

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Петрозаводский филиал ПГУПС

ОДОБРЕНО
на заседании цикловой комиссии
протокол № 12 от 15.06.2017
Председатель цикловой комиссии:
(подпись) (Н.Севцова)

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УМО
(подпись) А.В. Калько
«15» 06 2017г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации и проведению практических занятий и
лабораторных работ**

По учебной дисциплине: ОП.02. Электротехника

Специальность: 27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте
(железнодорожном транспорте)

Выполнил: Голодюк Олег Юрьевич

2017г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по организации и проведению практических занятий и лабораторных работ разработаны в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ОП.02. Электротехника и предназначено для выполнения практических занятий и лабораторных работ обучающимися.

Практические занятия и лабораторные работы по учебной дисциплине направлены на усвоение знаний, освоение умений и формирование элементов общих компетенций, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен

уметь:

рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств;

собирать электрические схемы и проверять их работу;

измерять параметры электрической цепи;

знать:

физические процессы в электрических цепях;

методы расчета электрических цепей;

методы преобразования электрической энергии.

В результате освоения учебной дисциплины происходит поэтапное формирование элементов общих и профессиональных компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 1.1. Анализировать работу станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем автоматики по принципиальным схемам.

ПК 1.2. Определять и устранять отказы в работе станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем автоматики.

ПК 1.3. Выполнять требования по эксплуатации станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем автоматики.

ПК 2.1. Обеспечивать техническое обслуживание устройств СЦБ и систем ЖАТ.

ПК 2.2. Выполнять работы по техническому обслуживанию устройств электропитания систем железнодорожной автоматики.

ПК 2.3. Выполнять работы по техническому обслуживанию линий железнодорожной автоматики.

ПК 2.4. Организовывать работу по обслуживанию, монтажу и наладке систем железнодорожной автоматики.

ПК 2.5. Определять экономическую эффективность применения устройств автоматики и методов их обслуживания.

ПК 2.6. Выполнять требования технической эксплуатации железных дорог и безопасности движения.

ПК 2.7. Составлять и анализировать монтажные схемы устройств СЦБ и ЖАТ по принципиальным схемам.

ПК 3.1. Производить разборку, сборку и регулировку приборов и устройств СЦБ.

ПК 3.2. Измерять и анализировать параметры приборов и устройств СЦБ.

ПК 3.3. Регулировать и проверять работу устройств и приборов СЦБ.

Рабочей программой предусмотрено выполнение обучающимися практических занятий, включая, как обязательный компонент практические задания с использованием персонального компьютера.

Распределение результатов освоения учебного материала в ходе выполнения лабораторных работ и заданий на практических занятиях происходит в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Распределение результатов освоения учебного материала

Контрольно-оценочные мероприятия	Кол-во часов	результаты		Поэтапно формируемые элементы общих и профессиональных компетенций
		Усвоенные знания	Освоенные умения	
Лабораторная работа №1 Изучение правил эксплуатации амперметра, вольтметра и ваттметра	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 1.1. ПК 2.3. ПК 2.6 ПК 3.2. ПК 3.3.
Лабораторная работа №2 Проверка закона Ома для цепи постоянного тока	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,
Лабораторная работа №3 Определение потери напряжения в линии электропередачи	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,ПК 1.1.. ПК 2.7.
Лабораторная работа №4 Исследование основных соотношений в цепи постоянного тока с последовательным и параллельным соединением резисторов	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 1.2. ПК 2.7.
Лабораторная работа №5 Проверка основных состояний цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств; собирать электрические схемы и проверять их работу;	ОК1-4,8,9 ПК 1.2. ПК 2.1. ПК 2.7.
Лабораторная работа № 6 Исследование сложной цепи постоянного тока методом наложения. Проверка 2-ого закона Кирхгофа	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств; собирать электрические схемы и проверять их работу;	ОК1-4,8,9 ПК 2.1. ПК 3.1.
Лабораторная работа № 7 Исследование законов электромагнитной индукции	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 3.1.
Лабораторная работа № 8 Исследование основных соотношений в цепи переменного тока с последовательным соединением R и L	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 2.7.

Лабораторная работа № 9 Исследование основных соотношений в цепи переменного тока с последовательным соединением R и C	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 2.7.
Лабораторная работа №10 Исследование резонанса напряжений	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9
Лабораторная работа № 11 Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Измерение коэффициента мощности и исследование способов его повышения	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9
Лабораторная работа № 12 Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей энергии звездой	2	методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 2.1. ПК 2.2.
Лабораторная работа № 13 Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей энергии треугольником	2	методы расчета электрических цепей;	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 2.1. ПК 2.2.
Лабораторная работа № 14 Моделирование электрических цепей несинусоидального тока	2	физические процессы в электрических цепях; методы расчета электрических цепей; методы преобразования электрической энергии.	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 1.2. ПК 2.2.
Лабораторная работа № 15 Исследование переходных процессов в цепи с индуктивностью и емкостью	2	физические процессы в электрических цепях; методы преобразования электрической энергии.	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9
Лабораторная работа № 16 Исследование работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	2	методы преобразования электрической энергии.	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 2.2.
Лабораторная работа № 17 Исследование режимов работы генератора постоянного тока с параллельным возбуждением	2	методы преобразования электрической энергии.	собирать электрические схемы и проверять их работу; измерять параметры электрической цепи;	ОК1-4,8,9 ПК 1.1 ПК 1.3. ПК 2.2.
Практическое занятие №1 Исследование зависимости емкости плоского конденсатора от его параметров	2	физические процессы в электрических цепях;	рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств;	ОК1-4,8,9
Практическое занятие №2 Расчет четырехполюсника	2	физические процессы в электрических цепях;	рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств;	ОК1-4,8,9
Практическое занятие №3 Электромагнитное взаимодействие токоведущих шин подстанции	2	физические процессы в электрических цепях;	рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств;	ОК1-4,8,9

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

При оценке освоенных умений при выполнении практических работ применяется дихотомическая шкала оценивания.

Оценивание практических занятий и лабораторных работ производится в соответствии со следующими нормативными актами:

- Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся;
- Положение о планировании, организации и проведении лабораторных работ и практических занятий.

Лабораторная работа №1

Изучение правил эксплуатации амперметра, вольтметра и ваттметра

Цель работы:

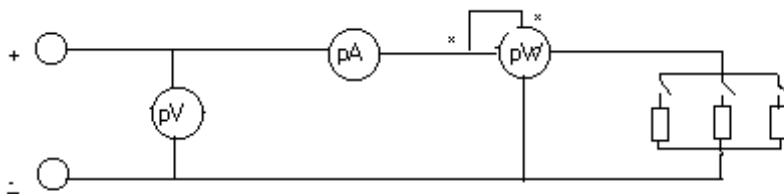
Приобрести практические навыки в сборке электрических цепей и ознакомиться с включением в цепь амперметра, вольтметра и ваттметра.

Порядок выполнения работы:

Технические данные используемых приборов Таблица 1

Обозначение приборов	Наименование прибора	Заводской номер	Система прибора	Номинальное значение	Цена деления	Класс точности
РА	амперметр	2747	Электромагнитная	1	0.01	0.5
PV	вольтметр	2935	Электродинамическая	150	1	0.5
PW	ваттметр	5038	Электромагнитная	75	0.5	0.5

Электрическая схема:



Результаты измерений и вычислений: Таблица №2

№	Измерено						Вычислено				
	U		I		P		R	R'	P'	ΔP	γP
	Дел	В	Дел	А	Дел	Вт	Ом	Ом	Вт	Вт	%
1											
2											
3											
4											
5											

Расчётные формулы:

$$R' = \frac{P}{I^2} \quad R = \frac{U}{I}$$

$$P' = U I \quad \Delta P = P' - P$$

$$\gamma P = \frac{\Delta P}{P} \cdot 100\%$$

Графики:

1. $I=f(U)$



2. $P=f(I)$



Вывод:

1. Как определить цену деления амперметра, вольтметра, ваттметра?

2. Сформулируйте закон Ома для участка цепи

3. Предел измерения амперметра 1 А; Максимальное кол-во дел 10. Стрелка амперметра отклонилась на 3 дел, какова величина тока в цепи ?

4. Начертите схему включения амперметра и вольтметра в цепь.

Лабораторная работа №2

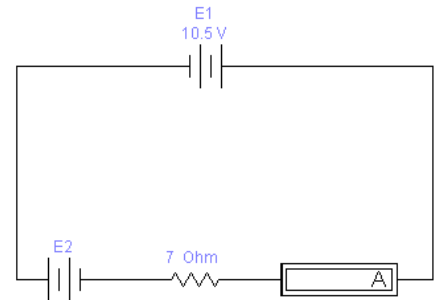
Проверка закона Ома для цепи постоянного тока

Цель работы:

Проверить закон Ома для участка и для полной цепи постоянного тока

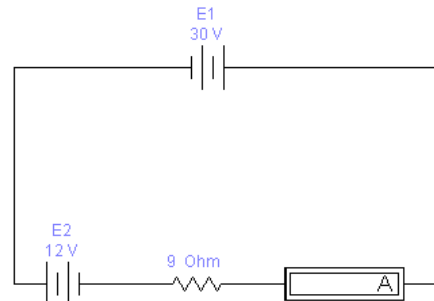
Порядок выполнения работы:

1. Для приведенной схемы определите величину ЭДС E_2 , при которой показания амперметра в схеме будут равно 2.5 А.



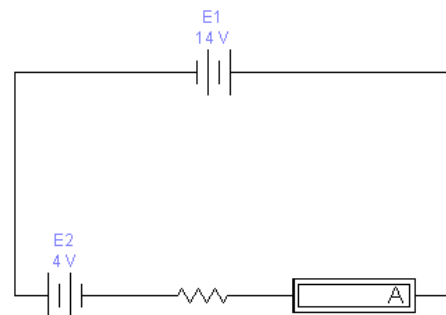
Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения E_2 .

2. Для схемы 2 рассчитайте показания амперметра.



Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения тока.

3. Для схемы 3 рассчитайте значение сопротивления, при котором показания амперметра в схеме будут равно 2.5 А.



Проведите экспериментальную проверку вычисленного значения сопротивления.

4. Соберите схему из трех резисторов по 15 Ом каждый, так, чтобы при подаче напряжения равного 50 В амперметр показал значение 10А. Начертите схему соединения резисторов. Проведите экспериментальную проверку вычислений.

Вывод:

Лабораторная работа №3

Определение потери напряжения в линии электропередачи

Цель работы:

Исследовать потери напряжения и мощности в двухпроводной линии с распределенной нагрузкой.

Краткие сведения из теории:

Передача электрической энергии от источника к приемнику происходит по проводам, образующим электрическую линию. При передаче энергии возникает потеря напряжения в проводах линии

$$\Delta U = I \cdot R_{\text{л}},$$

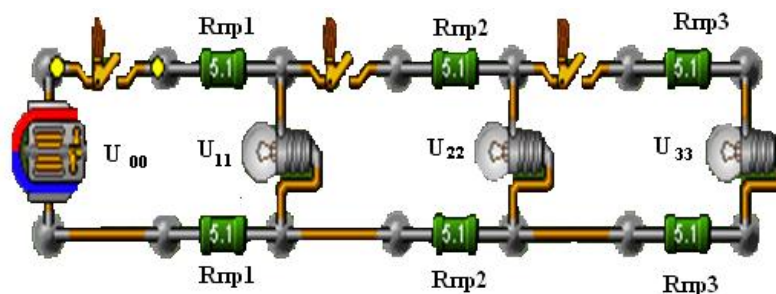
где $R_{\text{л}}$ – это сопротивление проводов линии.

