

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
очной формы обучения*



Могилев 2021

УДК 621.313
ББК 32.85
Э45

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «17» мая 2021 г.,
протокол № 8

Составители: канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов;
ст. преподаватель И. В. Курлович;
канд. техн. наук, доц. А. А. Афанасьев

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. Е. Науменко

Методические рекомендации предназначены для студентов очной формы
обучения направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная
техника» для выполнения лабораторных работ по дисциплине
«Электротехника».

Учебно-методическое издание

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Ответственный за выпуск	С. С. Сергеев
Корректор	Е. А. Галковская
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ № .

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2021

Содержание

Содержание	3
1 Лабораторная работа № 1. Изучение лабораторного оборудования	4
2 Лабораторная работа № 2. Исследование режимов работы и методов расчета линейных цепей постоянного тока с одним источником питания.....	5
3 Лабораторная работа № 3. Исследование режимов работы и методов расчета цепей постоянного тока с двумя источниками питания.....	8
4 Лабораторная работа № 4. Определение параметров и исследование режимов работы электрической цепи переменного тока с последовательным соединением индуктивности, резистора и конденсатора.....	10
5 Лабораторная работа № 5. Исследование режимов работы линии электропередачи (ЛЭП) переменного тока при изменении коэффициента мощности нагрузки	13
6 Лабораторная работа № 6. Определение параметров и исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении потребителей звездой.....	16
7 Лабораторная работа № 7. Определение параметров и исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении потребителей в треугольник.....	20
Список литературы	22

1 Лабораторная работа № 1. Изучение лабораторного оборудования

Цель работы: изучение оборудования, используемого при проведении лабораторных работ, ознакомление с основными требованиями при проведении лабораторных работ.

Работа в лаборатории электротехники, связанная с эксплуатацией электрооборудования, находящегося под напряжением, требует организации и строгого соблюдения мер безопасности. Вопросы безопасности отражаются в инструкции по эксплуатации, которой снабжено поставляемое оборудование. Характерным видом поражения, которому может подвергаться работник, является поражение электрическим током. Во избежание возможности поражения электрическим током при работе с электрооборудованием необходимо соблюдать следующие меры безопасности.

1 К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, прошедшие обучение мерам безопасности с последующей проверкой знаний и зарегистрированные в соответствующем протоколе.

2 Студенту разрешается выполнение только той лабораторной работы, задание на которую выдал преподаватель.

3 Приступая к работе, студент обязан ознакомиться с методикой ее выполнения.

4 Сборка электрической схемы лабораторной работы, изменение в схеме производятся при отключенном напряжении питания лабораторной работы и переведении всех выключателей в положение «отключено».

5 Переносное оборудование, необходимое для выполнения данной лабораторной работы (осциллографы, компьютеры, электроизмерительные приборы), обязательно заземляется согласно требованиям завода-изготовителя, что проверяется преподавателем в обязательном порядке.

6 Включение питания оборудования для выполнения лабораторной работы производится только после разрешения преподавателя.

7 Включение измерительных приборов в цепь следует производить только одной рукой, не касаясь металлических частей.

8 При выполнении лабораторных работ запрещается:

- без разрешения преподавателя перемещать приборы и аппаратуру, выносить их из лаборатории;

- производить какие-либо работы по устранению неисправностей лабораторного оборудования;

- оставлять без присмотра электроприборы, включенные в сеть;

- загромождать посторонними предметами рабочие места, находиться в лаборатории в верхней одежде.

9 При возникновении любой неисправности лабораторного оборудования студент обязан немедленно отключить его от электросети и сообщить об этом преподавателю.

Экспериментальная часть лабораторных работ выполняется на лабораторном стенде НТЦ-01.100. В корпусе стенда размещены: блок питания +24 В 0,5 А, +5 В 0,5 А; плата резистивного моста с регулируемым источником ЭДС; плата секундомера с разрешающей способностью 0,1 с; плата транзисторного реле времени; плата транзисторных усилителей; плата измерителя частоты вращения электродвигателей; плата тиристорного управляемого выпрямителя и широтно-импульсного преобразователя; автотрансформатор 0,16 кВт; асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором и электродвигатель постоянного тока независимого возбуждения.

На лицевой панели изображены электрические схемы объектов исследования. Там же установлены коммутационные гнезда, индикаторы цифровых приборов, а также органы управления, позволяющие изменять параметры элементов при проведении лабораторной работы.

2 Лабораторная работа № 2. Исследование режимов работы и методов расчета линейных цепей постоянного тока с одним источником питания

Цель работы: закрепление навыков расчета линейных электрических цепей с одним источником питания; исследование мостовой цепи постоянного тока.

2.1 Основные теоретические сведения

2.1.1 Мост постоянного тока – это сложная электрическая цепь, в которой четыре резистора R_{20} , R_{22} , R_{23} , R_1 , называемые плечами, образуют замкнутый четырехугольник, в одну диагональ которого включается нагрузка R_{24} , а в другую – источник постоянного тока (рисунок 2.1).

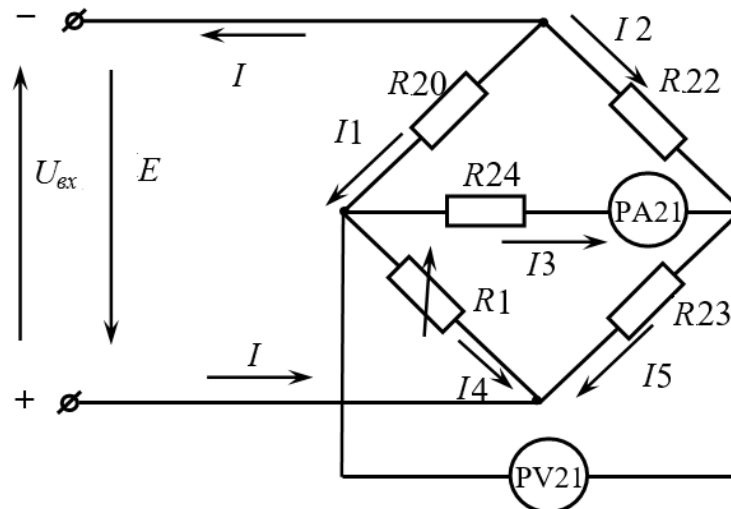


Рисунок 2.1 – Мост постоянного тока

2.1.2 Условие равновесия моста постоянного тока

$$R1 \cdot R22 = R20 \cdot R23.$$

Откуда

$$R1 = \frac{R20 \cdot R23}{R22}$$

при значении тока $I3 = 0$.

2.1.3 Величина сопротивления резистора $R24$ определяется по закону Ома:

$$R24 = \frac{U_{PV21}}{I3}.$$

2.1.4 Рассчитать значение выходного напряжения $U_{ВЫХ}$ моста постоянного тока можно, используя метод эквивалентного генератора (рисунок 2.2):

$$U_{\text{вых}} = I3 \cdot R24,$$

где

$$I3 = \frac{U_{\text{х.х.}}}{R24 + R_{\text{к.з.}}},$$

где $U_{\text{х.х.}}$ – напряжение холостого хода при разомкнутом резисторе $R24$ (SA13 в положении «3», см. рисунок 2.2);

$R_{\text{к.з.}}$ – сопротивление относительно точек разрыва моста при замкнутом источнике входного напряжения.

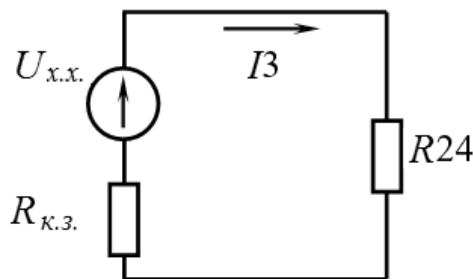


Рисунок 2.2 – Эквивалентная схема электрической цепи для расчёта тока $I3$

2.1.5 Сопротивление $R_{\text{к.з.}}$ можно определить экспериментально:

$$R_{\text{к.з.}} = \frac{U_{\text{х.х.}}}{I_{\text{к.з.}}}.$$

Исследуемые схемы

Для выполнения лабораторной работы собирается исследуемая мостовая схема (рисунок 2.3).

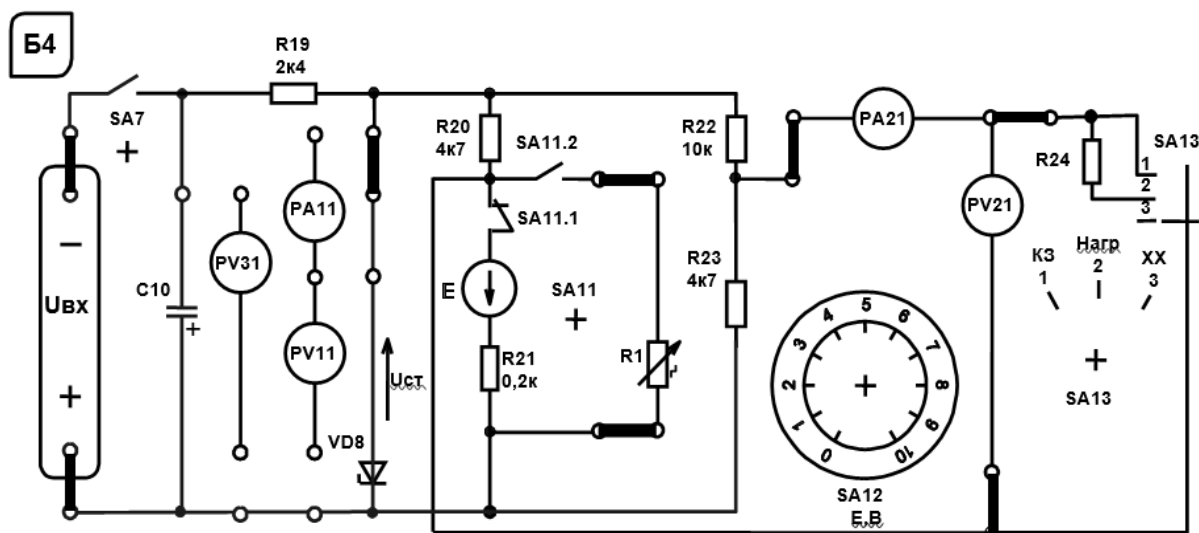


Рисунок 2.3 – Схема для экспериментального исследования электрической цепи постоянного тока с одним источником питания

Измерительный мост включается тумблером SA7.

Технические данные измерительного моста указаны на стенде.

2.2 Порядок выполнения лабораторной работы

2.2.1 Изучить схему измерительного моста. Рассчитать величину сопротивления резистора $R1$ из условия равновесия моста постоянного тока.

2.2.2 Построить зависимость $U_{вых} = f(R1)$.

2.2.3 При максимальном $U_{вых}$ рассчитать сопротивление резистора $R24$.

2.2.4 Методом эквивалентного генератора рассчитать величину выходного напряжения моста при значении сопротивления $R1$, заданном преподавателем.

2.2.4.1 Экспериментально измерить ток $I_{к.з.}$ и рассчитать сопротивление $R_{к.з.}$.

2.2.4.2 Провести моделирование работы схемы (см. рисунок 2.1) в среде Multisim.

2.2.4.3 Сделать выводы по результатам работы.

2.3 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать цель работы, схему моста постоянного тока, основные расчётные формулы, результаты эксперимента и моделирования, выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Охарактеризуйте мостовую схему постоянного тока.
- 2 Порядок расчёта электрических цепей методом эквивалентного генератора напряжения.

3 Лабораторная работа № 3. Исследование режимов работы и методов расчета цепей постоянного тока с двумя источниками питания

Цель работы: закрепление на практике основных методов расчета цепей постоянного тока с несколькими источниками постоянного напряжения; исследование моста постоянного тока с генераторным датчиком.

3.1 Основные теоретические сведения

3.1.1 Для расчёта цепей постоянного тока с несколькими источниками напряжения широко используют метод контурных токов. Этот метод заключается в том, что вместо токов в ветвях определяются на основании второго закона Кирхгофа так называемые контурные токи (рисунок 3.1), замыкающиеся в контурах. Число уравнений, записываемых для контурных токов по второму закону Кирхгофа, равно числу независимых контуров.

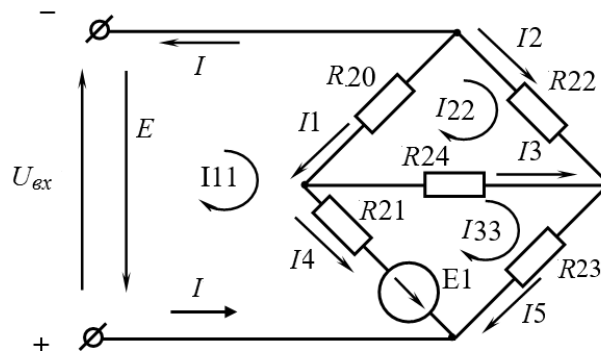


Рисунок 3.1 – Электрическая цепь постоянного тока с двумя источниками питания

Система уравнений для расчета контурных токов:

$$I_{11} \cdot (R_{20} + R_{21}) - I_{22} \cdot R_{20} - I_{33} \cdot R_{21} = E_1 - E;$$

$$- I_{11} \cdot R_{20} + I_{22} \cdot (R_{20} + R_{24} + R_{22}) - I_{33} \cdot R_{24} = 0;$$

$$- I_{11} \cdot R_{21} - I_{22} \cdot R_{24} + I_{33} \cdot (R_{21} + R_{23} + R_{24}) = - E_1.$$

I_{11}, I_{22}, I_{33} – контурные токи, $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I$ – токи ветвей.

Решив систему уравнений, определяют значение тока I_3 :

$$I_3 = I_{33} - I_{22}.$$

Выходное напряжение моста

$$U_{\text{вых}} = I_3 \cdot R_{24}.$$

3.2 Исследуемые схемы

Для выполнения лабораторной работы используется схема, в которой вместо резистора $R1$ включается источник $E1$ (тумблер SA11 выключен). Схема включается тумблером SA7. Величину ЭДС источника $E1$ устанавливают с помощью переключателя $E1$. Технические данные измерительного моста указаны на стенде.

3.3 Порядок выполнения лабораторной работы

3.3.1 Методом контурных токов рассчитать токи в ветвях I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 и величину выходного напряжения моста $U_{\text{вых}}$ при заданном ЭДС $E1$.

3.3.2 Снять экспериментально зависимость $U_{\text{вых}} = f(E1)$, изменяя $E1$ от 1 до 10 В. Сопоставить $U_{\text{вых}}$ для заданного значения $E1$ с расчетным.

3.3.3 Провести моделирование работы схемы (см. рисунок 3.1) в среде Multisim.

3.3.4 Сделать выводы по результатам работы.

3.4 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать цель работы, схему электрической цепи постоянного тока с двумя источниками питания, систему уравнений для расчета контурных токов, результаты расчёта, моделирования и эксперимента, зависимость $U_{\text{вых}} = f(E1)$, выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Опишите метод расчёта цепей постоянного тока с двумя источниками питания.
- 2 Порядок расчёта методом контурных токов.

4 Лабораторная работа № 4. Определение параметров и исследование режимов работы электрической цепи переменного тока с последовательным соединением индуктивности, резистора и конденсатора

Цель работы: определение параметров схемы замещения катушки индуктивности с магнитопроводом; изучение основных режимов работы, расчётов электрической цепи переменного тока при последовательном соединении R -, L -, C -элементов.

4.1 Основные теоретические сведения

4.1.1 Схема для изучения цепи переменного тока с последовательно соединёнными резистивным, индуктивным и ёмкостным элементами приведена на рисунке 4.1.

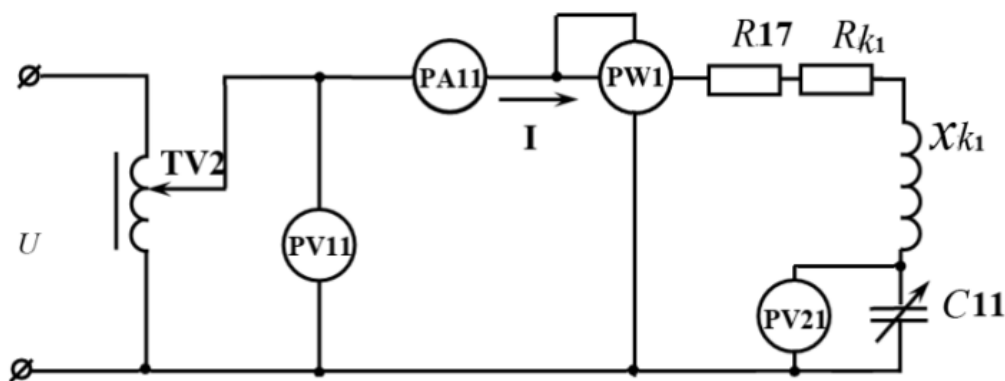


Рисунок 4.1 – Электрическая цепь переменного тока с последовательно соединёнными R -, L -, C -элементами

Для определения параметров схемы замещения катушки индуктивности с магнитопроводом L_{K1} и R_{K1} в номинальном режиме $I_H = 1,0$ А снимают показания приборов: PA11 – ток I_H через катушку; PW1 – активную мощность P , потребляемую катушкой; PV11 – напряжение U на катушке.

Зная показания приборов, определяют значение параметров схемы замещения катушки:

$$R_{\Sigma} = \frac{P}{I_H^2}; \quad Z_{\Sigma} = \frac{U}{I_H}; \quad L_{K1} = \frac{X_{K1}}{2\pi f}; \quad X_{K1} = \sqrt{Z_{\Sigma}^2 - R_{\Sigma}^2}; \quad R_{K1} = R_{\Sigma} - R17,$$

где $R17 = 17$ Ом; $f = 50$ Гц.

4.1.2 Определение величины емкости $C11$, при которой в цепи наступает резонанс напряжений. Значение $C11$ определяется исходя из условия возникновения резонанса напряжений:

$$C_{11} = \frac{1}{2\pi f X_{K1}}.$$

4.1.3 Коэффициент мощности цепи

$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}.$$

Пример построения векторной диаграммы цепи при активно-индуктивном характере цепи дан на рисунке 4.2.

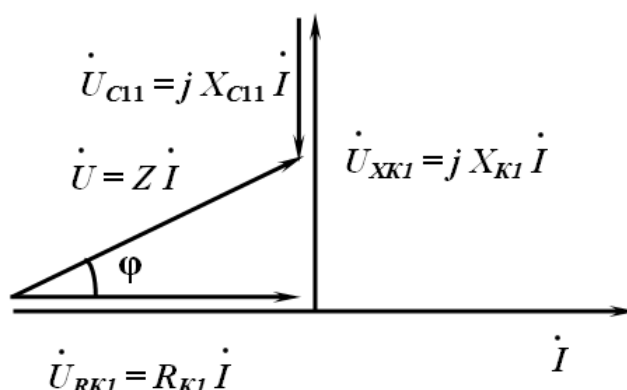


Рисунок 4.2 – Векторная диаграмма

Исследуемые схемы

Для определения параметров схемы замещения катушки индуктивности собирают схему, приведенную на рисунке 4.3. Номинальный ток $I_N = 1,0$ А выставляют с помощью лабораторного автотрансформатора TV2. Для исследования резонанса напряжения собирают схему (см. рисунок 3.4).

4.2 Порядок выполнения лабораторной работы

4.2.1 Собрать на стенде схему (см. рисунок 3.3) для расчета параметров схемы замещения катушки индуктивности L_{K1} и R_{K1} для номинального режима работы $I_N = 1,0$ А, определить значения этих параметров.

4.2.2 Определить величину емкости C_{11} конденсатора, при которой в цепи наступает резонанс напряжений.

4.2.3 Снять зависимости $I = f(C_{11})$ и $\cos \varphi = f(C_{11})$ при $U_{\text{мин}}$.

4.2.4 Построить векторную диаграмму напряжений и тока.

4.2.5 Провести моделирование работы схемы (см. рисунок 4.1) в среде Multisim.

4.2.6 Сделать выводы по результатам работы.

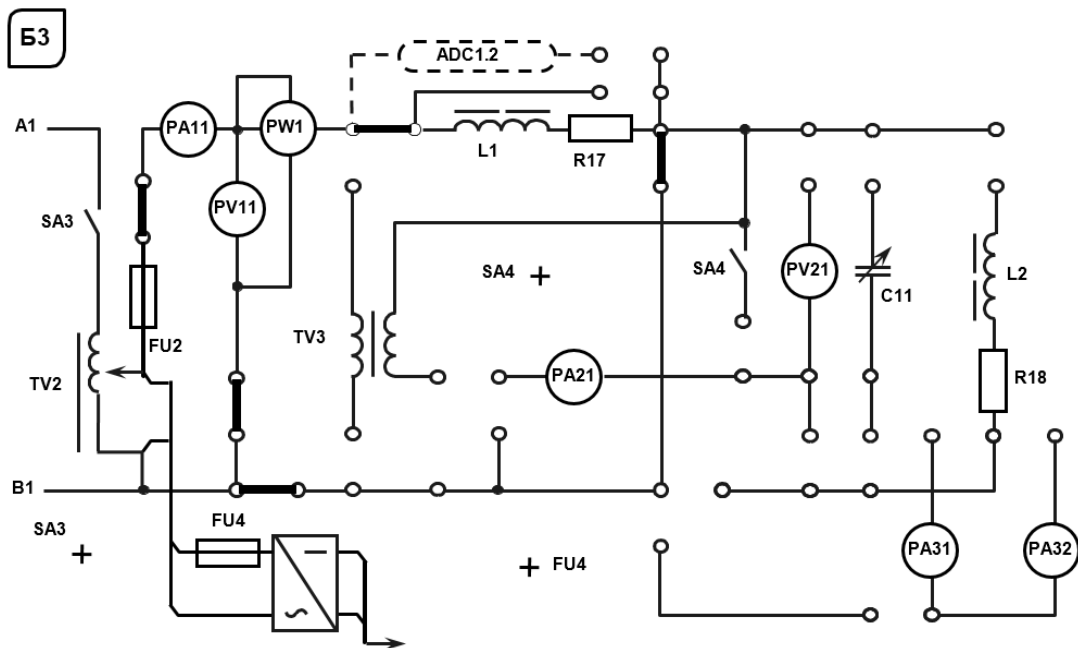


Рисунок 4.3 – Схема для экспериментального исследования параметров схемы замещения катушки индуктивности

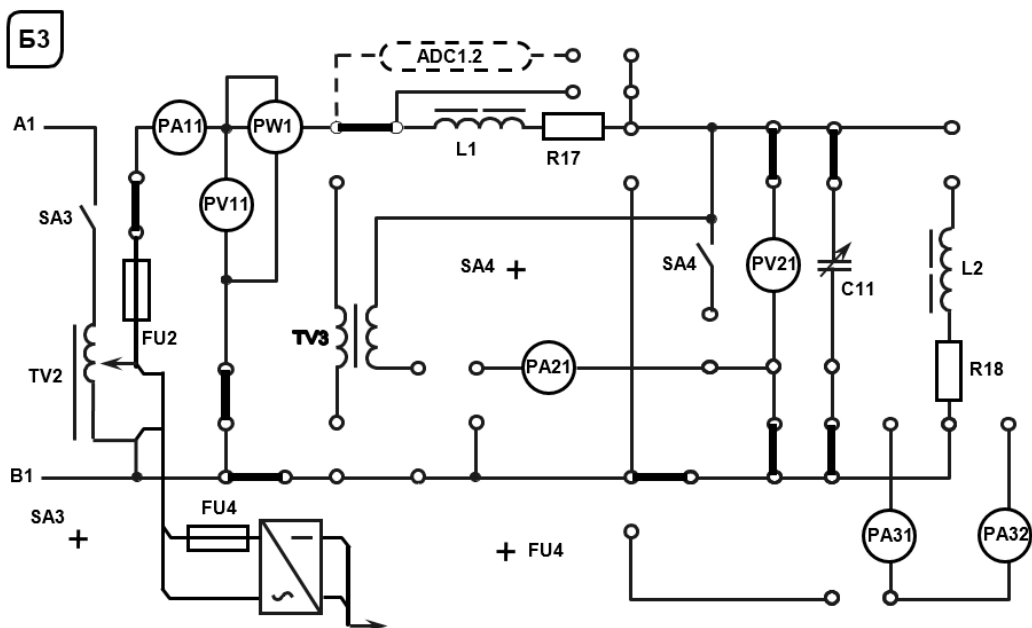


Рисунок 4.4 – Схема для экспериментального исследования резонанса напряжений

4.3 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать цель работы, схему исследуемой цепи переменного тока с последовательно соединёнными R -, L -, C -элементами, основные расчётные формулы, результаты эксперимента и моделирования, зависимости $I = f(C11)$ и $\cos\varphi = f(C11)$, векторную диаграмму напряжений и тока, выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Каково условие резонанса напряжений?
- 2 Чему равен коэффициент мощности цепи в режиме резонанса, почему?

5 Лабораторная работа № 5. Исследование режимов работы линии электропередачи (ЛЭП) переменного тока при изменении коэффициента мощности нагрузки

Цель работы: изучение эксплуатационных характеристик линии электропередачи (ЛЭП) переменного тока; определение параметров нагрузки; исследование режимов работы ЛЭП при изменении коэффициента мощности нагрузки.

5.1 Исследуемые схемы

Схема для изучения ЛЭП с нагрузкой в виде параллельно соединённых резистивного, индуктивного и ёмкостного элементов приведена на рисунке 5.1.

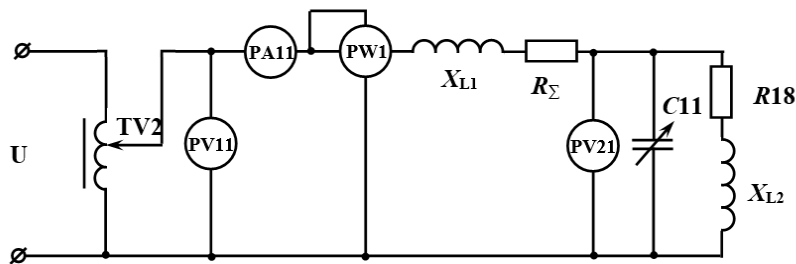


Рисунок 5.1 – Электрическая схема ЛЭП переменного тока с параллельно соединёнными R -, L - и C -элементами в качестве нагрузки

Закоротив условно представленную ЛЭП (L_{K1} , $R17$) определяют параметры катушки L_{K2} , сопротивление $R18$ и $\cos\phi$ при $U_{2H} = 110$ В (схема дана на рисунке 5.2). Рассчитывают величину емкости $C11$ для повышения коэффициента мощности нагрузки, а также для выполнения условия резонанса токов и проверяют значение тока I экспериментально (рисунок 5.3).

5.2 Основные теоретические сведения

5.2.1 Определение сопротивлений нагрузки для ЛЭП.

При расчете сопротивлений нагрузки ($R18$, X_{L2}) необходимо зашунтировать перемычкой ЛЭП $/L_{K1}$, $R17/$, установить автотрансформатором TV2 номинальное напряжение $U_n = 110$ В и снять показания приборов PW1 и PA11.

$$R18 = \frac{P}{I^2}; \quad Z_{L2} = \frac{U_{2H}}{I}; \quad L = \frac{X_{L2}}{2\pi f}; \quad X_{L2} = \sqrt{Z_{L2}^2 - R18^2}.$$

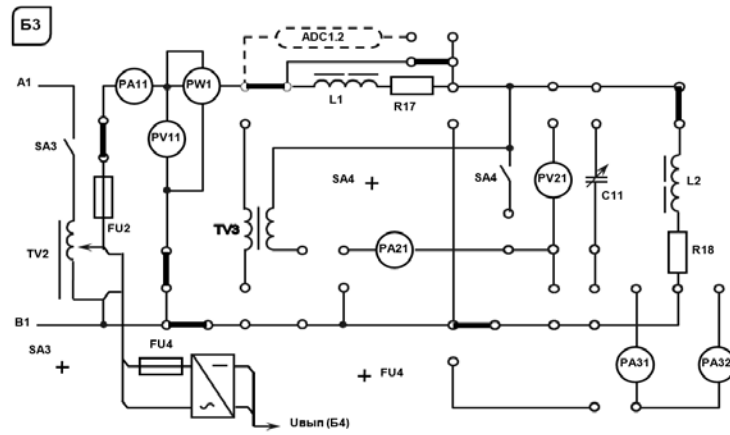


Рисунок 5.2 – Схема для экспериментального исследования параметров схемы замещения катушки индуктивности

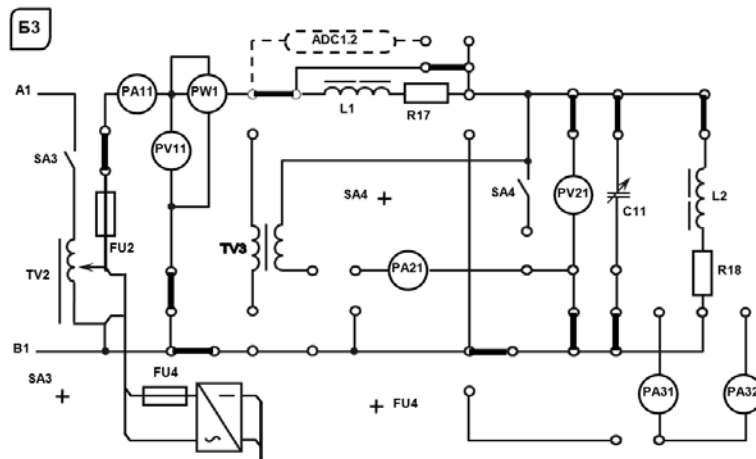


Рисунок 5.3 – Схема для экспериментального исследования резонанса токов

5.2.2 Определение коэффициента мощности $\cos \varphi_{2H}$ нагрузки:

$$\cos \varphi_{2H} = \frac{R18}{Z_{L2}}.$$

5.2.3 Расчет значения емкости C11 для повышения $\cos \varphi_{2H}$ до значения $\cos \varphi_{2TP}$:

$$C11 = \frac{P_2}{\omega U_{11}^2} (\operatorname{tg} \varphi_{2H} - \operatorname{tg} \varphi_{2TP}).$$

5.2.4 Расчет значения емкости C11, при котором в цепи наступит резонанс токов:

$$b_L = b_C; \quad \omega \cdot C11 = \frac{X_{L2}}{Z_{L2}^2}; \quad C11 = \frac{X_{L2}}{\omega \cdot Z_{L2}^2}.$$

5.2.5 Построение графика зависимости $\eta = f(C11)$. Расчет η при различных значениях $C11$ необходимо осуществлять по формуле

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{P_2 \cdot R_{\Sigma}}{U_{2H}^2 \cdot \cos^2 \varphi_2}}.$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{q}{y},$$

где q – активная проводимость нагрузки, См; $q = \frac{R18}{Z_{L2}^2}$;

y – полная проводимость нагрузки, См:

$$Y = \sqrt{\left(\frac{R18}{Z_{L2}^2}\right)^2 + \left(\frac{X_{L2}}{Z_{L2}^2} - \omega \cdot C_2\right)^2};$$

b_L – реактивная проводимость катушки индуктивности, См; $b_L = \frac{X_{L2}}{Z_{L2}^2}$;

b_C – реактивная проводимость конденсатора, См; $b_C = \omega C_2$;

P_2 – активная мощность, потребляемая нагрузкой, Вт;

$$P_2 = P - P_1 = P - I^2 \cdot (R17 + R_{K1});$$

P – показания ваттметра PW2, Вт.

5.3 Порядок выполнения лабораторной работы

5.3.1 Определить параметры схемы замещения катушки индуктивности. Зашунтировав ЛЭП и установив $U_{2H} = 110$ В, определить значения сопротивлений нагрузки X_{L2} , $R18$, а также коэффициент мощности нагрузки $\cos \varphi_{2H}$.

5.3.2 Рассчитать значение емкости конденсатора $C11$ для повышения коэффициента мощности нагрузки до значения $\cos \varphi_{2TP}$, заданного преподавателем.

5.3.3 Изменяя емкость $C11$, снять в зависимость $\eta = f(C11)$.

5.3.4 Рассчитать значение емкости $C11$, при котором в цепи наступит резонанс токов, и проверить на стенде.

5.3.5 Провести моделирование работы схемы (см. рисунок 5.1) в среде Multisim.

5.3.6 Сделать выводы по результатам работы.

5.4 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать цель работы, схему исследуемой цепи переменного тока с параллельно соединёнными R -, L -, C -элементами, основные расчётные формулы, результаты эксперимента и моделирования, зависимости $I = f(C11)$ и $\cos\varphi = f(C11)$, выводы по работе.

Контрольные вопросы

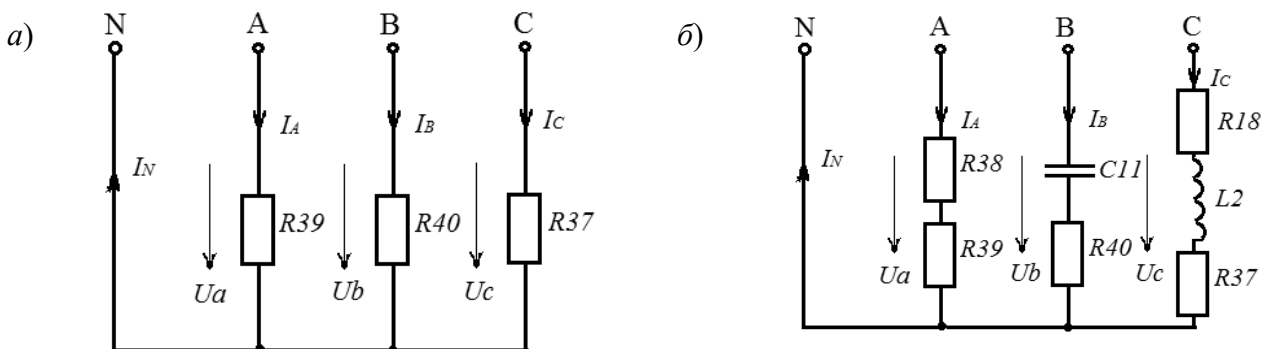
- 1 В какой цепи и при каких условиях возникает резонанс токов?
- 2 От каких параметров цепи зависит резонансная частота?

6 Лабораторная работа № 6. Определение параметров и исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении потребителей звездой

Цель работы: исследование трехфазной цепи при соединении потребителей звездой; изучение методов расчета трехфазных цепей при соединении потребителей звездой.

Исследуемые схемы

В лабораторной работе исследуются трехфазные схемы с симметричной (рисунок 6.1, а) и несимметричной (рисунок 6.1, б) нагрузками при наличии нейтрального провода и без него.



а – нагрузка симметричная; б – нагрузка несимметричная

Рисунок 6.1 – Исследуемые трёхфазные схемы

6.1 Основные теоретические сведения

6.1.1 Исследование симметричной резистивной нагрузки при наличии нейтрального провода.

Для получения симметричной нагрузки $R_{37} = R_{39} = R_{40}$ необходимо переключателями закоротить следующие элементы: R_{38} , C_{11} , L_{K2} и R_{18} (рисунок 6.2).

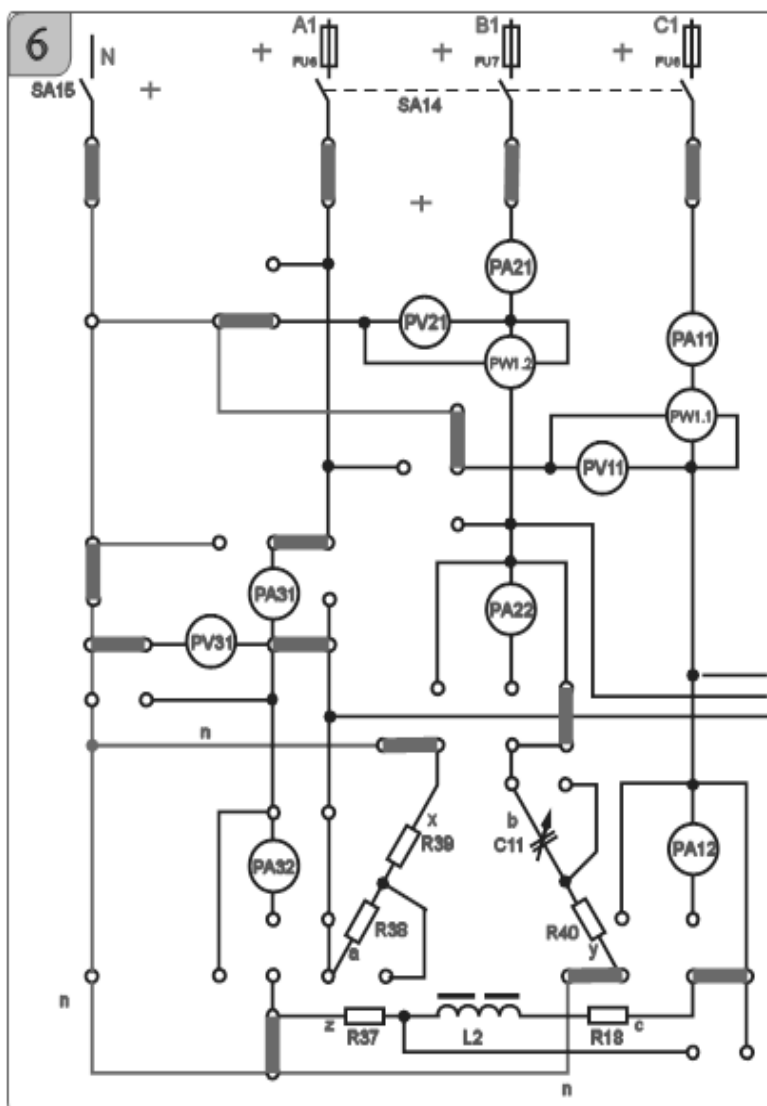


Рисунок 6.2 – Схема для экспериментального исследования трехфазной электрической цепи при соединении нагрузки звездой

Измерить фазные напряжения U_b и U_c при помощи вольтметров PV_{21} , PV_{11} и фазные токи в фазах В и С при помощи амперметров PA_{21} и PA_{11} .

Убедиться в отсутствии тока в нейтральном проводе: $I_N = 0$ (PA_{31}).

Определить значения сопротивлений резисторов по закону Ома:

$$R_{37} = \frac{U_c}{I_c}.$$

Мощность, потребляемую симметричной нагрузкой, найти по формуле

$$P = 3 \cdot I_C^2 \cdot R37.$$

6.1.2 Расчет значения емкости C11 для получения равномерной нагрузки:

$$Z_a = R38 + R39;$$

$$Z_b = \sqrt{R40^2 + X_{L2}^2};$$

$$Z_c = \sqrt{(R37 + R18)^2 + X_{L2}^2}.$$

Приняв $Z_a = Z_b = Z_c$, определяют значение C11 для получения равномерной нагрузки:

$$R40^2 + X_{C11}^2 = (R37 + R18)^2 + X_{L2}^2,$$

где значения $R18=59\text{Ом}$ и $X_{L2}=140\text{Ом}$,

$$X_{C11} = \sqrt{(R37 + R18)^2 + X_{L2}^2 - R40^2}.$$

Откуда

$$C11 = \frac{1}{\omega \cdot X_{C11}}.$$

Значение сопротивления резистора R38 определяется из соотношения

$$R38 = Z_c - R39.$$

6.1.3 Исследование несимметричной равномерной нагрузки с нейтральным проводом (общая точка ваттметров соединена с нейтралью). В этом случае

$$\dot{U}_a = \dot{U}_b = \dot{U}_c; \quad \dot{I}_A = \frac{\dot{U}_a}{Z_a}; \quad \dot{I}_B = \frac{\dot{U}_b}{Z_b}; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_c}{Z_c},$$

где $\dot{U}_a, \dot{U}_b, \dot{U}_c$ – фазные напряжения нагрузок,

$$\dot{U}_a = \dot{U}_A; \quad \dot{U}_b = \dot{U}_B; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_C; \quad I_a = I_b = I_c.$$

Ток в нейтральном проводе

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C.$$

6.2 Порядок выполнения лабораторной работы

6.2.1 Исследовать экспериментально симметричную нагрузку с нейтральным проводом, измерив фазные токи I_A , I_B , I_C , напряжения U_a , U_b , U_c и мощность нагрузки P , а также ток в нейтральном проводе I_N . Заполнить таблицу 6.1 (симметричная нагрузка).

6.2.2 Рассчитать сопротивления фаз симметричной нагрузки (см. п. 6.1.1).

6.2.3 Рассчитать значения емкости $C11$ и сопротивления резистора $R38$ для обеспечения равномерной нагрузки (см. п. 6.1.2).

6.2.4 Исследовать равномерную нагрузку с нейтральным проводом, измерив фазные напряжения, мощность и ток в нейтральном проводе, подключив его тумблером SA15. Рассчитать комплексные значения токов в фазах А, В, С и определить ток в нейтральном проводе. Сравнить расчетные значения тока с экспериментальными. Заполнить таблицу 6.1 (равномерная нагрузка).

Таблица 6.1 – Результаты измерений

U_A , В	U_B , В (PV21)	U_C , В(PV11)	I_A , А	I_B , А(PA21)	I_C , А(PA11)	I_N , А(PA31)	P , Вт
Симметричная нагрузка эксперимент							
Моделирование							
Равномерная нагрузка эксперимент							
Расчёт							
Моделирование							

6.2.5 Построить векторную диаграмму токов и напряжений для равномерной нагрузки с нейтральным проводом.

6.2.6 Провести моделирование работы схемы (см. рисунок 6.1) в среде Multisim.

6.2.7 Сделать выводы по результатам работы.

6.3 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать цель работы, схемы трёхфазной цепи при симметричной и несимметричной нагрузках, основные расчётные формулы, результаты эксперимента, моделирования и расчёта (см. таблицу 6.1), векторную диаграмму напряжений и токов, выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Каково назначение нулевого провода?
- 2 Как вычислять мощность, потребляемую трёхфазной цепью при соединении приёмников звездой?

7 Лабораторная работа № 7. Определение параметров и исследование режимов работы трехфазной цепи при соединении потребителей в треугольник

Цель работы: исследование трехфазной цепи при соединении потребителей треугольником; изучение методов расчета работы трехфазных цепей при соединении потребителей треугольником.

