

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

РАБОТА № 5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА
ПРИ СОЕДИНЕНИИ ПРИЕМНИКОВ ЗВЕЗДОЙ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
«Электрические и магнитные цепи»
по курсу «Теоретические основы электротехники»
для студентов дневной и заочной форм обучения
направления 650900 (специальность 100400)

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Теоретические основы электротехники»,
(направление 650900, специальность 100400
дневной и заочной формы обучения)

Составил: доцент, канд. техн. наук Зуев А.А.

Утверждены на заседании кафедры « » 2004 г.

Рекомендованы методическим советом университета
« » 2005 г.

Курган 2005

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА ПРИ СОЕДИНЕНИИ ПРИЕМНИКОВ ЗВЕЗДОЙ

Цель работы: исследовать влияние изменения параметров приемников, соединенных звездой в трехфазной системе, на фазные токи и напряжения и ток в нейтральном проводе в трех- и четырехпроводных цепях.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка содержит амперметры и вольтметр электромагнитной системы, нагрузочные резисторы, емкость, индуктивность, соединительные провода.

Теоретические пояснения

Трехфазной системой называется совокупность трех электрических цепей переменного тока, в которой действуют э.д.с., напряжения и токи одной и той же частоты. Если при этом равны в отдельности активные сопротивления всех фаз, а э.д.с. в фазах одинаковые по величине и сдвинуты друг относительно друга по фазе на 120° , то система называется симметричной.

Трехфазные э.д.с. генерируются трехфазными генераторами, которые имеют три фазные обмотки, сдвинутые одна по отношению к другой в пространстве на 120° электрических градусов. Обычно эти обмотки соединяют между собой звездой. Отдельные фазы приемников трехфазного тока (независимо от схемы соединения обмоток генератора) могут соединяться между собой звездой или треугольником).

При соединении звездой концы фазных обмоток или фаз приемника объединяются в одну общую точку, называемую нейтральной, а начала служат для включения в сеть (рис. 5.1).

Напряжения между началами и концами фазных обмоток или между линейными проводами и нейтралью называется фаз-

ным. Напряжения между линейными проводами называются линейными. Токи, протекающие в линейных проводах, называются линейными, а токи, протекающие в фазах генератора или потребителя, называются фазными. Условно-положительные направления токов и напряжений указаны на рис. 5.1.

При соединении звездой линейные и фазные токи равны между собой: $I_A = I_\phi$. Ток в нейтральном проводе равен геометрической сумме фазных токов $I_n = I_A + I_B + I_C$. Линейные и фазные напряжения связаны соотношениями:

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B; \quad \vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C \quad \vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A$$

В симметричной системе $U_A = \sqrt{3} \cdot U_\phi$.

Построение векторных диаграмм

Векторные диаграммы позволяют наглядно представить амплитудно-фазовые соотношения между напряжениями и токами, поэтому их применение существенно облегчает анализ режимов работы электрических цепей переменного тока.

Для анализа трехфазных цепей в ряде случаев более удобными являются топографические векторные диаграммы.

Векторная диаграмма называется топографической, если каждой ее точке однозначно соответствует определенная точка электрической цепи. При этом напряжение между любыми двумя точками электрической цепи можно определить по вектору напряжения, построенному между этими точками на топографической векторной диаграмме.

Для электрической цепи (рис. 5.1) векторные диаграммы напряжений можно построить двумя способами: рис. 5.2 и рис. 5.3.

Очевидно, топографической является векторная диаграмма, изображенная на рис. 5.3.

В топографической векторной диаграмме (рис. 5.3) векторы линейных напряжений образуют треугольник, который при

симметричной системе напряжений будет равносторонним.