В результате этого напряжение U_2 в конце электрической линии оказывается меньше напряжения U_1 в начале линии. Потеря напряжения в проводах линии ΔU не является постоянной величиной, она колеблется в зависимости от силы тока нагрузки от нуля (при $I = 0$) до наибольшего значения (при максимальной нагрузке). Кроме того, она зависит от сопротивления $R_{\text{л}}$ проводов линии, т. е. от их удельной проводимости γ , площади поперечного сечения S и длины линии $l_{\text{л}}$.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую схему, указанную на рисунке 1.

Рисунок 1



2. На рисунке 1 изображена линия электропередачи, с распределенными параметрами. Установите мощность каждой лампы 100 Вт, напряжение в начале линии 100 В, мощность каждого резистора 0,5 кВт.
3. Установите значения длины и материал провода согласно заданию преподавателя.
4. Для своего варианта рассчитайте сопротивление проводов для каждого участка

$$R_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot S}$$

Запишите значения сопротивлений:

$$R_{\text{пр1}} = \quad \text{Ом}; \quad R_{\text{пр2}} = \quad \text{Ом}; \quad R_{\text{пр3}} = \quad \text{Ом}.$$

5. Из панели инструментов извлеките мультиметр. Выставьте предел: 200 В переменного напряжения.

6. При отключенных второй и третьей лампочках (замкнут ключ 1) мультиметром измерьте значение напряжения в начале линии и напряжение на первом потребителе. Данные занесите в таблицу 1.

Таблица 1

ТАБЛИЦА 1

№ п/п	Измерено				Рассчитано												
	U ₀₀ В	U ₁₁ В	U ₂₂ В	U ₃₃ В	I ₁ А	I ₂ А	I ₃ А	ΔU ₀₁ В	ΔU ₁₂ В	ΔU ₂₃ В	ΔU В	P ₁ Вт	P ₂ Вт	P ₃ Вт	ΔP Вт	η, %	
1.			–	–		–	–		–	–			–	–			
2.				–			–			–				–			
3.																	

7. Для определения тока в линии измерьте падение напряжения на первом резисторе, затем по закону Ома рассчитайте ток

$$I_1 = \frac{U_1}{R_{\text{пр1}}}$$

8. Включите ключ 2, измерьте напряжение в начале линии, на первом и втором потребителях. Данные занесите в таблицу 1.

9. Аналогично определите токи

$$I_1 = \frac{U_1}{R_{\text{пр1}}}; \quad I_2 = \frac{U_2}{R_{\text{пр2}}}$$

10. Включите ключ 3, измерьте напряжение в начале линии, на первом, втором и третьем потребителях. Данные занесите в таблицу 1.

9. Аналогично определите токи.

$$I_1 = \frac{U_1}{R_{\text{пр1}}}; \quad I_2 = \frac{U_2}{R_{\text{пр2}}}; \quad I_3 = \frac{U_3}{R_{\text{пр3}}}$$

По нижеприведенным соотношениям дополните таблицу 1 расчетными данными:

✓ падение напряжения на отдельных участках линии:

$$\Delta U_{01} = U_{00} - U_{11}; \quad \Delta U_{12} = U_{11} - U_{22}; \quad \Delta U_{23} = U_{22} - U_{33}$$

✓ падение напряжения во всей линии:

$$\Delta U = \Delta U_{01} + \Delta U_{12} + \Delta U_{23}$$

✓ мощность потребителей:

$$P_1 = U_{11} \cdot I_1; \quad P_2 = U_{22} \cdot I_2; \quad P_3 = U_{33} \cdot I_3$$

✓ мощность, отдаваемая генератором:

$$P_{00} = U_{00} \cdot (I_1 + I_2 + I_3)$$

✓ мощность потерь в линии:

$$\Delta P = P_{00} \cdot (P_1 + P_2 + P_3)$$

✓ КПД линии:

$$\eta = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_{00}} \cdot 100\%$$

13. Сформулируйте выводы о проделанной работе.

Выводы:

Контрольные вопросы:

1. Чем обусловлены потери напряжения и мощности в линиях электропередачи?

2. От чего зависит КПД линии и что следует предпринять для его увеличения?

КАРТОЧКА – ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3

№ варианта	l_1 , м	l_2 , м	l_3 , м	Материал провода	γ , $\frac{\text{м}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}$	$S_{\text{ст}}$, мм ²
1	550	825	612	алюминий	34,5	12
2	760	420	815	медь	57,2	16
3	580	745	917	бронза	33,3	20
4	490	730	520	вольфрам	17,9	25
5	1100	835	523	латунь	13,3	32
6	810	410	625	алюминий	34,5	35
7	620	825	327	медь	57,2	12
8	830	440	730	бронза	33,3	16
9	650	835	226	вольфрам	17,9	20
10	760	510	824	латунь	13,3	25
11	480	625	721	алюминий	34,5	32
12	590	840	318	медь	57,2	35
13	1200	825	517	бронза	33,3	12
14	910	620	415	вольфрам	17,9	16
15	420	645	913	латунь	13,3	20

Лабораторная работа №4

Исследование основных соотношений в цепи постоянного тока с последовательным и параллельным соединением резисторов

Цель работы:

1. Убедится в справедливости закона Ома, первого закона Кирхгофа.
2. Проанализировать основные соотношения в цепи постоянного тока.

Краткие сведения из теории:

Постоянным называется ток величина и направление, которого не изменяется с течением времени.


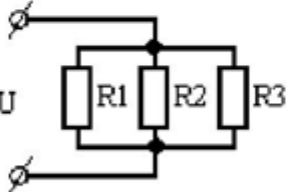
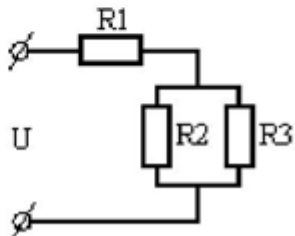
Закон Ома для участка цепи:

$$I = \frac{U}{R}$$

Закон Ома для всей цепи:

$$I = \frac{E}{R + R_{\text{см}}}$$

Способы соединения при n-никах:

Последовательное	Параллельное	Смешанное
		
$I = I_1 = I_2 = I_3$	$I = I_1 + I_2 + I_3$	
$U = U_1 + U_2 + U_3$	$U = U_1 = U_2 = U_3$	
$R = R_1 + R_2 + R_3$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$	

Первый закон Кирхгофа:

Сумма токов, направленных к узлу электрической цепи, равна сумме токов, направленных из него.

Или:

Алгебраическая сумма токов ветвей для любого узла электрической цепи равна нулю:

$$\sum I = 0.$$

Порядок выполнения работы:

I. Исследование основных соотношений в цепи с последовательным соединением приёмников

1. Соберите электрическую схему, указанную на рисунке 1.

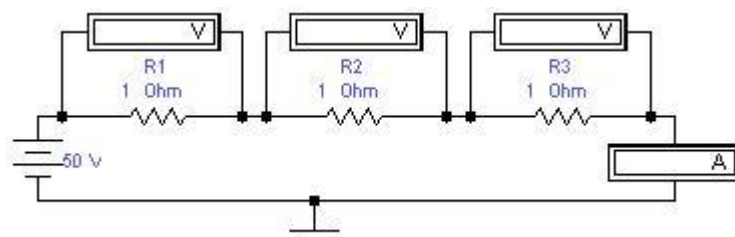


Рисунок 1

2. Вольтметры и амперметр переведите в режим ДС (двойной щелчок мышью открывает окно).

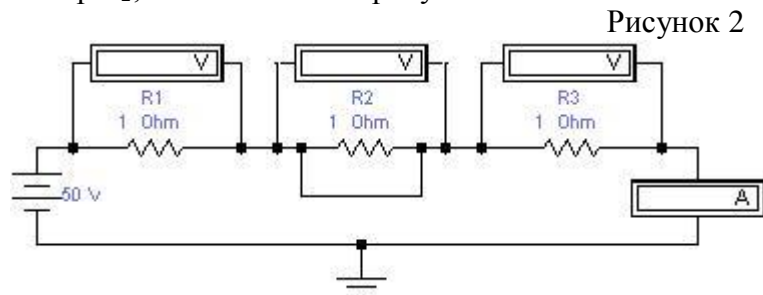
3. Установите значения параметров согласно заданию преподавателя. Показания приборов занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	Задано				Измерено				Рассчитано	
	U, В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	I, А	U ₁ , В	U ₂ , В	U ₃ , В	R _{общ} , Ом	U _{общ} , В
1										
2										
3										

4. Измените номинал второго резистора, в соответствии с заданием преподавателя. Показания приборов занесите в таблицу 2.

5. Закоротите резистор R₂, как показано на рисунке 2.



Показания приборов занесите в таблицу 4.

6. Ответьте на вопросы:

- Как изменяется эквивалентное сопротивление цепи при увеличении одного из сопротивлений? _____

- Как при этом изменяется сила тока? _____

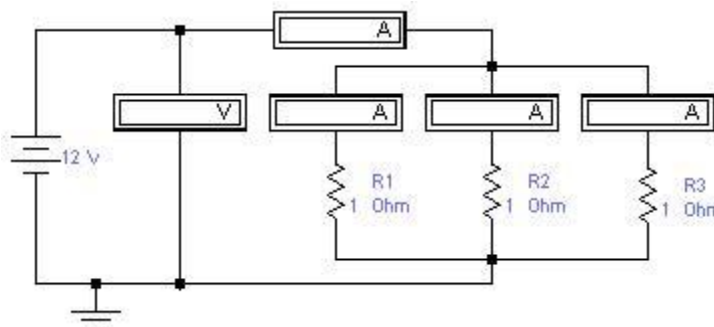
- Как изменяется падение напряжения на каждом резисторе? _____

- Ответьте на те же вопросы, при условии, что сопротивление одного из резисторов уменьшили. _____

II. Исследование основных соотношений в цепи с параллельным соединением приёмников

7. Соберите электрическую схему, указанную на рисунке 3.

Рисунок 3



8. Вольтметр и амперметры переведите в режим ДС.

9. Установите значения параметров согласно заданию преподавателя. Показания приборов запишите в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	Задано			Измерено				Рассчитано		
	U, В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	I, А	I ₁ , А	I ₂ , А	I ₃ , А	R _{общ} , Ом	I _{общ} , А
1										
2										
3										

10. Измените номинал второго резистора, в соответствии с заданием преподавателя.

Показания приборов запишите в таблицу 5.

11. Отключите один из резисторов. Показания приборов запишите в таблицу 2.

12. Ответьте на вопросы:

- Как изменяется общее сопротивление, если в схему добавить ещё один резистор? _____

- Как при этом изменяется сила тока? _____

- Составьте уравнение для данной схемы по первому закону Кирхгофа

13. Сформулируйте выводы о проделанной работе.

