

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА
И
АВТОМАТИЗАЦИЯ**

Тетрадь лабораторных работ

Новосибирск 2017

УДК 621.38 (075)

Кафедра техносферной безопасности и электротехнологий

Составители: Е.И. Гаршина, к.т.н., доцент.

М.М. Федорова, ст. преподаватель.

Рецензент д-р техн. наук, проф. И.П. Добролюбов

Электротехника, электроника и автоматизация: Тетрадь лабораторных работ /Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; Сост.: Е.И.Гаршина, М.М. Федорова, 6-е изд., перераб. и доп. - Новосибирск, 2017. - 18 с.

Содержится описание лабораторных установок, цели проведения и методические указания по выполнению лабораторных работ. Представлены примеры электрических схем, программы лабораторных исследований, таблицы для внесения результатов измерений и расчетов, сетки для изображения векторных диаграмм и графиков экспериментальных зависимостей.

Предназначена для студентов очного и заочного обучения, для всех направлений подготовки.

Утверждена и рекомендована к изданию учебно-методическим советом Инженерного института (протокол № 8 от 28 марта 2017 г.)

© Новосибирский ГАУ, 2017

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Перед сборкой схемы убедиться, что автоматический выключатель лабораторного стенда у рабочего места ОТКЛЮЧЕН.

2. Приступая к работе, следует ознакомиться с источниками электропитания, способами их включения.

3. КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ СТЕНДА БЕЗ РАЗРЕШЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ИЛИ ЛАБОРАНТА. За умышленную порчу приборов студент несет материальную ответственность.

4. Запрещается прикасаться руками к зажимам, находящимся под напряжением. Наличие напряжения на зажимах приборов или других элементов схемы следует проверять только измерительным прибором.

5. Все изменения в схеме или устранение причин ее неисправности можно производить только после отключения автоматического выключателя лабораторного стенда.

6. ЗАПРЕЩАЕТСЯ пользоваться неисправной аппаратурой, в частности, не имеющей изоляционных ручек.

7. При включении установки предварительно убедиться в том, что никто не прикасается к токоведущим элементам схемы.

8. Категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ облакачиваться на установку и элементы схем.

9. О всех замеченных неисправностях аппаратов, машин или оборудования немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.

10. РАЗБОРКА СХЕМЫ ДОПУСКАЕТСЯ ТОЛЬКО ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ АВТОМАТИЧЕСКОМ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА.

11. КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ производить какие-либо операции на распределительном щите лаборатории, за исключением операции отключения питания всей лаборатории при несчастном случае, когда поблизости нет преподавателя или лаборанта.

Лабораторная работа 1

РЕЗИСТОР, ИНДУКТИВНАЯ КАТУШКА И КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Цель работы. Изучение лабораторного стенда, измерительных приборов, определение параметров установленных на стенде резисторов, индуктивной катушки и конденсатора экспериментальным путем.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по учебнику и по конспекту лекций теоретический материал по следующим вопросам:

1.1. Какие приборы применяются для измерения сопротивления, тока, напряжения, мощности?

1.2. Назвать системы приборов для измерения напряжения, тока и мощности, указать их обозначения и измеряемый параметр.

1.3. Что такое абсолютная и относительная погрешность прибора?

1.4. Что означает класс точности прибора?

1.5. Что такое предел измерения прибора?

1.6. Как определить цену деления многопредельного прибора?

1.7. Что такое активное сопротивление, индуктивность, емкость?

1.8. Что называют индуктивным и емкостным сопротивлением?

1.9. Что называют полным сопротивлением цепи?

1.10. Как определить сопротивление цепи или элемента по показаниям амперметра и вольтметра?

1.11. В каких единицах измеряется активная мощность?

1.12. Как определить активное сопротивление элемента по показаниям ваттметра и амперметра, ваттметра и вольтметра?

1.13. Какой элемент называют идеальным и какой реальным?

2. Ознакомиться с устройством стенда и измерительных приборов. На рис. 1.1 представлена электрическая схема комплекта K505, подключенного для измерения сопротивления катушки индуктивности.

3. Собрать на стенде схему по примеру схемы на рис. 1.1, подключая поочередно R1, R2, R3, R4, RL и C.

