, мінімального і номінального обертаючих моментів;
- вимірювання вібрації.

Методика проведення випробувань, схеми вмикання вимірювальних приладів і пускорегулюючої апаратури, методи розрахунку окремих втрат визначені у ГОСТ 7217-87.

Перевірка якості складання СД після ремонту

Перед початком випробувань необхідно оглянути СД. Перевірити затягування кріпильних болтів, гайок, обертання вала.

Маркірування виводів обмоток

Статори більшості двигунів змінного струму мають 6 виводів, що відповідають початкам і кінцям фазних обмоток, що позначаються згідно стандарту (таблиця 9.1).

Таблиця 9.1. - Позначення виводів обмоток статора

Фази	Обмотка статора за ГОСТ 183-74	
	Початок	Кінець
1	C1	C4
2	C2	C5
3	C3	C6

Звичайно літерні позначення виводів обмоток електродвигунів вибивають на наконечниках або на бірках, надітих на виводи. Однак буває, що ці бірки губляться. При відсутності маркірування кінців обмоток її необхідно відновити,

Також, у великих електричних машинах узгодженість обмоток рекомендується перевіряти навіть при наявності заводської маркірування. Виконуючи операції по перевірці маркірування і правильності з'єднання обмотки, необхідно дотримуватись загальних правил техніки безпеки при роботі з електрообладнанням.

Для цього, попередньо контрольною лампою або омметром визначають приналежність виводів обмоток відповідним фазам і роблять позначки за допомогою тимчасових картонних бірок, а потім перевіряють їх взаємну

погодженість індукційним методом на змінному струмі. Суть цього методу міститься в наступному. Дві будь-які фази включають в мережу змінного струму зниженої напруги (рисунок 9.1).

В третю фазу включають вольтметр або лампу. Якщо дві фази, які живляться від мережі, з'єднані одноіменними виводами, то покази вольтметра будуть дорівнювати нулю. Якщо з'єднані різнойменні виводи, то покази вольтметра не дорівнюватимуть нулю. Для визначення узгоджених виводів третьої обмотки вольтметр включають в одну з фаз з вже позначеними виводами, а дві інші фази з'єднують послідовно і включають в мережу змінного струму.

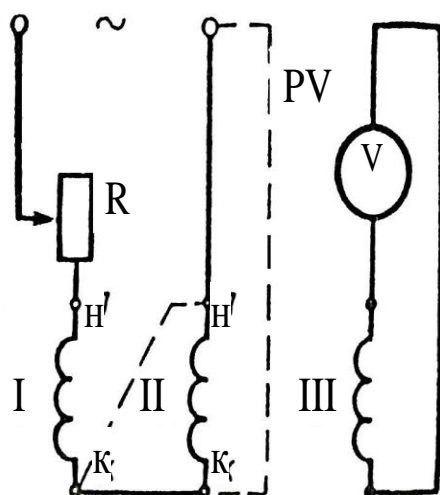


Рисунок 9.1 – Перевірка маркування виводів обмоток статора за допомогою джерела змінного струму

Якщо обмотки двигуна мають тільки три вивідних кінця, правильність з'єднання обмоток перевіряється шляхом подачі зниженої напруги до двох виводів обмотки і заміру напруги між виводами, підключеними до джерела живлення, і третім виводом обмотки (рисунок 4.2). При цьому способі перевірки, дослід повторюють тричі, кожний раз замінюючи один з виводів обмотки, яка підключається до джерела живлення. Якщо вивідні кінці обмотки з'єднані

правильно, то напруги при всіх вимірюваннях будуть однаковими. При неоднакових напругах одна з фаз обмотки "вивернута". Цією фазою буде та, яка приймає участь в обох замірах, що дають неоднакові покази вольтметра. послідовальном соединении трёх фаз.

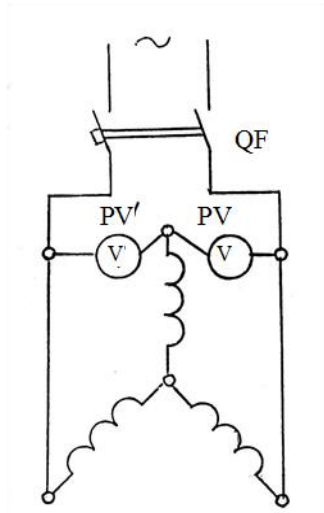


Рисунок 9.2 – Перевірка правильності з'єднання обмотки двигуна з трьома вивідними кінцями.

Вимір омичного опору фаз

Вимір проводиться з метою виявлення обривів в обмотці, дефектних місць пайки, неправильного з'єднання схеми, проводів підвищеного або зниженого перетину; короткого замикання між витками, а також для визначення температури обмотки електродвигуна при випробуванні його на нагрів. Вимір опору обмоток статора проводиться за допомогою моста постійного струму або методом амперметра і вольтметра на постійному струмі. Рекоменується проводити 2-3 виміри і визначати середній арифметичний опір обмоток статора. Результати вимірів заносяться в таблицю 9.2.

Таблиця 9.2 – Дані вимірів опорів обмоток СД

Фаза	Опір, Ом						Похибка, %
	1	2	3	Середнє			
С1-С2					$R_{C1(\theta)} =$	$R_{C1(75)} =$	
С2-С3					$R_{C2(\theta)} =$	$R_{C2(75)} =$	
С3-С1					$R_{C3(\theta)} =$	$R_{C3(75)} =$	
И1-И2					$R_{И1(\theta)} =$	$R_{И1(75)} =$	
Я1-Я2					$R_{Я1(\theta)} =$	$R_{Я1(75)} =$	
Н1-Н2					$R_{Н1(\theta)} =$	$R_{Н1(75)} =$	

При вимірі між двома фазними виводами, значення опорів обмоток при з'єднанні за схемою зірка визначаються за формулою

$$R_{C1} = R_{C2} = R_{C3} = \frac{R}{2}, \quad (9.1)$$

де

$$R = \frac{R_{C1-C2} + R_{C2-C3} + R_{C3-C1}}{3}, \quad (9.2)$$

Опори обмоток, вимірювані при температурі навколишнього середовища в помешканні (T_0) необхідно перерахувати на розрахункову температуру $T_0 = 75$ °С - для класу нагрівостійкості ізоляції В та 115 °С - для класу F.

$$R_t = \frac{235+t_p}{235+t_o} R_{cp}, \quad (9.3)$$

Відхилення опорів обмоток статора та ротора синхронного двигуна від паспортних і по фазах допускається не більше 2% (при однакових приведених температурних умовах). Відхилення опорів обмотки збудження збуджувача – не більше ніж 2%, обмотки якоря – не більше 10%.

