

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ОДНОФАЗНИХ ТА ТРИФАЗНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ІЗ НАСИЧЕНИМИ МАГНІТОПРОВОДАМИ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ»

Ярошук А. С., студ. гр. ЕМ-181

Безручко В. М., к.т.н., доцент кафедри електричних систем і мереж
Національний університет «Чернігівська політехніка»

Актуальність. Трансформатор – це електрична машина призначена для перетворення за допомогою електромагнітної індукції напруги змінного струму та знайшов широке застосування як в приладобудуванні, так й в транспортуванні та розподілі електричної енергії. При вивченні дисципліни «Електричні машини» здобувачів вищої освіти обов'язково повинні розуміти принцип магнітного зв'язку обмоток трансформатора та вплив на роботу трансформатора характеристик матеріалу осердя (петлі гістерезису), особливо при насиченні магнітопроводу.

Виклад основного матеріалу. Для того, щоб студенти під час навчання могли закріпити отримані теоретичні знання на практиці, було створено лабораторний стенд (рисунок 1), що дозволяє провести ряд лабораторних робіт, а саме:

- 1) фізичне моделювання режимів роботи однофазних та трифазних трансформаторів із насиченими магнітопроводами в режимі холостого ходу;
- 2) визначення та розмітка затискачів обмоток трифазного двообмоткового трансформатора;
- 3) визначення групи з'єднання обмоток трифазного трансформатора за умови невідомої схеми з'єднання обмоток.

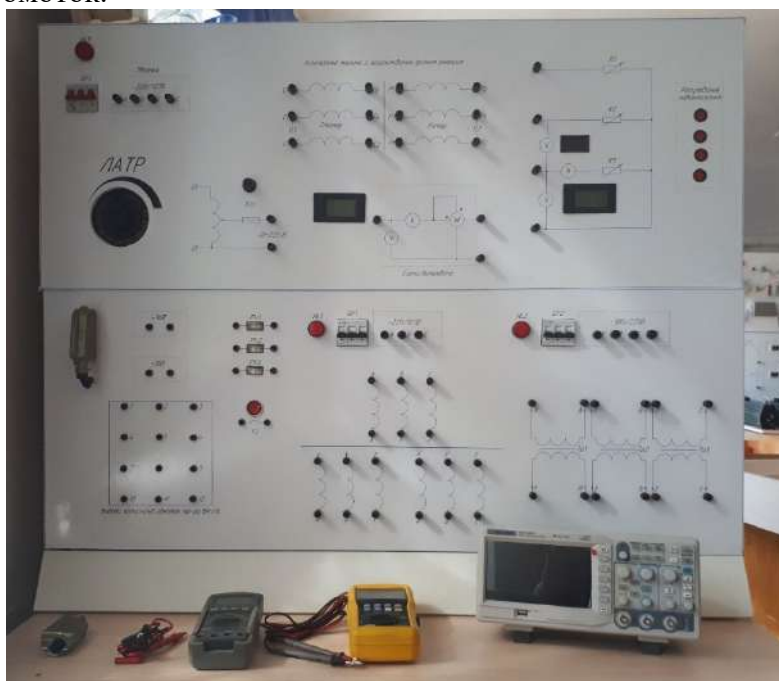


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд стенду

До складу лабораторної установки входять: двообмотковий випробувальний трифазний трансформатор, виводи якого заведені на набірне поле та позначені цифрами від 1 до 12; триобмотковий трифазний трансформатор та три однофазні трансформатори. Для маркування

затискачів обмоток трансформатора є додаткові джерела живлення змінного струму ~ 36 В и постійного струму $=36$ В. Для визначення групи з'єднання обмоток у стенді передбачено три полярметри – вольтметри постійної напруги з нулем посередині шкали (PV1, PV2, PV3). Для випробування трансформаторів при різних напругах передбачено два трифазних джерела живлення 380В та 220В та для плавної зміни однофазної напруги використовується ЛАТР, а для плавної зміни трифазної напруги індукційний регулятор.

В першій лабораторній роботі досліджується форма намагнічуючого струму, втрати та напругу вторинної обмотки холостого ходу однофазного та трифазного трансформатора, а також вплив схем з'єднань обмоток на ці параметри. В якості трифазного трансформатора використовуються група однофазних трансформаторів та трансформатор на трьохстержневому шихтованому магнітопроводі. Досліди проводяться при різних амплітудах живлячої напруги впритул до напруги при якій виникає насичення магнітопроводу. В досліді можуть збираються різні схеми з'єднань обмоток такі як У/У, У_н/У, У/Д, Д/У, У/З. Рекомендації до виконання таких досліджень наведено у [1]. Детальна теоретична інформація про форми намагнічуючого струму для різних конструкцій трансформатора наведена [2].

Типова форма струмів холостого ходу однофазного та трифазного трансформаторів зі схемою Д/У з'єднання обмоток наведено на рисунку 2.

