

Компонент ОПОП 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
Б1.В.ДВ.04.01  
шифр дисциплины

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Дисциплины (модуля) Перенапряжения и координация изоляции в системах электроснабжения

---

Разработчик (и):  
А.А. Челтыбашев  
ФИО

Доцент  
должность

к.п.н., доцент  
ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры  
Строительства, энергетики и транспорта  
наименование кафедры  
протокол № 13 от 04.07.22

Заведующий кафедрой СЭиТ



А.А. Челтыбашев

### 1. Критерии и средства оценивания компетенций и индикаторов их достижения, формируемых дисциплиной (модулем)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора(ов) достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)			Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточной аттестации
		<i>Знать</i>	<i>Уметь</i>	<i>Владеть</i>		
<b>ПК-2.</b> Способен анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности	<b>ИД-1</b> <sub>ПК-2</sub> . Рассчитывает режимы работы объектов профессиональной деятельности  <b>ИД-2</b> <sub>ПК-2</sub> . Обеспечивает заданные параметры режима работы объектов профессиональной деятельности	режимы работы объектов профессиональной деятельности	анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности	навыками обеспечения заданных параметров режимов работы объектов профессиональной деятельности	-методические указания для выполнения лабораторных работ - тестовые задания;	Вопросы к зачету Результаты текущего контроля

## 2. Оценка уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)

Показатели оценивания компетенций (индикаторов их достижения)	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенций (индикаторов их достижения)			
	Ниже порогового («неудовлетворительно»)	Пороговый («удовлетворительно»)	Продвинутый («хорошо»)	Высокий («отлично»)
<b>Полнота знаний</b>	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки.
<b>Наличие умений</b>	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объёме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объёме без недочетов.
<b>Наличие навыков (владение опытом)</b>	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
<b>Характеристика сформированности компетенции</b>	Компетенции фактически не сформированы. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач.	Сформированность компетенций соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач.	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков достаточно для решения стандартных профессиональных задач.	Сформированность компетенций полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в полной мере достаточно для решения сложных, в том числе нестандартных, профессиональных задач.

### 3. Критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля

#### 3.1 Критерии и шкала оценивания лабораторных/практических работ

Перечень практических работ, описание порядка выполнения и защиты работы, требования к результатам работы, структуре и содержанию отчета и т.п. представлены в методических материалах по освоению дисциплины (модуля) и в электронном курсе в ЭИОС МГТУ.

Оценка/баллы	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	Задание выполнено полностью и правильно. Отчет по лабораторной/практической работе подготовлен качественно в соответствии с требованиями. Полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы.
<i>Хорошо</i>	Задание выполнено полностью, но нет достаточного обоснования или при верном решении допущена незначительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений. Все требования, предъявляемые к работе, выполнены.
<i>Удовлетворительно</i>	Задания выполнены частично с ошибками. Демонстрирует средний уровень выполнения задания на лабораторную/практическую работу. Большинство требований, предъявляемых к заданию, выполнены.
<i>Неудовлетворительно</i>	Задание выполнено со значительным количеством ошибок на низком уровне. Многие требования, предъявляемые к заданию, не выполнены. ИЛИ Задание не выполнено.

#### 3.2. Критерии и шкала оценивания контрольной работы

##### ТЕМЫ (ВАРИАНТЫ) КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Защита открытого распределительного устройства (ОРУ) подстанции от прямых ударов молнии. Расчет контура заземления ОРУ Исходные данные (табл. 1): номинальное напряжение ОРУ ( $U_{ном}$ ); число ячеек ОРУ ( $n_{я}$ ); число воздушных линий электропередачи в схеме ОРУ ( $n_{вл}$ ); число ( $n_{тр}$ ) и тип грозозащитных тросов на линиях; длина пролета линии ( $l_{п}$ ); измеренное при средней влажности почвы удельное сопротивление грунта в районе расположения ОРУ ( $\rho_{ризм}$ ); число грозовых часов за год в районе расположения подстанции ( $n_{ч}$ ).

Задание на расчет

1 Используя исходные данные, а также данные табл.2, начертить план и боковой разрез ОРУ, определить его основные размеры.

2 На территории ОРУ расставить молниеотводы для защиты электрооборудования от прямых ударов молнии. Определить необходимое число молниеотводов и рассчитать их высоту. На плане и боковом разрезе ОРУ показать границы зоны защиты молниеотводов.