Вимір опору ізоляції обмоток СД

Вимір проводять відносно корпусу і між обмотками мегомметром на 1000В для електродвигунів напругою до 0,66 кВ і мегомметром на 500 В для електродвигунів напругою вище 0,66 кВ. Відповідно до, опір ізоляції обмотки статора напругою до 0,66 кВ повинен бути: не менше 0,5 МОм, опір ізоляції обмоток ротора - не нижче 0,5 МОм, кіл збудження - 1 МОм, обмоток якоря - 0,5 МОм.

У електродвигунів напругою понад 0,66 кВ опір ізоляції не нормується, але повинен враховуватися при вирішенні питання про необхідність їх сушіння. Результати вимірів заносяться в таблицю 9.3

Таблиця 9.3 – Результати вимірів опору ізоляції обмоток СД

Метод перевірки	Між обмотками статора і корпусом (С1-корпус)	Між обмоткою збудження і корпусом (И1-корпус)	Між обмоткою якоря збуджувача і корпусом (Я1-корпус)	Між обмоткою збудження збуджувача і корпусом (Н1-корпус)	Між обмотками збудження і якоря збуджувача (Н1-Я1)
Мегаомметром					
Похибка, %					

Випробування ізоляції обмоток відносно корпусу і між обмотками на електричну міцність

Випробування ізоляції обмоток щодо корпусу і між обмотками на електричну міцність проводиться підвищеною напругою частотою 50 Гц або випрямленою (вибирають найбільш ефективну форму для даного двигуна, тобто ту, при якій краще виявляються основні дефекти). Допускається знижувати випробувальну напругу порівняно з напругою, що підводиться, при

перевірці ізоляції під час останнього капітального ремонту не більше ніж на $0,2 U_n$, (частота 50Гц) і $0,5 U_n$ (випрямлена напруга).

Обмотку статора двигуна потужністю до 1000 кВт і напругою до 1 кВ випробовують підвищеною змінною напругою промислової частоти, рівною $1,6 U_n + 800$ В (але не менше 1200 В) протягом 1 хв, зразу після зупинки двигуна. Обмотку ротора при експлуатації підвищеною напругою не випробовують.

Випробування починається напругою, що складає $1/3$ від повної випробувальної напруги. Далі плавно або поступово ступенями, які не перевищують 5% повного значення, напруга доводиться до необхідного значення. Після витримки напруги протягом 1 хв. вона плавно знижується до $1/3$ повного значення і відключається.

Вважається, що ізоляція обмотки витримала випробування, якщо під час випробування не відбулося пробою ізоляції, що контролюється по падінню напруги в колі випробувального трансформатора, підвищення споживаного струму, появи розрядів, іскор і диму.

Пуску хід синхронного двигуна

Синхронний двигун не має пускового моменту і ця обставина в значній мірі ускладнює задачу пуску.

Для створення обертаючого моменту необхідно, щоб поле ротора і синхронно обертаюче поле статора були взаємно нерухомі, тобто щоб ротор обертався синхронно з полем. Якщо ротор привести в обертання зі швидкістю, що близька до синхронної, і на обмотку збудження подати напругу, то двигун може втягнутися в синхронізм. В теперішній час застосовують наступні способи пуску у хід синхронних двигунів:

6. Пуск по методу точної синхронізації.
7. За допомогою допоміжного асинхронного двигуна.
8. Частотний пуск від окремого генератора.
9. Асинхронний пуск.

Найбільше розповсюдження на практиці отримав асинхронний пуск синхронного двигуна, сутність якого полягає у наступному. На обмотку статора подається повна або понижена напруга мережі. Обмотка збудження замикається на активний опір, що в 8-10 разів більше, ніж власний опір обмотки, так як в останній при пуску може індуктуватися велика напруга, що небезпечна для обслуговуючого персоналу і ізоляції обмотки. Під дією асинхронних моментів, що обумовлені взаємодією поля статора із струмами в пусковій (демпферній) обмотці, а також з вихровими струмами в сталі полюсів ротора, двигун прийде до обертання. При досягненні швидкості, близької до синхронної, обмотка збудження перемикається на постійну напругу і двигун втягується до синхронізму.

Для асинхронного пуску дуже важливо мати на роторі спеціальну пускову обмотку. Двигуни невеликої потужності звичайно не мають такої обмотки, але вони можуть розігнатися за рахунок вихрових струмів в полюсах ротора. Двигун може втягнутися до синхронізму також під дією синхронного реактивного моменту.

Про досягнення швидкості обертання двигуна до синхронної, можна судити по амперметрам, які увімкнені в коло статора, стрілки яких поблизу синхронізму будуть коливатися з частотою ковзання.

Після підключення обмотки збудження до джерела постійного струму, необхідно встановити мінімальний струм статора, регулюючи струм обмотки збудження.

Схема з'єднання синхронного двигуна при асинхронному пуску представлена на рисунку 9.3

Визначення розміру струму і втрат холостого ходу

Дослід холостого ходу дає можливість виявити деякі порушення при ремонті:

10. збільшення струму і втрат холостого ходу понад норми може бути викликано укладкою в пази меншого числа витків або недобором листів при шихтовці сталі осердя, або аксіальним зсувом ротора стосовно статора;

11. збільшення струму холостого ходу при нормальних втратах холостого ходу може бути наслідком збільшеного повітряного проміжку.

Нормальний струм холостого ходу при збільшених втратах холостого ходу може бути через механічні причини: підвищене тертя в підшипниках або неправильній посадці вентилятора.

Дослід холостого ходу повинний проводитися при стійкій, симетричній і практично синусоїдальній лінійній напрузі, а також при стабільній частоті. Нерівномірність струму холостого ходу по окремих фазах не повинна перебільшувати 4,5% їх середнього значення. Вимір потужності холостого ходу електродвигунів проводиться по загальновідомій схемі двох ватметрів або з використанням комплектів вимірювальних приладів за схемою, яка представлена на рисунку 9.3 Результати вимірів заносяться в таблицю 9.4.

Таблиця 9.4 – Експериментальні та розрахункові дані дослідження холостого ходу

Струм холостого ходу, А			Потужність холостого ходу, Вт			Напруга холостого ходу, В		
I_{OA}	I_{OB}	I_{OC}	P_{OA}	P_{OB}	P_{OC}	U_{OA}	U_{OB}	U_{OC}
$I =$			$P =$			$U_0 =$		
Похибка, %			Похибка, %			Похибка, %		

$$P_0 = P_{OA} + P_{OB} + P_{OC}, \quad (4.5)$$

$$I_0 = \frac{I_{OA} + I_{OB} + I_{OC}}{3}, \quad (4.6)$$

$$U_0 = \frac{U_{OA} + U_{OB} + U_{OC}}{3}, \quad (4.7)$$

Обумовлюється, що припускаються відхилення від цих значень результатів дослідження холостого ходу – для струму $\pm 5\%$, для втрат - $\pm 10\%$.