Выводы:

КАРТОЧКА – ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 4***I. Исследование основных соотношений в цепи с последовательным соединением приемников.***

<i>№ варианта</i>	<i>U В</i>	<i>R₁ Ом</i>	<i>R₂ Ом</i>	<i>R₃ Ом</i>	<i>R₂¹ Ом</i>
1	50	25	12	13	87
2	60	20	10	30	70
3	60	10	10	10	80
4	80	40	20	20	100
5	80	5	20	15	80

II. Исследование основных соотношений в цепи с параллельным соединением приемников.

<i>№ варианта</i>	<i>U В</i>	<i>R₁ Ом</i>	<i>R₂ Ом</i>	<i>R₃ Ом</i>	<i>R₂¹ Ом</i>
1	50	25	5	10	50
2	60	20	10	30	12
3	60	10	10	10	15
4	80	40	20	20	100
5	80	5	20	15	80

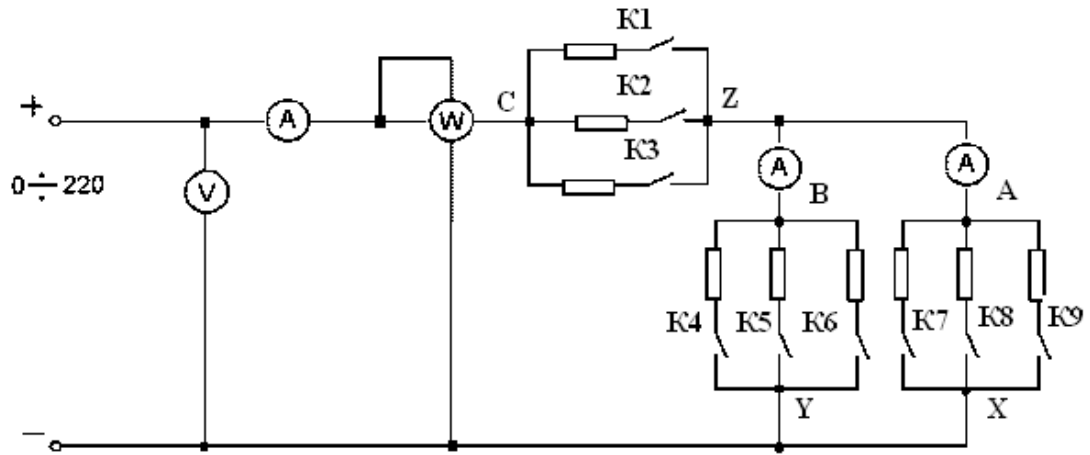
Лабораторная работа №5

Проверка основных состояний цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов

Цель:

Опытным путем проверить основные соотношения между эл. величинами в цепи постоянного тока.

Электросхема:



Технические данные исп. приборов: таблица 1

Обозначение прибора	Наименование прибора	Заводской номер	Система прибора	Номинальное значение	Цена деления	Класс точности
PU	вольтметр			150 В		
РА	амперметр			0,5-1 А		
PW	ваттметр			U _н =150В I _н =2,5А		

Результаты измерений и вычислений: таблица 2

№ о п ы т а	измерено							вычислено						Примечания	
	U	I	I _{by}	I _{ax}	P	U ₁₋₃	U ₄₋₉	R	R _{ax}	R _{by}	R _{cz}	R _э	P'		
	В	А	А	А	Вт	В	В	Ом	Ом	Ом	В	Ом	Вт		
1															K1-K9
2															K1-K8
3															K1-K7
4															K1-K5, K7
5															K1 - K4, K7
6															K1; K2; K4; K7

Расчетные формулы:

$$R = \frac{U}{I}; R_{AX} = \frac{U_{4-9}}{I_{AX}}; R_{by} = \frac{U_{4-9}}{I_{by}}; R_{\mathcal{D}} = R_{cz} + \frac{R_{ax} \cdot R_{by}}{R_{ax} + R_{by}};$$

$$P' = U \cdot I$$

Построить графики зависимости $I = f(P)$;

График: $I = f(P)$

Ответить на вопросы:

1. Какое соединение резисторов называется последовательным?

2. Какое соединение резисторов называется параллельным?

3. Как изменятся показания приборов, если R_{ax} уменьшилось? Ответ обосновать

4. Как изменятся показания приборов, если R_{cz} уменьшилось? Ответ обосновать

Вывод:

Лабораторная работа № 6

Исследование сложной цепи постоянного тока методом наложения. Проверка 2-ого закона Кирхгофа

Цель:

Исследовать сложную цепь с помощью метода наложения. Опытным путём убедиться в справедливости законов Кирхгофа, сравнив расчётные результаты с результатами, полученными опытным путём.

Краткие сведения из теории:

Метод наложения можно применять для определения токов в цепи, в которой одновременно действуют несколько ЭДС.

Сущность метода наложения заключается в том, что ток в каждой ветви электрической цепи определяется как алгебраическая сумма частичных токов, создаваемых в этой ветви каждым из источников энергии в отдельности.

При расчёте цепей по методу наложения поступают следующим образом.

В схеме оставляют первый источник энергии с ЭДС E_1 ; остальные источники отключают, оставляя в схеме их внутренние сопротивления. Обычно получается цепь с последовательно-параллельным соединением сопротивлений. В этой цепи легко определить частичные токи, вызванные действием только первого источника ЭДС. Их обозначают I_1' , I_2' , I_3' и т.д.

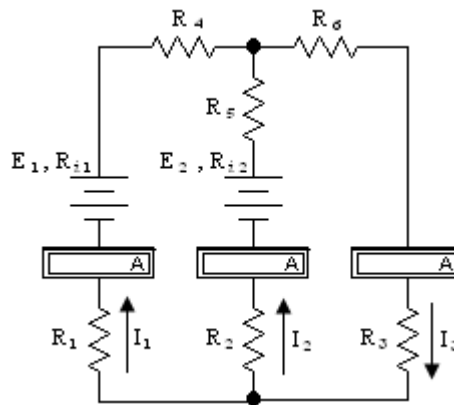
На следующем этапе в схеме оставляют второй источник энергии с ЭДС E_2 ; остальные источники исключают, оставляя в схеме их внутренние сопротивления. В результате расчёта определяют частичные токи от действия второго источника ЭДС: I_1'' , I_2'' , I_3'' и т.д. Аналогично производят расчёты для всех ЭДС схемы.

Алгебраически сложив частичные токи, определяют действительные значения токов на каждом участке сложной цепи, когда все ЭДС действуют одновременно. Знак, который ставится перед частичным током при алгебраическом сложении, зависит от того, совпадает ли направление этого тока с выбранным положительным направлением тока в ветви или противоположно ему.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 1.
2. Установите значения приборов согласно заданию преподавателя:

$E_1 =$	В;	$R_1 =$	Ом;
$E_2 =$	В ;	$R_2 =$	Ом;
$R_{i1} = R_{i2} =$	Ом;	$R_3 =$	Ом;
		$R_4 =$	Ом;
		$R_5 =$	Ом.



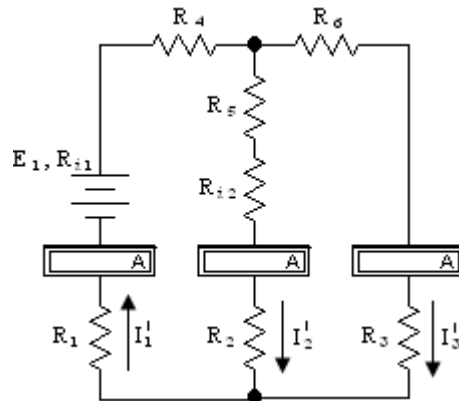
3. Измерьте токи в ветвях электрической цепи.
Показания приборов занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	Измерено									Рассчитано		
	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I_1', A	I_2', A	I_3', A	I_1'', A	I_2'', A	I_3'', A	I_1, A	I_2, A	I_3, A
1												

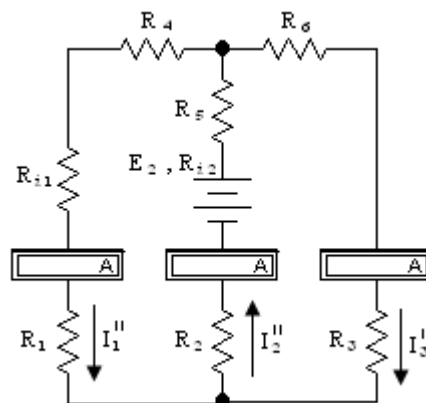
4. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 2. Измерьте частичные токи, создаваемые в ветвях источником E_1 . Результаты измерений занесите в таблицу 1. При этом источник E_2 удаляется, но его сопротивление R_{i2} в цепи остается.

Рисунок 2



5. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 3. Измерьте частичные токи, создаваемые в ветвях источником E_2 . Результаты измерений занесите в таблицу 1. При этом источник E_1 удаляется, но его сопротивление R_{i1} в цепи остается.

Рисунок 3



6. Определите реальные токи в каждой ветви.

$$I_1 = I_1' + I_1'';$$

$$I_2 = I_2' + I_2'';$$

$$I_3 = I_3' + I_3''.$$

Результаты расчетов занесите в таблицу 1.

7. Сформулируйте выводы о проделанной работе.

Ответьте на вопросы:

1. Сформулируйте 1-й закон Кирхгофа: _____

2. Сформулируйте 2-й закон Кирхгофа: _____

3. Какая цепь называется сложной? _____

Выводы:

КАРТОЧКА – ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5

№ варианта	E ₁ , В	E ₂ , В	R ₁₁ = R ₁₂ , Ом	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом
1	80	70	1	14	10	11	6	8
2	50	80	2	15	9	13	7	6
3	70	90	3	16	8	14	8	7
4	90	60	4	8	7	11	9	5
5	120	80	5	9	6	12	11	4
6	80	110	1	10	5	16	12	3
7	110	60	2	11	4	9	14	8
8	50	70	3	12	9	7	15	9
9	60	90	4	13	8	15	9	7
10	80	120	5	14	7	13	8	6
11	90	70	1	15	6	10	7	4
12	100	60	2	6	10	7	5	3
13	70	90	3	7	13	8	4	6
14	110	70	4	8	15	9	3	5
15	60	80	5	9	7	15	6	11

Лабораторная работа № 7

Исследование законов электромагнитной индукции

Цель:

Опытным путём проверить основные законы электромагнитной индукции.

Краткие сведения из теории:

Магнитное поле – одна из двух сторон электромагнитного поля, характеризующаяся воздействием на электрически заряженную частицу с силой, пропорциональной заряду частицы и её скорости.

В проводнике с током и вокруг него возникает магнитное поле. Оно может возникать не только вокруг проводников с током, но и при движении любых заряженных частиц и тел, а также при изменении электрического поля.

Свойства магнитного поля:

- оказывает силовое воздействие на движущиеся в нем заряженные тела и на неподвижные проводники с электрическим током;
- способно намагничивать ферромагнитные тела;
- возбуждать ЭДС в проводниках, которые перемещаются в магнитном поле.

Характеристики магнитного поля:

- | | |
|---|------------------------------|
| - магнитная индукция | $B = \frac{F}{I \cdot l};$ |
| - магнитный поток | $\Phi = B \cdot S;$ |
| - абсолютная магнитная проницаемость | $\mu_a = \mu_0 \cdot \mu_r;$ |
| - относительная магнитная проницаемость | $\mu_r;$ |
| - магнитная постоянная | μ_0 |
| - напряжённость магнитного поля | $H = \frac{B}{\mu_a} .$ |

Правило буравчика (для прямолинейного проводника): если поступательное движение буравчика совпадает с направлением тока в проводе, то вращение рукоятки буравчика укажет направление магнитных силовых линий.

Правило буравчика для катушки с током: если рукоятку буравчика вращать по направлению тока в витках, то его поступательное движение совпадёт с направлением магнитных линий внутри катушки.

Правило правой руки (для определения направления ЭДС индукции): если ладонь правой руки нужно расположить так, чтобы магнитные линии входили в неё, а отогнутый под прямым углом большой палец указывал направление движения проводника, то выпрямленные четыре пальца руки укажут направление индуцированной ЭДС.

Правило левой руки: если ладонь левой руки расположить так, чтобы магнитные линии входили в неё, а четыре выпрямленных пальца совпадали с направлением тока, то отогнутый под прямым углом большой палец укажет направление силы.

