

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Смоленский государственный университет»

Кафедра физики и технических дисциплин

«Утверждаю»
Проректор по учебно-
методической работе
_____ Устименко Ю.А.
«__» _____ 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
Б1.В.32 Электроснабжение с основами электротехники

Направление подготовки **08.03.01 Строительство**
Направленность (профиль) **Промышленное и гражданское строительство**
Форма обучения: очная
Курс – 3
Семестр – 6
Всего зачетных единиц – 3, часов – 108

Форма отчетности: зачет – 6 семестр

Программу разработал
доцент кафедры физики и технических дисциплин Дюндин А.В.

Одобрена на заседании кафедры
«26» августа 2021 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой _____ Дюндин А.В.

Смоленск
2021

1. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Электроснабжение с основами электротехники» включена в формируемую участниками образовательных отношений часть блока «Дисциплины (модули)» учебного плана направления подготовки 08.03.01 Строительство (профиль «Промышленное и гражданское строительство»).

Для освоения дисциплины «Электроснабжение с основами электротехники» студент должен обладать базовыми знаниями и умениями, полученными в ходе изучения таких дисциплин, как «Физика», «Материаловедение», «Химия», «Математический анализ».

В результате изучения дисциплины «Электроснабжение с основами электротехники» студент приобретает знания и умения, необходимые для освоения дисциплин «Инженерные сети», «Основы организации и управления в строительстве», «Строительные машины».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индикаторы достижения
ПК-2. Способен разрабатывать проект производства работ	Знать: технические условия, строительные нормы и правила и другие нормативные документы по проектированию, технологии, организации строительного производства; основные положения по организации и управлению строительством; единую систему технологической подготовки производства; технические условия и другие нормативные материалы по разработке и оформлению технологической документации; состав проекта организации строительства и проекта производства работ; конструктивные схемы зданий и последовательность их возведения, методы расчета конструкций зданий и сооружений. Уметь: разрабатывать проектно-технологическую документацию; пользоваться компьютером с применением специализированного программного обеспечения. Владеть: навыками подготовки исходных данных для разработки проекта производства работ; разработки проекта производства работ в соответствии с требованиями строительных норм и правил в составе проекта организации строительства; выполнения привязки инвентарных временных зданий; разработка мероприятий по удешевлению строительства;; разработки нормативов на отдельные виды работ, не включенные в действующие справочники для оперативного планирования строительного производства.
ПК-3. Способен определять потребности в материально-технических и трудовых ресурсах	Знать: основные положения, нормативные акты, регулирующие строительную деятельность; технические условия, строительные нормы и правила и другие нормативные документы по проектированию, технологии, организации строительного производства; основы документооборота, современные стандартные требования к отчетности; пооперационные нормы расхода материалов, инструмента, топлива и электроэнергии, затрат труда; технические условия и другие нормативные материалы по разработке и оформлению технологической документации; состав, требования к оформлению, отчетности, хранению проектно-сметной документации и правила передачи

	<p>проектно-сметной документации; номенклатуру выпускаемых подсобными предприятиями строительной организации изделий и конструкций.</p> <p>Уметь: производить необходимые технические расчеты потребности в материально-технических ресурсах;; рассчитывать пооперационные нормы расхода материалов, инструмента, топлива и электроэнергии, затрат труда; взаимодействовать с другими специалистами строительной организации по вопросам материально-технического снабжения; рассчитывать экономическую эффективность проектируемых технологических процессов для разработки линейных и сетевых графиков; составлять проект производства работ на основе проекта организации строительства; применять современные информационные технологии при проектировании технологических процессов;</p> <p>Владеть: навыками расчета потребности в материально-технических ресурсах с применением действующих нормативов, составления сводной ведомости потребности; расчета потребности в трудовых ресурсах с применением действующих нормативов, составление сводной ведомости потребности</p>
--	--

3. Содержание дисциплины

Линейные электрические цепи. Режимы работы электрической цепи. Неразветвленные и разветвленные линейные электрические цепи. Получение синусоидальной ЭДС. Векторное изображение синусоидальных ЭДС, напряжений и токов. Комплексный метод расчета. Закон Ома в комплексной форме. Мощность цепи синусоидального тока. Повышение коэффициента мощности. Поверхностный эффект в проводниках. Расчет цепей методом контурных токов. Расчет цепей с использованием принципа наложения. Расчет цепей методом эквивалентного генератора. Расчет цепей методом узловых потенциалов.

Двухполюсники. Генератор тока Активные и пассивные двухполюсники. Режимы холостого хода и короткого замыкания активных элементов. Активные и пассивные элементы двухполюсников. Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Метод наложения. Метод эквивалентного генератора. Четырехполюсники.

Резонансные явления. Вынужденные и свободные колебания. Резонанс в последовательном контуре. Частотные характеристики и резонансные кривые последовательного контура. Резонансные явления при изменении параметров контура. Резонанс в параллельном контуре. Частотные характеристики параллельного контура. Понятие о резонансе в сложных цепях. Методика расчета цепей с несинусоидальными источниками.

Трехфазные цепи. Получение трехфазной системы ЭДС. Соединение обмоток генератора и фаз приемника звездой. Соединение обмоток генератора и фаз приемника треугольником. Трехфазная цепь с несимметричным приемником. Мощность трехфазной цепи. Устройство асинхронных машин. Получение вращающегося магнитного поля. Принцип действия асинхронного двигателя. Электродвижущие силы в обмотках статора и ротора. Токи ротора и статора. Характеристики асинхронного двигателя. Асинхронная машина в режиме генератора и электромагнитного тормоза. Устройство синхронных машин. Характеристики синхронного двигателя. Синхронный генератор.

Индуктивно-связанные цепи. Трансформаторы. Магнитные свойства и характеристики ферромагнитных материалов. Потoki рассеяния в магнитных цепях. Расчет неразветвленных и разветвленных магнитных цепей. Мощность потерь энергии в ферромагнитных

материалах при переменном магнитном поле. Принцип действия и устройство трансформаторов. Холостой ход трансформатора. Работа трансформатора под нагрузкой. Схемы замещения и векторная диаграмма приведенного трансформатора. Короткое замыкание трансформатора. Мощность потерь энергии и коэффициент полезного действия трансформатора. Трехфазные трансформаторы. Автотрансформаторы.

Переходные процессы в электрических цепях Основные понятия и принципы анализа переходных процессов. Переходные процессы в цепи с последовательным соединением элементов с R и L при подключении ее к источнику постоянного напряжения. Переходные процессы в цепи при зарядке и разрядке конденсатора. Переходные процессы в цепи с последовательным соединением элементов с R и L при подключении ее к источнику синусоидального напряжения. Переходные процессы в цепи с последовательным соединением элементов с R и C при подключении ее к источнику синусоидального напряжения.

Нелинейные цепи. Симметричные и несимметричные нелинейные элементы. Статическое и дифференциальное (динамическое) сопротивление. Полупроводниковый диод. Вольт-амперная характеристика диода. Схема замещения диода. Полупроводниковый стабилитрон. Вольт-амперная характеристика стабилитрона. Схема стабилизатора напряжения. Коэффициент стабилизации. Динистор. Вольт-амперная характеристика динистора. Способы описания нелинейных ВАХ: аппроксимация, экстраполяция и интерполяция.

Феррорезонансные цепи Феррорезонанс в последовательной цепи (феррорезонанс напряжений) и феррорезонанс в параллельной цепи (феррорезонанс токов). Метод эквивалентных синусоид. Методы расчета в цепях, содержащих нелинейную катушку индуктивности и линейный конденсатор. Методы расчета в цепях с линейной катушкой индуктивности и нелинейным конденсатором. Анализ цепей с инерционными нелинейными элементами, у которых постоянная времени, характеризующая их инерционные свойства, много больше периода переменного напряжения (тока) источника питания.