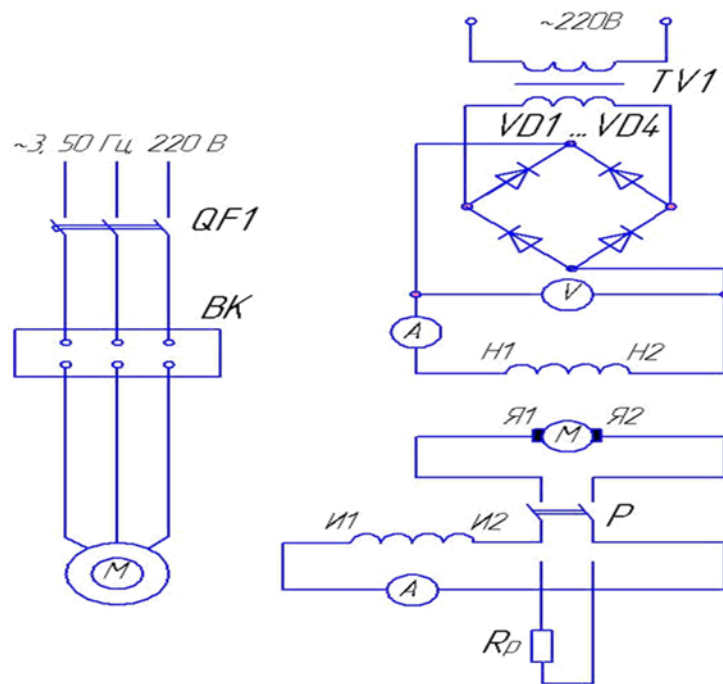


Рисунок 9.3 - Принципова електрична схема випробування трифазного синхронного електродвигуна в режимі холостого ходу

Визначення розміру струму і втрат короткого замикання

Дослід короткого замикання дозволяє перевірити пайки в обмотці. За результатами дослідження можна також визначити пусковий струм і початковий пусковий момент електродвигуна. Схема вмикання приладів при досліді короткого замикання така ж як при досліді холостого ходу. При досліді короткого замикання до обмотки статора підводиться знижена напруга. Ротор електродвигуна загальмовується. Джерелом живлення є потенціал-регулятор. При досліді короткого замикання для одержання правильних результатів напруга, що підводиться повинна бути симетричною по фазах і практично синусоїдальною. Розмір напруги, що підводиться в залежності від номінальної напруги електродвигуна, при якому в обмотці статора будуть проходити струми, близькі до номінального, складає розмір, зазначений у таблиці 9.5.

Таблиця 9.5 – Значення напруги при проведенні досліді короткого замикання

Номінальна напруга електродвигуна, В	127	220	380	500	660
Напруга короткого замикання, В	33	58	100	130	173

Відповідно до [4], струми короткого замикання є нормованою величиною. Втрати короткого замикання не нормовані, але вони істотно впливають на розмір пускового моменту. Результати вимірів заносяться в таблицю 9.6.

Таблиця 9.6 – Експериментальні та розрахункові дані досліді короткого замикання

Струм холостого ходу, А			Потужність холостого ходу, Вт			Напруга холостого ходу, В		
$I_{КА}$	$I_{КВ}$	$I_{КС}$	$P_{КА}$	$P_{КВ}$	$P_{КС}$	$U_{КА}$	$U_{КВ}$	$U_{КС}$
$I_K =$			$P_{OK} =$			$U_K =$		
<i>Похибка, %</i>			<i>Похибка, %</i>			<i>Похибка, %</i>		

Програма роботи

1. Перевірити якість складання СД після ремонту.
2. Перевірити цілісність обмотки статора і виконати маркування виводів обмотки статора.
3. Виміряти омичний опір фазних обмоток статора.
4. Виміряти опір ізоляції обмоток статора.
5. Виконати операції контрольних випробувань електричної міцності ізоляції обмоток статора.
6. Визначити розмір струму і втрат холостого ходу АД.
7. Визначити розмір струму і втрат короткого замикання АД.
8. Оформити Протокол випробувань трифазного АД.

Вказівки по підготовці до лабораторної роботи

1. Вивчити матеріал, що стосується методів випробувань трифазних синхронних електродвигунів по [1-7].
2. Ознайомитися з [4] (Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин).
3. Відповісти на контрольні питання до даної роботи.

Контрольні питання

1. Який обсяг контрольних випробувань трифазного синхронного електродвигуна?
2. Для чого вимірюють омичний опір обмоток статора електродвигуна?
3. Яким чином здійснюється вимірювання? Назвіть допустимі значення.
4. Яким чином проводиться вимірювання опору ізоляції обмоток синхронного електродвигуна? Назвіть допустимі значення.

5. Для виявлення яких недоліків ремонту проводять дослід холостого ходу електродвигуна?
6. Як проводять випробування ізоляції обмоток статора відносно корпусу і між обмотками на електричну міцність?
7. Як здійснюється маркування виводів обмотки статора СД при ремонті?
8. Поясніть принцип дії синхронного електродвигуна.
9. Як здійснюється пуск у хід синхронного електродвигуна?
10. Що таке збуджувач СД і для чого він призначений?

Список літератури

1. Пястолов А.А. Монтаж, експлуатація і ремонт електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Мешков, А.Л. Вахрамеев. - М.: Колос, 1981. - 355 с.
2. Пястолов А.А. Практикум по монтажу, експлуатації і ремонту електрооборудовання / А.А. Пястолов, А.А. Попков і др. - М.: Колос, 1976.
3. Норми испытання електрооборудовання і апаратів електроустановок потребителів. - М.: Энергоиздат, 1982. - 106 с.
4. Жерве Г.К. Промышленные испытання електрических машин / Г.К.Жерве. - Л.: Энергоатомиздат, 1984. - 408 с.
5. ГОСТ-183-74. Машины електрические вращающиеся. Общие технические требования. - М.: Издательство стандартов, 1982.
6. Єрмолаєв С.О. Експлуатація і ремонт електрообладнання та засобів автоматизації/ С.О. Єрмолаєв, В.Ф. Яковлєв; за ред. С.О. Єрмолаєва. – К.: Урожай, 1996. – 334 с.
7. Ермолаев С.А. Эксплуатація і ремонт електрооборудовання і средств автоматизации в системе АПК / С.А. Ермолаев, В.А. Мунтян, В.Н. Кюрчев; под ред. С.А. Ермолаева. – К.: НПФ Альтур, 1997 – 414 с.

