МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электротехники

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Выполнил:

Студент _____ _____группы

Проверил:

_____ __.___._____

МИНСК 2020

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ТРЕХФАЗНАЯ ЦЕПЬ. СОЕДИНЕНИЕ НАГРУЗКИ ЗВЕЗДОЙ

Цель работы: Исследовать трехфазную цепь с нагрузкой, соединенной по схеме «звезда» с нейтральным и без нейтрального провода.

Сведения из теории

Трехфазной цепью синусоидального тока называют совокупность трех однофазных цепей, в каждой из которых действуют синусоидальные ЭДС одинаковой амплитуды и частоты, но имеющие сдвиг по фазе относительно друг друга на угол 120º.

Источником электрической энергии в трехфазной цепи является синхронный генератор, имеющий три одинаковые обмотки (фазы), сдвинутые в пространстве на угол 120º, расположенные на статоре. Начала обмоток фаз обозначают *A, B, C*, концы — *X, Y, Z* соответственно. При вращении ротора, который представляет собой электромагнит постоянного тока, в обмотках статора будут индуцироваться переменные ЭДС, сдвинутые относительно друг друга по фазе на 120º (2π/3).

$$\begin{cases} e_A = E_m \sin(\omega t) \\ e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ) \end{cases}$$

где E_m — амплитудное значение ЭДС фаз генератора.

Если ЭДС трех фаз равны по амплитуде и сдвинуты по фазе на угол 120°, то такую систему называют симметричной трехфазной системой.

Для источников и приемников трехфазной цепи существуют две схемы соединений: звездой и треугольником.

Трехфазная цепь с нейтральным проводом

При соединении генератора звездой концы обмоток генератора объединяют в общую точку, называемую нейтральной, обозначают ее буквой *N* (Рис. 4.1).

Программа работы и порядок ее выполнения

Опыт 1 Трехфазная цепь с нейтральным проводом

1. Собрать цепь согласно рисунку 4.4, используя приборы и элементы лабораторного стенда;

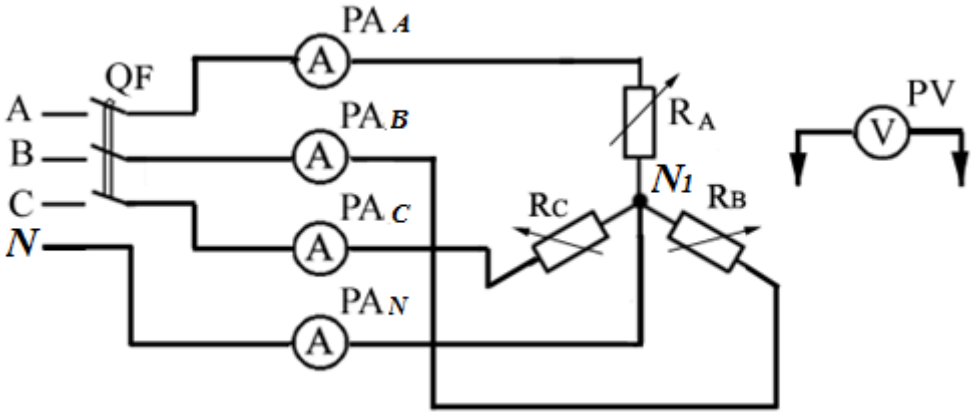

Рис. 4.4 — Схема экспериментальной установки: соединнеие нагрузок звездой с нейтральным проводом.

В данной электрической схеме PA_A, PA_B, PA_C, PA_N — амперметры на предел 1А, 2А; PV — вольтметр, предел 250 В; Z_A, Z_B, Z_C — переменные сопротивления трехфазной нагрузки;

2. С помощью переключателей нагрузки установить симметричный режим, подать напряжение, произвести измерения линейных токов и тока в нейтральном проводе, фазных и линейных напряжений. Для измерения напряжения использовать вольтметр стенда, поочередно подключая его к соответствующим точкам цепи. Результаты измерений записать в таблицу 4.1;

3. Создать несимметричный режим работы трехфазной цепи, произвести измерение фазных токов и тока в нейтральном проводе, фазных и линейных напряжений. Результаты измерения занести в таблицу 4.1;

4. Установить режим обрыва (отключения потребителей) фазы А. Произвести необходимые измерения токов и напряжений. Результаты свести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Результаты исследования трехфазной цепи с соединением нагрузок звездой с нейтральным проводом.