3 С учетом сопротивления заземления естественных заземлителей (системы трос-опора воздушных линий) определить допустимую величину стационарного сопротивления заземления контура заземления ОРУ.

4 Определить параметры контура заземления (длину и число вертикальных электродов, шаг сетки), обеспечивающие допустимую величину его стационарного сопротивления заземления.

5 Подсчитать импульсное сопротивление заземления контура во время грозового сезона.

6 Определить число повреждений в год изоляции электрооборудования ОРУ от прямых ударов молнии в молниеотводы. Оценить, находится ли в допустимых пределах показатель надежности (число лет безаварийной работы электрооборудования) молниезащиты ОРУ. Указать, какие мероприятия могут улучшить этот показатель.

Варианты расчетного задания Таблица 1

Вариант	U <sub>ном</sub> ,кВ	n <sub>я</sub>	n <sub>вл</sub>	n <sub>тр</sub>	Тип троса	l <sub>п</sub> , м	R <sub>изм</sub> Ом*м	n <sub>ч</sub> , ч/год
1	110	14	7	1	C-50	200	150	45
2	150	12	6	1	C-70	250	150	45
3	220	10	4	2	C-85	300	150	45
4	330	8	4	2	C-50	350	130	45
5	110	7	4	1	C-85	220	130	40
6	150	6	4	1	C-70	250	130	40
7	220	12	7	2	C-50	220	160	40
8	330	14	6	2	C-70	300	160	30
9	110	10	5	1	C-85	200	160	30
10	150	8	4	1	C-50	250	120	30
11	220	6	4	2	C-70	300	120	50
12	330	10	6	2	C-85	350	120	50
13	110	7	4	1	C-50	200	140	50
14	150	12	6	1	C-70	200	140	35
15	220	8	4	2	C-50	250	140	35
16	330	6	4	2	C-85	350	150	35
17	110	10	5	1	C-70	180	150	50
18	150	12	6	1	C-50	200	150	45
19	220	14	7	2	C-70	250	160	40
20	330	8	4	2	C-85	300	160	35
21	110	6	4	1	C-50	200	160	30
22	150	10	6	1	C-70	200	140	50
23	220	7	4	2	C-50	220	140	35
24	330	14	8	2	C-85	300	140	45
25	110	8	4	1	C-70	180	130	40

## Указания к выполнению задания

По данным примера определяем:

размеры ячейки: ширина – 15,4 м,

длина – 70,5 м;

размеры ОРУ: ширина –  $15,4 \cdot 12 = 184,8$  м,

длина – 70,5 м.

2 Выбрать место установки и высоту молниеотводов – они должны обеспечивать зону защиты на высоте шинных порталов по всей территории ОРУ, также должны быть защищены линейные порталы. Эффективность определенных указанным ниже способом зон защиты молниеотводов подтверждена длительным опытом эксплуатации и оценивается как 0,995.

Таблица 2

Размеры типового ОРУ выполненного по схеме: с двумя основными и третьей обходной системами шин

Размеры, м	Номинальное напряжение, кВ				
	110	150	220	330	500
А	8,0	11,5	11,75	18,0	29,0
Б	9,0	9,5	12,0	19,6	26,8
В	12,5	15,0	18,25	20,4	29,0
Г	10,5	16,0	20,5	31,5	45,0

Д	9,0	11,1	15,4	22,0	31,0
Е	2,5	3,0	4,0	8,0	11,0
Ж	2,0	2,55	3,7	4,0	5,5
З	7,5	8,0	11,0	11,0	14,5
И	11,0	13,0	16,5	16,5	23,6
К	3,0	4,25	4,0	4,5	6,0

Каждый студент выполняет один вариант контрольной работы, обозначенный двумя последними цифрами его шифра (номера в зачетной книжке).

Оценка	Критерии оценивания
<i>Отлично</i>	Работа выполнена полностью, без ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием непонимания материала).
<i>Хорошо</i>	Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна негрубая ошибка или два-три недочета, не влияющих на правильную последовательность рассуждений.
<i>Удовлетворительно</i>	В работе допущено более одной грубой ошибки или более двух-трех недочетов, но обучающийся владеет обязательными умениями по проверяемой теме.
<i>Неудовлетворительно</i>	В работе есть грубые ошибки и недочеты