Додаток А
(Обов'язковий)

Протокол випробування трифазного синхронного електродвигуна

Протокол

випробування трифазного синхронного електродвигуна

« _____ » _____ 20__ р.

(місце проведення випробування)

8 Замовник і його адреса

9 Паспортні дані електродвигуна :

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Тип _____ | 7. Частота обертання вала _____ об/хв |
| 2. 3ф. 50 Гц | 8. К.К.Д. _____ |
| 6. З'єднання обмоток _____ | 9. $\cos \varphi$ _____ |
| 7. Напруга _____ В | 10. Режим роботи _____ |
| 8. Номінальний струм _____ А | 11. Клас ізоляції _____ |
| 9. Повна потужність _____ кВА | 12. Напруга збуджувача _____ В |
| 10. Активна потужність _____ кВт | 19. Струм збуджувача _____ А |

12. Результати випробування:

Опори ізоляції (мОм)

	Між обмотками статора і корпусом (С1-корпус)	Між обмоткою збудження і корпусом (И1-корпус)	Між обмоткою якоря збуджувача і корпусом (Я1-корпус)	Між обмоткою збудження збуджувача і корпусом (Н1-корпус)	Між обмотками збудження і якоря збуджувача (Н1-Я1)
Мегом-метром					
Похибка, %					

5. Опір обмоток постійному струму (Т=_____°С)

Фаза	Опір, Ом						Похибка, %
	1	2	3	Середнє			
С1-С2					$R_{C1(\theta)}$	$R_{C1(75)}$	
С2-С3					$R_{C2(\theta)}$	$R_{C2(75)}$	
С3-С1					$R_{C3(\theta)}$	$R_{C3(75)}$	
И1-И2					$R_{И1(\theta)}$	$R_{И1(75)}$	
Я1-Я2					$R_{Я1(\theta)}$	$R_{Я1(75)}$	
Н1-Н2					$R_{Н1(\theta)}$	$R_{Н1(75)}$	

6. Міцність ізоляції обмоток

Випробування напругою, В	Час, хв.	Висновок

3. Дані дослідження холостого ходу

Струм холостого ходу, А			Потужність холостого ходу, Вт			Напруга холостого ходу, В		
I_{OA}	I_{OB}	I_{OC}	P_{OA}	P_{OB}	P_{OC}	U_{OA}	U_{OB}	U_{OC}
$I_0 =$			$P_0 =$			$U_0 =$		
Похибка, %			Похибка, %			Похибка, %		

2 Дані дослідження короткого замикання

Струм короткого замикання, А			Потужність короткого замикання, Вт			Напруга короткого замикання, В		
I_{KA}	I_{KB}	I_{KC}	P_{KA}	P_{KB}	P_{KC}	U_{KA}	U_{KB}	U_{KC}
$I_K =$			$P_K =$			$U_K =$		

8. Висновки

Протокол складений « ____ » _____ 20__ р.

Випробування проводив _____

підпис

ПІБ

Додаток А

(Обов'язковий)

Відомість дефектів машини постійного струму

Відомість

дефектів машини постійного струму

12. Замовник _____

13. Дата надходження замовлення « _____ » _____ 20__ р.

1. ПАСПОРТ ДВИГУНА

1. Тип	_____	6. Коефіцієнт корисної дії	_____ %
2. Напруга	_____ В	7. Тип збудження	_____
3. Номінальний струм	_____ А	8. Режим роботи	_____
8. Потужність	_____ кВт	9. Маса	_____
5. Частота обертання	_____ об./хв	10. Рік випуску	_____

10. ТЕХНІЧНІ ДАНІ

10 Обмір сталі індуктора

V. Зовнішній діаметр, Dн _____ мм.

W. Внутрішній діаметр, Dвн _____ мм.

X. Повна довжина осердя _____ мм.

Y. Внутрішній діаметр полюсів _____ мм.

Z. Повітряний проміжок _____ мм.

А ЯКОР

- 13. Діаметр, D_p _____ мм
- 14. Діаметр колектора _____ мм
- 15. Довжина сталі _____ мм
- 16. Тип обмотки _____
- 17. Число пазів якоря, Z_1 _____

4 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

6. Стан корпусу _____

7. Стан вала, та обмотки якоря _____

3 Стан кришок і підшипникових щитів _____

4. РЕЗУЛЬТАТИ

ВИМІРІВ Таблиця 1 – Значення омичного опору обмотки якоря

Номер колекторної пластини	Величина напруги, Ом	Несправність	Номер колекторної пластини	Величина опору, Ом	Несправність
1-2			29-30		
2-3			30-31		
3-4			31-32		
4-5			32-33		
5-6			33-34		
6-7			34-35		
7-8			35-36		
8-9			36-37		
9-10			37-38		
10-11			38-39		
11-12			39-40		
12-13			40-41		
13-14			41-42		
14-15			42-43		
15-16			43-44		
16-17			44-45		
17-18			45-46		
18-19			46-47		
19-20			47-48		
20-21			48-49		
21-22			49-50		
22-23			50-51		
23-24			51-52		
24-25			52-53		
25-26			53-54		
26-27			54-55		
27-28			55-56		
28-29			56-1		

Таблиця 2 – Дані вимірів опору ізоляції обмоток електродвигуна постійного струму

Обмотка, Корпус	Опір, R, МОм				
	Паралельна Ш1, Ш2	Послідовна С1, С2,	Якоря Я1, Я2	Додаткова Д1, Д2	Корпус
Паралельна Ш1, Ш2	-	-	-	-	-
Послідовна С1, С2,		-	-	-	-
Якоря Я1, Я2			-	-	-
Додаткова Д1, Д2				-	-
Корпус					-

Таблиця 3 – Дані виміру омичного опору обмоток електродвигуна постійного струму

Обмотка Номер досліду	Паралельна		Послідовна		Якоря		Додаткова	
	Ш1, Ш2		С1, С2		Я1, Я2		Д1, Д2	
1								
2								
3								
Середнє значення R, Ом								

6. ВИЯВЛЕНІ ДЕФЕКТИ

9. ВИСНОВОК ПРО РЕМОНТ

Дефектацію проводив _____

(підпис)