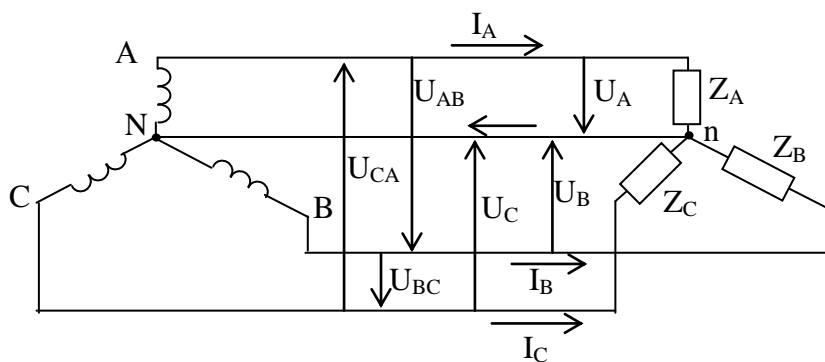


Рис. 5.1

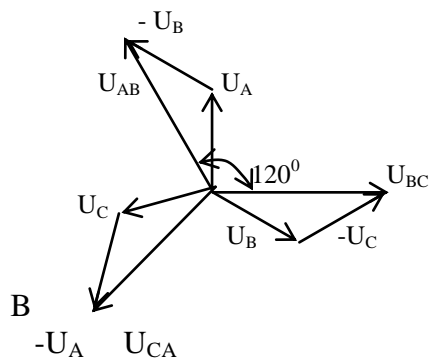


Рис. 5.2

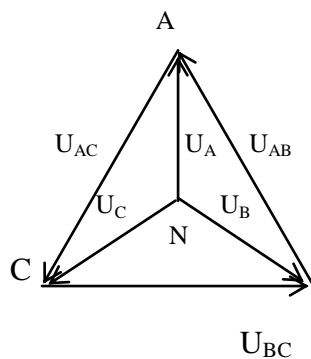


Рис. 5.3

Для определения векторов фазных напряжений необходимо знать положение нейтральной точки на топографической векторной диаграмме. Векторы фазных напряжений ($\vec{U}_A, \vec{U}_B, \vec{U}_C$) расположены между нейтралью и соответствующими вершинами треугольника (A, B, C). Для четырехпроводной сети при ма-

лом сопротивлению нейтрального провода ($Z_N \approx 0$) при любых нагрузках, а для трехпроводной сети – при симметричной нагрузке нейтральная точка в топографической векторной диаграмме находится в центре тяжести треугольника ABC, а при несимметричной нагрузке она смещается относительно этой точки.

Положение нейтральной точки при несимметричной нагрузке можно определить на пересечении дуг окружностей, проведенных радиусами, равными фазным напряжениям (в масштабе напряжений), из соответствующих вершин треугольника ABC (рис. 5.4).

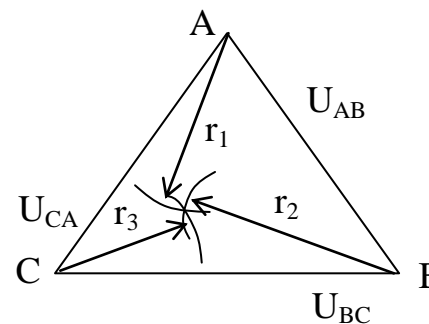


Рис. 5.4

$$r_1 = \frac{U_A}{m_V}$$

$$r_2 = \frac{U_B}{m_V}$$

$$r_3 = \frac{U_C}{m_V}$$

где m_V – масштаб напряжений [В/см]

Векторы фазных токов (они же являются и линейными токами) изображают относительно соответствующих фазных напряжений под углами, равными углам сдвига фаз между этими напряжениями и токами (φ), которые зависят от характера нагрузки фаз. Вектор тока в нейтральном проводе определяется геометрической суммой векторов фазных токов.