Исследуемые схемы

В лабораторной работе исследуются трехфазные схемы с симметричной, несимметричной и равномерной нагрузками при соединении потребителей треугольником (рисунок 7.1).

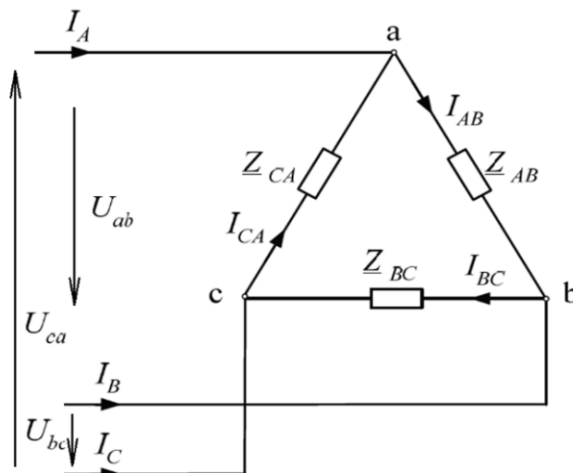


Рисунок 7.1 – Исследуемая трёхфазная схема при соединении потребителей треугольником

7.1 Порядок выполнения лабораторной работы

7.1.1 Установить равномерную нагрузку во всех трех фазах. Определить активную мощность нагрузки и линейный ток в линии C нагрузки. Напряжение U_{ab} измерить прибором PV21, напряжения U_{bc} , U_{ac} – прибором PV11 (рисунок 7.2).

7.1.2 Рассчитать комплексные значения фазных токов и определить линейный ток в линии C . Рассчитать активную мощность потребителя. Результаты вычислений сравнить с экспериментальными данными.

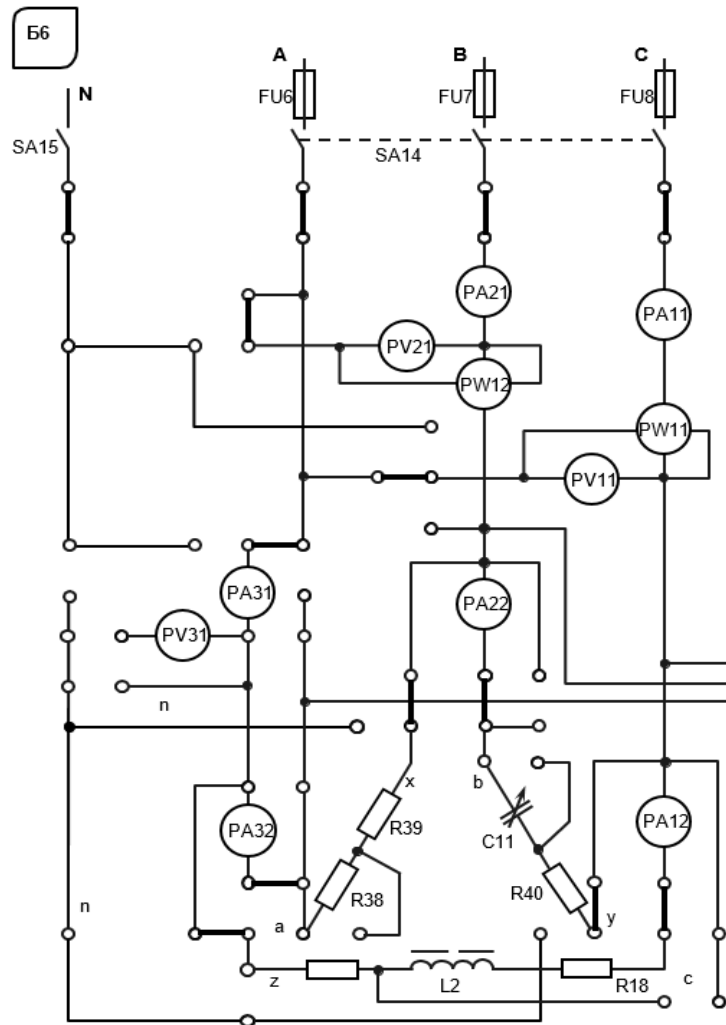


Рисунок 7.2 – Трехфазная электрическая цепь при соединении нагрузки треугольником

Ток в фазах определяют по закону Ома для каждой фазы:

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_{ab}}; \quad \dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{bc}}{\underline{Z}_{bc}}; \quad \dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{ca}}{\underline{Z}_{ca}}.$$

Линейные токи определяют по первому закону Кирхгофа:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}; \quad \dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB}; \quad \dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC}; \quad \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0.$$

7.1.3 Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

7.1.4 Провести моделирование работы схемы (см. рисунок 7.1) в среде Multisim.

7.1.5 Сделать выводы по результатам работы.

7.2 Содержание отчёта

Отчёт по работе должен содержать цель работы, схему трёхфазной цепи, основные расчётные формулы, результаты эксперимента, моделирования и расчёта, векторную диаграмму напряжений и токов, выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Расчёт трёхфазной цепи переменного тока при соединении треугольником с симметричной нагрузкой.

2 Как изменятся фазные токи при отключении одного из линейных проводов в симметричном приемнике?

Список литературы

1 **Касаткин, А. С.** Курс электротехники: учебник / А. С. Касаткин, М. В. Немцов. – 8-е изд., стереотип. – Москва: Высшая школа, 2005. – 541 с.

2 **Иванов, И. И.** Электротехника: учебник / И. И. Иванов, Г. И. Соловьев, В. С. Равдоник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2003. – 496 с.

3 **Алехин, В. А.** Электроника: теория и практика. Моделирование в среде TINA-8: учебное пособие / В. А. Алехин. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2017. – 308 с.: ил.

4 **Иванов, В. Н.** Электроника и микропроцессорная техника: учебник / В. Н. Иванов. – Москва: Академия, 2016. – 288 с.

5 **Марченко, А. Л.** Основы электроники: учебное пособие для вузов / А. Л. Марченко. – Москва: ДМК Пресс, 2008. – 296 с.

6 **Лачин, В. И.** Электроника: учебное пособие / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 703 с.

7 **Бладыко, Ю. В.** Электроника. Практикум: учебное пособие / Ю. В. Бладыко. – Минск: Минфин, 2016. – 190 с.: ил.