«_____» _____ 20__ р.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чунихин А.А. Электрические аппараты. Общий курс. Учебник для вузов / А.А. Чунихин - М: Энергоатомиздат, 1998 - 720 с.
2. Забокрицкий Е.И. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики / Е.И. Забокрицкий - К: Наукова думка, 1985-703 с.
3. Ермолаев С.А. и др. Эксплуатация и ремонт электрооборудования и средств автоматизации в системе АПК / С.А. Ермолаев, В.А. Мунтян, В.Н. Кюрчев -К.: НПФ Альтур, 1997.- 414 с.
4. Ермолаев С.О. Експлуатація и ремонт електрообладнання та засобів автоматизації / С. О.Ермолаев, В. Ф.Яковлев - К: Урожай, 1996 - 336 с.
5. Таран В.П. и др. Справочник по эксплуатации электроустановок / В.П.Таран, В.К. Андриец, А.В. Синельник - М: Колос, 1983 - 221 с.
6. Справочник по наладке электроустановок / Под ред. А.С. Дорофенюка, А. П Хечумяна - М: Энергия, 1976 - 507 с.
7. Нормы испытаний электрооборудования - М: Атомиздат., 1978.
8. Правила устройства электроустановок /Минэнерго СССР. -6-е изд; перераб. и доп.-М.; Энергоатомиздат, 1985. - 640 с.
9. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ – 2006).
10. ДНАОП 0.00. – 1.32 – 01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП «Фірма Гранмна», 2001. – 117 с.
11. 3. ДБН В.2.5. – 23 – 2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об’єктів цивільного призначення. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.
12. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено Наказом Міністерства палива та енергетики України за № 258 від 25.07.2006. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України за № 1143/13017 від 25.10.2006.

13. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж / Держенергонагляд України.: -К.: "Дисконт",1995.- 81с.
14. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. К.: Основа, 1998. -380 с.
15. Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.96 N 28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 N 910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за N 1399/11679
16. Правила користування електричною енергією для населення. – К.: ДП „НТУКЦ” АЕЕ, 2002. – 34
17. Правила користування тепловою енергією. Затверджено наказом Міненерго України та Держбуду України від 28.10.99 N 307/262. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 30 листопада 1999 р. за N 825/4118
18. Система планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования сельскохозяйственных предприятий /Госагропром СССР. -М.: ВО Агропромиздат, 1987. - 191 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Інструкція з техніки безпеки

Лабораторні роботи в електричних лабораторіях повинні виконуватися з виконанням правил по техніці безпеки (ПТБ).

Потрібно пам'ятати, що електричний струм більший ніж 0,05 – 0,1 А, протікаючи через внутрішні органи людини, призводить до смертельного випадку, тому значення небезпечної напруги визначається за формулою:

$$U_{\text{небезп}} \geq 0,05R_{\text{л}}I_{\text{л}},$$

де $R_{\text{л}}$ - опір ділянки тіла, між точками якого прикладена напруга.

Звідки значення $R_{\text{л}}$ (залежить від багатьох причин) в небагатьох випадках знижується до кількох сотень Ом (800 – 600), небезпечне враження струмом може відбутися при напругах 30 – 40 В.

§1

1. До роботи в лабораторії допускаються студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки в даному навчальному році.

2. Про проходженні інструктажу з ПТБ повинні бути зроблені відповідні записи в журналі реєстрації інструктажу. Після чого відповідальність за виконання правил техніки безпеки лягає на студентів працюючих в лабораторії.

3. При порушенні ПТБ студент усувається від виконання лабораторних робіт і на нього накладається адміністративне стягнення.

§2

1. Для запобігання порушення ПТБ студенти повинні добре знати метод проведення лабораторних робіт, особливості роботи приладів і установок та засоби безпеки.

2. Встановлені запобіжники повинні відповідати нормам. Зміну запобіжників дозволяється проводити тільки обслуговуючому персоналу.

3. Корпуси електричних машин і установок повинні бути заземлені або «занулені» для зменшення потенціалу корпусу при пробі ізоляції машини чи установки.

§3

При роботі в лабораторії студенти повинні дотримуватися наступних правил:

1. Збирання, розбирання схеми і виправлення в схемі виконувати тільки при розімкнутому вимикачі чи при штепсельному роз'єднанні джерела струму і робочого місця.

2. Вмикати схему під напругою після її збирання і виправлення тільки після того, як перевірів схему викладач або лаборант з дозволу викладача.

3. Забороняється торкатись до неізольованих струмоведучих частин схеми, які знаходяться під напругою.

4. Забороняється працювати з неробочими агрегатами, приладами або установками. При виявленні несправностей потрібно негайно повідомити викладачу або лаборанту.

5. Розташовувати вимірювальні пристрої необхідно з урахуванням зручностей спостереження.

6. В електричних полях ємностей і магнітних полях індуктивностей накопичується енергія, тому не потрібно розмикати вторинні обмотки трансформатора струму, коли по первинній протікає струм, доторкатися до виводів конденсаторів, передчасно не розрядивши їх, і т.п.

Додаток Б

Зразок оформлення титульного аркушу звіту з лабораторної роботи

Міністерство освіти та науки України
Вінницький національний аграрний університет

Факультет ІТ

(назва факультету)

Кафедра ЕЕЕ

(назва кафедри)

Лабораторна робота №2

**ВИПРОБУВАННЯ ТРИФАЗНОГО СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА
ПІСЛЯ РЕМОНТУ**

Виконали: ст. гр. _____

(шифр групи)

(П.І.Б. студента)

(П.І.Б. студента)

Перевірив: _____

(посада, П.І.Б. викладача)

Вінниця – 2018

Додаток В

Одиниці міжнародної системи (SI)

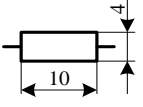
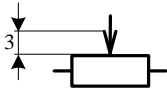
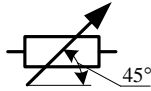
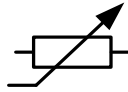
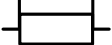
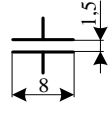
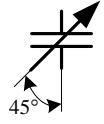
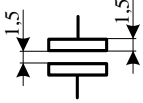
Таблиця Д.1 – Одиниці міжнародної системи