Порядок выполнения работ

1. Собрать электрическую цепь по схеме рис. 5.5.
2. Включить в цепь, установить симметричную нагрузку фаз (токи во всех фазах одинаковы) и записать величины всех токов и напряжений при включенном и отключенном нейтральном проводе в таблицу 5.1. Замеры линейных и фазных напряжений производятся одним вольтметром с помощью переключателя.
3. Сохраняя нагрузку симметричной, сделать обрыв одной фазы (отключить выключатель В1). Измерить напряжения и токи при включенном нейтральном проводе и без него и результаты записать в таблицу 5.1.
4. Установить несимметричную нагрузку фаз, для чего:
- в качестве нагрузки включить в фазу А-конденсатор, в фазу В – резистор, в фазу С – катушку индуктивности. Измерить напряжения и токи при включенном нейтральном проводе и без него.
5. Произвести обрыв фазы при несимметричной нагрузке. Измерить и записать в табл. 5.1 значения всех токов и напряжений при включенном нейтральном проводе и без него.
6. Произвести опыт короткого замыкания одной из фаз при отключенном проводе (отсоединить нейтральный провод и соединить проводником начало и конец одной фазы), в двух других фазах оставить сопротивления предыдущего опыта. Включить цепь, измерить и записать в таблицу 5.1 значения всех токов и напряжений.
7. Исследовать трехфазную цепь в режиме равномерной и неравномерной нагрузок с нейтральным проводом и без него.
8. Исследовать трехфазную цепь в режиме однородной и неоднородной нагрузок с нейтральным проводом и без него.

Методические рекомендации по обработке результатов эксперимента

1. Записать формулы, необходимые для установления соотношений между линейными и фазными напряжениями и токами в трехфазной цепи, соединенной звездой.
2. По результатам измерений рассчитать величины активных сопротивлений, индуктивности катушки и емкости конденсатора и занести в табл. 5.1.
3. По результатам экспериментов построить в масштабе векторные диаграммы напряжений и токов для всех режимов исследуемой цепи.
4. Проанализировать режим симметричной нагрузки, сделать вывод: нужен ли нейтральный провод в этом случае. Убедиться в том, что $U_{л} = \sqrt{3} \cdot U_{ф}$.
5. Проанализировать режим несимметричной нагрузки, обратить внимание на то, как при этом изменяются фазные напряжения в трехпроводной и четырехпроводной цепях.
6. Проанализировать электрическое состояние трехфазной цепи при обрыве одной из фаз при включенном нейтральном проводе и без него.
7. Проанализировать режим цепи при коротком замыкании одной из фаз. Объяснить, почему нельзя производить короткое замыкание при включенном нейтральном проводе.
8. Определить характер нагрузки в каждой фазе.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- номер и название лабораторной работы;
- цель работы;
- схемы исследуемых электрических цепей;
- расчетные формулы;
- таблицы с экспериментальными и расчетными данными;
- векторные диаграммы;
- выводы.

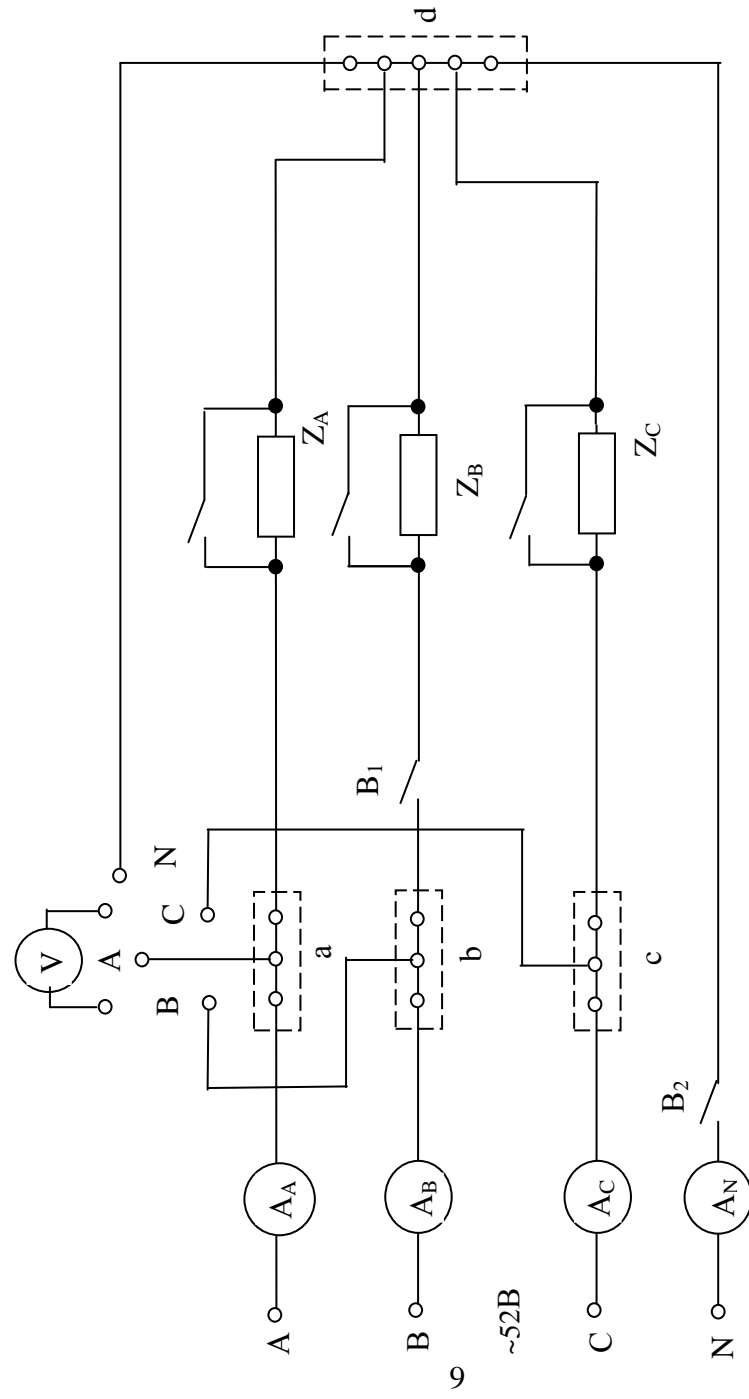


Рис. 5.5. Схема электрической цепи к работе № 5 на стенде «Уралочка»

№ п/п	Характер нагрузки	I_N	I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{AC}	U_{BC}	C	L	φ_A	φ_B	φ_C	
		A	A	A	A	A	B	B	B	B	B	В	мкф	Гн			
1	Симметричная нагрузка фаз: а) с нейтральным проводом б) без нейтрального провода																
2	Обрыв фазы при симметричной нагрузке: а) с нейтральным проводом б) без нейтрального провода																
3	Несимметричная нагрузка фаз: а) с нейтральным проводом б) без нейтрального провода																
4	Обрыв фазы при несимметричной нагрузке: а) с нейтральным проводом б) без нейтрального провода																
5	Короткое замыкание фазы (без нейтрального провода)																
6	Равномерная нагрузка фаз а) с нейтральным проводом б) без нейтрального провода																
7	Однородная нагрузка фаз: а) с нейтральным проводом б) без нейтрального провода																

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются отличия и преимущества четырехпроводных цепей от трехпроводных и когда они проявляются ?

2. Какова роль нейтрального провода? Как отразится на работе цепи обрыв нейтрального провода при симметричной нагрузке?

3. Каковы соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами при соединении потребителей звездой?

4. Каковы последствия короткого замыкания одной фазы в трех и четырехпроводных цепях?

5. Как отразится обрыв одной фазы на электрическом состоянии двух других фаз в трехпроводной и четырехпроводной цепях?

6. Можно ли включать осветительную нагрузку, соединенную звездой, в трехфазную трехпроводную цепь?

7. Какая нагрузка считается равномерной, однородной и симметричной?

Список литературы

1. Багаев А.А., Куликова Л.В., Кузьмин Э.В. и др. Теоретические основы электротехники. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет, 2000 г. – 722 с.

2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи. – М.: Высш. шк., 1984. – 559 с.

Зуев Александр Андреевич

РАБОТА № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПИ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА ПРИ СОЕДИНЕНИИ ПРИЕМНИКОВ ЗВЕЗДОЙ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
«Электрические и магнитные цепи»
по курсу «Теоретические основы электротехники»
для студентов дневной и заочной форм обучения
направления 650900 (специальность 100400)

Редактор Н.А. Леготина

Подписано к печати		Бумага тип № 1
Заказ	Усл. печ. л. 0,75	Уч. изд. л. 0,75
Формат 60X841/16	Тираж 50	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25
Курганский государственный университет