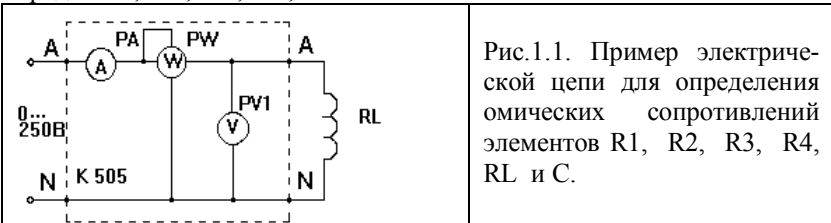


Рис. 1.1. Схема для измерения сопротивления по показаниям амперметра, вольтметра и ваттметра

Внимание! Напряжение на цепь подавать от клемм "А" и "N" сети. Предел измерения вольтметра измерительного комплекта К505 установить на 300 В, предел измерения амперметра – 1 А.

Измерить напряжение, ток и активную мощность. Данные измерений занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Показатели	R1	R2	R3	R4	RL	C
U, В						
I, А						
P, Вт						

4. Произвести расчет параметров резисторов R1, R2, R3 и R4, катушки индуктивности Z_L , R_L , X_L , L и ϕ_L , конденсатора X_C , C по данным измерений в табл. 1.1. Результаты расчета занести в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Расчет по U, I $R1(R2, R3, R4) = U / I \text{ Ом};$ $X_C = U_C / I_C \text{ Ом};$ $C = 1 / 2\pi f X_C \text{ мкф}$						Расчет по I, P $R = P / I^2 \text{ Ом};$				Расчет по I, U, P $Z_L = U_{RL} / I_{RL} \text{ Ом};$ $R_L = P_{RL} / I_{RL}^2 \text{ Ом};$ $X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} \text{ Ом};$ $L = X_L / 2\pi f \text{ мГн};$ $\phi_L = \arctg X_L / R_L$				
R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	X_C , Ом	C, Ф	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	Z_L , Ом	R_L , Ом	X_L , Ом	L, Гн	ϕ_L

5. Изобразить в тетради (сетка для рис. 1.2) векторные диаграммы тока и напряжения для R1, R2, R3, R4, катушки индуктивности и конденсатора.

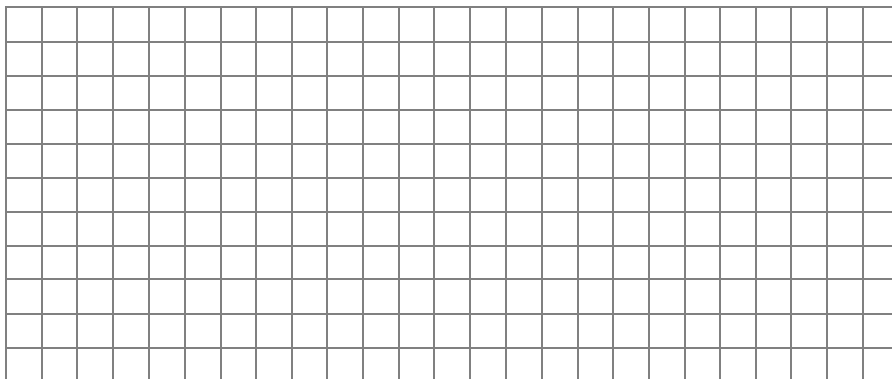


Рис. 1.2. Сетка для векторных диаграмм тока и напряжения R1...R4, RL и C

Лабораторная работа 2

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ НАГРУЗКИ

Цель работы. Исследование режимов работы электрической цепи при последовательном и параллельном соединении активно-реактивных элементов. Экспериментальная проверка методов расчета электрической цепи.

Порядок выполнения работы

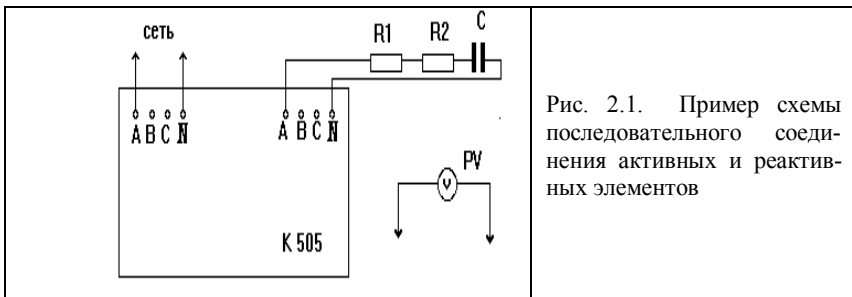
Последовательное соединение активно-реактивных элементов

1. Изучить теоретический материал по учебнику и конспекту. Ответить на следующие вопросы:

- 1.1. Как подсчитать полное сопротивление цепи при последовательном соединении активно-реактивных элементов?
- 1.2. Какой режим работы цепи называется резонансом напряжений?
- 1.3. При каком условии цепи возникает резонанс напряжений?
- 1.4. Изменением каких параметров достигают резонанса напряжений?
- 1.5. Как по приборам определить режим резонанса напряжений?
- 1.6. Что такое коэффициент мощности, от каких факторов зависит и чему он равен при резонансе?
- 1.7. Как определить активную, реактивную и полную мощность цепи?
- 1.8. Что называется треугольником сопротивлений, мощностей?
- 1.9. Как записать второй закон Кирхгофа для цепи с последовательным соединением R,L,C элементов?

