

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Кудрявцев Максим Геннадьевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности

Дата подписания: 26.09.2022 14:15

Уникальный программный ключ:

790a1a8df2525774421ad61fc96453f0e902b5b0

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный аграрный заочный университет»

Кафедра электрооборудования и электротехнических систем

Принято Ученым Советом

ФГБОУ ВО РГАЗУ

«21» сентября 2022 г. Протокол №2

«УТВЕРЖДЕНО»

Проректор по образовательной
деятельности и молодежной
политике

«21» сентября 2022 г.

М.А. Реньш



Рабочая программа дисциплины

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Специальность **08.02.04 Водоснабжение и водоотведение**

Квалификация **Техник**

Форма обучения **очная**

Балашиха 2022 г.

Рабочая программа среднего профессионального образования разработана в соответствии с ФГОС по специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Рабочая программа дисциплины разработана доцентом кафедры Электрооборудования и электротехнических систем к.т.н., доцентом Поповой М.В.

Рецензент: *к.т.н., доцент кафедры ЭиЭТС ФГБОУ ВО РГАЗУ Базылев Б.И.*

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в ОПОП СПО компетенциями

1.1 Перечень компетенций, формируемых учебной дисциплиной

Достижимые компетенций	Планируемые результаты обучения
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;	Знать (З): полный объем требований: знать способы решения задач в профессиональной деятельности, знать основные методы и основы электротехнических расчетов
	Уметь (У): основные умения при решении задач: Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
	Владеть (В): основные навыки в решении задач: владеть методикой расчета электрических цепей и возможностью применения этих знаний на производстве.
ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;	Знать (З): полный объем требований: основные информационно-библиотечные системы, где возможно осуществление поиска необходимой информации
	Уметь (У): основные умения при решении задач: работать с литературой, осуществлять поиск необходимой информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития
	Владеть (В): основные навыки в решении задач: навыками поиска, сбора, анализа информации с использованием библиотечно-электронных систем

2. Цели и задачи освоения учебной дисциплины, место дисциплины в структуре ОПОП СПО

Дисциплина Основы электротехники

относится к общепрофессиональному циклу по специальности 08.02.04 водоснабжение и водоотведение, формируемой участниками образовательных отношений ОПОП СПО.

Цель: формирование теоретических знаний в области основных понятий и законов электротехники; методов анализа линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей; овладение методами расчета электромагнитных полей; овладение методами расчета и синтеза электрических и магнитных цепей.

Задачи:

- изучение и усвоение методов расчета и синтеза электрических цепей, электрических и магнитных полей, принципов действия и областей применения основных электротехнических и электронных устройств и электроизмерительных приборов.

3. Объем учебной дисциплины в академических часах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Очная форма обучения

Вид учебной работы	___3___ семестр
Общая трудоемкость дисциплины, академических часов	108
Аудиторная (контактная) работа, часов	60
в т.ч. занятия лекционного типа	15
занятия семинарского типа	45
Самостоятельная работа обучающихся, часов	48

в т.ч. курсовая работа	-
Контроль	Эк
Вид промежуточной аттестации	Экзамен

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Перечень разделов дисциплины с указанием трудоемкости аудиторной (контактной) и самостоятельной работы, видов контролей и перечня компетенций
Очная форма обучения

Наименование разделов и тем	Трудоемкость, часов			Наименование оценочного средства	Код компетенции
	всего	в том числе			
		аудиторной (контактной) работы	самостоятельной работы		
Раздел 1 «Электрические цепи. Основные понятия и определения»	34	5	16	Задача (практическое задание, лабораторная работа), Собеседование	
1.1. Электрические и магнитные цепи, основные определения, топологические параметры и методы расчета электрических цепей переменного тока.	17	1,5	15,5		
1. 2. Электрические цепи однофазного синусоидального тока. магнитного поля	17	1,5	15,5		
Раздел 2 «Электромагнитные устройства и электрические машины»	36	5	16	Собеседование	
2.1. Нелинейные электрические цепи. Магнитные цепи с постоянной магнитодвижущей силой.	18	2	16		
2.2. Электрические машины. Трансформаторы, генераторы, электродвигатели, машины постоянного тока, асинхронные машины, синхронные	18	2	16		

машины					
Раздел 3 «Электрические цепи трехфазного синусоидального тока»	36	5	16	Собеседован ие, Задача (практическ ое задание, лабораторна я работа), тест	
3.1. Понятия о трехфазных цепях	18	2	16		
3.2. Методы расчета трехфазных цепей	18	2	16		
Курсовая работа	-	-	-	-	
Итого за семестр	108	60	48		
ИТОГО по дисциплине	108	60	48		

Примерный перечень оценочных средств для текущего контроля успеваемости

№ п/ п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Задача (практическое задание, лабораторная работа)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задача (задание) должна быть направлена на оценивание тех компетенций, которые подлежат освоению в данной дисциплине, должна содержать четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий.	Комплект задач и заданий
2	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины, представленные в привязке к компетенциям, предусмотренным РПД
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

4.2 Содержание дисциплины по разделам и темам

Раздел 1. «Основные понятия и законы электромагнитного поля»

Цели – фундаментальные законы теории электромагнитного поля и теории цепей, современные методы расчета электрических цепей и электромагнитных полей, принципы действия и области применения основных электротехнических устройств;

Задачи – Умение применять на практике законы электромагнитного поля и теории электрических цепей, умение использовать на практике методы расчета электрических цепей и электромагнитных полей.

Перечень учебных элементов раздела:

1.1. **Электрические и магнитные цепи, основные определения, топологические параметры и методы расчета электрических цепей переменного тока.** Законы Ома и Кирхгофа для цепей постоянного и переменного токов

1.2. **Электрические цепи однофазного синусоидального тока.** Анализ и расчет

цепей синусоидального тока. Получение синусоидального тока, элементы электрической цепи (резистор, катушка индуктивности, конденсатор). Анализ и расчет цепей с линейными и нелинейными параметрами. Электрические цепи трехфазного синусоидального тока. Получение трехфазной ЭДС. Синхронный генератор. Принцип работы. Схемы соединения трехфазных цепей. Мощность трехфазной цепи.