Оборудование:

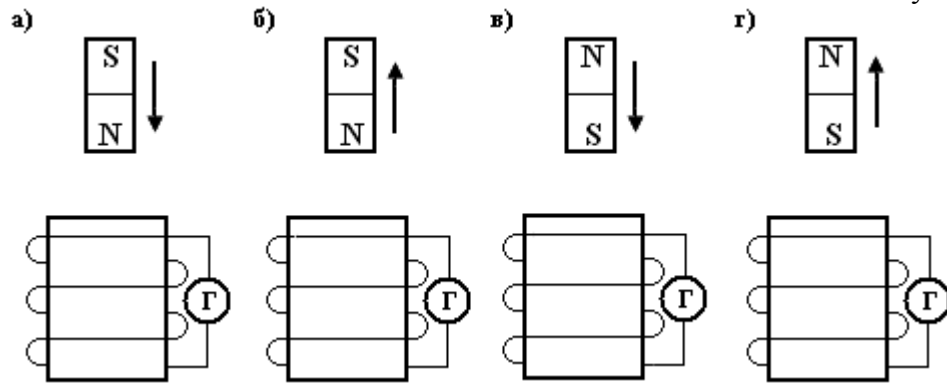
1. Аккумуляторная батарея
2. Гальванометр
3. Реостат
4. Полосовой постоянный магнит
5. Индукционная катушка с сердечником

Порядок выполнения работы:

I. Проверка законов электромагнитной индукции

1. Вводя в катушку постоянный магнит, как показано на рисунке 1, замерьте отклонения стрелки гальванометра и запишите результаты измерений.

Рисунок 1



• Рис. а) -

• Рис. б) -

• Рис. в) -

Рис.г)

II. Изучение явления самоиндукции

2. Изучите явление самоиндукции, используя две индукционных катушки, как показано на рисунке 2. Запишите результаты наблюдений.

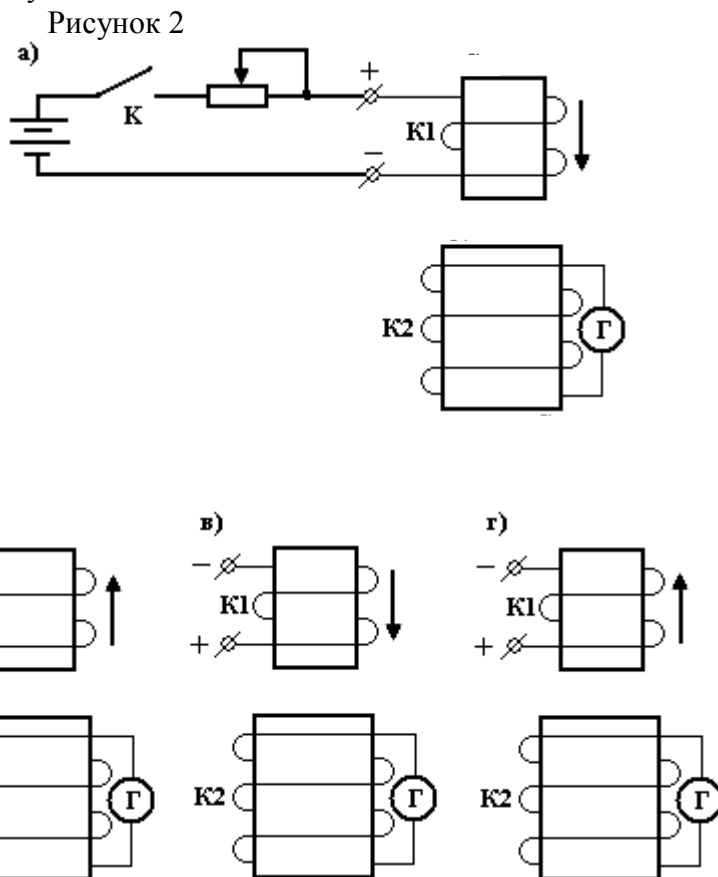


Рис. а) -

Рис. б) -

Измените направление тока в катушке **K1** и результаты наблюдений запишите в отчёт:

Рис. в) -

Рис.г)

4. Сформулируйте выводы о проделанной работе и ответьте на вопросы.

Выводы:

Контрольные вопросы:

1. *Электромагнитная индукция* - _____

2. *Явление самоиндукции* - _____

3. *Правило Ленца* - _____

4. *Взаимной индукцией* называется _____

Лабораторная работа № 8

Исследование основных соотношений в цепи переменного тока с последовательным соединением R и L

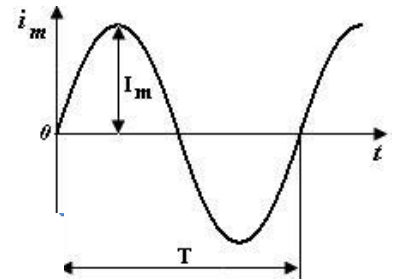
Цель:

Опытным путем убедиться в справедливости закона Ома. Установить зависимость индуктивного сопротивления от частоты. Установить зависимость полного сопротивления от частоты.

Краткие сведения из теории:

Переменным током называется ток, величина и направление которого изменяется с течением времени.

Наиболее распространён синусоидальный ток $i = I_m \cdot \sin \omega t$, график которого показан на рисунке. Он изменяется по значению и направлению. Одно его направление условно считают положительным, другое – отрицательным. Токи положительного направления откладывают выше оси абсцисс, а отрицательного – ниже.



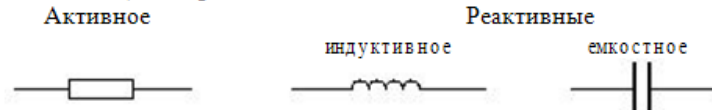
Параметры переменного тока:

- мгновенное значение тока i , А
- амплитудное значение тока I_m , А
- действующее значение тока I , А
- циклическая частота f , Гц
- угловая частота ω , рад/с
- угол сдвига фаз φ

Связь между величинами:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad f = \frac{1}{T} \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Сопротивления в цепи переменного тока:



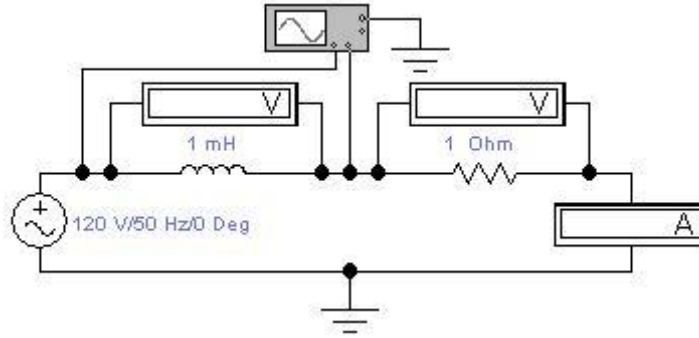
Цепь с активным сопротивлением и индуктивностью:

Схема цепи	Векторная диаграмма	Треугольник сопротивлений
Полное сопротивление	Угол сдвига фаз	Мощности
$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ $\sin \varphi = \frac{X}{Z}$	Активная $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ Реактивная $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ Полная $S = U \cdot I$

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 1.

Рисунок 1



2. Вольтметры и амперметры переведите в режим AC (двойной щелчок мышью открывает окно).

3. Установите значения параметров согласно заданию преподавателя. Для проведения второго опыта увеличьте напряжение в два раза. Показания приборов занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	Задано				Измерено			Рассчитано			
	U, В	f, Гц	L, мГн	R, Ом	U _R , В	U _L , В	I, А	X _L , Ом	Z, Ом	P, Вт	Q, ВАр
1											
2											

4. Ответьте на вопросы:

1. Как изменяется индуктивное сопротивление цепи при увеличении напряжения?

2. Как изменяется полное сопротивление цепи при увеличении напряжения?

3. Как при этом изменяется активная и реактивная мощности?

4. Ответьте на те же вопросы, при условии, что напряжение уменьшили.

5. Изменяя частоту, подводимого к контуру напряжения, проследите за изменением X_L , I , Z .

Установите следующие значения частоты:

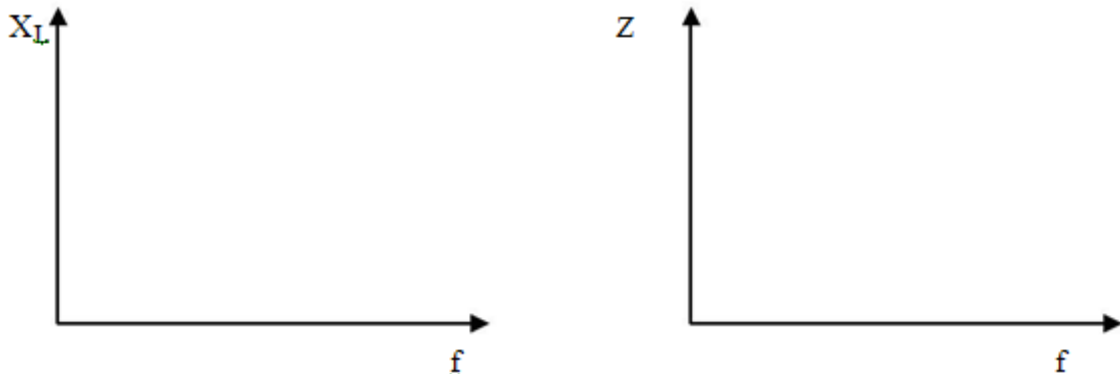
$f_1 = 500$ Гц, $f_2 = 1000$ Гц.

Показания приборов занесите в таблицу 2

Таблица 2

№ опыта	Задано				Измерено			Рассчитано			
	U, В	f, Гц	L, мГн	R, Ом	U _R , В	U _L , В	I, А	X _L , Ом	Z, Ом	P, Вт	Q, ВАр
1		500									
2		1000									

5. По результатам работы постройте графики зависимости $X_L = f(f)$, $Z = f(f)$.



7. Ответьте на вопросы:

1. Как изменяется индуктивное сопротивление цепи при увеличении частоты?

2. Как изменяется полное сопротивление цепи при увеличении частоты?

3. Как при этом изменяется активная и реактивная мощности

4. Ответьте на те же вопросы, при условии, что частоту уменьшили.

8. Измените в первом опыте величину индуктивности, увеличив её в два раза; а во втором опыте – величину активного сопротивления, увеличив её в два раза и проследите за изменениями X_L , I , Z .

Показания приборов занесите в таблицу 3.

Таблица 3

№ опыта	Задано				Измерено			Рассчитано			
	U, В	f, Гц	L, мГн	R, Ом	U _R , В	U _L , В	I, А	X _L , Ом	Z, Ом	P, Вт	Q, ВАр
1											
2											

Сравните полученные результаты с результатами измерений таблицы 1 (опыт 1) и ответьте на вопросы:

1. Как изменяется индуктивное сопротивление цепи при увеличении индуктивности? _____

2. Как изменяется полное сопротивление цепи при увеличении индуктивности? _____

3. Как при этом изменяется активная и реактивная мощности? _____

4. Ответьте на те же вопросы, при условии, что активное сопротивление увеличили _____

9. Включите осциллограф. На осциллографе необходимо установить следующие значения:

Time base - 0,01 s / Div

Channel A - 20 V / Div

Channel B - 20 V / Div

11. Постройте векторную диаграмму напряжений и токов в масштабе.

Лабораторная работа №9

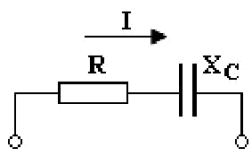
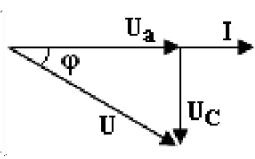
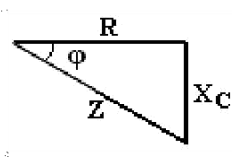
Исследование основных соотношений в цепи переменного тока с последовательным соединением R и C

Цель:

Опытным путем убедитесь в справедливости закона Ома. Установить зависимость ёмкостного сопротивления от частоты. Установить зависимость полного сопротивления от частоты.

