

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и цифровые технологии

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Блок	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Формируемая участниками образовательных отношений
Индекс дисциплины по учебному плану	<i>Б1.В.11</i>
Трудоемкость в зачетных единицах	6 семестр – 6
Часов (всего) по учебному плану	216
Лекции	6 семестр – 16 часов
Практические занятия	6 семестр – 16 часов
Лабораторные работы	6 семестр – 16 часов
Консультации по курсовой работе	6 семестр – 16 часов
Самостоятельная работа	6 семестр – 111,7 часов
включая: курсовая работа	6 семестр – 16 часов
Промежуточная аттестация: экзамен защита курсовой работы	 6 семестр – 2,8 часа 6 семестр – 4 часа
Контроль: экзамен	6 семестр – 33,5 часа

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры Энергетики,
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

В.Н. Курьянов

(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой Энергетики

(название кафедры)


(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Электроэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры Энергетики,
к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись)

В.Н. Курьянов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой Энергетики

(название кафедры)


(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины изучение характеристик и параметров элементов электроэнергетической системы, принципов функционирования, построение математических моделей и режимных характеристик электрических систем и сетей.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов расчета и анализа электрических сетей;
- изучение физических процессов при управлении и оптимизации режимов электрических систем

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен управлять технологическим оборудованием, выбирать серийное и проектировать новое оборудование	ПК-1.2 Демонстрирует понимание технологических процессов, способов управления оборудованием и их взаимосвязь с задачами эксплуатации	знать: <ul style="list-style-type: none">- конструктивные особенности воздушных и кабельных линий, условия их выбора и проверки- конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов, условия их выбора и проверки уметь: <ul style="list-style-type: none">- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи;- производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части формируемой участниками образовательных отношений, блока дисциплин 1 по направлению подготовки Бакалавр 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профили: Электроэнергетические системы и цифровые технологии).

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Электрические машины и электропривод», «Электротехнические и конструкционные материалы», «Переходные процессы» в объеме программы бакалавриата.

Для освоения дисциплины, обучающийся должен:

знать:

- конструктивные особенности воздушных и кабельных линий, условия их выбора и проверки
- конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов, условия их выбора и проверки

уметь:

- самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи;
- производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Электрические станции», «Конструкция оборудования электрических сетей, воздушных и кабельных линий, автоматизированное проектирование».

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Конт- роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы	20	6	3	3	-	-	-	—	14	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 5-45, 54-77, 105-124.	
2	Расчёт режимов электрических сетей	36	6	3	3	16	-	-	—	14	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 38-54, 158-160, 193-216.	
3	Основные технико-экономические показатели и критерии выбора оптимального варианта	18	6	2	2	-	-	-	—	14	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 530-605.	
4	Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников и аппаратов	16	6	1	1	-	-	-	-	14		Изучение теоретического и практического материала [5] стр. 270 по 304	
5	Реактивная мощность в энергосистеме. Компенсация реактивной мощности	14	6	2	2	-	-	-	-	10		Изучение теоретического и практического материала [5] стр. 232-251	
6	Методы регулирования напряжения, устройства регулирования	18	6	3	3	-	-	-	-	12		Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 437-497.	
7	Расчёт коротких замыканий в электрических сетях. Составление схем замещения электрической цепи	22	6	2	2	-	-	-	-	18		Изучение теоретического и практического материала: [3], стр. 26-78, 314-334.	
	Курсовая работа	36	6				16	4	0,3	15,7		Согласно графику выполнения	
	Экзамен	36	6	—	—	—	—	—	2,5	—	33,5	Экзамен проводится в письменной	

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы							СР	Конт- роль	Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная									
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
												форме по билетам согласно программе экзамена	
	Итого за семестр	216	6	16	16	16	16	4	2,8	111,7	33,5		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

3.2. Краткое содержание разделов

бсеместр

1. Характеристики и параметры элементов электроэнергетической системы

Общая характеристика электрических сетей. Классификация электрических сетей. Основные элементы и характеристика условий работы воздушных и кабельных линий. Графики нагрузок и их характеристики. Представление нагрузок при расчете режимов электрических сетей. Конструктивные элементы воздушных и кабельных линий электропередачи. Конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов. Погонные параметры воздушных и кабельных линий. Расчет параметров схемы замещения расщепленной фазы. Параметры схемы замещения двухобмоточного трансформатора. Параметры схемы замещения трёхобмоточного трансформатора и автотрансформатора.