Найменування величини	Одиниця		
	Назва	Позначення	
		Українське	Міжнародне
<i>Основні одиниці</i>			
Довжина	Метр	м	m
Маса	Кілограм	кг	kg
Час	Секунда	с	s
Сила електричного струму	Ампер	А	A
Термодинамічна температура	Кельвін	К	K
Кількість речовини	Моль	моль	mol
Сила світла	Кандела	кд	cd
<i>Додаткові одиниці</i>			
Плоский кут	Радіан	рад	rad
Тілесний кут	Стерадіан	ср	sr
<i>Похідні одиниці електричних і магнітних величин</i>			
Густина електричного струму	ампер на квадратний метр	А/м ²	A/m ²
Кількість електрики, електричний заряд	Кулон	Кл	C
Поверхнева густина електричного заряду	кулон на квадратний метр	Кл/м ²	C/m ²
Електрична напруга, електричний потенціал, різниця електричних потенціалів, ЕРС	Вольт	В	V
Напруженість електричного поля	вольт на метр	В/м	V/m
Електрична ємність	фарад	Ф	F
Абсолютна діелектрична проникність	фарад на метр	Ф/м	F/m
Електричний опір	ом	Ом	Ω
Питомий електричний опір	ом-метр	Ом·м	Ω·m
Електрична провідність	сименс	См	S
Питома електрична провідність	сименс на метр	См/м	S/m
Магнітний потік	вебер	Вб	Wb
Магнітна індукція	тесла	Тл	T
Індуктивність, взаємна індуктивність	генрі	Гн	H
Абсолютна магнітна проникність, магнітна стала	генрі на метр	Гн/м	H/m
Намагніченість, напруженість магнітного поля	ампер на метр	А/м	A/m
Магніторушійна сила	ампер	А	A
Магнітний опір	ампер на вебер	А/Вб	A/Wb
Магнітна провідність	вебер на ампер	Вб/А	Wb/A
Електромагнітна енергія	джоуль	Дж	J
Активна потужність	ват	Вт	W
Реактивна потужність	вар	вар	var
Повна потужність	вольт-ампер	В·А	V·A

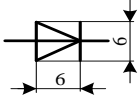

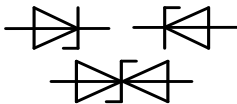


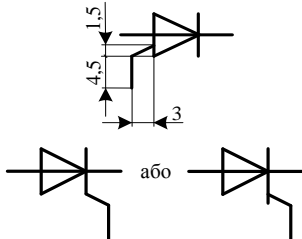
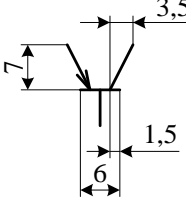

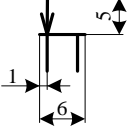

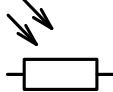
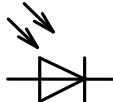

Додаток Г

УМОВНІ ГРАФІЧНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМ

Таблиця Д.2 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 728-74 (резистори, конденсатори)

Опис	Графічне позначення
Резистор постійний	
Резистор змінний	
Примітка: для змінного резистора у реостатному ввімкненні допускається використовувати таке позначення:	
1) загальне позначення	
2) з нелінійним регулюванням	
Шунт вимірювальний	
Конденсатор постійної ємності	
Примітка: для того щоб вказати полярність конденсатора використовують позначення	+
Конденсатор змінної ємності	
Конденсатор електролітичний поляризований	+
Конденсатор електролітичний неполяризований	


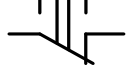
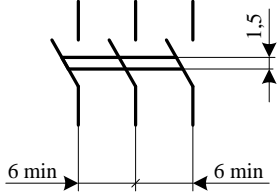
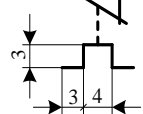
Таблиця Д.3 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.730-73
(прилади напівпровідникові)

Опис	Графічне позначення
Діод	
Тунельний діод	
Стабілітрон: 1) односторонній 2) двосторонній	
Варікап	
Діод Шоткі	
Тиристор тріодний, який запирається в зворотному напрямку: 1) з управлінням за анодом 2) з управлінням за катодом	
Транзистор PNP <i>Примітка:</i> Допускається позначення транзисторів зображати в дзеркальному положенні	
Транзистор NPN	
Транзистор польовий	
Транзистор польовий з ізольованим затвором	
Фоторезистор:	
Фотодіод	
Фототранзистор (PNP та NPN відповідно):	

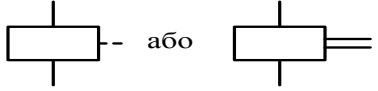
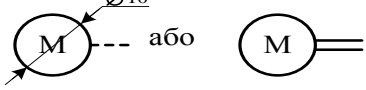
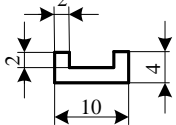
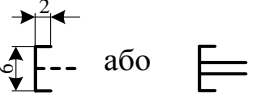
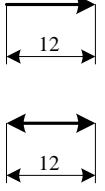
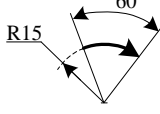
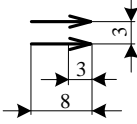
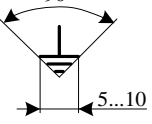
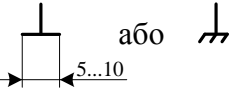
Таблиця Д.4 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.756-76 (сприймаюча частина електромеханічних пристроїв)

Опис	Графічне позначення
Котушка електромагнітного пристрою	
Котушка електромеханічного пристрою трифазного струму	
Котушка електромеханічного пристрою з додатковим графічним полем (у додатковому полі вказують уточнюючі дані електромеханічного пристрою)	
<p>Котушка електромеханічного пристрою з зазначенням виду обмотки:</p> <p>1) обмотка струму</p> <p>2) обмотка напруги</p> <p>3) обмотка максимального струму</p> <p>4) обмотка мінімальної напруги</p>	
Котушка поляризованого електромеханічного пристрою	
Сприймаюча частина електротеплового реле	

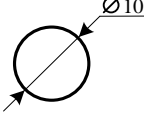
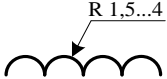
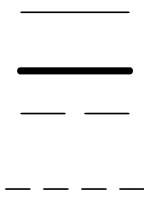
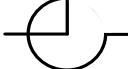
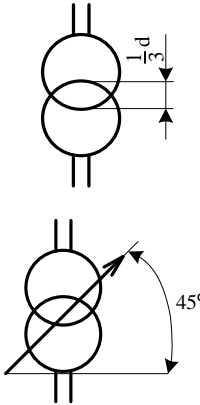
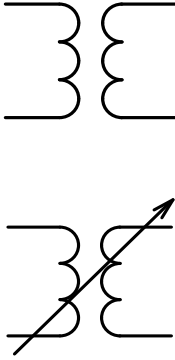
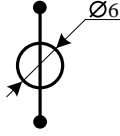
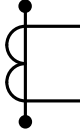
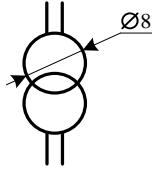
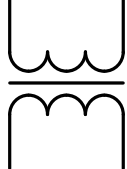
Таблиця Д.5 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.755-87 (пристрої комутаційні і контактні з'єднання)