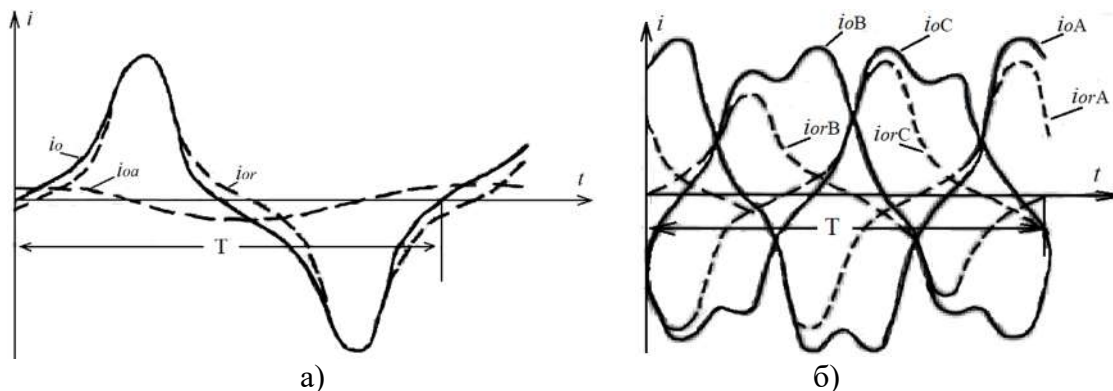


Рисунок 2 – Осцилограми струмів холостого ходу однофазного трансформатора (а) та трифазного трансформатора на трьохстержневому магнітопроводі зі схемою Д/У (б) зі вказанням активного та реактивного (за Фрізе) складових струмів.

В якості вимірювальних приладів доречним являється використання аналізаторів якості електроенергії, через їх спроможність миттєвого розкладання осцилограм в гармонійний ряд Фур'є та розрахунку потужності. Як результат студенти отримують ілюстративне підтвердження причин використання на практиці обмеженого кола конструкцій трифазного трансформатора. Наприклад, неможливість застосування У_н/Д, З_н/Д, З_н/У. Неможливість застосування трифазного трансформатора з групи однофазних трансформаторів при деяких схемах з'єднань обмоток через значну не синусоїдальність вихідної напруги.

В другій лабораторній роботі для визначення та розмітка затискачів обмоток трифазного двообмоткового трансформатора за умови доступу лише до 12 виводів, що знаходяться на поверхні виконуються наступні досліді:

- визначення виводів обмоток, що належать до ВН і НН, схема досліді (рис. 2,а);
- визначення пар затискачів обмоток ВН і НН, що перебувають на одному стрижні, схема (рис. 2,б);
- визначення початку і кінця фазних обмоток на одному стрижні, схема досліді (рис. 2,в);
- визначення початку та кінця обмоток, що перебувають на різних стрижнях, схема досліді (рис. 2,г).

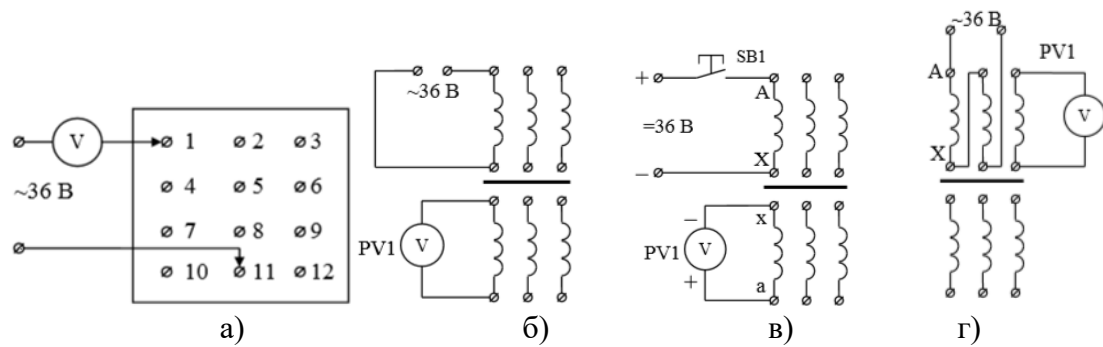


Рисунок 2 – Схеми дослідів

Як результат дослідів з 12 виводів буде визначено який вивід до якої обмотки належить, як обмотки розташовані одна відносно іншої та на якому стрижні знаходиться кожна обмотка (середньому чи боковому). Проведення таких дослідів дозволяють виконавцю більш чітко зрозуміти принципи магнітного зв'язку між обмотками, особливо якщо звернути увагу на те, що для дослідів використовується не тільки джерело змінного але й постійного струму. В лабораторному стенді передбачено 8 варіантів перемішування затискачів, що усуває можливість копіювання результатів іншої бригади.

В третій лабораторній роботі визначення групи з'єднання обмоток трифазного трансформатора може проводитись методом фазометра, методом двох вольтметрів, або методом постійного струму. Схеми та методи випробування трансформатора детально описані в [1]. Методичні матеріали викладено у [4].

Висновок. Реалізовано лабораторний стенд з дисципліни «Електричні машини», що дозволяє виконувати щонайменше три лабораторні роботи та дасть здобувачам вищої освіти на практиці закріпити принципів магнітного зв'язку обмоток трансформатора та вплив на роботу трансформатора схеми з'єднання обмоток і характеристик матеріалу осердя.

Список використаних джерел

1. Калекуст М.Е. Руководство к лабораторным работам по электрическим машинам. – Киев: Урожай, 1967. – 168 с.
2. Петров Г.Н. Электрические машины. Часть 1. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.
3. Булгаков Н.И. Группы соединения трансформаторов. – М.: Энергия, 1977. – 80 с.
4. Електричні машини. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів за напрямом підготовки 6.050701 "Електротехніка та електротехнології". Частина 1. / Укл.: Безручко В.М., Муравйов О.П. – Чернівці: ЧДТУ, 2013. – 96 с.