Краткие сведения из теории:

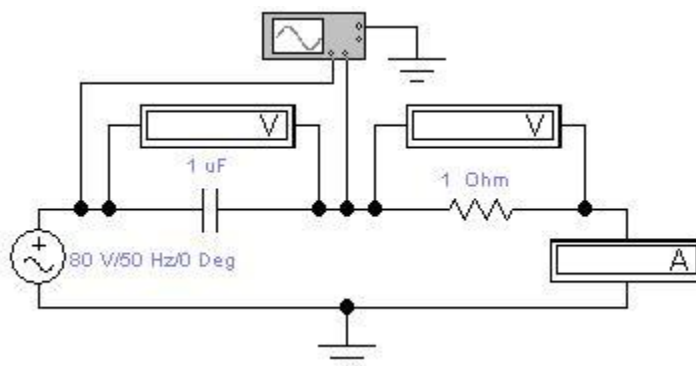
Цепь с активным сопротивлением и индуктивностью:

Схема цепи	Векторная диаграмма	Треугольник сопротивлений
		
Полное сопротивление	Угол сдвига фаз	Мощности
$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ $\sin \varphi = \frac{X}{Z}$	Активная $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ Реактивная $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ Полная $S = U \cdot I$

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 1:

Рисунок 1



2. Вольтметры и амперметры перевести в режим AC (двойной щелчок мышью открывает окно).

3. Установите значения приборов согласно заданию преподавателя. Для проведения второго опыта увеличьте напряжение в два раза.

Показания приборов занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	Задано				Измерено			Рассчитано			
	U, В	f, Гц	C, мкФ	R, Ом	U _R , В	U _C , В	I, А	X _C , Ом	Z, Ом	P, Вт	Q, ВАр
1											
2											

4. Ответьте на вопросы:

- Как изменяется ёмкостное сопротивление цепи при увеличении напряжения? _____

- Как изменяется полное сопротивление цепи при увеличении напряжения? _____

- Как при этом изменяется активная и реактивная мощности? _____

- Ответьте на те же вопросы, при условии, что напряжение уменьшили

5. Изменяя частоту, подводимого к контуру напряжения, проследите за изменениями X_C , I и Z .

Установите следующие значения частоты: $f_1 = 100$ Гц

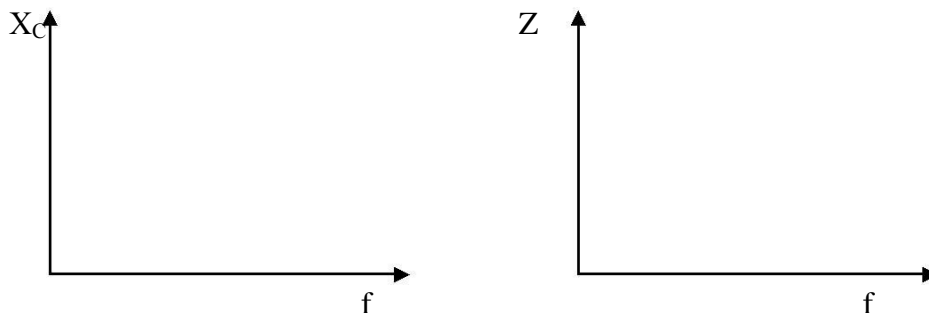
$f_2 = 200$ Гц.

Показания приборов занесите в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	Задано				Измерено			Рассчитано			
	U, В	f, Гц	C, мкФ	R, Ом	U _R , В	U _C , В	I, А	X _C , Ом	Z, Ом	P, Вт	Q, ВАр
1		100									
2		200									

6. По результатам работы построить график зависимости $X_C = f(f)$, $Z = f(f)$.



7. Ответьте на вопросы:

- Как изменяется емкостное сопротивление цепи при увеличении частоты? _____

- Как изменяется полное сопротивление цепи при увеличении частоты? _____

- Как при этом изменяется активная и реактивная мощности? _____

- Ответьте на те же вопросы, при условии, что частоту уменьшили. _____

8. Измените величину емкости, увеличив ее в два раза; величину активного сопротивления, увеличив ее в два раза и проследите за изменениями X_C , I и Z . Показания приборов занесите в таблицу 3.

Таблица 3

№ опыта	Задано				Измерено			Рассчитано			
	U, В	f, Гц	C, мкФ	R, Ом	U _R , В	U _C , В	I, А	X _C , Ом	Z, Ом	P, Вт	Q, ВАр
1											
2											

9. Сравните полученные результаты с результатами измерений таблицы 1 (опыт 1) и ответьте на вопросы:

- Как изменяется емкостное сопротивление цепи при увеличении емкости?

КАРТОЧКА – ЗАДАНИЕ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 8

№ варианта	U, В	f, Гц	C, мкФ	R, Ом
1	80	50	398	3
2	90	50	531	4
3	100	50	318	5
4	110	50	381	6
5	120	50	246	7
6	80	50	249	8
7	90	50	277	9
8	100	50	342	3
9	110	50	263	4
10	120	50	328	5
11	80	50	284	6
12	90	50	305	7
13	100	50	282	8
14	110	50	189	9
15	120	50	195	10

Лабораторная работа №10

Исследование резонанса напряжений

Цель работы:

- Исследовать резонанс напряжений
- Построить резонансные кривые

Теоретические сведения:

Резонанс напряжений - резонанс, происходящий в последовательном колебательном контуре при его подключении к источнику напряжения, частота которого совпадает с собственной частотой контура.

Явление резонанса напряжений возникает на частоте ω_0 , при которой индуктивное сопротивление катушки $X_L = \omega_0 L$ и ёмкостное сопротивление конденсатора $X_C = 1/\omega_0 C$ равны между собой. При этом Электрический импеданс (полное сопротивление) цепи

$$z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

уменьшается, становится чисто активным и равным R (сумма активного сопротивления катушки и соединительных проводов). В результате, согласно закону Ома: $I = U/z$, ток в цепи достигает своего максимального значения.

Следовательно, напряжения как на катушке $U_L = IX_L$, так и на конденсаторе $U_C = IX_C$ окажутся равными и будут максимально большой величины. При малом активном сопротивлении цепи R эти напряжения могут во много раз превысить общее напряжение U на зажимах цепи, которое создаёт генератор. Это явление и называется в электротехнике резонансом напряжений.

Рабочие формулы:

$$X_L = \frac{U_L}{I}$$
$$X_C = \frac{U_C}{I}$$
$$Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R}$$

$$z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 1.

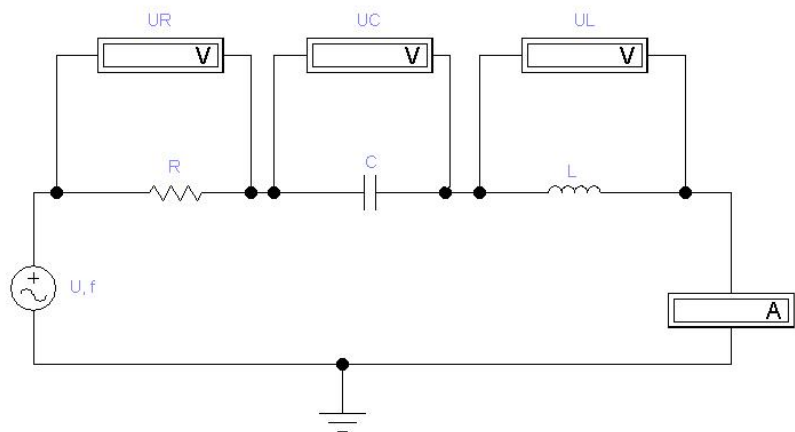


Рисунок 1

2. *Переведите все вольтметры и амперметры в режим AC.*

3. Установите значения резистора, конденсатора и катушки согласно заданию преподавателя:

R=	Ом;	C=	мкФ;	L=	мГн;
----	-----	----	------	----	------

4. Рассчитайте частоту, при которой будет наблюдаться резонанс напряжений:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} = \quad , \text{ Гц}$$

5. Изменяйте значение частоты согласно таблице 1 и записывайте значения напряжения на резисторе, конденсаторе и катушке, а также значение силы тока в цепи.

Задано	Измерено				Рассчитано		
	U _R , В	U _C , В	U _L , В	I, А	X _L , Ом	X _C , Ом	Z, Ом
f, Гц							
200							
400							
440							
480							
500							
520							
550							
600							
800							

6. По измеренным и рассчитанным данным постройте на отдельном листе следующие графики: I=f(f), U_C=f(f), U_L=f(f), X_L=f(f), X_C=f(f), z=f(f).

7. Рассчитайте добротность цепи:

$$Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R} =$$

Рассчитайте напряжение источника взяв напряжение на катушке или конденсаторе при резонансе напряжения ($f=f_0$):

$$U = \frac{U_C}{Q} = \frac{U_L}{Q} = \quad \text{В}$$

Контрольные вопросы:

1. При каких условиях наблюдается резонанс напряжений?

2. При какой частоте полное сопротивление становится наименьшим?

3. При каких условиях в цепи возникает максимальный ток? Что при этом происходит с углом сдвига фаз?

Вывод: _____

Варианты:

Вариант	R, Ом	L, мГн	C, мкФ
1	1,6	5	20
2	3,2	20	5
3	5,3	50	2
4	5,4	70	1,5
5	6,3	100	1

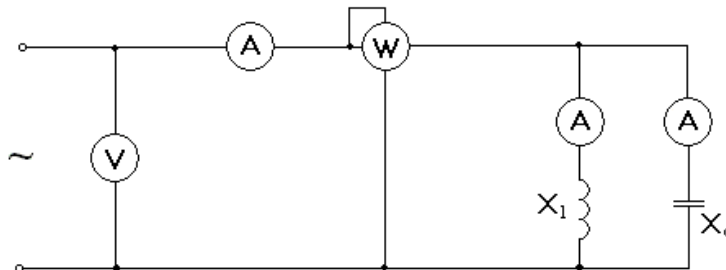
Лабораторная работа № 11

Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Измерение коэффициента мощности и исследование способов его повышения

Цель работы:

Изучить условия, при котором включения конденсатора параллельно с потребителем энергии приводит к увеличению коэффициента мощности. Изучить явление резонанса тока, которое наступает в цепи при полной компенсации реактивной мощности.

Электрическая схема:



Технические данные используемых приборов: ТАБЛИЦА 1

РА	Амперметр	2777	1А	эл.маг.	0,01	0,5
РА	Амперметр	2789	1А	эл.маг.	0,01	0,5
РА	Амперметр	2793	1А	эл.маг.	0,01	0,5
PV	Вольтметр	950577	150В	эл.маг.	1	0,5
PW	Ваттметр	47682	2,2кВт	ферродинам.	0,5	0,5

Результаты измерений и вычислений: ТАБЛИЦА 2

	Измерено															
	C	U	I _c	I _k	I	P	R _k	Z _k	B _L	B _c	G	I _a	S	Q	cosφ	
	мкФ	В	А	А	А	Вт	Си	Ом			См	А	ВА	Вар		
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему цепи, указанную выше
2. Предъявить ее для проверки преподавателю
3. Установить напряжение цепи согласно заданию преподавателя.
4. Изменяя величину емкости снимите показания приборов, данные запишите в таблицу2
5. С помощью изменения емкости добиться резонанса токов. Который отслеживается по показанию амперметра в неразветвленной части цепи (амперметр покажет минимальное значение)
6. Запишите значение приборов в таблицу 2 при резонансе.
7. Произвести необходимые расчеты.