2. Расчёт режимов электрических сетей

Расчёт режима разомкнутой сети. Расчёт по данным конца передачи. Расчёт по заданным параметрам на передающем конце. Расчет режимов кольцевых сетей и сетей с двухсторонним питанием.

3. Основные технико-экономические показатели и критерии выбора оптимального варианта

Основные экономические показатели. Критерии сравнительной технико-экономической эффективности. Выбор варианта электрической сети с учетом требований надёжности электроснабжения потребителей.

4. Влияние качества электроэнергии на работу электроприёмников и аппаратов

Понятие качества электроэнергии. Требования к качеству электроэнергии. Отклонения частоты. Медленные изменения напряжения. Колебания напряжения и фликер. Несинусоидальность напряжения. Несимметрия напряжений в трехфазных системах. Случайные события.

5. Реактивная мощность в энергосистеме. Компенсация реактивной мощности

Реактивная мощность в энергосистеме. Выбор мощности компенсирующих устройств в узлах сложной сети

6. Методы регулирования напряжения, устройства регулирования

Регулирующие устройства и их влияние на режим напряжений. Особенности регулирования напряжения в распределительных сетях низших напряжений.

7. Расчёт коротких замыканий в электрических сетях. Составление схем замещения электрической цепи

Виды коротких замыканий. Системы относительных и именованных единиц в расчётах токов к.з. Расчёт симметричных коротких замыканий. Расчёт несимметричных коротких замыканий. Метод симметричных составляющих. Выбор коммутационных аппаратов по результатам расчёта токов к.з.

3.3. Темы практических занятий

6 семестр

1. Расчет параметров схем замещения воздушных линий электропередач (2 часа).
2. Расчет параметров схемы замещения двухобмоточных трансформаторов (2 часа).
3. Расчет параметров схемы замещения трёхобмоточных трансформаторов (2 часа).
4. Расчет параметров схемы замещения автотрансформаторов (2 часа).
5. Расчет параметров схемы замещения трансформаторов с расщепленной обмоткой (2 часа).
6. Расчёт установившегося режима разомкнутой сети. Расчёт по заданным параметрам на передающем конце (2 часа).
7. Расчетные нагрузки и схемы замкнутых электрических сетей (2 часа).
8. Расчет режимов сетей с двухсторонним питанием (2 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

1. Моделирование и учёт электрических нагрузок (4 часа).
2. Расчет и анализ режимных показателей участка электрической сети (4 часа).
3. Основы расчёта установившихся режимов электрических сетей на ЭВМ (4 часа).
4. Расчёт и анализ потерь электрической энергии (4 часа).

3.5. РГР

РГР учебным планом не предусмотрены.

3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

6 семестр

Курсовая работа: «Расчет районных электрических сетей (по вариантам)»

График выполнения курсовой работы

Неделя	1	2	3	4	Зачетная
Раздел курсовой работы	1	2	3	4	Защита курсовой работы
Объем раздела, %	25	25	35	15	–
Выполненный объем нарастающим итогом, %	25	50	85	100	–

Номер раздела	Раздел курсовой работы
1	Расчет нагрузок в электрической сети
2	Выбор основного оборудования
3	Выбор вспомогательного оборудования
4	Оформление пояснительной записки

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 3)	Индекс компетенции	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Формы контроля
		6 семестр							
		1	2	3	4	5	6	7	
Знать:									
конструктивные особенности воздушных и кабельных линий, условия их выбора и проверки	ПК-1.1	X			X				Тест «Воздушные и кабельные линии»
конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов, условия их выбора и проверки	ПК-1.1			X				X	Тест «Конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов»
Уметь:									
самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	ПК-1.1		X				X		Контрольная работа 1 «Методы регулирования напряжения» Защита курсовой работы
производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий.	ПК-1.1					X			Контрольная работа 2 «Расчет параметров схемы замещения ЛЭП» Защита курсовой работы
<i>Всего часов на раздел дисциплины (в соответствии с п.3.1)</i>		20	36	18	16	14	18	22	

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

6 семестр

– тестирование:

1. Тест «Воздушные и кабельные линии»
2. Тест «Конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов»

– контрольная работы:

Контрольная работа 1 «Методы регулирования напряжения»

Контрольная работа 2 «Расчет параметров схемы замещения ЛЭП»

– защита лабораторных работ.

- выполнение и защита курсовой работы

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

6 семестр

Промежуточная аттестация проводится в форме, указанной в учебном плане: экзамен, защита курсового проекта.

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр.

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В приложение к диплому выносится оценка за 6 семестр и за курсовую работу.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Печатные и электронные издания:

1. Герасимов, В. Г. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). - 10-е изд., стереот. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. - 964 с. - ISBN 978-5-383-00338-1. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383003381.html>.

2. Балаков, Ю. Н. Проектирование схем электроустановок: учебное пособие для вузов / Балаков Ю. Н. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01151-5. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011515.html>.

3. Крючков, И. П. Короткие замыкания и выбор электрооборудования: учебное пособие для вузов / И. П. Крючков, В. А. Старшинов, Ю. П. Гусев и др.; под ред. И. П. Крюčkова, В. А. Старшинова. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2012. - 568 с. - ISBN 978-5-383-00709-9. -

Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383007099.html>.

4. Бортник, И. М. Основы современной энергетики. В 2 т. Т. 2. Современная электроэнергетика: учебник для вузов / под общ. ред. Е. В. Аметистова. - 5-е изд., стер. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2010. - 632 с. - ISBN 978-5-383-00503-3. - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента": [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005033.html>.
5. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство / Ю. С. Железко. — Москва: ЭНАС, 2016. — 456 с. — ISBN 978-5-93196-958-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104575>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point.

5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>
Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>
База данных Scopus <https://www.scopus.com>
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>
Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>
Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

Лабораторные занятия проводятся в лабораториях «Монтажа, эксплуатации и ремонта систем энергоснабжения» и «Моделирования энергетических систем им. профессора А.Д. Григи».

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Электроэнергетические системы и сети

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ1 Тест «Воздушные и кабельные линии».
 КМ2 Тест «Конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов».
 КМ3 Контрольная работа 1 «Методы регулирования напряжения».
 КМ4 Контрольная работа 2 «Расчет параметров схемы замещения ЛЭП»
 КМ5 Защита лабораторных работ

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 6 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	экзамен
1	Расчет нагрузок в электрической сети		+					+
2	Выбор основного оборудования			+			+	+
3	Выбор вспомогательного оборудования				+			+
4	Оформление пояснительной записки					+		+
5	Реактивная мощность в энергосистеме. Компенсация реактивной мощности					+		+
6	Методы регулирования напряжения, устройства регулирования				+			+
7	Расчёт коротких замыканий в электрических сетях. Составление схем замещения электрической цепи					+		+
	Минимальный балл за КМ		8	8	8	8	8	20
	Максимальный балл за КМ		10	10	10	10	20	40

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Электроэнергетические системы и сети

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

- КМ-1 Соблюдение графика выполнения курсовой работы
- КМ-2 Оценка правильности выполнения разделов курсовой работы
- КМ-3 Качество оформления пояснительной записки курсовой работы

Трудоемкость курсовой работы = 1 з.е.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:			
1	Расчет нагрузок в электрической сети		+	+	+
2	Выбор основного оборудования		+	+	+
3	Выбор вспомогательного оборудования		+	+	+
4	Оформление пояснительной записки		+	+	+
Вес КМ, %:			10	70	20

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и цифровые технологии

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Оценочные материалы по дисциплине

Б1.В.13 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры ЭиЭ, к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

В.Н. Курьянов

(расшифровка подписи)

И о. заведующего кафедрой ЭиЭ,

к.т.н., доцент

(название кафедры)

(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Электроэнергетические системы и цифровые технологии

Доцент кафедры ЭиЭ, к.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

В.Н. Курьянов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

И о. заведующего кафедрой ЭиЭ,

к.т.н., доцент

(название кафедры)

(подпись)

Е.Г. Зенина

(расшифровка подписи)

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
Знать:		
конструктивные особенности воздушных и кабельных линий, условия их выбора и проверки	ПК-1.2	Тест «Воздушные и кабельные линии»
конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов, условия их выбора и проверки	ПК-1.2	Тест «Конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов»
Уметь:		
самостоятельно разбираться в нормативных методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи	ПК-1.2	Контрольная работа 1 «Методы регулирования напряжения» Защита курсовой работы
производить выбор проводов и изоляторов воздушных линий	ПК-1.2	Контрольная работа 2 «Расчет параметров схемы замещения ЛЭП» Защита курсовой работы

Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

1. Тест «Воздушные и кабельные линии»

Тест состоит из 15 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Пример варианта теста:

1. Каково назначение разъединителя?

1. Отключение электрической цепи без нагрузки и создание видимого разрыва цепи при ремонте оборудования
2. Отключение электрической цепи при КЗ
3. Отключение электрической цепи, нагруженной рабочим током

2. С какой целью выполняется расщепление фаз ЛЭП?

1. Для снижения токов короткого замыкания.
2. Для снижения нагрузочных потерь.
3. Для снижения потерь на корону.
4. Для повышения пропускной способности.

3. Запишите выражения для потерь активной мощности в линии.

1.

$$\Delta P = \frac{P + Q}{U_{\text{ном}}^2} R$$

2.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{НОМ}}^2} R^2.$$

3.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{НОМ}}^2} R.$$

4.

$$\Delta P = \frac{P + Q}{U_{\text{НОМ}}} R.$$

4. Какие из факторов влияют на индуктивное сопротивление линии?

1. Высота опоры и радиус провода
2. Расстояние между проводами и радиус провода
3. Расстояние между проводами и высота опоры
4. Расстояние от провода до земли

5. Какие физические явления отражает активная проводимость в схеме замещения линии?

1. Индуктивность проводов линии
2. Потери мощности на корону и утечки через изоляцию
3. Емкость между проводами и землей
4. Активное сопротивление проводов

6. Каково выражение для расчета активного сопротивления трансформатора?

1.

$$R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} 10^3, \Delta P_{\text{к}}[\text{кВт}], U_{\text{НОМ}}[\text{кВ}], S_{\text{НОМ}}[\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

2.

$$R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}}{S_{\text{НОМ}}} 10^3, \Delta P_{\text{к}}[\text{кВт}], U_{\text{НОМ}}[\text{кВ}], S_{\text{НОМ}}[\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

3.

$$R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}}{S_{\text{НОМ}}^2} 10^3, \Delta P_{\text{к}}[\text{кВт}], U_{\text{НОМ}}[\text{кВ}], S_{\text{НОМ}}[\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

4.

$$R = \Delta P_{\text{к}} \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}} 10^3, \Delta P_{\text{к}}[\text{кВт}], U_{\text{НОМ}}[\text{кВ}], S_{\text{НОМ}}[\text{кВ} \cdot \text{А}].$$

7. Для ВЛ 110 кВ минимально допустимое сечение по условиям короны:

1. 70 мм²
2. 120 мм²
3. 240 мм²
4. 50 мм²

8. Число часов использования максимума нагрузок - это такое время, за которое потребитель, работая...

1. С максимальной нагрузкой, получит столько же электроэнергии, что и по действительному графику нагрузки
2. Со среднеквадратичной нагрузкой, получит столько же электроэнергии, что и по действительному графику нагрузки
3. Со средней нагрузкой, получит столько же электроэнергии, что и по действительному графику нагрузки

9. Самостоятельный газовый разряд, возникающий в резко неоднородных полях у электродов с большой кривизной поверхности - это

1. Дуговой разряд
2. Коронный разряд
3. Разряд конденсатора
4. Искровой разряд

10. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения обусловлены стандартом

1. ГОСТ 32144-2013
2. ГОСТ 13109-97
3. ГОСТ Р 54149-2010

11. Временное перенапряжение - это

1. резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд.
2. внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9U_{ном}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд
3. искажение синусоидальной формы кривой напряжения
4. повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1U_{ном}$ продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутациях и коротких замыканиях.

12. Причиной искажения синусоидальности кривой напряжения являются

1. Особенности работы сети
2. Климатические условия
3. Потребители с нелинейной вольт-амперной характеристикой
4. Природные явления

13. Какие из перечисленных устройств можно применить для повышения напряжения в узле нагрузки?

1. Батарея статических конденсаторов
2. Синхронный компенсатор в режиме перевозбуждения
3. Синхронный компенсатор в режиме недовозбуждения
4. Реактор
5. Устройство РПН понижающих трансформаторов

14. Какие из перечисленных способов можно применить для уменьшения индуктивного сопротивления ВЛ

1. Увеличить междуфазное расстояние
2. Уменьшить междуфазное расстояние
3. Увеличить диаметр провода
4. Уменьшить диаметр провода
5. перейти на более высокую ступень напряжения

15. Для ограничения тока КЗ применяется

1. Трансформатор напряжения
2. Трансформатор тока
3. Разрядник
4. Реактор

2. Тест «Конструктивные особенности трансформаторов и автотрансформаторов»

Тест состоит из 15 вопросов. Время выполнения 10 минут.

Пример варианта теста:

1. Разъединители при выборе не проверяются по условию:

1. Электродинамической стойкости.
2. Термической стойкости.
3. Соответствия напряжению сети.
4. Отключающей способности.

2. С какой целью выполняется компенсация реактивной мощности в ЭЭС:

1. Для регулирования напряжения в узлах электрической сети.
2. Для снижения нагрузочных потерь активной мощности.
3. Для снижения потерь на корону.
4. Для повышения пропускной способности.

3. Запишите выражения для потерь активной мощности в линии.

1.

$$\Delta P = \frac{P + Q}{U_{\text{ном}}^2} R$$

2.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{ном}}^2} R$$

3.

$$\Delta P = \frac{P^2 + Q^2}{U_{\text{ном}}^2} R$$

4.

$$\Delta P = \frac{P + Q}{U_{\text{ном}}} R$$

4. Какие физические явления отражает активная проводимость в схеме замещения линии?

1. Индуктивность проводов линии

2. Потери мощности на корону и утечки через изоляцию
 3. Емкость между проводами и землей
 4. Активное сопротивление проводов
5. Что такое узел потокораздела в замкнутой сети?
1. Узел сети, к которому мощности притекают с разных сторон
 2. Узел сети с максимальным потреблением мощности
 3. Любой узел замкнутой сети
 4. Узел сети, ближайший к ее середине
6. Для ВЛ 110 кВ минимально допустимое сечение по условиям короны:
1. 70 мм²
 2. 120 мм²
 3. 240 мм²
 4. 50 мм²
7. Число часов использования максимума нагрузок - это такое время, за которое потребитель, работая...
1. С максимальной нагрузкой, получит столько же электроэнергии, что и по действительному графику нагрузки
 2. Со среднеквадратичной нагрузкой, получит столько же электроэнергии, что и по действительному графику нагрузки
 3. Со средней нагрузкой, получит столько же электроэнергии, что и по действительному графику нагрузки
8. Самостоятельный газовый разряд, возникающий в резко неоднородных полях у электродов с большой кривизной поверхности - это
1. Дуговой разряд
 2. Коронный разряд
 3. Разряд конденсатора
 4. Искровой разряд
9. Допустимые нормы по отклонениям частоты в энергосистеме составляют
1. $\delta f_{\text{норм}} = \pm 0,2 \text{ Гц}$; $\delta f_{\text{пред}} = \pm 0,4 \text{ Гц}$.
 2. $\delta f_{\text{норм}} = \pm 0,02 \text{ Гц}$; $\delta f_{\text{пред}} = \pm 0,04 \text{ Гц}$.
 3. $\delta f_{\text{норм}} = \pm 2 \text{ Гц}$; $\delta f_{\text{пред}} = \pm 4 \text{ Гц}$.
 4. $\delta f_{\text{норм}} = \pm 0,04 \text{ Гц}$; $\delta f_{\text{пред}} = \pm 0,08 \text{ Гц}$.
10. Временное перенапряжение - это
1. резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня за промежуток времени до нескольких миллисекунд.
 2. внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9U_{\text{ном}}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от десяти миллисекунд до нескольких десятков секунд
 3. искажение синусоидальной формы кривой напряжения

4. повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1U_{ном}$ продолжительностью более 10 мс, возникающее в системах электроснабжения при коммутациях и коротких замыканиях.

11. Причиной колебаний напряжения являются

1. потребитель с несимметричной нагрузкой
2. потребитель с резкопеременной нагрузкой
3. Потребители с нелинейной вольт-амперной характеристикой
4. Природные явления

12. Чем определяется величина минимально допустимого сечения сталеалюминиевых проводов ВЛ?

1. Опасностью возникновения вибрации проводов
2. Механической прочностью проводов
3. Механической прочностью опор ВЛ
4. Недопустимым повышением температуры провода
5. Условием снижения потерь на корону

13. Какие из перечисленных устройств можно применить для повышения напряжения в узле нагрузки?

1. Батарея статических конденсаторов
2. Синхронный компенсатор в режиме перевозбуждения
3. Синхронный компенсатор в режиме недовозбуждения
4. Реактор
5. Устройство РПН понижающих трансформаторов

14. Для ограничения тока КЗ применяется

1. Трансформатор напряжения
2. Трансформатор тока
3. Разрядник
4. Реактор

15. Система охлаждения трансформатора с естественной циркуляцией масла и принудительной циркуляцией воздуха обозначается:

1. М
2. Д
3. ДЦ
4. Ц.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам тестирования выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

Контрольная работа «Расчет параметров схемы замещения трансформаторов».

Время выполнения 45 минут.

Определить параметры схемы замещения двухобмоточного трансформатора, приведенные к номинальным напряжениям первичной и вторичной обмоток.

Изобразить схему замещения с параметрами, приведенными к стороне ВН.

№ вар.	тип тр-ра	$S_{НОМ}$, кВА	$U_{ВНОМ}$, кВ	$U_{ННОМ}$, кВ	ΔP_K , кВт	ΔP_X , кВт	$u_K\%$	$I_X\%$
1	ТМ-25/6	25	6	0,4	0,6	0,13	4,5	3,2
2	ТМ-40/6	40	6	0,4	0,88	0,19	4,5	3,0
3	ТМ-63/6	63	6,3	0,4	1,4	0,36	4,7	4,5
4	ТМЗ-630/6	630	6	0,4	7,6	1,56	5,5	2,0
5	ТМ-250/10	250	10	0,4	3,7	0,82	4,5	2,3
6	ТМ-1000/10	1000	10	0,4	11,0	2,45	5,5	1,4
7	ТМ-2500/10	2500	10	0,4	26,0	4,6	5,3	1,0
8	ТМ-100/35	100	35	0,4	1,9	0,5	6,5	2,6
9	ТМ-160/35	160	35	0,4	2,6	0,7	6,5	2,4
10	ТМ-160/35	160	35	0,69	3,1	0,7	6,5	2,4
11	ТМН-400/35	400	35	0,4	7,6	1,9	6,5	2,0
12	ТМН-400/35	400	35	0,69	7,6	1,9	6,5	2,0
13	ТМН-630/35	630	35	0,4	11,6	2,7	6,5	1,5
14	ТМН-1600/35	1600	35	6,3	23,5	5,1	6,5	1,1
15	ТМН-4000/35	4000	35	11	33,5	6,7	7,5	1,0
16	ТМН-630/35	630	35	6,3	11,6	2,7	6,5	1,5
17	ТМН-1600/35	1600	35	11	26	5,1	6,5	1,1
18	ТМН-10000/35	10000	38,5	10,5	65	14,5	7,5	0,8
19	ТМН-630/35	630	35	11	11,6	2,7	6,5	1,5
20	ТМН-2500/110	2500	110	11	22	5,5	10,5	1,5
21	ТМН-6300/110	6300	115	11	44	11,5	10,5	0,8
22	ТМН-10000/110	10000	115	11	60	14	10,5	0,7
23	ТДН-16000/110	16000	115	11	85	19	10,5	0,7
24	ТРДН-25000/110	25000	115	10,5	120	27	10,5	0,7

Активное сопротивление двухобмоточного трансформатора (на одну фазу) определяется как:

$$R_T = \frac{\Delta P_K \cdot U^2}{S_{НОМ}^2},$$

Индуктивное сопротивление трансформатора рассчитывается по формуле:

$$X_T = \frac{U_P \cdot U^2}{100 \cdot S_{НОМ}},$$

где U_P - падение напряжение на индуктивном сопротивлении трансформатора.

Активная проводимость (на фазу), обусловленная потерями активной мощности в стали трансформатора на гистерезис и вихревые токи, определяется как

$$G_T = \Delta P_{XX} / U^2$$

Реактивная проводимость трансформатора, обусловленная основным магнитным потоком, находится как

$$B_T = \Delta Q_{XX} / U^2,$$

Контрольная работа «Расчет параметров схемы замещения ЛЭП».

Время выполнения 45 минут.

Определить погонные параметры воздушной линии напряжением U , выполненной проводами АС с расстоянием между проводами D_{AB} , D_{BC} , D_{AC} и вычислить эквивалентные параметры схемы замещения n цепей линии длиной L .

№ варианта	марка провода	U , кВ	D_{AB} , м	D_{BC} , м	D_{AC} , м	L , км	n
1	АС 35/6,2	35	2	2,5	2,5	20	1
2	АС 50/8	35	2	2,5	2,5	10	2
3	АС 70/11	35	2,2	2,5	2,5	30	1
4	АС 70/11	110	4,5	3,5	4,5	50	2
5	АС 150/24	110	4	4	8	40	1
6	АС 120/27	110	4,2	4,2	8,4	60	2
7	АС 35/6,2	10	1,5	2	1,5	10	1
8	АС 240/32	220	7	7	14	100	2
9	АС 240/39	110	4,5	4,5	9	90	1
10	АС 300/48	110	4,8	4,8	9,6	80	2
11	АС 50/8	10	1	1,5	1	10	1
12	АС 35/6,2	35	2	2,5	2,5	20	2
13	АС 50/8	35	2	2,5	2,5	10	1
14	АС 70/11	35	2,2	2,5	2,5	30	2
15	АС 70/11	110	4,5	3,5	4,5	50	1
16	АС 150/24	110	4	4	8	40	2
17	АС 120/27	110	4,2	4,2	8,4	60	1
18	АС 35/6,2	10	1,5	2	1,5	10	2
19	АС 240/32	220	7	7	14	100	1
20	АС 240/39	110	4,5	4,5	9	90	2
21	АС 300/48	110	4,8	4,8	9,6	80	1
22	АС 50/8	10	1	1,5	1	10	2
23	АС 185/24	110	4	4	8	40	1
24	АС 185/43	110	4,1	4,1	8,2	50	2

r_0 (справ.) - удельное активное сопротивление

$d_{\text{пр}} = 1,1 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot (F_a + F_{\text{ср}})}{\pi}}$ диаметр провода

$x_0 = 0,144 \cdot \lg \frac{2 \cdot D_{\text{ср}}}{d} + 0,016$ - удельное индуктивное сопротивление

$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{2 \cdot D_{\text{ср}}}{d}} \cdot 10^{-6}$ - удельная емкостная проводимость

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий;
- 9 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

Защита лабораторных работ

1. Расчет электрических сетей с односторонним питанием (4 часа).
2. Навыки исследования электроэнергетических сетей с помощью программного комплекса RastrWin (4 часа).
3. Расчет электрических сетей с двусторонним питанием (4 часа).
4. Расчет электрических сетей 35-110 кВ (4 часа).

Примеры вопросов для защиты:

1. Исследование электроэнергетических сетей с помощью программного комплекса RastrWin.
2. Порядок проводимых расчетов.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам защиты лабораторной работы выставляется:

- 5 баллов, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 3-4 балла, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 2 балла, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

Курсовая работа

Обучающемуся выдается индивидуальное задание. Тема «Расчет районной электрической сети». Согласно заданию для исходных трансформаторных подстанций рассмотреть различные варианты конфигурации сети, определить два оптимальных варианта конфигурации сети по рациональности и категории надежности. Выбрать источник питания, рассчитать реактивную, активную и полную нагрузку на подстанциях, произвести выбор напряжения, марку и сечение проводов, составить схемы замещения и схему перетоков мощности, определить потери в линиях.

Содержание курсовой работы

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы
1	Расчет нагрузок в электрической сети
2	Выбор основного оборудования
3	Выбор вспомогательного оборудования
4	Оформление пояснительной записки

На защите курсовой работы обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по представленной расчетно-пояснительной записке и графическому материалу.

Пример шкалы оценивания КМ

За выполнение курсовой работы выставляется:

- 5 («отлично») баллов, если все задачи курсовой работы выполнены верно, на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 3 («удовлетворительно»), если в расчеты присутствуют ошибки, искажающие результат или исправления грубых ошибок выполнены не с первой попытки; если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

Промежуточная аттестация

Экзамен

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическое задание.

Примеры теоретических вопросов билета:

1. Классификация электрических сетей

2. Термины и определения в электрических сетях.
3. Характеристика системы передачи и распределения электроэнергии
4. Режимы нейтралей электрических сетей
5. Воздушные линии электропередачи
6. Провода и грозозащитные тросы.
7. Изоляторы и арматура ВЛЭП.
8. Большие переходы ЛЭП.
9. Кабельные линии электропередачи
10. Характеристика и расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий.
Активное сопротивление.
11. Характеристика и расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий.
Индуктивное сопротивление.
12. Характеристика и расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий.
Емкостная проводимость
13. Характеристика и расчет параметров схем замещения воздушных и кабельных линий.
Активная проводимость.
14. ВЛЭП с расщепленными фазами
15. Параметры и схемы замещения двухобмоточных трансформаторов

Примеры практических заданий:

Рассчитать активное сопротивление двухобмоточного трансформатора (на одну фазу):

$$R_T = \frac{\Delta P_K \cdot U^2}{S_{\text{ном}}^2},$$

Индуктивное сопротивление трансформатора рассчитывается по формуле:

$$X_T = \frac{U_P \cdot U^2}{100 \cdot S_{\text{ном}}},$$

где U_P - падение напряжение на индуктивном сопротивлении трансформатора.

Активная проводимость (на фазу), обусловленная потерями активной мощности в стали трансформатора на гистерезис и вихревые токи, определяется как

$$G_T = \Delta P_{\text{хх}} / U^2$$

Реактивная проводимость трансформатора, обусловленная основным магнитным потоком, находится как

$$B_T = \Delta Q_{\text{хх}} / U^2,$$

Время подготовки ответа – 60 минут.

Пример шкалы оценивания КМ

По результатам ответа на экзамене выставляется:

- 36-40 баллов, если правильно выполнено практическое задание, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов или решения задач;
- 26-35, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;
- 20-25 баллов, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки;
- 0 баллов, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для категории 20-25 баллов.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

Оценка	Количество баллов
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов