

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ИМПЕРАТОРА ПЕТРА I»**

Агроинженерный факультет

Кафедра электротехники и автоматики

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой

Афоничев Д.Н. 

30 августа 2017 г.

Фонд оценочных средств

по дисциплине Б1.В.15 «Электрооборудование электрических станций и подстанций»
для направления 35.03.06. «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и
электротехнологии в АПК» - прикладной бакалавриат

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Индекс	Формулировка	Разделы дисциплины	
		1	2
ОПК-2	способность к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	+	+
ОПК-3	способностью разрабатывать и использовать графическую техническую документацию	+	+
ОПК-9	готовность к использованию технических средств автоматики и систем автоматизации технологических процессов	+	+
ПК-8	готовность к профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования, и электроустановок.	+	+

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

2.1 Шкала академических оценок освоения дисциплины

Виды оценок	Оценки			
	Академическая оценка по 4-х балльной шкале (экзамен, курсовой проект)	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	хорошо
Академическая оценка по 2-х балльной шкале (зачет)	не зачтено	зачтено		

2.2 Текущий контроль

Код	Планируемые результаты	Раздел дисциплины	Содержание требования в разрезе разделов дисциплины	Технология формирования	Форма оценочного средства (контроля)	№ Задания		
						Пороговый уровень (удовл.)	Повышенный уровень (хорошо)	Высокий уровень (отлично)
ОПК-2	<ul style="list-style-type: none"> - знать основные электрофизические процессы, связанные с работой внешней и внутренней изоляции электроустановок, воздействию грозových и внутренних перенапряжениях и их ограничение; - уметь применять основные естественные законы в своей профессиональной деятельности; - владеть теорией электрических процессов для надежной работы электрооборудования 	1,2	Сформированные и систематические знания необходимы для понимания современного состояния электрификации и автоматизации сельского хозяйства	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа	Устный опрос, тестирование.	Задания Раздел 3.1 вопросы 1-5 Раздел 3.2 вопросы 1-4 Раздел 3.3 вопросы 1-5 Раздел 3.4 тесты №1-10	Задания Раздел 3.1 вопросы 1-5 Раздел 3.2 вопросы 1-4 Раздел 3.3 вопросы 1-5 Раздел 3.4 тесты №1-10	Задания Раздел 3.1 вопросы 1-5 Раздел 3.2 вопросы 1-4 Раздел 3.3 вопросы 1-5 Раздел 3.4 тесты №1-10 №1-18
ОПК-3	<ul style="list-style-type: none"> - знать нормативную техническую документацию, графические редакторы компьютерных устройств; - уметь выполнять 	1,2	Сформированные и систематические знания необходимы для использования в своей деятельности графической технической документации,	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа	Устный опрос, тестирование.	Задания Раздел 3.1 вопросы 6-10 Раздел 3.2 вопросы 5-8 Раздел 3.3 вопросы 6-10 Раздел 3.4	Задания Раздел 3.1 вопросы 6-10 Раздел 3.2 вопросы 5-8 Раздел 3.3 вопросы 6-10 Раздел 3.4	Задания Раздел 3.1 вопросы 6-10 Раздел 3.2 вопросы 5-8 Раздел 3.3

	<p>схемы и планы технической документации, читать и понимать графическую часть документации;</p> <p>- владеть компьютерными программами для построения чертежей, методами разработки схем, чертежей и графиков.</p>		<p>грамотного чтения и понимания электрических схем станций и подстанций, линий электроснабжения.</p>			тесты №11-20	тесты №11-20	вопросы 6-10 Раздел 3.4 тесты №11-20
ОПК-9	<p>- знать способы получения, обработки и применения информации, технические средства автоматизации и систем автоматизации;</p> <p>- уметь проводить выбор, расчет и настройку систем автоматизации, выполнять монтаж, эксплуатацию и модернизацию систем автоматизации.</p> <p>- владеть методиками выбора схем автоматического управления, навыками отладки, настройки</p>	1,2	<p>Сформированные и систематические знания необходимы для применения в профессиональной деятельности устройств автоматического управления и защиты.</p>	<p>Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа</p>	<p>Устный опрос, тестирование.</p>	<p>Задания Раздел 3.1 вопросы 11-20 Раздел 3.2 вопросы 9-11 Раздел 3.3 вопросы 11-20 Раздел 3.4 тесты №21-35</p>	<p>Задания Раздел 3.1 вопросы 11-20 Раздел 3.2 вопросы 9-11 Раздел 3.3 вопросы 11-20 Раздел 3.4 тесты №21-35</p>	<p>Задания Раздел 3.1 вопросы 11-20 Раздел 3.2 вопросы 9-11 Раздел 3.3 вопросы 11-20 Раздел 3.4 тесты №21-35</p>

	и ремонта систем автоматизации.							
ПК-8	- знать: основные конструкции, области применения и принципы действия электрических установок низкого (до 1 кВ) и высокого (выше 1 кВ) напряжения в электрооборудовании и электротехнологии в АПК; способы получения, преобразования и распределения электрической энергии в электротехнологии АПК; структурные схемы электрических станций и подстанций, схемы главных соединений; схемы электроснабжения собственных нужд электрических станций и подстанций в АПК; работу схем распределительных устройств при оперативных переключениях в эле-	1,2	Сформированные и систематические знания необходимы для работы на станциях, подстанциях, линиях электропередачи, повышения энергетической эффективности и надежности систем электроснабжения, электрооборудования и электротехнологий в АПК	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа	Устный опрос, тестирование.	Задания Раздел 3.1 вопросы 21-40 Раздел 3.2 вопросы 12-27 Раздел 3.3 вопросы 21-49 Раздел 3.4 тесты №36-64	Задания Раздел 3.1 вопросы 21-40 Раздел 3.2 вопросы 12-27 Раздел 3.3 вопросы 21-49 Раздел 3.4 тесты №36-64	Задания Раздел 3.1 вопросы 21-40 Раздел 3.2 вопросы 12-27 Раздел 3.3 вопросы 21-49 Раздел 3.4 тесты №36-64

<p>ктрооборудовании АПК; - уметь: рассчитывать максимальные значения напряжений (перенапряжений), возникающих в процессе эксплуатации электрооборудования в АПК; выполнять оценку электрической прочности изоляционных конструкций; рассчитывать токи трехфазного короткого замыкания, возникающие в электрооборудовании АПК; осуществлять выбор электрических аппаратов, выполнять их проверку на электродинамическую и термическую стойкость; обоснованно выбирать схемы главных электрических соединений электростанций и подстанций в электро-технологиях АПК.</p>							
--	--	--	--	--	--	--	--

<p>- иметь навыки: отладки, настройки и ремонта электрооборудования подстанций; выбора, модернизации и повышения эффективности электрооборудования АПК.</p>							
---	--	--	--	--	--	--	--

2.3 Промежуточная аттестация

Код	Планируемые результаты	Технология формирования	Форма оценочного средства (контроля)	№ Задания		
				Пороговый уровень (удовл.)	Повышенный уровень (хорошо)	Высокий уровень (отлично)
ОПК-2	<ul style="list-style-type: none"> - знать основные электрофизические процессы, связанные с работой внешней и внутренней изоляции электроустановок, воздействию грозовых и внутренних перенапряжениях и их ограничение; - уметь применять основные естественные законы в своей профессиональной деятельности; - владеть теорией электрических процессов для надежной работы электрооборудования 	Лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа	Экзамен, зачет, курсовой проект.	Задания Раздел 3.1 вопросы 1-5 Раздел 3.2 вопросы 1-4 Раздел 3.3 вопросы 1-5 Раздел 3.4 тесты №1-10	Задания Раздел 3.1 вопросы 1-5 Раздел 3.2 вопросы 1-4 Раздел 3.3 вопросы 1-5 Раздел 3.4 тесты №1-10	Задания Раздел 3.1 вопросы 1-5 Раздел 3.2 вопросы 1-4 Раздел 3.3 вопросы 1-5 Раздел 3.4 тесты №1-10
ОПК-3	<ul style="list-style-type: none"> - знать нормативную техническую документацию, графические редакторы компьютерных устройств; - уметь выполнять схемы и планы технической документации, читать и понимать графическую часть документации; - владеть компьютерными программами для построения чертежей, методами разработки схем, чертежей и графиков. 	Лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа	Экзамен, зачет, курсовой проект.	Задания Раздел 3.1 вопросы 6-10 Раздел 3.2 вопросы 5-8 Раздел 3.3 вопросы 6-10 Раздел 3.4 тесты №11-20	Задания Раздел 3.1 вопросы 6-10 Раздел 3.2 вопросы 5-8 Раздел 3.3 вопросы 6-10 Раздел 3.4 тесты №11-20	Задания Раздел 3.1 вопросы 6-10 Раздел 3.2 вопросы 5-8 Раздел 3.3 вопросы 6-10 Раздел 3.4 тесты №11-20
ОПК-9	<ul style="list-style-type: none"> - знать способы получения, обработки и применения информации, технические средства автоматизации и систем автоматизации; - уметь проводить выбор, расчет и настройку систем автоматизации, выполнять монтаж, эксплуатацию и модернизацию систем автоматизации. - владеть методиками выбора схем автоматического управления, навыками отладки, настройки и ремонта систем автоматизации. 	Лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа	Экзамен, зачет, курсовой проект.	Задания Раздел 3.1 вопросы 11-20 Раздел 3.2 вопросы 9-11 Раздел 3.3 вопросы 11-20 Раздел 3.4 тесты №21-35	Задания Раздел 3.1 вопросы 11-20 Раздел 3.2 вопросы 9-11 Раздел 3.3 вопросы 11-20 Раздел 3.4 тесты №21-35	Задания Раздел 3.1 вопросы 11-20 Раздел 3.2 вопросы 9-11 Раздел 3.3 вопросы 11-20 Раздел 3.4 тесты №21-35
ПК-8	- знать: основные конструкции, области применения и принципы действия электродвигателей;	Лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа	Экзамен, зачет, курсовой проект.	Задания Раздел 3.1	Задания Раздел 3.1	Задания Раздел 3.1

	<p>трических установок низкого (до 1 кВ) и высокого (свыше 1 кВ) напряжения в электрооборудовании и электротехнологии в АПК; способы получения, преобразования и распределения электрической энергии в электротехнологии АПК; структурные схемы электрических станций и подстанций, схемы главных соединений; схемы электроснабжения собственных нужд электрических станций и подстанций в АПК; работу схем распределительных устройств при оперативных переключениях в электрооборудовании АПК;</p> <p>- уметь: рассчитывать максимальные значения напряжений (перенапряжений), возникающих в процессе эксплуатации электрооборудования в АПК; выполнять оценку электрической прочности изоляционных конструкций; рассчитывать токи трехфазного короткого замыкания, возникающие в электрооборудовании АПК; осуществлять выбор электрических аппаратов, выполнять их проверку на электродинамическую и термическую стойкость; обоснованно выбирать схемы главных электрических соединений электростанций и подстанций в электротехнологиях АПК.</p> <p>- иметь навыки: отладки, настройки и ремонта электрооборудования подстанций; выбора, модернизации и повышения эффективности электрооборудования АПК.</p>	<p>занятия, самостоятельная работа</p>	<p>курсовой проект.</p>	<p>вопросы 21-40 Раздел 3.2 вопросы 12-27 Раздел 3.3 вопросы 21-49 Раздел 3.4 тесты №36-64</p>	<p>вопросы 21-40 Раздел 3.2 вопросы 12-27 Раздел 3.3 вопросы 21-49 Раздел 3.4 тесты №36-64</p>	<p>вопросы 21-40 Раздел 3.2 вопросы 12-27 Раздел 3.3 вопросы 21-49 Раздел 3.4 тесты №36-64</p>
--	--	--	-------------------------	--	--	--

2.4 Критерии оценки на экзамене, и защите курсового проекта.

Оценка экзаменатора, уровень	Критерии
«отлично», высокий уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, и материала курсового проекта, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы
«хорошо», повышенный уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, и материала курсового проекта, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты.
«удовлетворительно», пороговый уровень	Обучающийся показал знание основных положений учебной дисциплины, и материала курсового проекта, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной
«неудовлетворительно»,	При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины и материала курсового проекта, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины

2.5 Критерии оценки на зачёте.

Оценка, уровень	Критерии
Зачтено, высокий уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы
Зачтено, повышенный уровень	Обучающийся показал прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты.
Зачтено, пороговый уровень	Обучающийся показал знание основных положений учебной дисциплины, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой

Не зачтено	При ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины
------------	--

2.6 Критерии оценки устного опроса.

Оценка	Критерии
«отлично»	выставляется обучающемуся, если он четко выражает свою точку зрения по рассматриваемым вопросам, приводя соответствующие примеры
«хорошо»	выставляется обучающемуся, если он допускает отдельные погрешности в ответе
«удовлетворительно»	выставляется обучающемуся, если он обнаруживает пробелы в знаниях основного учебно-программного материала
«неудовлетворительно»	выставляется обучающемуся, если он обнаруживает существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины

2.7 Критерии оценки тестов

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки	Показатель оценки сформированной компетенции
Пороговый	Обучающийся воспроизводит термины, основные понятия, способен узнавать языковые явления.	Не менее 55 % баллов за задания теста.
Продвинутый	Обучающийся выявляет взаимосвязи, классифицирует, упорядочивает, интерпретирует, применяет на практике пройденный материал.	Не менее 75 % баллов за задания теста.
Высокий	Обучающийся анализирует, оценивает, прогнозирует, конструирует.	Не менее 90 % баллов за задания теста.
Компетенция не сформирована		Менее 55 % баллов за задания теста.

2.8 Допуск к сдаче зачета

1. Посещение лекций. Допускается один пропуск без предъявления справки.
2. Посещение лабораторных занятий. В случае пропуска обязательная отработка.
3. Сдача всех лабораторных работ.
4. Выполнение заданий самостоятельной работы.