Режим работы цепи	Измерено										Вычислено		
	U_{AB} В	U_{BC} В	U_{CA} В	U_{AN1} В	U_{BN1} В	U_{CN1} В	I_A А	I_B А	I_C А	I_N А	$\frac{U_{AB}}{U_{AN1}}$	$\frac{U_{BC}}{U_{BN1}}$	$\frac{U_{CA}}{U_{CN1}}$
Симметричный (3 резистора в каждой фазе)													
Несимметричный 1 резистор в фазе А, 2 резистора в фазе В, 3 резистора в фазе С)													
Обрыв фазы (выключить все резисторы в фазе А, в фазах В и С включить по 3 резистора)													

4. Установить режим обрыва (отключения потребителей) фазы А. Произвести необходимые измерения токов и напряжений. Результаты свести в таблицу 4.1.

Опыт 2 Трехфазная цепь без нейтрального провода

Исследовать четырехпроводную цепь при соединении потребителей по схеме «звезда» без нейтрального провода в различных режимах работы:

1. Отключить цепь от источника питания, снять нейтральный провод;

2. Подключить цепь к источнику питания. С помощью переключателя нагрузки установить симметричный режим. Произвести измерение фазных токов, фазных и линейных напряжений и напряжения смещения нейтрали, результаты занести в таблицу 4.2;

3. Установить несимметричный режим, произвести измерения токов и напряжений. Результаты занести в таблицу 4.2;

4. Установить режим обрыва (отключения потребителей) фазы А. Произвести необходимые измерения. Результаты занести в таблицу 4.2;

5. Отключить цепь от источника питания. Проводником замкнуть клеммы входа потребителя из фазы А. Подать напряжение на цепь. Произвести необходимые измерения. Результаты внести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

Результаты исследования трехфазной цепи
с соединением нагрузок звездой без нейтрального провода.

Режим работы цепи	Измерено										Вычислено		
	U_{AB} В	U_{BC} В	U_{CA} В	U_{AN1} В	U_{BN1} В	U_{CN1} В	I_A А	I_B А	I_C А	U_{N1N} В	$\frac{U_{AB}}{U_{AN1}}$	$\frac{U_{BC}}{U_{BN1}}$	$\frac{U_{CA}}{U_{CN1}}$
Симметричный (3 резистора в каждой фазе)													
Несимметричный 1 резистор в фазе А, 2 резистора в фазе В, 3 резистора в фазе С													
Обрыв фазы (выключить все резисторы в фазе А, в фазах В и С включить по 3 резистора)													
Короткое замыкание фазы А (выполняется под руководством преподавателя или лаборанта)													

Обработка результатов измерений:

1. определить соотношения между фазными и линейными значениями напряжений;

2. по данным измерений построить векторные диаграммы токов и напряжений для всех исследуемых режимов работы цепи.

3. Построение векторных диаграмм для всех случаев следует начинать с симметричной системы фазных и линейных напряжений генератора, как это показано на рисунке 4.2, выбрав при этом соответствующий масштаб.

4. При наличии нейтрального провода точки N и N_1 на диаграмме будут совпадать, так как потенциалы этих точек совпадают.

5. При отсутствии нейтрального провода положение точки N_1 на диаграмме в общем случае нужно искать методом засечек. Из вершины A проводится окружность радиусом U_{AN1}, из вершины B — радиусом U_{BN1}, и из вершины C — радиусом U_{CN1}. Точка пересечения окружностей есть точка n. Ее соединяют с точками A, B, C (Рис. 4.3) и получают векторы фазных напряжений потребителя.

6. Векторы токов строят по отношению к соответствующим векторам фазных напряжений с учетом угла сдвига фаз, который определяется нагрузкой (для активной нагрузки R сдвиг фаз между током и напряжением $\varphi_R=0$).

Содержание отчета

1. Название и цель работы.
2. Конспективная запись изучения теоретического материала.
3. Программа работы, соответствующие схемы и таблицы экспериментальных и расчетных данных.
4. Векторные диаграммы токов и напряжений для исследуемых режимов.
5. Выводы.

Самоконтроль:

1. Что называется трехфазной цепью синусоидального тока?
2. Схемы, основные соотношения, достоинства и недостатки при соединении потребителей (приёмников) в трехфазных цепях по схеме «звезда» с нейтральным проводом и без нейтрального провода?
3. Симметричная и несимметричная нагрузка в трехфазных цепях;
4. Назначение нейтрального провода. Как можно определить ток в нейтральном проводе?
5. Как связаны линейные токи и напряжения с их фазными значениями в трехфазной цепи при соединении приемников по схеме «звезда»?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ИСПЫТАНИЕ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Цель работы: Ознакомление с устройством и принципом действия однофазного трансформатора. Испытание трансформатора в нагруженном режиме, режимах холостого хода и короткого замыкания.