Опис	Графічне позначення
Нормально розімкнутий контакт комутаційного пристрою	
Нормально замкнутий контакт комутаційного пристрою	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення із нейтральним центральним положенням	
Контакт комутаційного пристрою, який забезпечує переключення без розмикання кола	
Вимикач кнопковий нажимний з нормально розімкнутим контактом	
Вимикач кнопковий нажимний з нормально замкнутим контактом	
Вимикач триполюсний	
Вимикач триполюсний з автоматичним спрацюванням максимального струму	
Контакт електротеплового реле при рознесеному способі зображення	
Реле електротеплове без само повернення	
Контакт кінцевого вимикача	

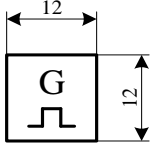


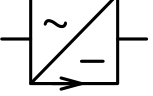
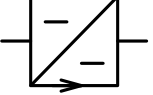

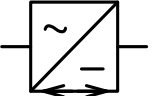
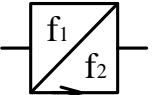
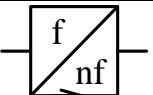
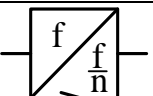
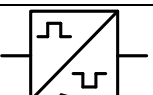
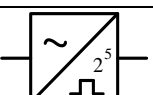
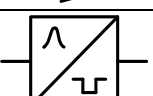
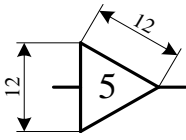
Таблиця Д.6 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.721-74 (позначення загального застосування)

Опис	Графічне позначення
Електромагнітний привод	
Електромашинний привод	
Магніт постійний	
Привод ручний, який приводиться в рух натисненням кнопки	
<p>Рух прямолінійний:</p> <p>1) односторонній</p> <p>2) з поверненням</p>	
Обертальний рух	
Зв'язок оптичний	
Заземлення (загальне позначення)	
Електричне з'єднання з корпусом	

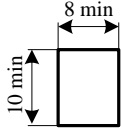
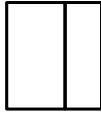

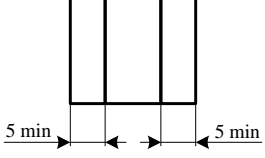
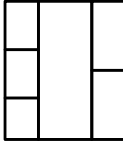
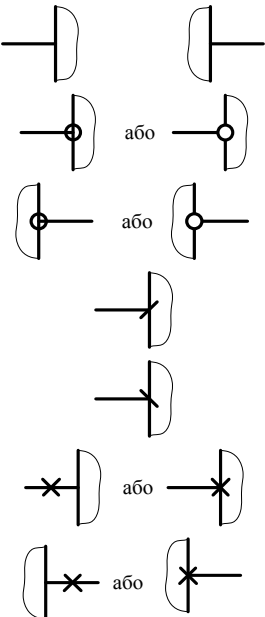
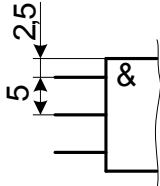
Таблиця Д.7 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.723-68 (котушки індуктивності, дроселі, трансформатори)

Опис	Графічне позначення	
	форма I	форма II
Обмотка трансформатора (силового), автотрансформатора, дроселя і магнітного підсилювача		
Магнітопровід 1) феромагнітний 2) феритовий (зображають товстою лінією) 3) феромагнітний з повітряним зазором 4) магнітодіелектричний <i>Примітка.</i> Кількість штрихів не встановлюється		
Реактор		
Трансформатор без магнітопровода 1) з постійним зв'язком <i>де d – діаметр</i> 2) з змінним зв'язком		
Трансформатор струму з одною вторинною обмоткою		
Трансформатор напруги вимірювальний		

Таблиця Д.8 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.737-68 (пристрої зв'язку)

Опис	Графічне позначення
Генератор прямокутних імпульсів	
Генератор синусоїдальних коливань (50 Гц)	
Генератор з кварцовою стабілізацією	
Випрямляч	
Перетворювач постійного струму	
Інвертор	
Випрямляч-інвертор	
Перетворювач частоти f_1 в частоту f_2	
Помножувач частоти	
Подільник частоти	
Інвертор імпульсів	
Перетворювач змінного струму в бінарний код	
Формувач імпульсів	
Підсилювач багатокаскадний (наприклад, п'яти)	

Таблиця Д.9 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.743-91 (елементи цифрової техніки)

Опис	Графічне позначення
Елемент цифрової техніки, що має тільки основне поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (праве) додаткове поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і одне (ліве) додаткове поле	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових поля	
Елемент цифрової техніки, що має основне поле і два додаткових, які розділені на зони (кількість зон – необмежена)	
<p>Позначення виводів елементів</p> <p>прямий статичний вхід та вихід, відповідно</p> <p>інверсний статичний вхід</p> <p>інверсний статичний вихід</p> <p>прямий динамічний вхід</p> <p>інверсний динамічний вхід</p> <p>вивід, який не несе логічної інформації</p>	
Позначення логічного елемента з групою рівнозначних вводів	

Продовження таблиці Д.9

Опис	Графічне позначення
Елемент «І» («&»)	
Елемент «АБО» («1»)	
Елемент «НЕ»	
Елемент «АБО-НЕ»	
Компаратор	
RS-тригер	
D-тригер	

Таблиця Д.10 – Графічні позначення елементів згідно з ГОСТ 2.729-68 (прилади електровимірювальні)

Опис	Графічне позначення
<p>Прилад електровимірювальний:</p> <p>1) показу вальний</p> <p>2) реєстру вальний</p> <p>3) інтегрувальний (лічильник електричної енергії)</p>	

Додаток Д

БУКВЕНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

Таблиця Д.11 – Буквені коди найбільш поширених елементів згідно з ГОСТ 2.710-81

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>A</i>	Пристрій (загальне позначення)		
<i>B</i>	Перетворювачі неелектричних величин в електричні (крім генераторів і джерел живлення) або навпаки; аналогові і багаторозрядні перетворювачі; сенсори для показу або вимірювання:	Гучномовець	<i>BA</i>
		магнітострикційний елемент	<i>BB</i>
		сельсин-приймач	<i>BE</i>
		сельсин-сенсор	<i>BC</i>
		тепловий сенсор	<i>BK</i>
		Фотоелемент	<i>BL</i>
		Мікрофон	<i>BM</i>
		сенсор тиску	<i>BP</i>
		п'єзоелемент	<i>BQ</i>
		Звукознімач	<i>BS</i>
	сенсор швидкості	<i>BV</i>	
<i>C</i>	Конденсатори		
<i>D</i>	Схеми інтегральні:	схема інтегральна аналогова	<i>DA</i>
		схема інтегральна, цифрова, логічний елемент	<i>DD</i>
		пристрій зберігання інформації	<i>DS</i>
		пристрій затримки	<i>DT</i>
<i>E</i>	Елементи різні:	нагрівальний елемент	<i>EK</i>
		лампа освітлювальна	<i>EL</i>
		Піропатрон	<i>ET</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	дискретний елемент захисту за струмом миттєвої дії	<i>FA</i>
		дискретний елемент захисту за струмом інерційної дії	<i>FP</i>
		запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	Батарея	<i>GB</i>
<i>F</i>	Розрядники, запобіжники, пристрої захисту:	запобіжник плавкий	<i>FU</i>
		дискретний елемент захисту за напругою, розрядник	<i>FV</i>