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

3.1 Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Основные виды электрической изоляции ВЛ и РУ.
2. Напряжения, воздействующие на изоляцию.
3. Пробой воздушных промежутков.
4. Общие сведения о пробое диэлектриков.
5. Виды токов в изоляции.
6. Диэлектрические потери и угол диэлектрических потерь.
7. Испытания внешней изоляции.
8. Форма апериодического импульса.
9. Конструкция изоляторов.
10. Методы контроля изоляторов.
11. Выбор конструкции фазы ВЛ.
12. Общие представления о внутренней изоляции.
13. Основные виды внутренней изоляции.
14. Пробой жидких диэлектриков.
15. Пробой твердых диэлектриков.
16. Изоляция кабельных линий. Кабельные муфты.
17. Молния. Развитие грозового разряда.
18. Форма грозового импульса.
19. Зоны защиты молниеотводов.
20. Разрядники трубчатые и вентильные. Конструкция, назначение, принцип работы.
21. Классификация электрических аппаратов.
22. Переключатели, рубильники. Их выбор.
23. Контактторы, магнитные пускатели. Их выбор.
24. Электромагнитные реле (напряжения, тока). Их выбор.
25. Тепловое реле. Их выбор.
26. Автоматические выключатели. Их выбор.
27. Предохранители. Их выбор.
28. Расчёт токов трёхфазного короткого замыкания (КЗ) в электроустановках свыше 1 кВ.
29. Электродинамическое действие токов короткого замыкания.
30. Термическое действие токов короткого замыкания.
31. Выключатели (масляные, воздушные, элегазовые, вакуумные). Их выбор.
32. Разъединители, короткозамыкатели, отделители. Их выбор.
33. Измерительные трансформаторы (тока и напряжения). Их выбор.
34. Радиальные схемы главных соединений.
35. Кольцевые схемы главных соединений.
36. Схемы 3/2 и 4/3 выключателя на соединение.
37. Упрощённые схемы РУ.
38. Структурные схемы электростанций и подстанций.

-
39. Главные схемы электростанций и подстанций.
40. Схемы электроснабжения собственных нужд подстанций.

Практические задачи.

Задача 1. Выбрать дугогасящий реактор для компенсации емкостного тока сети 10 кВ, присоединенной к шинам подстанции. Емкостный ток кабельной сети, присоединенной к секции $K1$ - 12 А, к секции $K2$ - 14 А. Секционный выключатель QK нормально отключен.

Задача 2. Решить вопрос о необходимости компенсации емкостных токов в сеть 35 и 10 кВ, выбрать при необходимости типы дугогасящих реакторов и места их установки в схеме. Линии 35 кВ - воздушные на железобетонных опорах, длина линий: $W4$ - 20 км, $W5$ - 10 км, $W6$ - 15 км, $W7$ - 16 км. Линии 10 кВ кабельные, длина линий: $W1$ - 7 км, $W2$ - 12 км, $W3$ - 9 км. При определении емкостных токов сети рассмотреть различные режимы работы секционных выключателей $QK1$, $QK2$, $QK3$ («включено» или «отключено»).

Задача 3. Выбрать мощность автотрансформатора напряжением 220/110/15,75 кВ, включенного в блок с генератором 200 МВт, $\cos\varphi = 0.85$. Мощность генератора передается в сеть 220 кВ, кроме того, из сети 110 кВ в сеть 220 кВ передается 120 МВт $\cos\varphi = 0,92$.

Задача 4. Выбрать автотрансформатор на подстанции для передачи мощности из сети 220 кВ в сеть 110 кВ ($P_C = 150$ МВт, $Q_C = 110$ Мвар), а также для выдачи реактивной мощности синхронного компенсатора, присоединенного к обмотке НН автотрансформатора. $P_B = 150$ МВт, $Q_B = 60$ Мвар, $Q_{GC} = 50$ Мвар.

Задача 5. Выбрать автотрансформатор на узловой подстанции для передачи мощности из сети 500 кВ в сеть 220 кВ: $P_C = 250$ МВт, $Q_C = 130$ Мвар.

Задача 6. Выбрать число и мощность трансформаторов на узловой подстанции 220/110/35/10 кВ. Нагрузки $P_{110} = 124$ МВт, $\cos\varphi = 0,9$; $P_{35} = 53$ МВт, $\cos\varphi = 0.85$; $P_{10} = 20$ МВт, $\cos\varphi = 0,8$. Разработать структурную схему подстанции.

Задача 7. Выбрать токоограничивающие реакторы для установки на вводах 10,5 кВ автотрансформаторов на подстанции 33011С 10 5 кВ. Проверить реакторы на термическую и электродинамическую стойкость.

Исходные данные: максимальная мощность нагрузки, подключенной к шинам 10,5 кВ подстанции $S_{\max}^{U_3} = 52$ МВ·А; количество кабельных линий $n_{kW} = 24$; тип выключателей, установленных в КРУ – ВБПЭ – 10.31.5УЗ ($I_{откл\ ном} = 31,5$ кА, $t_{с.в. откл} = 0.06$ с); сечение жил отходящих кабельных линий $q_{станд} = 185$ мм²; начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ до реактора (точка $K1$) $I_{n0}^{K1} = 37$ кА.

Задача 8. Произвести расчет сопротивлений двухобмоточного трансформатора ТДН – 10000/110/11: $S_{ном\ T} = 10$ МВА, $U_{ном\ B} = 115$ кВ $\pm 16\%$ (± 9 ступеней); $U_{ном\ H} = 11$ кВ, $u_{k(-PO)} = 10,49\%$, $u_{k\ ном} = 10,5\%$, $u_{k(+PO)} = 11,73\%$. Сопротивления определить при

номинальных данных, при крайней ступени «отрицательного» регулирования и при 6-й ступени ($N = 6$) «положительного» регулирования.

Задача 9. Произвести расчет сопротивлений обмоток двухобмоточного трансформатора ТРДН-32000/220/11-11: $S_{номТ} = 32 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $U_{номВ} = 230 \text{ кВ} \pm 12\%$; $U_{номН} = 11 \text{ кВ} \pm 11\%$; $u_{к(-РО)} = 11,6 \%$, $u_{к ном} = 12 \%$, $u_{к(+РО)} = 12,7 \%$. Определить $x_{Тном}$, $x_{Т(-РО)}$, $x_{Т(+РО)}$, отнесенное к $U_{max c} = 252 \text{ кВ}$.

Задача 10. Произвести расчет сопротивлений обмоток трехобмоточного трансформатора ТДТН-40000/110: $S_{номТ} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А}$; $U_{номВ} = 115 \text{ кВ} \pm 16\%$ (± 9 ступеней); $U_{номС} = 38,5 \text{ кВ} \pm 2 \times 2,5 \%$, $U_{номН} = 11 \text{ кВ}$, напряжения КЗ $u_{к} \%$ между обмотками:

ВН-НН			ВН-СН			СН-НН		
min(-РО)	ном	max(+РО)	min(-РО)	ном	max(+РО)	min(-РО)	ном	max(+РО)
18,22	7,5	18,85	9,95	10,5	11,05	-	6,5	-

Определить $x_{Тном}$, $x_{Т(-РО)}$, $x_{Т(+РО)}$.

Задача 11. Выбрать токоведущие части от сборных шин до выводов 220 кВ трансформатора связи ТРДН-63000/220. Выбрать сечение сборных шин 220 кВ. Токи КЗ на шинах 220 кВ: $I_{н0}^{(3)} = 7,74 \text{ кА}$. $i_{y\delta} = 20,21 \text{ кА}$, $T_{max} = 6000 \text{ ч}$.

Задача 12. Выбрать гибкий токопровод от стены главного корпуса (выводы генератора GI) до ГРУ-10 кВ. Принять $T_{max} = 6000 \text{ ч}$, среднемесячную температуру наиболее жаркого месяца $30 \text{ }^\circ\text{С}$. Токи короткого замыкания $I_{н0}^{(3)} = 21,34 \text{ кА}$; $I_{н\tau}^{(3)} = 16,43 \text{ кА}$; $i_{a\tau}^{(3)} = 19,26 \text{ кА}$; $i_{y\delta}^{(3)} = 58,82 \text{ кА}$. $S_{ном} = 78,75 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ и $x_{d ном}'' = 0,203$.

Задача 13. Выбрать и проверить ошиновку в цепи ввода 110 кВ блочного трансформатора на КЭС ($S_{ном} = 200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $S_{номГ} = 188 \text{ МВ} \cdot \text{А}$). Расчетные токи КЗ на шинах 110 кВ – $I_{н0}^{(3)} = 22,5 \text{ кА}$, $i_{y\delta}^{(3)} = 56,2 \text{ кА}$.

Задача 14. Выбрать и проверить ошиновку в цепях вводов 330 кВ автотрансформаторов связи типа АОДЦТН - 133000/330/220, установленных на АЭС. Расчетные токи КЗ на шинах 330 кВ - $I_{н0}^{(3)} = 21,7 \text{ кА}$, $i_{y\delta}^{(3)} = 55,85 \text{ кА}$

Задача 15. Выбрать и проверить ошиновку в цепи ввода генераторного напряжения ввода $G4-T4$ и отпайки к ТСН, установленных на ТЭЦ. $S_{номГ4} = 188 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $U_{номГ4} = 18 \text{ кВ}$, $S_{номТ4} = 200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, $S_{номТСН} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Токи трехфазного КЗ в точке К-3: от генератора $G4$ - $I_{н0}^{(3)} = 32,11 \text{ кА}$; $I_{н\tau}^{(3)} = 22,48 \text{ кА}$; $i_{a\tau}^{(3)} = 32,6 \text{ кА}$; $i_{y\delta}^{(3)} = 89,2 \text{ кА}$; от внешних источников $I_{н0}^{(3)} = 32,76 \text{ кА}$; $I_{н\tau}^{(3)} = 32,76 \text{ кА}$; $i_{a\tau}^{(3)} = 19,4 \text{ кА}$; $i_{y\delta}^{(3)} = 89,38 \text{ кА}$.

Задача 16. Выбрать выключатели и разъединители в цепях блоков G3 - T3 и G4 - T4 со стороны 220 кВ. Блочные трансформаторы мощностью по 200 МВ·А. Генераторы ТВВ - 160 - 2ЕУЗ мощностью $S_{ном} = 188$ МВ·А. По результатам расчета токов КЗ в точке К-1 расчетные токи КЗ:

$$I_{n0}^{(3)} = 7,74 \text{ кА}; I_{n\tau}^{(3)} = 7,38 \text{ кА}; i_{a\tau}^{(3)} = 6,03 \text{ кА}; i_{y\delta}^{(3)} = 20,21 \text{ кА}; \sqrt{2}I_{n\tau}^{(3)} + i_{a\tau}^{(3)} = 16,43 \text{ кА}$$

Задача 17. Выбрать и проверить трансформаторы тока в цепи ввода 500 кВ автотрансформатора связи на КЭС (выбрана «полупорная» схема выключателя на присоединение). $S_{номAT} = 250$ МВ·А. Расчетные токи трехфазного КЗ на шинах 500 кВ КЭС (в точке К -1): $I_{n0}^{(3)} = 9,25$ кА; $i_{y\delta}^{(3)} = 25,35$ кА. Принять $t_{откл} = 0,2$ с $T_a = 0,35$ с.

Задача 18. Выбрать и проверить трансформаторы тока в цепи кабельной линии, отходящей от сборных шин 10,5 кВ подстанции (ПС) 330/110/10,5 кВ. Для РУ-10,5 кВ ПС применено комплектное распределительное устройство серии КМ-1Ф.

Расчетные токи трехфазного КЗ на шинах 10,5 кВ подстанции $I_{n0}^{(3)} = 15,2$ кА; $i_{y\delta}^{(3)} = 41,47$ кА. Принять $t_{откл} = 1,0$ с $T_a = 0,15$ с. Токи нагрузки нормального и послеаварийного режимов в цепи одной линии (IKW): $I_{нормIKW} = 180$ А, $I_{maxIKW} = 270$ А.

Задача 19. Выбрать и проверить измерительные трансформаторы напряжения для подключения КИП, установленных в цепи обмотки статора генератора ТВФ-63-2ЕУЗ, подключенного на сборные шины ГРУ-10,5 кВ ТЭЦ. КИП необходимые для установки в цепи обмотки статора генератора: ваттметр Д-335, варметр Д-335, счетчик активной/реактивной энергии СЭТ 4ТМ 02, ваттметр регистрирующий Н-395, вольтметр регистрирующий Н-393, частотомер Э-362, вольтметр Э-365.

Технические характеристики трансформатора напряжения ЗНОЛ.06-10У3.

Задача 20. Выбрать мощность трансформаторов связи, если на ТЭЦ установлены три генератора ТВФ-63, $U_{ном} = 10,5$ кВ, $\cos\varphi = 0,8$.

Нагрузка на генераторном напряжении $P_{max}^{U_2} = 64,8$ МВт, $P_{min}^{U_2} = 45,4$ МВт, $\cos\varphi = 0,85$, остальная мощность выдается в энергосистему по линиям 110 кВ. Расход на собственные нужды принять 10%, $\cos\varphi = 0,8$.

3.2 Вопросы к зачету по дисциплине

1. Основные виды электрической изоляции ВЛ, РУ и напряжения, действующие на изоляцию.
2. Общая характеристика внешней изоляции.
3. Возникновение и развитие заряда в воздушном промежутке.
4. Разряд в однородном и резко неоднородном поле.
5. Виды испытательных напряжений (переменное напряжение, коммутационное напряжение, грозовой импульс).
6. Вольт-секундные характеристики импульсов.
7. Общие свойства внутренней изоляции. Основные виды изоляции.

-
8. Длительная и кратковременная электрическая прочность.
 9. Изоляция открытых и закрытых РУ.
 10. Изоляция воздушных и кабельных линий электропередач.
 11. Молния. Электрические характеристики молнии.
 12. Зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов.
 13. Заземление молниеотвода.
 14. Защитные промежутки, трубчатые и вентильные разрядники.
 15. Защита изоляции ОРУ от прямых ударов молнии и набегающих импульсов грозовых перенапряжений.
 16. Защищённый подход к ОРУ, его назначение, схема.
 17. Общая характеристика внутренних перенапряжений.
 18. Ограничение внутренних перенапряжений.
 19. Переключатели, рубильники и тд.
 20. Контактторы, магнитные пускатели.
 21. Электромагнитные реле (напряжения, тока).
 22. Тепловые реле.
 23. Автоматические воздушные выключатели.
 24. Предохранители
 25. Выключатели (масляные, воздушные, вакуумные).
 26. Разъединители, короткозамыкатели, отделители.
 27. Измерительные трансформаторы.

3.3 Вопросы для коллоквиума по дисциплине

1. Что называется электрическим аппаратом?
2. Как различают электрические аппараты в зависимости от напряжения?
3. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция предохранителя. Их выбор.
4. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция тепловых реле. Их выбор.
5. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция магнитных пускателей. Их выбор.
6. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция автоматических выключателей. Их выбор.
7. Что называют коротким замыканием?
8. Какие виды короткого замыкания вам известны?
9. Нарисуйте график изменения тока КЗ при питании от сети бесконечной мощности. Укажите на нём характерные зоны, и параметры.
10. Что такое ударный коэффициент?
11. Расскажите алгоритм расчёта тока КЗ.
12. Электродинамическое действие тока КЗ. Проверка электрических аппаратов высокого напряжения на электродинамическую стойкость.
13. Термическое действие тока КЗ. Что такое импульс квадратичного тока. Проверка электрических аппаратов высокого напряжения на термическую стойкость.

-
14. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция разъединителей, короткозамыкателей, отделителей. Их выбор.
 15. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция предохранителей высокого напряжения. Их выбор.
 16. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция выключателей высокого напряжения. Их выбор.
 17. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция трансформаторов тока. Их выбор.
 18. Определение, графическое обозначение, область применения, конструкция трансформаторов напряжения. Их выбор.
 19. Производство электрической энергии. Виды электростанций, их характеристика
 20. Трёхфазные сети с незаземленными (изолированными) нейтральными
 21. Трёхфазные сети с резонансно-заземленными (компенсированными) нейтральными
 22. Трёхфазные сети с эффективно-заземленными нейтральными
 23. Сети с глухозаземленными нейтральными
 24. Где и при каких условиях используют упрощённые схемы РУ?
 25. Блок трансформатор – линия.
 26. Блок трансформатор – линия с отделителем.
 27. Мостик с выключателями.
 28. Что представляют собой радиальные электрические схемы РУ?
 29. Схема с двумя рабочими системами шин.
 30. Схема с одной рабочей и обходной системой шин.
 31. Что представляют собой кольцевые электрические схемы РУ?
 32. Схема треугольника.
 33. Схема четырёхугольника.
 34. Схема с 3/2 выключателями на присоединение.
 35. Схема 4/3 выключателями на присоединение
 36. Структурные схемы ТЭЦ.
 37. Структурные схемы КЭС, ГЭС, АЭС.
 38. Структурные схемы подстанций
 39. Главные схемы ТЭЦ.
 40. Главные схемы КЭС.
 41. Главные схемы ГЭС.
 42. Главные схемы АЭС.
 43. Главные схемы подстанций
 44. Что представляют собой радиальные электрические схемы РУ?
 45. Схема с двумя рабочими системами шин.
 46. Схема с одной рабочей и обходной системой шин.
 47. Что представляют собой кольцевые электрические схемы РУ?
 48. Схема треугольника.
 49. Схема четырёхугольника.

3.4 Тестовые задания

1. К внешней изоляции относится:

- 1) изоляция кабелей;
- 2) воздушные промежутки между проводами разных фаз ЛЭП и внешние поверхности твердой изоляции (изоляторов);
- 3) герметизированная изоляция вводов.

2. К внутренней изоляции относится:

- 1) изоляция кабелей, трансформаторов, электрических машин и т.д.;
- 2) промежутки воздуха между контактами разъединителя;
- 3) внешние поверхности твердой изоляции.

3. Особенностью внутренней изоляции является:

- 1) дешевизна;
- 2) зависимость электрических свойств от атмосферных условий;
- 3) необратимость пробоя.

4. Перенапряжения характеризуются кратностью перенапряжений k_n , величина которой определяется по формуле:

- 1) $k_n = \frac{U_{max}}{U_{раб.ф.наиб.}}$;
- 2) $k_n = \frac{U_{max}}{\sqrt{2} \cdot U_{раб.ф.наиб.}}$;
- 3) $k_n = \frac{U_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{раб.ф.наиб.}}$.

Здесь U_{max} – максимальное значение перенапряжения;

$U_{раб.ф.наиб.}$ – наибольшее рабочее фазное напряжение.

5. Основной характеристикой перенапряжения является:

- 1) кратность перенапряжений;
- 2) частота воздействия;
- 3) длительность воздействия.

6. Внутренние режимные перенапряжения характеризуются следующей кратностью:

- 1) $k_n = 3,0 \div 4,5$;
- 2) $k_n \leq 1,5 \div 2,0$;
- 3) $k_n \geq 4,5$.

7. Внутренние коммутационные перенапряжения характеризуются следующей кратностью:

- 1) $k_n = 3,0 \div 4,5$;
- 2) $k_n \leq 1,5 \div 2,0$;
- 3) $k_n \geq 4,5$.

8. Координацией изоляции называется:

- 1) взаимное согласование значений воздействующих напряжений, характеристик защитной аппаратуры и электрических характеристик изоляции, обеспечивающее надежную работу и высокую экономичность электрической установки;
- 2) ограничение перенапряжений в электрических установках до экономически приемлемых значений;
- 3) испытания изоляции грозowymi импульсами.

9. Количественной характеристикой степени однородности электрического поля является коэффициент неоднородности, который определяется по формуле:

- 1) $k_n = \frac{E_{cp}}{E_{max}}$;
- 2) $k_n = \frac{E_{max}}{E_{cp}}$;
- 3) $k_n = \frac{1}{E_{max}}$.

10. Однородное и слабнеоднородное электрические поля характеризуются следующим значением коэффициента неоднородности:

- 1) $k_n \gg 2$;
- 2) $k_n = 2$;
- 3) $k_n < 2$.

11. Резкнеоднородное электрическое поле характеризуются следующим значением коэффициента неоднородности:

- 1) $k_n \gg 2$;
- 2) $k_n = 2$;
- 3) $k_n < 2$.

12. Углом диэлектрических потерь в изоляции называется:

- 1) угол сдвига фаз между напряжением на изоляции и током через изоляцию;
- 2) угол, дополняющий до 180° угол сдвига фаз между напряжением на изоляции и током через изоляцию;
- 3) угол, дополняющий до 90° угол сдвига фаз между напряжением на изоляции и током через изоляцию.

-
13. Электрической прочностью изоляции называется:
- 1) напряженность электрического поля, при которой происходит пробой диэлектрика;
 - 2) величину напряжения, при котором происходит пробой диэлектрика;
 - 3) максимальное значение электрического тока через изоляцию при ее пробое.
14. Электрическая прочность изоляции измеряется в:
- 1) кВ;
 - 2) кВ/м;
 - 3) кА/м.
15. В основе пробоя воздушного промежутка с однородным полем лежат следующие явления:
- 1) электрохимический и тепловой пробой;
 - 2) электрический и тепловой пробой;
 - 3) ударная и фотонная ионизация.
16. Стримером называется:
- 1) процесс пробоя воздушного промежутка с однородным полем;
 - 2) канал ионизированного газа, по которому и происходит пробой;
 - 3) явление вторичной эмиссии электронов с катода, заключающееся в том, что положительные ионы освобождают электроны из металла, бомбардируя поверхность катода.
17. Особенностью процесса пробоя газового промежутка с резконеоднородным полем по сравнению с промежутком с однородным полем является следующее:
- 1) электрическая прочность выше, чем у промежутка с однородным полем;
 - 2) возможно возникновение коронного разряда при сравнительно небольших напряженностях электрического поля;
 - 3) процессы пробоя не зависят от полярности электродов.
18. Перекрытием изоляции называется:
- 1) разряд по поверхности изолятора;
 - 2) разряд через тело изолятора;
 - 3) разряд по границе раздела двух сред.
19. Среди требований, предъявляемых к изоляторам, используется трекинговая стойкость, которая представляет собой:
- 1) устойчивость к проникновению атмосферной влаги;
 - 2) устойчивость к появлению проводящих следов в результате возникновения частичных дуг на поверхности изоляторов;
 - 3) устойчивость к значительным механическим нагрузкам, действующим на сжатие.
20. По конструктивному исполнению изоляторы классифицируют на:
- 1) опорные, проходные и подвесные;
 - 2) линейные и станционные;

3) тарельчатые, стержневые и штыревые.

21. На ВЛ–0,4 кВ используются изоляторы:

- 1) опорно-стержневой;
- 2) подвесные тарельчатые;
- 3) штыревые;
- 4) проходные.

22. На ВЛ–35; 110; 220 кВ используются изоляторы:

- 1) опорно-стержневой;
- 2) подвесные тарельчатые;
- 3) штыревые;
- 4) проходные.

23. Для ввода в здания и сооружения используются изоляторы:

- 1) опорно-стержневой;
- 2) подвесные тарельчатые;
- 3) штыревые;
- 4) проходные.

24. Коронным разрядом называется:

- 1) разряд по границе раздела двух разных сред;
- 2) самостоятельный разряд, возникающий в резконеоднородных полях, в которых ионизационные процессы могут происходить только в узкой области вблизи электродов;
- 3) процесс пробоя, происходящий в газовых включениях внутренней изоляции.

25. Процесс развития грозового разряда происходит в следующей последовательности:

- 1) лидерная стадия, главный разряд, финальная стадия;
- 2) электризация облаков, лидерная стадия, главный разряд, финальная стадия;
- 3) главный разряд, лидерная стадия, финальная стадия.

26. Размеры зон защиты стержневых и тросовых молниеотводов определяются:

- 1) погодными условиями, характерными для данного региона;
- 2) вероятностью прорыва молнии через границу зоны;
- 3) материалом, из которого изготавливаются молниеотводы.

27. В трубчатых разрядниках газогенерирующим материалом трубки, из которой происходит выхлоп газов и, следовательно, гашение электрической дуги при срабатывании, является:

- 1) миканит;
- 2) текстолит;
- 3) фибробакелит.

28. В нелинейных ограничителях перенапряжений резисторы выполняются:

- 1) в виде дисков на основе карбида кремния;
- 2) в виде дисков на основе окиси цинка;
- 3) в виде латунных шайб.

29. Защищенный подход к подстанции выполняется в виде:

- 1) дополнительного заземляющего контура, установленного вокруг территории подстанции на расстоянии $8\div 10$ м и электрически соединенного с заземляющим устройством подстанции;
- 2) дополнительных стержневых молниеотводов, расположенных по периметру подстанции на расстоянии $6\div 10$ м от ее территории и электрически соединенных с заземляющим устройством подстанции;
- 3) тросовых молниеотводов, установленных на участках линии длиной $1\div 4$ км, примыкающих к подстанции.

30. Показатель грозоупорности подстанции представляет собой:

- 1) вероятность того, что молния не попадет в зону защиты подстанции;
- 2) число лет ее безаварийной работы;
- 3) среднегодовое число перекрытий изоляции подстанции вследствие прорывов молнии в зону защиты.

31. Для отключения токов нагрузки используют:

- 1) отделитель;
- 2) разъединитель;
- 3) выключатель;
- 4) короткозамыкатель.

32. Для отключения токов к.з. используют:

- 1) отделитель;
- 2) разъединитель;
- 3) выключатель;
- 4) короткозамыкатель.

33. Для включения и отключения цепи без тока, а также для создания видимого разрыва используют:

- 1) отделитель;
- 2) разъединитель;
- 3) выключатель;
- 4) короткозамыкатель.

34. От грозовых перенапряжений изоляцию воздушных линий защищают:

- 1) выключатели;
- 2) трубчатые разрядники;
- 3) вентильные разрядники;
- 4) разъединители.

35. От перенапряжений изоляцию оборудования подстанций защищают:

- 1) выключатели;
- 2) трубчатые разрядники;
- 3) вентильные разрядники;
- 4) разъединители.

36. Укажите условное обозначение отделителя на принципиальных электрических схемах:



- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

37. Укажите условное обозначение короткозамыкателя на принципиальных электрических схемах:



- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

38. Укажите условное обозначение выключателя нагрузки на принципиальных электрических схемах:



- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

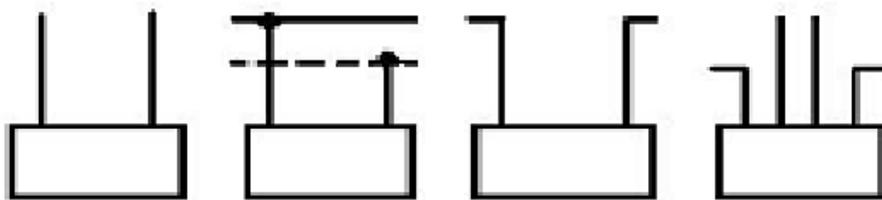
39. Для защиты отходящих линий 0,4 кВ на КТП при перегрузках и межфазных к.з. применяют:

- 1) трубчатый разрядник;
- 2) автоматический воздушный выключатель;
- 3) вентильный разрядник;
- 4) максимальное токовое реле.

40. Для защиты отходящих линий 0,4 кВ на КТП от однофазного к.з. на нулевой провод применяют:

- 1) трубчатый разрядник;
- 2) автоматический воздушный выключатель;
- 3) вентильный разрядник;
- 4) максимальное токовое реле.

41. Укажите, какая подстанция узловая.



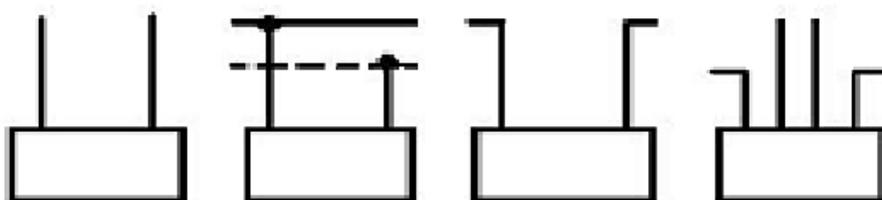
1)

2)

3)

4)

42. Укажите, какая подстанция ответвительная.



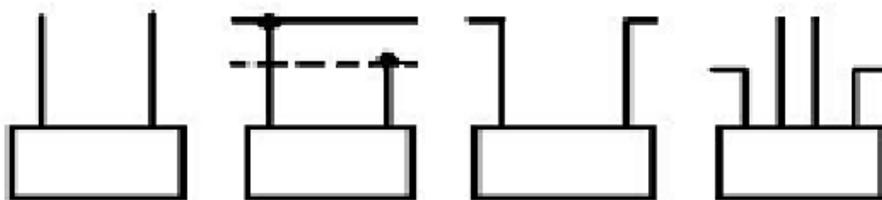
1)

2)

3)

4)

43. Укажите, какая подстанция проходная.



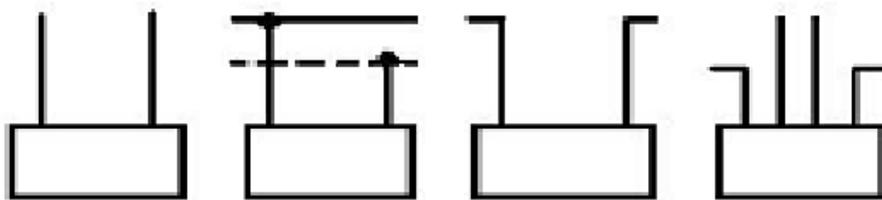
1)

2)

3)

4)

44. Укажите, какая подстанция тупиковая.



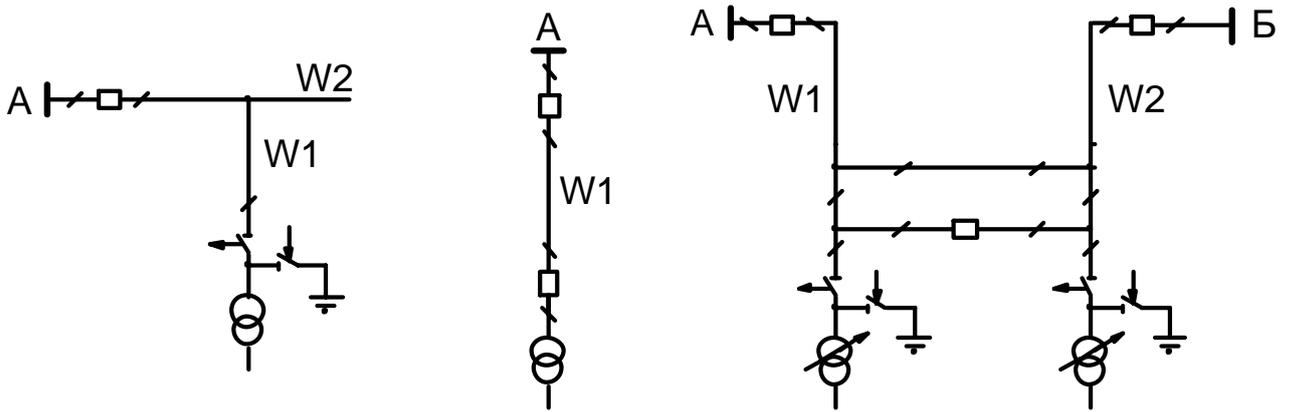
1)

2)

3)

4)

45. Укажите главную схему соединений ответвительной подстанции.

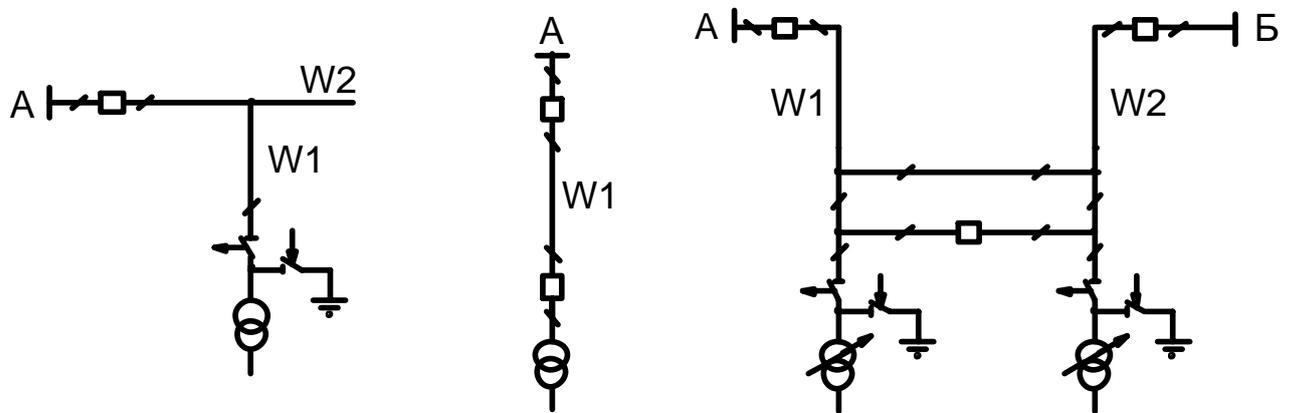


1)

2)

3)

46. Укажите главную схему соединений тупиковой подстанции.

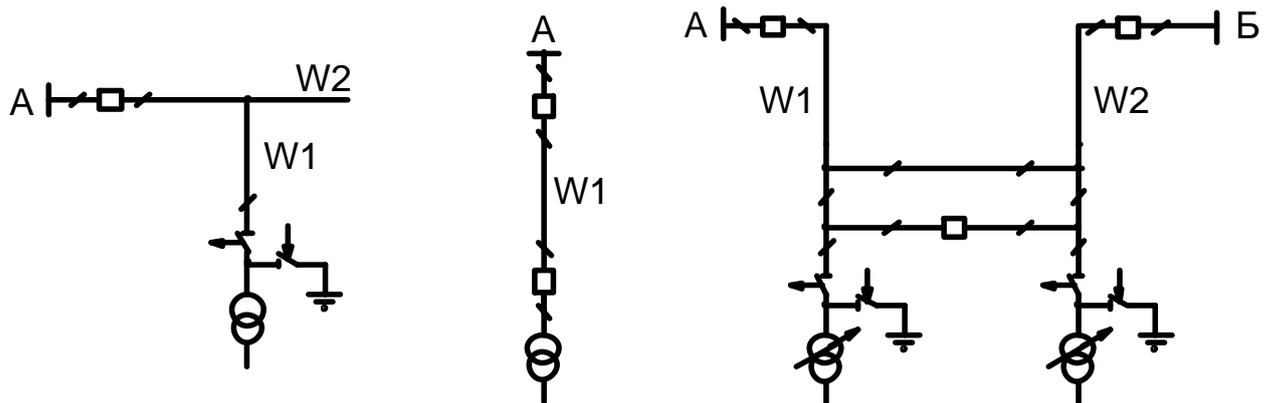


1)

2)

3)

47. Укажите главную схему соединений проходной подстанции.



1)

2)

3)

48. Для отключения цепи в безтоковую паузу применяют:

- 1) предохранители;
- 2) короткозамыкатели;
- 3) отделители;

4) выключатели;

49. Для ограничения токов короткого замыкания используют:

- 1) реакторы;
- 2) короткозамыкатели;
- 3) отделители;
- 4) выключатели.

50. Для понижения высокого напряжения до значений, удобных для измерительных приборов и реле, используют:

- 1) регулятор под нагрузкой (РПН);
- 2) трансформатор тока;
- 3) трансформатор напряжения;
- 4) переключатель без возбуждения (ПБВ).

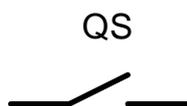
51. Для уменьшения первичного тока до значений, удобных для измерительных приборов и реле, используют:

- 1) регулятор под нагрузкой (РПН);
- 2) трансформатор тока;
- 3) трансформатор напряжения;
- 4) переключатель без возбуждения (ПБВ).

52. Укажите условное обозначение трубчатого разрядника на принципиальных электрических схемах:



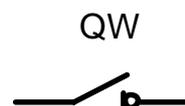
1)



2)

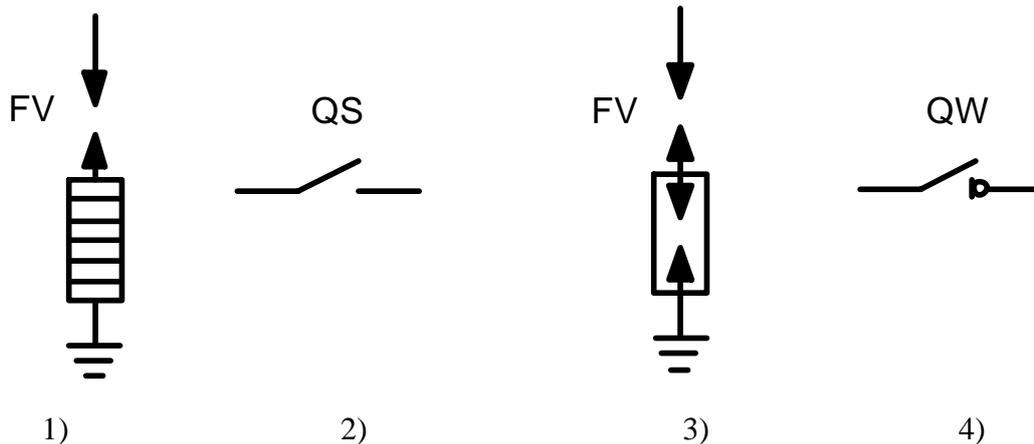


3)



4)

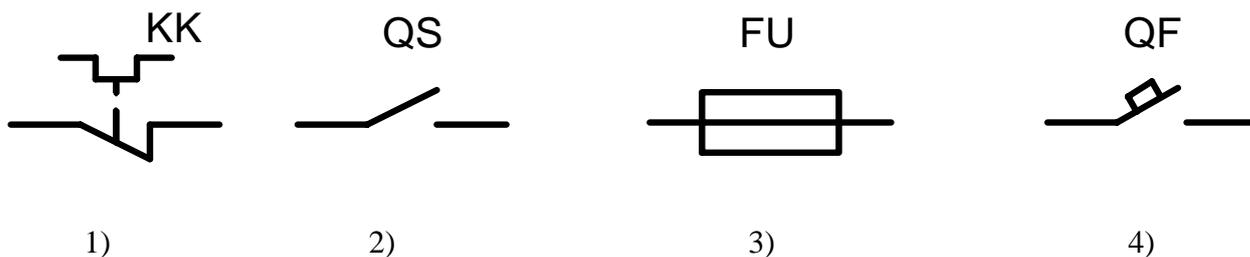
53. Укажите условное обозначение вентиляционного разрядника на принципиальных электрических схемах:



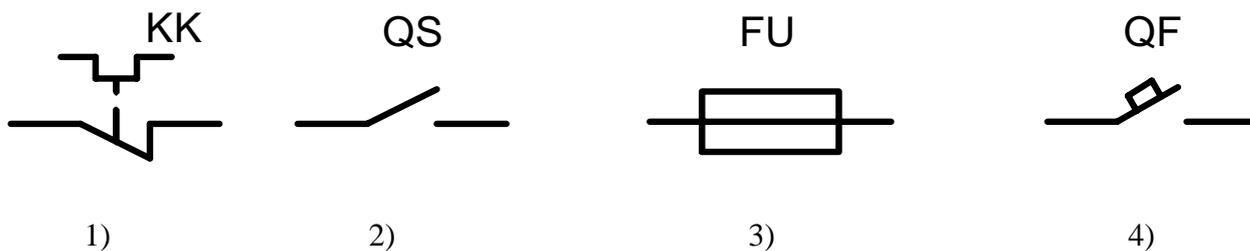
54. Для защиты электродвигателя от перегрузки применяют:

- 1) тепловое реле;
- 2) рубильник;
- 3) реле напряжения;
- 4) контактор.

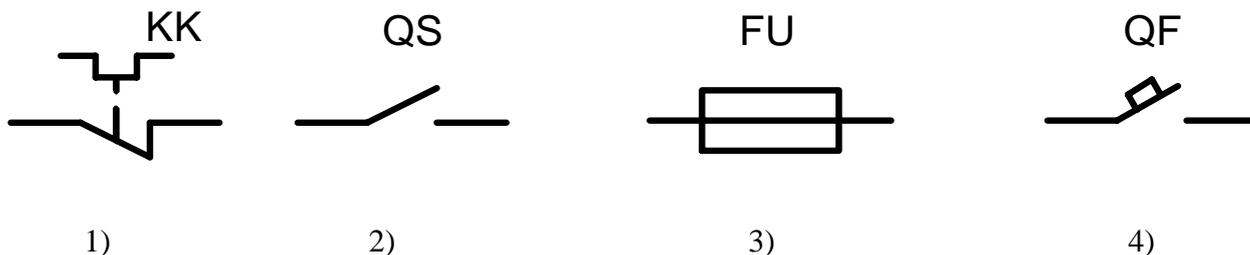
55. Укажите условное обозначение предохранителя на принципиальных электрических схемах:



56. Укажите условное обозначение автоматического выключателя на принципиальных электрических схемах:



57. Укажите условное обозначение теплового реле на принципиальных электрических схемах:



64. Укажите формулу для расчёта теплового импульса:

1) $B_{\dot{e}} = \sqrt{\frac{I}{T} \cdot \int_0^T i^2 dt}$;

2) $B_{\dot{e}} = I_m \cdot (1 + e^{-\frac{0,01}{Ta}})$;

3) $B_{\dot{e}} = I^2 \cdot r$;

4) $B_{\dot{e}} = \int_0^T (I_i^2 + i_a^2) dt$.

4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

4.1 Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся П ВГАУ 1.1.01 – 2017

4.2 Методические указания по проведению текущего контроля

1.	Сроки проведения текущего контроля	На лабораторных занятиях
2.	Место и время проведения текущего контроля	В учебной аудитории в течение лабораторного занятия
3.	Требования к техническому оснащению аудитории	в соответствии с ОПОП и рабочей программой
4.	Ф.И.О. преподавателя, проводящего процедуру контроля	Лакомов И.В.
5.	Вид и форма заданий	Собеседование
6.	Время для выполнения заданий	в течение занятия
7.	Возможность использования дополнительных материалов.	Обучающийся может пользоваться дополнительными материалами
8.	Ф.И.О. преподавателя, обрабатывающего результаты	Лакомов И.В.
9.	Методы оценки результатов	Экспертный
10.	Предъявление результатов	Оценка выставляется в журнал/доводится до сведения обучающихся в течение занятия
11.	Апелляция результатов	В порядке, установленном нормативными документами, регулирующими образовательный процесс в Воронежском ГАУ

**4.3 Ключи (ответы) к контрольным заданиям, материалам,
необходимым для оценки знаний**

№ теста	№ ответа						
1	2	17	2	33	2	49	1
2	1	18	3	34	2	50	3
3	3	19	2	35	3	51	2
4	2	20	3	36	1	52	3
5	1	21	3	37	3	53	1
6	2	22	2	38	4	54	1
7	1	23	4	39	2	55	3
8	1	24	2	40	4	56	4
9	2	25	1	41	4	57	1
10	3	26	2	42	2	58	2
11	1	27	3	43	3	59	3
12	3	28	1	44	1	60	1
13	1	29	3	45	1	61	4
14	2	30	2	46	2	62	4
15	3	31	3	47	3	63	2
16	2	32	3	48	3	64	2

Рецензент – начальник Задонского РЭС

«МРСК Центра» филиал «Липецкэнерго»

Жданов Владимир Митрофанович