Сведения из теории

Трансформатор — статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного (синусоидального) напряжения (тока) одного значения в напряжение (ток) другого значения и той же частоты.

Принцип работы трансформатора

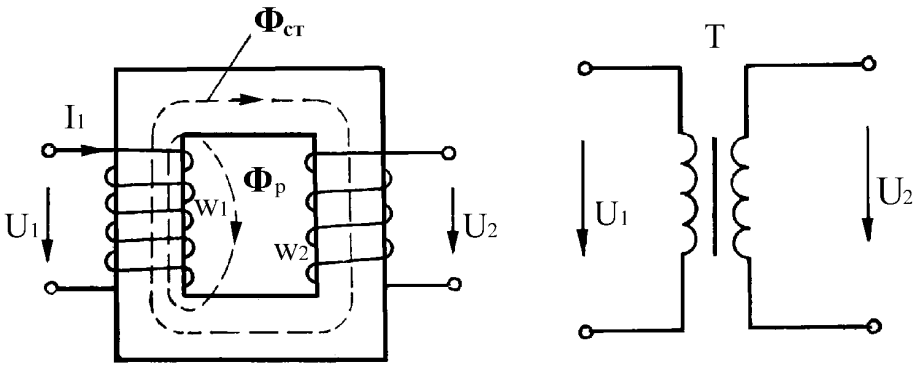

Рис.6.1 — Схема однофазного трансформатора

Простейший однофазный трансформатор представляет собой замкнутый сердечник из трансформаторной стали, на котором расположены магнитно связанные и изолированные друг от друга обмотки. Обмотка, подключенная к источнику питания, называется первичной. Все электрические величины, связанные первичной обмоткой, называются первичными – первичные ЭДС (E_1), напряжение (U_1), ток (I_1), магнитный поток (Φ_1). Обмотки, соединенные с нагрузкой, называются вторичными. Электрические величины, связанные со вторичной обмоткой, называются вторичными (E_2, U_2, I_2, Φ_2).

На первичную обмотку подают переменное напряжение U_1, в результате в ней возникает переменный ток I_1, который вызывает, в свою очередь, магнитное поле. Магнитные силовые линии этого поля замыкаются

Рис. 6.4 — Схема опыта холостого хода трансформатора

Произвести измерение тока холостого хода в первичной обмотке трансформатора I0, мощности потребляемой на холостом ходу P_0, напряжения на выходе вторичной обмотки трансформатора U_2, вычислить коэффициент трансформации $k_т$. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

Опыт холостого хода

Измерено				Вычислено
$U_{1н}$, В	I_0, А	P_0, Вт	U_2, В	$k_т = \frac{U_2}{U_1}$

2 Опыт нагруженного режима

Для проведения опыта в нагруженном режиме работы трансформатора собрать схему, представленную на рисунке 6.5. В цепь вторичной обмотки исследуемого трансформатора включается амперметр *PA*2 и переменное сопротивление нагрузки Rн. Роль переменного сопротивления нагрузки *R*н играет ламповый реостат, позволяющий скачкообразно изменять ток.

При помощи ЛАТРа устанавливается на первичной обмотке трансформатора номинальное значение напряжения $U_{1н}$ = 220 В.

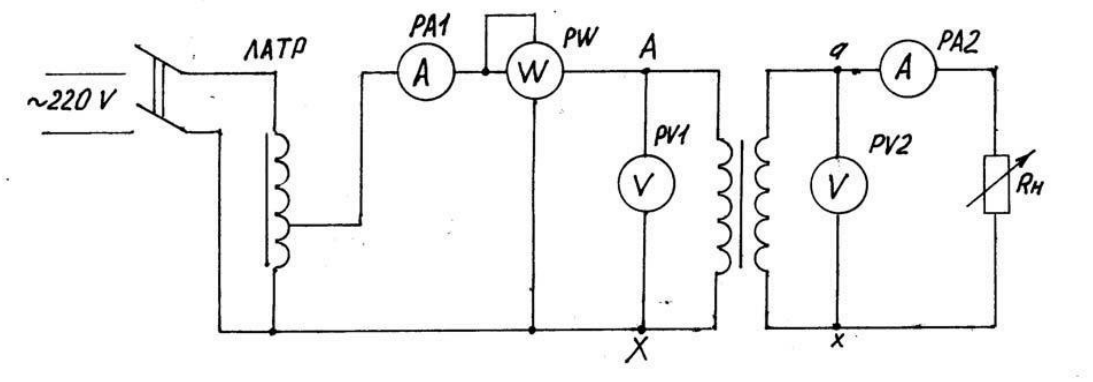

Рис.6.5 — Схема опыта нагруженного режима трансформатора

Тумблерами включения нагрузки постепенно ток вторичной обмотки трансформатора доводится до номинального значения $\boldsymbol{I_1} = \boldsymbol{I_{1н}} = 2$ А. При этом для каждого значения сопротивления нагрузки произвести необходимые изме-рения и занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.2

Опыт нагруженного режима.