Расчетные формулы:

$$R_k = \frac{P}{I_k^2} \quad Z_k = \frac{U}{I_k} \quad X_L = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} \quad B_L = \frac{X_L}{Z_k^2} \quad B_C = \frac{I_C}{U} \quad G = \frac{R_k}{Z_k^2}$$

$$I_a = U \cdot B_L \quad S = U \cdot I \quad \cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$Q = S \cdot \sin \varphi$$

Ответьте на вопросы:

-Сформулируйте условие резонанса токов

-Перечислите особенности резонанса токов

-В чем заключается экономико-техническое значение коэффициента мощности?

-Перечислите способы увеличения коэффициента мощности

-Построить векторные диаграммы для случаев: $B_L > B_C$ и для резонанса токов.

Вывод:

Лабораторная работа № 12

Исследование работы трёхфазной цепи при соединении потребителей энергии звездой

Цель:

Ознакомиться с работой 3-х фазной системы переменного тока, с методами измерения фазных и линейных токов и напряжений. Проверить соотношения между током и напряжением при соединении потребителей энергии в «звезду». Выяснить роль нулевого провода в 4-х проводной системе 3-х фазного тока.

Краткие сведения из теории:

Трёхфазной системой переменного тока или просто **трёхфазной системой**

называется цепь или сеть переменного тока, в которой действуют три ЭДС одинаковой частоты, но взаимно смещённые по фазе на одну треть периода.

Трёхфазной симметричной системой ЭДС называется система трех переменных ЭДС одной амплитуды и частоты, сдвинутых по фазе на 120° .

Основное свойство симметричных трехфазных систем синусоидальных величин заключается в том, что алгебраическая сумма их мгновенных значений в любой момент времени равна нулю:

$$e_A + e_B + e_C = 0; i_A + i_B + i_C = 0.$$

Мощность трёхфазной цепи равна сумме мощностей трех фаз:

$$P = P_A + P_B + P_C.$$

При симметричной нагрузке активные мощности фаз приёмника

$$P_A = P_B = P_C = P_\phi = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi$$

При соединении приёмников энергии звездой

$$U_\phi = \frac{U_L}{\sqrt{3}} \quad \text{и} \quad I_\phi = I_L.$$

Следовательно, активная мощность трёхфазной цепи определяется по формуле

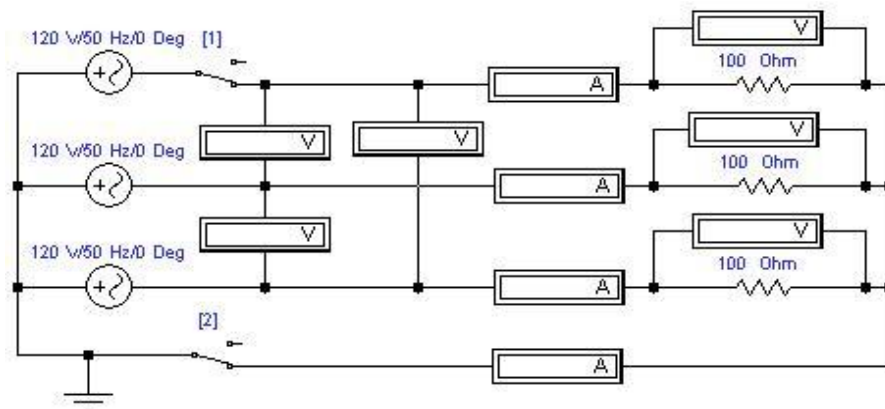
$$P = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi.$$

Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую схему, показанную на рисунке 1.
2. Вольтметры и амперметры переведите в режим АС (двойной щелчок мышью открывает окно).
3. Установите значения приборов согласно заданию преподавателя:

$$U = \quad R_1 = \quad R_3 =$$

$$f = \quad R_2 =$$



4. При равномерной нагрузке снимите показания приборов с нулевым проводом и без него (для отключения нулевого провода разомкните ключ 2).

Показания приборов занесите в таблицу 1.

Таблица 1

Виды соединений	Измерено										Рассчитано			
	I ₀ , А	I _A , А	I _B , А	I _C , А	U _A , В	U _B , В	U _C , В	U _{AB} , В	U _{BC} , В	U _{AC} , В	P _A , Вт	P _B , Вт	P _C , Вт	P, Вт
Равномерная нагрузка	Без нулевого провода													
	С нулевым проводом													
Неравномерная нагрузка	Без нулевого провода													
	С нулевым проводом													
	Обрыв линии													

Ответьте на вопросы:

- Какая нагрузка трехфазной цепи называется симметричной? _____

- Назначение нулевого провода? _____

- Проверьте основные соотношения для линейных и фазных токов и напряжений. _____

- Какие аварийные режимы работы трехфазной цепи Вы знаете? _____

Вывод:

- Проверьте, выполняется ли равенство $U_L = \sqrt{3} U_\phi$ для Ваших измерений? _____

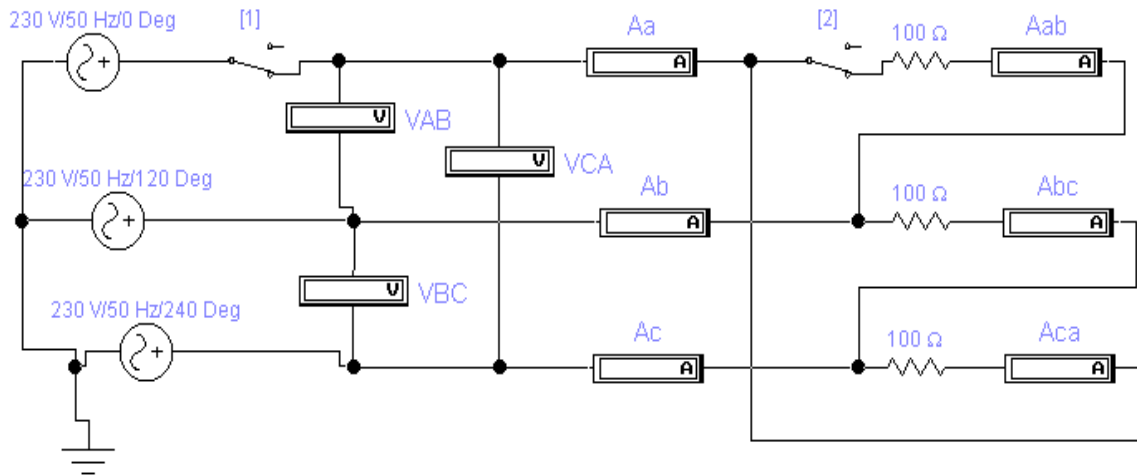
-Как изменились значения напряжений при обрыве
линии? _____

Лабораторная работа № 13

Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей энергии треугольником

Цель работы:

Исследование основных соотношений в цепи трехфазного тока при соединении потребителей треугольником



Порядок выполнения работы:

1. Соберите схему, указанную на рисунке.
2. Переведите амперметры и вольтметры в режим **АС**, сопротивление амперметров выставьте **1нОм**
3. Снимите показания приборов при равномерной нагрузке $R_1=R_2=R_3=100$ Ом, запишите данные в таблицу. (Ключи 1 и 2 замкнуты)
4. Снимите показания приборов при неравномерной нагрузке $R_1=100$ Ом $R_2=200$ Ом $R_3=300$ Ом, запишите данные в таблицу. (Ключи 1 и 2 замкнуты)
5. Обрыв линии: разомкните ключ 1, снимите показания приборов при равномерной и неравномерной нагрузке, данные запишите в таблицу.
6. Обрыв фазы: разомкните ключ 2 (ключ 1 замкнут), снимите показания приборов при равномерной и неравномерной нагрузке, данные запишите в таблицу.

Таблица 1

Виды соединений		<u>Измерено</u>									<u>Вычислено</u>			
		U _{AB}	U _{BC}	U _{AC}	I _A	I _B	I _C	I _{AB}	I _{BC}	I _{AC}	P _A	P _B	P _C	P
		B	B	B	A	A	A	A	A	A	Вт	Вт	Вт	Вт
	Равномерная													
	Неравномерная													
Обрыв линии	Равномерная													
	Неравномерная													
Обрыв фазы	Равномерная													
	Неравномерная													

7. Постройте векторную диаграмму токов и напряжений для неравномерной нагрузки.

Ответьте на вопросы:

- Какая нагрузка трехфазной цепи называется симметричной?

- Каково соотношение между фазными и линейными токами и напряжениями для соединения приемников треугольником.

- Как изменятся фазные токи при обрыве линии?

- Как изменятся фазные токи при обрыве линии?

Лабораторная работа №14

Моделирование электрических цепей несинусоидального тока

Цель: Выполнить разложение в ряд Фурье и построить спектральные характеристики периодического несинусоидального сигнала.

Схема:

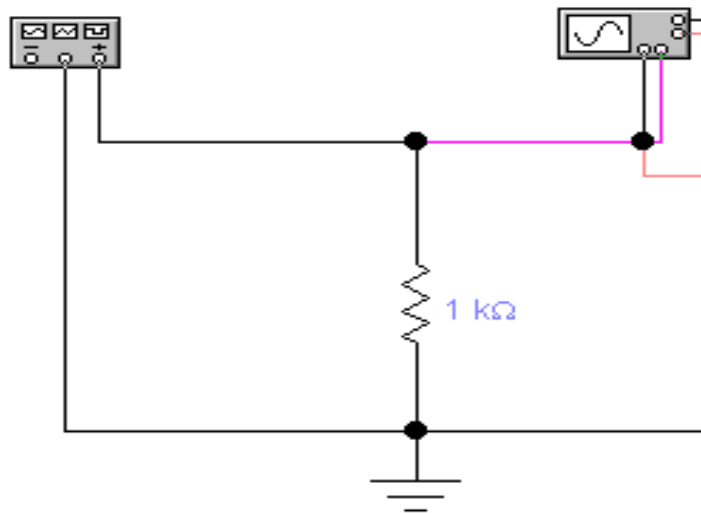


РИС.1

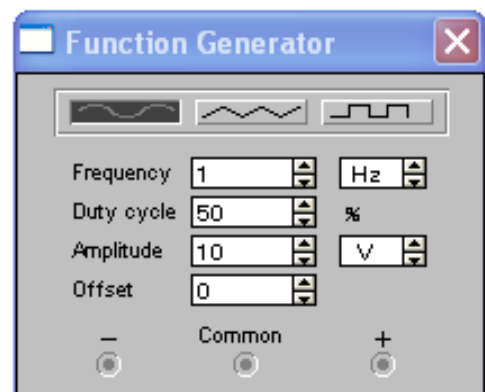
Порядок выполнения работы:

Разложение в ряд Фурье гармонического сигнала

1. Соберите схему, указанную на рис. 1
2. Двойным щелчком левой клавиши мыши откройте панель генератора функций.
3. Установите параметры генератора, так как указано на рис. 2: *Frequency* (частота) 1 Hz; *Dutycycle* (коэффициент заполнения) 50%; *Amplitude* (амплитуда) 10 V.

РИС.2

4. Двойным щелчком левой клавиши мыши откройте осциллограф. Установите параметры осциллографа: *time base* 0.50 s/div; *channel A* 20V/div; *channel B* 10 V/div.
5. Для получения спектральной характеристики гармонического сигнала необходимо подать команду: **Analysis>Fourier**, на рабочем столе открывается окно **FourierAnalysis**, в котором укажите параметр *Fundamentalfrequency* 1 Hz. Затем откроется окно **AnalysisGraphs**. Спектральную характеристику гармонического сигнала занесите в отчет.



6. Запишите амплитудное значение напряжения $U_m =$ В; и значение частоты $f =$ Гц
7. Запишите уравнение $u = U_m \sin \omega t$

График выходного напряжения генератора	Спектральная характеристика

II. Разложение в ряд Фурье симметричного периодического напряжения прямоугольной формы

1. Установите параметры генератора функций: *Frequency (частота) 1 kHz; Duty cycle (коэффициент заполнения) 50%; Amplitude (амплитуда) 10 V.*
2. Двойным щелчком левой клавиши мыши откройте осциллограф. Установите параметры осциллографа: *time base 0.50 ms/div; channel A 10V/div; channel B 10 V/div.*
3. Для получения спектральной характеристики сигнала необходимо подать команду: **Analysis>Fourier**, на рабочем столе открывается окно **FourierAnalysis**, в котором укажите параметр *Fundamental frequency 1 kHz*. Затем откроется окно **AnalysisGraphs**. Спектральную характеристику гармонического сигнала занесите в отчет.
4. Спектральная характеристика состоит из набора нечетных гармоник, запишите амплитуду и частоту каждой гармоники

<i>Первая гармоника</i>	<i>Третья гармоника</i>	<i>Пятая гармоника</i>
$U_{m1} = \frac{4A_m}{\pi} ; U_{m1} =$	$U_{m3} = \frac{4A_m}{3\pi} ; U_{m3} =$	$U_{m5} = \frac{4A_m}{5\pi} ; U_{m5} =$
$f_1 =$ Гц	$f_3 =$ Гц	f_5 Гц

5. Запишите ряд Фурье:

График выходного напряжения генератора	Спектральная характеристика

--	--

III. *Разложение в ряд Фурье треугольного импульса напряжения.*

1. Установите параметры генератора функций: *Frequency (частота) 1 kHz; Duty cycle (коэффициент заполнения) 50%; Amplitude (амплитуда) 10 V.*
2. Двойным щелчком правой клавиши мыши откройте осциллограф. Установите параметры осциллографа: *time base 0.50 ms/div; channel A 10V/div; channel B 10 V/div.*
3. Используя команду **Analysis>Fourier** получим спектральную характеристику треугольного импульса. Спектральную характеристику гармонического сигнала занесите в отчет.
4. Спектральная характеристика состоит из набора нечетных гармоник, запишите амплитуду и частоту каждой гармоники

<i>Первая гармоника</i>	<i>Третья гармоника</i>	<i>Пятая гармоника</i>
$U_{m1} = \frac{8A_m}{\pi^2} ; U_{m1} =$ $f_1 = \quad \text{Гц}$	$U_{m3} = \frac{8A_m}{9\pi^2} ; U_{m3} =$ $f_3 = \quad \text{Гц}$	$U_{m5} = \frac{8A_m}{25\pi^2} ; U_{m5} =$ $f_5 \text{Гц}$

5. Запишите ряд Фурье:

График выходного напряжения генератора	Спектральная характеристика

6. Для каждого сигнала рассчитайте действующее значение напряжения.

Гармонический сигнал	Прямоугольный сигнал	Треугольный сигнал
$U=$	$U=$	$U=$

Сделайте вывод и ответьте на вопросы:

- Назовите причины возникновения несинусоидальных сигналов.

- Как изменяется амплитуда сигнала в зависимости от номера гармоники?

- К цепи с последовательным соединением R, L, C приложено несинусоидальное напряжение. Для первой гармоники $X_L < X_C$, как меняется характер нагрузки с увеличением номера гармоники и почему?

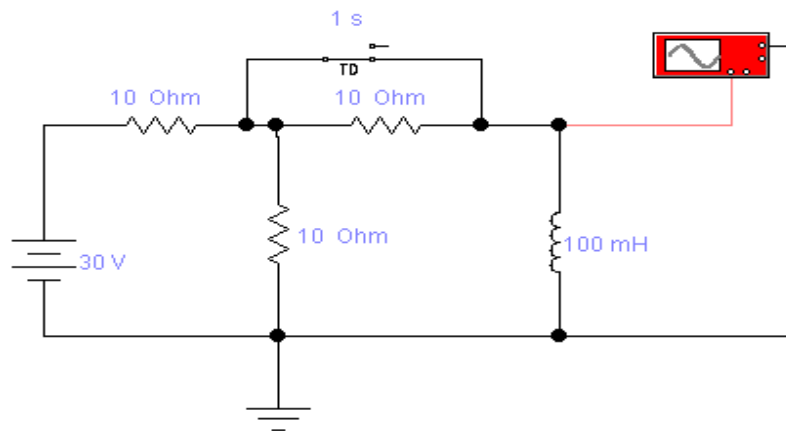
Лабораторная работа №15

Исследование переходных процессов в цепи с индуктивностью и емкостью

Цель: Моделировать коммутации на замыкание ключа, на размыкание.

Схема цепи:

СХЕМА



1

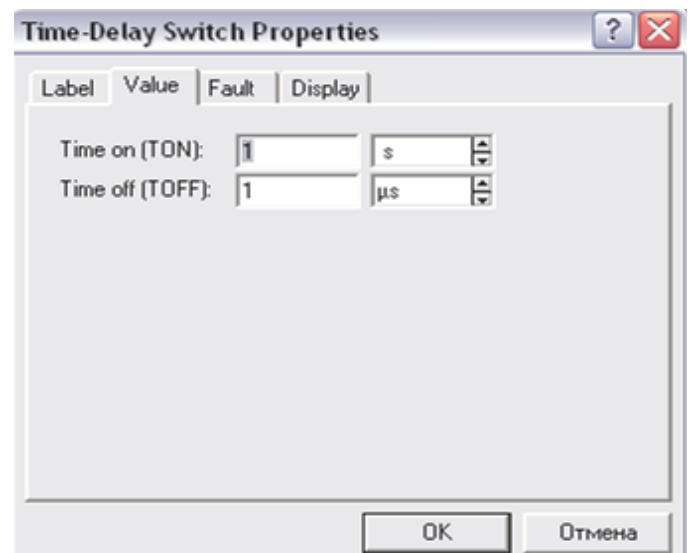
Порядок

выполнения работы:

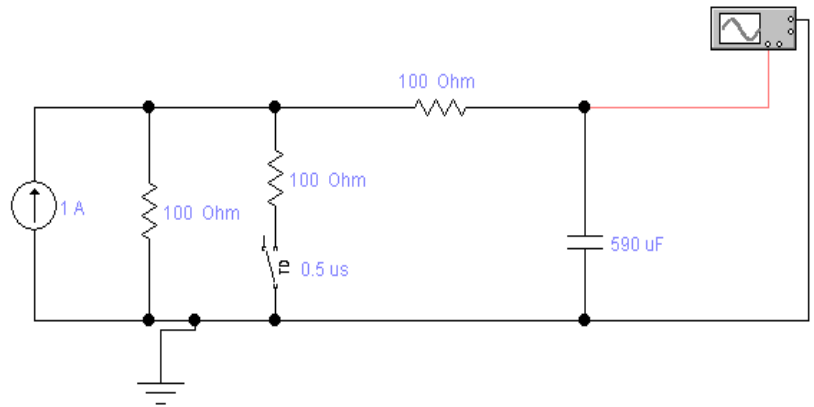
1. Соберите схему 1.
2. Установите параметры ЭДС, резисторов, катушки, такие как указано на схеме.
3. Для моделирования коммутации на замыкание установите параметры ключа, согласно рисунку 2

Двойным щелчком правой клавиши мыши откройте диалоговое окно, установите значение: **TON 1s; TOFF 1μs**

4. Для получения графика переходного процесса выполните команду **Analysis>DisplayGraphs**, на рабочем столе открывается оцифрованный график переходного процесса.
5. Начертите график переходного процесса в масштабе.



6. Соберите схему 2
7. Установите параметры ЭДС, резисторов, катушки, такие как указано на схеме.
8. Для моделирования коммутации на размыкание установите параметры ключа (аналогично пункту 3).
Двойным щелчком правой клавиши мыши откройте диалоговое окно, установите значение: $T_{ON} 0.5 \mu s$; $T_{OFF} 10 s$
9. Начертите график переходного процесса в масштабе.



10. Сделайте вывод и ответьте на вопросы:

- Сформулируйте первый закон коммутации

- Сформулируйте второй закон коммутации

- Напишите формулы и рассчитайте постоянную времени для схемы 1 и для схемы 2

Лабораторная работа №16

Исследование работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Цель: Изучить основные свойства асинхронного двигателя, опытным путем снять и графически построить рабочие характеристики. Приобрести навыки управления ими.

Необходимые приборы и оборудование. Таблица №1:

Наименование	Тип	Заводской номер	Технические данные
Асинхронный электродвигатель	АО42-4	980	$P_H=2,8$ кВт; $U_H=220/380$ В; $n_H=1420$ об/мин
Вольтметр	Э-30	905567	$U_H=150$ В; кл. точн = 1,5
Амперметр	Э-30	527105	$I_H=5$ А, кл. точн=1,5
Ваттметр	Д341	021623	$P_H=3$ кВт, кл. точн = 2,5
Электромагнитный тормоз	Пасенкова	1637	$M=0-2$ кгм
Тахометр	ТЭ-8М	71127	$N=0-1500$ об/мин.
Тумблер однополюсной	ТВ-2	-	$I=2$ А; $U=220$ В
Рубильник однополюсной	ПКЕ 112-2	-	
Устройство для питания катушек электромагнитного тормоза	ВК-50	-	$I=50$ А; $U=110$ В

Электрическая схема:

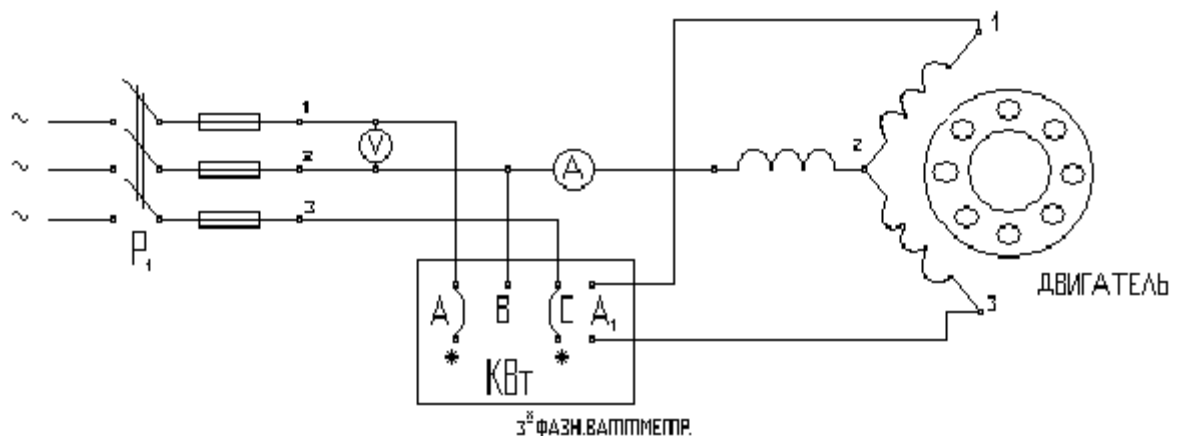


Таблица измерений и вычислений:

№ п/п	Измерено					Вычислено			
	U	I	P ₁	N ₂	M _н	P ₂	S	cos φ	η
1 (холостой ход)									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Вывод:

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы АД

2. Достоинства АД:

3. Недостатки АД:

Лабораторная работа №17

Исследование режимов работы генератора постоянного тока с параллельным возбуждением

Цель работы: Ознакомиться со способами снятия характеристик холостого хода, внешней и регулировочной и изучить их. Управление работой генератора параллельного возбуждения.