Раздел 2. «Электромагнитные устройства и электрические машины»

Цели – приобретение теоретических и практических навыков в области нелинейных электрических цепей, постоянный и синусоидальный токи

Задачи – Умение рассчитывать цепи постоянного тока с одним и несколькими источниками ЭДС, применяя электротехнические законы на практике. Уметь использовать методы расчета цепей постоянного тока (метод уравнений Кирхгофа, метод суперпозиции (наложения), метод контурных токов). Изучить электрические машины и режимы их работы.

2.1. Нелинейные электрические цепи. Магнитные цепи с постоянной магнитодвижущей силой. Электрические цепи, магнитные цепи, Единицы измерения электрических и магнитных величин, постоянный ток, переменный ток, магнитное поле, синусоидальный ток, временные характеристики.

2.2 Электрические машины. Трансформаторы, генераторы, электродвигатели, машины постоянного тока, асинхронные машины, синхронные машины.

Раздел 3. «Электрические цепи трехфазного синусоидального тока»

Цели – приобретение теоретических и практических навыков области расчетов трехфазных цепей.

Задачи – Знать схемы соединения трехфазных цепей, назначение нулевого провода. Выполнить курсовую работу по теме «Расчет трехфазной цепи синусоидального тока».

3.1 Понятия о трехфазных цепях: преимущества трехфазного тока, понятия о трехфазных источниках ЭДС и тока, получение вращающегося магнитного поля, схемы соединения трехфазных цепей.

3.2. Расчеты трехфазных цепей: методы расчета трехфазных цепей, симметричные и несимметричные цепи, применение симметричных составляющих для расчета несимметричных трехфазных цепей.

5. Оценочные материалы по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине представлены в виде фонда оценочных средств.

6. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1 Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания, количество страниц
----------	---

1.	Основы электротехники: Методические указания по изучению дисциплины и задания контрольной работы / Росс. гос. аграр. заоч. ун-т; Сост. М.В. Попова. М., 2018 г.
2.	Основы электротехники: Методические указания по выполнению лабораторных работ / Рос. гос. аграр. заоч. ун-т; Сост.: Л.В. Беляева, А.А. Переверзев. – М., 2011 г.

6.2 Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

Электронные учебные издания в электронно-библиотечных системах (ЭБС)

№ п/п	Автор, название, место издания, год издания, количество страниц	Ссылка на учебное издание в ЭБС
1.	Карабашев, Г.П. Трёхфазные цепи: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Г.П. Карабашев. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2012. – 74 с.	http://ebs.rgazu.ru/?q=node/2353
2.	Афанасьева, Н.А. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] / Н.А. Афанасьева, Л.П. Булат. – СПб.: СПНИУ ИТМО, 2005. – 178 с.	http://ebs.rgazu.ru/?q=node/3046
3.	Макаричев, Ю.А. Синхронные машины: учеб. пособие [Электронный ресурс] / Ю.А. Макаричев, В.Н. Овсянников. – Самара: ГОУ ВПО СГТУ, 2010. – 156 с.	http://ebs.rgazu.ru/?q=node/873
4.	Ткаченко, Н.И. Электротехника и электроника [Электронный ресурс] / Н.И. Ткаченко, С.Е. Башняк. – Ростов н/Д.: Донской ГАУ, 2015. – 61 с.	http://ebs.rgazu.ru/?q=node/4342
5.	Калинин, В.Ф. Теоретическая электротехника в электрооборудовании [Электронный ресурс] / В.Ф. Калинин, В.М. Иванов. – Тамбов: ТГТУ, 2010. – 316 с.	http://ebs.rgazu.ru/?q=node/866
6.	Усольцев А.А. Общая электротехника [Электронный ресурс] / А.А. Усольцев. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 301 с.	http://ebs.rgazu.ru/?q=node/822

6.3 Перечень электронных образовательных ресурсов

№ п/п	Электронный образовательный ресурс	Доступ в ЭОР (сеть Интернет, локальная сеть, авторизованный/свободный доступ)
1.	Академия Энергетики. Президент-Нева	http://www.energoacademy.ru
2.	Электрооборудование. Панорама	http://www.oborud.promtransizdat.ru/
3.	Энергетик. Энергопрогресс	http://www.energetik.energy-journals.ru/
4.	Энергосбережение. АВОК ПРЕСС	http://www.abok.ru
5.	Энерго-Info. РуМедиа	www.energo-info.ru

6	Энергетика. Оборудование. Документация	http://forca.ru/knigi/arhivy/montazh-ekspluatatsiya-i-remont-selskohozyaystvennogo-elektrooborudovaniya-28.html
77	Цикл видеолекций по высшей математике Видеолекции на темы «Производная функции», «Неопределенный интеграл», «Дифференциальные уравнения первого порядка» Понятие неопределённого интеграла и методы его вычисления	https://www.youtube.com/watch?v=QqN0rL88ubg&index=1&list=PL7D808824986EBFD6 https://www.youtube.com/watch?v=Zli5rTJ0JJQ&index=4&list=PL7D808824986EBFD6 https://www.youtube.com/watch?v=BTIPec1zul8&index=13&list=PL7D808824986EBFD6 https://www.youtube.com/watch?v=_9_URGsEsTg&index=14&list=PL7D808824986EBFD6 https://www.youtube.com/watch?v=tZ_rMl6MOEI&list=PL7D808824986EBFD6&index=15

6.4 Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и лицензионное программное обеспечение

Современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы, цифровые электронные библиотеки и другие электронные образовательные ресурсы

1. Договор о подключении к Национальной электронной библиотеке и предоставлении доступа к объектам Национальной электронной библиотеки №101/НЭБ/0502-п от 26.02.2020 5 лет с пролонгацией
2. Договор на оказание услуг по предоставлению доступа к электронным изданиям издательства «Лань» №527/21 от 11.05.2021
3. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 27.04.2016 бессрочно
4. Соглашение о бесплатном тестовом доступе к Polpred.com. Обзор СМИ 02.03.2020 бессрочно
5. Информационно-справочная система «Гарант» – URL: <https://www.garant.ru/>
Информационно-справочная система Лицензионный договор № 261709/ОП-2 от 25.06.2021
6. «Консультант Плюс». – URL: <http://www.consultant.ru/> свободный доступ
7. Электронно-библиотечная система AgriLib <http://ebs.rgazu.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014620472 от 21.03.2014).

Доступ к электронной информационно-образовательной среде, информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Система дистанционного обучения Moodle www.portfolio.rgazu.ru (свободно распространяемое)
2. Право использования программ для ЭВМ Mirapolis HCM в составе функциональных блоков и модулей: Виртуальная комната. Стандартная лицензия до 1000 пользователей на 1 месяц (Лицензионный договор № 77/03/22 – К от 25 апреля 2022)
3. Инновационная система тестирования – программное обеспечение на платформе 1С (Договор № К/06/03 от 13.06.2017)
4. Образовательный интернет – портал Российского государственного аграрного заочного университета (свидетельство о регистрации средства массовой информации Эл № ФС77-51402 от 19.10.2012).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. OpenOffice – свободный пакет офисных приложений (свободно распространяемое)

2. linuxmint.com <https://linuxmint.com/> (свободно распространяемое)
3. Электронно-библиотечная система AgriLib <http://ebs.rgazu.ru/> (свидетельство о государственной регистрации базы данных №2014620472 от 21.03.2014)
4. Официальная страница ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет» <https://vk.com/rgazuru> (свободно распространяемое)
5. Портал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный заочный университет» (свободно распространяемое)
<https://zen.yandex.ru/id/5fd0b44cc8ed19418871dc31>
6. Антивирусное программное обеспечение Dr. WEB Desktop Security Suite (Сублицензионный договор №13740 на передачу неисключительных прав на программы для ЭВМ от 01.07.2021).

6.5 Перечень учебных аудиторий, оборудования и технических средств обучения

Предназначение помещения (аудитории)	Наименование корпуса, № помещения (аудитории)	Перечень оборудования (в т.ч. виртуальные аналоги) и технических средств обучения*
Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Учебно-лабораторный корпус. Каб. 501. № ТИ 501	Специализированная мебель, экран рулонный настенный, Персональный компьютер в сборке с выходом в интернет
Учебная аудитория для проведения учебных занятий (урок, практическое занятие, лабораторное занятие, консультация, лекция, семинар), для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации и воспитательной работы.	Учебно-лабораторный корпус Каб. 507 № ТИ 504	Специализированная мебель, доска меловая. Лабораторный стенд «Однофазный двухобмоточный трансформатор», Лабораторный стенд «Исследование измерительных трансформаторов», Лабораторный стенд «Ротор АД», Лабораторный стенд "Электрические и магнитные цепи"
Помещения для самостоятельной работы	Учебно-лабораторный корпус Каб. № 320 № ТИ 313	Специализированная мебель, персональные компьютеры в сборке с выходом в интернет.

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный аграрный заочный университет»**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
обучающихся по дисциплине

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Специальность **08.02.04 Водоснабжение и водоотведение**

Квалификация **техник**

Форма обучения **очная**

Балашиха 2022 г.

1.Описание показателей и критериев оценивания планируемых результатов обучения по учебной дисциплине

Компетенция	Уровень освоения	Планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;	Пороговый (удовлетворительно)	Знает: полный объем требований: знать способы решения задач в профессиональной деятельности, знать основные методы и основы электротехнических расчетов Умеет: основные умения при решении задач: Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам Владеет: основные навыки в решении задач: владеть методикой расчета электрических цепей и возможностью применения этих знаний на производстве.	Задача (практическое задание, лабораторная работа), тест, Собеседование
	Продвинутый (хорошо)	Знает твердо: полный объем требований: знать способы решения задач в профессиональной деятельности, знать основные методы и основы электротехнических расчетов Умеет уверенно: основные умения при решении задач: Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам Владеет уверенно: основные навыки в решении задач: владеть методикой расчета электрических цепей и возможностью применения этих знаний на производстве.	
	Высокий (отлично)	Имеет сформировавшееся систематические знания: полный объем требований: знать способы решения задач в профессиональной деятельности, знать основные методы и основы электротехнических расчетов	

		Имеет сформировавшееся систематическое умение: основные умения при решении задач: Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам Показал сформировавшееся систематическое владение: основные навыки в решении задач: владеть методикой расчета электрических цепей и возможностью применения этих знаний на производстве.	
ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач	Пороговый (удовлетворительно)	Знает: полный объем требований: основные информационно-библиотечные системы, где возможно осуществление поиска необходимой информации Умеет: основные умения при решении задач: работать с литературой, осуществлять поиск необходимой информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития Владеет: основные навыки в решении задач: навыками поиска, сбора, анализа информации с использованием библиотечно-электронных систем	Задача (практическое задание, лабораторная работа), тест, Собеседование
	Продвинутый (хорошо)	Знает твердо: полный объем требований: основные информационно-библиотечные системы, где возможно осуществление поиска необходимой информации Умеет уверенно: основные умения при решении задач: работать с литературой, осуществлять поиск необходимой информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития	

		Владеет уверенно: основные навыки в решении задач: навыками поиска, сбора, анализа информации с использованием библиотечно-электронных систем	
	Высокий (отлично)	Имеет сформировавшееся систематические знания: полный объем требований: основные информационно-библиотечные системы, где возможно осуществление поиска необходимой информации Имеет сформировавшееся систематическое умение: основные умения при решении задач: работать с литературой, осуществлять поиск необходимой информации для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития Показал сформировавшееся систематическое владение: основные навыки в решении задач: навыками поиска, сбора, анализа информации с использованием библиотечно-электронных систем	

2. Описание шкал оценивания

2.1 Шкала оценивания на этапе текущего контроля

Форма текущего контроля	Отсутствие усвоения (ниже порогового)*	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
Выполнение практической работы	не выполнена или все задания решены неправильно	Решено более 50% задания, но менее 70%	Решено более 70% задания, но есть ошибки	все задания решены без ошибок

* Студенты, показавшие уровень усвоения ниже порогового, не допускаются к промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 Шкала оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет и экзамен в виде итогового теста, курсовая работа)

Форма промежуточной аттестации	Отсутствие усвоения (ниже порогового)	Пороговый (удовлетворительно)	Продвинутый (хорошо)	Высокий (отлично)
--------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------	----------------------	-------------------

Выполнение итоговых тестов (не менее 15 вопросов на вариант)	Менее 51%	51-79%	80-90%	91% и более
---	-----------	--------	--------	-------------

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ
КОМПЛЕКТ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ
для промежуточной оценки знаний**

Раздел 1. Электрические цепи.

Задача 1. В цепь синусоидального тока напряжением $U=100В$ и частотой $f=50Гц$ включена катушка с активным сопротивлением R и индуктивным сопротивлением X_L .

О п р е д е л и т ь :

1. Ток I_k катушки.
2. Коэффициент мощности $\cos\varphi_k$ катушки.
3. Мощности катушки: полную S_k , активную P_k и реактивную Q_k .
4. Емкость конденсатора, который необходимо подключить параллельно катушке для получения в цепи резонанса токов.
5. Ток I_o и полную мощность S при резонансе токов.
6. Построить векторную диаграмму цепи до и после включения конденсатора.

Величину R принять равной последней цифре шифра зачетной книжки, а X_L — предпоследней цифре шифра. Если же одной из этих цифр окажется ноль, то соответствующее сопротивление принять равным 10 Ом .

Так, для шифра 3407 принимаем $R=7\text{ Ом}$, $X_L=10\text{ Ом}$, а для шифра 3480 берем $R = 10\text{ Ом}$, $X_L=8\text{ Ом}$.

Пример решения задачи 1

Дано:

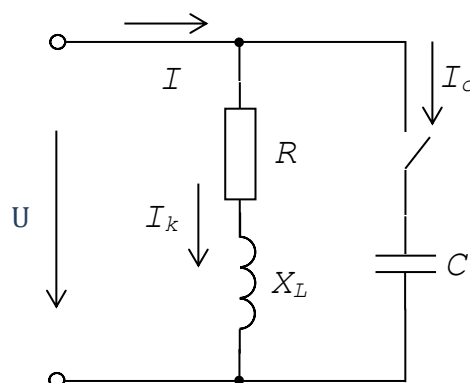
$$U = 100В$$

$$f = 50Гц$$

$$R = 10\text{ Ом}$$

$$X_L = 13\text{ Ом}$$

Найти: I_k , $\cos\varphi_k$, S_k , P_k , Q_k , C_o , S .



Решение

1. Ток в катушке определяем по закону Ома: $I_k = \frac{U}{Z}$,

где $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ – полное сопротивление катушки, Ом.

$$I_k = \frac{100}{\sqrt{10^2 + 13^2}} = \frac{100}{16,4} = 6,1 \text{ A.}$$

2. Коэффициент мощности катушки при известных сопротивлениях R и X_L определяем по формуле $\cos \varphi_k = \frac{R}{Z}$: $\cos \varphi_k = \frac{10}{16,4} = 0,61$.

7. Полную мощность катушки вычисляем как $S_k = UI_k$:

$$S_k = 100 \cdot 6,1 = 610 \text{ ВА.}$$

Активную и реактивную мощности при известных сопротивлениях R и X_L определяем соответственно по формулам $P_k = I_k^2 R$ и $Q_k = I_k^2 X_L$:

$$P_k = 6,1^2 \cdot 10 = 3721 \text{ Вт}; \quad Q_k = 6,1^2 \cdot 13 = 483,7 \text{ ВАр.}$$

4. Резонансную емкость C_o найдем из условия резонанса токов (из равенства индуктивной и емкостной проводимостей параллельных ветвей):

$$B_L = B_C \Leftrightarrow \frac{X_L}{R^2 + X_L^2} = \omega C_o \Rightarrow C_o = \frac{X_L}{\omega Z_k^2},$$

где $\omega = 2\pi f$ – угловая частота; для частоты $f = 50 \text{ Гц}$ $\omega = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ рад/с}$.

$$\text{Вычисляем: } C_o = \frac{13}{314 \cdot 16,4^2} = 153,9 \cdot 10^6 \text{ Ф} \approx 154 \text{ мкФ.}$$

5. Входной ток цепи при резонансе токов $I_o = GU$,

где $G = \frac{R}{R^2 + X_L^2} = \frac{R}{Z_k^2}$ – активная проводимость данной цепи при резонансе.

$$\text{Таким образом, } I_o = \frac{RU}{Z_k^2} = \frac{10 \cdot 100}{16,4^2} = 3,72 \text{ А.}$$

Полная мощность цепи при резонансе $S = UI_o = 100 \cdot 3,72 = 372 \text{ ВА}$, при этом:

а) ток и полная мощность катушки сохраняют прежние значения, соответственно равные 6,1 А и 610 ВА;

б) входной ток цепи равен активной составляющей тока катушки:

$$I_{ak} = I_k \cos \varphi_k = 6,1 \cdot 0,61 = 3,72 \text{ А};$$

в) ток конденсатора

$$I_c = \omega C_o U = 314 \cdot 153,9 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 4,83 A$$

равен по величине реактивной составляющей тока катушки

$$I_{pk} = I_k \sin \varphi_k = I_k \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_k} = 6,1 \cdot \sqrt{1 - 0,61^2} = 4,83 A,$$

и находится с ним в противофазе, т.е. сдвинут по фазе по отношению к реактивной составляющей тока катушки на 180° .

8. Для удобства построения векторной диаграммы выбираем разные масштабы для напряжения ($m_U = 40B/см$) и для тока ($m_I = 2A/см$). Вектор напряжения $\vec{U}$ в выбранном масштабе располагаем горизонтально.

Затем относительно вектора напряжения $\vec{U}$ строим векторы токов:

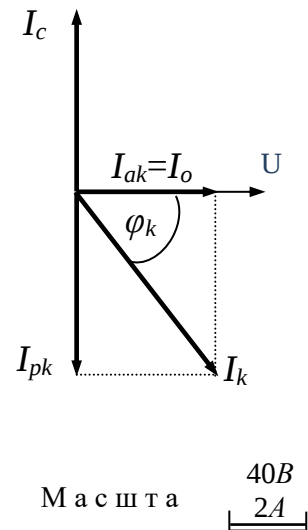
$\vec{I}_{ak}$ – совпадающий с вектором напряжения $\vec{U}$;

$\vec{I}_{pk}$ – отстающий от напряжения на 90° (отложим от вектора напряжения по ходу часовой стрелки под углом 90°);

$\vec{I}_c$ – опережающий напряжение на 90° (отложим от вектора напряжения против хода часовой стрелки под углом 90°).

По активной и реактивной составляющим тока катушки

строим ток $\vec{I}_k$, отстающий от $\vec{U}$ на угол φ_k .



КОМПЛЕКТ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Раздел 3. Электрические цепи трёхфазного синусоидального тока

СОЕДИНЕНИЕ ТРЁХФАЗНОЙ ЦЕПИ ЗВЕЗДОЙ

Цель работы: Исследовать различные режимы работы трёхфазной цепи при соединении нагрузки звездой без нейтрального провода. Исследовать режимы работы трёхфазной цепи, соединённой звездой с нейтральным проводом. Уяснить назначение нейтрального провода при несимметричной нагрузке. Определить соотношения фазных и линейных напряжений.

К р а т к и е с в е д е н и я и з т е о р и и

Трёхфазной системой называется совокупность трех однофазных цепей, питаемых тремя одинаковыми по величине ЭДС одной частоты, сдвинутыми относительно друг друга по фазе на 120° и создаваемыми одним источником:

$$e_A = E_m \sin \omega t, \text{ В}$$

$$e_B = E_m \sin (\omega t - 120^\circ), \text{ В}$$

$$e_C = E_m \sin (\omega t + 120^\circ), \text{ В.}$$

Причём, нагрузку в таких трёхфазных цепях возможно соединить двумя способами: звездой и треугольником. В данной лабораторной работе изучается соединение нагрузки звездой. На рис. 1.1 приведена схема соединения звездой трехфазной трёхпроводной (без нейтрального провода) цепи.

Напряжения $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ на зажимах отдельных фаз (или между линейным проводом и нулевой точкой N', то есть на сопротивлении нагрузки Z) называют фазными напряжениями $\dot{U}_\phi$. Напряжения $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$ между линейными проводами — линейными напряжениями $\dot{U}_L$.

Причём, при соединении нагрузки звездой (в любом режиме работы схемы) по II закону Кирхгофа, линейные напряжения равны геометрической (векторной) разности соответствующих фазных напряжений: $\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$; $\dot{U}_{BC} = \dot{U}_B - \dot{U}_C$; $\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A$, при этом $\dot{U}_{AB} + \dot{U}_{BC} + \dot{U}_{CA} = 0$.

Токи, протекающие в фазах (по сопротивлению нагрузки Z), называют фазными токами $\dot{I}_\phi$, а токи в линейных проводах $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ — линейными $\dot{I}_L$.

В любом режиме работы трёхфазной трёхпроводной и четырёхпроводной цепи при соединении нагрузки звездой линейные токи равны фазным: $\dot{I}_L = \dot{I}_\phi$, причём, фазные (линейные) токи определяются по закону Ома (сопротивлением соединяющих проводов пренебрегаем):

$$I_A = \frac{U_A}{Z_A} = U_A Y_A; \quad I_B = \frac{U_B}{Z_B} = U_B Y_B; \quad I_C = \frac{U_C}{Z_C} = U_C Y_C,$$

где Z — полное сопротивление нагрузки; $Y = \frac{1}{Z}$ — полная проводимость нагрузки.

1) Трёхпроводный режим работы цепи при соединении нагрузки звездой без нейтрального провода

а) Симметричный режим

Если $Z_A = Z_B = Z_C$, то приемник называют симметричным. При подключении такого потребителя к симметричной системе напряжений в трехфазной цепи возникает симметричная система токов. Такой режим работы трехфазной цепи называют симметричным режимом.

- В симметричной системе напряжения на нагрузке (фазные напряжения U_ϕ) также

сдвинуты на 120° относительно друг друга по фазе и равны между собой по величине (при этом, их векторная сумма $\vec{U}_A + \vec{U}_B + \vec{U}_C = 0$):

$$u_A = U_m \sin \omega t, \text{ В}$$

$$u_B = U_m \sin (\omega t - 120^\circ), \text{ В}$$

$$u_C = U_m \sin (\omega t + 120^\circ), \text{ В.}$$

- То же относится и к линейным напряжениям $\vec{U}_{AB}, \vec{U}_{BC}, \vec{U}_{CA}$ (рис. 1.2, *a*). Из прямоугольного треугольника DAN (рис. 1.2, *a*) видно, что отрезок $AD = \vec{U}_A \sin\left(\frac{120^\circ}{2}\right)$, так как ND – биссектриса, а $\vec{U}_{AB} = 2AD$, тогда модуль линейного напряжения

равен $U_L = U_{AB} = 2U_\phi \sin 60^\circ = 2 \cdot U_\phi \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}U_\phi$, то есть при симметричной нагрузке линейное напряжение в 1,73 раза больше фазного.

- Следует отметить, что сумма мгновенных значений напряжений u и ЭДС e в симметричной трехфазной цепи равна нулю.

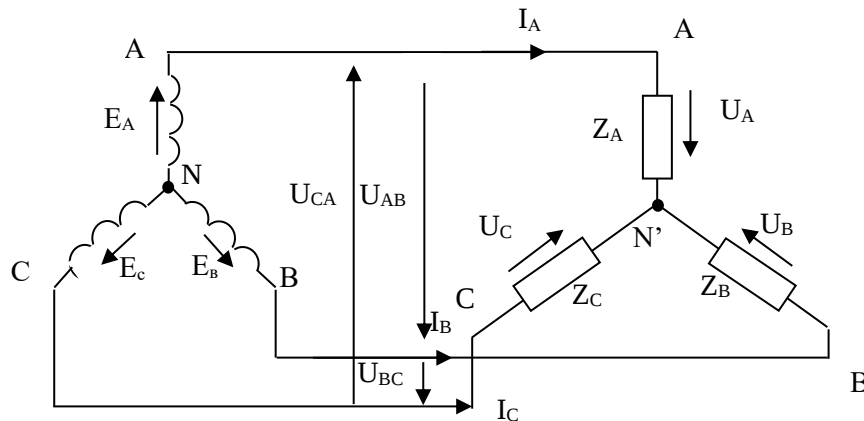


Рис. 1.1. Схема соединения трехфазной нагрузки звездой без нейтрального провода (трёхпроводная система).

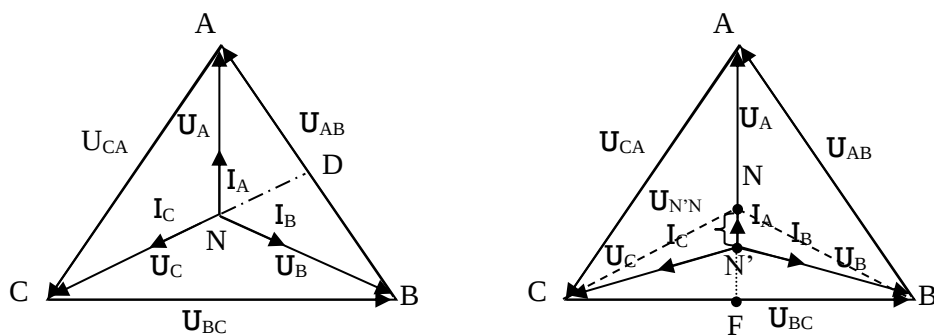


Рис. 1.2. Векторные диаграммы при соединении активной нагрузки звездой без нейтрального провода:
 а) симметричная нагрузка;
 б) несимметричная нагрузка (при изменении нагрузки фазы A и неизменности нагрузки остальных фаз).

б) Несимметричный режим

Если одно из сопротивлений нагрузки Z_A, Z_B, Z_C отличается от других, равно нулю или бесконечности (обрыв), то приемник называют несимметричным. При подключении такого потребителя к симметричной системе напряжений в трехфазной цепи возникает несимметричная система токов. Такой режим работы трехфазной цепи называют несимметричным режимом.

- При несимметричной нагрузке равенство фазных напряжений $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ нарушается. При этом их векторная сумма $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C \neq 0$.
- Между нулевыми точками нагрузки и генератора появляется напряжение смещения нейтрали:

$$\dot{U}_{N'N} = \frac{\dot{U}_A \underline{Y}_A + \dot{U}_B \underline{Y}_B + \dot{U}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C},$$

при этом напряжения на фазах нагрузки будут равны:

$$\dot{U}_A = \dot{E}_A - \dot{U}_{N'N}, \quad \dot{U}_B = \dot{E}_B - \dot{U}_{N'N}, \quad \dot{U}_C = \dot{E}_C - \dot{U}_{N'N}.$$

При изменении сопротивления в фазе A от нуля (короткое замыкание фазы) до бесконечности (обрыв фазы - нагрузка выключена) и при равенстве сопротивлений

в фазах B и C потенциал нулевой точки N' на векторной диаграмме будет перемещаться от точки A до точки F , лежащей на середине вектора $\vec{U}_{BC}$.

- Линейные напряжения $\vec{U}_{AB}$, $\vec{U}_{BC}$, $\vec{U}_{CA}$, однако, остаются симметричными и равными по величине. Векторная диаграмма при несимметричной нагрузке приведена на рис.1.2, б. Векторы токов построены для активной нагрузки ($\cos \varphi = 1$, токи совпадают по направлению с фазными напряжениями). Векторы напряжений генератора изображены пунктиром.

2) Четырёхпроводный режим работы цепи при соединении нагрузки звездой с нейтральным проводом

Схема трехфазной системы с нейтральным проводом приведена на рис. 1.3.

При наличии нейтрального (нулевого) провода изменения нагрузки не искажает фазные напряжения, фазы работают независимо.

При равных сопротивлениях нагрузки (симметричный режим) токи по величине равны, сдвинуты по фазе на 120° относительно друг друга, следовательно, их сумма равна нулю. Таким образом, тока в нейтральном проводе не будет:

$$\vec{I}_N = \vec{I}_A + \vec{I}_B + \vec{I}_C = 0.$$

При несимметричной нагрузке по нейтральному проводу потечет ток, равный геометрической сумме фазных токов:

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

Векторные диаграммы для симметричной и несимметричной нагрузок приведены на рис. 1.4, а, б.

То есть при наличии нейтрального провода, при несимметричной нагрузке искажения фазных напряжений не происходит. Это значит, что справедливо:

- фазные напряжения $\vec{U}_\phi$ сдвинуты на 120° относительно друг друга по фазе и равны между собой по величине, их векторная сумма $\vec{U}_A + \vec{U}_B + \vec{U}_C = 0$.
- линейные напряжения $\vec{U}_L$ сдвинуты на 120° относительно друг друга по фазе и равны между собой по величине, причём $U_E = \sqrt{3}U_\phi$.

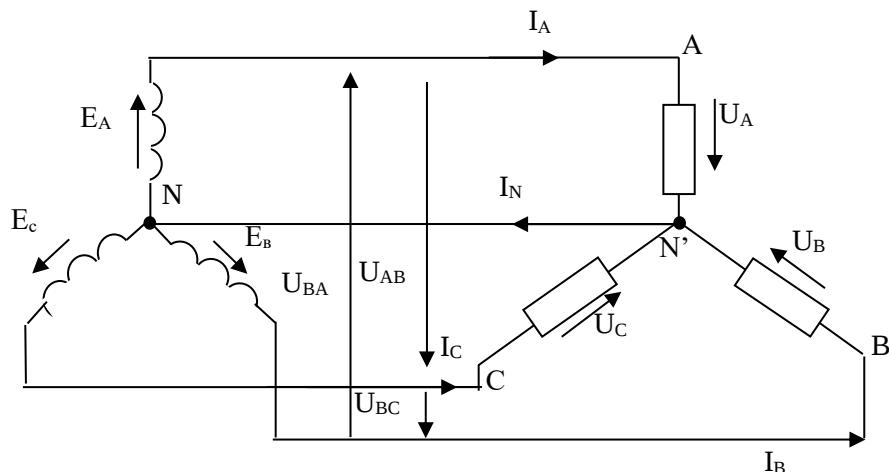


Рис. 1.3. Схема соединения трехфазной нагрузки звездой с нейтральным проводом.

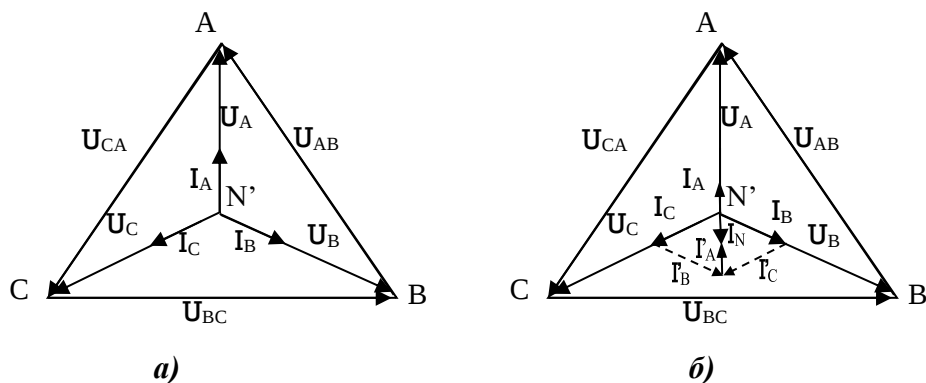


Рис. 1.4. Векторные диаграммы при соединении активной нагрузки звездой с нейтральным проводом:

- а)* симметричная нагрузка фаз;
б) несимметричная нагрузка (при изменении нагрузки фазы *A*, а нагрузка фаз *B* и *C* одинаковая и неизменная).

Порядок выполнения работы

1. Собрать цепь по схеме на рис. 1.5.
2. Исследовать работу трехфазной цепи по схеме «звезда» без нейтрального провода.
 Результаты измерений записать в таблицу 1.1.
 - 2.1. Задаваясь сопротивлениями в фазах нагрузки, проследить за изменениями показаний приборов для 2-х случаев:
 - а) сопротивления фаз равны $R_A = R_B = R_C$ (симметричная нагрузка);
 - б) сопротивление фазы *A* больше сопротивлений других фаз $R_A > R_B = R_C$ (несимметричная нагрузка).
 - 2.2. По данным таблицы 1.1 построить векторные диаграммы.
3. Собрать цепь по схеме на рис. 1.6.
4. Исследовать работу трехфазной цепи по схеме «звезда» с нейтральным проводом.
 Результаты измерений записать в таблицу 1.2.

- 4.1. Задаваясь сопротивлениями в фазах нагрузки проследить за изменениями показаний приборов для 2-х случаев:
- а) сопротивления фаз равны $R_A=R_B=R_C$; (симметричная нагрузка);
 - б) сопротивление фазы A (больше сопротивлений других фаз $R_A>R_B=R_C$ (несимметричная нагрузка).
- 4.2. По данным таблицы 1.2 построить векторные диаграммы.
5. Сделать выводы по работе.

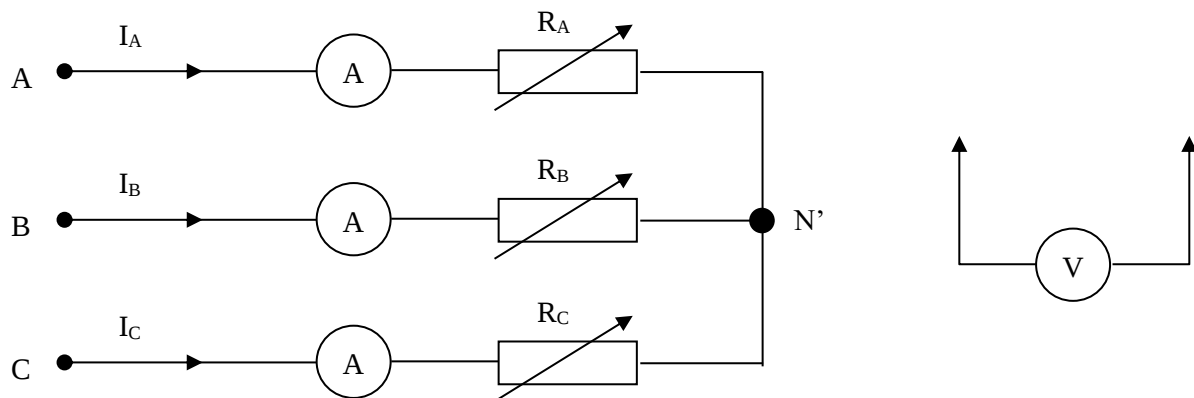


Рис.1.5. Схема соединения трехфазной нагрузки звездой без нейтрального провода

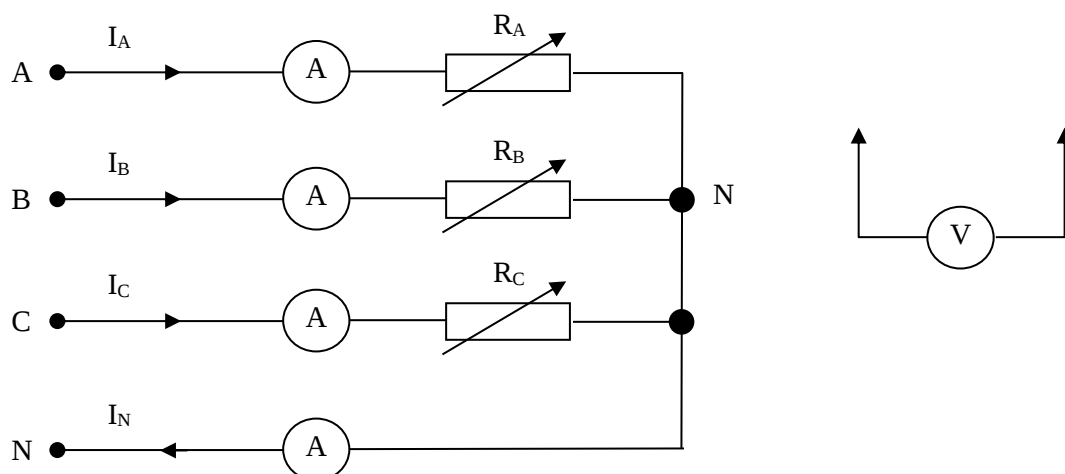


Рис.1.5. Схема соединения трехфазной нагрузки звездой с нейтральным проводом

Таблица 1.1

Режимы работы цепи	№ п/п	Измерено										Вычислено			
		I_A	I_B	I_C	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_0	P_A	P_B	P_C	P
		A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	Вт	Вт	Вт	Вт
Симметричная нагрузка	1														
Несимметричная нагрузка	2														

Таблица 1.2

Режимы работы цепи	№ п/п	Измерено										Вычислено			
		I_A	I_B	I_C	I_N	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	P_A	P_B	P_C	P
		A	A	A	A	B	B	B	B	B	B	Вт	Вт	Вт	Вт
Симметричная нагрузка	1														
Несимметричная нагрузка	2														

КОМПЛЕКТ ВОПРОСОВ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

Раздел 1. Электрические цепи.

1. Что такое источник ЭДС (включение в цепь, обозначение, единицы измерения).
2. Сформулируйте закон Ома для цепей постоянного тока.
3. Сформулируйте законы Кирхгофа для цепей постоянного тока.
4. Какие методы расчёта цепей вы знаете?
5. Сформулируйте принцип получения синусоидальной ЭДС.
6. Из каких основных частей состоит синхронный генератор? Расскажите принципы его работы.
7. Что такое действующее значение синусоидального тока?
8. Что такое среднее значение синусоидального тока? Где оно применяется?
9. Что такое активная, реактивная и полная мощности? В чем они измеряются?
10. Что называется периодом, частотой, амплитудой, фазой, начальной фазой, сдвигом фаз переменного тока и в каких единицах они измеряются?
11. От чего зависит величина индуктивного сопротивления?
12. От чего зависит величина ёмкостного сопротивления?
13. При каких параметрах цепи (R , L , C) ток совпадает по фазе с напряжением, отстаёт от него, опережает напряжение?
14. Почему $\cos \varphi$ (φ – угол сдвига фаз между током и напряжением) называют коэффициентом мощности?
15. В чём заключается значение повышения коэффициента мощности?
16. К каким вредным последствиям приводит уменьшение коэффициента мощности?
17. Чему равна величина тока в неразветвлённой части цепи, в которой параллельно включены катушка индуктивности и ёмкость?
18. Как осуществляется компенсация сдвига фаз (повышение коэффициента мощности) и какое значение это имеет для работы электроустановок?
19. Почему при низком значении коэффициента мощности потребителя не используются полностью мощности генераторов и трансформаторов?
20. Каковы причины, вызывающие уменьшение коэффициента мощности потребителя?

Раздел 2. Электромагнитные устройства и электрические машины

21. Явление электромагнитной индукции.
22. Явление самоиндукции и э. д. с. самоиндукции. Индуктивность Явление взаимной индукции..
23. Потери на гистерезис за один цикл перемагничивания. Магнитная энергия двух магнитносвязанных контуров.
24. Принцип взаимности взаимной индукции.
25. Коэффициент связи.
26. Магнитная энергия системы контуров с токами.
27. Механические усилия в магнитном поле.
28. Выражение механической силы в виде производной от энергии.
29. Сила тяги электромагнита.
30. Закон электромагнитной инерции. Правило Ленца.

Раздел 3. Электрические цепи трёхфазного синусоидального тока

31. Какие напряжения при соединении приёмников трёхфазной системы звездой считаются фазными, какие линейными?
32. Каковы соотношения между линейными и фазными напряжениями и токами в симметричной трёхфазной системе при соединении звездой?

- КОМПЛЕКТ ТЕСТОВ для промежуточной аттестации
(Экзамен) по дисциплине**

Примерные задания итогового теста

3. Индуктивность катушки $L = 0,1 \text{ Гн}$, частота сети $f = 50 \text{ Гц}$. Индуктивное сопротивление будет равно:

- $62,8 \text{ Ом}$; - $3,14 \text{ Ом}$; - $34,1 \text{ Ом}$.