

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
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 2017г.

Председатель цикловой комиссии:



УТВЕРЖДАЮ

Начальник УМО



ОП.02. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Лабораторные и практические занятия

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Специальность 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

Выполнила Дедова О.А.

2017 г.

Пояснительная записка

Лабораторные и практические занятия по дисциплине ОП.02. Электротехника и электроника являются обязательной формой учебной работы обучающихся, предусмотренной учебным планом Петрозаводского филиала ПГУПС, утвержденного директором филиала.

Количество аудиторной нагрузки на лабораторные и практические занятия по учебному плану – 82 часа.

Требования к результатам выполнения задания:

Тема	№№ лабораторной работы, практического занятия	Результаты		
		усвоенные знания	освоенные умения	Коды формируемых общих и профессиональных компетенций
Тема 1.1. Электрическое поле. Конденсаторы	Практическое занятие № 1-3	методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;	рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей;	ОК 2-6 ПК 1.1 ПК 1.5

Тема 1.2. Электрические цепи постоянного тока	Практические занятия № 4-7	методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; свойства проводников, полупроводников, электронизоляционных, магнитных материалов;	рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей;	ОК 2-6 ПК 1.1 ПК 1.5 ПК 3.1 ПК 3.2
	Лабораторные работы №1-5	классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип занятия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов	подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; - собирать электрические схемы; читать принципиальные, электрические и монтажные схем	
Тема 1.3. Электромагнетиз м	Практические занятия № 8-9	основные законы электротехники; параметры электрических схем и единицы их измерения	рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей;	ОК 2-6 ПК 1.1 ПК 1.5
	Лабораторная работа №6	основы теории электрических машин, принцип занятия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов	собирать электрические схемы; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;	
Тема 1.4 Электрические цепи переменного тока	Практические занятия № 10-12	методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; параметры электрических схем и единицы их измерения; способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей;	рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей;	ОК 1 – 9 ПК 1.1 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 2.6 ПК 3.1 ПК 3.2
	Лабораторные работы № 7-13	методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; параметры электрических схем и единицы их измерения; способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей	рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; читать принципиальные, электрические и монтажные схемы; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы;	

<p>Тема 1.6 Нелинейные цепи переменного тока</p>		<p>методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей;</p>	<p>рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей читать принципиальные, электрические и монтажные схемы; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы;</p>	<p>ОК 2-6 ПК 1.1.</p>
<p>Тема 2.1 Приборы непосредственной оценки</p>	<p>Лабораторные работы №14 -15</p>	<p>- методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; - основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин;</p>	<p>- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; - собирать электрические схемы; - читать принципиальные, электрические и монтажные схемы; подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками;</p>	<p>ОК 2-7 ПК 1.1 ПК 2.2</p>
<p>Тема 2.3. Измерение электрических параметров</p>	<p>Лабораторные работы №16-18</p>	<p>- методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; - основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин;</p>	<p>- снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; - собирать электрические схемы; - читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;</p>	<p>ОК 2-4 ПК 1.1 ПК 2.5 ПК 2.6</p>
<p>Тема 2.5 Исследование формы сигналов.</p>	<p>Лабораторная работа №19</p>	<p>основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей;</p>	<p>- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы; - снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; - собирать электрические схемы;</p>	<p>ОК 2-7 ПК 1.1</p>
<p>Тема 3.1 Полупроводниковые приборы</p>	<p>Лабораторные работы №20-21</p>	<p>классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип действия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов; принципы действия, устройство, основные характеристики</p>	<p>подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы; читать принципиальные,</p>	<p>ОК 2-7 ПК 1.1</p>

		<p>электротехнических и электронных устройств и приборов; свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов; способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей;</p>	<p>электрические и монтажные схемы;</p>	
<p>Тема 3.2 Электронные выпрямители</p>	<p>Лабораторная работа №22</p>	<p>классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип занятия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов; принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов; свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов; способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей;</p>	<p>подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы; читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;</p>	<p>ОК 2-6 ПК 1.3</p>
<p>Тема 3.4 Электронные усилители и генераторы</p>	<p>Лабораторные работы №23</p>	<p>классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип занятия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов; принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов; свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов;</p>	<p>подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы; читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;</p>	<p>ОК 2-6 ПК 1.2 ПК 2.1 ПК 2.2</p>

		способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей;		
Тема 4.1 Электрические машины постоянного тока	Лабораторные работы №24-26	классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип действия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов; принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов; свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов; способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей;	подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы; читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;	ОК 2-6 ПК 1.2 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 2.6 ПК 3.1 ПК 3.2
Тема 4.2. Трансформаторы	Лабораторная работа №27	классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип действия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов; принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов; свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов; способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей;	подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы; читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;	ОК 2-6 ПК 1.2 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 2.6 ПК 3.1 ПК 3.2

<p>Тема 4.3. Электрические машины переменного тока</p>	<p>Лабораторные работы №28-29</p>	<p>классификацию электронных приборов, их устройство и область применения; методы расчета и измерения основных параметров электрических и магнитных цепей; основные законы электротехники; основные правила эксплуатации электрооборудования и методы измерения электрических величин; основы теории электрических машин, принцип действия типовых электрических устройств; основы физических процессов в проводниках, полупроводниках и диэлектриках; параметры электрических схем и единицы их измерения; принципы выбора электрических и электронных устройств и приборов; принципы действия, устройство, основные характеристики электротехнических и электронных устройств и приборов; свойства проводников, полупроводников, электроизоляционных, магнитных материалов; способы получения, передачи и использования электрической энергии; характеристики и параметры электрических и магнитных полей;</p>	<p>подбирать устройства электронной техники, электрические приборы и оборудование с определенными параметрами и характеристиками; правильно эксплуатировать электрооборудование и механизмы передачи движения технологических машин и аппаратов; рассчитывать параметры электрических и магнитных цепей; снимать показания и пользоваться электронизмерительными приборами и приспособлениями; собирать электрические схемы; читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;</p>	<p>ОК 2-6 ПК 1.2 ПК 2.1 ПК 2.2 ПК 2.4 ПК 2.5 ПК 2.6 ПК 3.1 ПК 3.2</p>
---	--	--	--	---

Лабораторное занятие №1

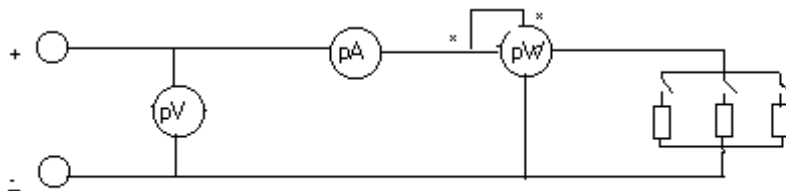
Тема: Ознакомление с правилами эксплуатации амперметра, вольтметра, ваттметра и простейшей электротехнической аппаратурой.

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

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:

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

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

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

Постройте графики зависимости:

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.

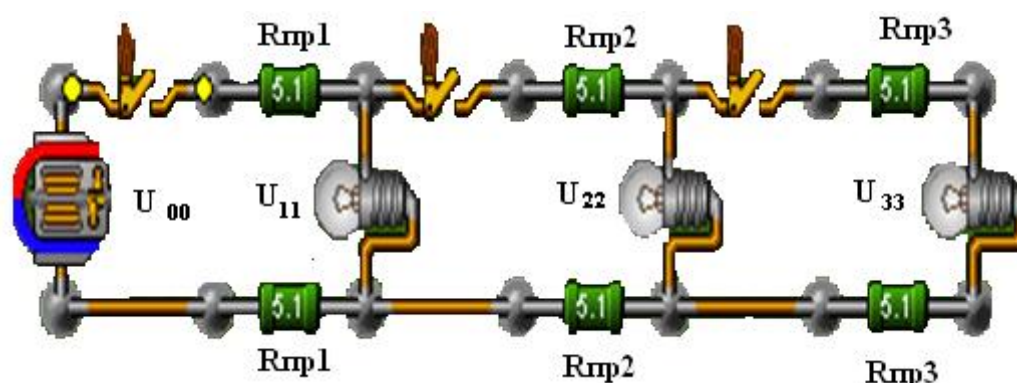
Лабораторное занятие №2

Тема: Определение потери напряжения в линии электропередачи, определение КПД линии.

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

Электрическая схема:

РИС.1



Порядок выполнения работы:

На рис. 1 изображена линия электропередачи, с распределенными параметрами. Мощность каждой лампы 100 Вт, длины и материал проводов заданы в таблице 1. Напряжение в начале линии 100 В. Мощность каждого резистора 0,5 кВт

- Соберите схему, указанную на рис. 1
- Для своего варианта рассчитайте сопротивление проводов для каждого участка

$$R = \frac{2l}{\gamma S}$$

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

2. При отключенных второй и третьей лампочках (замкнут ключ 1) мультиметром измерить значение напряжения в начале линии и напряжение на первом потребителе. Данные занести в таблицу 2.
3. Для определения тока в линии измерьте падение напряжения на первом резисторе, затем по закону Ома рассчитайте ток $I_1 = \frac{U_1}{R_{np1}}$
4. Включить ключ 2, измерить напряжение в начале линии, на первом и втором потребителях. Данные занести в таблицу 2.
5. Аналогично определите токи $I_1 = \frac{U_1}{R_{np1}}; I_2 = \frac{U_2}{R_{np2}}$
6. Аналогично определите токи $I_1 = \frac{U_1}{R_{np1}}; I_2 = \frac{U_2}{R_{np2}}$
7. Включить ключ 3, измерить напряжение в начале линии, на первом, втором и третьем потребителях. Данные занести в таблицу 2.
8. $I_1 = \frac{U_1}{R_{np1}}; I_2 = \frac{U_2}{R_{np2}}; I_3 = \frac{U_3}{R_{np3}}$

ТАБЛИЦА 1

Обозначения величин, ед измерения.	№ варианта				
	1	2	3	4	5
$l_{1,м}$	500	905,625	1296	358,8	1068,75
$l_{2,м}$	456	603,75	1496,25	414	926,25
$l_{3,м}$	550	1207,5	997,5	276	1140
Материал проводов	Cu	Al	Cu	Al	Cu
$\gamma, \frac{м}{Ом * мм^2}$	57	34,5	57	34,5	57
$S_{ст}, мм^2$	16	35	35	16	25

Запишите значения сопротивлений:

$R_{np1} = \quad Ом; R_{np2} = \quad Ом; R_{np3} = \quad Ом$

ТАБЛИЦА 2

№ п/п	Измерено															
	U_0	U_1	U_2	U_3	I_1	I_2	I_3	ΔU_0	ΔU_1	ΔU_2	ΔU	P_1	P_2	P_3	ΔP	η
	В	В	В	В	А	А	А	В	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Вт	%
1.			-	-		-	-		-	-			-	-		
2.				-			-			-				-		
3.																

- По нижеприведенным соотношениям дополнить таблицу 2 расчетными данными

✓ Падение напряжения на отдельных участках линии:

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

-
- ✓ Падение напряжения во всей линии:

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

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

- ✓ Мощность, отдаваемая генератором:

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

- ✓ Мощность потерь в линии:

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

- ✓ КПД линии:

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

Сделать вывод и ответить на вопросы:

- Чем обусловлены потери напряжения и мощности в линиях электропередачи?
- От чего зависит КПД линии и что следует предпринять для его увеличения?

Лабораторное занятие №3

Тема: Моделирование и исследование основных соотношений в цепи постоянного тока с последовательным и параллельным соединением приемников.

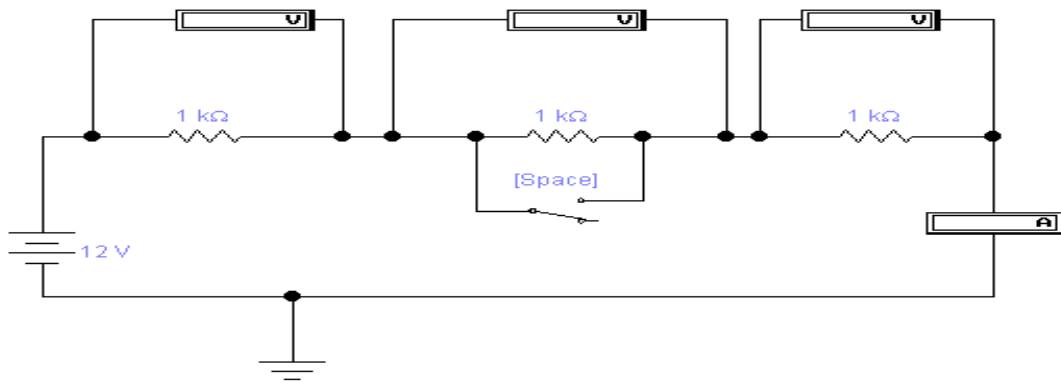
Цель работы:

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

Порядок выполнения работы:

1. Исследование основных соотношений в цепи с последовательным соединением приемников.

1. Собрать схему, указанную на рис.
2. Установить значения параметров указанные преподавателем. (ключ разомкнут)



3. Записать показания приборов в таблицу 1.
4. Изменить номинал второго резистора (в соответствии с заданием преподавателя)
5. Записать показания приборов в таблицу 1.
6. Закоротить резистор R_2 „для этого замкните ключ, нажав клавишу пробел. Записать получившиеся значения приборов.

◆ Ответить на вопросы:

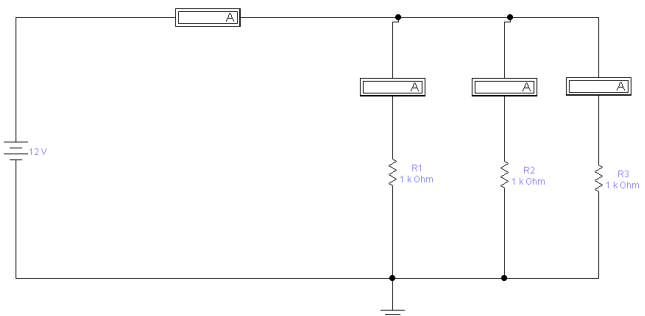
- Как изменяется эквивалентное сопротивление цепи при увеличении одного из сопротивлений?
- Как при этом изменяется сила тока?
- Как изменятся падения напряжений на каждом резистор?
- Ответьте на те же вопросы, если сопротивление одного из резисторов уменьшили.

Таблица 1

				ИЗМЕРЕНО					
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	

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

1. Собрать схему, указанную на рис.
2. Установить значения параметров указанные преподавателем.
3. Записать показания приборов в таблицу 2.
4. Изменить номинал одного из резисторов (в соответствии с заданием преподавателя)



5. Записать показания приборов в таблицу 2.
 6. Отключить один из резисторов.
 7. Показания приборов записать в таблицу 2.
- ◆ Ответить на вопросы:
- Как изменится общее сопротивление, если в схему добавить еще один резистор?

Как при этом меняется сила тока?

- Как изменятся токи на каждом участке?
- Составить уравнение по первому закону Кирхгофа.

Таблица 2

				<i>ИЗМЕРЕНО</i>				
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

КАРТОЧКА-ЗАДАНИЕ

I. Исследование основных соотношений в цепи с последовательным соединением приемников.

№ варианта	U В	R ₁ Ом	R ₂ Ом	R ₃ Ом	R' ₂ Ом
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.

№ варианта	U В	R ₁ Ом	R ₂ Ом	R ₃ Ом	R' ₂ Ом
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

Расчетные формулы:

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

$$P' = U \cdot I$$

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

Ответить на вопросы:

- Какое соединение резисторов называется последовательным?
- Какое соединение резисторов называется параллельным?
- Как изменятся показания приборов, если R_{ax} уменьшилось? Ответ обосновать
- Как изменятся показания приборов, если R_{cz} уменьшилось? Ответ обосновать

Лабораторное занятие №5

Тема: Исследование сложной цепи постоянного тока методом наложения.

Проверка законов Кирхгофа.

Цель работы: Исследовать сложную цепь методом наложения. Проверить задачу методом уравнений Кирхгофа.

МЕТОД НАЛОЖЕНИЯ:

Схема 1

Измерено:

$$I_1 =$$

$$I_2 =$$

$$I_3 =$$

Схема 2

Измерено:

$$I'_1 =$$

$$I'_2 =$$

$$I'_3 =$$

Схема 3

Измерено:

$$I''_1 =$$

$$I''_2 =$$

$$I''_3 =$$

ПРОВЕРКА:

$$I_1 = I'_1 + I''_1$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3$$

Порядок выполнения работы:

1. Составить схему, указанную преподавателем. Начертите схему 1.
2. Предъявить для проверки преподавателю.
3. Записать значения действительных токов в цепи I_1, I_2, I_3 .
4. Оставляем в схеме только источник E_1 . Источник E_2 исключаем. Начертите схему 2.
5. Запишите значения частичных токов, создаваемых источником $E_1: I'_1, I'_2, I'_3$
6. Оставьте в схеме только источник E_2 , исключив источник E_1 .
7. Запишите значения частичных токов, создаваемых источником $E_2: I''_1, I''_2, I''_3$
8. Действительные токи равны алгебраической сумме частичных. Проанализируйте расчеты, сравните со значениями, полученными в ходе работы. Отрадите в выводе.
9. Проверьте правильность показаний методом уравнений Кирхгофа:
 - Составьте систему уравнений по первому и второму законам Кирхгофа.
 - Подставьте числовые значения.
 - Проанализируйте полученные значения. Отрадите анализ в выводе.
10. Сделать вывод и ответить на вопросы:
 - Какая цепь называется сложной.
 - Как определить знак частичного тока.
 - Сформулируйте 1-ый закон Кирхгофа.
 - Сформулируйте 2-ой закон Кирхгофа.

Лабораторное занятие №6

Тема: Исследование опытным путем законов электромагнитной индукции.

Цель работы: Опытным путём проверить основные законы электромагнитной индукции.

Оборудование: 1. Аккумуляторная батарея

2. Гальванометр

3. Реостат

4. Полосовой постоянный магнит

5. Индукционная катушка с сердечником

6. Индукционная катушка с сердечником

7. Выключатель

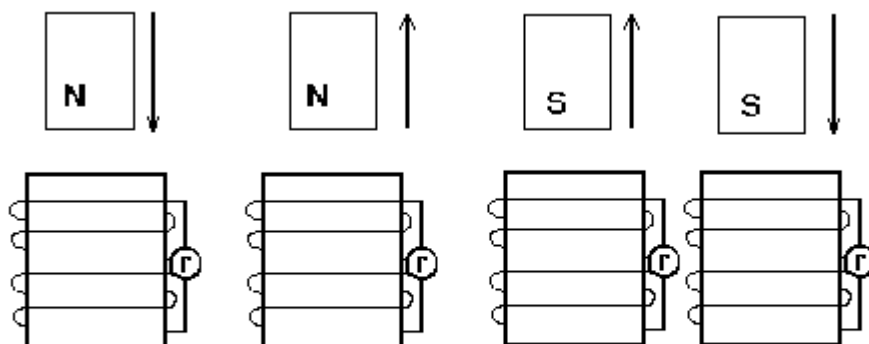


Рис. 1а

Рис.1б

Рис.1в

Рис.1г

I. Электромагнитная индукция.

1.

- Рис.1а:

- Рис. 1б:

- Рис.1в:

- Рис.1г :

2.

Явление самоиндукции:

- Рис. 2а

- рис. 2б

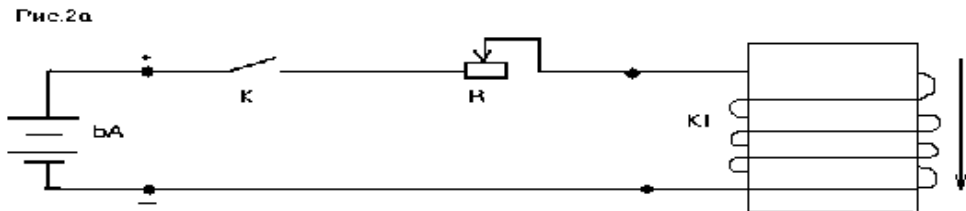


рис. 2б

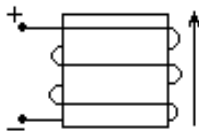


рис. 2в

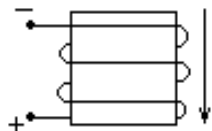
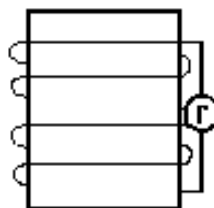
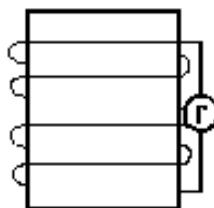
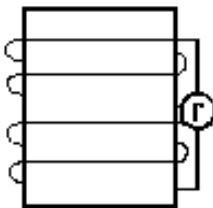
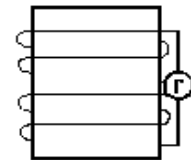
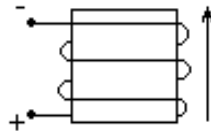


рис. 2г



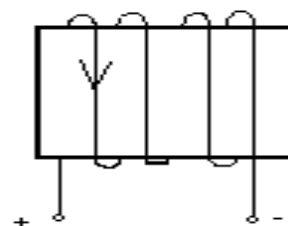
Изменим направление токов в $K1_1$.

- Рис. 2в

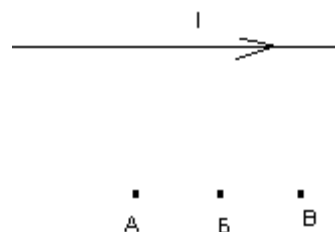
- Рис. 2г

Вывод:

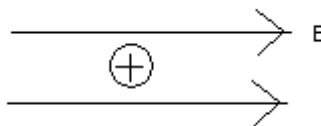
1. По какому правилу определяется направление магнитного поля катушки с током? Укажите направление магнитного поля катушки.



2. В какой точке А, Б или В напряженность магнитного поля максимальна? По какому правилу определяется направление магнитного поля прямолинейного проводника с током?



3. По какому правилу определяется направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле. Укажите направление силы, действующей на проводник с током в магнитном поле.



Лабораторное занятие № 7

Тема: Исследование основных соотношений в цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и индуктивности.

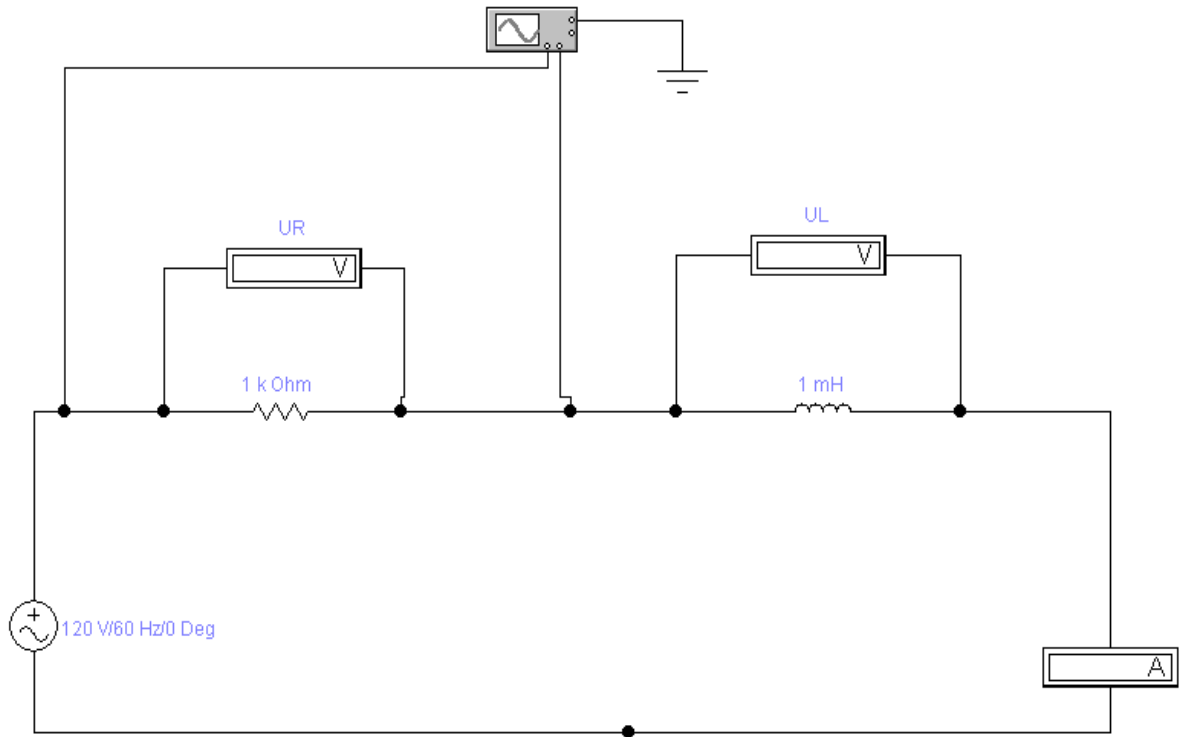
Цель работы:

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

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему, указанную на рис.
 - ◆ **Вольтметры и амперметры перевести в режим АС (двойной щелчок мышью, открывает окно рис.1)**

Рис.1



Задание 1

1. Установить значение параметров согласно заданию преподавателя.
2. Занести показания приборов в таблицу 1
3. Увеличить напряжение в два раза, показания приборов занести в таблицу 1.

Таблица1

№					Измерено						
	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		50									
2		50									

Задание 2

- ◆ Изменяя частоту подводимого к контуру напряжения, проследите за изменением X_L, I, Z, данные занести в таблицу2.

Установить значения частоты:

$$f_1 = 500 \text{ Гц}$$

$$f_2 = 1 \text{ кГц}$$

Таблица2

№					Измерено						
	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									

Задание 3

- ◆ Уменьшить величину индуктивности, проследите за изменением X_L , I , Z данные занести в таблицу 3.
- ◆ Увеличить номинал активного сопротивления, показания приборов занесите в таблицу 3

№					Измерено						
	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		50									
2		50									

Таблица3

- ◆ По результатам работы построить график зависимости $X_L=f(f)$; $Z=f(f)$
- ◆ Включите осциллограф (рис2), в отчет начертите временную диаграмму.
- ◆ На осциллографе необходимо установить следующие значения: *time base 0.02 s/div; channel A 100 V/div; channel B 200 V/div*
- ◆ Постройте векторную диаграмму токов и напряжений в масштабе.

Вывод:

- Какие параметры цепи изменились при увеличении приложенного напряжения?
-

- Какова зависимость индуктивного сопротивления от частоты?
-

- Поясните построение векторной диаграммы
-

- Закон Ома для цепи переменного тока, содержащей активное сопротивление и индуктивность.
-

- Каким сопротивлением обладает катушка индуктивности в цепи постоянного тока?

➤ Каким сопротивлением обладает катушка индуктивности в цепи переменного тока?

➤ Какие величины изменятся, если в цепь с активным сопротивлением и индуктивностью добавить катушку, с индуктивностью равной индуктивности первой катушки? Ответ пояснить.

Карточка - задание

Задание 1

№ варианта	U, В	f, Гц	L, мГн	R, Ом
1.	20	50	25,4	3
2.	56	50	19,1	4
3.	112	50	31,85	5
4.	50	50	38,1	6
5.	100	50	25,4	7

$X_L = f(f)$	$Z = f(f)$

Лабораторное занятие № 8

Тема: Исследование основных соотношений в цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления и емкости.

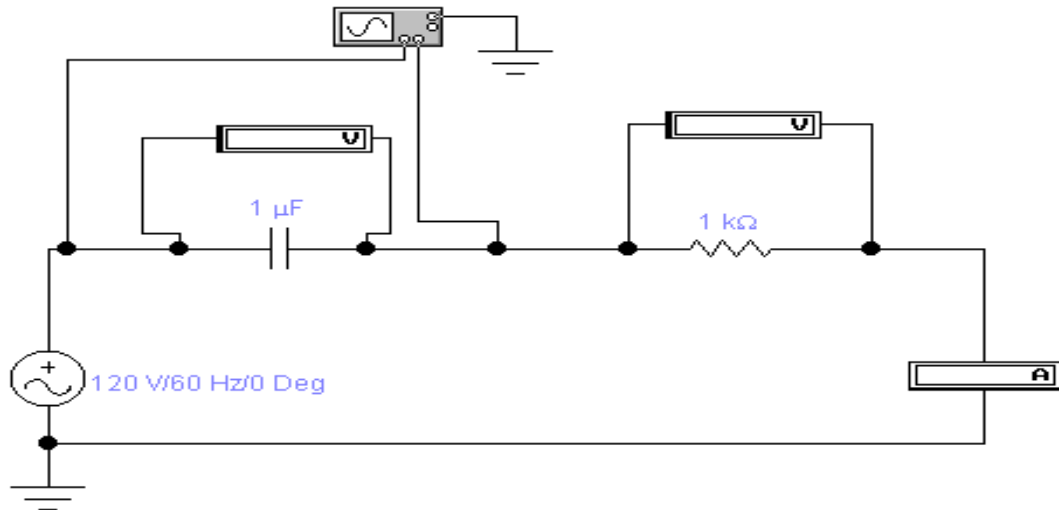
Цель работы:

- ◆ Опытным путем убедиться в справедливости закона Ома
- ◆ Установить зависимость емкостного сопротивления от частоты
- ◆ Установить зависимость полного сопротивления от частоты.

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему, указанную на рис.
2. **Вольтметры и амперметры перевести в режим АС** (двойной щелчок мышью по измерительному прибору)

Задание 1



3. Установить значение параметров согласно заданию преподавателя.
4. Занести показания приборов в таблицу 1
5. Увеличить приложенное напряжение в два раза, показания приборов занести в табл. 1

№					Измерено						
	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											

Таблица 1

Задание 2

- ◆ Изменяя частоту подводимого к контуру напряжения, проследите за изменением X_C, I, Z, данные занести в таблицу 2.

Установить значения частоты:

$$f_1 = 100 \text{ Гц}$$

$$f_2 = 200 \text{ Гц}$$

Таблица 2

№					Измерено						
	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									

Задание 3

- ◆ Уменьшить номинал емкости в два раза, проследите за изменением X_C, I, Z данные занести в таблицу 3.
- ◆ Увеличить номинал активного сопротивления, проследите за изменением I, Z

Таблица 3

№					Измерено						
	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											

- ◆ По результатам работы построить график зависимости $X_c=f(f)$; $Z=f(f)$
- ◆ Включите осциллограф (рис2), в отчет начертите временную диаграмму.
- ◆ На осциллографе необходимо установить следующие значения: *time base 0.02 s/div; channel A 100 V/div; channel B 200 V/div*
- ◆ Постройте векторную диаграмму токов и напряжений в масштабе.
- ◆ Сделайте вывод и ответьте на вопросы:
 - Какое сопротивление называется активным?
 - Какое сопротивление называется реактивным?
 - Закон Ома для цепи переменного тока, содержащей активное сопротивление и емкость.
 - Как емкостное сопротивление зависит от частоты?

Карточка - задание

Задание 1

№ варианта	U, В	f, Гц	C, мкФ	R, Ом
1.	20	50	398	3
2.	56	50	531	4
3.	112	50	318,5	5
4.	50	50	265,5	6
5.	100	50	398	7

- ◆ По результатам работы построить график зависимости $X_c=f(f)$; $Z=f(f)$

$X_c=f(f)$	$Z=f(f)$

Лабораторное занятие № 9

Тема: Исследование основных соотношений в цепи переменного тока с

последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости.

Цель работы:

Опытным путем установить резонанс напряжений и проверить его свойства

Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему, указанную на рис.
2. **Вольтметры и амперметры перевести в режим АС** (двойной щелчок мышью по измерительному прибору).
3. В карточке задания установлены параметры, для строки 3 таблицы 1, при неизменном напряжении $U=200$ В;
4. Значения параметров в строках 1,2 устанавливаются следующим образом: $R=\text{const}$; $C=\text{const}$; L увеличиваем на номинал (1 строка), L уменьшаем в два раза (2 строка);
5. Значения параметров в строках 4,5 устанавливаются следующим образом: Значения R ; C ; L устанавливаем такими же как в строке 1. Изменяем значение частоты таким образом, что бы получить резонанс напряжений.
6. Занести показания приборов в таблицу 1

№					Измерено						
	R Ом	L мГн	C мкФ	f Гц	U _R В	U _C В	U _L В	I А	Z Ом	P Вт	Q ВАр
1				50							
2				50							
3				50							
4											
5											

Постройте в масштабе векторную диаграмму токов и напряжений (строка 3).

- ◆ Сделайте вывод и ответьте на вопросы:
 - Назовите условия резонанса напряжений.
 - Как можно получить резонанс напряжений?
 - Перечислите особенности резонанса напряжений
 - Область применения резонанса напряжений.

Карточка – задание

№ варианта	R Ом	L мГн	C мкФ	f Гц
1.	80	0,16	63,69	50
2.	40	0,16	63,5	50
3.	80	0,29	35,4	50
4.	60	0,38	26,5	50
5.	32	0,04	227	50

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 таблицу 2
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:

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

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

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

Сделать вывод и ответить на вопросы:

- Сформулируйте условие резонанса токов
 - Перечислите особенности резонанса токов
 - В чем заключается экономико-техническое значение коэффициента мощности?
 - Перечислите способы увеличения коэффициента мощности
8. Построить векторные диаграммы для случаев: $B_L > B_C$ и для резонанса токов.

	Неравномерная													
Обрыв линии	Равномерная													
	Неравномерная													
Обрыв фазы	Равномерная													
	Неравномерная													

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

8. Сделайте вывод и ответьте на вопросы:

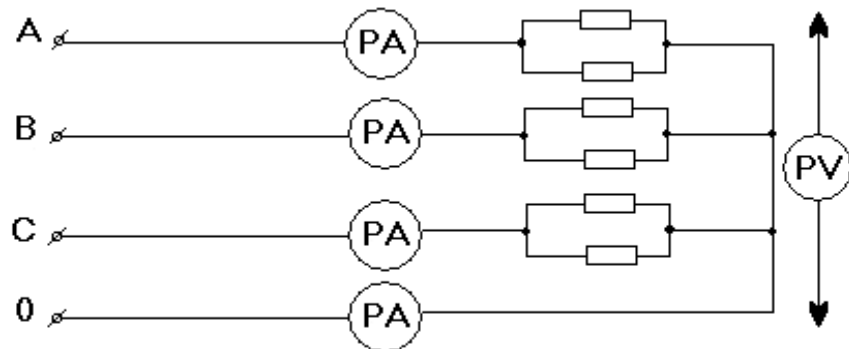
- Какая нагрузка трехфазной цепи называется симметричной?
- Каково соотношение между фазными и линейными токами и напряжениями для соединения приемников треугольником.
- Как изменятся фазные токи при обрыве линии?
- Как изменятся фазные токи при обрыве фазы?

Лабораторное занятие №12

Тема: Исследование работы трехфазной цепи при соединении потребителей энергии в “звезду”.

- Цель:
- 1) Ознакомиться с работой трехфазной системы переменного тока методами измерения фазных и линейных токов и напряжений.
 - 2) Проверить соотношения между током и напряжением при соединении потребителей энергии в “звезду”.
 - 3) Выяснить роль нулевого провода в четырехпроводной системе трехфазного тока.

Электрическая схема:



Технические данные используемых приборов:

Таблица 1

Обозначение прибора	Наименование прибора	Заводской номер	Система прибора	Номинальное значение	Цена деления	Класс точности
РА	Амперметр	2777		1А	0,01	0,5
РА	Амперметр	2789		1А	0,01	0,5
РА	Амперметр	2792		1А	0,01	0,5
РА	Амперметр	2993		1А	0,01	0,5
PV	Вольтметр	4532		300В	2	0,5

Результаты измерений и вычислений:

Таблица 2

Виды соединений		Измерено						Вычислено							
		I_0	I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}	P_A	P_B	P_C	P
		А	А	А	А	В	В	В	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Вт
Равномер.	Без нулевого провода														
	С нулевым проводом														
Неравномер.	Без нулевого провода														
	С нулевым проводом														

Сделать вывод и ответить на вопросы:

1. Какое соединение трехфазной цепи называется соединением “звездой”?
2. Каково соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями?
3. Какая нагрузка трехфазной цепи называется симметричной?
4. Назначение нулевого провода.

Построить в масштабе векторную диаграмму цепи при несимметричной нагрузке с нулевым проводом.

Лабораторное занятие №13

Тема: Моделирование электрических цепей несинусоидального тока.

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

Схема:

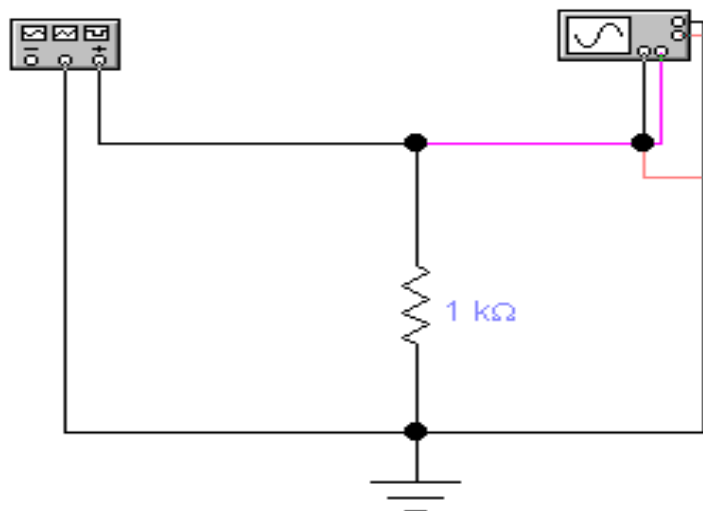


РИС.1

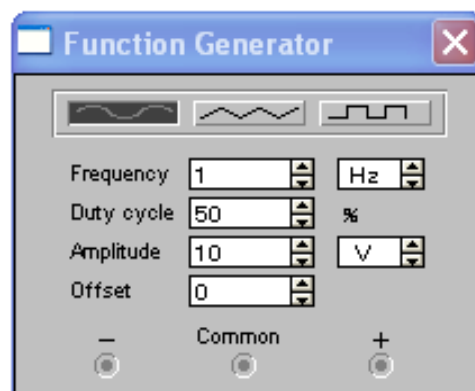
Порядок выполнения работы:

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; Duty cycle (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 **Fourier Analysis**, в котором укажите параметр *Fundamental frequency 1 Hz*. Затем откроется окно **Analysis Graphs**. Спектральную характеристику гармонического сигнала занесите в отчет.



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

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 **Fourier Analysis**, в котором укажите параметр *Fundamental frequency 1 kHz*. Затем откроется окно **Analysis Graphs**. 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>
$U_{m1} = \frac{4A_m}{\pi}$	$U_{m3} = \frac{4A_m}{3\pi}$	$U_{m5} = \frac{4A_m}{5\pi}$
$U_{m1} =$	$U_{m3} =$	$U_{m5} =$
$f_1 = 1000 \text{ Гц}$	$f_3 = 3000 \text{ Гц}$	$f_5 = 5000 \text{ Гц}$

5. Запишите ряд Фурье:

II. Разложение в ряд Фурье треугольного импульса напряжения.

6. Установите параметры генератора функций: *Frequency (частота) 1 kHz; Duty cycle (коэффициент заполнения) 50%; Amplitude (амплитуда) 10 V.*
7. 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.*
8. Используя команду **Analysis > Fourier** получим спектральную характеристику треугольного импульса. Спектральную характеристику гармонического сигнала занесите в отчет.
9. 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>
$U_{m1} = \frac{8A_m}{\pi^2} ;$	$U_{m3} = \frac{8A_m}{9\pi^2} ;$	$U_{m5} = \frac{8A_m}{25\pi^2}$
$U_{m1} =$	$U_{m3} =$	$U_{m5} =$

$f_1 = 1000 \text{ Гц}$	$f_3 = 3000 \text{ Гц}$	$f_5 = 5000 \text{ Гц}$
-------------------------	-------------------------	-------------------------

10. Запишите ряд Фурье:

11. 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?

Лабораторное занятие №14

Тема: Изучение конструкции и принципа действия электроизмерительных приборов непосредственной оценки

Цель: Практически изучить конструкции наиболее распространенных электроизмерительных приборов магнитоэлектрической и электромагнитной и приборов электродинамической и ферродинамической системы. Научиться распределять технические характеристики по условным обозначениям на шкалах приборов и выяснить для каких измерений могут быть использованы эти приборы.

Характеристика электроизмерительных приборов

Таблица 1.

№	Система прибора	Наименование прибора	Тип	Род и характер измеряемой величины	Границы измерений	Цена деления	Категория защищенности	Группа эксплуатации	Заводской номер	Год выпуска; номер ГОСТа
1	Магнито-электрическая									
2	Электромагнитная									
3	Ферродинамическая									

Данные электроизмерительных приборов

Таблица

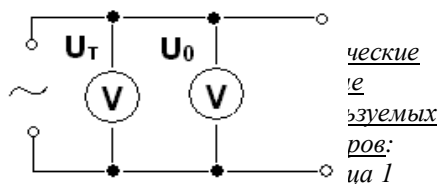
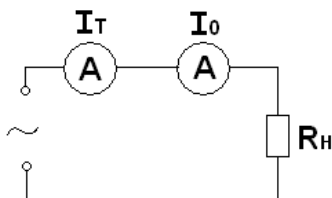
№	Защитный кожух		Тип шкалы	Указательная стрелка	Система успокоения	Крепление подвижной части	Приспособление создающее противодействующий момент	Наличие корректора	Положение приборов при измерениях
	конструкция	материал							
1									
2									
3									

Лабораторное занятие № 15

Тема: Поверка технических амперметра и вольтметра.

Цель работы: Практически ознакомиться с поверкой технических амперметра и вольтметра методом сравнения с образцовыми приборами.

Электрическая схема:



Обозначение	Наименование прибора	Заводской номер	Система прибора	Номинальное	Цена деления	Класс
-------------	----------------------	-----------------	-----------------	-------------	--------------	-------

Расчетные формулы:

Абсолютная погрешность: $\Delta I = I_{\text{п}} - I_0$

Относительная $\gamma_n = \frac{\Delta I}{I_n}$ погрешность:

Поправка: $\delta I = -\Delta I$

Сделать вывод и ответить на вопросы:

- Какая погрешность называется абсолютной?

- Какая погрешность называется относительной?

- Перечислите методы измерений электрических величин.

- Как определить цену деления амперметра и вольтметра?

- Соответствуют ли поверяемые приборы указанному классу точности?

Вывод:

Лабораторное занятие №16

Тема: Измерение электрических сопротивлений

Цель: Изучить устройство и работу омметра, одинарного измерительного моста и мегаомметра. Научиться производить измерения сопротивлений различными методами.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и другим оборудованием, предназначенными для выполнения лабораторной работы, записать их технические характеристики.
2. Определить сопротивление трёх резисторов методом вольтметра и амперметра. В зависимости от порядка измеряемой величины выбрать схему. Повторить опыт при других значениях напряжения и тока. Вычислить среднее сопротивление для каждого резистора. Данные наблюдений и результаты вычислений занести в таблицу.
3. По заводской инструкции ознакомиться со схемой и правилами эксплуатации омметра. Измерить сопротивление тех же резисторов омметром, результаты занести в таблицу.
4. Ознакомиться с устройством измерительного моста и правилами его пользования. Произвести измерение сопротивлений резисторов с помощью моста, результаты полученных измерений занести в таблицу.
5. Познакомиться с правилами выполнения измерений с помощью мегаомметра.
6. Пользуясь мегаомметром, измерить сопротивление изоляции обмоток трёхфазного электродвигателя относительно его корпуса
7. Составить отчёт по результатам выполнения работы.

Таблица результатов измерений:

№ опыта	Измеряемое сопротивление	Измеренное сопротивление (метод вольтметра и амперметра)				Измеренное сопротивление			
						Метод омметра	Метод моста		
		U, В	I, А	R _x , Ом	R _{хсп} , Ом	R'k, Ом	R"x, Ом	%	%
1	R1								
2									
3	R2								
4									
5	R3								
6									

Рабочие формулы:

$$R_{x_{cp}} = \frac{R' + R''}{2}$$

$$\varphi_k = \frac{X_k - X_M}{X_M} \cdot 100\%$$

$$\varphi_k = \frac{X_\Omega - X_M}{X_M} \cdot 100\%$$

Контрольные вопросы:

1. В чём сущность метода измерения сопротивления с помощью амперметра и вольтметра?

2. Какие существуют схемы включения амперметра и вольтметра для измерения, и когда какая схема применяется?

3. Какой закон электротехники лежит в основе метода измерения сопротивления с помощью амперметра и вольтметра?

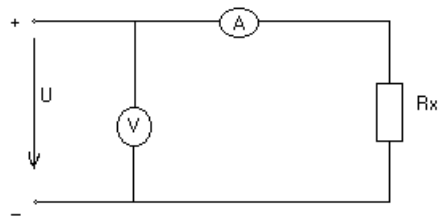
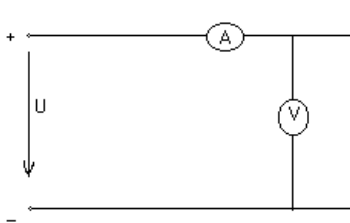
4. Почему шкалу омметра градуируют справа налево?

5. Объясните принцип действия и условия равновесия измерительного моста?

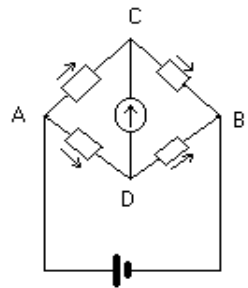
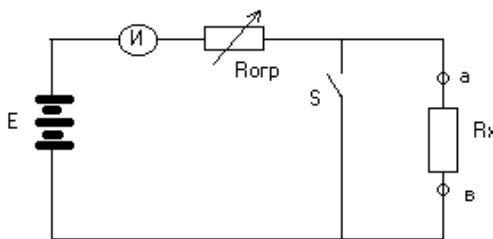
Рабочие схемы:

Схема измерения сопротивлений $R_x \ll R_v$
сопротивлений $R_x \gg R_v$

Схема измерения



Принципиальная схема омметра Измерение сопротивлений мостовым прибором



Вывод:

Лабораторное занятие № 17

Тема: Измерение индуктивности и емкости косвенным методом

Цель: Научиться измерять величину электрической индуктивности и емкости доступными способами

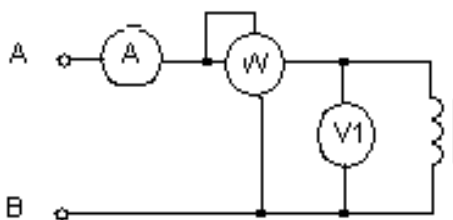
Измерение индуктивности

Приборы и оборудование.

Таблица 1

№	Наименование	Тип	Класс точности	Номинальное значение	Цена деления
1	Амперметр				
2	Вольтметр				
3	Раб. стенд				

Электрическая схема:



Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему и предъявить преподавателю для проверки
2. Подать на схему питание, снять измерения и занести их в таблицу.

3. Ответить на вопросы:

А) Перечислить все способы измерения индуктивности

Б) Пояснить значение измерения индуктивности в электротехнике

В) Указать недостатки косвенного метода.

Таблица 2

№п/п	Измерено			Вычислено			
	U	I	P	R	Z	X _L	L
	B	A	Вт	Ом	Ом	Ом	мГн
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							

Формулы:

$$R = \frac{P}{I^2}; \quad Z = \frac{U}{I}; \quad X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}; \quad L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}; \quad (f=50 \text{ Гц})$$

Вывод:

Лабораторное занятие №18

Тема: Измерение электрических величин мультиметром

Цель: Научиться измерять напряжение, ток, сопротивление и емкость мультиметром типа M890 C⁺ и соблюдать при этом правила ТБ.

Приборы и оборудование:

- 1.Лабораторный стенд
- 2.Мультиметр
- 3.Руководство по эксплуатации мультиметром.

Общие характеристики мультиметра:

Максимальное идентифицируемое значение	1999 (3,5 цифр) с автоматической индикацией померности
Метод индикации	ЖК-дисплей
Метод измерения	АЦПС 2-ИМ интегрирован
Индикация перегрузки	Знак "1"
Максимальное напряжение общего вывода относительно земли	500В пост/перем тока
Скорость измерения	2-3 измерения в секунду
Темпаература, при которой гарантируется точность	23С +/- 5градусов
Температурный диапазон хранения и работы	работа: от 0 до 40; хранение: -10 до 50
Питание	Одна батарея 9 вольт
Индикация разряда батареи	символ слева на дисплее
Размер	88*170*38мм
Вес	340гр, включая батарею
Принадлежность	инструкция, комплект щупов
Дополнительные принадлежности	термопара (Н-типа, 400С), доп предохранитель 200мА/290В, карбандиловая батарея 9В, коробка

Постоянное напряжение:

Диапазон измерения	Погрешность измерения	Разрешающая способность
200мВ		
2В		
20В		
200В		
1000В		

Переменное напряжение:

Диапазон измерения	Погрешность измерения	Разрешающая способность
2000пФ		
20мФ		
200мФ		
2мкФ		
20мкФ		

Диапазон измерения	Погрешность измерения	Разрешающая способность
200мВ		
2В		
20В		
200В		
700В		

Постоянный ток:

Диапазон измерения	Погрешность измерения	Разрешающая способность
2мА		
20мА		
200мА		
20А		

Переменный ток:

Диапазон измерения	Погрешность измерения	Разрешающая способность
20мА		
200мА		
20А		

Сопротивление:

Диапазон измерения	Погрешность измерения	Разрешающая способность
200Ом		
2кОм		
20кОм		
200кОм		
2МОм		
20МОм		
200МОм		

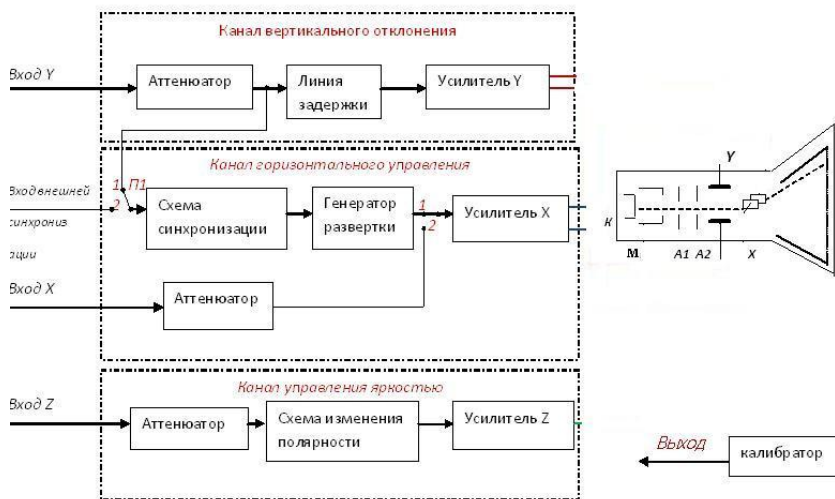
Вывод:

Лабораторное занятие № 19

Тема: Исследование формы сигнала и измерение его параметров помощью осциллографа.

Цель работы: Изучение устройство и правил эксплуатации универсального осциллографа.

Структурная схема:



Порядок выполнения работы:

1. Укажите назначение канала вертикального отклонения, канала горизонтального управления, и канала управления яркостью

Укажите

назначение калибратора

2. Укажите назначение элементов ЭЛТ, какой вид ЭЛТ применяется в осциллографах

3. Соберите схему цепи, указанную преподавателем.
4. Выполните настройки осциллографа, согласно инструкции.
5. Снимите параметры сигнала:

Синусоидальный сигнал

Прямоугольный сигнал

$U_m =$ _____

$U_m =$ _____

$T =$ _____

$T =$ _____

6. Рассчитайте параметры сигнала:

Синусоидальный сигнал

Прямоугольный сигнал

$U =$ _____

$U =$ _____

$f =$ _____

$f =$ _____

Вывод:

Лабораторное занятие № 20

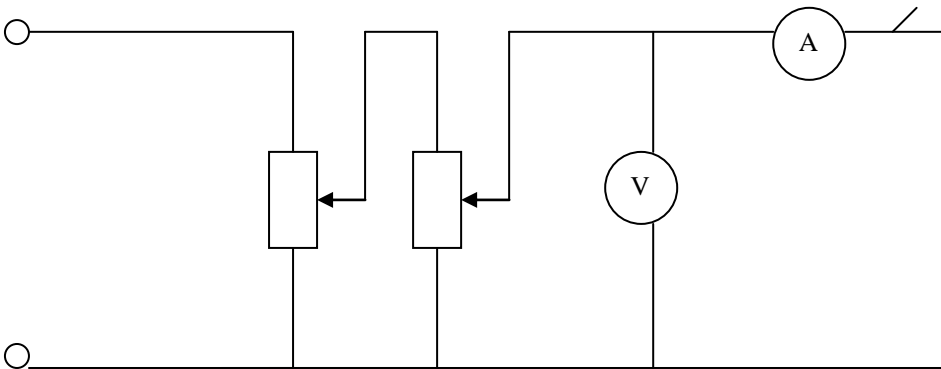
Тема: Исследование работы полупроводниковых диодов.

Цель работы: Изучение ВАХ и параметров полупроводниковых диодов.

Приборы и оборудование:

- Макет для исследования диодов.
- Ламповый вольтметр.
- Источник питания.
- Миллиамперметр
- Соединительные провода.

Схема установки:



1 Снятие ВАХ выпрямительного диода в прямом направлении:

Таблица 1

$U_{пр}, В$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$I_{пр}, мА$						
$R_{пр}, Ом$						

2 Снятие ВАХ выпрямительного диода в обратном направлении:

Таблица 2

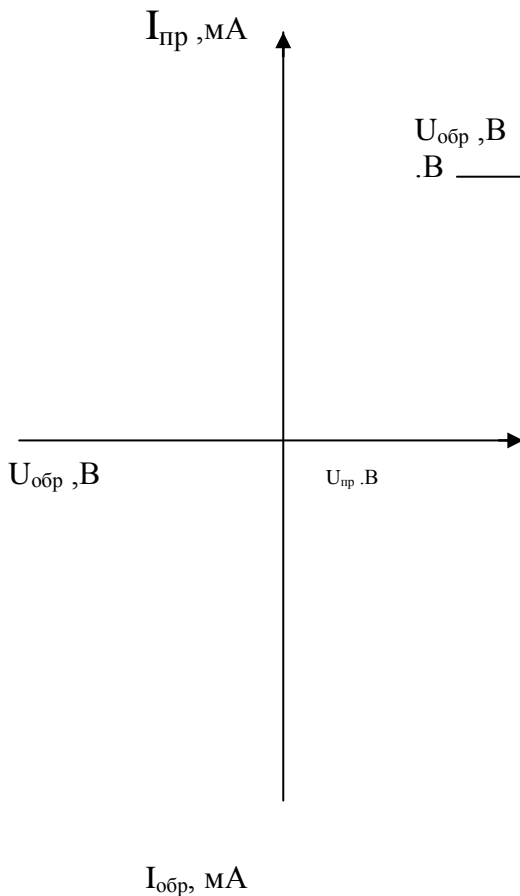
$U_{обр}$, В	0	5	10	15	20	25
$I_{обр}$, мА						
$R_{пообр}$, Ом						

3 Снятие обратной ветви характеристики стабилитрона:

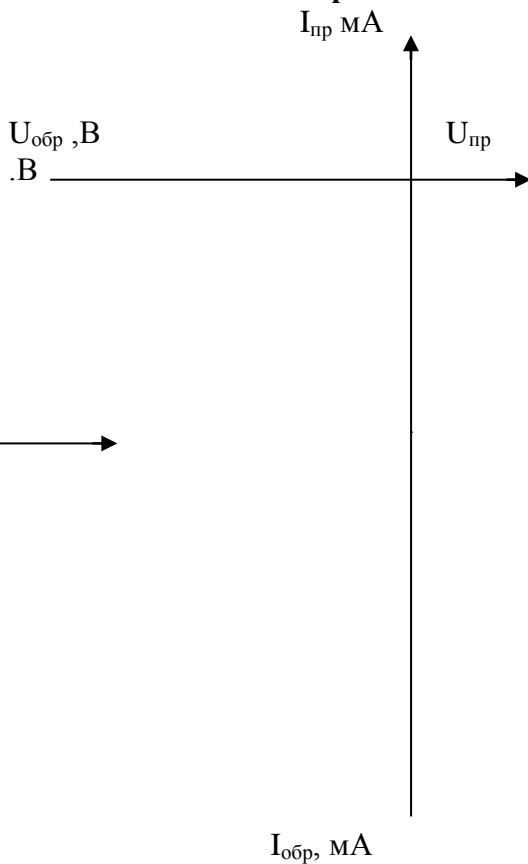
$U_{обр}$, В								
$I_{обр}$, мА								
$R_{пообр}$, Ом								

Построить ВАХ диода: $U_{пр,} = f(I_{пр,})$; $U_{обр,} = f(I_{обр,})$; и ВАХ стабилитрона $U_{обр,} = f(I_{обр,})$

ВАХ диода



ВАХ стабилитрона



Вывод:

- Дайте определение полупроводникового диода

- Какое включение p-n-перехода называется прямым?

-
-
-
- Какое включение р-п-перехода называется обратным?

-
-
-
- Сравните сопротивление прямого включения и обратного

-
-
-
- Что такое пробой р-п-перехода?

-
-
-
- Проанализируйте ВАХ выпрямительного диода и стабилитрона
-
-
-
-

Лабораторное занятие № 21

Тема: Исследование работы биполярного транзистора

Цель работы:

Ознакомиться с основными характеристиками и параметрами транзистора, включённого по схеме с ОЭ.

Содержание работы:

1. ознакомление с устройством и номинальными параметрами транзистора.
2. снятие семейства входных и выходных характеристик транзистора.
3. графическое определение параметров транзистора.

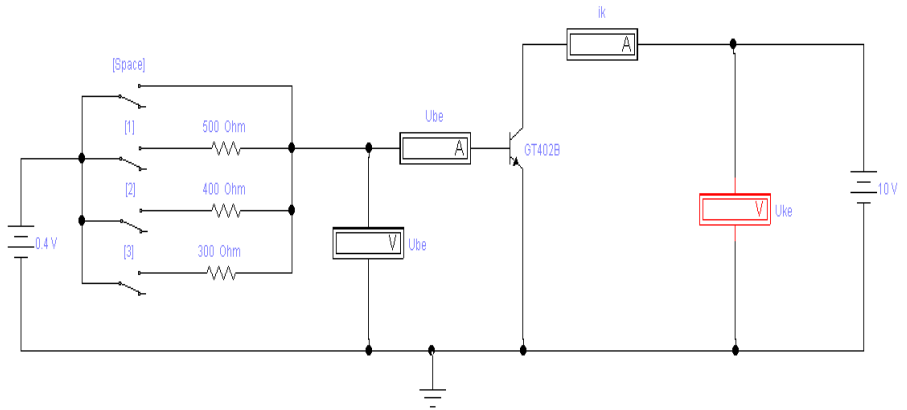
Приборы и оборудование:

1. Макет для исследования транзистора.
2. Ламповый вольтметр.
3. Источник питания и соединительные провода.
4. Микроамперметр.
5. Миллиамперметр.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомится со схемой, приборами и оборудованием.
2. Собрать схему для исследования транзистора и представить её на проверку.
3. Записать паспортные параметры исследуемого транзистора и зарисовать схему расположения его выводов.

Схема установки



4. снять семейство входных статистических характеристик транзистора.

Транзистора $I(\beta) = f(U(\beta))$ при $U(k) = \text{const}/$

При снятии данных характеристик движки потенциометров Д1 и Д2 должны находиться в положениях при которых напряжения на базе и коллекторе равны нулю.

Устанавливают потенциометром Д2 напряжение на коллекторе $U(k)$, согласно карточке задания и сменяя ток базы $I(\beta)$ от нуля до значения указанного в карточке задания определяют напряжения на базе транзистора $U(\beta)$. результаты измерений записывают в таблицу 1.

Таблица 1

$U_k=0$		$U_k=-5B$		$U_k=-10B$	
I_β	U_β	I_β	U_β	I_β	U_β
мкА	В	мкА	В	мкА	В
0	0	0	0	0	0
	0,1		0,1		0,1

	0,2		0,2		0,2
	0,3		0,3		0,3
	0,4		0,4		0,4

5. Снятие семейства выходных статистических характеристик

Транзистора $I(k)=f(U(k))$ при $I(b)=const/$

Для снятия выходных характеристик, устанавливают потенциометром Д1 ток базы $I(b)$, согласно карточке задания и изменяя потенциометром Д2 напряжение на коллекторе $U(k)$ согласно карточке задания, определяют ток коллектора $I(k)$. Результаты измерений записывают в таблицу 2.

Таблица 2

К1		К2		К3	
Iб=		Iб=		Iб=	
Uк	Iк	Uк	Iк	Uк	Iк
В	mA	В	mA	В	mA
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	

6. Рабочие формулы:

$$h_{11}=\Delta U_b/\Delta I_b \quad \text{при } U_k=const$$

$$h_{12}=\Delta U_b/\Delta U_k \quad \text{при } I_b=const$$

$$h_{13}=\Delta I_k/\Delta I_b \quad \text{при } U_k=const$$

$$h_{14}=\Delta I_k/\Delta U_k \quad \text{при } I_b=const$$

7. Контрольные вопросы:

1. назначение транзистора.
2. принцип работы транзистора.
3. особенности биполярного транзистора.

Рекомендации:

1. при снятии входных характеристик ключ SPASE должен быть замкнут, а остальные разомкнуты. При снятии семейства входных характеристик необходимо поступить следующим образом: установить напряжение $U_{кэ}=0$ и изменяя напряжение базы эмиттера $U_{бэ}=0,1В, 0,2В, 0,3В, 0,4В$; записать соответствующие значения тока базы. Затем аналогично измерения снимаются при $U_{кэ}=5В$ и $U_{кэ}=10В$.
 2. Для снятия выходных характеристик ключ SPASE отключается, а включается поочередно ключи 1,2 и 3, при этом напряжение $U_{бэ}=0,4В$: первая характеристика снимается при замкнутом ключе 1. Путём изменения напряжения коллектора от 1 до 10 В. Аналогично снимаются 2 другие характеристики.
8. Вывод по работе.
В выводе указать влияние температуры на работу транзистора, преимущества и недостатки данной схемы включения.