2. По указанию преподавателя составить и изобразить в отчете (сетка для рис. 2.2) одну из схем электрической цепи, приведенных ниже:

- 2.1. Последовательное соединение элементов R1 и RL;
- 2.2. Последовательное соединение элементов R2 и C ;
- 2.3. Последовательное соединение элементов R3, RL и C;
- 2.4. Последовательное соединение элементов R2, R3 и RL;
- 2.5. Последовательное соединение элементов R1, R3, RL и C.



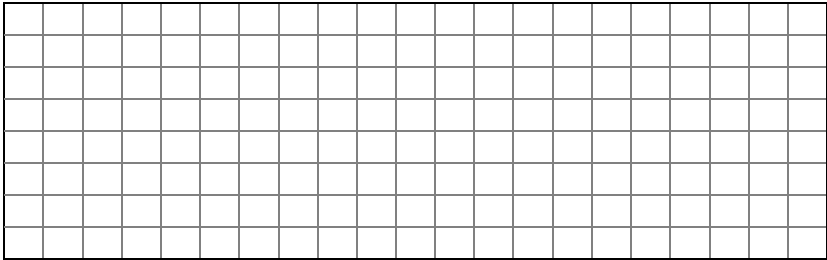


Рис. 2.2. Сетка для схемы измерения параметров последовательно соединенной активно-реактивной нагрузки

В работе используются активные сопротивления R_1, R_2, R_3, R_4 , катушка индуктивности RL , конденсатор C , измерительный комплект К505, вольтметры с пределами измерения 250 В и 500 В.

3. Собрать составленную схему на стенде и провести расчет параметров составленной схемы. Результаты расчета занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Значения	$U, В$	$I, А$	$P, Вт$	$U_{RL}, В$	$U_C, В$	$U_{R1}, В$	$U_{R2}, В$	$U_{R3}, В$	$U_{R4}, В$
Расчетные									
Измеренные									

Внимание! Не включать последовательно RL и C без подключения последовательно активного сопротивления. Предел измерения вольтметра измерительного комплекта К505 установить на 300 В, амперметра - на 1 А.

Сравнить опытные данные с расчетными. Определить погрешность расчета в процентах относительно экспериментальных данных.

4. Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений.

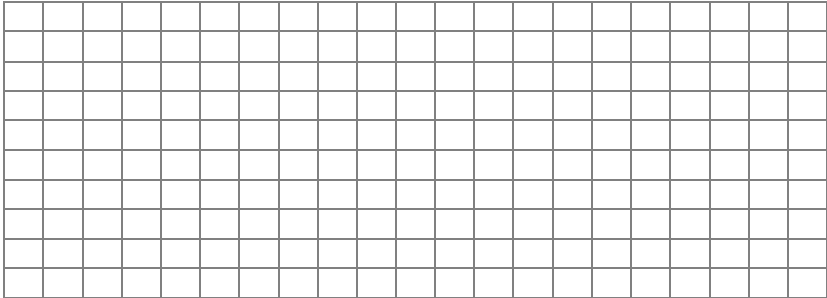


Рис. 2.3. Сетка для векторной диаграммы тока и напряжений.

Параллельное соединение активно-реактивных элементов

5. Изучить теоретический материал по учебнику или конспекту. Ответить на следующие вопросы:

5.1. Как определить полное сопротивление цепи, состоящей из параллельно соединенных активно-реактивных элементов?

5.2. Что называется треугольником проводимостей?

5.3. Какой режим работы цепи называется резонансом токов?

5.4. При каком соотношении сопротивлений в ветвях возникает резонанс токов?

5.5. Изменением каких параметров можно достичь резонанса токов?

5.6. Как определить ток в неразветвленной части цепи с параллельным соединением активно-реактивных элементов?

5.7. Что называется треугольником проводимостей?

5.8. Как построить векторную диаграмму для цепи с параллельным соединением активно-реактивных элементов?

5.9. Как по приборам определить режим резонанса токов?

6. По указанию преподавателя составить и изобразить в отчете (сетка для рис. 2.4) одну из схем электрической цепи или внести изменения в схему, представленной в качестве примера на рис. 2.5:

6.1. Параллельное соединение элементов RL и C .

6.2. Параллельное соединение элементов RL и $R1$ элементов.

6.3. Параллельное соединение элементов $R4$ и C элементов.

6.4. Параллельное соединение элементов $R2$, RL и C элементов.

6.5. Параллельное соединение $R2-C$ и $R3$ элементов.

6.6. Параллельное соединение $R2-C$, RL и $R1$ элементов.

6.7. Параллельное соединение RL , $R1$ и $R4$ элементов.

6.8. Параллельное соединение $R2-C$, $R1$ и $R3$ элементов.

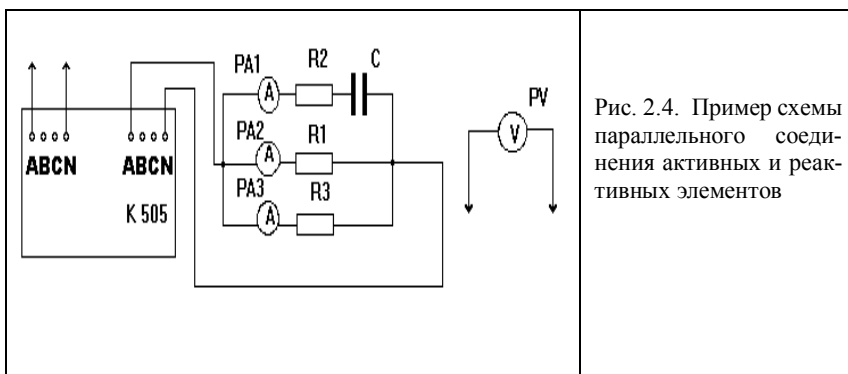


Рис. 2.4. Пример схемы параллельного соединения активных и реактивных элементов

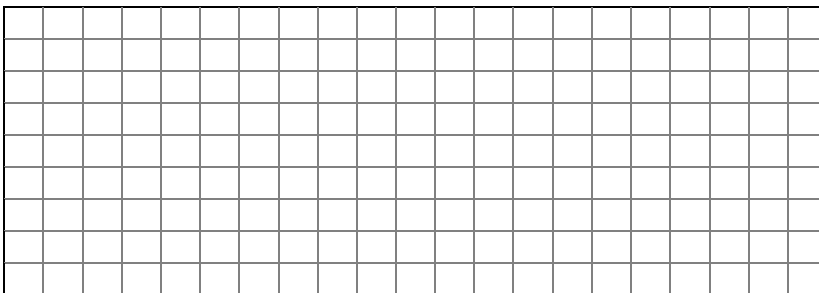


Рис. 2.5. Схема параллельного соединения активных и реактивных элементов

7. Собрать электрическую цепь по составленной схеме.

Внимание! Не включать последовательно в одну ветвь RL и C элементы. Для измерения токов в ветвях применять амперметры с пределом измерения 1 А. Предел измерения вольтметра комплекта К505 установить на 300 В, амперметра на 2,5 А.

Сравнить экспериментальные данные с расчетными. Определить погрешность расчета в процентах относительно экспериментальных данных.

Таблица 2.2

Значения	U, В	I, А	I_1 , А	I_2 , А	I_3 , А	P, Вт	U_{RL} , В	U_C , В	U_{R1} , В	U_{R2} , В	U_{R3} , В	U_{R4} , В
Измеренные												
Расчетные												

8. Построить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжений.

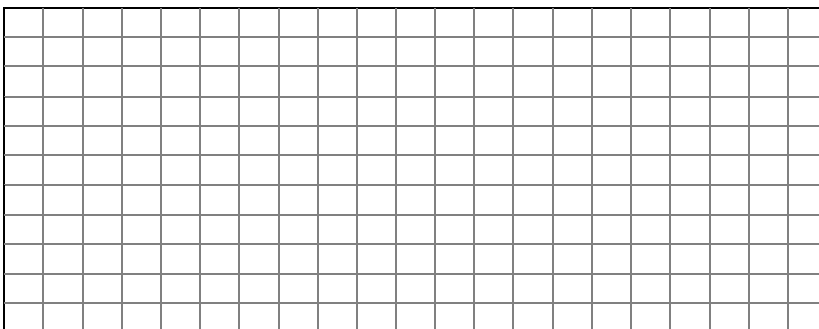


Рис. 2.6. Сетка для векторной диаграммы токов и напряжений при параллельном соединении активных и реактивных элементов

Лабораторная работа 3

СОЕДИНЕНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ НАГРУЗКИ ЗВЕЗДОЙ

Цель работы. Исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой. Экспериментальное подтверждение результатов расчетов трехфазной цепи.

Порядок выполнения работы

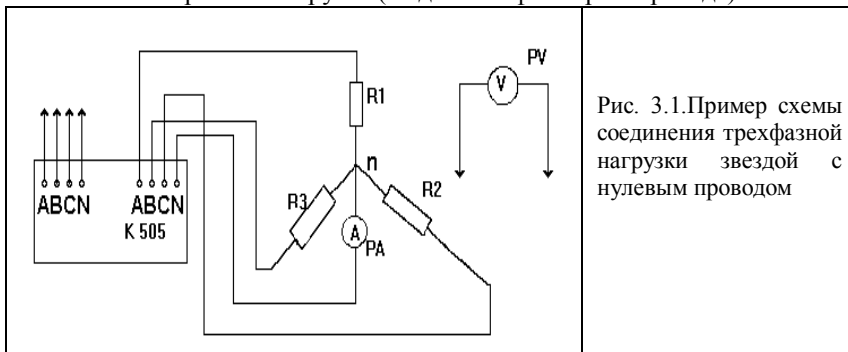
Соединение активной нагрузки звездой с нулевым проводом

1. Изучить теоретический материал по учебнику или конспекту. Ответить на следующие вопросы:

- 1.1. Что такое симметричная нагрузка?
- 1.2. Какое соотношение между фазными и линейными токами и напряжениями при соединении нагрузки звездой?
- 1.3. Какова роль нейтрального провода? Почему в него не включают предохранители, разъединители?
- 1.4. В каком случае нейтральный провод не нужен?
- 1.5. Как рассчитать напряжение между нейтральными точками генератора и нагрузки?
- 1.6. Как рассчитать ток в нулевом проводе?
- 1.7. Как рассчитать фазные токи при несимметричной нагрузке без нулевого провода?

2. По указанию преподавателя в схеме, представленной в качестве примера на рис.3.1, внести изменения или составить и изобразить в рабочей тетради (сетка для рис. 3.2) одну из следующих схем включения активной нагрузки в трехфазную сеть:

- 2.1. Симметричная нагрузка.
- 2.2. Несимметричная нагрузка (в одной из фаз включаются два сопротивления последовательно).
- 2.3. Несимметричная нагрузка (в одной из фаз обрыв провода).



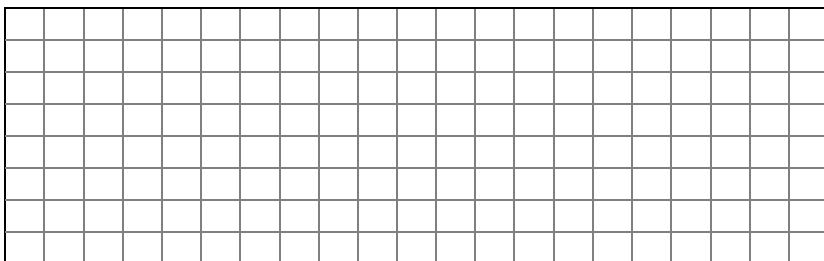


Рис. 3.2. Сетка для схемы измерения параметров трехфазной активной нагрузки, соединенной звездой

В работе используются четыре активных сопротивления R_1, R_2, R_3, R_4 , измерительный комплект К505, амперметр с пределом измерения 1 А, вольтметры с пределами измерения 250 В и 500 В.

3. Собрать составленную схему и произвести расчет параметров. Результаты расчета занести в табл. 3.1. Сравнить экспериментальные данные с расчетными. Определить погрешность расчета в процентах относительно экспериментальных данных.

Внимание! Предел измерения вольтметра измерительного комплекта К505 установить на 300 В, амперметра - на 2,5 А. Линейное напряжение измерять вольтметром на 500 В.

Таблица 3.1

Показатели	$U_{AB}, В$	$U_{BC}, В$	$U_{CA}, В$	$U_A, В$	$U_B, В$	$U_C, В$	$U_a, В$	$U_b, В$	$U_c, В$	$U_{nN}, В$	$I_a, А$	$I_b, А$	$I_c, А$	$I_{nN}, А$
Расчетные														
Опытные														

4. Построить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжений.