Продовження таблиці Д.11



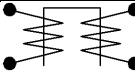


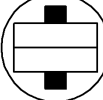
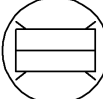
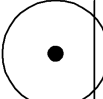
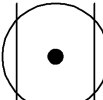
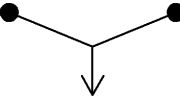
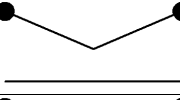
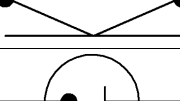
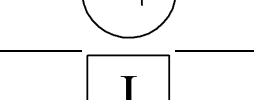


Код	Елементи	Приклади елементів	Код
<i>G</i>	Генератори, джерела живлення:	Батарея	<i>GB</i>
<i>H</i>	Пристрої індикаційні і сигнальні:	прилад звукової сигналізації	<i>HA</i>
		індикатор символний	<i>HG</i>
		прилад світлової сигналізації	<i>HL</i>
<i>K</i>	Реле, контактори, пускачі:	реле струмове	<i>KA</i>
		реле вказівне	<i>KH</i>
		реле електротеплове	<i>KK</i>
		контактор, магнітний пускач	<i>KM</i>
		реле часу	<i>KT</i>
		реле напруги	<i>KV</i>
<i>L</i>	Котушки індуктивності, дроселі, реактори	дросель люмінесцентного освітлення	<i>LL</i>
<i>M</i>	Двигуни		
<i>P</i>	Прилади вимірювальні: <i>Примітка.</i> Поєднання <i>PE</i> є недопустимим	Амперметр	<i>PA</i>
		лічильник імпульсів	<i>PC</i>
		Частотомір	<i>PF</i>
		лічильник активної енергії	<i>PI</i>
		лічильник реактивної енергії	<i>PK</i>
		Омметр	<i>PR</i>
		реєструвальний прилад	<i>PS</i>
		годинник, вимірювач часу, дії	<i>PT</i>
		Вольтметр	<i>PV</i>
		Ватметр	<i>PW</i>
<i>Q</i>	Вимикачі і роз'єднувачі в силових колах:	вимикач автоматичний	<i>QF</i>
		короткозамикач	<i>QK</i>
		роз'єднувач	<i>QS</i>
<i>R</i>	Резистори:	терморезистор	<i>RK</i>
		потенціометр	<i>RP</i>
		шунт вимірювальний	<i>RS</i>
<i>S</i>	Пристрої комунікаційні в колах керування, сигналізації і вимірювальних: <i>Примітка.</i> Позначення <i>SF</i> використовують для апаратів, які не мають контактів в силових колах	вимикач або перемикач	<i>SA</i>
		вимикач кнопочний	<i>SB</i>
		вимикач автоматичний	<i>SF</i>
		вимикач, що спрацьовує від різних впливів:	
		Рівня	<i>SL</i>
		Тиску	<i>SP</i>
		положення (шляховий)	<i>SQ</i>
		частоти обертання	<i>SR</i>
Температури	<i>SK</i>		

Продовження таблиці Д.11

Код	Елементи	Приклади елементів	Код
T	Трансформатори, автотрансформатори:	трансформатор струму	TA
		електромагнітн. стабілізатор	TS
		трансформатор напруги	TV
U	Пристрої зв'язку. Перетворювачі електричних величин в електричні:	Модулятор	UB
		Демодулятор	UR
		дискримінатор	UI
		перетворювач частоти, інвертор, генератор частоти, випрямляч	UZ
V	Прилади електровакуумні і напівпровідникові	діод, стабілітрон	VD
		прилад електровакуумний	VL
		Транзистор	VT
		Тиристор	VS
W	Лінії і елементи СВЧ. Антени:	відгалужувач	WE
		короткозамикач	WK
		Вентиль	WS
		трансформатор, фазообертач	WT
		Атенюатор	WU
		Антенна	WA
X	З'єднання контактні:	струмознімач, контакт ковзний	XA
		Штир	XP
		Гніздо	XS
		з'єднання розбірне	XT
		з'єднувач високочастотний	XW
Y	Пристрої механічні з електромагнітними приводами:	електромагніт	YA
		гальмо з електромагнітним приводом	YB
		муфта з електромагнітним приводом	YC
		електромагнітний патрон або плита	YH
Z	Пристрої кінцеві, фільтри, обмежувачі:	Обмежувач	ZL
		фільтр кварцовий	ZQ

Додаток Е

Таблиця Д12 – Умовні позначення на шкалах електровимірювальних приладів

Зображення знака	Пояснення
1	2
	Магнітоелектричний прилад з рухомою рамкою
	Електромагнітний прилад
	Електромагнітний логометр
	Електродинамічний прилад
	Електродинамічний логометр
	Феродинамічний прилад
	Феродинамічний логометр
	Індукційний прилад
	Індукційний логометр
	Тепловий прилад
	Термоперетворювач ізольований
	Термоперетворювач неізольований
	Електронний перетворювач
	Захист від зовнішніх електричних кіл (I категорія захисту)
	Захист від зовнішніх магнітних кіл (I категорія захисту)

Продовження таблиці Д.12

1	2
	Постійний струм
	Постійний і змінний струм
	Трифазний струм
	Горизонтальне положення шкали
	Вертикальне положення шкали
	Нахил накладення шкали під визначеним кутом до горизонту, наприклад 30°
1	2
1,5	Клас точності при нормованій похибці в відсотках діапазону вимірювання, наприклад 1,5
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від даного показника, наприклад 0,05
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від довжини шкали, наприклад 1,0
	Клас точності при нормованій похибці в відсотках від кінцевого значення робочої частини шкали, для приладів з без нульовою шкалою, наприклад 1,5
	Вимірювальне коло ізольоване від корпусу і випробуване напругою, наприклад 7кВ
	Обережно! Міцність ізоляції вимірювального кола по відношенні до корпусу не відповідає нормам (знак яскраво-червоного кольору з розмірами по ГОСТ 6395-52)
	Увага! Дивися додаткові вказівки в паспорті і інструкції по експлуатації
*	Загальний затискач для багатопризначених приладів змінного струму, а також генераторний затискач (наприклад, ватметрів)