$R_н$ 1….n	Измерено					Вычислено				
	$U_{1Н}$, В	I_1, А	P_1, Вт	U_2, В	I_2, А	β	$P_м$, Вт	ΔP, Вт	$P_2=P_1-\Delta P$, Вт	$\eta = \frac{P_2}{P_1}$
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										
6.										
7.										

Анализируя работу трансформатора под нагрузкой, следует обратить внимание, что коэффициент полезного действия его изменяется с ростом на-грузки, достигая максимального значения при номинальном режиме.

3 Опыт короткого замыкания

Внимание: Опыт короткого замыкания выполняется только в присутствии преподавателя или лаборанта. Для проведения опыта нужно собрать схему (Рис. 6.6).

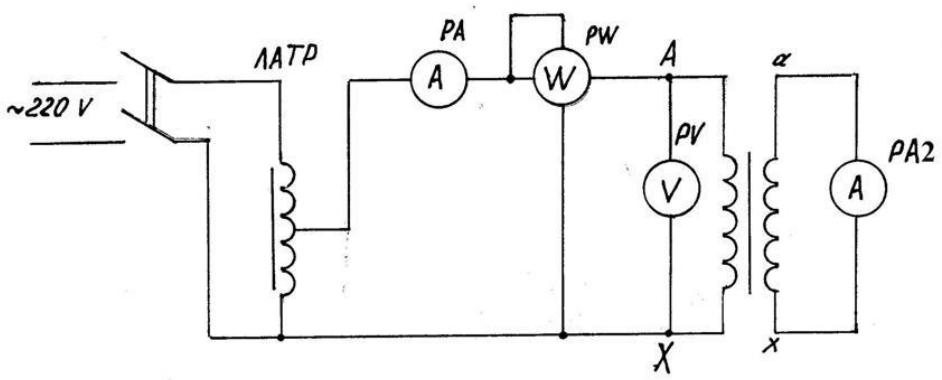

Рис. 6.6 — Схема опыта короткого замыкания трансформатора

После сборки схемы убедиться, что движок ЛАТРа установлен в поло-жение, соответствующее напряжению на входе трансформатора $U_1 = 0$, вклю-чить рубильник питания лабораторного стола. Плавно увеличить при

помощи ЛАТРа напряжение на первичной обмотке исследуемого трансформатора до уровня, при котором ток во вторичной обмотке $I_2 = I_{2н} = 2$ А. Произвести измерения напряжения и тока в первичной обмотке трансформатора, мощности, потребляемой при лабораторном коротком замыкании, тока во вторичной обмотке трансформатора. Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 6.3.

Таблица 6.3

Опыт лабораторного короткого замыкания.

$U_{1К}$, В	$I_{1К}$, А	$P_{1К}$, Вт	$I_{2К} = I_{2Н}$, А

Обработка результатов

По данным таблицы 6.2 строим зависимости при U_1 = const:
а) внешнюю характеристику трансформатора $U_2 = f(I_2)$;
б) характеристику КПД трансформатора $\eta = f(I_2)$.

При анализе полученных графических зависимостей обратить внимание на уменьшение выходного напряжения трансформатора с ростом нагрузки. Оценить процентное изменение напряжения на выходе исследуемого трансформатора при номинальной нагрузке относительно его значения при холостом ходе.

Содержание отчета

1. Цель и программа работы.
2. Схемы электрические принципиальные лабораторных установок.
3. Таблицы опытных и расчетных данных
4. Основные формулы, используемые при расчете.
5. Графики зависимости $U_2 = f(I_2)$ и $\eta = f(I_2)$ при U_1 = const.
6. Выводы.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему при опыте холостого хода трансформатора пренебрегают потерями в проводах обмоток и считают, что показание включенного в цепь первичной обмотки ваттметра соответствует магнитным потерям в стали Рст сердечника трансформатора?
2. Почему при опыте короткого замыкания трансформатора пренебрегают потерями в стали и считают, что показание ваттметра соответствует потерям в меди?