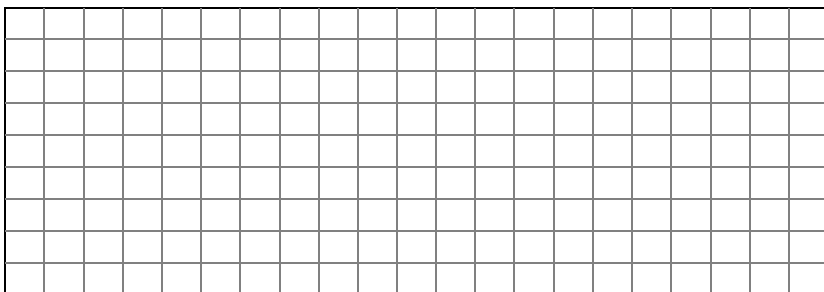


Рис. 3.3. Сетка для векторной диаграммы токов и напряжений при соединении активной нагрузки звездой с нулевым проводом

Соединение разнохарактерной нагрузки звездой без нулевого провода

5. Изучить теоретический материал по учебнику или конспекту. Ответить на следующие вопросы:

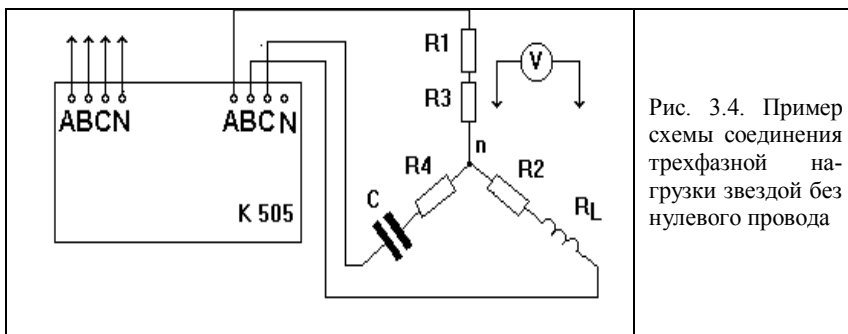
- 5.1. Какие напряжения называются фазными и линейными?
- 5.2. Какие токи называются фазными и линейными?
- 5.3. Является ли разнохарактерная нагрузка одинаковой величины симметричной?

5.4. Что называется напряжением смещения нейтрали?

5.5. Что называется перекосом фаз?

5.6. Что такое прямая и обратная последовательность фаз?

6. Составить и изобразить в рабочей тетради (сетка для рис. 3.5) одну из разновидностей схем включения сопротивлений в трехфазную сеть или внести изменения в схему, представленной в качестве примера на рис. 3.4.



Разновидность схемы взять по указанию преподавателя из следующего списка:

- 6.1. Включение цепочек: R1-R3 в фазу A; R2-RL в фазу B; R4-C в фазу C.
- 6.2. Включение цепочек: R1-R3 в фазу A; R4-C в фазу B; R2-RL в фазу C.
- 6.3. Включение цепочек: R2-RL в фазу A; R1-R3 в фазу B; R4-C в фазу C.
- 6.4. Включение цепочек: R4-C в фазу A; R1-R3 в фазу B; R2-RL в фазу C.

Для измерения токов и напряжений использовать измерительный комплект К505, вольтметры с пределами измерений 250 и 500 В.

Внимание! Предел измерения вольтметра измерительного комплекта К505 установить на 300 В, амперметра - на 2,5 А. Линейное напряжение измерять вольтметром на 500 В.

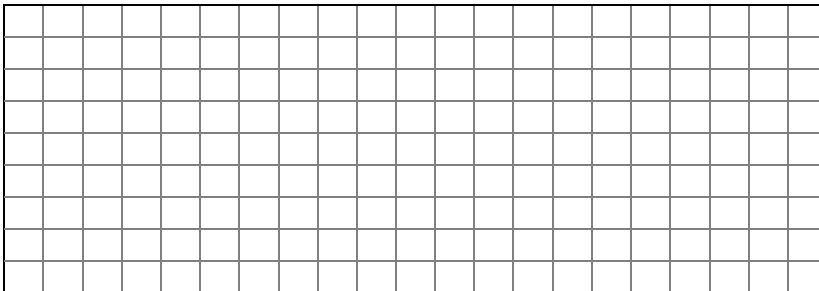


Рис. 3.5. Сетка для схемы измерения параметров трехфазной активно-реактивной нагрузки, соединенной звездой без нулевого провода

7. Собрать электрическую цепь по составленной схеме и произвести расчет параметров. Результаты расчета занести в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Показатели	U_{AB}, B	U_{BC}, B	U_{CA}, B	U_A, B	U_B, B	U_C, B	U_a, B	U_b, B	U_c, B	U_{nN}, B	I_a, A	I_b, A	I_c, A	I_{nN}, A
Расчет														
Опыт														

Измерить параметры схемы и занести их в табл. 3.2. Сравнить экспериментальные данные с расчетными. Определить погрешность расчета в процентах относительно экспериментальных данных.

8. Построить в масштабе векторную диаграмму токов и напряжений.