Необходимое оборудование и приборы: таблица 1

№ п. п.	Наименование оборудования.	Тип.	Заводской номер.	Технические данные оборудования и приборов.
1	Генератор с параллельным возбуждением.		№ _____	$U_H =$ $I_H =$ $P_H =$
2	Двигатель, приводящий его во вращение.		№ _____	$U_H =$ $I_H =$ $P_H =$
3	Рубильник трёхполюсный.		№ _____	$U_H = 380$ В.
4	Рубильник двухполюсный.		№ _____	$I_H = 10$ А. $U = 220$ В.
5	Вольтметр.		№ _____	$U_H =$ $j =$
6	Амперметр (нагрузки).		№ _____	$I_H =$ $j =$
7	Амперметр (возбужд.).		№ _____	$I_H =$ $j =$
8	Реостаты (рег. и нагр.)		№ _____	$R = 1800$
9	Соединительные провода.		№ _____	

Порядок выполнения работы:

1. Записать технические данные приборов и машин в таблицу № 1.
2. Ознакомиться с лабораторным стендом, выяснить назначение каждого прибора в схеме, проверить наличие приборов и оборудования, перечисленного в таблице № 1.
3. Собрать электрические цепи нагрузки и возбуждения испытуемого генератора, согласно рис. 1.
4. После проверки схемы преподавателем, опробовать работу установки.
5. Снять характеристику холостого хода

По результатам опыта построить характеристику холостого хода.

Таблица 2.

№ опыта	$I_{\text{возб.}} (A)$	$E_{\text{восх.}} (B)$	$E_{\text{нисх.}} (B)$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

6. Снять внешнюю характеристику.

По результатам опыта построить внешнюю характеристику.



Таблица 3

№ опыта	U (В)	I _{нагрузки} (А)	I _{возб.} (А)
<u>1</u>			
<u>2</u>			
<u>3</u>			
<u>4</u>			
<u>5</u>			
<u>6</u>			
<u>7</u>			
<u>8</u>			

7. Снять регулировочную характеристику.

По результатам опыта построить регулировочную характеристику

Таблица 4.

№ опыта	U(В)=const	I _{нагрузки} (А)	I _{возб.} (А)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Вывод:

1. Проанализировать характеристики генератора

2. Недостатки генераторов ПТ независимого возбуждения:

3. Область применения генераторов ПТ независимого возбуждения:

Практическое занятие №1

Исследование зависимости емкости плоского конденсатора от его параметров

Цель работы:

Исследовать влияние зависимости физических параметров конденсатора на его электрическую емкость.

Порядок выполнения работы:

Определить площадь пластин конденсатора и расстояние между ними для воздушного конденсатора емкостью C , рассчитанные на работу при номинальном напряжении. При этом должен быть обеспечен запас электрической прочности K . Данные, согласно варианту приведены в табл. 1

Таблица 1

Вариант	C , пФ	U_H , кВ	K	Замена диэлектрика на:	
1,11,21	200	3	2	1. Миканит	2. Полистирол
2,12,22	220	3,5	2,1	1. Бумага конденсаторная	2. Полиэтилен
3,13,23	240	4	2,2	1. Слюда	2. Текстолит
4,14,24	260	3,6	2,4	1. Электрофарфор	2. Миканит
5,15,25	280	3,1	2,6	1. Гетинакс	2. Миканит
6,16,26	320	2,8	2,8	1. Бумага парафинированная	2. Полихлорвинил
7,17,27	290	2,6	2,3	1. Эбонит	2. Бумага конденсаторная
8,18,28	270	2,5	2,1	1. Полиэтилен	2. Электрокартон
9,19,29	250	3,3	1,8	1. Полистирол	2. Бумага парафинированная
10,20,30	230	2,4	1,7	1. Миканит	2. Электрофарфор

План работы:

1. Определить допустимую напряженность эл. поля между пластинами конденсатора с

учетом необходимого запаса эл. прочности диэлектрика: $E_{доп} = \frac{E_{np}}{K}$

1.1. Определить расстояние между пластинами: $d = \frac{U_H}{E_{доп}}$

- 1.2. Из формулы емкости плоского конденсатора определить площадь пластин

2. Определить, как изменятся размеры конденсатора той же емкости, если в качестве диэлектрика использовать другой, согласно варианту (табл. 1, п.1), с тем же запасом прочности.

3. Проанализируйте, как изменились размеры конденсатора.

4. Определить, как изменится емкость конденсатора, размеры которого определены в п. 1.1; 1.2, если промежуток между пластинами заполнить другим диэлектриком (табл.1, п.2)

5. Проанализировать полученные результаты.

Вывод:

Как зависит емкость конденсатора от его физических параметров?

Практическое занятие №2

Расчет четырехполюсника

Цель работы:

составить основные уравнения четырехполюсника, рассчитать схемы замещения и для заданного режима работы нагрузки определить необходимые токи и напряжение на выходе четырехполюсника.

КАРТОЧКА ЗАДАНИЙ

Вариант	Прямое включение				Обратное включение				Схема замещения	Режим нагрузки	
	Холостой ход		Короткое замыкание		Холостой ход		Короткое замыкание			$U_2, В$	$I_2, А$
	$U_{1х}, В$	$I_{1х}, А$	$U_{2к}, В$	$I_{2к}, А$	$U_{1х}, В$	$I_{1х}, А$	$U_{2к}, В$	$I_{2к}, А$			
1	54	5,4	54	9	54	6	54	10	т	20	0,8
2	21,6	0,9	28	1,5	18	1,5	18,67	2	п	20	0,8
3	26,4	1,1	18,67	1	7,2	0,6	9,33	1	т	50	1,4
4	28,8	1,2	9,33	0,5	12	1	2,8	0,3	п	50	1,4
5	12	0,5	56	3	9,6	0,8	5,6	0,6	т	40	3
6	27	2,7	27	4,5	27	3	27	5	п	40	3
7	30	3	30	5	30	3,33	30	5,56	т	25	2,5
8	42	4,2	42	7	42	4,67	42	7,78	п	25	2,5
9	45	4,5	45	7,5	45	5	45	8,33	т	45	0,6
10	12	1,2	12	2	12	1,33	12	2,22	п	45	0,6
11	9,6	0,4	46,65	2,5	7,2	0,6	14	1,5	т	35	2,2
12	6	0,25	13,1	0,7	6	0,5	23,33	2,5	п	35	2,2
13	15,6	0,65	5,6	0,3	3,6	0,3	7,46	0,8	т	32	0,8
14	35	0,5	19,25	0,5	28	0,5	30,8	1	п	32	0,8
15	49	0,7	38,5	1	33,6	0,6	15,4	0,5	т	15	0,5
16	20	1	20	1,25	20	0,8	20	1	п	15	0,5
17	40	2	40	2,5	40	1,6	40	2	т	24	2
18	32	1,6	32	2	32	1,28	32	1,6	п	24	2
19	25	1,25	15	0,94	25	1	25	1,25	т	36	2,2
20	48	2,4	48	3	48	1,92	48	2,4	п	36	2,2
21	10	0,25	18	0,75	10	0,4	10,2	0,68	т	20	1
22	12	0,3	12	0,5	12	0,48	12	0,8	п	20	1
23	24	0,6	24	1	24	0,96	24	1,6	т	44	1,8
24	36	0,9	36	1,5	36	1,44	36	2,4	п	44	1,8
25	48	1,2	48	2	48	1,92	48	3,2	т	30	2
26	63	0,9	15,4	0,4	22,4	0,4	6,16	0,2	п	30	2
27	70	1	30,8	0,8	44,8	0,8	18,48	0,6	т	24	1,2
28	42	0,6	7,7	0,2	56	1	27,72	0,9	п	24	1,2
29	28	0,4	23,1	0,6	50,4	0,9	24,64	0,8	т	36	1,8
30	21	0,3	46,2	1,2	39,2	0,7	21,56	0,7	п	36	1,8
31	56	0,8	34,65	0,9	11,2	0,2	12,32	0,4	т	30	2
0	24	1	37,34	2	24	2	28	3	п	30	2

Практическое занятие №3

Электромагнитное взаимодействие токоведущих шин подстанции

Цель работы:

Рассчитать электромагнитные силы, действующие на токоведущие шины трансформаторной подстанции, выбрать опорные изоляторы.

Задание:

Шины прямоугольного сечения проходят параллельно друг другу на расстоянии a , расстояние между опорными изоляторами одной шины L (рис.1). При коротком замыкании токи в шинах достигли значений I_1 I_2 I_3 (табл. 1) Определить силы, действующие на каждый опорный изолятор. По наибольшей силе выбрать опорные изоляторы для крепления шин.

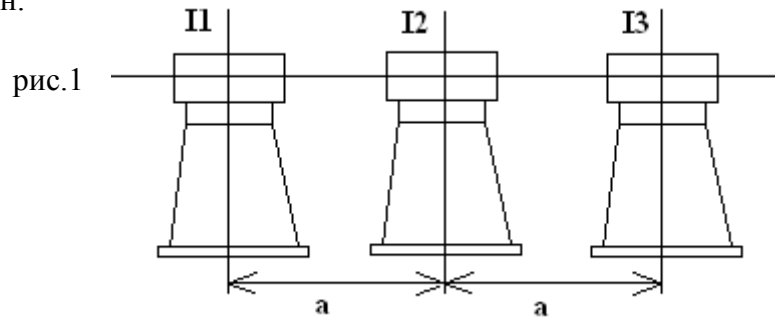


Таблица 1

Вариант	L, м	a, м	Сила тока, кА			Направление токов		
			I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3
1,11,21	4,2	30	12	30	15	⊙	⊙	⊗
2,12,22	4	25	21	35	10	⊗	⊗	⊙
3,13,23	4,1	25	21	35	10	⊗	⊙	⊗
4,14,24	3,8	30	9	31	19	⊗	⊙	⊗
5,15,25	4,3	20	12	32	16	⊙	⊗	⊗
6,16,26	3	20	14	33	14	⊙	⊗	⊗
7,17,27	3,6	20	17	34	13	⊙	⊗	⊗
8,18,28	3,5	25	12	30	15	⊙	⊗	⊗
9,19,29	2,8	30	15	35	16	⊗	⊙	⊙
10,20,30	2	30	11	29	12	⊗	⊙	⊙

Порядок выполнения работы:

1. Определить силы взаимодействия каждой пары шин:

1.1 Сила взаимодействия между 1-ой и 2-ой шинами F_{12}

1.2 Сила взаимодействия между 2-ой и 3-ей шинами F_{23}

1.3 Сила взаимодействия между 1-ой и 3-ей шинами F_{13}

2. Начертить схему расположения шин и показать направление токов в шинах

2.1 Определить направление сил взаимодействия шин с токами

2.2 Показать на рис. все векторы попарного взаимодействия шин

3. Рассчитать результирующие силы, действующие на опорные изоляторы

3.1 Определить F_1

3.2 Определить F_2

3.3 Определить F_3

3.4 Векторы результирующих сил показать на схеме

4. Выбрать опорные изоляторы по допустимой электромеханической нагрузке при изгибе, из условия: $F_{\max} < 0,6 F_{\text{разр}}$.

Выпускаемые промышленные опорные изоляторы рассчитаны на определенные значения разрушающей механической нагрузки при изгибе:

Тип изолятора	$F_{\text{разр}}$, Н
---------------	-----------------------

ИОР – 10-375	3690
ИОР – 10-750	7350
ИОР – 10-2000	19600

Вывод:

Доказать, что проводники с токами одного направления притягиваются друг к другу, а с токами противоположного направления – отталкиваются.