#### 4. Критерии и шкала оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении промежуточной аттестации

##### 4.1. Критерии и шкала оценивания результатов освоения дисциплины (модуля) с экзаменом

###### Список вопросов к экзамену по дисциплине

1. Общая характеристика перенапряжений.
2. Классификация перенапряжений.
3. Закономерности распространения электромагнитных волн перенапряжений
4. Многократные отражения электромагнитных волн перенапряжений и их анализ.
5. Набегание электромагнитных волн на шины подстанции.
6. Прохождение электромагнитных волн перенапряжений через индуктивность.
7. Прохождение электромагнитных волн перенапряжений мимо ёмкости
8. Волновые процессы в многопроводной системе.
9. Прохождение электромагнитных волн перенапряжений вдоль провода, расположенного вблизи другого изолированного провода (трос-провод).
10. Распространение электромагнитных волн перенапряжений по двум параллельным проводам в системе из трёх проводов(2троса-провод).
11. Распространение электромагнитных волн перенапряжений по нескольким проводам одновременно.
12. Затухание и деформация электромагнитных волн перенапряжений.
13. Влияние импульсной короны на волновой процесс перенапряжений.
14. Молния как источник грозových перенапряжений.
15. Развитие молнии.
16. Основные параметры и электрические характеристики молнии.
17. Характеристики грозовой деятельности.
18. Эксплуатационные характеристики грозоупорности линий.
19. Прямой удар молнии в воздушную линию без тросов.
20. Прямой удар молнии в воздушную линию с тросом.

21. Определение удельного числа отключений ВЛ вследствие прямого удара молнии для линий с тросами и без них.
22. Индуктированные перенапряжения на ЛЭП.
23. Средства повышения грозоупорности ВЛ.
24. Молниеотводы, их принцип действия.
25. Конструктивное исполнение молниеотводов.
26. Конструктивное исполнение тросовых молниеотводов.
27. Зона защиты стержневых молниеотводов.
28. Зона защиты тросовых молниеотводов.
29. Условия безопасного прохождения молнии по молниеотводу.
30. Заземление в электроустановках высокого напряжения.
31. Заземление молниеотводов, опор.
32. Заземление подстанций.
33. Условия прохождения тока молнии по заземлителю.
34. Общая характеристика защитных аппаратов от перенапряжений и их анализ.
35. Защитные промежутки.
36. Трубчатые разрядники.
37. Вентильные разрядники.
38. Группы вентильных разрядников и их электрические характеристики.
39. Комбинированные вентильные разрядники.
40. ОПН.
41. Защита подстанций от набегающих импульсов грозовых перенапряжений.
42. Типовые схемы молниезащиты подстанций.
43. Особенности молниезащиты подстанций различного уровня напряжения, присоединенных к ВЛ отпайками.
44. Молниезащита генераторных блоков и электрических машин.
45. Координация изоляции электрооборудования подстанции с защитными аппаратами.
46. Определение длин защищенных подходов к подстанции.
47. Грозоупорность подстанций.
48. Общая характеристика коммутационных перенапряжений.
49. Перенапряжение переходного процесса при отключении ёмкости ненагруженных линий.
50. Перенапряжение переходного процесса при включении разомкнутой линии.
51. Перенапряжение переходного процесса при АПВ.
52. Перенапряжение переходного процесса при отключении КЗ.
53. Перенапряжение переходного процесса при отключении малых индуктивных токов.
54. Общая характеристика установившихся перенапряжений в электропередачах.
55. Феррорезонансные перенапряжения в сети с изолированной нейтралью с падением провода.
56. Влияние насыщения силовых трансформаторов на повышение напряжения в системах с заземленной нейтралью.
57. Сравнительный анализ методов расчета коммутационных и установившихся перенапряжений.
58. Общая характеристика способов и средств ограничения внутренних перенапряжений.
59. Ограничение внутренних перенапряжений с помощью вентильных разрядников и выключателей двухступенчатого действия с шунтирующими сопротивлениями.
60. Основные принципы построения защит от коммутационных перенапряжений.
61. Испытательные установки и методы испытаний электрооборудования.
62. Основы неразрушающих испытаний изоляции.

- 63. Использование абсорбционных явлений.
- 64. Контроль качества изоляции по тангенсу угла диэлектрических потерь.
- 65. Контроль изоляции по интенсивности частичных разрядов.
- 66. Тепловизионный контроль.
- 67. Испытания изоляции повышенным напряжением.

**5. Задания диагностической работы для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках внутренней и внешней независимой оценки качества образования**

ФОС содержит задания для оценивания знаний, умений и навыков, демонстрирующих уровень сформированности компетенций и индикаторов их достижения в процессе освоения дисциплины (модуля).

Комплект заданий разработан таким образом, чтобы осуществить процедуру оценки каждой компетенции, формируемых дисциплиной (модулем), у обучающегося в письменной форме.

Содержание комплекта заданий включает: *тестовые задания, расчетные задачи, мини-кейсы, ситуационные задания, практико-ориентированные задания.*

**Комплект заданий диагностической работы**

<b>ПК-2. Способен анализировать режимы работы объектов профессиональной деятельности</b>	
1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчетную кратность внутренних перенапряжений можно снизить:               <ol style="list-style-type: none"> <li>А. путем установки ОПН;</li> <li>В. используя вакуумные выключатели;</li> <li>С. путем повышения Уном.</li> </ol> </li> <li>2. Явление «срез» тока возникает при использовании:               <ol style="list-style-type: none"> <li>А. масляных выключателей;</li> <li>В. вакуумных выключателей;</li> <li>С. элегазовых выключателей;</li> </ol> </li> <li>3. Причинами возникновения коммутационных перенапряжений являются:               <ol style="list-style-type: none"> <li>А. включение разомкнутой линии под напряжение;</li> <li>В. нестабильное горение дуги в выключателях при отключении разомкнутых линий или конденсаторных батарей выключателями;</li> <li>С. явление «среза» тока;</li> </ol> </li> <li>4. Средствами ограничения внутренних перенапряжений являются:               <ol style="list-style-type: none"> <li>А. шунтирующие реакторы, заземляющие реакторы и резистивное заземление нейтрали;</li> <li>В. ОПН, резисторы, шунтирующие дугогасящие промежутки выключателей;</li> <li>С. РС-цепочки и управление моментом замыкания контактов выключателя при включении;</li> </ol> </li> <li>5. К внутренним перенапряжениям относятся:               <ol style="list-style-type: none"> <li>А. коммутационные и квазистационарные перенапряжения;</li> <li>В. коммутационные перенапряжения и кратковременные повышения напряжения, вызванные изменением режима работы электрооборудования;</li> <li>С. атмосферные и коммутационные перенапряжения;</li> <li>Д. коммутационные, квазистационарные перенапряжения и кратковременные повышения напряжения, вызванные изменением</li> </ol> </li> </ol>

режима работы электрооборудования.

6. Установившиеся перенапряжения характеризуются:

- А. Куд;
- В. Куст;
- С. Кв.п.

7. Величина кратности установившегося режима это:

- А. отношение амплитуды напряжения установившегося режима к амплитуде наибольшего рабочего напряжения;
- В. отношение максимального значения перенапряжения к амплитуде установившихся перенапряжений;
- С. отношение максимального значения перенапряжения к амплитуде наибольшего рабочего напряжения.

8. При выполнении координации изоляции воздействие перенапряжений на изоляцию характеризуются:

- А. кратностью установившегося режима;
- В. ударным коэффициентом;
- С. кратностью перенапряжений.

9. Установившиеся перенапряжения делятся:

- А. на резонансные;
- В. феррорезонансные;
- С. коммутационные;

10. При изготовлении изоляции электрооборудования используется:

- А. Куд;
- В. Куст;
- С. Кв.п.р.

11. Главной называется изоляция:

- А. между проводниками обмотки и корпусом;
- В. между витками одной катушки;
- С. между уложенными в одном пазу катушками;

12. Продольной называется изоляция:

- А. между проводниками обмотки и корпусом;
- В. между витками одной катушки;
- С. между уложенными в одном пазу катушками;

13. Типы изоляции, применяемые в качестве междувитковой:

- А. три слоя лавсановой пленки, покрытых слоем хлопчатобумажной пряжи и два слоя стеклоленты, пропитанных нагревостойким лаком;
- В. три слоя лавсановой пленки, покрытых слоем хлопчатобумажной пряжи и дельтаасбестовая;
- С. два слоя стеклоленты, пропитанных нагревостойким лаком и дельтаасбестовая;
- Д. все три варианта.

14. Главная изоляция статорных обмоток ЭМ ВН изготавливается:

- А. из слюдяных изоляционных материалов;
- В. из лавсановой пленки;
- С. из дельта-асбеста;
- Д. из керамических материалов.

15. Внутренняя изоляция силовых трансформаторов делится:

- А. на главную и продольную;
- В. на главную и поперечную;
- С. продольную и поперечную.