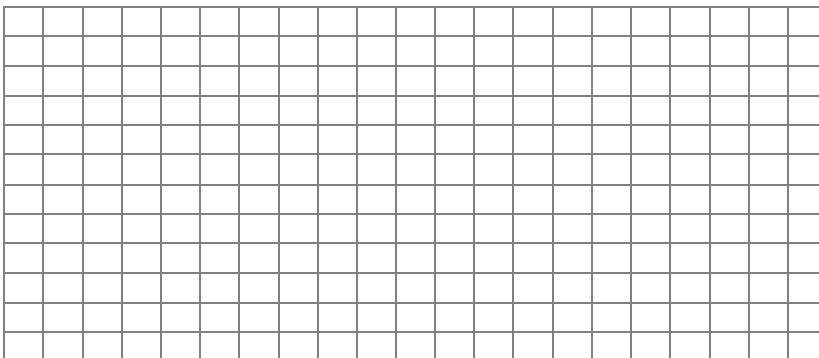


Рис. 3.6. Сетка для векторной диаграммы токов и напряжений при соединении нагрузки звездой без нулевого провода

Лабораторная работа 4

СОЕДИНЕНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ НАГРУЗКИ ТРЕУГОЛЬНИКОМ

Цель работы. Исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении нагрузки треугольником. Экспериментальная проверка методов расчета цепи.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретический материал по учебнику или конспекту. Ответить на следующие вопросы:

1.1. Какие соотношения между фазными и линейными напряжениями при соединении треугольником?

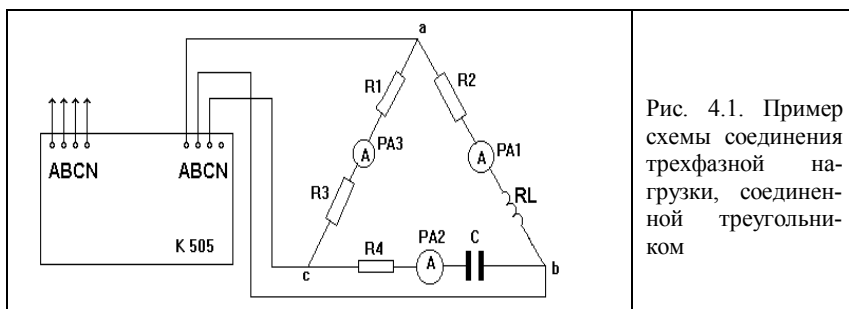
1.2. Как соединить нагрузку в треугольник? Какие соотношения между фазными и линейными токами симметричной нагрузки при соединении треугольником?

1.3. Каковы соотношения между фазными и линейными токами при несимметричной нагрузке?

1.4. Как влияет обрыв линейного провода на работу трехфазного потребителя, соединенного в треугольник?

1.5. Как по векторной диаграмме определить напряжение между двумя точками электрической цепи?

2. Составить и изобразить в рабочей тетради (сетка для рис. 4.2) одну из разновидностей схем включения сопротивлений в трехфазную сеть или внести изменения в схему, представленной в качестве примера на рис.4.1.



Разновидность схемы взять по указанию преподавателя из следующего списка:

- 2.1. Включение цепочек: R1-R3 в фазу AB, R2-RL в фазу BC, R4-C в фазу CA.
- 2.2. Включение цепочек: R2-RL в фазу AB, R1-R3 в фазу BC, R4-C в фазу CA.
- 2.3. Включение цепочек: R1-R3 в фазу AB, R4-C в фазу BC, R2-RL в фазу CA.
- 2.4. Включение цепочек: R4-C в фазу AB, R1-R3 в фазу BC, R2-RL в фазу CA.
- 2.5. Включение цепочек: R4-C в фазу AB, R2-RL в фазу BC, R1-R3 в фазу CA.
- 2.6. Включение цепочек: R2-RL в фазу AB, R4-C в фазу BC, R1-R3 в фазу CA.

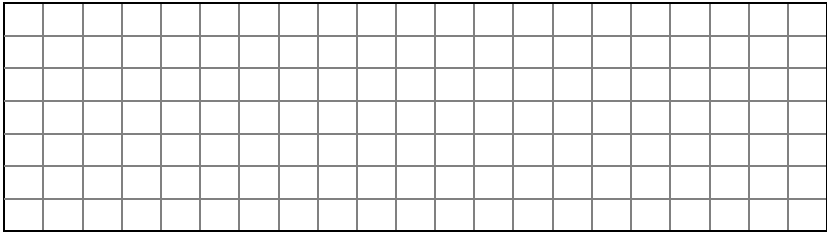


Рис. 4.2. Сетка для схемы измерения параметров трехфазной активно-реактивной нагрузки, соединенной в треугольник

Для измерения токов и напряжений использовать комплект К505, амперметры и вольтметры с пределами измерений 1 А, 250 В и 500 В.

3. Собрать схему на стенде и произвести расчет параметров составленной схемы. Результаты расчета занести в табл. 4.

Внимание! Предел измерения вольтметра измерительного комплекта К505 установить на 300 В, амперметра - на 2,5 А. Линейные напряжения измерять вольтметром на 500 В.

Сравнить экспериментальные данные с расчетными. Определить погрешность расчета в процентах относительно экспериментальных данных.

Таблица 4

Режим	Значения	$U_{AB},$ В	$U_{BC},$ В	$U_{CA},$ В	$I_A,$ А	$I_B,$ А	$I_C,$ А	$I_{AB},$ А	$I_{BC},$ А	$I_{CA},$ А
Трех- фазный	Расчет									
	Опыт									
Обрыв фазы	Расчет									
	Опыт									

4. Построить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов.

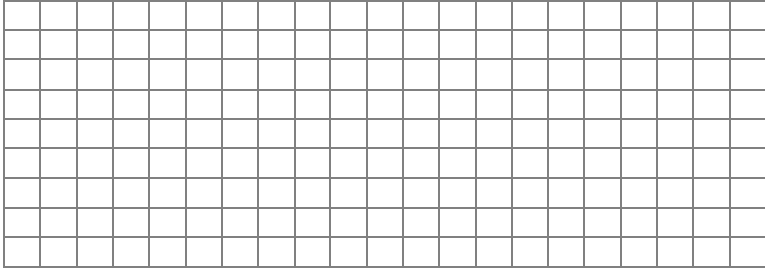


Рис. 4.3. Сетка для векторной диаграммы токов и напряжений при соединении нагрузки треугольником

Список рекомендованной литературы

1. Иванов И.И. Электротехника и основы электроники: учебник для студентов вузов: /И.И.Иванов, Г.И.Соловьев, В.Я.Фролов. – 7-е изд., перераб. и доп. –Санкт-Петербург: Москва: Краснодар: Лань, 2012.-736 с.: ил. – (Учебник для вузов).- ISBN 978-5-8114-0523-7.

2. Новожилов О.П..Электротехника и электроника: учебник для бакалавров: /О.П.Новожилов— 2-е изд. исправ. и доп. Москва : Юрайт, 2013.-653 с.—(Бакалавр. Базовый курс).- Библиогр. : с. 632-635.- Пред.указ.: с. 636-648.- ISBN 978-5-9916-12016-1.

3. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи. – 8-е изд., стер.- СПб. [и др.]: Лань, 2010. – 592 с.

4. Теоретические основы электротехники. Учебник (ГРИФ)//Лоторейчук Е.А. - М.: ИД “ФОРУМ”: ИНФРА-М, 2010. - 320 с.

5. Жаворонков М.А. Электротехника и электроника: учеб. пособие для студ. Учреждений высш. проф. образования/ М.А. Жаворонков, А.В. Кузин.- 4-е изд., испр. – М.: Академия, 2011. – 400 с. – (Сер. Бакалавриат).

Список используемой литературы

1. Ляпин В.Г. Теоретические основы электротехники. Варианты контрольной работы по линейным цепям. – 2-е изд., перераб. и доп. /Новосиб. гос. аграр. ун-т / В.Г. Ляпин, Д.С. Болотов. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – 8 с.

3. Ляпин В.Г. Электротехника и электроника: тетрадь лабораторных работ по электротехнике / Новосибир. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост.: В.Г. Ляпин, Д.С. Болотов, М.М. Федорова, И.П. Щеглов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск, 2013. – 28 с.

Содержание

	Стр.
Правила техники безопасности при работе в лаборатории.....	3
Лабораторная работа 1. Резистор, индуктивная катушка и конденсатор в цепи однофазного синусоидального тока	4
Лабораторная работа 2. Последовательное и параллельное соединение нагрузки	6
Лабораторная работа 3. Соединение трехфазной нагрузки звездой	10
Лабораторная работа 4. Соединение трехфазной нагрузки треугольником	14
Список рекомендованной литературы	16
Список используемой литературы	16

Составители:
Гаршина Елена Ивановна
Федорова Маргарита Михайловна

**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА
И
АВТОМАТИЗАЦИЯ**

Тетрадь лабораторных работ

Редактор *М.Г. Девищенко*
Компьютерная верстка *В.Н. Зенина*

Подано в печать «__» _____ 2017 г. Формат 60х84 ¹/₁₆
Объем 1,35 уч.-изд. л., 1,35 усл. печ. л.
Тираж 10 экз. Изд №__ Заказ __

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, кааб. 106.
Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru