

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИРГУПС)

УТВЕРЖДЕНА  
приказом ректора  
от «31» мая 2024 г. № 425-1

## Б1.О.53 Электроснабжение железных дорог

### рабочая программа дисциплины

Специальность/направление подготовки – 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация/профиль – Электроснабжение железных дорог

Квалификация выпускника – Инженер путей сообщения

Форма и срок обучения – очная форма 5 лет; заочная форма 6 лет

Кафедра-разработчик программы – Электроэнергетика транспорта

Общая трудоемкость в з.е. – 9

Часов по учебному плану (УП) – 324

В том числе в форме практической подготовки (ПП) –  
8/8

(очная/заочная)

Формы промежуточной аттестации

очная форма обучения:

зачет 8 семестр, экзамен 9 семестр, курсовой проект  
9 семестр

заочная форма обучения:

зачет 5 курс, экзамен 6 курс, курсовой проект 6 курс

#### Очная форма обучения

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	8	9	Итого
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП	Часов по УП
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*</b>			<b>119/8</b>
– лекции	17	34	<b>51</b>
– практические (семинарские)	17	17	<b>34</b>
– лабораторные	17/4	17/4	<b>34/8</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>57</b>	<b>112</b>	<b>169</b>
<b>Экзамен</b>		<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Итого</b>	<b>108/4</b>	<b>216/4</b>	<b>324/8</b>

#### Заочная форма обучения

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Курс	5	6	Итого
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП	Часов по УП
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*</b>			<b>30/8</b>
– лекции	4	8	<b>12</b>
– практические (семинарские)	4	6	<b>10</b>
– лабораторные	4/4	4/4	<b>8/8</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>92</b>	<b>180</b>	<b>272</b>
<b>Зачет</b>	<b>4</b>		<b>4</b>
<b>Экзамен</b>		<b>18</b>	<b>18</b>
<b>Итого</b>	<b>108/4</b>	<b>216/4</b>	<b>324/8</b>

\* В форме ПП – в форме практической подготовки.

ИРКУТСК

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИРГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИРГУПС Трофимов Ю.А.

00920FD815CE68F8C4CA795540563D259C с 07.02.2024 05:46 по 02.05.2025 05:46 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – специалитет по специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов, утвержденным Приказом Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 217.

Программу составил(и):

к.т.н., доцент, доцент, В.А. Тихомиров

Рабочая программа рассмотрена и одобрена для использования в учебном процессе на заседании кафедры «Электроэнергетика транспорта», протокол от «21» мая 2024 г. № 11

Зав. кафедрой, к.т.н., доцент

В.А. Тихомиров

<b>1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>1.1 Цель дисциплины</b>	
1	Формирование у специалиста основных и важнейших представлений об электрическом взаимодействии всех элементов системы электроснабжения на основе глубокого изучения физической сущности процессов и режимов работы, освоения современных методов расчета и проектирования системы электроснабжения железной дороги
<b>1.2 Задачи дисциплины</b>	
1	Изучение методов расчета основных параметров системы тягового электроснабжения, выбора мест расположения тяговых подстанций и линейных устройств тягового электроснабжения в зависимости от размеров движения
2	Изучение методов оценки и выбора рациональных технологических режимов работы устройств электроснабжения, навыками эксплуатации, технического обслуживания и ремонта устройств электроснабжения, владением методами технико-экономического анализа деятельности хозяйства электроснабжения
<b>1.3 Цель воспитания и задачи воспитательной работы в рамках дисциплины</b>	
Профессионально-трудовое воспитание обучающихся	
Цель профессионально-трудового воспитания – формирование у обучающихся осознанной профессиональной ориентации, понимания общественного смысла труда и значимости его для себя лично, ответственного, сознательного и творческого отношения к будущей деятельности, профессиональной этики, способности предвидеть изменения, которые могут возникнуть в профессиональной деятельности, и умению работать в изменённых, вновь созданных условиях труда.	
Цель достигается по мере решения в единстве следующих задач:	
– формирование сознательного отношения к выбранной профессии;	
– воспитание чести, гордости, любви к профессии, сознательного отношения к профессиональному долгу, понимаемому как личная ответственность и обязанность;	
– формирование психологии профессионала;	
– формирование профессиональной культуры, этики профессионального общения;	
– формирование социальной компетентности и другие задачи, связанные с имиджем профессии и авторитетом транспортной отрасли	

<b>2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП</b>	
Блок/часть ОПОП	Блок 1. Дисциплины / Обязательная часть
<b>2.1 Дисциплины и практики, на которых основывается изучение данной дисциплины</b>	
1	Б1.О.48 Тяговые и трансформаторные подстанции
2	Б1.О.50 Контактные сети и линии электропередач
3	Б1.О.54 Сооружение, монтаж и эксплуатация устройств электроснабжения
4	Б1.В.ДВ.02.01 Электронная техника и преобразователи в электроснабжении
5	Б1.В.ДВ.03.01 Компьютерное проектирование и моделирование систем электроснабжения
6	Б1.В.ДВ.04.01 Электрические сети и системы
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых изучение данной дисциплины необходимо как предшествующее</b>	
1	Б1.В.ДВ.05.01 Энергосбережение в системах электроснабжения
2	Б1.В.ДВ.06.01 Техника высоких напряжений
3	Б2.О.04(Пд) Производственная - преддипломная практика
4	Б3.01(Д) Выполнение выпускной квалификационной работы
5	Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы

<b>3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>		
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-4 Способен осуществлять работы по проектированию, внедрению, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации оборудования	ПК-4.1 Применяет знания устройства, принципа действия, технические характеристики и конструктивные особенности основных элементов, узлов и устройств тяговых и трансформаторных подстанций, линейных	Знать: методы анализа работы системы тягового электроснабжения; роль и место устройств электроснабжения в системе обеспечения движения поездов, теоретические основы систем электроснабжения; методы и средства обеспечения работы систем тягового электроснабжения
		Уметь: производить расчет и выбирать основные элементы, узлы и устройства системы электроснабжения
		Владеть: методами расчета и выбора устройств тягового электроснабжения, способами усиления устройств

тяговых и трансформаторных подстанций, линейных устройств системы тягового электроснабжения, воздушных линий электропередач, контактной сети постоянного и переменного тока	устройств системы тягового электроснабжения, узлов и устройств контактной сети и воздушных линий электропередачи	электроснабжения, повышения качества электрической энергии, способами симметрирования нагрузки в линиях внешнего электроснабжения
	ПК-4.2 Использует знания фундаментальных инженерных теорий для расчета параметров и технических характеристик основных узлов и устройств при проектировании, внедрении, технической эксплуатации и модернизации оборудования тяговых и трансформаторных подстанций, линейных устройств системы тягового электроснабжения, контактной сети и воздушных линий электропередачи	Знать: методы измерения и оценки показателей качества при эксплуатации и обслуживании устройств электроснабжения; сущность, принципы и средства достижения устойчивого процесса передачи электроэнергии из – контактной сети к движущемуся электроподвижному составу Уметь: производить расчет и анализ режимов работы систем электроснабжения
	ПК-4.3 Применяет в профессиональной деятельности методы диагностирования параметров оборудования и проведения специальных измерений, порядок и правила технической эксплуатации устройств, а также работает со специализированным программным обеспечением при организации технической эксплуатации устройств и систем тягового электроснабжения, контактной сети и воздушных линий электропередачи	Знать: методы математического и компьютерного моделирования для исследования систем и устройств электроснабжения железнодорожного транспорта; методы и средства обеспечения требуемых показателей качества электрической энергии Уметь: применять методы математического и компьютерного моделирования для исследования систем и устройств электроснабжения железнодорожного транспорта Владеть: методами технико-экономического анализа деятельности хозяйства электроснабжения; методами расчета параметров и технических характеристик основных узлов и устройств системы тягового электроснабжения Владеть: технологией компьютерного проектирования и моделирования систем и устройств электроснабжения с применением пакетов прикладных программ

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма					Заочная форма					*Код индикатора достижения компетенции
		Семестр	Часы				Курс	Часы				
			Лек	П	Лаб	СР		Лек	П	Лаб	СР	
1.0	Раздел 1. Системы и схемы питания нагрузок на электрифицированных участках железных дорог.											
1.1	Общие сведения об электрических железных дорогах	8	3		2	5/зимняя	1			5	ПК-4.1	
1.2	Системы тягового электроснабжения (СТЭ) железных дорог. Преимущества и недостатки систем	8	3		4	5/зимняя	1			7	ПК-4.1	
1.3	Схемы соединения обмоток трансформаторов	8	3		2	5/зимняя	2			5	ПК-4.1	

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма					Заочная форма					*Код индикатора достижения компетенции
		Семестр	Часы				Курс	Часы				
			Лек	Пр	Лаб	СР		Лек	Пр	Лаб	СР	
	тяговых подстанций переменного тока											
1.4	Схемы питания группы тяговых подстанций от линии электропередачи. Схемы питания контактной сети	8	1		2	5/зимняя					3	ПК-4.1
1.5	Электроснабжение тяги поездов и секционирование контактной сети	8		2	2	5/зимняя					3	ПК-4.1
1.6	Расчёт напряжения и потерь активной мощности на тяговой подстанции постоянного тока 3 кВ	8		2	2	5/зимняя					4	ПК-4.2
1.7	Стыкование участков с различными системами тока. Посты секционирования, пункты параллельного соединения	8		2	2	5/зимняя					4	ПК-4.1
1.8	Питание стационарных потребителей от тяговых подстанций	8		2	2	5/зимняя					3	ПК-4.1
1.9	Системы тягового электроснабжения переменного тока и режимы их работы	8		2	2	5/зимняя					4	ПК-4.1
1.10	Системы тягового электроснабжения переменного тока с повышенным симметрирующим эффектом и режимы их работы	8		2	2	5/зимняя					4	ПК-4.3
1.11	Режимы работы тягового трансформатора системы 1х25 кВ	8			4/4	2	5/зимняя			4/4	3	ПК-4.3
1.12	Схемы питания нетяговых потребителей при электрификации по системе 1х25 кВ	8			2	1	5/зимняя				2	ПК-4.3
1.13	Фазировка подстанций системы 1х25 кВ	8			2	1	5/зимняя				2	ПК-4.3
1.14	Исследование системы тягового электроснабжения 2х25 кВ	8			2	1	5/зимняя				3	ПК-4.3
1.15	Изучение метода симметрирования тяговой нагрузки применением схемы Скотта	8			2	2	5/зимняя				3	ПК-4.1 ПК-4.3
1.16	Располагаемая мощность трансформаторов с различным соединением обмоток	8			2	2	5/зимняя				3	ПК-4.1 ПК-4.3

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				Заочная форма				*Код индикатора достижения компетенции	
		Семестр	Часы			Курс	Часы				
			Лек	П р	Лаб		СР	Лек	П р		Лаб
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Электрические параметры тяговой сети. Режим напряжения в тяговой сети.</b>										
2.1	Сопrotивление тяговой сети при системе постоянного тока и переменного тока	8	4		16	5/зимняя				18	ПК-4.1 ПК-4.2
2.2	Влияние изменений напряжения в тяговой сети на работу электровозов и электрифицированного участка. Рекуперация электрической энергии	8	3		2	5/зимняя				5	ПК-4.1 ПК-4.2
2.3	Сопrotивления тяговой сети постоянного тока 3 кВ и переменного тока 25 кВ	8		3	4	5/зимняя		2		5	ПК-4.2
2.4	Расчёт эффективности рекуперации электрической энергии на постоянном токе 3 кВ	8		2	2	5/зимняя		2		2	ПК-4.2
2.5	Расчет сопротивления и токораспределения в проводах тяговой сети переменного тока	8			3	2	5/зимняя			4	ПК-4.3
	Форма промежуточной аттестации – зачет	8				5/летняя			4		ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
<b>3.0</b>	<b>Раздел 3. Расчет мгновенных схем расположения нагрузок и методы расчета системы электроснабжения электрифицированных железных дорог.</b>										
3.1	Расчет мгновенных схем расположения нагрузок на участках постоянного и переменного тока.	9	5		10	6/уст.	2			14	ПК-4.1 ПК-4.2
3.2	Методы расчёта, основанные на графике движения поездов и по заданным размерам движения	9	5		4	6/уст.	2			10	ПК-4.1 ПК-4.2
3.3	Определение числовых характеристик параметров режима системы тягового электроснабжения	9		2	2	6/уст.				5	ПК-4.2
3.4	Расчёт напряжения на токоприёмнике электровоза при системе тягового	9		2	2	6/уст.		2		2	ПК-4.2

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				Заочная форма				*Код индикатора достижения компетенции		
		Семестр	Часы			Курс	Часы					
			Лек	Пр	Лаб		СР	Лек	Пр		Лаб	СР
	электроснабжения постоянного тока 3 кВ											
3.5	Построение виртуальной модели системы тягового электроснабжения в среде КОРТЭС	9			2/2	2	6/уст.			2/2	5	ПК-4.3
3.6	Тяговый расчет с электровозом однофазно-постоянного тока	9			2	2	6/уст.				4	ПК-4.3
3.7	Формирование графиков движения поездов	9			2	2	6/уст.				4	ПК-4.3
<b>4.0</b>	<b>Раздел 4. Несимметрия токов и напряжений, возникающая в системе электроснабжения на участках переменного тока. Емкостная компенсация на участках переменного тока.</b>											
4.1	Основные понятия и положения несимметрии токов и напряжений	9	5			4	6/уст.	1			10	ПК-4.1 ПК-4.2
4.2	Поперечная и продольная емкостная компенсация	9	7			5	6/уст.	3			10	ПК-4.1 ПК-4.2
4.3	Расчет несимметрии тока, потерь мощности в трансформаторе и напряжения на тяговой подстанции переменного тока	9		2		4	6/уст.		2		4	ПК-4.2
4.4	Расчет несимметрии тока и напряжения для группы из трех тяговых подстанций переменного тока	9		3		4	6/уст.				6	ПК-4.2
4.5	Расчет параметров установки параллельной компенсации реактивной мощности тяговой подстанции переменного тока	9		3		4	6/уст.				5	ПК-4.2
4.6	Расчет параметров установки продольной емкостной компенсации на тяговой подстанции переменного тока	9		2		4	6/уст.		2		5	ПК-4.2
4.7	Применение устройств компенсации реактивной мощности для повышения пропускной способности	9			3	4	6/уст.				8	ПК-4.3

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				Заочная форма				*Код индикатора достижения компетенции		
		Семестр	Часы				Курс	Часы				
			Лек	П р	Лаб	СР		Лек	П р		Лаб	СР
<b>5.0</b>	<b>Раздел 5. Параметры системы электроснабжения электрифицированной железной дороги. Усиление СТЭ.</b>											
5.1	Выбор параметров силового оборудования тяговых подстанций и сечения проводов контактной сети	9	5		8	6/уст.				18	ПК-4.1 ПК-4.2	
5.2	Защита от токов короткого замыкания в тяговой сети	9	5		8	6/уст.				18	ПК-4.1 ПК-4.2	
5.3	Основные способы усиления СТЭ постоянного и переменного тока. Экономия электроэнергии в СТЭ.	9	2			6/уст.					ПК-4.1 ПК-4.2	
5.4	Определение мощности тяговой подстанций переменного тока	9		3	3	6/уст.				6	ПК-4.2	
5.5	Анализ пропускной способности тяговой сети	9			2	2	6/уст.			4	ПК-4.3	
5.6	Анализ влияния на пропускную способность участка за счет усиления контактной подвески, трансформаторов	9			2	4	6/уст.			6	ПК-4.3	
5.7	Применение комплекса технических решений для усиления системы тягового электроснабжения с целью обеспечения необходимой пропускной способности участка	9			4/2	4	6/уст.		2/2	6	ПК-4.3	
	Форма промежуточной аттестации – экзамен	9	36				6/зимняя	18				ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Курсовой проект	9				30	6/зимняя				30	ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3
	Итого часов (без учёта часов на промежуточную аттестацию)		51	34	34/8	16/9		12	10	8/8	27/2	

#### 5 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине оформлен в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещен в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет

<b>6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ</b>		
<b>6.1 Учебная литература</b>		
<b>6.1.1 Основная литература</b>		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.1.1	Пышкин, А.А. Электроснабжение железных дорог : учебное пособие / рец.: О. В. Халуев [и др.]. — Екатеринбург : УрГУПС, 2016. — 373 с. — URL: <a href="https://umczdt.ru/books/1306/263311/">https://umczdt.ru/books/1306/263311/</a> (дата обращения: 26.04.2024). — Текст : электронный.	Онлайн
6.1.1.2	Чернов, Ю.А. Электроснабжение железных дорог : учеб. пособие / рец.: Г. А. Иванов [и др.]. — Москва : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. — 408 с. — URL: <a href="https://umczdt.ru/books/1194/39327/">https://umczdt.ru/books/1194/39327/</a> (дата обращения: 26.04.2024). — Текст : электронный.	Онлайн
<b>6.1.2 Дополнительная литература</b>		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.2.1	Марквардт, К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог : учеб. для ВУЗ ж-д трансп. - 4-е изд., перераб. и доп. / К. Г. Марквардт. М. : Транспорт, 1982. - 528с.	5
6.1.2.2	Герман, Л. А. Регулируемые установки емкостной компенсации в системах тягового электроснабжения железных дорог : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / Л. А. Герман, А. С. Серебряков. М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2015. - 316с.	79
6.1.2.3	Аржанников, Б. А. Тяговое электроснабжение постоянного тока скоростного и тяжеловесного движения поездов : монография / Б. А. Аржанников. Екатеринбург : УрГУПС, 2012. - 207с.	2
6.1.2.4	Закарюкин, В. П. Электроснабжение электрифицированных железных дорог переменного тока : лаб. практикум по дисциплине "Электроснабжение ж.д." / В. П. Закарюкин. Иркутск : ИрГУПС, 2014. - 66с.	6
<b>6.1.3 Учебно-методические разработки (в т. ч. для самостоятельной работы обучающихся)</b>		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.3.1	Тихомиров, В.А. Методические указания по изучению дисциплины Б1.О.51 Электроснабжение железных дорог по специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов, специализации – Электроснабжение железных дорог / В.А. Тихомиров; ИрГУПС. – Иркутск : ИрГУПС, 2023. – 18 с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_49647_1416_2024_1_signed.pdf">https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_49647_1416_2024_1_signed.pdf</a>	Онлайн
<b>6.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>		
6.2.1	Электронная библиотека Учебно-методического центра по образованию на железнодорожном транспорте «ЭБ УМЦ ЖДТ» — <a href="https://umczdt.ru/books/">https://umczdt.ru/books/</a>	
<b>6.3 Программное обеспечение и информационные справочные системы</b>		
<b>6.3.1 Базовое программное обеспечение</b>		
6.3.1.1	Microsoft Windows Professional 10, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.2	Microsoft Office Russian 2010, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.3	FoxitReader, свободно распространяемое программное обеспечение <a href="http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/">http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/</a>	
6.3.1.4	Adobe Acrobat Reader DC свободно распространяемое программное обеспечение <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/">https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/</a>	
6.3.1.5	Яндекс. Браузер. Прикладное программное обеспечение общего назначения, Офисные приложения, лицензия – свободно распространяемое программное обеспечение по лицензии BSD License	
<b>6.3.2 Специализированное программное обеспечение</b>		
6.3.2.1	MathCAD student 15.0 Academic License, Customer Number 434692, контракт от 03.12.2012 № 0334100010012000148-0000756-01	

6.3.2.2	Fazonord-Качество «Расчёты показателей качества электроснабжения в системах электроснабжения в фазных координатах с учётом движения поездов», патент № 2007612771 заявка № 2007611837, авторы Закарюкин В.П., Крюков А.В.
6.3.2.3	MatLab Classroom, R2015a, R2015b, контракт от 09.07.2014 № 0334100010014000028-0000756-01.
6.3.2.4	
6.3.2.5	Simulink Classroom R2010a, R2010b, лицензия № 689810 сетевая, государственный контракт от 06.07.2011 №334100010011000114-0000756-01
6.3.2.6	КОРТЭС. Комплекс расчетов тягового электроснабжения, АО ВНИИЖТ, предоставлен ОАО «РЖД», Multisim education 16.0, договор от 06.06.2017 г. № 31705062861
6.3.2.7	NASTRAN (Patran CAE Solid Modeling Class pack, MD Nastran Exterior Acoustics Team pack, Fatigue Complete Package Team pack, MD Adams, Easy5) сетевая версия, сертификат RE008453ISR, контракт от 25.10.2016 № 0334100010016000106-0000756-01
<b>6.3.3 Информационные справочные системы</b>	
6.3.3.1	Не предусмотрены
<b>6.4 Правовые и нормативные документы</b>	
6.4.1	Не предусмотрены

<b>7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	
1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15; корпус Л ИрГУПС находится – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80
2	Учебная аудитория Д-217 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор, экран, (ноутбук переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).
3	Учебная аудитория Д-218 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор, экран, (ноутбук переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).
4	Учебная аудитория Д-413 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор, экран, (ноутбук переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).
5	Учебная аудитория Д-208 для проведения практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, компьютеры с подключением к сети Интернет, обеспечивающие доступ в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).
6	Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС. Помещения для самостоятельной работы обучающихся: – читальные залы; – учебные залы вычислительной техники А-401, А-509, А-513, А-516, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507; – помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – А-521

<b>8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>Лекция (от латинского «lection» – чтение) – вид аудиторных учебных занятий. Лекция: закладывает основы научных знаний в систематизированной, последовательной, обобщенной форме; раскрывает состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники; концентрирует внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах; стимулирует познавательную активность обучающихся.</p> <p>Во время лекционных занятий обучающийся должен уметь сконцентрировать внимание на изучаемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого весь материал, излагаемый преподавателем,</p>

	<p>обучающемуся необходимо конспектировать. На полях конспекта следует помечать вопросы, выделенные обучающимся для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы лучше запоминались. Полезно составить краткий справочник, содержащий определения важнейших понятий лекции. К каждому занятию следует разобрать материал предыдущей лекции. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только в том случае, когда хорошо усвоен предыдущий вопрос. Ряд вопросов дисциплины может быть вынесен на самостоятельное изучение. Такое задание требует оперативного выполнения. В конспекте лекций необходимо оставить место для освещения упомянутых вопросов. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии</p>
<p>Практическое занятие</p>	<p>Практическое занятие – вид аудиторных учебных занятий, целенаправленная форма организации учебного процесса, при реализации которой обучающиеся по заданию и под руководством преподавателя выполняют практические задания. Практические задания направлены на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Практические занятия развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания обучающихся, выступают как средства оперативной обратной связи; цель практических занятий – углублять, расширять, детализировать знания, полученные на лекции, в обобщенной форме и содействовать выработке навыков профессиональной деятельности.</p> <p>На практических занятиях подробно рассматриваются основные вопросы дисциплины, разбираются основные типы задач. К каждому практическому занятию следует заранее самостоятельно выполнить домашнее задание и выучить лекционный материал к следующей теме. Систематическое выполнение домашних заданий обязательно и является важным фактором, способствующим успешному усвоению дисциплины</p>
<p>Лабораторная работа</p>	<p>Основной целью лабораторных работ является теоретическое обоснование, наглядное и/или экспериментальное подтверждение и/или проверка существенных теоретических положений (законов, закономерностей) анализ существующих методик и методов их реализации и т.д. Они занимают преимущественное место при изучении дисциплин обязательной части и части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.</p> <p>Исходя из цели, содержанием лабораторных работ могут быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальная проверка формул, методик расчета;</li> <li>- проведение натуральных измерений свойств, рабочих параметров, режимов работы при помощи лабораторного оборудования и/или стендов и макетов;</li> <li>- ознакомление, анализ и теоретические выкладки по устройству, принципу действия и способам обслуживания аппаратов, деталей машин, механизмов, процессов, протекающих в них при этом и т.д.;</li> <li>- наглядная графическая интерпретация чертежей, схем, объемных поверхностей и т.д., воспроизводимых с помощью специализированного программного обеспечения;</li> <li>- имитационное моделирование процессов, протекающих в сложных химических, физических, механических, электрических и пр. объектах;</li> <li>- наглядное представление о работе персонала конкретной организации или подразделения ОАО «РЖД» посредством моделирования штатных и внештатных ситуаций в виртуальных специализированных АРМ (автоматизированных рабочих мест);</li> <li>- установление и подтверждение закономерностей (путем сравнения проведенного эксперимента и рассчитанных значений) и т.д.;</li> <li>- ознакомление с методиками проведения экспериментов, наглядным устройством стенд-макетов и пр.;</li> <li>- установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик;</li> <li>- анализ различных характеристик процессов, в том числе производственных и иных процессов;</li> <li>- расчет параметров различных явлений и процессов, смоделировать которые не возможно в реальных условиях (например, чрезвычайные ситуации и пр.);</li> <li>- наблюдение развития явлений, процессов и др.</li> </ul> <p>Допускается иное содержание лабораторных работ, если это будет способствовать реализации целей и задач дисциплины и формированию соответствующих компетенций.</p> <p>По характеру выполняемых лабораторных работ возможны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ознакомительные работы, используемые для закрепления изученного теоретического материалы;</li> <li>- аналитические работы, используемые для получения новой информации на основе формализованных методов;</li> </ul>

	<p>- творческие работы, ориентированные на самостоятельный выбор подходов решения задач.</p> <p>Прежде, чем приступить к лабораторным занятиям, обучающимся необходимо повторить теоретический материал по теме работы. Каждая лабораторная работа оснащена методическими указаниями, разработанными преподавателями, ведущими дисциплину</p>
Самостоятельная работа	<p>Обучение по дисциплине «Электроснабжение железных дорог» предусматривает активную самостоятельную работу обучающегося. В разделе 4 рабочей программы, который называется «Структура и содержание дисциплины», все часы самостоятельной работы расписаны по темам и вопросам, а также указана необходимая учебная литература: обучающийся изучает учебный материал, разбирает примеры и решает разноуровневые задачи в рамках выполнения как общих домашних заданий, так и индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) и других видов работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. При выполнении домашних заданий обучающемуся следует обратиться к задачам, решенным на предыдущих практических занятиях, решенным домашним работам, а также к примерам, приводимым лектором. Если этого будет недостаточно для выполнения всей работы можно дополнительно воспользоваться учебными пособиями, приведенными в разделе 6.1 «Учебная литература». Если, несмотря на изученный материал, задание выполнить не удастся, то в обязательном порядке необходимо посетить консультацию преподавателя, ведущего практические занятия, и/или консультацию лектора.</p> <p>Домашние задания, индивидуальные домашние задания и другие работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины должны быть выполнены обучающимся в установленные преподавателем сроки в соответствии с требованиями к оформлению текстовой и графической документации, сформулированным в Положении «Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль»</p>
<p>Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет</p>	

# **Приложение № 1 к рабочей программе**

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации**

## 1. Общие положения

Фонд оценочных средств (ФОС) является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися образовательной программы.

Фонд оценочных средств предназначен для использования обучающимися, преподавателями, администрацией ИрГУПС, а также сторонними образовательными организациями для оценивания качества освоения образовательной программы и уровня сформированности компетенций у обучающихся.

Задачами ФОС являются:

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
- самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания: валидность, надежность, объективность, эффективность.

Для оценки уровня сформированности компетенций используется трехуровневая система:

- минимальный уровень освоения, обязательный для всех обучающихся по завершению освоения образовательной программы; дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;
- базовый уровень освоения, превышение минимальных характеристик сформированности компетенций; позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;
- высокий уровень освоения, максимально возможная выраженность характеристик компетенций; предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

## 2. Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина.

### Программа контрольно-оценочных мероприятий. Показатели оценивания компетенций, критерии оценки

Дисциплина «Электроснабжение железных дорог» участвует в формировании компетенций:

ПК-4. Способен осуществлять работы по проектированию, внедрению, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации оборудования тяговых и трансформаторных подстанций, линейных устройств системы тягового электроснабжения, воздушных линий электропередач, контактной сети постоянного и переменного тока

#### Программа контрольно-оценочных мероприятий очная форма обучения

№	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
<b>8 семестр</b>				
<b>1.0</b>	<b>Раздел 1. Системы и схемы питания нагрузок на электрифицированных участках железных дорог</b>			
1.1	Текущий контроль	Общие сведения об электрических железных дорогах	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.2	Текущий контроль	Системы тягового электроснабжения (СТЭ) железных дорог. Преимущества и недостатки систем	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.3	Текущий контроль	Схемы соединения обмоток трансформаторов тяговых подстанций переменного тока	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.4	Текущий контроль	Схемы питания группы тяговых подстанций от линии электропередачи. Схемы питания контактной сети	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.5	Текущий контроль	Электроснабжение тяги поездов и секционирование контактной сети	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.6	Текущий контроль	Расчёт напряжения и потерь активной мощности на тяговой подстанции постоянного тока 3 кВ	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
1.7	Текущий контроль	Стыкование участков с различными системами тока. Посты секционирования, пункты параллельного соединения	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.8	Текущий контроль	Питание стационарных потребителей от тяговых подстанций	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.9	Текущий контроль	Системы тягового электроснабжения переменного тока и режимы их работы	ПК-4.1	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
1.10	Текущий контроль	Системы тягового электроснабжения переменного тока с повышенным симметрирующим эффектом и режимы их работы	ПК-4.3	Конспект (письменно)
1.11	Текущий контроль	Режимы работы тягового трансформатора системы 1х25 кВ	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно) В рамках ПП**: Разноуровневые задачи (задания/письменно)

1.12	Текущий контроль	Схемы питания нетяговых потребителей при электрификации по системе 1x25 кВ	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
1.13	Текущий контроль	Фазировка подстанций системы 1x25 кВ	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
1.14	Текущий контроль	Исследование системы тягового электроснабжения 2x25 кВ	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
1.15	Текущий контроль	Изучение метода симметрирования тяговой нагрузки применением схемы Скотта	ПК-4.1 ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
1.16	Текущий контроль	Располагаемая мощность трансформаторов с различным соединением обмоток	ПК-4.1 ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Электрические параметры тяговой сети. Режим напряжения в тяговой сети</b>			
2.1	Текущий контроль	Сопротивление тяговой сети при системе постоянного тока и переменного тока	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
2.2	Текущий контроль	Влияние изменений напряжения в тяговой сети на работу электровозов и электрифицированного участка. Рекуперация электрической энергии	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
2.3	Текущий контроль	Сопротивления тяговой сети постоянного тока 3 кВ и переменного тока 25 кВ	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
2.4	Текущий контроль	Расчёт эффективности рекуперации электрической энергии на постоянном токе 3 кВ	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
2.5	Текущий контроль	Расчет сопротивления и токораспределения в проводах тяговой сети переменного тока	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
	Промежуточная аттестация		ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Зачет (собеседование) Зачет - тестирование (компьютерные технологии)
<b>9 семестр</b>				
<b>3.0</b>	<b>Раздел 3. Расчет мгновенных схем расположения нагрузок и методы расчета системы электроснабжения электрифицированных железных дорог</b>			
3.1	Текущий контроль	Расчет мгновенных схем расположения нагрузок на участках постоянного и переменного тока.	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
3.2	Текущий контроль	Методы расчёта, основанные на графике движения поездов и по заданным размерам движения	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
3.3	Текущий контроль	Определение числовых характеристик параметров режима системы тягового электроснабжения	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
3.4	Текущий контроль	Расчёт напряжения на токоприёмнике электровоза при системе тягового электроснабжения постоянного тока 3 кВ	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
3.5	Текущий контроль	Построение виртуальной модели системы тягового электроснабжения в среде КОРТЭС	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно) В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
3.6	Текущий контроль	Тяговый расчет с электровозом однофазно-постоянного тока	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)

3.7	Текущий контроль	Формирование графиков движения поездов	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
<b>4.0</b>	<b>Раздел 4. Несимметрия токов и напряжений, возникающая в системе электроснабжения на участках переменного тока. Емкостная компенсация на участках переменного тока</b>			
4.1	Текущий контроль	Основные понятия и положения несимметрии токов и напряжений	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
4.2	Текущий контроль	Поперечная и продольная емкостная компенсация	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
4.3	Текущий контроль	Расчет несимметрии тока, потерь мощности в трансформаторе и напряжения на тяговой подстанции переменного тока	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
4.4	Текущий контроль	Расчет несимметрии тока и напряжения для группы из трех тяговых подстанций переменного тока	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
4.5	Текущий контроль	Расчет параметров установки параллельной компенсации реактивной мощности тяговой подстанции переменного тока	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
4.6	Текущий контроль	Расчет параметров установки продольной емкостной компенсации на тяговой подстанции переменного тока	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
4.7	Текущий контроль	Применение устройств компенсации реактивной мощности для повышения пропускной способности	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
<b>5.0</b>	<b>Раздел 5. Параметры системы электроснабжения электрифицированной железной дороги. Усиление СТЭ</b>			
5.1	Текущий контроль	Выбор параметров силового оборудования тяговых подстанций и сечения проводов контактной сети	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
5.2	Текущий контроль	Защита от токов короткого замыкания в тяговой сети	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
5.3	Текущий контроль	Основные способы усиления СТЭ постоянного и переменного тока. Экономия электроэнергии в СТЭ.	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
5.4	Текущий контроль	Определение мощности тяговой подстанций переменного тока	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
5.5	Текущий контроль	Анализ пропускной способности тяговой сети	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
5.6	Текущий контроль	Анализ влияния на пропускную способность участка за счет усиления контактной подвески, трансформаторов	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно)
5.7	Текущий контроль	Применение комплекса технических решений для усиления системы тягового электроснабжения с целью обеспечения необходимой пропускной способности участка	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно) В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
	Промежуточная аттестация		ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Курсовой проект (письменно) Курсовой проект (устно)
	Промежуточная аттестация		ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Экзамен (собеседование) Экзамен - тестирование (компьютерные технологии)

## Программа контрольно-оценочных мероприятий

заочная форма обучения

№	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
<b>5 курс, сессия зимняя</b>				
<b>1.0</b>	<b>Раздел 1. Системы и схемы питания нагрузок на электрифицированных участках железных дорог.</b>			
1.1	Текущий контроль	Общие сведения об электрических железных дорогах	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.2	Текущий контроль	Системы тягового электроснабжения (СТЭ) железных дорог. Преимущества и недостатки систем	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.3	Текущий контроль	Схемы соединения обмоток трансформаторов тяговых подстанций переменного тока	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.4	Текущий контроль	Схемы питания группы тяговых подстанций от линии электропередачи. Схемы питания контактной сети	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.5	Текущий контроль	Электроснабжение тяги поездов и секционирование контактной сети	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.6	Текущий контроль	Расчёт напряжения и потерь активной мощности на тяговой подстанции постоянного тока 3 кВ	ПК-4.2	Конспект (письменно)
1.7	Текущий контроль	Стыкование участков с различными системами тока. Посты секционирования, пункты параллельного соединения	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.8	Текущий контроль	Питание стационарных потребителей от тяговых подстанций	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.9	Текущий контроль	Системы тягового электроснабжения переменного тока и режимы их работы	ПК-4.1	Конспект (письменно)
1.10	Текущий контроль	Системы тягового электроснабжения переменного тока с повышенным симметрирующим эффектом и режимы их работы	ПК-4.3	Конспект (письменно)
1.11	Текущий контроль	Режимы работы тягового трансформатора системы 1х25 кВ	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно) В рамках ПП**: Разноуровневые задачи (задания/письменно)
1.12	Текущий контроль	Схемы питания нетяговых потребителей при электрификации по системе 1х25 кВ	ПК-4.3	Конспект (письменно)
1.13	Текущий контроль	Фазировка подстанций системы 1х25 кВ	ПК-4.3	Конспект (письменно)
1.14	Текущий контроль	Исследование системы тягового электроснабжения 2х25 кВ	ПК-4.3	Конспект (письменно)
1.15	Текущий контроль	Изучение метода симметрирования тяговой нагрузки применением схемы Скотта	ПК-4.1 ПК-4.3	Конспект (письменно)

1.16	Текущий контроль	Располагаемая мощность трансформаторов с различным соединением обмоток	ПК-4.1 ПК-4.3	Конспект (письменно)
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Электрические параметры тяговой сети. Режим напряжения в тяговой сети.</b>			
2.1	Текущий контроль	Сопrotивление тяговой сети при системе постоянного тока и переменного тока	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
2.2	Текущий контроль	Влияние изменений напряжения в тяговой сети на работу электровозов и электрифицированного участка. Рекуперация электрической энергии	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
2.3	Текущий контроль	Сопrotивления тяговой сети постоянного тока 3 кВ и переменного тока 25 кВ	ПК-4.2	Конспект (письменно)
2.4	Текущий контроль	Расчёт эффективности рекуперации электрической энергии на постоянном токе 3 кВ	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
2.5	Текущий контроль	Расчет сопротивления и токораспределения в проводах тяговой сети переменного тока	ПК-4.3	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
<b>5 курс, сессия летняя</b>				
	Промежуточная аттестация		ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Зачет (собеседование) Зачет - тестирование (компьютерные технологии)
<b>6 курс, сессия установочная</b>				
<b>3.0</b>	<b>Раздел 3. Расчет мгновенных схем расположения нагрузок и методы расчета системы электроснабжения электрифицированных железных дорог.</b>			
3.1	Текущий контроль	Расчет мгновенных схем расположения нагрузок на участках постоянного и переменного тока.	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
3.2	Текущий контроль	Методы расчёта, основанные на графике движения поездов и по заданным размерам движения	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
3.3	Текущий контроль	Определение числовых характеристик параметров режима системы тягового электроснабжения	ПК-4.2	Конспект (письменно)
3.4	Текущий контроль	Расчёт напряжения на токоприёмнике электровоза при системе тягового электроснабжения постоянного тока 3 кВ	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)
3.5	Текущий контроль	Построение виртуальной модели системы тягового электроснабжения в среде КОРТЭС	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно) В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
3.6	Текущий контроль	Тяговый расчет с электровозом однофазно-постоянного тока	ПК-4.3	Конспект (письменно)
3.7	Текущий контроль	Формирование графиков движения поездов	ПК-4.3	Конспект (письменно)
<b>4.0</b>	<b>Раздел 4. Несимметрия токов и напряжений, возникающая в системе электроснабжения на участках переменного тока. Емкостная компенсация на участках переменного тока.</b>			
4.1	Текущий контроль	Основные понятия и положения несимметрии токов и напряжений	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
4.2	Текущий контроль	Поперечная и продольная емкостная компенсация	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
4.3	Текущий контроль	Расчет несимметрии тока, потерь мощности в	ПК-4.2	Разноуровневые задачи (задания/письменно)

		трансформаторе и напряжения на тяговой подстанции переменного тока		
4.4	Текущий контроль	Расчет несимметрии тока и напряжения для группы из трех тяговых подстанций переменного тока	ПК-4.2	Конспект (письменно)
4.5	Текущий контроль	Расчет параметров установки параллельной компенсации реактивной мощности тяговой подстанции переменного тока	ПК-4.2	Конспект (письменно)
4.6	Текущий контроль	Расчет параметров установки продольной емкостной компенсации на тяговой подстанции переменного тока	ПК-4.2	Конспект (письменно)
4.7	Текущий контроль	Применение устройств компенсации реактивной мощности для повышения пропускной способности	ПК-4.3	Конспект (письменно)
<b>5.0</b>	<b>Раздел 5. Параметры системы электроснабжения электрифицированной железной дороги. Усиление СТЭ.</b>			
5.1	Текущий контроль	Выбор параметров силового оборудования тяговых подстанций и сечения проводов контактной сети	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
5.2	Текущий контроль	Защита от токов короткого замыкания в тяговой сети	ПК-4.1 ПК-4.2	Конспект (письменно)
5.3	Текущий контроль	Определение мощности тяговой подстанций переменного тока	ПК-4.2	Конспект (письменно)
5.4	Текущий контроль	Анализ пропускной способности тяговой сети	ПК-4.3	Конспект (письменно)
5.5	Текущий контроль	Анализ влияния на пропускную способность участка за счет усиления контактной подвески, трансформаторов	ПК-4.3	Конспект (письменно)
5.6	Текущий контроль	Применение комплекса технических решений для усиления системы тягового электроснабжения с целью обеспечения необходимой пропускной способности участка	ПК-4.3	Лабораторная работа (письменно/устно) В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
<b>6 курс, сессия зимняя</b>				
	Промежуточная аттестация		ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Курсовой проект (письменно) Курсовой проект (устно)
	Промежуточная аттестация		ПК-4.1 ПК-4.2 ПК-4.3	Экзамен (собеседование) Экзамен - тестирование (компьютерные технологии)

\*Форма проведения контрольно-оценочного мероприятия: устно, письменно, компьютерные технологии.

\*\*ПП – практическая подготовка

### **Описание показателей и критериев оценивания компетенций.**

#### **Описание шкал оценивания**

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки. Результаты оценивания учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации.

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций, а также краткая характеристика этих средств приведены в таблице.

#### Текущий контроль

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Разноуровневые задачи (задания)	Различают задачи: – репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; может быть использовано для оценки знаний и умений обучающихся; – реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся; – творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения; может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Комплект разноуровневых задач и заданий или комплекты задач и заданий определенного уровня
2	Конспект	Особый вид текста, в основе которого лежит аналитико-синтетическая переработка информации первоисточника (исходного текста). Цель этой деятельности — выявление, систематизация и обобщение (с возможной критической оценкой) наиболее ценной (для конспектирующего) информации. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Темы конспектов
3	Лабораторная работа	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно/устно излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы. Может быть использовано для оценки умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Образец задания для выполнения лабораторной работы и примерный перечень вопросов для ее защиты

#### Промежуточная аттестация

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыков и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Перечень теоретических вопросов и практических заданий к зачету

2	Тест – промежуточная аттестация в форме зачета	Система автоматизированного контроля освоения компетенций (части компетенций) обучающимся по дисциплине (модулю) с использованием информационно-коммуникационных технологий. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий
3	Экзамен	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыков и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Перечень теоретических вопросов и практических заданий (образец экзаменационного билета) к экзамену
4	Тест – промежуточная аттестация в форме экзамена	Система автоматизированного контроля освоения компетенций (части компетенций) обучающимся по дисциплине (модулю) с использованием информационно-коммуникационных технологий. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий
5	Курсовой проект	Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся. Может быть использовано для оценки умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся в предметной или междисциплинарной областях	Образец задания для выполнения курсового проекта и примерный перечень вопросов для его защиты

**Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета и экзамена. Шкала оценивания уровня освоения компетенций**

Шкалы оценивания		Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции
«отлично»	«зачтено»	Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Высокий
«хорошо»		Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый
«удовлетворительно»		Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С	Минимальный

		существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенция не сформирована

### Тест – промежуточная аттестация в форме зачета и экзамена

Шкала оценивания		Критерии оценивания	
«отлично»	«зачтено»	Обучающийся верно ответил на 90 – 100 % тестовых заданий при прохождении тестирования	
«хорошо»		Обучающийся верно ответил на 80 – 89 % тестовых заданий при прохождении тестирования	
«удовлетворительно»		Обучающийся верно ответил на 70 – 79 % тестовых заданий при прохождении тестирования	
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Обучающийся верно ответил на 69 % и менее тестовых заданий при прохождении тестирования	

### Курсовой проект

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	Содержание курсового проекта полностью соответствует заданию. Представлены результаты обзора литературных и иных источников. Структура курсового проекта логически и методически выдержана. Все выводы и предложения убедительно аргументированы. Оформление курсового проекта и полученные результаты полностью отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. При защите курсового проекта обучающийся правильно и уверенно отвечает на вопросы преподавателя, демонстрирует глубокое знание теоретического материала, способен аргументировать собственные утверждения и выводы
«хорошо»	Содержание курсового проекта полностью соответствует заданию. Представлены результаты обзора литературных и иных источников. Структура курсового проекта логически и методически выдержана. Большинство выводов и предложений аргументировано. Оформление курсового проекта и полученные результаты в целом отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. Имеются одна-две несущественные ошибки в использовании терминов, в построенных диаграммах и схемах. Наличествует незначительное количество грамматических и/или стилистических ошибок. При защите курсового проекта обучающийся правильно и уверенно отвечает на большинство вопросов преподавателя, демонстрирует хорошее знание теоретического материала, но не всегда способен аргументировать собственные утверждения и выводы. При наводящих вопросах преподавателя исправляет ошибки в ответе
«удовлетворительно»	Содержание курсового проекта частично не соответствует заданию. Результаты обзора литературных и иных источников представлены недостаточно полно. Есть нарушения в логике изложения материала. Аргументация выводов и предложений слабая или отсутствует. Имеются одно-два существенных отклонений от требований в оформлении курсового проекта. Полученные результаты в целом отвечают требованиям, изложенным в методических указаниях. Имеются одна-две существенных ошибки в использовании терминов, в построенных диаграммах и схемах. Много грамматических и/или стилистических ошибок. При защите курсового проекта обучающийся допускает грубые ошибки при ответах на вопросы преподавателя и /или не дал ответ более чем на 30% вопросов, демонстрирует слабое знание теоретического материала, в большинстве случаев не способен уверенно аргументировать собственные утверждения и выводы
«неудовлетворительно»	Содержание курсового проекта в целом не соответствует заданию. Имеются более двух существенных отклонений от требований в оформлении курсового проекта. Большое количество существенных ошибок по сути работы, много грамматических и стилистических ошибок и др. Полученные результаты не отвечают требованиям,

	изложенным в методических указаниях. При защите курсового проекта обучающийся демонстрирует слабое понимание программного материала. Курсовой проект не представлена преподавателю. Обучающийся не явился на защиту курсового проекта
--	---

### Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

#### Разноуровневые задачи (задания)

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Демонстрирует очень высокий/высокий уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены
«хорошо»		Демонстрирует достаточно высокий/выше среднего уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Все требования, предъявляемые к заданию, выполнены
«удовлетворительно»		Демонстрирует средний уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены. Демонстрирует низкий/ниже среднего уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Демонстрирует очень низкий уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Не ответа.

#### Конспект

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок.  Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему полностью и ответил на все вопросы преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме
«хорошо»		Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок.  Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему не полностью и ответил на часть вопросов преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен аккуратно, с незначительными исправлениями
«удовлетворительно»		Конспект по теме выполнен в обозначенный преподавателем срок.  Конспект выполнен обучающимся по заданной теме в не полном объеме с частичным соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; раскрыл тему не полностью и ответил на часть вопросов преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен не аккуратно
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Конспект по теме не выполнен в обозначенный преподавателем срок.  Конспект выполнен обучающимся не по заданной теме в не полном объеме без соблюдения необходимой последовательности. Обучающийся работал не самостоятельно; не раскрыл тему и не ответил на вопросы преподавателя по конкретной теме конспекта. Конспект оформлен не аккуратно

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»		Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет без замечаний. Лабораторная работа выполнена обучающимся в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; показал необходимые для проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки. Работа (отчет) оформлена аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме
«хорошо»	«зачтено»	Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет с небольшими недочетами. Лабораторная работа выполнена обучающимся в полном объеме и самостоятельно. Допущены отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Работа показывает знание обучающимся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Допущены неточности и небрежность в оформлении результатов работы (отчета)
«удовлетворительно»		Лабораторная работа выполнена с задержкой, письменный отчет с недочетами. Лабораторная работа выполняется и оформляется обучающимся при посторонней помощи. На выполнение работы затрачивается много времени. Обучающийся показывает знания теоретического материала, но испытывает затруднение при самостоятельной работе с источниками знаний или приборами
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Лабораторная работа не выполнена, письменный отчет не представлен. Результаты, полученные обучающимся, не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Показывается плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений. Лабораторная работа не выполнена, у учащегося отсутствуют необходимые для проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки

### 3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

#### 3.1 Типовые контрольные задания для решения разноуровневых задач (заданий)

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для решения разноуровневых задач.

Образец заданий для решения разноуровневых задач

«Расчёт напряжения и потерь активной мощности на тяговой подстанции постоянного тока 3 кВ»

Задание:

1. Нарисовать принципиальную схему подстанции со схемой выпрямления, написать электрические характеристики понизительного, тягового трансформаторов, преобразовательного агрегата.
2. Рассчитать напряжение холостого хода подстанции.
3. Рассчитать внутреннее сопротивление подстанции.
4. Рассчитать напряжение на тяговых шинах подстанции.
5. Рассчитать и нарисовать внешнюю характеристику подстанции.
6. Рассчитать потери активной мощности и энергии в трансформаторах и её стоимость.

Варианты расчета и электрические характеристики питающей сети, трансформаторов, преобразователей приведены в таблице.

№ п/п	Тип понизительного трансформатора	Тип тягового трансформатора	Схема выпрямления	Вып. ток Id, А	Количество ПА, шт	Мощность КЗ Скз, МВАр
1	ТДТН-16000/110	ТДП-12500/10	Мостовая	3000	1	400
2	ТДТН-25000/110	ТДРУ-16000-10	Нулевая	3000	1	450
3	ТДТН-40000/110	ТДП-16000/10	Мостовая	4000	1	300
4	ТДТН-16000/110	ТДП-12500/10	Мостовая	3500	2	350
5	ТДТН-25000/110	ТМРУ-16000/10	Нулевая	4500	2	600
6	ТДТН-40000/110	ТДП-16000/10	Мостовая	5500	2	650
7	ТДТН-16000/220	ТДП-12500/10	Мостовая	3000	1	500
8	ТДТН-25000/220	ТМРУ-16000/10	Нулевая	4000	1	475
9	ТДТН-40000/220	ТДП-16000/10	Мостовая	5000	1	400
10	ТДТН-16000/220	ТДП-12500/10	Мостовая	3000	2	425

Образец заданий для решения разноуровневых задач  
«Системы тягового электроснабжения переменного тока и режимы их работы»

Задание:

1. Принципиальная схема СТЭ: нарисовать схему, назвать элементы схемы, обозначить токи и напряжения, принцип устройства системы, векторная диаграмма.
2. Преимущества системы 2х25кВ по сравнению с 1х25кВ.
3. Схема питания группы тяговых подстанций от ЛЭП: нарисовать векторные диаграммы первичных и вторичных напряжений, нарисовать схемы присоединения выводов трансформаторов к ЛЭП и тяговой сети.
4. Принципиальная схема тяговой подстанции с однофазными трехобмоточными трансформаторами.
5. Принципиальная схема автотрансформаторного пункта.
6. Принципиальная схема питания потребителей электрической энергии от тяговой подстанции железной дороги, электрифицированной по системе 2х25кВ.

Образец заданий для решения разноуровневых задач  
«Режимы работы тягового трансформатора системы 1х25 кВ»

Задание:

1. Схема питания тяговой сети: нарисовать схему, назвать элементы схемы, обозначить токи и напряжения, назначения элементов схемы.
2. Векторная диаграмма напряжений и линейных токов (плеч питания тяги) по заданному варианту: нарисовать векторную диаграмму напряжений и токов плеч питания тяги в масштабе, определить рабочие и нерабочие фазы, отстающие и опережающие фазы, определить группу соединения обмоток, определить обратный ток (ток отсоса), показать угловые сдвиги между рабочими токами и напряжениями. Причины отставания токов плеч питания от соответствующих напряжений.
3. Определить параметры режима работы тягового трансформатора по векторной диаграмме в масштабе:
  - Построить векторную диаграмму токов обмоток трансформатора и напряжения в масштабе по заданным токам плеч питания тяги и их угловых сдвигов;
  - Определить по векторной диаграмме величины токов в тяговой обмотке трансформатора  $I_A, I_B, I_C$ ;
  - Определить угловые сдвиги токов обмоток относительно соответствующих напряжений  $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_C$ ;
  - Рассчитать активные мощности по фазам  $P_A, P_B, P_C$ ;
  - Рассчитать реактивные мощности по фазам  $Q_A, Q_B, Q_C$ ;
  - Рассчитать полные мощности по фазам  $S_A, S_B, S_C$ .

Мощности по фазам рассчитываются по тяговой обмотке 27,5 кВ по формулам:

  - активная мощность  $P = UI \cos \varphi$ ;

- реактивная мощность  $Q = UI \sin \varphi$ ;
  - полная мощность  $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$ ;
- где  $I$  – ток тяговой обмотки 27,5 кВ;  $U = 27,5$  кВ – номинальное напряжение тяговой обмотки,  $\varphi$  – угловой сдвиг между напряжением  $U$  и током  $I$  обмотки.

4. Определение параметров режима работы тягового трансформатора расчётным путём по формулам:

4.1. Определение модулей токов обмоток тягового трансформатора по комплексному методу расчёта синусоидальных токов.

5. Метод симметрирования тока в трёхфазной сети внешнего электроснабжения 110(220) кВ:

- Условие симметрирования тока в трёхфазной сети;
- Типы подстанций, цикл чередований подстанций по типам, чередования фаз ЛЭП на трансформаторе;
- Схема питания группы тяговых подстанций от ЛЭП с тяговыми трансформаторами по схеме  $Y/\Delta - 11$
- Нарисовать векторные диаграммы напряжений трёх типов подстанций;
- Нарисовать векторные диаграммы напряжений группы тяговых подстанций I, I, II, III, III и определить наиболее загруженные фазы ЛЭП;
- Обеспечить параллельную работу тяговых трансформаторов по контактной сети смежных тяговых подстанций.
- Нарисовать монтажную схему присоединения выводов трансформаторов к ЛЭП и тяговой сети группы тяговых подстанций;

6. Рассчитать сопротивление тягового трансформатора и сети внешнего электроснабжения, приведенное к напряжению 27,5 кВ

7. Нарисовать принципиальную схему электроснабжения потребителей от тяговой подстанции системы тягового электроснабжения 1x25кВ.

### Исходная информация

Исходная информация для расчетов.

Вариант, тип подстанции, первичное напряжение, кВ			Токи плеч питания, А		Мощность трансформат ора, МВА	Угловой сдвиг, гр. эл.		Количество трансформатор ов	Мощн ость КЗ, МВА
			I	II		I	II		
1	I	110	0	1000	40	42	42	1	1000
2	I	220	600	600	40	42	42	1	400
3	I	110	700	600	40	42	42	1	450
4	I	220	800	500	40	42	42	1	500
5	I	110	900	600	40	42	42	1	550
6	I	220	1000	700	40	42	42	1	600
7	I	110	900	800	40	42	42	1	650
8	I	220	800	900	40	42	42	1	700
9	I	110	1000	600	40	42	42	1	750
10	I	220	900	700	40	42	42	1	800

### Образец заданий для решения разноуровневых задач

«Сопротивления тяговой сети постоянного тока 3 кВ и переменного тока 25 кВ»

Сопротивление тяговой сети постоянного тока 3 кВ

Задание:

1. Единицы измерений сопротивления и проводимости для различных систем измерений. Величины удельного сопротивления и проводимости проводниковой меди и алюминия и соотношения между ними.
2. Рассчитать удельные сопротивления Ом/км проводов контактной сети заданной подвески и сравнить с табличными.

3. Рассчитать удельное сопротивление тяговой сети Ом/км для заданного типа подвески по формуле и схеме замещения, по программному комплексу КОРТЭС и сравнить со справочными данными.

4. Рассчитать сопротивление тяговой сети межподстанционной зоны двухпутного участка до места короткого замыкания, ток короткого замыкания, и распределение тока по элементам схемы при заданных параметрах тяговой сети при одностороннем питании по формулам и по программному комплексу КОРТЭС

Вариант	Тип подвески	Тип рельса	Схема питания	Расстояние до КЗ
1	M120+МФ100	P75	Узловая	20 км
2	M120+2МФ100	P65	Узловая	17,5 км 2-ой путь
3	M120+МФ150	P50	Параллельная	12,5 км 2-ой путь
4	M120+2МФ150	P43	Узловая	10 км 2-ой путь
5	M120+МФ100+A185	P75	Параллельная	7,5 км 2-ой путь
6	M120+МФ100+2A185	P65	Узловая	5 км 1-ый путь
7	M120+МФ100+3A185	P50	Узловая	15 км 1-ый путь
8	M120+2МФ100+A185	P43	Параллельная	2,5 км 1-ый путь
9	M120+2МФ100+2A185	P75	Параллельная	10 км 1-ый путь
10	M120+2МФ100+3A185	P65	Параллельная	17,5 км 1-ый путь

Примечание:

1.  $L_{мпз}=20\text{км}$ ,  $L_{пс}=10\text{км}$ ,  $L_{ппс}=5\text{км}$ ; 2.

При расчёте тока КЗ принимается одностороннее питание

Сопротивление тяговой сети переменного тока 25 кВ.

Задание:

1. Нарисовать схему расположения проводов тяговой сети однопутного участка и указать расстояния между ними.

2. Написать формулы эквивалентного и результирующего активного и реактивного сопротивления тяговой сети и расчётные сопротивления токораспределения между проводами контактной сети.

3. Рассчитать сопротивление 1км тяговой сети однопутного участка для заданного типа подвески по формулам, по программному комплексу КОРТЭС сравнить со справочными данными.

4. Рассчитать сопротивление тяговой сети до места короткого замыкания, ток короткого замыкания вручную и по программному комплексу KORTES.

5. Рассчитать токораспределение тока короткого замыкания между проводами контактной сети для заданного типа подвески.

Исходная информация:

1. Площади поперечного сечения рельсов железнодорожного пути: P43-57см<sup>2</sup>, P50-66см<sup>2</sup>, P65-82,5см<sup>2</sup>, P75-93,1см<sup>2</sup>; ширина коллей-1440мм; расстояние между проводами: между НТ и КП - 1,3м, между НТ и УГР - 7.3м, между КП и УГР - 6м.

2. Типы подвески контактной сети и рельсов.

Вариант	Тип подвески контактной сети	Тип рельса	Примечание
1	ПБСМ1-70+МФ-100	P75	
2	ПБСМ1-70+МФ-85	P75	
3	ПБСМ2-70+МФ-100	P75	
4	ПБСМ2-70+МФ-85	P75	
5	ПБСМ1-95+МФ-100	P65	
6	ПБСМ1-95+МФ-85	P65	
7	ПБСМ2-95+МФ-100	P65	
8	ПБСМ2-95+МФ-85	P65	
9	М-95+МФ-100	P50	
10	М-95+МФ-85	P50	

### 3. Параметры системы электроснабжения.

№ п/п	Расстояние до точки КЗ, км	Мощность КЗ на шинах 110, 220 кВ ТП, МВА	Мощность трансформатора ТП, МВА	Напряжение первичной сети, кВ
1	5	50	25	110
2	10	100	40	220
3	15	150	63	110
4	20	200	25	220
5	25	250	40	110
6	30	300	63	220
7	35	350	25	110
8	40	400	40	220
9	45	450	63	110
10	50	500	25	220

#### Образец заданий для решения разноуровневых задач «Расчёт эффективности рекуперации электрической энергии на постоянном токе 3 кВ»

Задание:

Определить избыточную энергию рекуперации, полученную подстанцией А, в приведенной на **рис. 1** схеме питания тяговой сети постоянного тока двухпутного участка. Найти стоимость избыточной энергии за год.

Исходные данные

1. Схема питания - приведена на рис 1;
2. Стоимость электрической энергии  $K_{э} = 2,37$  руб./кВт\*ч;
3. Размеры движения в парах поездов приведены в таблице 1;
4. Коэффициент неравномерности движения  $K_n = 1,15$ ;
5. Минимальный межпоездной интервал приведены в таблице 2;
6. Кривые зависимости получаемой от фидера части поездного тока к времени хода от пути приведены по диаграммам приложение 2.

Таблица 1. Размеры движения в парах поездов

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество пар поездов в сутки	50	60	70	75	80	85	90	95	100	105

Таблица 2. Минимальный межпоездной интервал

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Минимальный интервал, мин	8	6	9	7	8	10	6	7	8	8

#### Образец заданий для решения разноуровневых задач «Определение числовых характеристик параметров режима системы тягового электроснабжения»

Задание:

1. Формы представления статистической информации параметров режима.
2. Числовые характеристики, используемые для анализа параметров режима.
3. Программа расчёта статистических характеристик.

4. Рассчитать числовые характеристики тока или напряжения тяговой сети по заданной информации.
5. Построить статистические плотность, функцию распределения и их аппроксимацию нормальным законом распределения.
6. Выполнить анализ числовых характеристик и статистической плотности и функции распределения.

Образец заданий для решения разноуровневых задач

«Расчёт напряжения на токоприёмнике электровоза при системе тягового электроснабжения постоянного тока 3 кВ»

Задание:

1. Рассчитать среднее напряжение электровоза на условном лимитирующем пропускную способность перегоне и откорректировать пропускную способность межподстанционной зоны участка железной дороги.
2. Рассчитать среднее напряжение на расчётном блок-участке условного лимитирующего пропускную способность перегона, сравнить с нормативным минимально допустимым значением и принять решение необходимости усиления тяговой сети.

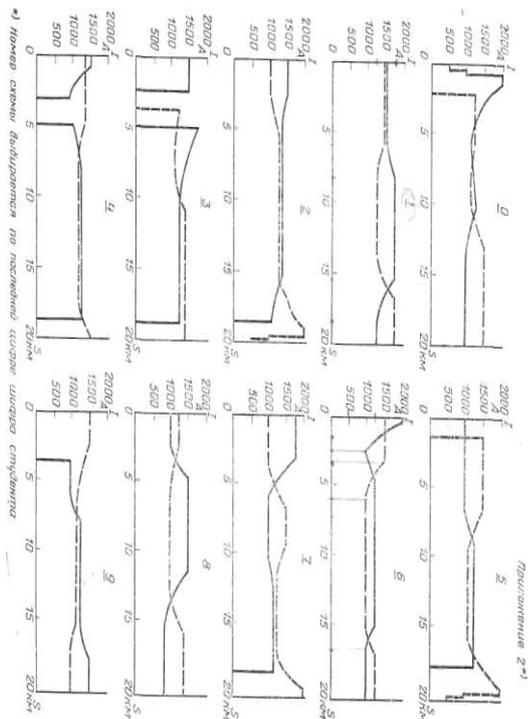
Исходные данные

1. Тип дороги: двухпутная, магистральная, электрифицированная на постоянном токе  $U = 3000 \text{ В}$ ;
2. Напряжение тяговых расчетов  $U_H = 3000 \text{ В}$ ;
3. Схема соединения проводов контактной сети: параллельное соединение;
4. Тип рельсов: Р65;
5. Расчетный путь, сечение проводов тяговой сети и минимальный межпоездной интервал  $\theta_{01}$  мин, при напряжении  $U_H = 3000 \text{ В}$  выбирается по приложению 1 в соответствии с цифрой списка студентов деканата;
6. Кривые зависимости тока от пути, график движения поездов выбираются в соответствии с вариантом по приложению 2 и 3. В приложении даются упрощенные линейные зависимости пути от времени (график движения поездов);
8. Питание контактной сети двустороннее. Тяговые подстанции расположены в начале и конце участка с длиной межподстанционной зоны 20 км.

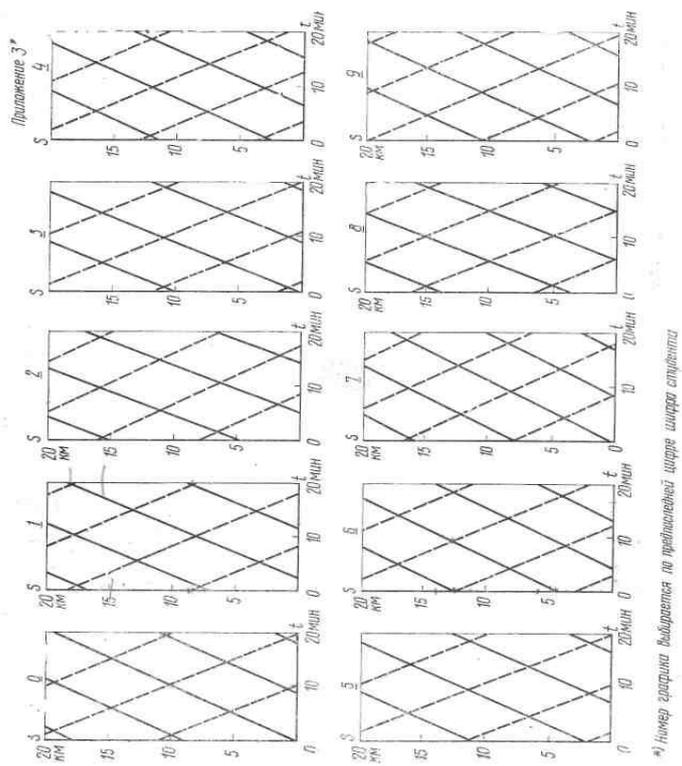
Приложение № 1:

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип подвески	M95 + 2МФ 100	M120 + 2МФ 100	M120 + 2МФ 100	M95 + 2МФ 100	M120 + 2МФ 100	M95 + 2МФ 100	M120 + 2МФ 100	M95 + 2МФ 100	M120 + 2МФ 100	M95 + 2МФ 100
Число усиливающих проводов	1	1	-	-	2	2	-	-	1	1
Расчетный путь	Четный	Нечетный	Четный	Нечетный	Четный	Нечетный	Нечетный	Четный	Нечетный	Нечетный
Минимальный межпоездной	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6

## Приложение № 2: Токопотребление поездом



## Приложение № 3: График движения поездов



Образец заданий для решения разноуровневых задач  
«Расчет несимметрии тока, потерь мощности в трансформаторе и напряжения на тяговой подстанции переменного тока»

Задание:

1. Написать формулы токов прямой и обратной последовательности (в комплексном виде, модуль тока), коэффициента обратной последовательности тока.
2. Нарисовать зависимость коэффициента обратной последовательности тока от соотношения токов в плечах подстанции для трансформаторов Y/Δ-11 и схемы Скотта [  $KI_2 = f(n, n_1)$  при  $\varphi_I = \varphi_{II}$  ].
3. Определить токи прямой и обратной последовательности, коэффициент несимметрии тока.
4. Определить потери мощности в тяговом трансформаторе.
5. Определить напряжение обратной последовательности и коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности на тяговых шинах подстанции. Сравнить с нормативами ГОСТа по качеству электроэнергии и сделать выводы.
6. Нарисовать векторную диаграмму токов и напряжений, токов плеч подстанции, токов фаз трансформатора, токов прямой и обратной последовательности.
7. Написать условие симметрирования тока в фазах трансформатора и питающей сети.
8. Найти схему включения и мощность установок параллельной компенсации для симметрирования токов в фазах трансформатора и питающей сети. Показать на векторной диаграмме возможности симметрирования установками компенсации реактивной мощности.

Исходная информация для расчетов приведена в таблице.

Вариант, тип ТП	Токи плеч питания		Мощность трансформатора, МВА	Угловой сдвиг, гр. эл		Мощность КЗ, МВА	
	I	II		I	II		
1	I	0	600	25	20	60	350
2	II	100	500	25	30	50	400
3	III	200	600	40	40	40	450
4	III	500	500	40	50	30	200
5	II	300	400	25	50	20	250
6	I	400	300	25	60	60	300
7	I	500	600	40	30	50	350
8	II	700	700	40	40	40	450
9	III	100	500	25	50	30	400
10	III	200	400	25	60	20	450

Образец заданий для решения разноуровневых задач  
«Расчет несимметрии тока и напряжения для группы из трех тяговых подстанций переменного тока»

Для группы из трех тяговых подстанций I, II, III типов:

1. Нарисовать схему присоединения тяговых подстанций к ЛЭП и к тяговой сети, векторную диаграмму первичных и вторичных напряжений подстанций.
2. Рассчитать токи обратной последовательности, создаваемые тяговыми подстанциями в системе внешнего электроснабжения, математическим и графическим методами.
3. Рассчитать напряжения обратной последовательности на шинах 110 или 220 кВ всех трех подстанций и коэффициенты обратной последовательности напряжения.
4. Сделать выводы по эффективности симметрирования токов и напряжений в сети внешнего электроснабжения методом фазировки тяговых подстанций.
5. Исходная информация:
  - 5.1 Напряжения ЛЭП- 110кВ, 220кВ.
  - 5.2 Сопротивление одного километра ЛЭП: ЛЭП 110кВ- $Z_0=0.17+j0.377$ ом/км, ЛЭП 220кВ- $Z_0=0.131+j0.434$ ом/км.

5.3 Активные и реактивные составляющие токов плеч питания подстанций приведены в таблице 1.

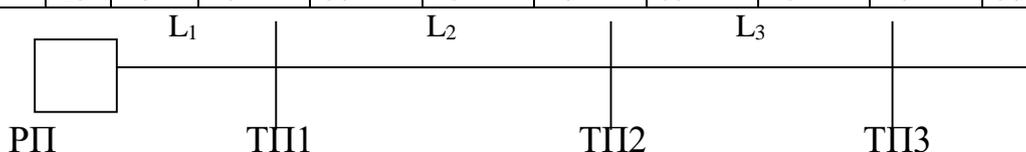
5.5 Расстояние от центра питания до ТП1 и между подстанциями приведены в таблице 2.

Таблица 1

Номер подстанции	Плечи питания		Варианты									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	Ia	300	400	500	600	600	500	400	300	400	500
		Ip	200	250	300	400	400	300	300	200	250	300
	II	Ia	400	500	600	500	400	300	600	500	600	300
		Ip	300	400	300	300	250	200	400	300	350	200
2	I	Ia	500	600	500	600	500	400	500	400	300	400
		Ip	200	350	400	400	300	250	300	250	200	250
	II	Ia	600	500	400	500	600	500	400	300	400	500
		Ip	400	300	300	300	400	350	250	200	300	300
3	I	Ia	300	400	300	400	500	600	500	400	500	600
		Ip	200	250	200	250	300	350	300	250	200	400
	II	Ia	400	300	600	300	400	500	600	500	600	300
		Ip	250	200	400	200	300	300	400	300	400	200

Таблица 2

Вариант		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина участков	L1	60	70	80	90	100	90	80	70	60	50
	L2	35	40	45	50	50	45	40	35	40	45
	L3	40	45	50	45	40	35	45	40	50	40



Образец заданий для решения разноуровневых задач

«Расчет параметров установки параллельной компенсации реактивной мощности тяговой подстанции переменного тока»

Задание:

1. Рассчитать активную и реактивную мощности по плечам тяговой подстанции.
2. Рассчитать мощность установки параллельной компенсации и её параметры.
3. Рассчитать повышение напряжения в точке включения установки компенсации.
4. Рассчитать стоимость активного и реактивного электропотребления и эффективность установок компенсации.
5. Сделать выводы по результатам расчётов.

Исходная информация для расчетов приведена в таблице.

tgφ	Вариант	Токи плеч питания		Мощн. трансф., МВА	Угловой сдвиг,		Мощн. КЗ, МВА	Тип конденсатора:	
		I	II		I	II		1. КС-1,05-50	2. КС-1,05-60
0,25	1	0	700	25	20	60	250	3. КС- 1,05-75	Параметры защитного реактора ФРОМ – 3200/35
	2	100	600	40	30	50	300	4. КС- 1,05-125	
	3	200	500	63	40	40	350		
	4	300	400	25	50	30	400		
	5	400	300	40	60	20	450		
0,3	6	500	200	63	20	60	250	Положение ПБВ	Индуктивность, мГн
	7	600	100	25	30	50	300	1	107
	8	700	0	40	40	40	350	2	99
	9	0	700	63	50	30	400	3	91
	10	100	600	25	60	20	450	4	83

Образец заданий для решения разноуровневых задач  
«Расчет параметров установки продольной емкостной компенсации на тяговой подстанции переменного тока»

Задание:

1. Назначение установки продольной компенсации и методика расчета её параметров.
2. Рассчитать параметры установки продольной компенсации в заземленной фазе и её эффективность.
3. Рассчитать параметры установки продольной компенсации в заземлённой фазе и в фазе с наибольшей нагрузкой и её эффективность.
4. Однолинейная схема установки продольной компенсации и схема её включения.
5. Выводы по результатам расчетов параметров установки компенсации и её эффективности.

Исходная информация для расчетов приведена в таблице.

Вариант	Токи плеч питания		Мощн. трансф., МВА	Угловой сдвиг, гр.эл		Мощн. КЗ, МВА	Примечание
	I	II		I	II		
1	0	700	25	20	60	250	Тип конденсатора: КСП-0,66-40 КСП-0,66-80 КСП – 1.05 –75 КСП – 1,05 -120
2	100	600	40	30	50	300	
3	200	500	63	40	40	350	
4	300	400	25	50	30	400	
5	400	300	40	60	20	450	
6	400	300	25	60	60	300	
7	500	600	40	30	50	350	
8	700	700	40	40	40	450	
9	100	500	25	50	30	400	
10	200	400	25	60	20	450	

Образец заданий для решения разноуровневых задач  
«Определение мощности тяговой подстанций переменного тока»

Исходные данные

Род тока ТП – переменный;

Представление сопротивлений при расчете токов к.з. – в относительных единицах;

Тип ТП и ее номер – отпаечная №3;

Мощность к.з. на вводах опорных подстанций 1 и 5, связывающих их с энергосистемой –  $S_{кз1}=1600 \text{ МВ} \cdot \text{А}$   $S_{кзII}=1400 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ ;

Число фидеров, питающих контактную сеть – 4;

Число фидеров районных потребителей – 6;

Наибольшая мощность, передаваемая по одному фидеру –  $800 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ ;

Номинальная мощность установки поперечной емкостной компенсации –  $3000 \text{ кВар}$ ;

Количество энергии, отпускаемой за год на тягу поездов –  $100 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ ;

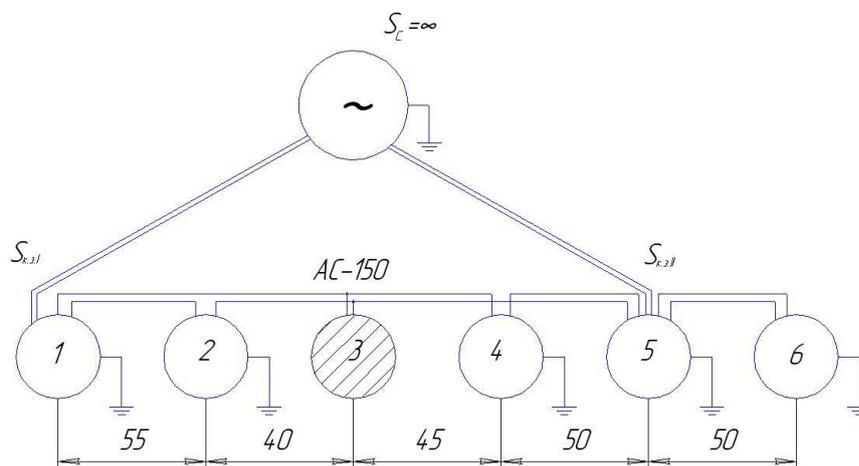


Схема присоединения подстанции к системе внешнего энергоснабжения

### 3.2 Типовые контрольные задания для написания конспекта

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для написания конспектов.

#### Образец тем конспектов

#### «Общие сведения об электрических железных дорогах»

Ежегодно на тягу поездов в России расходуется примерно 5 % электроэнергии от общего потребления ее в народном хозяйстве, дизельного топлива – 13,4 % общего его расхода. На долю топлива и энергии приходится более 20 % себестоимости перевозок. Эти цифры свидетельствуют о важности бережного отношения к электроэнергии и топливу

Электрическая железная дорога по сравнению с другими видами транспорта для выполнения одной и той же перевозочной работы затрачивает меньшее количество энергии. Если принять расход энергии электрических железных дорог за единицу, то остальные виды транспорта находятся в следующем соотношении:

- железнодорожный электрифицированный – 1,00;
- морской – 1,02;
- железнодорожный неэлектрифицированный – 1,40;
- речной – 2,90;
- автомобильный – 14,00

Наибольший технико-экономический эффект от электрической тяги достигается на участках с горным профилем и участках с высокой грузонапряженностью.

Только электрическая тяга может обеспечить рост перевозок в пригородном сообщении крупных городов. Удельный вес пригородного сообщения в стране на электрической тяге в настоящее время превышает 90 %.

Себестоимость перевозок на электрической тяге значительно ниже, особенно в пассажирском и пригородном движении.

Опыт эксплуатации показал, что электрифицированные линии работают более надежно и стабильно, чем линии с тепловозной тягой. Суммарное количество неполадок электровозов и повреждений устройств электроснабжения в 2–2,5 раза меньше числа неполадок тепловозов. Трудоемкость ремонта тепловозов в 2,5–3 раза выше, а стоимость запасных частей для дизельных локомотивов почти в 9 раз превышает стоимость аналогичных деталей электроподвижного состава.

Образец тем конспектов  
«Системы тягового электроснабжения (СТЭ) железных дорог. Преимущества и недостатки систем»

Система электроснабжения электрифицированной железнодорожной дороги состоит: из внешней части системы электроснабжения, включающей в себя устройства выработки, распределения и передачи электрической энергии до тяговых подстанций (исключительно);

тяговой части системы электроснабжения, состоящей из тяговых подстанций линейных устройств и тяговой сети. Тяговая сеть, в свою очередь, состоит из контактной сети, рельсового пути, питающих и отсасывающих линий, а также других проводов и устройств, присоединяемых по длине линии и контактной подвески непосредственно или через специальные автотрансформаторы.

Основным потребителем электрической энергии в тяговой сети является локомотив. Вследствие случайного расположения поездов неизбежны случайные сочетания нагрузок (например, пропуск поездов с минимальным межпоездным интервалом), которые могут существенным образом повлиять на режимы работы системы тягового электроснабжения.

Наряду с этим поезда, удаляющиеся от тяговой подстанции, питаются электрической энергией при более низком напряжении, что влияет на скорость движения поезда и, как следствие, на пропускную способность участка.

Кроме тяговых двигателей, приводящих в движение поезд, на локомотивах имеются вспомогательные машины, выполняющие различные функции. Производительность этих машин также связана с уровнем напряжения на их зажимах. Отсюда следует, что в системах тягового электроснабжения весьма важным является поддержание заданного уровня напряжения в любой точке тяговой сети.

Питание электрифицированного участка железной дороги осуществляется от энергосистемы конкретного региона. Принципиальная схема электроснабжения электрифицированной железной дороги показана на рис. 1.3.

Внешняя система электроснабжения (I) включает в себя электрическую станцию 1, трансформаторную подстанцию 2, линию электропередачи 3. Тяговая система электроснабжения (II) содержит тяговую подстанцию 4, питающие фидеры 5, отсасывающий фидер 6, контактную сеть 7 и тяговый рельс 9 (см. рис. 1.3), а также линейные устройства.

Электроснабжение железных дорог осуществляется по линиям 35, 110, 220 кВ, 50 Гц. Система тягового электроснабжения может быть как постоянного, так и переменного тока.

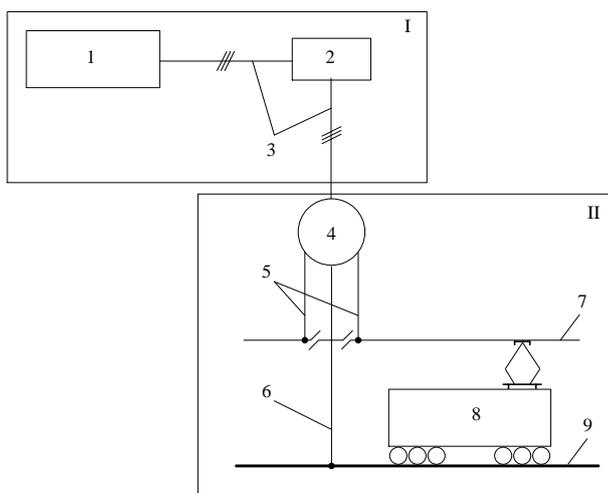


Рис. Принципиальная схема электроснабжения электрифицированной железной дороги: 1 – районная электрическая станция; 2 – повышающая трансформаторная подстанция; 3 – трехфазная линия электропередачи; 4 – тяговая подстанция; 5 – питающая линия (фидер); 6 – отсасывающая линия (фидер); 7 – контактная сеть; 8 – электрический локомотив; 9 – рельсы

На железных дорогах России распространение получили система электроснабжения постоянного тока с напряжением в контактной сети 3 кВ и система электроснабжения переменного тока с напряжением в контактной сети 25 кВ и  $2 \times 25$  кВ, частотой 50 Гц.

Система тягового электроснабжения постоянного тока напряжением 3 кВ

Схема питания электрифицированного участка железной дороги постоянного тока показана на рис. 1.

Питание тяговой сети в большинстве случаев осуществляется от шин 110 (220) кВ через понизительный трансформатор, который обеспечивает снижение напряжения до 10 кВ. К шинам 10 кВ подключен преобразователь, который состоит из тягового трансформатора и выпрямителя. Последний обеспечивает преобразование переменного тока в постоянный напряжением на шинах 3,3 кВ. Контактная сеть подключается к «плюс шине», а рельсы – к «минус шине».

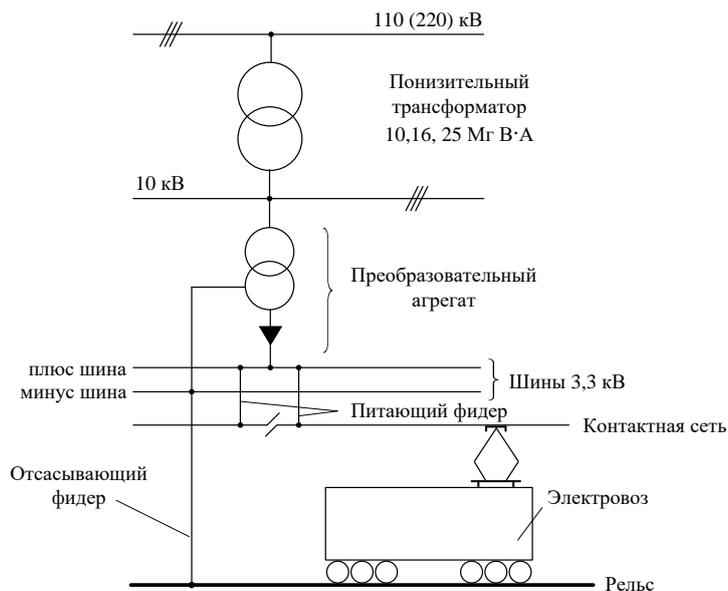


Рис. 1. Принципиальная схема питания электрифицированного участка железной дороги постоянного тока с напряжением в контактной сети 3 кВ

### 3.3 Типовые задания для выполнения лабораторной работы и примерный перечень вопросов для ее защиты

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИргУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Режимы работы тягового трансформатора системы 1х25 кВ»

Цель работы:

- изучение схемы соединения обмоток тягового трансформатора системы 1х25 кВ и токораспределения в фазах обмоток трансформатора;
- изучение основных соотношений между токами обмоток и между мощностями обмоток;
- изучение причин несимметрии тяговой нагрузки для питающей сети.

Вопросы:

- 1) Почему для питания тяговой сети переменного тока 1х25 кВ используется трехфазный трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Δ?

- 2) Почему при чисто активной тяговой нагрузке появляются реактивные мощности в фазах питающей сети? Сохраняется ли при этом закон сохранения реактивной мощности? Каким образом можно скомпенсировать реактивную мощность первичной сети?
- 3) Как определить токи фаз первичной обмотки в простейшем варианте?

Пример задания:

В соответствии с вариантом рассчитайте токи плеч тяговой нагрузки, токи фаз обмоток первичной и вторичной стороны трансформатора, в предположении номинальных напряжений на трансформаторе, а также по одной из представленных расчетных схем в соответствии с таблицами исходных данных

Исходные данные по предпоследней цифре номера варианта

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Схема	1	4	1	4	1	4	1	4	2	3

Исходные данные по последней цифре номера варианта

Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Активное сопротивление нагрузки ЛП, Ом	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
Реактивное сопротивление нагрузки ЛП, Ом	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Активное сопротивление нагрузки ПП, Ом	260	240	220	200	180	160	140	120	100	0
Реактивное сопротивление нагрузки ПП, Ом	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Активная мощность нагрузки ЛП, МВт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Реактивная мощность нагрузки ЛП, Мвар	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Активная мощность нагрузки ПП, МВт	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Реактивная мощность нагрузки ПП, Мвар	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Модуль тока нагрузки ЛП, А	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Угол тока нагрузки ЛП, град.	-37	-38	-39	-40	-41	-40	-39	-38	-37	-36
Модуль тока нагрузки ПП, А	500	450	400	350	300	250	200	150	100	0
Угол тока нагрузки ПП, град.	-100	-101	-102	-103	-102	-101	-100	-99	-98	-97

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Схемы питания нетяговых потребителей при электрификации по системе 1x25 кВ»

Цель работы:

– изучение основных принципов и схем питания нетяговых потребителей электрифицированной железной дороги переменного тока;

–изучение влияния тяговой нагрузки на отклонения и на несимметрию напряжений нетяговых потребителей.

Вопросы:

- 1) Какие варианты схем используются для питания устройств СЦБ?
- 2) Какие варианты схем используются для питания других нетяговых потребителей? В чем отличие таких схем от схем питания устройств СЦБ?
- 3) Как влияет тяговая нагрузка на уровни и несимметрию напряжений нетяговых потребителей?

Пример задания:

По исходным данным нагрузок левого и правого плеч питания тяговой подстанции с помощью расчетной схемы комплекса Fazonord определить параметры режима для четырех случаев, обозначенных в таблице результатов расчёта. .

Исходные данные по номерам вариантов

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_L + jQ_L$ , МВА (узел 44)	4+j1	4+j2	3+j2	4+j3	5+j4	6+j5	7+j5	7+j6	8+j6	8+j5
Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{II} + jQ_{II}$ , МВА (узел 20)	8+j5	8+j6	7+j6	7+j5	6+j5	5+j4	4+j3	3+j2	4+j1	4+j2

Исходные данные, результаты расчетов и моделирования

Параметр	Отсутствие тяговых нагрузок	Наличие тяговой нагрузки левого плеча	Наличие тяговой нагрузки правого плеча	Наличие тяговой нагрузки обоих плеч
$P_L + jQ_L$ , МВА	0		0	
$P_{II} + jQ_{II}$ , МВА	0	0		
$\dot{U}_L$ , кВ (узел 4)				
$\dot{U}_{II}$ , кВ (узел 5)				
$\dot{I}_L$ , А				
$\dot{I}_{II}$ , А				
$\dot{U}_{a\text{ РП}}$ , кВ (узел 33)				
$\dot{U}_{b\text{ РП}}$ , кВ (узел 34)				
$\dot{U}_{c\text{ РП}}$ , кВ (узел 35)				
$\dot{U}_{a\text{ НГ25}}$ , кВ (узел 28)				
$\dot{U}_{b\text{ НГ25}}$ , кВ (узел 29)				
$\dot{U}_{c\text{ НГ25}}$ , кВ (узел 30)				
$\dot{U}_{AB\text{ ПР}}$ , кВ (узел 32)				

Параметр	Отсутствие тяговых нагрузок	Наличие тяговой нагрузки левого плеча	Наличие тяговой нагрузки правого плеча	Наличие тяговой нагрузки обоих плеч
$\dot{U}_{a \text{ НТ10}}$ , кВ (узел 54)				
$\dot{U}_{b \text{ НТ10}}$ , кВ (узел 55)				
$\dot{U}_{c \text{ НТ10}}$ , кВ (узел 56)				
$\dot{U}_{\text{АБ ОМ}}$ , кВ (узел 57)				
$K_{2U}$ , %; узлы 33,34,35				
$K_{2U}$ , %; узлы 28,29,30				
$K_{2U}$ , %; узлы 54,55,56				

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты  
«Фазировка подстанций системы 1x25 кВ»

Цель работы:

- изучение достоинств и недостатков системы тягового электроснабжения 1×25 кВ;
- изучение схем присоединения тяговых трансформаторов системы 1×25 кВ к системе внешнего электроснабжения;
- изучение фазировки напряжений контактной сети в межподстанционных зонах.

Вопросы:

- 1) Каковы достоинства и недостатки системы тягового электроснабжения 1×25 кВ?
- 2) Какие варианты присоединения тяговых трансформаторов системы 1×25 кВ используются на отечественных железных дорогах? Каков порядок чередования фазировки тяговых подстанций?
- 3) Что называют обратной последовательностью напряжений?
- 4) Что называют коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности? Сначала необходимо назвать материальный объект, затем его свойство, характеризующее коэффициентом несимметрии, и только затем дать определение коэффициента несимметрии по обратной последовательности.
- 5) Как тяговая нагрузка влияет на несимметрию токов, потребляемых из сети внешнего электроснабжения, и на несимметрию напряжений на шинах питающего напряжения?

Пример задания:

По исходным данным, с помощью расчетной схемы комплекса Fazonord определить параметры режима мгновенных схем в соответствии с таблицей результатов расчета

Исходные данные по номерам вариантов

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{Л}} + jQ_{\text{Л}}$ , МВА (ЛП)	4+j1	4+j2	3+j2	4+j3	5+j4	6+j5	7+j5	7+j6	8+j6	8+j5
Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{П}} + jQ_{\text{П}}$ , МВА (ПП)	8+j5	8+j6	7+j6	7+j5	6+j5	5+j4	4+j3	3+j2	4+j1	4+j2

Необходимо провести четыре расчета мгновенных схем:

- без тяговых нагрузок;
- в узлах тягового напряжения каждого трансформатора установить только нагрузки левого плеча;
- в узлах тягового напряжения каждого трансформатора установить только нагрузки правого плеча;
- в узлах тягового напряжения каждого трансформатора установить **одинаковые нагрузки левого и правого плеч** (по варианту последней цифры шифра номера)

По данным последнего расчета определить отстающие и опережающие фазы трансформаторов (указав номера узлов в выводах по результатам расчетов).

Исходные данные, результаты расчетов для трансформатора Т1

Параметр	Отсутствие тяговых нагрузок	Наличие тяговой нагрузки левого плеча	Наличие тяговой нагрузки правого плеча	Наличие тяговой нагрузки обоих плеч
$P_{Л} + jQ_{Л}$ , МВА	0		0	
$P_{П} + jQ_{П}$ , МВА	0	0		
$\dot{U}_{АТ}$ , кВ (узел 1)				
$\dot{U}_{ВТ}$ , кВ (узел 2)				
$\dot{U}_{СТ}$ , кВ (узел 3)				
$\dot{U}_{Л}$ , кВ (узел 4)				
$\dot{U}_{П}$ , кВ (узел 5)				
$\dot{I}_{АТ}$ , кВ				
$\dot{I}_{ВТ}$ , кВ				
$\dot{I}_{СТ}$ , кВ				
$\dot{I}_{Л}$ , А				
$\dot{I}_{П}$ , А				
$P_{ГА} + jQ_{ГА}$ , МВА (узел 30)				
$P_{ГВ} + jQ_{ГВ}$ , МВА (узел 31)				
$P_{ГС} + jQ_{ГС}$ , МВА (узел 32)				
$K_{2U}$ , %; узлы 1, 2, 3				

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Исследование системы тягового электроснабжения 2х25 кВ»

Цель работы:

- изучение схемы питания системы тягового электроснабжения 2×25 кВ;
- изучение режимных особенностей системы тягового электроснабжения 2×25 кВ;
- изучение влияния тяговых нагрузок на режим системы внешнего электроснабжения.

Вопросы:

- 1) Какие варианты схем используются для питания устройств СЦБ?

2) Какие варианты схем используются для питания других нетяговых потребителей? В чем отличие таких схем от схем питания устройств СЦБ?

3) Как влияет тяговая нагрузка на уровни и несимметрию напряжений нетяговых потребителей?

Пример задания:

По исходным данным с помощью расчетной схемы 2x25\_.shm определить параметры режима мгновенных схем в соответствии с таблицей параметров режима мгновенной схемы.

Исходные данные по номерам вариантов

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Место расположения нагрузки в МПЗ	Слева	Середина	Справа	Слева	Середина	Справа	Слева	Середина	Справа	Слева
Мощность трехфазной симметричной нагрузки 0.4 кВ Тр ДПР	0.4	0.3+j0.1	0.2+j0.2	0.1+j0.2	0.4	0.3+j0.1	0.2+j0.2	0.1+j0.2	0.4	0.3+j0.1
Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P + jQ$ , МВА	8+j5	8+j6	7+j6	7+j5	6+j5	5+j4	4+j3	3+j2	4+j1	4+j2

Предполагается последовательное расположение тяговой нагрузки в указанном месте каждой МПЗ с проведением расчета режима и заполнением табл. 3.9. При этом тяговая нагрузка на все четыре МПЗ-должна быть одна, а нагрузка стороны 0.4 кВ Тр ДПР во всех случаях одинакова (при заполнении ячеек нагрузки узлов таблицы комплекса Fazopord нужно иметь в виду, что в узлах 93, 94, 95 должно быть по 1/3 трехфазной нагрузки). Для МПЗ-4 варианты «Середина» и «Справа» отвечают нагрузке в узле 91.

Исходные данные и параметры режима мгновенной схемы

Параметр	Отсутствие тяговой нагрузки	Тяговая нагрузка в МПЗ-1	Тяговая нагрузка в МПЗ-2	Тяговая нагрузка в МПЗ-3	Тяговая нагрузка в МПЗ-4
$P + jQ$ , МВА	0				
$\dot{U}_{А ТП1}$ , кВ (узел 7)					
$\dot{U}_{В ТП1}$ , кВ (узел 8)					
$\dot{U}_{С ТП1}$ , кВ (узел 9)					
$K_{2U}$ , %; ТП1, узлы 7, 8, 9					
$\dot{U}_{А ТП2}$ , кВ (узел 16)					
$\dot{U}_{В ТП2}$ , кВ (узел 17)					
$\dot{U}_{С ТП2}$ , кВ (узел 18)					
$K_{2U}$ , %; ТП2, узлы 16,17,18					
$\dot{U}_{А ТП3}$ , кВ (узел 22)					
$\dot{U}_{В ТП3}$ , кВ (узел 23)					
$\dot{U}_{С ТП3}$ , кВ (узел 24)					

Параметр	Отсутствие тяговой нагрузки	Тяговая нагрузка в МПЗ-1	Тяговая нагрузка в МПЗ-2	Тяговая нагрузка в МПЗ-3	Тяговая нагрузка в МПЗ-4
$K_{2U}$ , %; ТПЗ, узлы 22,23,24					
$\dot{U}_{A\text{ ТПЗ}}$ , кВ (узел 28)					
$\dot{U}_{B\text{ ТПЗ}}$ , кВ (узел 29)					
$\dot{U}_{C\text{ ТПЗ}}$ , кВ (узел 30)					
$K_{2U}$ , %; ТПЗ, узлы 28,29,30					
$P + jQ$ , МВА; Тр ДПР					
$\dot{U}_{A\text{ ТрДПР}}$ , кВ (узел 93)					
$\dot{U}_{B\text{ ТрДПР}}$ , кВ (узел 94)					
$\dot{U}_{C\text{ ТрДПР}}$ , кВ (узел 95)					
$K_{2U}$ , %; Тр ДПР, узлы 93,94,95					

Провести имитационное моделирование работы системы при движении поездов. На основании моделирования построить графики временных зависимостей напряжений в трех узлах питающего напряжения трансформатора Тр ДПР и график временной зависимости коэффициента несимметрии напряжений в трех узлах стороны 0.4 кВ трансформатора Тр ДПР.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Изучение метода симметрирования тяговой нагрузки применением схемы Скотта»

Цель работы:

- изучение схем симметрирования двухфазной тяговой нагрузки системы тягового электроснабжения переменного тока;
- изучение режимных особенностей схем симметрирования тяговой нагрузки.

Вопросы:

- 1) Что представляет собой трехфазная система и зачем необходимо соблюдать симметрию ее нагрузки?
- 2) Как определяются коэффициенты несимметрии по току и по напряжению?
- 3) Объясните принципы формирования необходимого углового сдвига в различных схемах симметрирования.
- 4) Почему при движении поездов схемы симметрирования не симметрируют полностью тяговые нагрузки?

Пример задания:

1. По исходным данным табл. 1 с помощью расчетной схемы Схема Скотта.shm определить параметры режима мгновенных схем в соответствии с табл. 2.

Таблица 1

Исходные данные по номерам вариантов

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Регистрируемый параметр	$\dot{I}_{23}$	$\dot{I}_{12}$	$\dot{I}_{42}$	$\dot{I}_{23}$	$\dot{I}_{12}$	$\dot{I}_{42}$	$\dot{I}_{23}$	$\dot{I}_{12}$	$\dot{I}_{42}$	$\dot{I}_{23}$

Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\underline{S}_{Л} = P_{Л} + jQ_{Л}, \text{МВА}$	9+j6	9+j7	8+j7	8+j6	8+j4	6+j5	5+j4	4+j3	5+j5	6+j2

По полученным результатам построить график, аналогичный рис. 1.

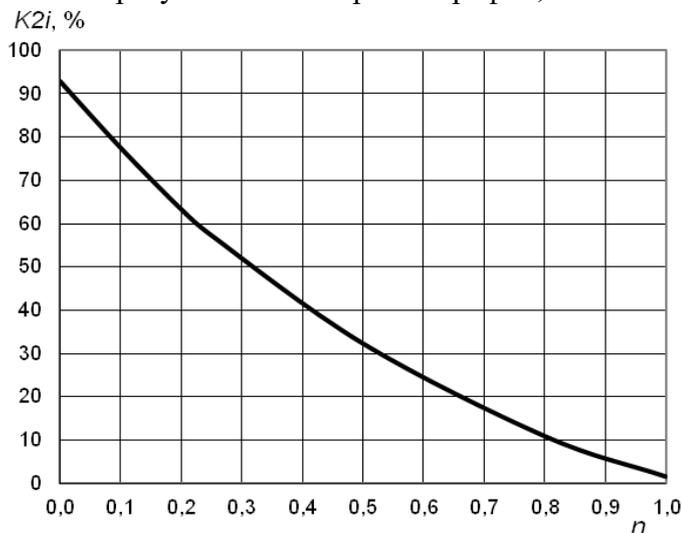


Рисунок 1 - зависимость коэффициента несимметрии токов, потребляемых от внешней сети, от соотношения мощностей нагрузок плеч питания

В качестве величины  $n$  взять соотношение полных мощностей плеч питания.

Таблица 2

Исходные данные и параметры режима мгновенной схемы

Параметр	Нагрузка правого плеча				
	Нет	$0.25 \underline{S}_{Л}$	$0.5 \underline{S}_{Л}$	$0.75 \underline{S}_{Л}$	$\underline{S}_{Л}$
$\underline{S}_{П} = P_{П} + jQ_{П}, \text{МВА}$	0				
Регистрируемый параметр по табл. 3.10					
$\dot{U}_{Л}, \text{А (узел 13)}$					
$\dot{U}_{П}, \text{А (узел 11)}$					
$\dot{I}_{Л}, \text{А (узел 13)}$					
$\dot{I}_{П}, \text{А (узел 11)}$					
$\dot{I}_{А}, \text{А (узел 5)}$					
$\dot{I}_{В}, \text{А (узел 7)}$					
$\dot{I}_{С}, \text{А (узел 9)}$					
$K_{2i}, \%, \text{узлы 5, 7, 9}$					

2. По исходным данным табл. 3 с помощью расчетной схемы ТДТНЖ\_ДСТ.shm определить параметры режима мгновенных схем в соответствии с табл. 4.

Таблица 3

Исходные данные по номерам вариантов

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина ЛЭП, км	30	40	50	60	70	75	60	50	40	70

<b>Последняя цифра номера варианта</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$\underline{S}_Л = P_Л + jQ_Л, \text{ МВА}$	9+j6	9+j7	8+j7	8+j6	8+j4	6+j5	5+j4	4+j3	5+j5	6+j2

По полученным результатам построить график, аналогичный рис. 1. В качестве величины  $n$  взять соотношение полных мощностей плеч питания.

Таблица 4

Исходные данные и параметры режима мгновенной схемы

Параметр	Нагрузка правого плеча				
	Нет	$0.25 \underline{S}_Л$	$0.5 \underline{S}_Л$	$0.75 \underline{S}_Л$	$\underline{S}_Л$
$\underline{S}_П = P_П + jQ_П, \text{ МВА}$	0				
Длина ЛЭП, км					
$\dot{U}_Л, \text{ А (узел 1)}$					
$\dot{U}_П, \text{ А (узел 4)}$					
$\dot{I}_Л, \text{ А (узел 1)}$					
$\dot{I}_П, \text{ А (узел 4)}$					
$\dot{I}_А, \text{ А (узел 12)}$					
$\dot{I}_В, \text{ А (узел 13)}$					
$\dot{I}_С, \text{ А (узел 14)}$					
$K_{2I}, \%$ ; узлы 9, 10, 11					
$K_{2U}, \%$ ; узлы 9, 10, 11					

3. По исходным данным табл. 5 с помощью расчетной схемы 2x25 1x25\_сimm.shm определить параметры режима мгновенных схем в соответствии с табл. 6.

Таблица 5

Исходные данные по номерам вариантов

<b>Предпоследняя цифра номера варианта</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Подстанция	ТП1	ТП2								
<b>Последняя цифра номера варианта</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$\underline{S}_Л = P_Л + jQ_Л, \text{ МВА}$	9+j6	9+j7	8+j7	8+j6	8+j4	6+j5	5+j4	4+j3	5+j5	6+j2

По полученным результатам построить график, аналогичный рис. 1. Коэффициент несимметрии токов определить для ЛЭП 1 при выборе ТП1 и для ТП2 при выборе ТП2. В качестве величины  $n$  взять соотношение полных мощностей плеч питания.

Таблица 6

Исходные данные и параметры режима мгновенной схемы

Параметр	Нагрузка правого плеча				
	Нет	$0.25 \underline{S}_Л$	$0.5 \underline{S}_Л$	$0.75 \underline{S}_Л$	$\underline{S}_Л$
$\underline{S}_П = P_П + jQ_П, \text{ МВА}$	0				
Подстанция					
$\dot{U}_Л, \text{ А (узел 17 или 27)}$					

Параметр	Нагрузка правого плеча				
	Нет	$0.25 \underline{S}_Л$	$0.5 \underline{S}_Л$	$0.75 \underline{S}_Л$	$\underline{S}_Л$
$\dot{U}_П$ , А (узел 23 или 35)					
$\dot{I}_А$ , А (узел 1)					
$\dot{I}_В$ , А (узел 2)					
$\dot{I}_С$ , А (узел 3)					
$K_{2I}$ , %; узлы 1, 2, 3					

4. С помощью файла 2x25\_1x25\_симм.sh2 провести имитационное моделирование работы системы электроснабжения моделируемого участка. Построить векторные диаграммы токов плеч и напряжений и токов, потребляемых из сети внешнего электроснабжения.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Располагаемая мощность трансформаторов с различным соединением обмоток»

Цель работы:

- изучение особенностей несимметричной работы тягового трансформатора;
- изучение токораспределения в обмотках тягового трансформатора.

Вопросы:

- 1) Что называют располагаемой мощностью трансформатора?
- 2) Почему несимметричная нагрузка снижает располагаемую мощность трансформатора?
- 3) От каких факторов зависит коэффициент использования расчетной мощности трансформатора?
- 4) В чем причина отличий коэффициентов использования разных схем?

Пример задания:

1. По исходным данным, с помощью расчетной схемы определить параметры режима обеих схем в соответствии с табл. 2 и 3.

Исходные данные по номерам вариантов

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Регистрируемый параметр	$\dot{I}_{7-11}$	$\dot{I}_{6-11}$	$\dot{I}_{12-13}$	$\dot{I}_{15-13}$	$\dot{I}_{7-11}$	$\dot{I}_{6-11}$	$\dot{I}_{12-13}$	$\dot{I}_{15-13}$	$\dot{I}_{7-11}$	$\dot{I}_{6-11}$
Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\underline{S}_Л = P_Л + jQ_Л$ , МВА	9+j6	9+j7	8+j7	8+j6	8+j4	6+j5	5+j4	4+j3	5+j5	6+j2

По полученным результатам построить графики зависимости коэффициента использования от отношения токов плеч для обеих схем.

Таблица 2

## Исходные данные и параметры режима схемы трансформатора Y/Δ

Параметр	Нагрузка правого плеча				
	Нет	$0.25 \underline{S}_л$	$0.5 \underline{S}_л$	$0.75 \underline{S}_л$	$\underline{S}_л$
$\underline{S}_\Pi = P_\Pi + jQ_\Pi, \text{MBA}$	0				
$k = I_\Pi / I_\Delta$	0				
Регистрируемый параметр по табл. 3.16					
$\dot{U}_\Delta, \text{A (узел 27)}$					
$\dot{U}_\Pi, \text{A (узел 28)}$					
$\dot{I}_\Delta, \text{A (узел 4)}$					
$\dot{I}_\Pi, \text{A (узел 5)}$					
$\dot{I}_A, \text{A (узел 1)}$					
$\dot{I}_B, \text{A (узел 2)}$					
$\dot{I}_C, \text{A (узел 3)}$					
$S_{\text{нагр}}, \text{MBA}$					
$S_{\text{расч}}, \text{MBA}$					
$k_{\text{исп}}, \%$					

Таблица 3

## Исходные данные и параметры режима схемы Скотта

Параметр	Нагрузка правого плеча				
	Нет	$0.25 \underline{S}_л$	$0.5 \underline{S}_л$	$0.75 \underline{S}_л$	$\underline{S}_л$
$\underline{S}_\Pi = P_\Pi + jQ_\Pi, \text{MBA}$	0				
$k = I_\Pi / I_\Delta$	0				
Регистрируемый параметр по табл. 3.16					
$\dot{U}_\Delta, \text{A (узел 25)}$					
$\dot{U}_\Pi, \text{A (узел 26)}$					
$\dot{I}_\Delta, \text{A (узел 24)}$					
$\dot{I}_\Pi, \text{A (узел 22)}$					
$\dot{I}_A, \text{A (узел 16)}$					
$\dot{I}_B, \text{A (узел 18)}$					
$\dot{I}_C, \text{A (узел 20)}$					
$S_{\text{нагр}}, \text{MBA}$					
$S_{\text{расч}}, \text{MBA}$					
$k_{\text{исп}}, \%$					

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Расчет сопротивления и токораспределения в проводах тяговой сети переменного тока»

Цель работы:

- изучение понятий «сопротивление контактной сети», «сопротивление тяговой сети»;
- изучение методики расчётов погонных сопротивлений тяговой сети путем режимных расчетов;
- изучение токораспределения в тяговой сети переменного тока.

Вопросы:

- 1) Что называют сопротивлением резистора? Зачем используется это понятие?
- 2) Что называют сопротивлением тяговой сети и в чем польза этого понятия?
- 3) Что называют сопротивлением контактной сети и зачем оно используется?
- 4) Почему сопротивление тяговой сети одного пути двухпутного участка зависит от режима второго пути?
- 5) Почему различаются токи контактного провода и несущего троса? Почему различаются токи в рельсовых нитях и откуда они появляются, если в расчетной схеме узлы рельсов заземлены и не выведены явно, так что к ним ничего не присоединено?

Пример задания:

По исходным данным с помощью расчетной схемы определить сопротивления тяговой сети и токораспределение в проводах в соответствии с табл. 1.

Исходные данные по номерам вариантов

Предпоследняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Удельная проводимость земли, См/м	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
Последняя цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номера схем	1 и 6	2 и 7	3 и 8	4 и 9	5 и 10	6 и 5	7 и 1	8 и 2	9 и 3	10 и 4

В схемах с двухпутными участками необходимо определить следующие параметры:

- сопротивление 1 км одного пути при заземленных узлах второго пути (что выполнено изначально на схемах 6...10); эта ситуация соответствует также схеме двустороннего питания тяговой сети, поскольку сопротивление источника тягового напряжения мало;
- сопротивление 1 км одного пути при изолированных узлах второго пути; для создания этой ситуации следует активное сопротивление одного из RL-элементов, через которые заземляется контактная сеть второго пути, увеличить примерно до 100000 Ом;
- погонное сопротивление параллельной схемы контактной сети; для этого с помощью двух дополнительных RL-элементов необходимо соединить между собой узлы контактной сети в начале и в конце участка.

Полученные результаты следует сравнить со справочными данными.

Исходные данные и параметры режима схем №№

Параметр	Расчет	Справочные данные
Удельная проводимость земли, См/м		
Погонное сопротивление тяговой сети первой схемы, Ом/км		
Ток источника тока, А		-
Марка первого провода первой схемы		
Ток первого провода первой схемы		
Марка второго провода первой схемы		
Ток второго провода первой схемы		
.....		
Марка <i>n</i> -го провода (рельса) первой схемы		
Ток <i>n</i> -го провода (рельса) первой схемы		
Погонное сопротивление тяговой сети одного пути второй схемы при заземленных узлах второго пути, Ом/км		
Погонное сопротивление тяговой сети одного пути второй схемы при изолированных узлах второго пути, Ом/км		
Погонное сопротивление тяговой сети при запаараллеливании контактных сетей двух путей второй схемы, Ом/км		

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Построение виртуальной модели системы тягового электроснабжения в среде КОРТЭС»

Цель работы:

- научиться создавать виртуальные модели системы тягового электроснабжения и профиля пути в ПК Кортес;
- изучить структуру построения системы тягового электроснабжения 25кВ и 2х25кВ;
- изучить характеристики системы тягового электроснабжения, влияющие на пропускную способность тяговой сети;
- изучить влияние профиля пути на пропускную способность тяговой сети.

Вопросы:

- 1) Какие основные элементы входят в базу данных ПК Кортес?
- 2) Что такое ток короткого замыкания тяговой подстанции? Как он влияет на пропускную способность?
- 3) Каковы основные причины ограниченности пропускной способности тяговой сети?

Пример задания (вар. 1):

- 1) Дать описание характеристикам системы тягового электроснабжения участка Якурим-Киренга (файл Якурим-Киренга.СК2). Сформировать описание исходных данных профиля пути участка (файл Якурим-Киренга.PFK).

2) С помощью подпрограммы «Редактор схем системы 2х25кВ» отредактировать систему тягового электроснабжения, оставить только 3 межподстанционные зоны (4 тяговых подстанции). Охарактеризовать полученный участок. Подобрать контактную сеть с наилучшими параметрами. Убрать устройства компенсации реактивной мощности.

3) С помощью подпрограммы «Редактор профиля пути», опираясь на результаты задания 2, отредактировать профиль пути в соответствии с координатами выбранных межподстанционных зон.

4) Создать две категории грузовых поездов массами 6300 тонн и 12300 тонн.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты  
«Тяговый расчет с электровозом однофазно-постоянного тока»

Цель работы:

- научиться проводить и анализировать тяговый расчет подвижного состава в ПК Кортес;
- определить основные параметры, влияющие на перегрев тягового электродвигателя.

Вопросы:

- 1) Зачем производить тяговый расчет? Какие характеристики влияют на перегрев тягового электродвигателя?
- 2) Что такое рекуперация? Как она влияет на энергоэффективность подвижного состава?
- 3) Чем вызвано наличие реактивных токов в тяговом электродвигателе?

Пример задания (вар 1):

- 1) Используя файлы, полученные в предыдущей лабораторной работе, сформировать задание в подпрограмме «Тяговый расчет». Методом сравнительного анализа, для каждого типа поезда в четном и нечетном направлении определить количество секций локомотивов.
- 2) Проанализировать эффект от включения рекуперации.
- 3) Провести анализ величин активного и реактивного тока тягового электродвигателя для каждого типа поезда в четном и нечетном направлении.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты  
«Формирование графиков движения поездов»

Цель работы:

- научиться формировать суточные графики движения поездов (пакетный, случайный, равномерный) в ПК Кортес;
- изучить основные требования к формированию графиков движения и определению минимального межпоездного интервала движения.

Вопросы:

- 1) Что такое пакетный график движения поездов? В каких случаях его применяют?
- 2) На какие категории делятся поезда при формировании графика движения?
- 3) Как график движения влияет на пропускную способность тяговой сети?

Пример задания (вар 1):

1) Используя файлы, полученные в предыдущей лабораторной работе (профиль пути и тяговый расчет), сформировать в нечетном направлении график движения состоящий из 4 поездов массой 12300 тонн и 10 поездов массой 6300 тонн. Определить минимальный межпоездной интервал. Остальные 66 поездов (доступно максимум 80 поездов в одном направлении в суточном графике) равномерно распределить на оставшиеся сутки.

2) На четном направлении пути сформировать случайный график движения, состоящий из 20 поездов массой 12300 тонн и 60 поездов массой 6300 тонн.

3) Вручную отредактировать график движения с целью уменьшения времени простоя на станциях поездов массой 12300 тонн при их обгоне поездами массой 6300 тонн.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты  
«Применение устройств компенсации реактивной мощности для повышения пропускной способности»

Цель работы:

– определить причины возникновения реактивных токов и сопротивлений и способов борьбы с ними;

– проанализировать эффективность применения параллельных и продольных компенсирующих устройств.

Вопросы:

- 1) Что такое реактивная мощность? Причины и следствия ее возникновения.
- 2) В чем отличия устройств параллельной и продольной компенсации реактивной мощности?
- 3) Что такое перекомпенсация реактивной мощности?

Пример задания (вар 1):

Основываясь на результатах, полученных в предыдущей лабораторной работе, провести анализ применения устройств параллельной и продольной компенсации реактивной мощности. Определить оптимальные, для своего участка, мощности и места расположения этих устройств.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты  
«Анализ пропускной способности тяговой сети»

Цель работы:

– научиться проводить расчет пропускной способности в ПК Кортэс;  
– определить величины, влияющие на ограничение пропускной способности и причины их возникновения.

Вопросы:

- 1) Какие величины влияют на ограничение пропускной способности? Охарактеризуйте причины их неудовлетворительного состояния.
- 2) Что такое энергоэффективность? Какие величины принимаются для анализа энергоэффективности?
- 3) Чем обусловлены потери в тяговой сети?

Пример задания (вар 1):

1) Используя файлы, полученные в предыдущей лабораторной работе (система тягового электроснабжения и график движения), сформировать задание для расчета пропускной способности в течении суток.

2) Произвести расчет. Провести анализ отклонения величин, характеризующих возможность обеспечения требуемой пропускной способности.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты  
«Анализ влияния на пропускную способность участка за счет усиления контактной подвески, трансформаторов»

Цель работы:

– проанализировать эффективность применения типов усиления системы тягового электроснабжения при изменении расположения, мощности или количества этих типов.

Вопросы:

1) Какое влияние оказывает изменение параметров контактной подвески на энергоэффективность и пропускную способность?

2) Какое влияние оказывает применение схем секционирования на энергоэффективность и пропускную способность?

3) Какое влияние оказывает увеличение количества автотрансформаторных пунктов на энергоэффективность и пропускную способность?

4) Какое влияние оказывает увеличение мощности или включение в параллельную работу двух тяговых трансформаторов на энергоэффективность и пропускную способность? Какие требования предъявляются к возможности параллельной работы двух тяговых трансформаторов?

Пример задания (вар 1):

Основываясь на результатах, полученных в предыдущей лабораторной работе, провести анализ применения следующих типов усиления системы тягового электроснабжения по отдельности:

- изменение мощности тягового трансформатора;
- включение в параллельную работу двух тяговых трансформаторов;
- уменьшение полного сопротивления контактной подвески;
- использование усиливающего и экранирующего проводов контактной подвески;
- применение узловой и параллельной схемы секционирования контактной сети;
- установка дополнительных автотрансформаторных пунктов.

Образец заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты

«Применение комплекса технических решений для усиления системы тягового электроснабжения с целью обеспечения необходимой пропускной способности участка»

Цель работы:

– оценить эффективность применения разных вариантов применения комплекса типов усиления системы тягового электроснабжения.

Вопросы:

1) Какие варианты комплексного применения различных типов усиления системы тягового электроснабжения показали наибольшую эффективность? По каким параметрам производилась оценка?

2) Какие условия для строительства новой тяговой подстанции?

3) Можно ли обеспечить необходимую пропускную способность при снижении энергоэффективности?

Пример задания:

Пример задания (вар 1):

Основываясь на результатах анализа, полученных в предыдущих лабораторных работах, предложить три варианта комплексного применения типов усиления системы тягового электроснабжения. Проанализировать их энергоэффективность. Результаты внести в таблицу 1 и 2.

Таблица 1

Результаты применения комплекса мер по повышению необходимой пропускной способности

Участок	Расход энергии		Минимальное напряжение, кВ	Вариант усиления
	полной, кВАр·ч	активной, кВт·ч		
Якурим - Звездная				Без усиления
				1
				2
				3
Звездная - Ния				Без усиления
				1
				2
				3
Ния- Киренга				Без усиления
				1
				2
				3

Таблица 2

Результаты влияния комплекса мер на изменения потерь электроэнергии

Усиление	Расход энергии		Потери в ТТ		Потери в АТ, кВт·ч	Потери в ТС, кВт·ч
	реактивной, кВАр·ч	активной, кВт·ч	Нагрузка, кВт·ч	х.х., кВт·ч		
Без усиления						
1						
2						
3						

### 3.4 Типовые контрольные задания для проведения тестирования

Фонд тестовых заданий по дисциплине содержит тестовые задания, распределенные по разделам и темам, с указанием их количества и типа.

Структура фонда тестовых заданий по дисциплине

Индикатор достижения компетенции	Тема в соответствии с РПД	Характеристика ТЗ	Количество тестовых заданий, типы ТЗ
ПК-4.1	Общие сведения об электрических железных дорогах	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1	Системы тягового электроснабжения (СТЭ) железных дорог. Преимущества и недостатки систем	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1	Схемы соединения обмоток трансформаторов тяговых подстанций переменного тока	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1	Схемы питания группы тяговых подстанций от линии электропередачи. Схемы питания контактной сети	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1	Электроснабжение тяги поездов и секционирование контактной сети	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1	Стыкование участков с различными системами тока. Посты секционирования, пункты параллельного соединения	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1	Питание стационарных потребителей от тяговых подстанций	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.3	Фазировка подстанций системы 1х25 кВ	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Сопротивление тяговой сети при системе постоянного тока и переменного тока	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ

		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Влияние изменений напряжения в тяговой сети на работу электровозов и электрифицированного участка. Рекуперация электрической энергии	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Методы расчёта, основанные на графике движения поездов и по заданным размерам движения	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Основные понятия и положения несимметрии токов и напряжений	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Поперечная и продольная емкостная компенсация	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Выбор параметров силового оборудования тяговых подстанций и сечения проводов контактной сети	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Защита от токов короткого замыкания в тяговой сети	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-4.1 ПК-4.2	Основные способы усиления СТЭ постоянного и переменного тока. Экономия электроэнергии в СТЭ.	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Навык и (или) опыт деятельности/ действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Итого	96 – ОТЗ 96 – ЗТЗ

Полный комплект ФТЗ хранится в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС и обучающийся имеет возможность ознакомиться с демонстрационным вариантом ФТЗ.

Ниже приведен образец типового варианта итогового теста, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

1. Какое напряжение у тягового двигателя ЭПС?

Ответ: 1,5 кВ

2. Какое максимально допустимое напряжение на дорогах постоянного тока при использовании рекуперации

Ответ: 4 кВ

3. Какое минимальное допустимое напряжение на дорогах переменного тока

Ответ: 21 кВ

4. Какое минимальное допустимое напряжение на дорогах постоянного тока

Ответ: 2,7 кВ

5. Какое минимальное напряжение на дорогах переменного тока допускается с разрешения ОАО «РЖД»

Ответ: 21 кВ

6. Какое минимальное напряжение на дорогах постоянного тока допускается с разрешения ОАО «РЖД»?

Ответ: 2,4 кВ

7. Частота работы системы электроснабжения переменного тока напряжением 27,5 кВ

Ответ: 50 Гц

8. Какое максимально допустимое напряжение на дорогах постоянного тока

Ответ: 3,85 кВ

9. Для какой из схем питания и секционирования контактной сети многопутного участка потери напряжения и энергии больше.

Ответ: консольная

10. Для какой из приведенных схем соединения обмоток трансформатора коэффициент несимметрии токов равен 1, при равенстве нагрузок плеч питания.

схема «Скотта»

«звезда-треугольник»

«однофазный»

«открытый треугольник»

11. Для какой из приведенных схем соединения обмоток трансформатора коэффициент несимметрии токов равен 0,5, при равенстве нагрузок плеч питания.

схема «Скотта»

«однофазный»

«звезда-треугольник»

схема МИИТа

12. При каких условиях коэффициент несимметрии токов имеет наименьшее значение.

параллельной работе тяговых трансформаторов  
параллельной схеме соединения контактных подвесок  
минимальном межпоездном интервале  
равенство нагрузок плеч питания

13. Схема соединения обмоток, какого трансформатора приведена

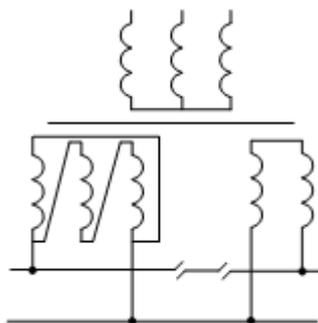


схема «Скотта»  
схема МИИТа  
схема Кюблера  
схема Леблана

14. Схема соединения обмоток, какого трансформатора приведена

#@1

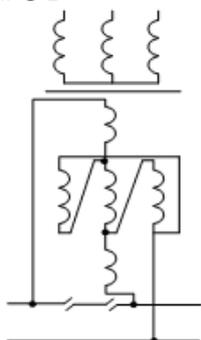


схема «Скотта»  
схема МИИТа  
схема Кюблера  
схема Леблана

15. Схема соединения обмоток, какого трансформатора приведена

#@1

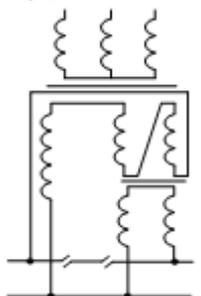


схема «Скотта»  
схема МИИТа  
схема Кюблера

схема Леблана

16. Схема соединения обмоток, какого трансформатора приведена

#@1

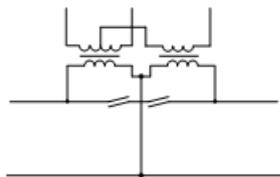


схема «Скотта»

«звезда-треугольник»

«открытый треугольник»

схема МИИТа

17. Схема соединения обмоток, какого трансформатора приведена

#@1

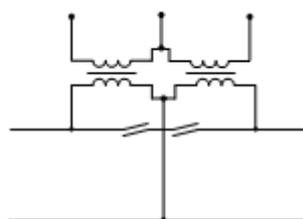


схема «Скотта»

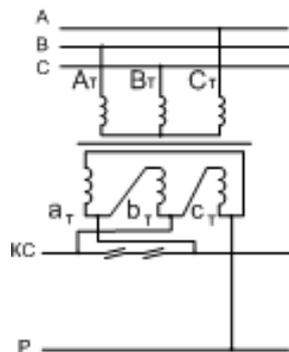
«звезда-треугольник»

«открытый треугольник»

схема МИИТа

18. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке, трансформатора, соединённого по схеме «звезда-треугольник», для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны

#@1



АСВ

ВАС

АВС

СВА

### 3.5 Типовые задания для выполнения курсового проекта и примерный перечень вопросов для его защиты

Типовые задания выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец задания для выполнения курсового проекта и примерный перечень вопросов для его защиты.

#### Образец типового задания для выполнения курсового проекта

##### Задание на курсовой проект

1. Определить мощность тяговой подстанции, выбрать мощность и количество тяговых трансформаторов.
2. Определить экономическое сечение проводов к/с МПЗ для раздельной и узловой схем питания.
3. Рассчитать годовые потери электрической энергии в к/с для этих схем.
4. Провести проверку выбранного сечения проводов к/с по нагреву.
5. Провести технико-экономический расчет для сравнения раздельной и узловой схем питания.
6. Для схемы раздельного питания произвести расчет среднего уровня напряжения в к/с до расчетного поезда на условном перегоне и БУ при максимальном использовании пропускной способности.
7. Рассчитать перегонную пропускную способность с учетом уровня напряжения.
8. Рассчитать минимальный ток к.з. и максимальные рабочие токи двух схем питания. Выбрать схемы защит к/с от к.з.
9. Составить принципиальную схему питания и секционирования к/с расчетного участка.
10. Рассчитать реактивное электропотребление расчетной тяговой подстанции, мощность установки параллельной компенсации и ее параметры.

##### Исходные данные

1. Схема участка с упрощенными тяговыми расчетами (рисунок 1)

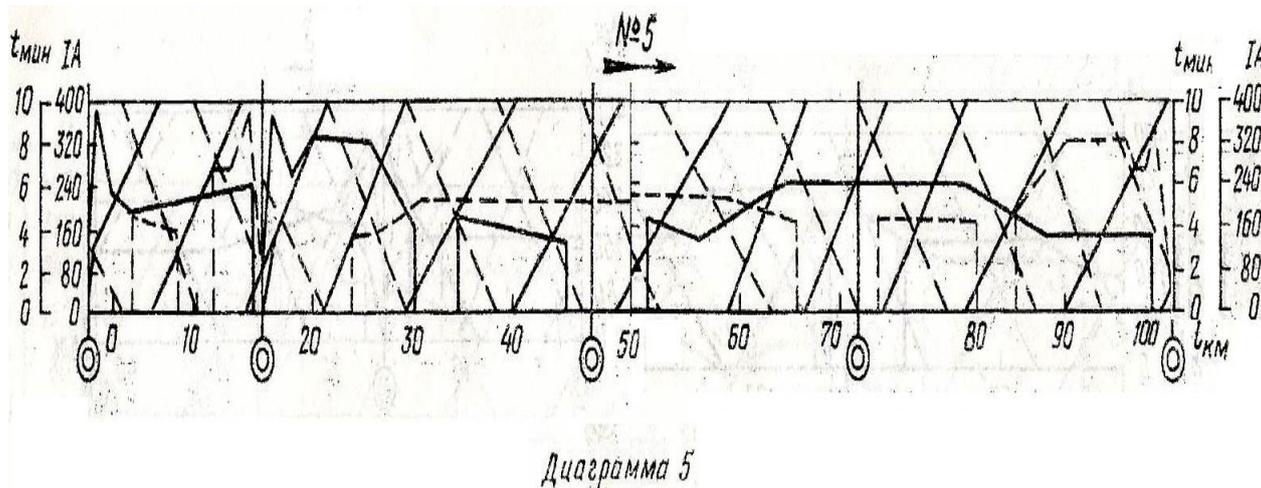


Рисунок 1 – Схема участка с упрощенными тяговыми расчетами

2. Расположение тяговых подстанций:
3. Типы тяговых подстанций 1 2 3
4. ТП1,  $L1 = 2$  км;

5. ТП2,  $L_2 = 48$  км;
6. ТП3,  $L_3 = 96$  км.
7. Число путей - 2
8. Тип рельсов - Р65
9. Тип дорога - магистральная
10. Размеры движения: максимальное число пар поездов в сутки 95
11. Минимальный межпоездной интервал  $\theta = 8$  мин.
12. Номинальное напряжение ТП  $U_{ш} = 27.5$  кВ
13. Продолжительность периода повышенной интенсивности движения  $T_{вос} = 2$  ч
14. Трансформаторная мощность районных потребителей  $S_{рп} = 20$  МВА  
Мощность к.з. на вводах подстанции  $S_{кз} = 1000$  МВА
15. Эквивалентная температура в весенне-летний период и температура в период повышенной интенсивности движения после окна соответственно  $\theta_{охл\delta} = 25$  °С,  
 $\theta_{охл\epsilon} = 35$  °С  
Длительность весенне-летнего периода  $n_{вл} = 250$  сут.
16. Амортизационные отчисления:
  - а) контактная сеть  $a_k = 4.6\%$ ;
  - б) посты секционирования  $a_{п} = 5.5\%$ .

#### Образец типовых вопросов для защиты курсовых проектов

1. Методика расчета тока фидеров контактной сети?
2. Методика расчета среднего и эффективного токов фидера контактной сети?
3. Принцип графического метода расчета мгновенной схемы методом пропорционального деления отрезка?
4. Какие три режима рассматриваются при выборе мощности трансформатора?
5. Условный лимитирующий перегон?
6. С какой целью производят расчет количества последовательных соединенных конденсаторов?
7. Расшифровать тип ректора-ФРОМ-3200/35?

### 3.6 Перечень теоретических вопросов к зачету (для оценки знаний)

Раздел 1. Системы и схемы питания нагрузок на электрифицированных участках железных дорог.

1. Основные преимущества и недостатки систем электрической тяги постоянного тока.
2. Основные преимущества и недостатки систем электрической тяги переменного тока.
3. Основные преимущества и недостатки систем электрической тяги однофазного тока пониженной частоты.
4. Требования, предъявляемые к электроснабжению.
5. Схемы питания нетяговых потребителей.

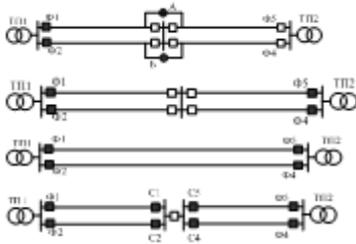
Раздел 2. Электрические параметры тяговой сети. Режим напряжения в тяговой сети

1. Рельсовый путь.
2. Сопротивление проводов и рельсов при постоянном токе без учёта проводимости грунта.
3. Схема замещения рельсовой цепи, вывод основных уравнений  $\phi_x$ ,  $I_{рх}$ .
4. Определение эквивалентного сопротивления рельса.
5. Построение кривых  $\phi_x$  и  $I_{рх}$  при нескольких тяговых подстанциях и нагрузке.
6. Контуры контактной сети и их полное сопротивление.
7. Расчётное сопротивление контактной сети для случая «провод-рельс».

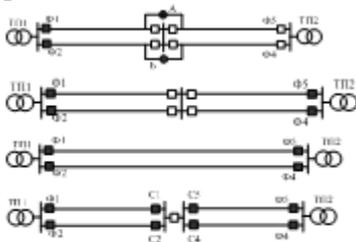
8. Расчётное сопротивление контактной сети для случая «провод-два рельса».
9. Расчётное сопротивление контактной сети для случая «два провода-два рельса».
10. Расчётное сопротивление контактной сети для двухпутного участка при параллельной схеме питания.
11. Расчётное сопротивление контактной сети для двухпутного участка при раздельной схеме питания.
12. Составное сопротивление контактной сети.
13. Эквивалентное приведённое сопротивление контактной сети.

### 3.7 Перечень типовых простых практических заданий к зачету (для оценки умений)

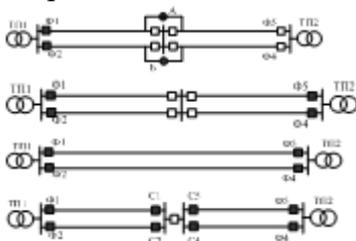
Какая из приведённых схем питания и секционирования контактной сети будет называться встречно–кольцевой.



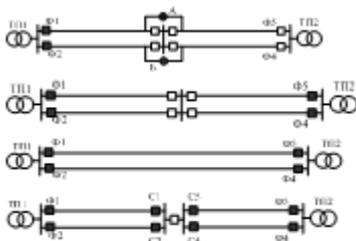
Какая из приведённых схем питания и секционирования контактной сети будет называться раздельной.



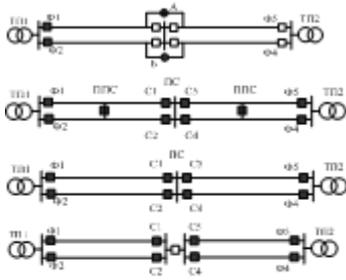
Какая из приведённых схем питания и секционирования контактной сети будет называться встречно–консольной.



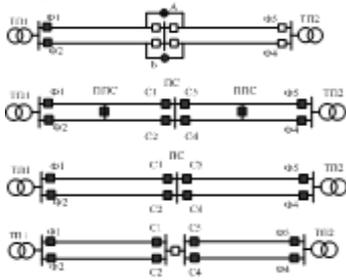
Какая из приведённых схем питания и секционирования контактной сети будет называться консольной



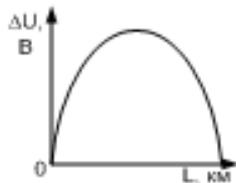
Какая из приведённых схем питания и секционирования контактной сети будет называться узловой.



Какая из приведённых схем питания и секционирования контактной сети будет называться параллельной

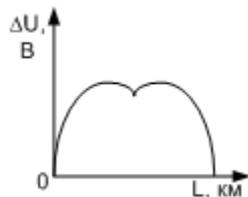


Для какой схемы питания и секционирования контактной сети соответствует приведённый график



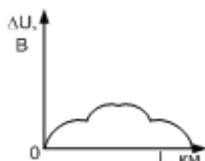
- параллельная двусторонняя
- консольная
- узловая двусторонняя
- раздельная двусторонняя

Для какой схемы питания и секционирования контактной сети соответствует приведённый график



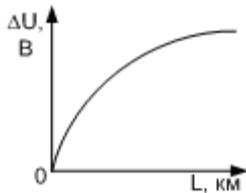
- параллельная двусторонняя
- консольная
- узловая двусторонняя
- раздельная двусторонняя

Для какой схемы питания и секционирования контактной сети соответствует приведённый график



параллельная двусторонняя  
консольная  
узловая двусторонняя  
раздельная двусторонняя

Для какой схемы питания и секционирования контактной сети соответствует приведённый график.



параллельная двусторонняя  
консольная  
узловая двусторонняя  
раздельная двусторонняя

### 3.8 Перечень типовых практических заданий к зачету (для оценки навыков и (или) опыта деятельности)

1. Нарисовать условные обозначения в электрических схемах.
2. Изобразить схемы питания контактной сети однопутного, двухпутного участка.
3. Изобразить принципиальную схему электроснабжения электрической тяги железной дороги первичная (внешняя) часть электроснабжения и Тяговая часть электроснабжения

### 3.9 Перечень теоретических вопросов к экзамену (для оценки знаний)

4. Состояние и тенденции развития электрифицированных железных дорог мира.
5. Этапы электрификации железных дорог России и бывшего СССР.
6. Техничко-экономическая эффективность электрификации железных дорог.
7. Структура электроснабжения железной дороги.
8. Система электроснабжения электрифицированной железной дороги.
9. Система тягового электроснабжения постоянного тока напряжением 3 кВ (принципиальная схема, преимущества, недостатки).
10. Система тягового электроснабжения переменного тока напряжением 15 кВ пониженной частоты (принципиальная схема, преимущества, недостатки).
11. Система тягового электроснабжения переменного тока напряжением 1×25 кВ промышленной частоты (принципиальная схема, преимущества, недостатки).
12. Система тягового электроснабжения переменного тока напряжением 1×25 кВ промышленной частоты с УЭП (принципиальная схема, преимущества, недостатки).
13. Система тягового электроснабжения переменного тока напряжением 2×25 кВ промышленной частоты (принципиальная схема, преимущества, недостатки).
14. Система тягового электроснабжения переменного тока 94 кВ с контактной сетью напряжением 25 кВ по СТЭ-94/25 кВ.
15. Стыкование электрифицированных участков железных дорог с различным уровнем напряжения в тяговой сети или с различными системами тока.
16. Схемы присоединения тяговых подстанций к линиям электропередачи.
17. Схемы питания контактной сети однопутных участков и их технико-экономическое сравнение.

18. Схемы питания контактной сети двухпутных участков и их технико-экономическое сравнение.
19. Схемы соединения обмоток трансформаторов переменного тока. Схема однофазного трансформатора.
20. Тяговые подстанции с однофазными трансформаторами, соединенными по схеме открытого треугольника.
21. Тяговые подстанции с однофазными трансформаторами, соединенными по схеме Скотта.
22. Схема питания тяговой сети трансформатором «звезда–треугольник–11» (Y/Δ-11).
23. Схемы питания группы тяговых подстанций от линии электропередачи (одностороннее и двухстороннее питание).
24. Питание нетяговых потребителей по системе ДПР.
25. Питание устройств СЦБ по односторонней (консольной) схеме питания.
26. Питание устройств СЦБ по встречно-консольной схеме питания.
27. Напряжение на тяговых шинах подстанции постоянного тока 3 кВ.
28. Напряжение на тяговых шинах подстанции переменного тока 27,5 кВ.
29. Тяговые рельсовые цепи.
30. Сопротивление тяговой сети постоянного тока.
31. Модель протекания тока по рельсам и земле и полное сопротивление отдельных контуров тяговой сети переменного тока.
32. Полное расчетное сопротивление тяговой сети. Составное и эквивалентное приведенное сопротивление тяговой сети переменного тока.
33. Воздействие блуждающих токов на металлические подземные сооружения.
34. Возникновение несимметрии токов и напряжений на участках переменного тока.
35. Показатели, характеризующие величину несимметрии токов и напряжений.
36. Последствия несимметрии токов и напряжений.
37. Показатели качества электроэнергии в электрических сетях общего назначения.
38. Показатели качества электроэнергии в системах тягового электроснабжения.
39. Влияние отклонения напряжения на работу ЭПС.
40. Влияние колебания напряжения на работу ЭПС.
41. Влияние уровня напряжения на токоприемнике локомотива на время хода по участку на постоянном токе.
42. Влияние уровня напряжения на токоприемнике локомотива на время хода по участку на переменном токе.
43. Особенности режима напряжения по плечам питания тяговой подстанции переменного тока (схема подключения ТП и её схема замещения; анализ режима напряжения по векторной диаграмме).
44. Определение потерь напряжения на плечах тяговой подстанции ( $\Delta U_L$ ;  $\Delta U_n$ ).
45. Нормативы напряжения для СТЭ.
46. Условия, необходимые для осуществления рекуперации э/э.
47. Особенности работы системы электроснабжения при рекуперации э/э.
48. Работа инверторов на участках постоянного тока при рекуперации э/э.
49. Особенности режима напряжения в тяговой сети при рекуперации э/э на участках переменного тока
50. Методы расчета СТЭ (в чем заключаются методы и их особенности; достоинства и недостатки методов).
51. Расчет мгновенных схем для однопутного участка постоянного тока (одностороннее и двустороннее питание).
52. Расчет мгновенных схем для двухпутного участка постоянного тока (узловое питание).
53. Особенности расчета мгновенных схем для участков переменного тока.
54. Классификация методов расчета СТЭ.
55. Реактивная мощность и ее влияние на режим работы системы тягового электроснабжения.
56. Отрицательные последствия пониженного значения коэффициента мощности на шинах тяговых подстанций переменного тока.

57. Установка поперечной емкостной компенсации.
58. Условия возникновения резонанса напряжений при включении установки поперечной емкостной компенсации.
59. Расчет параметров установки параллельной компенсации.
60. Работа установки продольной емкостной компенсации при включении ее в питающую линию тяговой подстанции.
61. Продольная емкостная компенсация при включении установки в отсасывающую линию тяговой подстанции.
62. Продольная компенсация реактивной мощности. Расчет параметров установки продольной компенсации.
63. Усиление системы тягового электроснабжения. Последовательность усиления.

### **3.10 Перечень типовых простых практических заданий к экзамену** (для оценки умений)

1. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам САВ, при этом левое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы В.
2. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам САВ, при этом левое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы С.
3. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам АВС, при этом левое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы А.
4. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам АВС, при этом левое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы С.
5. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам САВ, при этом правое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы В.
6. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам САВ, при этом правое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы С.
7. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам АВС, при этом правое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы А.
8. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания

подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам ABC, при этом правое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы С.

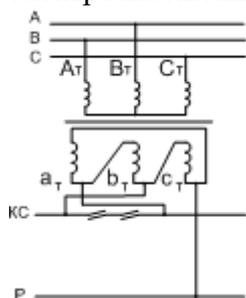
9. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам ВАС, при этом правое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы В.

10. Подключить к фазам системы внешнего электроснабжения трансформатор обмотки которого соединены по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания подстанционной зоны, если первичные обмотки трансформатора подключены к фазам ВАС, при этом правое плечо тяговой подстанции получает питание от фазы С.

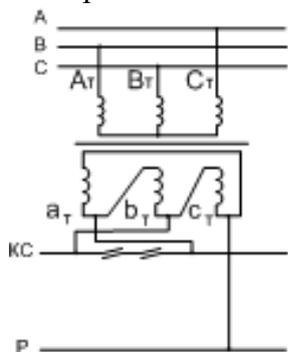
### 3.11 Перечень типовых практических заданий к экзамену

(для оценки навыков и (или) опыта деятельности)

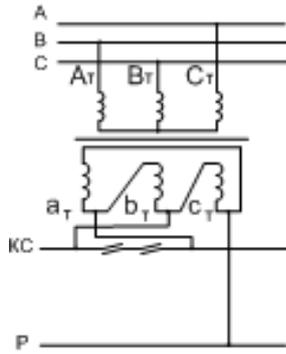
1. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



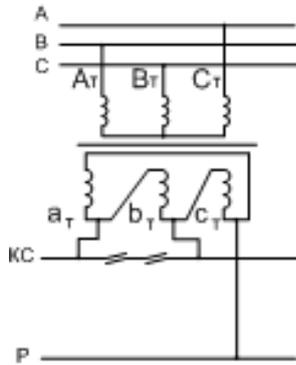
2. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник», для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



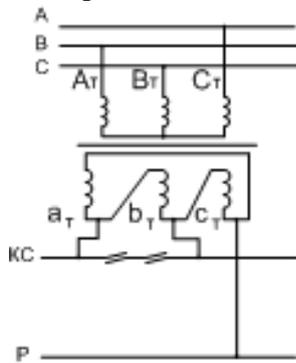
3. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



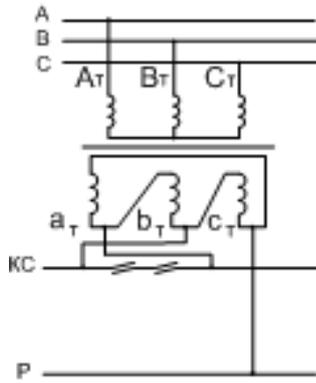
4. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора соединённого по схеме «звезда–треугольник», для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



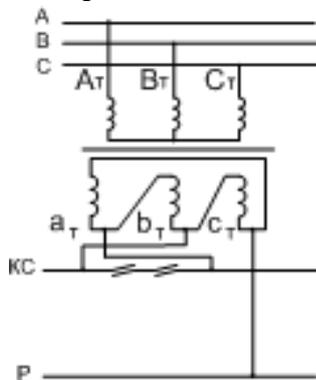
5. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник», для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



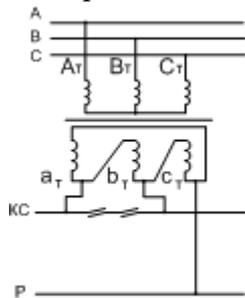
6. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



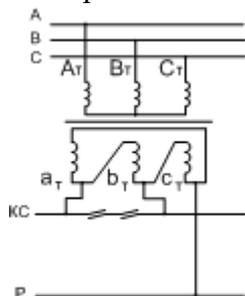
7. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



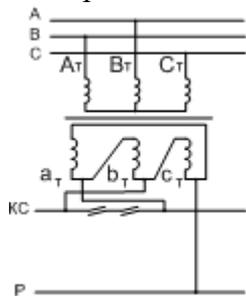
8. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке, трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



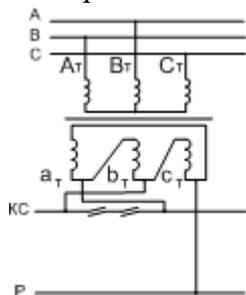
9. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



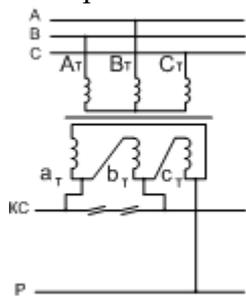
10. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



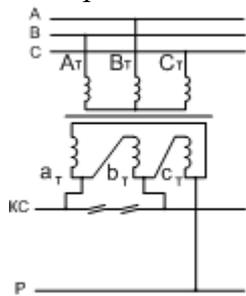
11. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



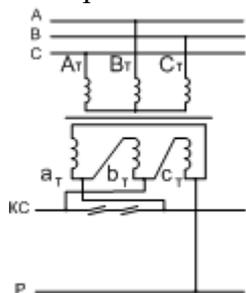
12. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



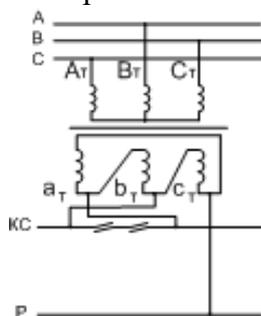
13. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



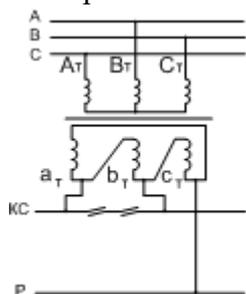
14. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



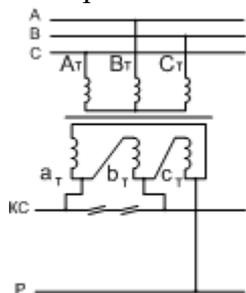
15. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



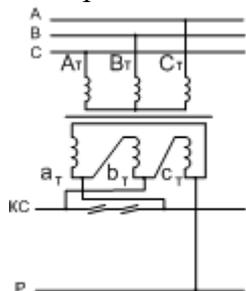
16. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



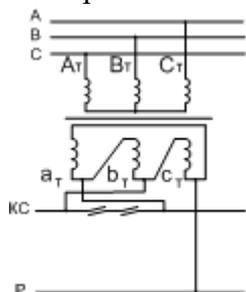
17. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



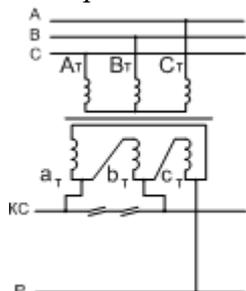
18. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



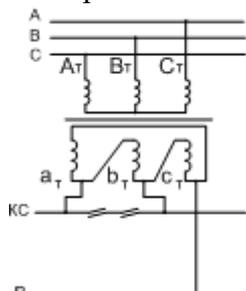
19. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



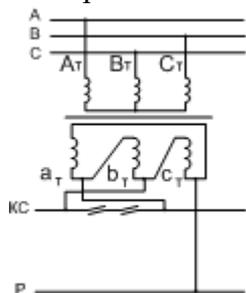
20. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



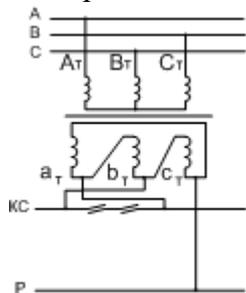
21. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



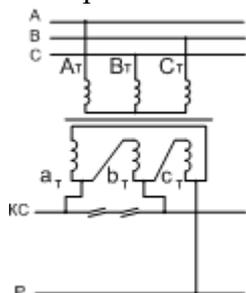
22. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



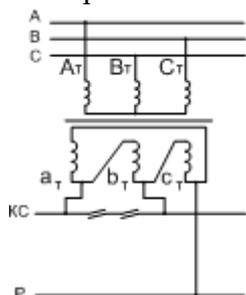
23. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



24. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, следующего справа от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



25. К каким фазам системы внешнего электроснабжения должны быть подключены обмотки, слева от изображенного на рисунке трансформатора, соединённого по схеме «звезда–треугольник» для обеспечения двустороннего питания межподстанционной зоны. Определите напряжение, приложенное в контактную сеть относительно системы внешнего электроснабжения.



#### **4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

В таблице приведены описания процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий и процедур оценивания результатов обучения с помощью оценочных средств в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Разноуровневая задача (задание)	Выполнение разноуровневых задач (заданий), предусмотренных рабочей программой дисциплины, проводятся во время практических занятий. Во время выполнения задач (заданий) разрешается пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций, тетрадами для практических занятий
Конспект	Защита конспектов, предусмотренных рабочей программой дисциплины, проводится во время практических занятий. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся: тему конспектов и требования, предъявляемые к их выполнению и защите
Лабораторная работа	Защита лабораторных работ проводится во время лабораторных занятий. Во время проведения защиты лабораторной работы пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций, тетрадами не разрешено. Преподаватель на лабораторной работе, предшествующей занятию проведения защиты лабораторной работы, доводит до обучающихся: номер защищаемой лабораторной работы, время на защиту лабораторной работы. Преподаватель информирует обучающихся о результатах защиты лабораторной работы сразу после ее контрольно-оценочного мероприятия
Курсовой проект	Ход выполнения разделов курсового проекта в рамках текущего контроля оценивается преподавателем исходя из объемов выполненных работ в соответствие со шкалами оценивания. Преподаватель информирует обучающихся о результатах оценивания выполнения курсового проекта сразу после контрольно-оценочного мероприятия. В ходе защиты курсового проекта обучающийся делает доклад протяженностью 5 – 7 минут. Преподаватель ставит окончательную оценку за курсовой проект после завершения защиты, учитывая уровень его защиты

Для организации и проведения промежуточной аттестации составляются 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.

Перечень теоретических вопросов и типовые практические задания разного уровня сложности для проведения промежуточной аттестации обучающиеся получают в начале семестра через электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС (личный кабинет обучающегося).

#### **Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме зачета и оценивания результатов обучения**

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета преподаватель может воспользоваться результатами текущего контроля успеваемости в течение семестра. С целью использования результатов текущего контроля успеваемости, преподаватель подсчитывает среднюю оценку уровня сформированности компетенций обучающегося (сумма оценок, полученных обучающимся, делится на число оценок).

#### **Шкала и критерии оценивания уровня сформированности компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета по результатам текущего контроля (без дополнительного аттестационного испытания)**

Средняя оценка уровня сформированности компетенций по результатам текущего контроля	Шкала оценивания

Оценка не менее 3,0 и нет ни одной неудовлетворительной оценки по текущему контролю	«зачтено»
Оценка менее 3,0 или получена хотя бы одна неудовлетворительная оценка по текущему контролю	«не зачтено»

Если оценка уровня сформированности компетенций обучающегося не соответствует критериям получения зачета без дополнительного аттестационного испытания, то промежуточная аттестация проводится в форме собеседования по перечню теоретических вопросов и типовых практических задач или в форме компьютерного тестирования.

Промежуточная аттестация в форме зачета с проведением аттестационного испытания проходит на последнем занятии по дисциплине.

При проведении промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования вариант тестового задания формируется из фонда тестовых заданий по дисциплине случайным образом, но с условием: 50 % заданий должны быть заданиями открытого типа и 50 % заданий – закрытого типа.

### **Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме экзамена и оценивания результатов обучения**

Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится путем устного собеседования по билетам или в форме компьютерного тестирования.

При проведении промежуточной аттестации в форме собеседования билеты составляются таким образом, чтобы каждый из них включал в себя теоретические вопросы и практические задания.

Билет содержит: два теоретических вопроса для оценки знаний. Теоретические вопросы выбираются из перечня вопросов к экзамену; два практических задания: одно из них для оценки умений (выбирается из перечня типовых простых практических заданий к экзамену); другое практическое задание для оценки навыков и (или) опыта деятельности (выбираются из перечня типовых практических заданий к экзамену).

Распределение теоретических вопросов и практических заданий по экзаменационным билетам находится в закрытом для обучающихся доступе. Разработанный комплект билетов (25-30 билетов) не выставляется в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, а хранится на кафедре-разработчике фондов оценочных средств.

На экзамене обучающийся берет билет, для подготовки ответа на экзаменационный билет обучающемуся отводится время в пределах 45 минут. В процессе ответа обучающегося на вопросы и задания билета, преподаватель может задавать дополнительные вопросы.

Каждый вопрос/задание билета оценивается по четырехбалльной системе, а далее вычисляется среднее арифметическое оценок, полученных за каждый вопрос/задание. Среднее арифметическое оценок округляется до целого по правилам округления.

При проведении промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования вариант тестового задания формируется из фонда тестовых заданий по дисциплине случайным образом, но с условием: 50 % заданий должны быть заданиями открытого типа и 50 % заданий – закрытого типа.

### **Образец экзаменационного билета**

	<b>Экзаменационный билет № 1</b> <b>по дисциплине «<u>Электроснабжение железных дорог</u>»</b>	Утверждаю: Заведующий кафедрой « _____ » ИрГУПС _____
1. Система тягового электроснабжения переменного тока напряжением 1×25 кВ промышленной частоты (принципиальная схема, преимущества, недостатки) 2. Влияние колебания напряжения на работу ЭПС 3. Продольная компенсация реактивной мощности. Расчет параметров установки продольной компенсации		