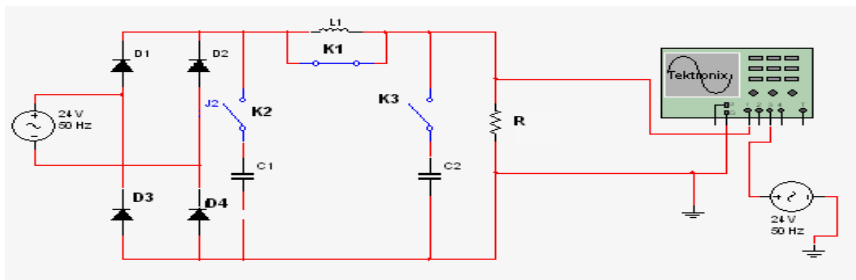
Лабораторное занятие № 22

Тема: Исследование работы выпрямителя

Цель: Изучить процесс преобразование переменного тока, по полученным осциллограммам определить параметры различных фильтров сглаживания пульсаций.

Оборудование: 1)Персональный компьютер
2)Мультимедийная программ “Electronic Workbench”

Рабочая схема:



Параметры виртуального оборудования:

Источник переменного тока	Диоды	Резистор нагрузки	Ёмкость C1	Индуктивность L	Ёмкость C2	Осциллограф Измерит. приборы
24В 50Гц	Diode virtual	100Ом	100мкФ	500 мГн	100мкФ	4-х лучевой

Порядок выполнения работы:

- 1) Собрать схему выпрямителя с фильтрами.
- 2) Установить требуемые параметры элементов.
- 3) Включить схему выпрямителя без фильтра для чего установить ключи в положение: К1-вкл. К2-Выкл. К3-выкл.
- 4) Включить осциллограф и настроив его, получить осциллограмму выпрямителя, зарисовать ее в отчёте и определить по ней коэффициент сглаживания по формуле $K_c = (1/2) * ((h_{max} + h_{min}) / (h_{max} - h_{min}))$
- 5) Включить индуктивный фильтр, для чего ключи установить в положение К1-выкл. К2-выкл. К-3-Выкл. и, зарисовав полученную осциллограмму, определить по ней K_{c1} .
- 6) Включить емкостный фильтр, для чего ключи установить в положение К1-вкл. К2- вкл. К-3- вкл. и, зарисовав полученную осциллограмму, определить по ней K_{c2} .

7) Включить Г-образный фильтр, для чего ключи установить в положение К1-вкл.

К2- выкл. К-3- выкл. и, зарисовав полученную осциллограмму, определить по ней Ксг.

8) Включить П-образный фильтр, для чего ключи установить в положение К1-вкл. К2- выкл. К-3- вкл. и, зарисовав полученную осциллограмму, определить по ней Ксп.

Вывод:

Лабораторное занятие № 23

Тема: Исследование работы предварительного каскада усилителя.

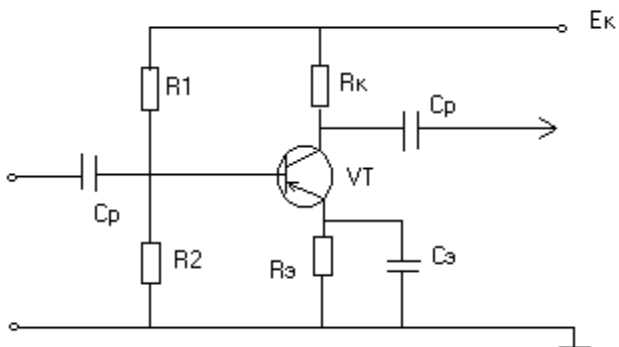
Цель работы: Изучение работы схемы и определение показателей работы усилителя низкой частоты.

Содержание работы:

1. Ознакомление со схемой каскада У.Н.Ч.
2. Снятие амплитудной характеристики усилителя.
3. Снятие частотной характеристики усилителя.
4. Определение влияния параметров схемы на работу усилителя.

Приборы и оборудование:

1. Макет усилителя.
2. Генератор звуковой частоты.
3. источник питания.
4. Вольтметр ламповый.
5. Осциллограф



6. Проводники.

ТАБЛИЦА 1

U(вх) мВ.	0	0,02	0,04	0,06	0,1	0,2	0,4	0,6
U(вых) мВ.								

Таблица 2

Входное напряжение U=10 мВ				Без ООС				
f Гц.	50	100	500	1000	2000	4000	8000	10000
U(вых) мВ.								
K								

На основании полученных результатов таблицы 1 и 2 построить амплитудные и частотные характеристики.

4. Сделать выводы по работе.

В выводе указать влияние сопротивления нагрузки на выходной сигнал, на причины возникновения нелинейных и частотных искажений, на влияние ООС на работу усилителя.

Контрольные вопросы:

1. Каково назначение предварительных и выходных каскадов усилителя?

2. Объясните назначение всех элементов схемы.

3. От чего зависит величина выходного сигнала в усилителе?

4. Чем обусловлены частотные и нелинейные искажения в усилителе?

5. Что даёт введение ООС в схемах усилителя?

Какие показатели работы усилителя оценивают его качество?

Лабораторное занятие № 24

Тема: Исследование генератора с параллельным возбуждением

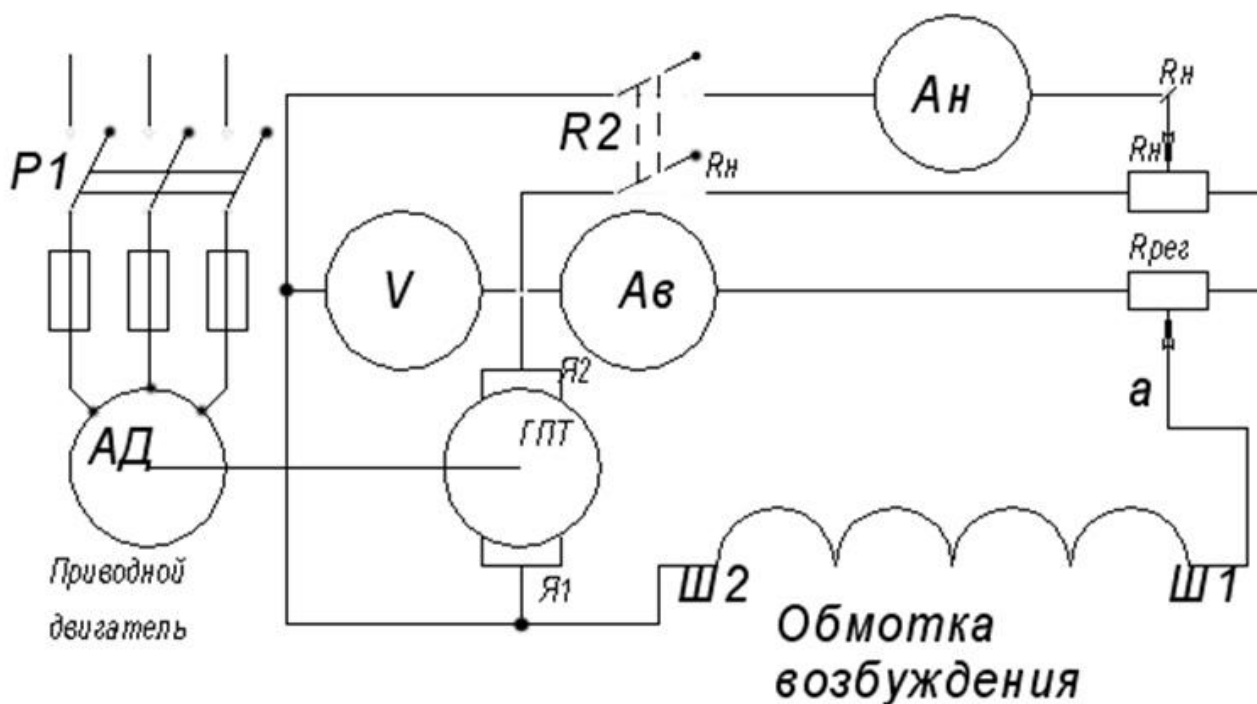
Цель: Ознакомиться с методикой снятия характеристик холостого хода, внешней и регулировочной, изучить их. Научиться управлять работой генератора постоянного тока.

Необходимое оборудование и приборы:

Таблица 1

Необходимое оборудование и приборы	Тип	Заводской номер	Технические данные
Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением			
Приводной двигатель			
Вольтметр			
Амперметр цепи возбуждения			
Амперметр цепи нагрузки			
Реостат регулировочный			
Реостат нагрузочный			
Пусковая аппаратура			
Соединительные провода			

Электрическая схема:



Снятие характеристики холостого хода:

Таблица 2

№ п/п	Івозб (А)	Евосх (В)	Енисх (В)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Характеристика холостого хода: $E(B)=f(I_{\text{возб}})$; $I_A = 0$



Снятие внешней характеристики:

Таблица 3

№ п/п	U (В)	Інагрузки (А)	Івозб (А)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

График зависимости: $U=f(I_{\text{нагр}})$; $R_{\text{рег}} = \text{const}$



Снятие регулировочной характеристики:

Таблица 4

№ п/п	U=const	Iнагрузки (А)	Iвозб (А)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

График зависимости: $I_{\text{возб}}=f(I_{\text{нагр}})$; $U = \text{const}$



Вывод:

Лабораторное занятие №25

Тема: Испытание генератора с независимым возбуждением.

Цель: Опытным путем снять основные характеристики генератора, изучить основные свойства генератора постоянного тока и выявить факторы, влияющие на работу генератора.

Необходимое оборудование и приборы:

Таблица 1

Наименование	Тип	Заводской номер	Технические данные

Характеристика холостого хода:

Таблица 2

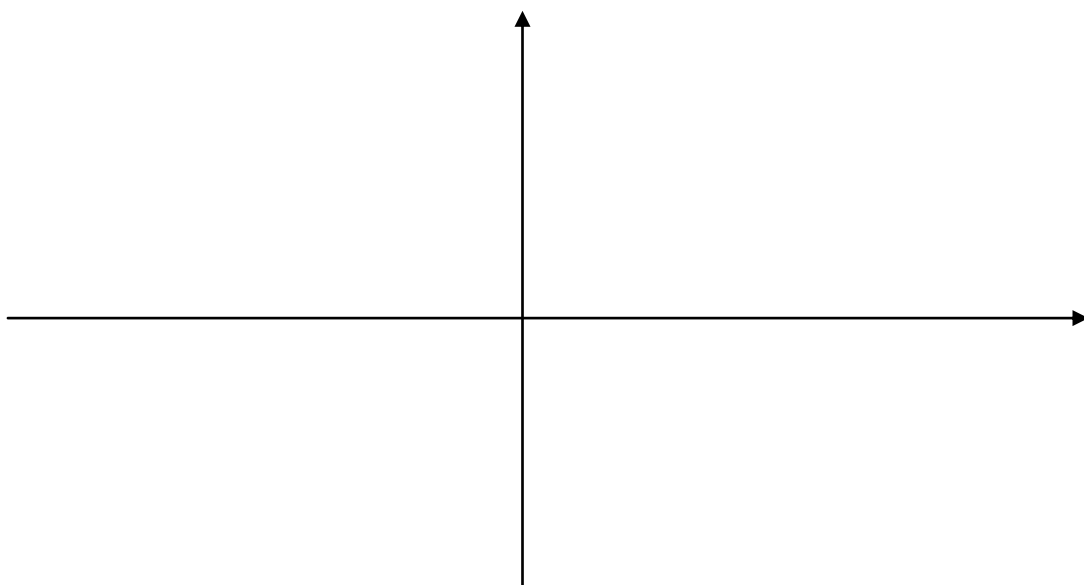
№ опыта	+Iвозб (А)	+Eвосх (В)	+Енисх (В)	№ опыта	-Iвозб (А)	-Eвосх (В)	-Енисх (В)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Внешняя характеристика:

Таблица 3

№ Опыта	U (В)	Ia (А)	Iвозб (А)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

График зависимости $E=f(I_{\text{возб}})$



Граф зависимости $U=f(I_a)$



Графики зависимости $I_{\text{возб}}=f(I_a)$

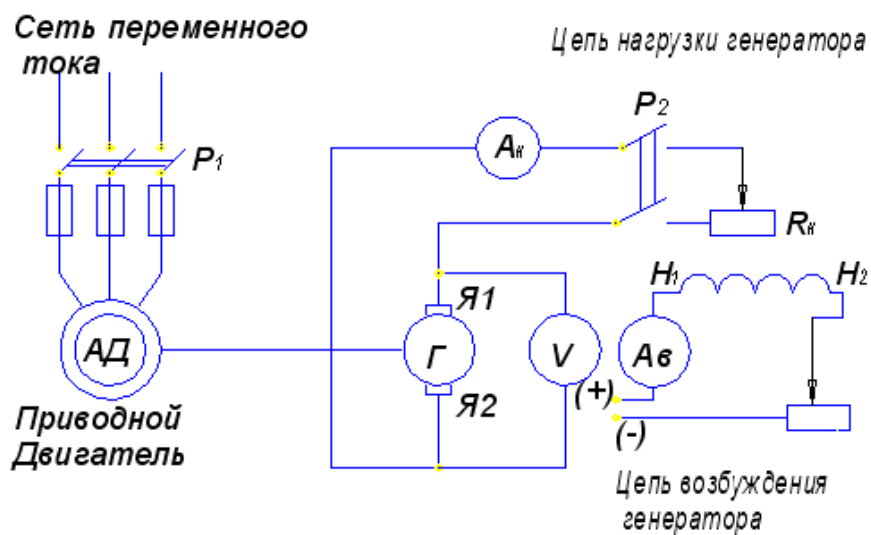


Регулировочная характеристика

Таблица 4

№ Опыта	$U = \text{const} = 60$ (В)	I_a (А)	$I_{\text{возб}}$ (А)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Электрическая схема установки:



Вывод:

С увеличением нагрузки напряжение на зажимах генератора уменьшается за счёт:

- Увеличения падения напряжения в цепи якоря.
- Реакция якоря вызывает уменьшение основного магнитного потока.

Генератор независимого возбуждения применяют для питания потребителей, допускать снижение напряжения не более 5-10%.

Лабораторное занятие № 26

Тема: Исследование электродвигателя с параллельным возбуждением

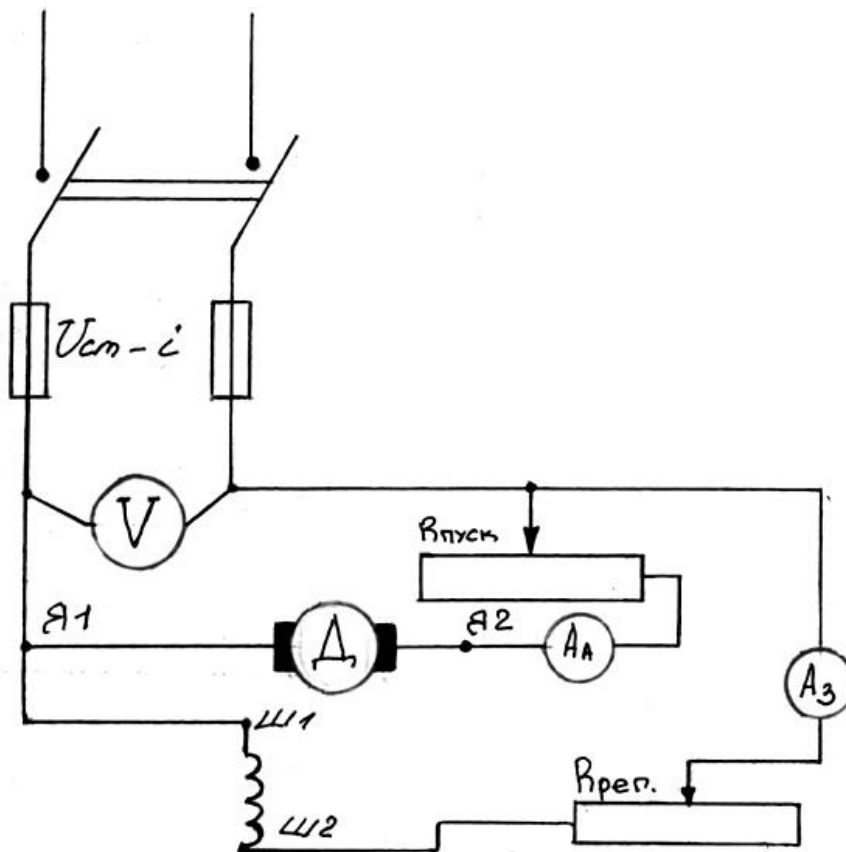
Цель: Приобрести навыки в проведении пуска в ход двигателя постоянного тока, снять рабочие и регулировочные характеристики двигателя с параллельным возбуждением.

Оборудование и приборы:

Таблица 1

Наименование	Тип	Заводской номер	Технические данные
Двигатель с параллельным возбуждением			
Электромагнитный тормоз			
Тахометр			
Пусковой реостат			
Регулировочный реостат			
Вольтметр			
Амперметр в цепи якоря			
Амперметр в цепи возбуждения			
Пакетные выключатели			
Источник постоянного тока			

Электрическая схема:

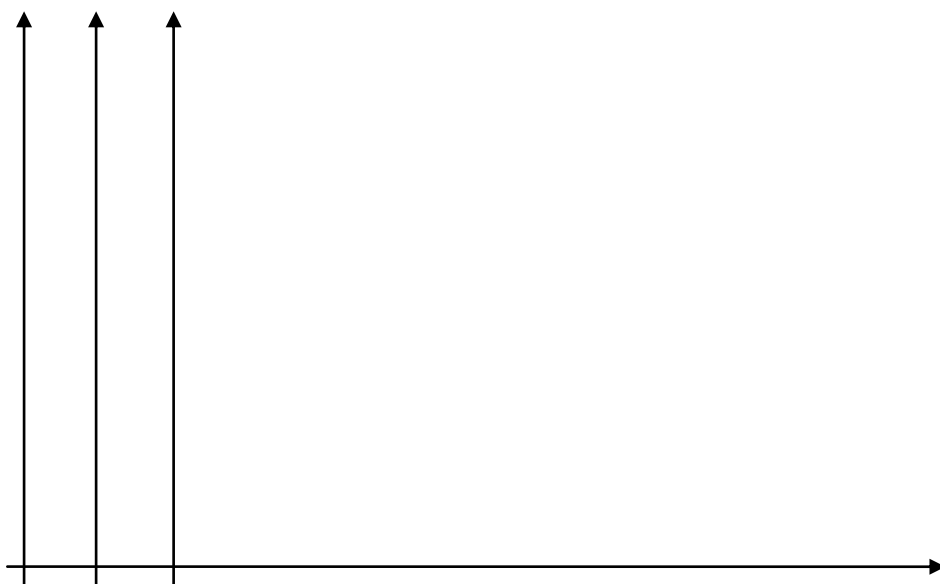


Снятие рабочих характеристик:

Таблица 2

№ опытов	Измерено					Вычислено			Режим работы двигателя
	Uв	Ia	Iвозб	M	n	P1	P2	η	
	В	А	А	кГм или Нм	об/мин	Вт	Вт	%	
1									хол. Ход
2									Режим работы установить с помощью тормозного реостата Rторм
3									
4									
5									
6									
7									
8									

График зависимости: $\eta=f(I_n)$; $n=f(I_n)$; $M=f(I_n)$.



Снятие регулировочной характеристики:

Таблица 3

Показание приборов	Режим холостого хода	Режим нагрузки					
Ток якоря, Iа (А)		-	-	-	-	-	-
Ток возб. Iв (А)		-	-	-	-	-	-
Число оборотов, n=const (об/мин)		-	-	-	-	-	-

График зависимости: $I_{\text{возб}}=I_{\text{нагр}}$



Расчетные формулы:

1. Потребляемая двигателем электрическая мощность.
 $P_1 = U_n \cdot I_n$ (Вт), где $I_n = I_a + I_b$.
2. Полезная механическая мощность на валу двигателя.

$$P_2 = \frac{M_b \cdot n}{0.975} \text{ (Вт), где } M_b \text{ в кГм, или}$$

$$P_2 = \frac{M_b \cdot n}{9.55} \text{ (Вт), где } M_b \text{ в Нм.}$$

3. КПД

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

Вывод:

Лабораторное занятие № 27

Тема: Исследование электродвигателя с последовательным возбуждением

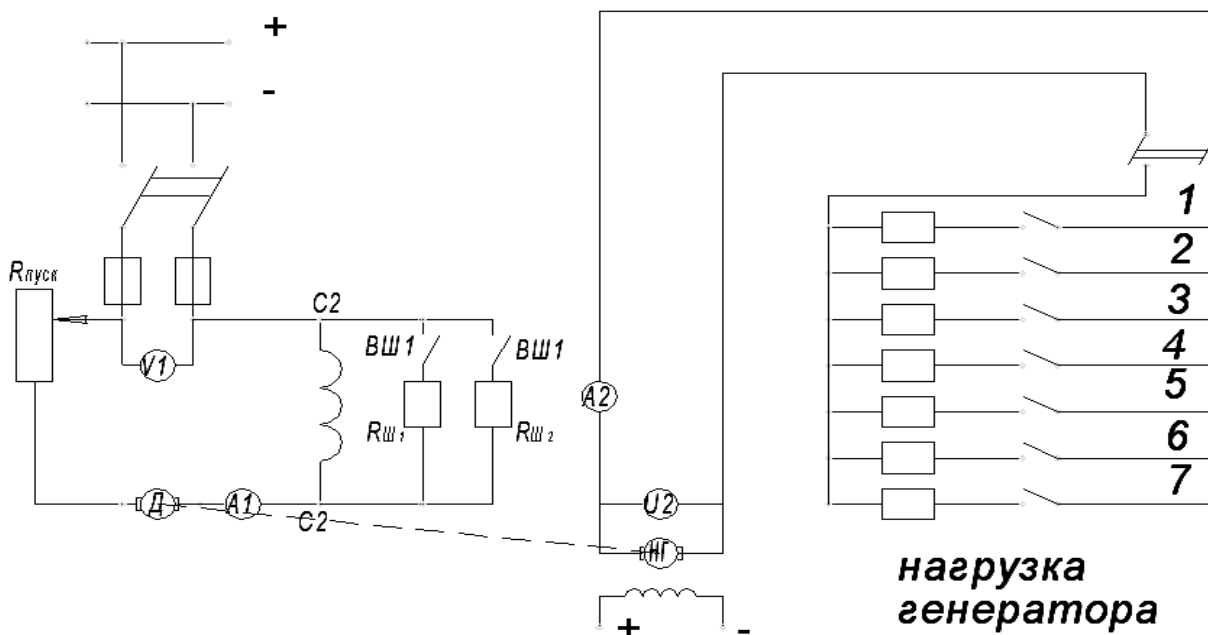
Цель: Снять рабочие и регулировочные характеристики и приобрести навыки по управлению электрическим двигателем постоянного тока.

Необходимые приборы и оборудование:

Таблица 1

Наименование	Тип	Заводской номер	Технические данные
Испытуемый двигатель с последовательным возбуждением			
Нагрузочный генератор постоянного тока			
Вольтметр цепи двигателя			
Амперметр цепи двигателя			
Вольтметр цепи генератора			
Амперметр цепи генератора			
Тахометр			
Пусковой реостат			
Пакетные выключатели 2 шт.			
Нагрузочный реостат			
Источник постоянного тока			

Электрическая схема:



Снятие рабочей характеристики:

Таблица 2

№	Двигатель			Генератор		Вычислено			
	U ₁ (В)	I ₁ (А)	n (об/мин)	U ₂ (В)	I ₂ (А)	P ₁ (Вт)	M ^{вр} _{эм} (Нм)	P ₁ (Вт)	η %
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

График зависимости: $M_{ЭМ}^{вр} (н \cdot м) = f(I_1)$

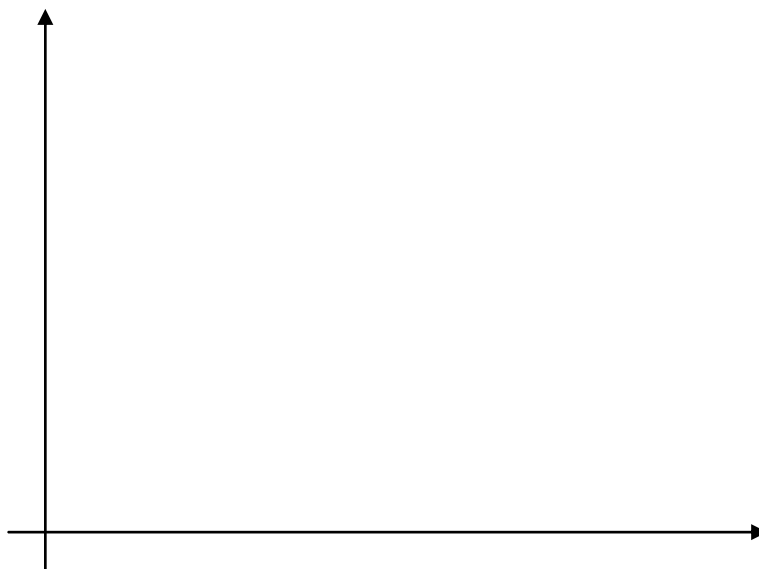


Таблица для снятия регулировочной характеристики:

Таблица 3

Степень ослабления поля	Положение выключателей	U ₁ (В)	I ₁ (А)	n (об/мин)
Полное поле				
1 степень ослабления поля				
2 степень ослабления поля				

График зависимости: $n=f(I_1)$



График зависимости: $\eta=f(I_1)$



Расчетные формулы:

1. Потребляемая двигателем электрическая мощность

$$P_1 = U_1 * I_1 \text{ (Вт)}$$

2. Электромагнитный вращающий момент на валу

$$M_{эл}^{вр} = 9,55 \frac{P_1}{n} \text{ НМ}$$

3. Полезная мощность на валу двигателя

$$P_2 = U_2 * I_2 \text{ (Вт)}$$

4. КПД

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} * 100\%$$

Вывод:

Лабораторное занятие № 28

Тема: Исследование занятия однофазного трансформатора

Цель: Определить коэффициент трансформации и потери мощности в трансформаторе при х.х. и к.з. Проверить зависимость напряжения на вторичной обмотке трансформатора от нагрузки.

Необходимые оборудование и приборы:

Таблица 1

Наименование	Тип	Заводской номер	Технические данные
Однофазный трансформатор			
Ваттметр			
Амперметр А1			
Амперметр А2			
Вольтметр V1			
Вольтметр V2			
Нагрузочный реостат			
Рубильники			
Соединительные провода			

Схема 1. Опыт х.х. и нагрузки:

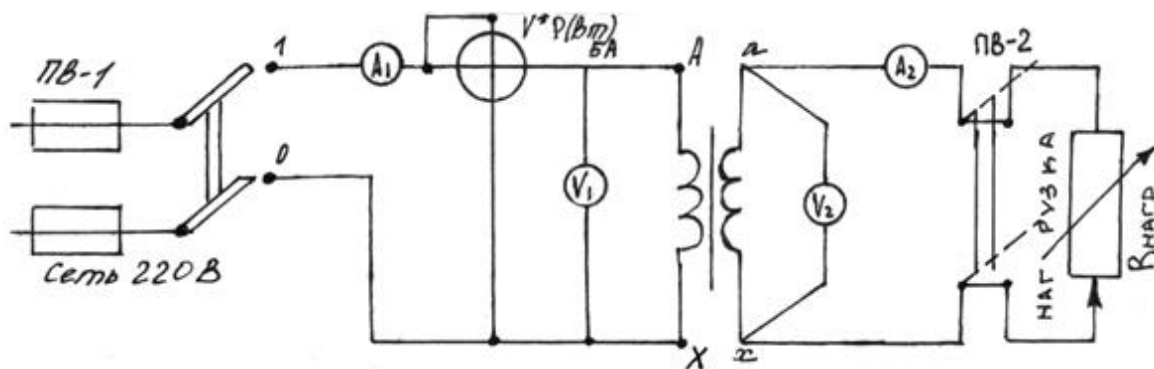
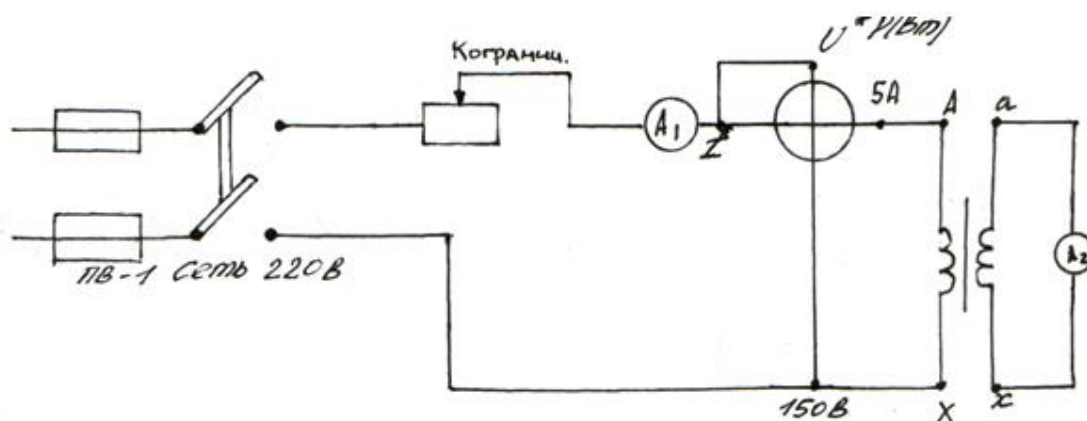


Схема 2. Опыт к.з.:



Опыт холостого хода:

Таблица 2.

№ п/п	Показание приборов				Вычислено		Примечание
	V1н	V2н	P1	I1	K	Cosφ0	
	В	В	Вт	А	—	—	
1							Режим хх

Расчетные формулы:

$$K = \frac{V_{14}}{V_{24}} = \frac{235}{30} = 7.83; \quad \text{Cos } \varphi_0 = \frac{P_1}{V_{1H} \cdot I} = 0;$$

По номинальной мощности $S_H = 135$ Вт вычисляем $I_{H1} = \frac{S_4}{V_{1H}} = \frac{135}{235} = 0,57$ (А)

$$I_{H2} = \frac{S_H}{V_{2H}} = \frac{135}{30} = 4,5$$
 (А)

Режимы нагрузки:

Таблица 3

№ опыта	Показание приборов					Вычислено			Примечание
	V1	I1	P1	V2	I2	P2	Cosφ2	η	
	В	А	Вт	В	А	Вт	—	%	
1									Режим нагрузки
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Расчетные формулы:

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} \cdot 100\%; \quad P_2 = V_2 \cdot I_2 \cdot \text{Cos } \varphi_2$$

График зависимости $V_2 = f(I_2)$



График зависимости $\eta=f(I_2)$



Опыт к.з:

Таблица 4

№ опыта	V1	I1	P1	V2	I2	Примечание	$U_{кз} = \frac{V_1}{V_{1H}} \cdot 100 \%$
	В	А	Вт	В	А		
1							

Вывод:

Лабораторное занятие № 29

Тема: Исследование 3-х фазного АД с КЗ ротором

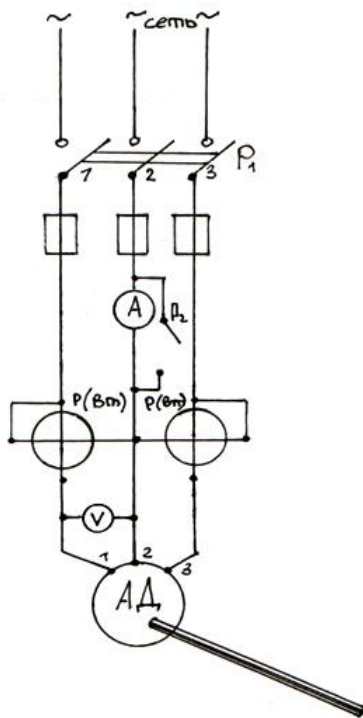
Цель: Изучить основные свойства асинхронного двигателя, опытным путем снять и графически построить рабочие характеристики. Приобрести навыки управления им.

Необходимое оборудование и приборы:

Таблица 1

Наименование	Тип	Заводской номер	Технические данные
Асинхронный эл. двигатель			
Ваттметр			
Электромагнитный тормоз			
Амперметр			
Ваттметр			
Тахометр			
Тумблер (рубильник однополюсной)			
Рубильник (автомат трехполюсной)			
Устройство для питания кат. эл. магнитного тормоза			

Электрическая схема 1:



К электромагнитному тормозу системы инженера Панасенкова.

Снятие рабочих характеристик:

Таблица 2

№ опытов	Измерено					Вычислено			
	U В	I А	P1 Вт	n2 об/мин	Mn КРМ	P2 Вт	S %	Cosφ —	η %
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Расчетные формулы:

$$P_2 = \frac{M_n \cdot n_2}{0.975} \text{ Вт}; \quad \text{Cos} \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I}; \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%; \quad S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%, \text{ где } n_1 = 1500 \text{ об/мин.}$$

Электрическая схема 2:

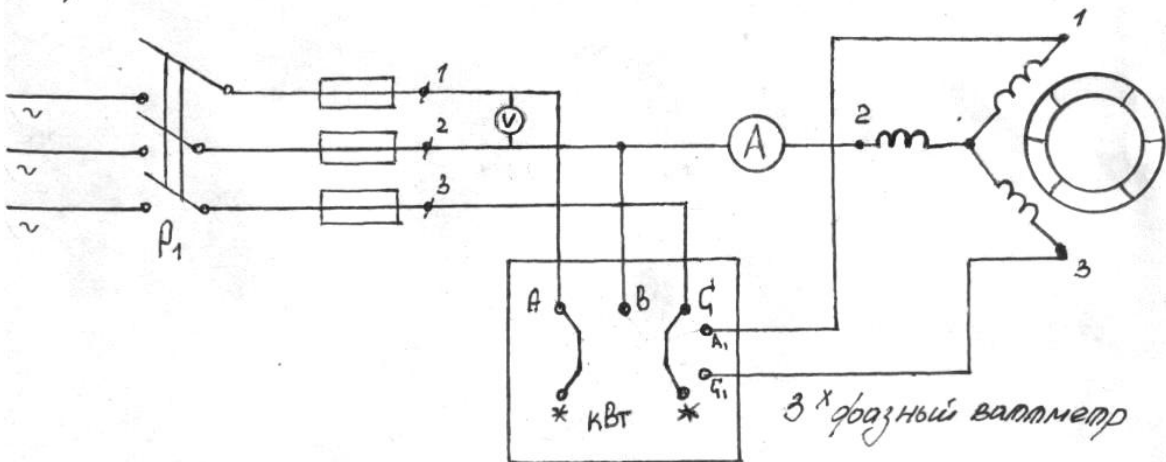


График зависимости: $\eta=f(P_2)$; $\text{Cos}\varphi=f(P_2)$; $n_2=f(P_2)$; $S=f(P_2)$.



График зависимости: $M_n=f(P_2)$



Вывод:

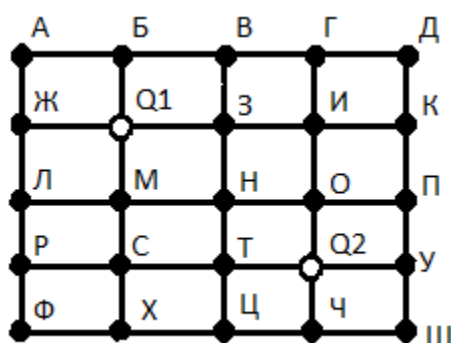
Практическое занятие №1

Расчет параметров электрического поля

Цель: Рассчитать параметры электрического поля, исследовать зависимости между параметрами.

Задание 1: Два точечных тела имеющие заряды Q_1 Q_2 расположены в воздухе, так как показано на рис.1

РИС 1



Расстояние между двумя любыми соседними точками равно 1 м.

1. Определить расстояние от зарядов до заданных точек в пространстве;
2. Определить напряженность поля каждого заряда в заданных точках поля;
3. Начертить в масштабе вектора напряженностей электрического поля в указанных точках;
4. Рассчитать в заданных точках результирующие напряженности электрического поля;
5. Определить величину и направление силы, с которой эл. поле будет действовать на тело с зарядом $Q_3=10 \cdot 10^{-7}$ Кл, помещенное в каждую из заданных точек;
6. Рассчитать электрический потенциал, созданный зарядами Q_1 Q_2 в заданных точках электрического поля, по формуле:

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_a r^2}$$

Результирующий потенциал в точках эл. поля, созданного двумя зарядами:

$$\varphi = 4\pi\epsilon_a \left(\frac{Q_1}{r_1^2} + \frac{Q_2}{r_2^2} \right)$$

При этом заряды Q_1 и Q_2 надо подставлять в формулу с учетом знака.

7. Определить напряжение между указанными в варианте точками эл. поля;

Задание 2:

Провод под напряжением находится низко над землей и обладает положительным зарядом Q_4 . Построить график распределения эл. потенциала по поверхности земли $\varphi=f(r)$ и определить шаговое напряжение между точками К и N, расположенные на расстоянии 1,3 и 2,1 м от провода. Для построения графика рассчитать потенциалы в точках, указанных в табл.2

r, м	0,5	1,0	2,0	4,0
φ, В				

Вывод:

- ✓ Как изменится напряженность эл. поля, если расстояние между зарядами увеличится в два раза?
- ✓ Как изменится напряженность эл. поля, созданного зарядом Q_1 через полчаса после начала наблюдения за ним?
- ✓ Дайте определение эл. напряжения.
- ✓ Проанализируйте полученную зависимость $\varphi=f(r)$.

Практическое занятие №2

Исследование зависимости емкости 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

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:

- 1.1. Определить допустимую напряженность эл. поля между пластинами конденсатора с учетом необходимого запаса эл. прочности диэлектрика:

$$E_{\text{дон}} = \frac{E_{np}}{K}$$

- 1.2. Определить расстояние между пластинами: $d = \frac{U_H}{E_{\text{дон}}}$

- 1.3. 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.

- 2.1 Проанализируйте, как изменились размеры конденсатора.

3. 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)

- 3.1 Определить запас прочности такого конденсатора;

3.2 Проанализировать полученные результаты.

Вывод:

Как зависит емкость конденсатора от его физических параметров?

Практическое занятие №3

Расчет электростатической цепи

Цель: получить навыки расчета электростатической цепи

Задание: Выписать из таблицы исходные данные и вычертить схему, согласно варианта. Определить эквивалентную емкость цепи и заряд каждого конденсатора.

Вариант	Емкость, мкФ					
	Схема	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
1	1	4	1	5	8	4
2		4	5	1	4	8
3	2	5	6	2	4	4
4		6	5	4	4	4
5	3	6	4	5	5	3
6		6	2	6	3	3
7	4	8	6	3	6	16
8		16	3	6	2	8
9	5	4	8	3	6	8
10		8	5	6	3	4

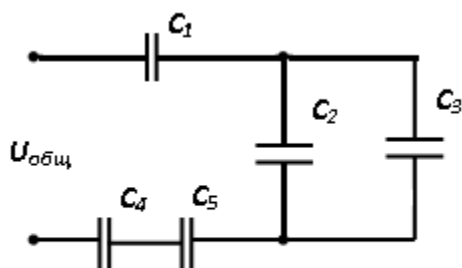


схема 1

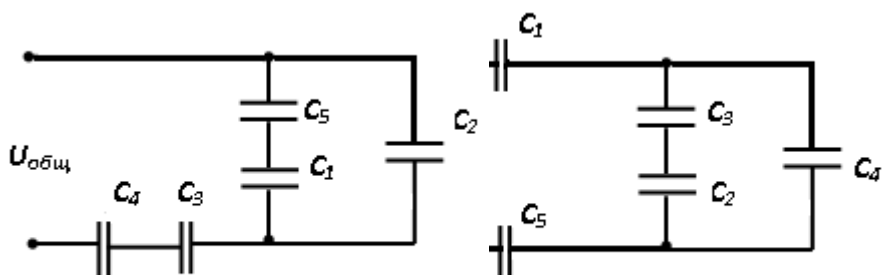
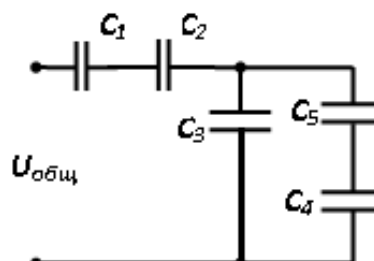


схема 3

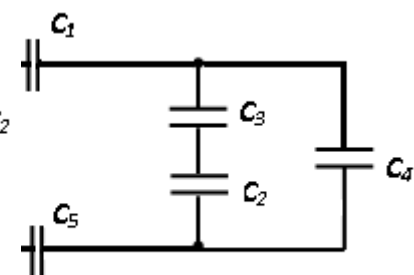


схема 4

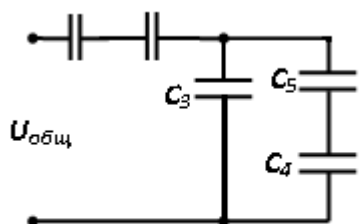


схема 5

Практическое занятие №4

Расчет электронагревательного прибора

Цель работы: рассчитать нагревательный элемент электрокипятильника; подобрать по нагреву провод, необходимый для подключения заданной нагрузки.

Содержание работы

1. Рассчитать длину и сечение нихромовой проволоки нагревательного элемента электрокипятильника.

Мощность кипятильника определить из условия нагрева M кг воды от начальной t_1° = 20°C до кипения за время t ; при расчете учесть КПД электрокипятильника η % (табл. 8.1).

Напряжение питающей цепи $U = 220$ В.

Таблица 8.1

Вариант	M , кг	t , мин	η , %
1, 11, 21	0,5	5	75
2, 12, 22	1,5	10	80
3, 13, 23	2	15	70
4, 14, 24	3	10	75
5, 15, 25	4	15	80
6, 16, 26	5	10	70
7, 17, 27	6	15	75
8, 18, 28	7	20	85
9, 19, 29	8	20	70
10, 20, 30	10	20	80

2. По допустимому нагреву подобрать провод, необходимый для подключения нагрузки, мощностью, равной мощности десяти рассчитанных электрокипятильников. Материал провода выбрать самостоятельно.

Рекомендации к расчету

1. Количество энергии, необходимый для нагревания воды до кипения:

$$W_e = MC (t_2 - t_1), \text{ Дж},$$

где M – количество нагреваемой воды в кг;

C – удельная теплоемкость воды, $C = 4200$ Дж/кг°C;

t_2 – температура кипения воды, $t_2 = 100^{\circ}$;

t_1 – начальная температура воды, °C.

2. Коэффициент полезного действия нагревательного устройства (электрокипятильника)

$$\eta = W_{\text{е}} / W * 100 \%,$$

где $W_{\text{е}}$ – количество энергии, использованное на нагрев воды, Дж;

W – количество энергии, потребленное кипятильником из сети, Дж;

3. Требуемая мощность электрокипятильника

$$P = W/t,$$

где W – количество потребленной из сети энергии на нагрев воды до кипения, Дж;
 t – время нагрева, с.

4. Плотность тока в нихромовой проволоке принять при расчете $\delta = 25 \text{ А/мм}^2$;
 удельное сопротивление нихрома при рабочей температуре $\rho = 1,3 \text{ Ом*мм}^2/\text{м}$.
5. Номинальные токи проводов с резиновой изоляцией в зависимости от материала и поперечного сечения приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Диаметр жилы, мм	Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Допустимая нагрузка для проводов, проложенных открыто, А	
		Медные	Алюминиевые
1,1	1	15	-
1,4	1,5	20	-
1,8	2,5	27	21
2,25	4	36	28
2,75	6	46	35
3,5	10	70	50
4,5	16	90	70
5,6	25	125	95
6,6	35	150	115
8	50	190	145
10,6	70	240	185

Выводы: закон Джоуля-Ленца; защита проводов от перегрузки.

Практическое занятие №6

Расчет свойств цепи с последовательным и параллельным соединением резисторов

Цель: отработать навыки расчета параметров электрических цепей.

Задание: Решите задачи, в соответствии с вариантом (таблица 1)

№ варианта	№№ задач	№ варианта	№№ задач
1.	1,3,5	2.	2,4,6
3.	3,7,9	4.	4,8,10
5.	5,7,9	6.	6,8,10
7.	1,4,7	8.	2,5,8
9.	3,6,9	10.	4,7,10
11.	1,5,9	12.	2,6,10

Задача 1

В цепи, схема которой приведена на рис. 1, амперметр показывает ток $I_3=1$ А. определить напряжение

сети U , эквивалентное сопротивление R и мощность P , потребляемую

цепью, если $R_1=1$ Ом, $R_2=3$ Ом, $R_3=30$ Ом, $R_4=7$ Ом, $R_5=8$ Ом.

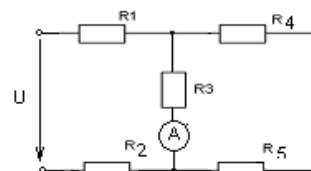


Рис. 1

Задача 2

Цепь постоянного тока, схема которой приведена на рис. 2, состоит из 4 резисторов.

Сопротивления резисторов равны: $R_1=20$ Ом, $R_2=40$ Ом, $R_3=30$ Ом, $R_4=5$ Ом. Ток в цепи $I=2$ А.

Определить напряжение сети U , эквивалентное сопротивление R , токи, проходящие через каждый резистор и мощность P , потребляемую цепью.

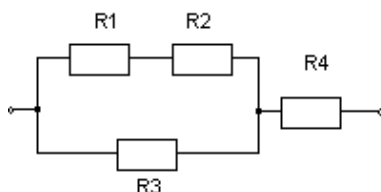
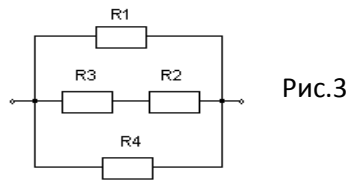


Рис.2

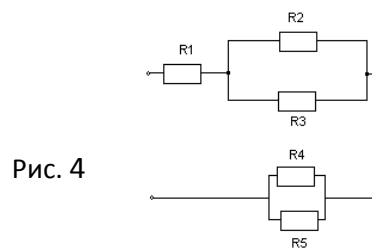
Задача 3

Цепь постоянного тока, схема которой приведена на рис. 3, состоит из 4 резисторов, сопротивления которых равны: $R_1=12\text{ Ом}$, $R_2=2\text{ Ом}$, $R_3=4\text{ Ом}$, $R_4=4\text{ Ом}$. Мощность цепи $P=50\text{ Вт}$. Определить напряжение сети U , эквивалентное сопротивление R , токи, проходящие через каждый резистор.



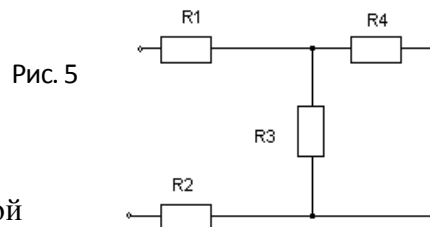
Задача 4

В цепь, схема, которой приведена на рис.4 амперметр показывает ток $I_2=0,5\text{ А}$. Определить напряжение сети U , эквивалентное сопротивление R , токи, проходящие через каждый резистор и мощность, потребляемую цепью, если $R_1=6\text{ Ом}$, $R_2=60\text{ Ом}$, $R_3=20\text{ Ом}$, $R_4=104\text{ Ом}$, $R_5=40\text{ Ом}$



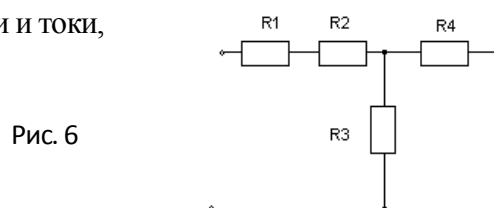
Задача 5

Цепь постоянного тока, схема которой приведена на рис. 5, состоит из 4 резисторов, сопротивления которых равны: $R_1=5\text{ Ом}$, $R_2=6\text{ Ом}$, $R_3=12\text{ Ом}$, $R_4=6\text{ Ом}$. Напряжение цепи равно $U=60\text{ В}$. Определить эквивалентное сопротивление R , мощность, потребляемую цепью и токи, проходящие через каждый резистор.



Задача 6

Цепь постоянного тока, схема которой состоит из 4 резисторов, сопротивления которых равны: $R_1=3\text{ Ом}$, $R_2=10\text{ Ом}$, $R_3=30\text{ Ом}$, $R_4=20\text{ Ом}$. Общий ток $I=3\text{ А}$. Определить эквивалентное сопротивление R , мощность, потребляемую цепью и напряжение цепи и токи, проходящие через каждый резистор.

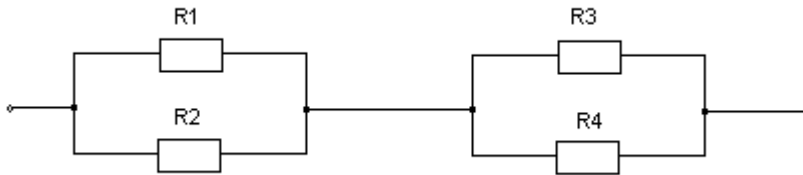


приведена на рис. 6, которых равны: $R_1=3\text{ Ом}$, $R_2=10\text{ Ом}$, $R_3=30\text{ Ом}$, $R_4=20\text{ Ом}$.

Задача 7

Цепь постоянного тока, схема которой приведена на рис. 7, состоит из 4 резисторов, сопротивления которых равны: $R_1=60\text{ Ом}$, $R_2=30\text{ Ом}$, $R_3=30\text{ Ом}$, $R_4=20\text{ Ом}$. Мощность цепи $P=288\text{ Вт}$. Определить напряжение сети U , напряжение на каждом резисторе, эквивалентное сопротивление R .

Рис.7



Практическое занятие №7

Расчет сложной цепи постоянного тока

Цель: отработать навыки расчета параметров электрических цепей.

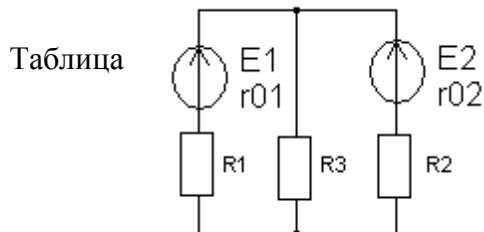
Задание: На рисунке изображена схема сложной цепи постоянного тока. ЭДС источников энергии E_1 и E_2 , их внутренне сопротивление r_{01} и r_{02} , сопротивления резисторов R_1, R_2, R_3 . Числовые значения величин приведены в таблице.

Начертить схему цепи, указав направления токов в ветвях. Определить I_1, I_2, I_3 в ветвях следующими методами:

1. Методом уравнений Кирхгофа;
2. Методом узлового напряжения;
3. Методом наложения;
4. Методом контурных токов.

Составить уравнение баланса мощностей.

Схема цепи:



Обозначения величин и их ед. измерения	Номера задач									
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
$E_1, \text{В}$	40	16	250	154	120	210	256	160	130	245
$E_2, \text{В}$	80	174	244	125	100	168	260	160	128	210
$r_{01}, \text{Ом}$	0,4	0,2	0,1	0	0,5	0,2	0	1	0,5	0,1
$r_{02}, \text{Ом}$	0,5	0,3	0,2	0	0,5	0,8	0	1	0,2	0,2
$R_1, \text{Ом}$	9,6	1,8	0	4	5,5	2,8	2	9	4,5	0
$R_2, \text{Ом}$	7,5	2,7	0	4	9,5	11,2	5	9	1,8	0

$R_3, \text{ Ом}$	40	6	1	12	15	6	20	15	20	1,1
-------------------	----	---	---	----	----	---	----	----	----	-----

Практическое занятие №8

Исследование электромагнитного взаимодействия шин подстанции

Цель работы: рассчитать электромагнитные сил, 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 (рис1). 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.

рис.1

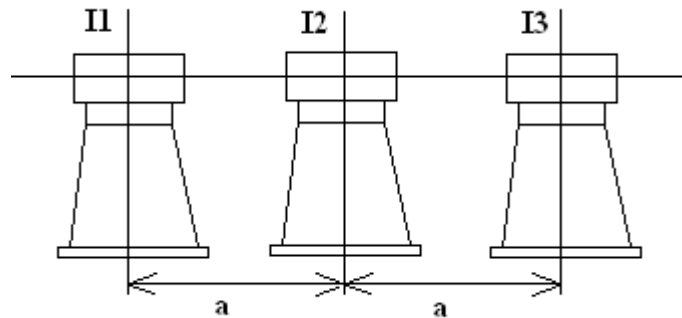


Таблица 1

Вариант	$L, \text{ м}$	$a, \text{ м}$	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:

- Определить силы взаимодействия каждой пары шин:
 - Сила взаимодействия между 1-ой и 2-ой шинами F_{12}
 - Сила взаимодействия между 2-ой и 3-ей шинами F_{23}
 - Сила взаимодействия между 1-ой и 3-ей шинами F_{23}
- 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 разрывающей механической нагрузки при изгибе:

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

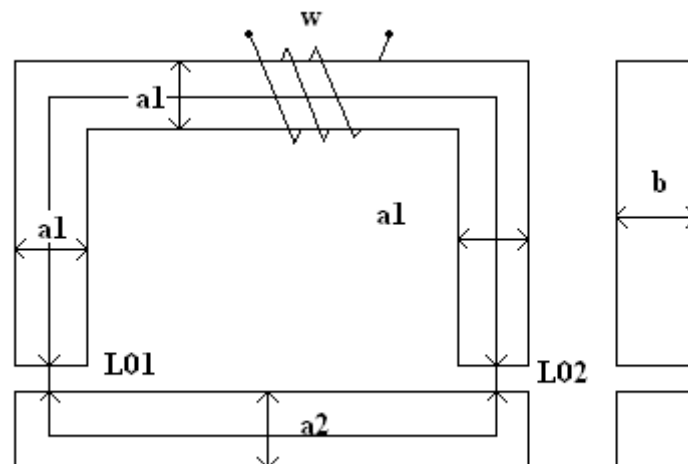
Практическое занятие № 9

Определение отрывной силы электромагнита

Цель работы: получить навыки решения прямой задачи расчета неразветвленной магнитной цепи.

Задание:

Магнитопровод электромагнита выполнен из электротехнической стали, состоит из сердечника длиной L_1 , якоря длиной L_2 и двух воздушных зазоров L_{01} и L_{02} . Длины участков магнитопровода даны по средней магнитной линии. Ширина участков магнитопровода a_1 и a_2 , толщина b . Число витков обмотки w , ток в обмотке I . Магнитный поток в магнитной цепи Φ . Сила притяжения якоря F .



Вариант	l_1 , см	l_2 , см	a_1 , см	a_2 , см	b , см	$l_{01} = l_{02}$, мм	w	F , Н
1,11,21	180	60	4	6.3	4	1	200	3500
2,12,22	200	70	3	4	4	1,5	210	2800
3,13,23	220	70	5	5.5	4	2	220	3000
4,14,24	240	80	5	4	5	1	230	3200
5,15,25	260	80	6	5	5	1,5	240	3500
6,16,26	280	80	5	6	5	2	250	3400
7,17,27	200	60	4	5	6	1	260	3800
8,18,28	160	50	5	4	6	1,5	270	3500
9,19,29	140	50	4	5	6	2	250	4000
10,20,30	150	50	6	5	7	1	240	3600

1. На основе исходных данных определить ток в катушке, необходимый для создания заданной подъемной силы электромагнита;
2. Определить ток в катушке, необходимый для удержания якоря в притянутом состоянии, при $I_{01} = I_{02} = 0$;
3. Определить ток в катушке, необходимый для удержания якоря в притянутом состоянии при $I' = 2 I_0$; $I'' = 5 I_0$. Постройте график зависимости $I = f(I_0)$.
4. Сделать вывод.

Практическое занятие №10

Расчет неразветвленной цепи переменного тока

Цель работы: получить навыки расчета неразветвленной цепи переменного тока.

Задание: Для заданной схемы определить:

- 1) полное сопротивление цепи;
- 2) ток;
- 3) напряжение, приложенное к цепи;
- 4) активную, реактивную и полную мощности;
- 5) напряжения на каждом сопротивлении;
- 6) коэффициент мощности.

Построить в масштабе векторную диаграмму цепи., сделать вывод.

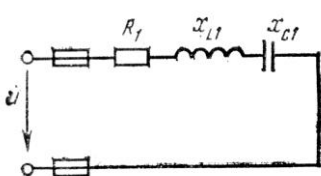


Рис. 5

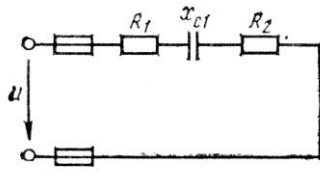


Рис. 7

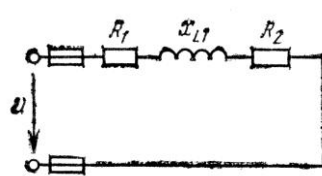


Рис. 8

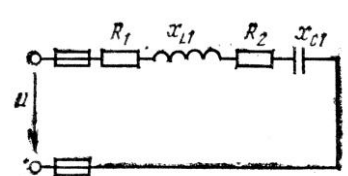


Рис. 6

Таблица 2

Номер задания	Номер рисунка	R_1 , Ом	R_2 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{C1} , Ом	Дополнительный параметр

1.	5	4	-	6	3	$Q_{L1} = 150 \text{ Вар}$
2.	6	6	2	3	9	$U = 40 \text{ В}$
3.	7	10	6	-	12	$I = 5 \text{ А}$
4.	8	6	2	6	-	$P_{R1} = 150 \text{ Вт}$
5.	5	3	-	2	6	$U = 50 \text{ В}$
6.	6	4	4	4	10	$I = 4 \text{ А}$
7.	7	4	2	-	8	$Q_{R1} = 20 \text{ В}$
8.	8	8	16	-	-	$S = 320 \text{ В} \cdot \text{А}$
9.	5	6	-	10	2	$I = 5 \text{ А}$
10.	6	4	2	12	4	$P = 24 \text{ Вт}$
11.	7	5	3	-	6	$S = 250 \text{ В} \cdot \text{А}$
12.	8	3	1	3	-	$Q_{L1} = 80 \text{ Вар}$
13.	5	8	-	4	10	$P = 800 \text{ Вт}$
14.	6	3	3	2	10	$Q_{C1} = -160 \text{ Вар}$
15.	7	2	2	-	3	$P = 100 \text{ Вт}$
16.	8	4	4	6	-	$I = 2 \text{ А}$
17.	5	12	-	18	2	$S = 500 \text{ В} \cdot \text{А}$
18.	6	8	4	20	4	$Q_{L1} = 500 \text{ Вар}$
19.	7	2	1	-	4	$Q_{C1} = -100 \text{ Вар}$
20.	8	10	6	12	-	$U = 100 \text{ В}$

Практическое занятие №11

Расчет разветвленной цепи переменного тока

Цель работы: получить навыки расчета разветвленной цепи переменного тока.

Задание В таблице заданы значения электрических величин для разветвленной цепи переменного тока, указанной на рисунке. Вычертите схему цепи, определите значения: тока в цепи – I и в ветвях I_1 I_2 , активной P , реактивной Q и полной мощности S .

Таблица

	$R_1, \text{ Ом}$	$X_{L1}, \text{ Ом}$	$R_2, \text{ Ом}$	$X_{C2}, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$
1.	32	24	40	30	200
2.	12	16	8	6	100
3.	4	3	6	8	50
4.	15	20	24	32	100
5.	80	60	40	30	200

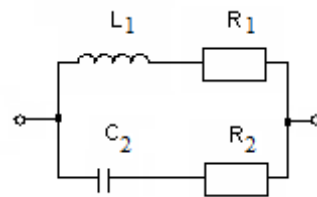


Схема разветвленной цепи переменного тока

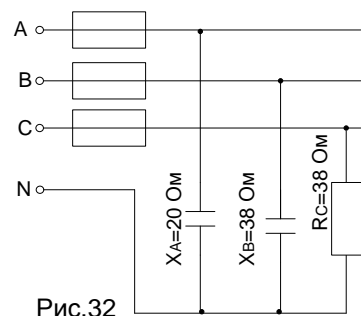
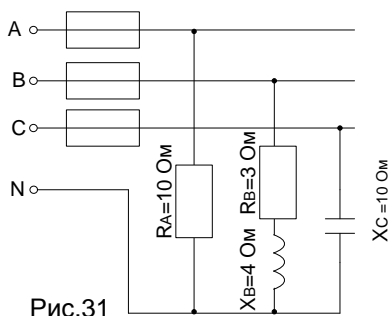
Практическое занятие №12

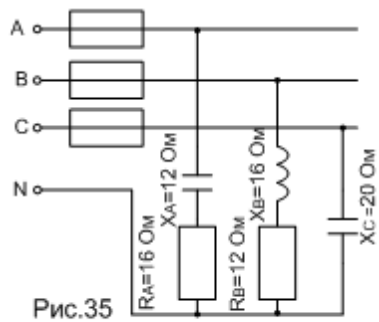
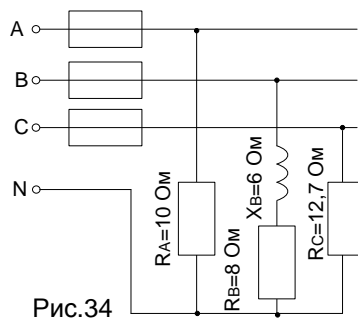
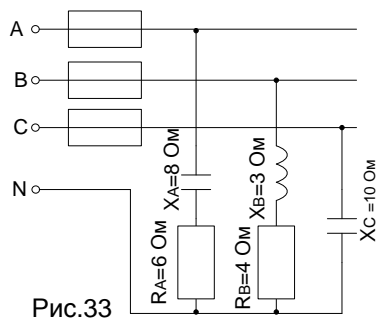
Расчет трехфазной цепи переменного тока

Цель работы: получить навыки расчета трехфазной цепи переменного тока.

Задание: В трехфазную четырехпроводную сеть с линейным напряжением U_H включили «звездой» разные по характеру сопротивления. Определить линейные токи и начертить в масштабе векторную диаграмму цепи. По векторной диаграмме определить числовое значение тока в нулевом проводе. Вычислить: активную P , реактивную Q и полную S мощности потребляемой всей цепью.

№ варианта	1	2	3	4	5
№ рисунка	31	32	33	34	35
$U_H, \text{ В}$	380	660	380	220	380





1. В трехфазную сеть с линейным напряжением U_H включены «треугольником» разные по характеру сопротивления. Определить фазные и линейные токи, активную P , реактивную Q , и полную S мощности, потребляемые всей цепью. Начертить векторную диаграмму цепи и по ней определить числовые значения линейных токов.

№ варианта	6	7	8	9	10
№ рисунка	36	37	38	39	40
$U_H, В$	380	220	380	220	220