4. Тематический план

№ п/п	Разделы и темы	Всего часов	Формы занятий		
			лекции	лабораторные занятия	самостоятельная работа
1	Линейные электрические цепи	12	4	4	4
2	Двухполюсники	12	4	4	4
3	Резонансные явления	12	4	4	4
4	Трехфазные цепи	18	4	6	8
5	Индуктивно-связанные цепи. Трансформаторы	16	6	4	6
6	Переходные процессы в электрических цепях	14	4	4	6
7	Нелинейные цепи	12	4	4	4
8	Феррорезонансные цепи	12	4	4	4
Итого		108	34	34	40

5. Виды учебной деятельности

Лекции

Лекция 1. Режимы работы электрической цепи. Неразветвленные и разветвленные линейные электрические цепи. Получение синусоидальной ЭДС. Векторное изображение синусоидальных ЭДС, напряжений и токов. Комплексный метод расчета. Закон Ома в

комплексной форме. Мощность цепи синусоидального тока. Повышение коэффициента мощности.

Лекция 2. Поверхностный эффект в проводниках. Расчет цепей методом контурных токов. Расчет цепей с использованием принципа наложения. Расчет цепей методом эквивалентного генератора. Расчет цепей методом узловых потенциалов.

Лекция 3. Генератор тока Активные и пассивные двухполюсники. Режимы холостого хода и короткого замыкания активных элементов. Активные и пассивные элементы двухполюсников.

Лекция 4. Передача энергии от активного двухполюсника нагрузке. Метод наложения. Метод эквивалентного генератора. Четырехполюсники.

Лекция 5. Вынужденные и свободные колебания. Резонанс в последовательном контуре. Частотные характеристики и резонансные кривые последовательного контура. Резонансные явления при изменении параметров контура.

Лекция 6. Резонанс в параллельном контуре. Частотные характеристики параллельного контура. Понятие о резонансе в сложных цепях. Методика расчета цепей с несинусоидальными источниками.

Лекция 7. Получение трехфазной системы ЭДС. Соединение обмоток генератора и фаз приемника звездой. Соединение обмоток генератора и фаз приемника треугольником. Трехфазная цепь с несимметричным приемником. Мощность трехфазной цепи.

Лекция 8. Устройство асинхронных машин. Получение вращающегося магнитного поля. Принцип действия асинхронного двигателя. Электродвижущие силы в обмотках статора и ротора. Токи ротора и статора. Характеристики асинхронного двигателя. Асинхронная машина в режиме генератора и электромагнитного тормоза. Устройство синхронных машин. Характеристики синхронного двигателя. Синхронный генератор.

Лекция 9. Магнитные свойства и характеристики ферромагнитных материалов. Потоки рассеяния в магнитных цепях. Расчет неразветвленных и разветвленных магнитных цепей. Мощность потерь энергии в ферромагнитных материалах при переменном магнитном поле.

Лекция 10. Принцип действия и устройство трансформаторов. Холостой ход трансформатора. Работа трансформатора под нагрузкой. Схемы замещения и векторная диаграмма приведенного трансформатора. Короткое замыкание трансформатора.

Лекция 11. Мощность потерь энергии и коэффициент полезного действия трансформатора. Трехфазные трансформаторы. Автотрансформаторы.

Лекция 12. Основные понятия и принципы анализа переходных процессов. Переходные процессы в цепи с последовательным соединением элементов C , R и L при подключении ее к источнику постоянного напряжения. Переходные процессы в цепи при зарядке и разрядке конденсатора.

Лекция 13. Переходные процессы в цепи с последовательным соединением элементов C , R и L при подключении ее к источнику синусоидального напряжения. Переходные процессы в цепи с последовательным соединением элементов C , R и C при подключении ее к источнику синусоидального напряжения.

Лекция 14. Симметричные и несимметричные нелинейные элементы. Статическое и дифференциальное (динамическое) сопротивление. Полупроводниковый диод. Вольт-амперная характеристика диода. Схема замещения диода.

Лекция 15. Полупроводниковый стабилитрон. Вольт-амперная характеристика стабилитрона. Схема стабилизатора напряжения. Коэффициент стабилизации. Динистор. Вольт-амперная характеристика динистора. Способы описания нелинейных ВАХ: аппроксимация, экстраполяция и интерполяция.

Лекция 16. Феррорезонанс в последовательной цепи (феррорезонанс напряжений) и феррорезонанс в параллельной цепи (феррорезонанс токов). Метод эквивалентных синусоид. Методы расчета в цепях, содержащих нелинейную катушку индуктивности и линейный конденсатор.

Метод наложения

Таблица 2.

Измерено								Рассчитано		
E_1	$I'1$	$I'1$	$I'1$	E_2	$I''1$	$I''1$	$I''3$	I_1	I_2	I_3
В	А	А	А	В	А	А	А	А	А	А

Поочередно переключая S_3 либо S_2 , в положение 2, т.е. исключая из цепи (см. рис. 1) э.д.с. E_1 или E_2 , измерить значения токов в ветвях. Результаты занести в табл. 2. с учетом знаков, принимая за условно положительное направление, направление токов в опыте
Суммировать частичные токи от E_1 и E_2 и убедиться в достоверности метода наложения сравнением с результатами измерений при действии двух источников (см. табл. 1).

На основании экспериментальных данных п. 1.4.6. вычислить собственные g_{11} , g_{22} и взаимные g_{21} , g_{31} , g_{12} , проводимости. Используя значения проводимостей, рассчитать ток I_1 и сравнить его с измеренным (см. табл. 2). Определить собственную g_{11} и взаимную g_{21} проводимости расчетным путем и сравнить их с полученными экспериментальными величинами.

Убедиться в достоверности принципа взаимности, сравнивая значение тока $I'2$ при действии э.д.с. E_1 , и значения тока $I''1$ при действии э.д.с. E_2 , учитывая, что E_1 , принято равным E_2 .

Составить баланс мощности для цепи используя результаты табл. 1.

Контрольные вопросы.

Сформулируйте определение узла, ветви и контура электрической цепи.

Сформулируйте первый и второй законы Кирхгофа и порядок расчета цепи с их применением.

На каком принципе основан метод наложения?

Поясните, что такое собственные и взаимные проводимости ветвей и каким образом они определяются экспериментально.

Укажите порядок расчета цепи методом наложения.

Сформулируйте принцип взаимности.

Лабораторная работа №2. Активный двухполюсник постоянного тока (2 часа)

Порядок выполнения работы.

Экспериментально исследовать применение метода активного двухполюсника для анализа состояния электрической цепи на примере схемы. Исследуемую ветвь принимать по указанию преподавателя. Величину E_2 установить только равной E_1 .

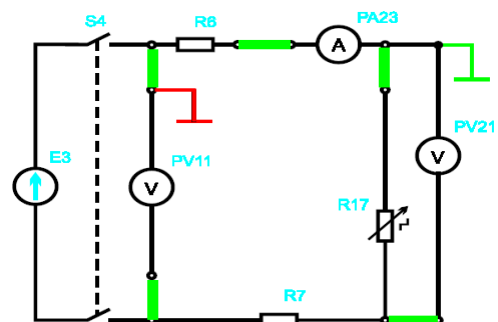
Измерить токи и э.д.с. в цепи схемы рис. 1. Для измерения э.д.с. предварительно разомкнуть цепь в точках "e" и "d".

Из опытов холостого хода и короткого замыкания определить: U_{xx} , I_k , $R_{вх}$.

Используя результаты эксперимента определить ток нагрузки I_n (ток в исследуемой ветви). Результаты занести в табл. 1.

Используя полученные в лабораторной работе 1 значения сопротивлений схемы, рассчитайте аналитически: $R_{вх}$, U_{xx} , I_k , I_n активного двухполюсника. Результаты занести в табл. 2. Сравните результаты эксперимента (табл. 1.) и аналитического расчета (табл. 2.).

Исследовать условия передачи энергии от активного двухполюсника нагрузке по схеме рис. 1. **Напряжение на входе схемы установить не более 20В.** Избегать работы схемы при токах нагрузки более 0,3А на протяжении более 10 мин. Регулировку тока осуществлять в



пределах 0 – 100 Ом с шагом 10 Ом (левый галетник блока R17). Для чего, изменяя сопротивление нагрузки R17 от бесконечности – R17 - отключено (х.х.) до нуля (к.з.), измерить ток I , напряжение U_1 , на входе линии и напряжение U_2 на зажимах нагрузки (5-6 измерений). Результаты занести в табл. 2.3.

Поданным измерений построить зависимости $U_1, P_1, \Delta P, U_2, P_2, \eta$ в функции тока линии. Соответствующие величины рассчитать и занести в табл.3.

Определить параметры активного двухполюсника и занести в табл. 3.

Исследуя графики, проанализировать режимы работы активного двухполюсника.

Таблица 1.

Измерено							Вычислено	
I_1	I_2	I_3	E_1	E_2	U_{xx}	I_k	$R_{вх}$	I_H
А	А	А	В	В	В	А	Ом	А

Таблица 2.

Данные из лабораторной работы №1							Рассчитать аналитически			
R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	$R_{вн1}$	$R_{вн2}$	U_{xx}	$R_{вх}$	I_k	I_H
Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	В	Ом	А	А

Таблица 3.

Измерено			Рассчитано						
I	U_1	U_2	P_1	P_2	ΔP	η	R_{2-2}	$R_{вх}$	U_{xx}
А	В	В	Вт	Вт	Вт		Ом	Ом	Ом

Контрольные вопросы:

Дайте определение двухполюсника электрической цепи.

Охарактеризуйте режимы работы активного двухполюсника.

Приведите примеры реальных устройств, в работе которых имеют место режимы, аналогичные режимам активного двухполюсника.

Как определяются обобщенные параметры активного двухполюсника.

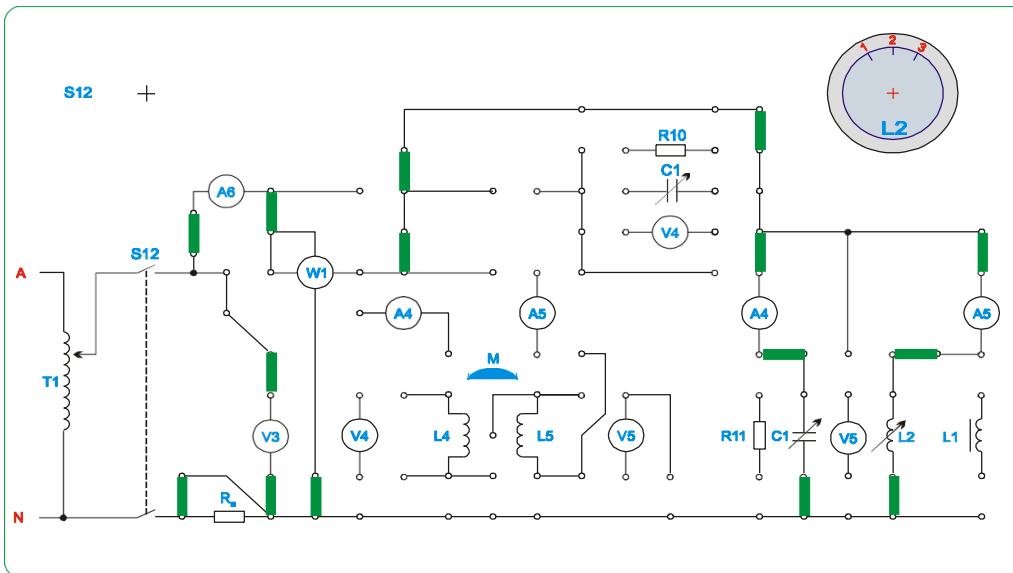
Приведите схемы замещения активного двухполюсника эквивалентным генератором и эквивалентным источником тока и формулы перехода от одной схемы к другой.

Изложите теоремы об эквивалентном генераторе и об эквивалентном источнике тока.

Лабораторная работа №3. Пассивный двухполюсник в цепи переменного тока (2 часа)

Порядок выполнения работы.

Определить параметры одноэлементных пассивных двухполюсников резистора R16 , индуктивности L2 (переключатель одноименного галетника в поз. «2», емкости C1, для чего измерить токи, напряжения, мощности при подключении к зажимам «а - в» поочередно двухполюсники П1, П2, П3 и рассчитать параметры. Результаты измерений и расчета занести в таблицу. Входное напряжение установить не более 60В.



Контрольные вопросы.

Дайте определение пассивного и активного двухполюсников в цепи переменного тока. Как экспериментально определить параметры пассивного двухполюсника в цепи переменного тока?

Что понимают под активной, реактивной и полной мощностью? Назовите единицы их измерения.

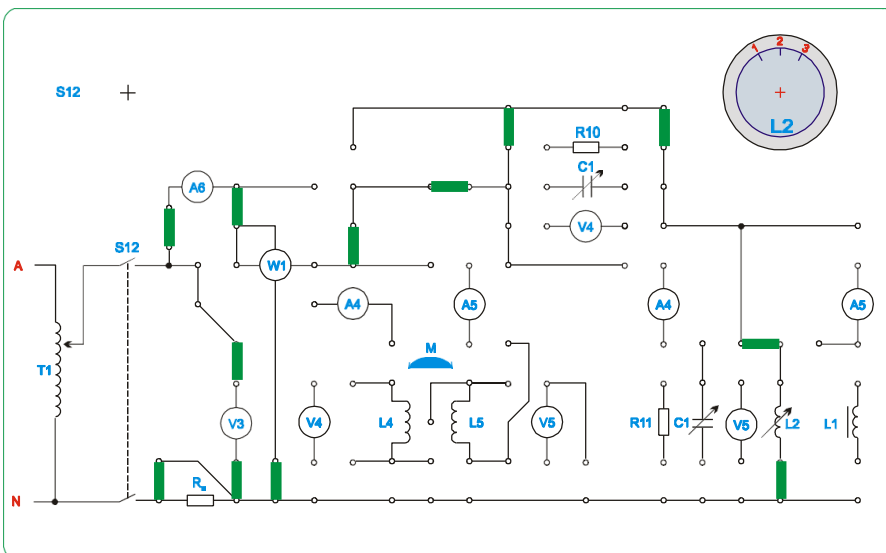
Приведите формулы для расчета активных и реактивных проводимостей и сопротивления цепи синусоидального тока.

Приведите векторные диаграммы простейших двухполюсников в цепи переменного тока.

Лабораторная работа №4. Резонансные явления в линейных цепях синусоидального тока (4 часа)

Порядок выполнения работы.

Питание цепи осуществляется от автотрансформатора $U = 0 - 250$ В, 50 Гц, установленного на стенде.



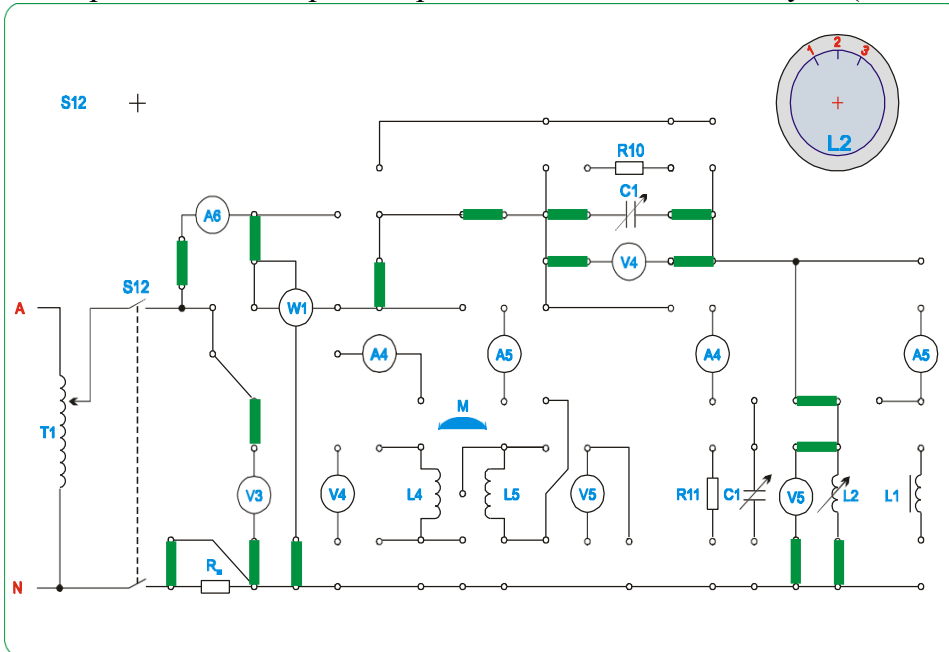
Экспериментально определить параметры катушки индуктивности **L2** при входном напряжении не более **60В** (одноименный галетник установить в поз.2) на основании показаний приборов по схеме. и занести в табл. 1.

Таблица 1.

Вид элемента	Измерено						Рассчитано					
	I	U	U_1	U_2	P	Z	r_l	x	ϕ	r_K	L_l	
Индуктивность – L												

Построить векторную диаграмму тока и напряжения.

Исследовать резонанс напряжений при последовательном соединении r, L, C . Плавно увеличивать напряжение от 0 до 24В. Тумблерами батареи конденсаторов C_1 подобрать емкость, при которой ток достигает максимума (**но не более 0,5А**).



Рассчитать $\cos\phi$ для резонанса. Если $\cos\phi$ окажется меньше 0.92, то опыт необходимо повторить и точнее настроить цепь в резонанс. Полученные данные занести в табл. 2.

Таблица 2.

№ опыта	Измерено						Рассчитано
	I	U	U_1	U_2	U_3	P	$\cos\phi$
1							
2							
3							

Контрольные вопросы:

Дайте общее определение резонанса любой системы.

Назовите цепи, в которых возникает резонанс напряжений и резонанс токов.

Резонанс напряжений - желательный режим производственной цепи или нет?

Что такое добротность цепи и как она определяется, если известны параметры цепи r, L, C ?

Какое значение принимает ток в цепи при резонансе напряжений?

Какое значение принимает ток в неразветвленной ветви электрической цепи при резонансе токов?

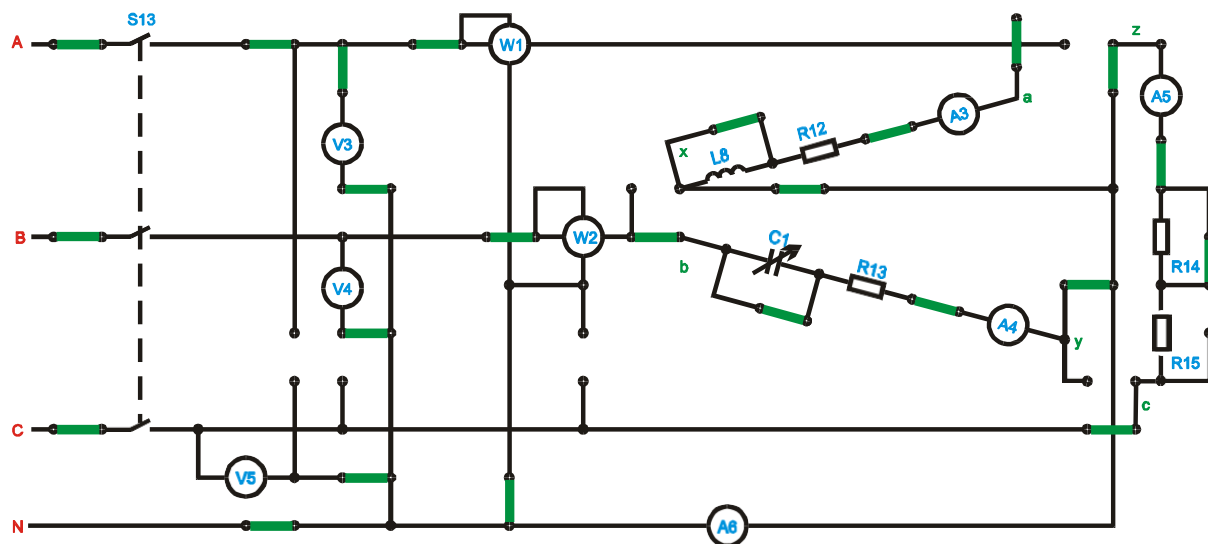
Резонанс токов - желательный режим производственной электрической цепи или нет?

Какой вид имеют частотные характеристики последовательного и параллельного резонансных контуров?

Лабораторная работа №5. Трехфазная цепь, соединенная по схеме звезда (3 часа)

Порядок выполнения работы:

По схеме собрать электрическую цепь с нагрузкой, соединенной звездой с нейтральным проводом.



Установить симметричную активную нагрузку. Результаты измерений записать в табл. 1. Проверить соотношения линейных и фазных напряжений. Вычислить мощности в фазах В, С и сравнить с измеренной мощностью в фазе А.

Исследовать цепь при несимметричной нагрузке. Для этого оставить нагрузку в фазах В и С неизменной, а в фазе А изменять нагрузку следующим образом:

Отключить полностью нагрузку ($r_a = \infty$);

Отключить нейтральный провод.

Для всех указанных случаев измерить те же величины, что и выше.

Отключить нейтральный провод. Произвести те же измерения для симметричной и несимметричной нагрузок, что и выше; дополнив их опытом короткого замыкания фазы А.

U_{Nn} измерить тестером.

Результаты измерений записать в таблицу 1.

Таблица 1.

№ п/п	Измерено										Вычислено				Характер нагрузки
	$U_{\text{л}}$	U_A	U_B	U_C	I_A	I_B	I_C	I_n	U_{Nn}	P	$U_{\text{л}}$	$U_{\text{л}}$	$U_{\text{л}}$	P	
	В	В	В	В	А	А	А	А	В	Вт	U_A	U_B	U_C	Вт	
1															R
2															R
3															R
...															

По данным таблицы 1 построить векторные диаграммы напряжений и токов в различных режимах.

Контрольные вопросы:

Назовите способы соединения фаз источника э.д.с. и нагрузки в трехфазной цепи.

Начертите симметричную систему напряжений прямой последовательности и симметричную систему напряжений обратной последовательности.

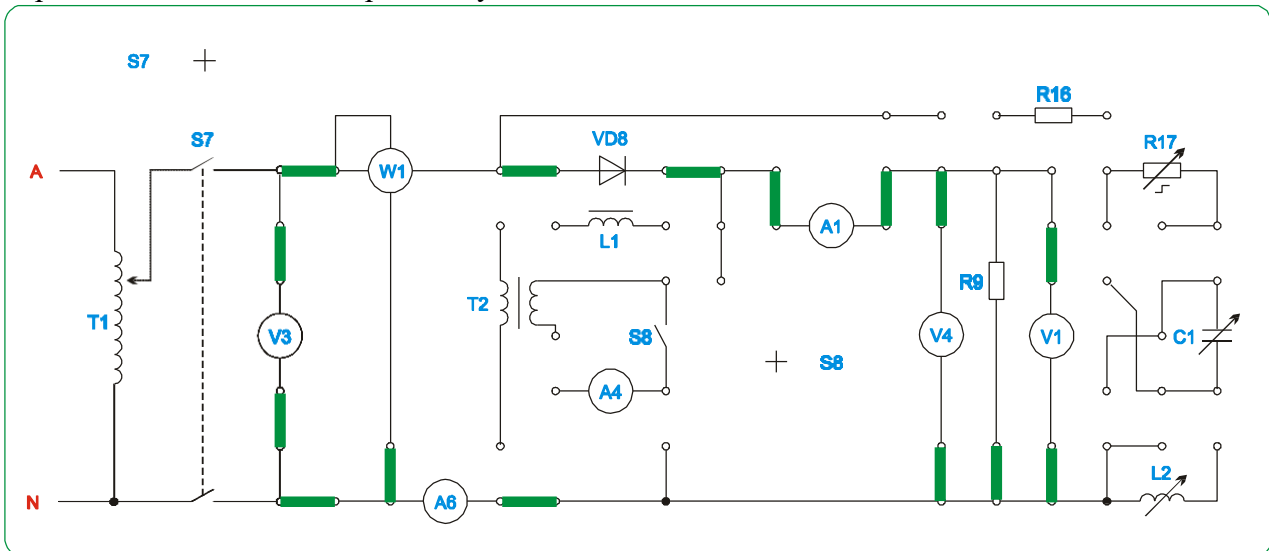
Напишите соотношения между фазными и линейными напряжениями при соединении потребителей звездой в общем случае и при симметричной нагрузке.

Как определить аналитически напряжение между нейтральными точками генератора и потребителя?

Лабораторная работа №6. Трехфазная цепь, соединенная по схеме треугольник (3 часа)

Порядок выполнения работы:

По схеме рис. 1 собрать электрическую цепь. Установить галетник L2 в поз.«2». Ознакомиться с приборами и записать их технические данные. По показаниям приборов определить мощность, потребляемую всей цепью.



Исследовать изменение фазных и линейных токов и напряжений. Показания приборов записать в табл. 1 и по результатам измерений построить векторные диаграммы токов и напряжений. **Избегать работы схемы на токах более 0,6А на протяжении более 10мин.**

Таблица 1.

Характер нагрузки	Измерено										Вычислено	
	Фазные то- ки			Линейные токи			Фазные напряжения			Показания ваттмет- ров	ΣP Вт	cosφ
	I_{ab}	I_{bc}	I_{ca}	I_A	I_B	I_C	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}	P_a		
	А	А	А	А	А	А	В	В	В	Вт		
1												
2												
3												

Контрольные вопросы:

Напишите соотношения между фазными и линейными токами и напряжениями при соединении потребителей треугольником.

Чем опасно короткое замыкание фазы при соединении нагрузки треугольником?

Какое влияние оказывает перевертывание фазы источника на режим работы цепи?

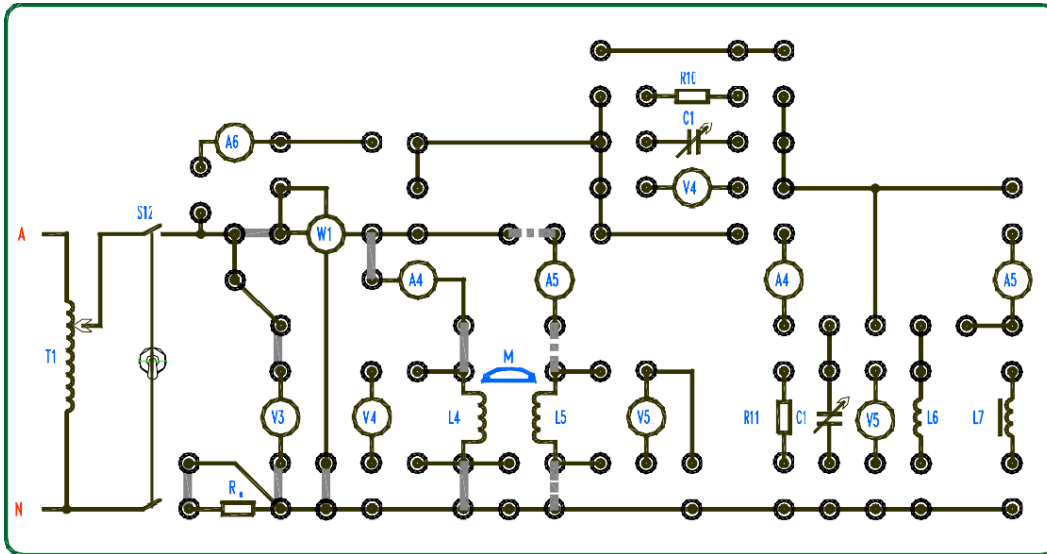
Как распределяются токи в фазных и линейных проводах при обрыве: фазного провода; линейного провода?

Начертите схемы и напишите формулы эквивалентного преобразования «треугольника» сопротивлений в эквивалентную «звезду».

Лабораторная работа №7. Индуктивно – связанные цепи (4 часа)

Порядок выполнения работы:

По схеме собрать электрическую цепь. Измерить ток, напряжение и мощность для каждой катушки, установив заданное напряжение на входе (тестером). Избегать работы схемы на токах более 0,6А на протяжении более 10мин. После такого режима делать паузу на 20 мин.



№ катушки	Измерено			Вычислено				
	U	I	P	Z	r	x	L	ϕ
	В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	Гн	Град.
1								
2								

По схеме собрать электрическую цепь для исследования последовательного соединения индуктивно-связанных катушек. Плавно увеличивать напряжение на входе схемы от 0В до получения первого измеряемого отсчета на V4 (24В) при согласном включении. Не меняя напряжения на входе схемы переключить катушки на встречное соединение. Напряжение на V4 измерить тестером.

Измерить ток, мощность и напряжения для согласного и встречного включения катушек при заданном входном напряжении.

Определить модуль Z и аргумент ϕ полного сопротивления Z активное r и реактивное x сопротивления, взаимное сопротивление xM и взаимную индуктивность M .

Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

Способ включения катушек индуктивности и их одноименные зажимы определяются по значениям тока при $U_{вх} = \text{const}$.

Соединение	Измерено					Вычислено				
	U	I	U_1	U_2	P	Z_{Σ}	r_{Σ}	x_{Σ}	M	ϕ
	В	А	В	В	Вт	Ом	Ом	Ом	Гн	Град
Согласное										
Встречное										

Используя данные таблиц построить векторные диаграммы токов и напряжений для согласного и встречного включения катушек. Сравнить результаты расчета и опытных данных

Контрольные вопросы:

Что такое согласное и встречное включение индуктивно-связанных катушек?

Что понимают под взаимной индуктивностью?

От каких факторов зависит взаимная индуктивность двух катушек?

Как определяется знак взаимной индуктивности?

Как влияет индуктивная связь на эквивалентные реактивные сопротивления катушек при последовательном и встречном включении?

Напишите в символической форме выражения для определения падения напряжения на индуктивно-связанных элементах при согласном и встречном включении.

Лабораторная работа №8. Линейные цепи периодического несинусоидального тока (2 часа)

Порядок выполнения работы:

Для создания несинусоидального напряжения в работе используют диод VD. При подключении его к синусоидальному напряжению по схеме ток через резистор $R1$ будет несинусоидальным. Следовательно, несинусоидальным будет и, падение напряжения $U12$ на $R1$. Его можно рассматривать как источник несинусоидального напряжения.

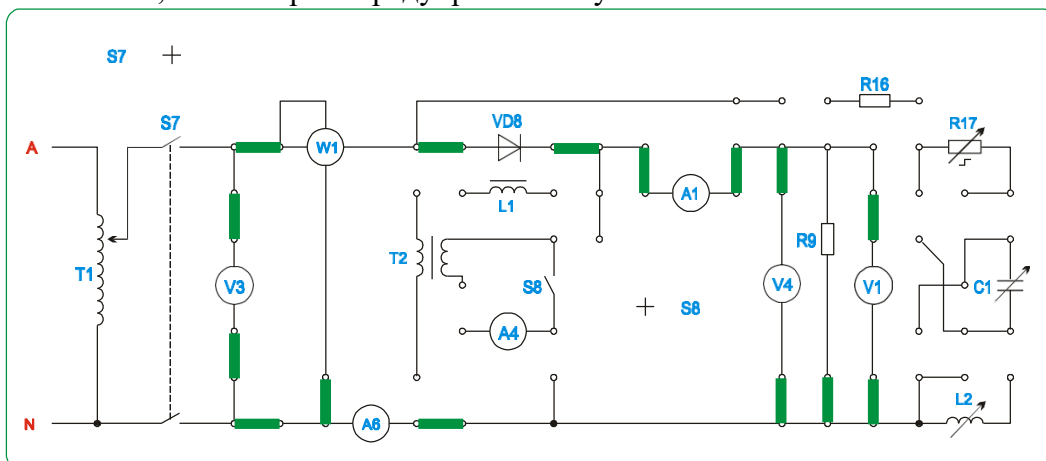
Для снятия осциллограмм подготовить кальку размером 100x50 мм.

По схеме собрать электрическую цепь и исследовать форму кривых тока и напряжения источника несинусоидального напряжения. Плавно увеличивать напряжение на входе схемы от 0В до получения действующего значения тока в цепи в пределах 0,2 – 0,3А. Определить их действующие, средние и амплитудные значения.

Кривая напряжения $U12$ исследуемого источника должна быть зарисована с экрана ЭО (электронный осциллограф) на кальку. Она служит для определения амплитуды напряжения $U12_{max}$.

После проведения опыта осциллограф должен быть проградуирован. Для этого, не изменяя коэффициента вертикального усиления, осциллограф нужно подключить к известному синусоидальному напряжению, амплитуда которого A_m изменяется по осциллограмме в мм.

Если в последующих экспериментах коэффициент усиления осциллографа по оси «у» не изменяется, то повторная градуировка не нужна.



Рассчитать действующее и среднее значение тока и напряжения, k_a , k_ϕ и сравнить их с измеренными. Результаты записать в таблицу

Прибор	Что показывает прибор	Обозначение	Размерность	Опыт
A1	Действующее значение тока	I	А	
A2	Постоянная составляющая	I_0	А	
V	Действ. значение напр. источника	$U_{аб}$	В	

V1	Постоянная составляющая	U_0	В	
U2	Действующее значение	U	В	
ОЭ	Амплитуда напряжения	U_{m12}	В	
	Масштаб напряжения	mU	В/мм	
	Коэффициент формы	k_f		
	Коэффициент амплитуды	k_a		

Контрольные вопросы:

Как определить амплитуду напряжения, если имеется его изображение на экране осциллографа и масштаб mV ?

Запишите общие формулы разложения в ряд Фурье в тригонометрической и в комплексной форме.

Поясните, как влияют параметры R, L, C цепи на форму кривой несинусоидального тока.

Изложите суть графоаналитического и графического методов разложения несинусоидальной периодической функции в ряд Фурье.

Начертите кривые, симметричные относительно: начала координат; оси абсцисс; оси ординат.

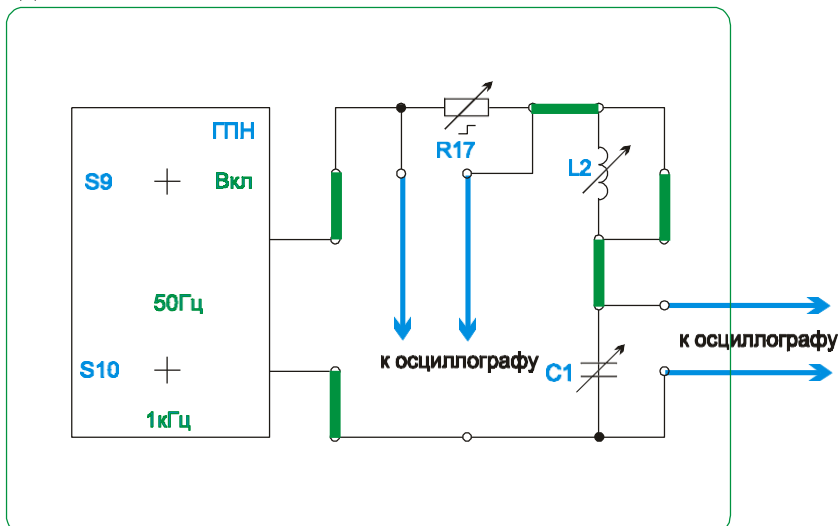
Каковы особенности разложения этих кривых в ряд Фурье?

Лабораторная работа №9. Переходные процессы в линейных цепях постоянного тока (2 часа)

Порядок выполнения работы:

Снять осциллограмму выходного сигнала ГПН. Учитывая, что $T = t_1 + t_2 = 0,02c$ определить по осциллограмме t_1 и t_2 .

Исследовать переходной процесс в цепи R, C по схеме. Проследить изменение кривой $u_C(t)$ и постоянной времени контура τ при изменении R , при изменении C . Зарисовать осциллограммы, указанные в табл. 9.1. Установить величину индуктивности L_2 одноименным галетником в поз. «2».



Исследовать переходной процесс в цепи R, L по схеме. Зарисовать кривые $u_L(t), i_L(t)$ при $R = R_1$ и кривую $i_L(t)$ при изменении активного сопротивления контура ($R > R_1; R < R_1$).

Определить постоянные времени τ для контуров по экспериментальным кривым и расчетным путем. Результаты записать в табл.

Исследовать переходной процесс в цепи R, L, C при аperiodическом заряде и разряде конденсатора по схеме Зарисовать i, u_C, u_L .

Уменьшая емкость батареи конденсаторов ступенчато до 0,1 мкФ, проследить по осциллограмме $u_C(t)$ переход от аperiodического процесса к колебательному. Зарисовать те же кривые.

Определить по экспериментальным кривым и расчетным путем по параметрам

№ осциллограммы	Наименование эл. цепи	Наименование осциллограммы	Параметры контура				
			R	L	C	τ	τ
			Ом	Гн	мкФ	Из осциллографа	По параметрам
1	R, C	u_C, i_C					
2	R, C	u_C					
3	R, C	u_C					
4	R, L	u_L, i_L					
5	R, L	i_L					
6	R, L	i_L					
7	R, L, C	i, u_C, u_L					

R, L, C угловую частоту затухающих колебаний ω' :

№ осциллограммы	Наименование эл. цепи	Наименование осциллограммы	Параметры контура				
			R	L	C	ω'	ω'
			Ом	Гн	мкФ	Из осциллографа	По параметрам
1	R, L, C	i, u_C, u_L					
2	R, L, C	i, u_C, u_L					

Контрольные вопросы:

Сформулируйте законы коммутации.

Изложите суть классического метода расчета переходных процессов в электрических цепях.

Составьте уравнения для свободных токов и напряжений электрических цепей с элементами:

R, L; R, C; L, C; R, L, C.

Приведите пример, как составляют характеристическое уравнение электрической цепи.

Что понимают под начальными условиями? Как они определяются?

Что называется постоянной времени контура и что она определяет?

Запишите условие, при котором переходный процесс в контуре R, L, C носит:

Аperiodический характер;

Колебательный характер.

Как определить постоянную времени контура R, L, C графически и аналитически?

Начертите кривые переходных процессов при аperiodическом заряде и разряде конденсатора.

Начертите кривые переходных процессов при колебательном заряде и разряде конденсатора.

Лабораторная работа №10. Цепи с нелинейными резистивными сопротивлениями (4 часа)

Порядок выполнения работы.

По рис.1 собрать электрическую цепь и снять вольтамперную характеристику полупроводникового диода.

Рассчитать по полученным вольтамперным характеристикам статическую и дифференциальную проводимость и сопротивление нелинейных элементов.

Контрольные вопросы.

Какой элемент называется нелинейным?

Назовите типы нелинейных элементов и укажите их вольтамперные характеристики,

Назовите нелинейный элемент, позволяющий осуществить ограничение амплитуды выпрямленного напряжения.

Поясните, как определяется статические дифференциальные сопротивления и проводимость нелинейного элемента?

Изложите сущность методов анализа нелинейных электрических цепей постоянного тока.

Лабораторная работа №11. Феррорезонансные цепи (4 часа)

Порядок выполнения работы:

По схеме собрать электрическую цепь. Определить ВАХ нелинейной индуктивности L_4 , по действующим значениям напряжения и тока. **При этом ток в катушке дросселя не должен превышать значения $I=0,5A$.** Результаты измерений занести в таблицу 1. По опытным данным построить ВАХ $U_L = f(I)$ нелинейного дросселя. Выбрать точку за коленом кривой $U_L(I)$ и подсчитать резонансную емкость.

Собрать цепь по схеме рис.2. Увеличивая напряжение U_1 , на входе от нулевого значения отметить значение напряжения U_B , при котором наступает скачкообразное увеличение тока от I_B до I_D . Затем, плавно уменьшая напряжение U_1 определить U_C , при котором наступает скачкообразное уменьшение тока. Результаты измерений и расчетов записать в таблицу 2.

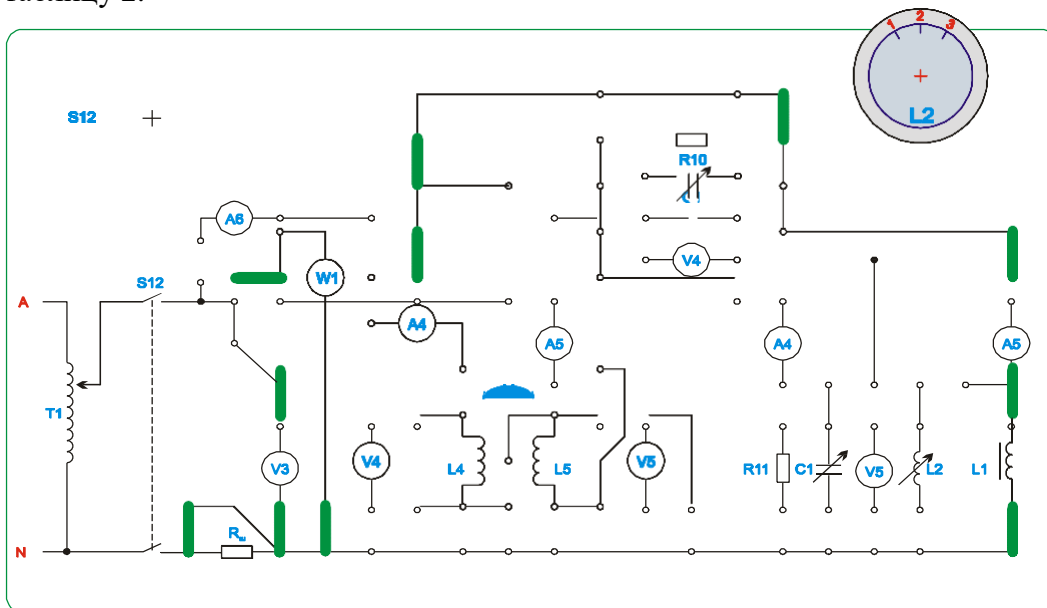


Таблица 1

№п/п	Измерения			Расчет
	$U_1, В$	$I, А$	$P, Вт$	Срез
1				
.				
.				
.				

На основании опытных данных построить результирующую ВАХ цепи.

Зарисовать осциллограмму тока $i(t)$ для режимов: до феррорезонанса; феррорезонанса; после феррорезонанса.

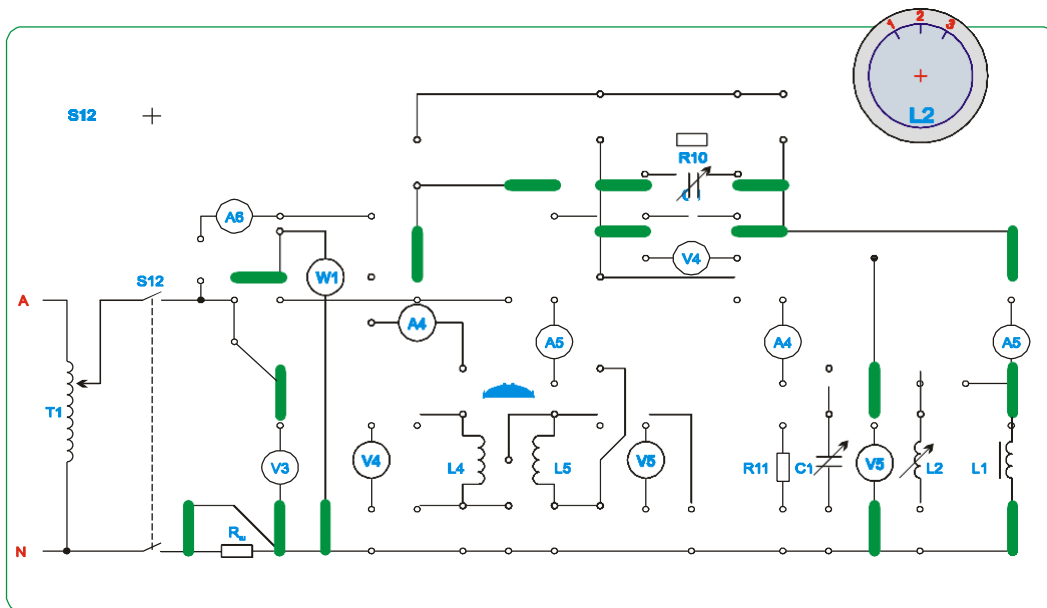


Таблица 2

$U_1, В$											
$I, А$											
$P, Вт$											

Контрольные вопросы:

Дайте определение феррорезонанса напряжений и феррорезонанса токов.

Чем отличается феррорезонанс напряжений от резонанса напряжений в линейной цепи?

Почему в феррорезонансной цепи возникает скачки тока (напряжения)?

Почему сопротивление феррорезонансной последовательной цепи до скачка тока к большому значению имеет индуктивный характер, а после скачка – емкостный характер?

Какие участки реальной ВАХ феррорезонансной цепи являются устойчивыми, а какие - неустойчивыми?

Как влияет частота входного напряжения на характеристики феррорезонансной цепи?

Приведите примеры практического применения феррорезонансных явлений.

Приведите примеры электротехнических устройств, в которых применяются полупроводниковые приборы - диоды, стабилитроны, динисторы.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студента включает в себя:

- изучение теоретического материала и нормативной документации по вопросам, связанным с темой проведенных и предстоящих занятий;
- выполнение заданий к лабораторным занятиям;
- подготовку к защите лабораторных работ по контрольным вопросам;
- изучение теоретических вопросов из списка, размещенного ниже.

Темы для самостоятельного изучения

1. Классификация электроприемников по категориям надежности электроснабжения.
2. Трансформаторные подстанции.
3. Воздушные линии электропередачи. Кабельные линии электропередачи.
4. Качество электроэнергии и пути ее рационального использования.
5. Электроосвещение.
6. Полупроводниковые выпрямители: классификация, основные параметры.
7. Электрические схемы и принцип работы выпрямителя.
8. Электрические фильтры.
9. Стабилизаторы напряжения и тока.

10. Усилители электрических сигналов.
11. Классификация и основные характеристики усилителей. Анализ работы однокаскадных и многокаскадных усилителей.
12. Основы цифровой электроники. Общие сведения о цифровых электронных устройствах.
13. Импульсные устройства: принцип работы и анализ.
14. Электронные ключи и простейшие формирователи импульсных сигналов.
15. Электрические измерения и приборы. Измерения электрических и неэлектрических величин.
16. Методы измерений: прямые и косвенные.
17. Аналоговые электроизмерительные приборы прямого преобразования: устройство, принцип действия, области применения.
18. Измерение электрических величин: токов, напряжений, сопротивлений, мощности и энергии.

6. Критерии оценивания результатов освоения дисциплины (модуля)

6.1. Оценочные средства и критерии оценивания для текущей аттестации

Текущая аттестация выполняется по контрольным вопросам к лабораторным работам (см. п.5), а также в виде контрольной работы.

Критерии оценки выполнения лабораторной работы:

Задание к лабораторной работе считается выполненным удовлетворительно, если студент:

- 1) выполнил задание в полном объеме и сдал его в установленные сроки;
- 2) обосновал с опорой на нормативные документы принятые решения;
- 3) качественно оформил документ в соответствии с требованиями оформления деловой документации.
- 4) ответил на вопросы из перечня вопросов для контроля

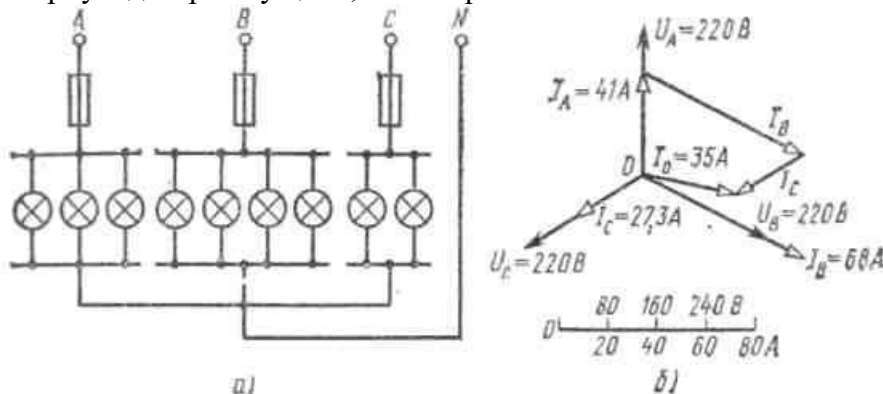
Во всех остальных случаях выполнение лабораторной работы читается неудовлетворительным.

Содержание лабораторных работ с заданиями к ним приведено в пункте 5.

Вариант контрольной работы.

Задача 1.

В трехфазную четырехпроводную сеть включены звездой лампы накаливания мощностью $P = 300$ Вт каждая. В фазу A включили 30 ламп, в фазу B - 50 ламп и в фазу C - 20 ламп. Линейное напряжение сети $U_{\text{ном}} = 380$ В (рис. а). Определить токи в фазах и начертить векторную диаграмму цепи, из которой найти числовое значение тока в нулевом проводе.



Задача 2. Электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением присоединен к сети с напряжением $U_{ном} = 110$ В и вращается с частотой $n = 1500$ об/мин, Двигатель развивает полезный момент (на валу) $M = 120$ Н·м. К. п. д. двигателя $\eta_{дв} = 0,84$. Суммарное сопротивление обмоток якоря и возбуждения $R_a + R_{nc} = 0,02$ Ом. Определить: 1) полезную мощность P_2 ; 2) потребляемую мощность P_1 ; 3) потребляемый из сети ток I ; 4) сопротивление пускового реостата, при котором пусковой ток ограничивается до $2,5I$; 5) противо-э. д. с. в обмотке якоря.

Критерии оценивания контрольной работы:

Контрольная работа считается выполненной удовлетворительно в случае, если:

- студент правильно выполнил не менее половины предложенных для решения задач;
- ответил на вопросы преподавателя по процессу выполнения решенных задач.

6.2. Оценочные средства и критерии оценивания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Критерии выставления зачета:

Отметка «зачтено» выставляется студенту, который по итогам работы в семестре:

1. Выполнил и защитил не менее 6 лабораторных работ.
2. Представил конспекты по итогам работы по списку тем для самостоятельного изучения.

Во всех остальных случаях студенту выставляется оценка «не зачтено».

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

7.1. Основная литература

1. Новожилов, О. П. Электротехника и электроника: учебник для вузов / О. П. Новожилов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 653 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-2941-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/482663>.

2. Сивков, А. А. Основы электроснабжения: учебное пособие для вузов / А. А. Сивков, А. С. Сайгаш, Д. Ю. Герасимов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 173 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01372-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/469983>.

3. Электротехника в 2 ч. Часть 1: учебное пособие для вузов / А. Н. Аблин [и др.]. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 243 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06206-9. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473335>.

4. Электротехника в 2 ч. Часть 2: учебное пособие для вузов / А. Н. Аблин [и др.]. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 257 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06208-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/474152>.

7.2. Дополнительная литература

1. Быстрицкий, Г. Ф. Электроснабжение. Силовые трансформаторы: учебное пособие для вузов / Г. Ф. Быстрицкий, Б. И. Кудрин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 201 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08404-

7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470416>.

2. Климова, Г. Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение : учебное пособие для вузов / Г. Н. Климова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 179 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00510-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470117>.

3. Острецов, В. Н. Электропривод и электрооборудование : учебник и практикум для вузов / В. Н. Острецов, А. В. Палицын. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 212 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02840-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471475>.

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- <https://docs.cntd.ru/document/1200007656> – ГОСТ РФ Электроустановки зданий.
- <https://recn.ru/elektrosnabzhenie-stroitelnoj-ploshhadki> – электроснабжение строительной площадки.
- <http://tokidet.ru/elektrooborudovanie/schetchiki/vremennoe-elektrosnabzhenie-stroitelnoj-plosadki-normy-i-pravila.html> – временное электроснабжение строительной площадки.
- <https://zen.yandex.ru/media/samelectric/para-slov-o-silovyh-kabeliah-60ec98f41b39f163f06f2da6> – силовые кабели и нормативная документация по ним.
- https://studwood.ru/1600442/nedvizhimost/raschyot_vremennogo_elektrosnabzheniya_stroitelnoy_ploshchadki – расчет электроснабжения площадки.

8. Материально-техническое обеспечение

Аудитория для проведения лекционных занятий 06 уч. к. 3 со следующим оборудованием:

- проектор;
- интерактивная доска;
- удерживающие устройства для фиксации плакатов.

Аудитория для проведения лабораторных занятий 04 уч. к. 3 со следующим оборудованием:

- доска;
- оборудование для выполнения лабораторного практикума;
- персональные компьютеры.

9. Программное обеспечение

Пакет офисных программ.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 03B6A3C600B7ADA9B742A1E041DE7D81B0
Владелец: Артеменков Михаил Николаевич
Действителен: с 04.10.2021 до 07.10.2022