

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Техника и электрофизика высоких напряжений

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Перенапряжения и координация изоляции**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Матвеев Д.А.
	Идентификатор	Rcb243d05-MatveevDA-f9ddc1fa

(подпись)

Д.А. Матвеев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедева Н.А.
	Идентификатор	R75716a03-LebedevaNA-9930664

(подпись)

Н.А.

Лебедева

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Темников А.Г.
	Идентификатор	Ra0abb123-TemnikovAG-2d4db00

(подпись)

А.Г.

Темников

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

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

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-2 Способен применять методы анализа, разрабатывать и обосновывать технические решения при проектировании объектов профессиональной деятельности (техники и электрофизики высоких напряжений)

ИД-1 Демонстрирует знания условий возникновения и способов ограничения перенапряжений в электрических сетях и принципов координации изоляции

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Коммутационные перенапряжения» Контрольная работа «Режимы нейтрали» (Тестирование)
3. Контрольная работа «Применение ОПН в сетях различных классов напряжения» (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. защиты лабораторных работ (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	5	11	15	16
Квазистационарные перенапряжения					
Перенапряжения, вызванные емкостным эффектом. Влияние короны и компенсирующих устройств	+				
Заземление нейтрали в сетях различных классов напряжения и квазистационарные перенапряжения	+				+
Феррорезонансные явления в электрических цепях	+				
Перенапряжения переходных процессов					
Коммутационные перенапряжения при включениях и отключениях			+		+
Перенапряжения в обмотках силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов					+

Перенапряжения при однофазных дуговых замыканиях (ОДЗ) на землю в сетях 6–35 кВ	+	+		+
Перенапряжения в экранах кабелей			+	+
Координация изоляции				
Ограничение внутренних перенапряжений			+	+
Координация изоляции в сетях с изолированной и заземленной нейтралью			+	+
Вес КМ:	20	30	30	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

БРС курсовой работы/проекта

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3
	Срок КМ:	10	14	15
Ознакомление с заданием на проект, с методическими указаниями, алгоритмом проектирования и характеристикой исходных данных курсового проекта		+		
Расчет уровней грозových перенапряжений на электрооборудовании при ударах молнии в ВЛ		+		
Расчет уровней коммутационных перенапряжений		+		
Расчет уровней квазистационарных перенапряжений		+		
Выбор параметров и места установки ОПН. Выводы по работе			+	
Оформление материалов курсового проекта				+
Вес КМ:		55	35	10

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует знания условий возникновения и способов ограничения перенапряжений в электрических сетях и принципов координации изоляции	Знать: условия возникновения и статистику квазистационарных перенапряжений в электрических сетях 6–750 кВ особенности переходных процессов при включениях и отключениях технические аспекты влияния режима заземления нейтрали на общий уровень надежности и безопасности электрических сетей принцип действия, характеристики и конструктивные особенности устройств ограничения перенапряжений и их соответствие уровням воздействий в	Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения» (Контрольная работа) Контрольная работа «Коммутационные перенапряжения» Контрольная работа «Режимы нейтрали» (Тестирование) Контрольная работа «Применение ОПН в сетях различных классов напряжения» (Контрольная работа) защиты лабораторных работ (Лабораторная работа)

		<p>квазистационарных и переходных режимах</p> <p>Уметь:</p> <p>создавать расчетные модели упрощенных схем подстанций для определения кратностей перенапряжений различной природы</p> <p>рассчитывать емкостные токи замыкания на землю и кратности дуговых перенапряжений в сетях с изолированной и резистивно-заземленной нейтралью</p> <p>рассчитывать действующие значения напряжения смещения и фазных напряжений в нормальном режиме при резонансной настройке ДГР и кратности перенапряжений при расстройках компенсации</p> <p>рассчитывать параметры схем замещения различных элементов электрических сетей с учетом распределенности параметров</p>	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа «Квазистационарные перенапряжения»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа предназначена для проверки знаний условий возникновения и статистики квазистационарных перенапряжений в электрических сетях 6–750 кВ, проводится во время аудиторных занятий, время 45 минут. Студенты получают задания по вариантам очно или посредством ОСЭП при ДО

Краткое содержание задания:

Описать условия возникновения, опасность, мероприятия по ограничению различных видов квазистационарных перенапряжений

Контрольные вопросы/задания:

Знать: технические аспекты влияния режима заземления нейтрали на общий уровень надежности и безопасности электрических сетей	1. Установившиеся перенапряжения при однофазных КЗ. Влияние режима нейтрали
Знать: условия возникновения и статистику квазистационарных перенапряжений в электрических сетях 6–750 кВ	1. Резонансные перенапряжения в длинных линиях: условия возникновения, коэффициент передачи, влияние сопротивления источника 2. Условия возникновения и опасность феррорезонансных процессов для ЭУ 3. Влияние УПК на резонансные перенапряжения в длинных линиях
Уметь: рассчитывать параметры схем замещения различных элементов электрических сетей с учетом распределенности параметров	1. Рассчитать удельные параметры схем замещения прямой и нулевой последовательностей ЛЭП-220 кВ, выполненной проводом АС-300 с горизонтальным расположением фазных проводов при расстоянии между проводами соседних фаз 4 м, диаметр провода 24 мм, удельная проводимость грунта 0,002 1/Ом*м 2. Рассчитать волновое сопротивление ЛЭП-220 кВ, выполненной проводом АС-300 с горизонтальным расположением фазных проводов при расстоянии между проводами соседних фаз 4 м, диаметр провода 24 мм, удельная проводимость грунта 0,002 1/Ом*м

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

действующие значения напряжения смещения и фазных напряжений в нормальном режиме при резонансной настройке ДГР и кратности перенапряжений при расстройках компенсации	резонансной настройке дугогасящего реактора и несимметрии сети, приводящей к напряжению на нейтрали $U_{nc}=0,75\%U_{\phi}$ без учета ДГР. Добротность реактора 20. Сравнить с предельно допустимым значением
Уметь: рассчитывать емкостные токи замыкания на землю и кратности дуговых перенапряжений в сетях с изолированной и резистивно-заземленной нейтралью	1. Определить необходимую величину резистора RN в нейтрали сети напряжением 10 кВ, обеспечивающего ограничение дуговых перенапряжений при повторных зажиганиях на уровне 2,3 -2,4, т.е. не выше, чем это имеет при первом зажигании заземляющей дуги. Выбрать тип резистора в высоковольтном исполнении, рассчитать величину полного тока однофазного замыкания. Емкость сети 1,85 мкФ.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Контрольная работа «Применение ОПН в сетях различных классов напряжения»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

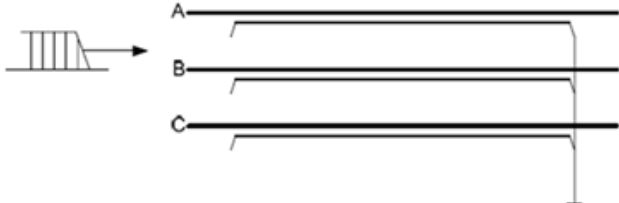
Процедура проведения контрольного мероприятия: Работа предназначена для проверки знаний по разделу "Координация изоляции", время выполнения 40 минут. Проводится во время аудиторных занятий в СДО "Прометей"

Краткое содержание задания:

Войти в СДО "Прометей", выполнить задание на тестирование

Контрольные вопросы/задания:

Знать: принцип действия, характеристики и конструктивные особенности устройств ограничения перенапряжений и их соответствие уровням	1. Укажите нужное соотношение величины перенапряжений на оболочке СПЭ-кабеля и времени их существования для случая, показанного на рис. Длина кабеля L_k , скорость распространения волны v
---	---

<p>воздействий квазистационарных переходных режимах</p>	<p>В И</p>	 <p>A) $U_{\text{э}} = (0,4-0,8) U_{\text{ж}}; \Delta t = 2L_{\text{к}}/v$ B) $U_2 = 0; \Delta t = 0$ C) $U_{\text{ж}} = (0,4-0,8) U_{\text{э}}; \Delta t = L_{\text{к}}/v$ D) $U_{\text{э}} = (0,4-0,8) U_{\text{ж}}; \Delta t = L_{\text{к}}/v$ E) $U_{\text{э}} = (0,4-0,8) U_{\text{ж}}; \Delta t = L_{\text{к}}/2v$</p> <p>2. Где необходимо установить ОПН для защиты оболочки СПЭ-кабельной линии без транспозиции экранов, заземленных в начале и в конце</p> <p>A) установки ОПН не требуется B) в начале линии C) во всех узлах транспозиции D) в начале и конце линии E) в конце линии</p>
---	----------------	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. защиты лабораторных работ

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольное мероприятие проводится во время аудиторных занятий, защита каждой лабораторной должна осуществляться непосредственно после выполнения работы.

Краткое содержание задания:

Для каждой лабораторной выполнить задание на предварительную подготовку, задание на измерения, оформить отчет. Ответить на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях по выполнению лабораторной работы

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: принцип действия, характеристики и</p>	<p>1. Перечислите способы повышения импульсной электрической</p>
--	--

<p>конструктивные особенности устройств перенапряжений и их соответствие уровням воздействий в квазистационарных и переходных режимах</p>	<p>прочности продольной изоляции</p>
<p>Знать: технические аспекты влияния режима заземления нейтрали на общий уровень надежности и безопасности электрических сетей</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Какие параметры схемы замещения сети влияют на ток ОЗЗ 2.За счет чего после погасания дуги ОЗЗ в сети возникает смещение нейтрали 3.Каковы характерные кратности перенапряжений при перемежающихся дуговых замыканиях для сетей, выполненных кабелями однофазного и трехфазного исполнения 4.Какой параметр характеризует настройку компенсации ДГР? Какие значения принимает этот параметр в режимах недокомпенсации, перекомпенсации и в режиме идеальной настройки ДГР
<p>Уметь: рассчитывать емкостные токи замыкания на землю и кратности дуговых перенапряжений в сетях с изолированной и резистивно-заземленной нейтралью</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Рассчитайте необходимое значение сопротивления резистора для высокоомного заземления нейтрали сети 2.Смешанная воздушно-кабельная сеть 35 кВ с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор, характеризуется следующими параметрами: $C_A = C_B = C_C = 2,5 \text{ мкФ}$, $C_{AB} = C_{BC} = C_{CA} = 0,25 \text{ мкФ}$. Рассчитайте емкостный ток замыкания на землю. Рассчитайте индуктивность ДГР для следующих значений степени настройки компенсации: $q = 0,8$; $q = 0,9$; $q = 1,0$; $q = 1,1$; $q = 1,2$. Расчет проведите дважды: с учетом и без учета реактивной составляющей сопротивления нейтралеобразующего устройства ФМЗ0 по нулевой последовательности, рассчитанной в п.1. Сделайте вывод о необходимости учета сопротивления нейтралеобразующего устройства при настройке ДГР
<p>Уметь: создавать расчетные модели упрощенных схем подстанций для определения кратностей перенапряжений различной природы</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Рассчитать продольную емкость катушки и емкость катушки на стержень магнитопровода. Вычислить входную емкость обмотки Свх. Построить на одних осях распределения вдоль обмотки начального и конечного напряжений, а также огибающую максимальных потенциалов, при воздействии на обмотку ступенчатого импульса напряжения (функция Хевисайда). При построениях пользоваться представлением обмотки схемой с распределенными параметрами. При том же импульсе построить распределение градиентов вдоль обмотки при $t = 0$, при $t = 1/(2v)$ и при $t = 1/v$ 2.В сети имеется несимметрия фазных емкостей: $C_C = 2,2 \text{ мкФ}$, $C_A = C_B = 2,5 \text{ мкФ}$. Рассчитайте действующие значения напряжения смещения

	<p>нейтрали и фазных напряжений в нормальном режиме работы сети для случаев изолированной нейтрали и заземления нейтрали через ДГР, идеально настроенный на компенсацию емкостного тока ОЗЗ симметричной сети. Примите активное сопротивление ДГР $r_k = 12 \text{ Ом}$, активное сопротивление сети $R_c = 3 \text{ Ом}$, активную проводимость фаз на землю $g_f = 0,1 \text{ мкСм}$, учтите при расчете активную и реактивную составляющие сопротивления нейтралеобразующего устройства ФМЗ0 по нулевой последовательности, рассчитанные в п.1. Постройте зависимость напряжения смещения нейтрали от степени расстройки компенсации ϑ</p>
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Перенапряжения при однофазных замыканиях, связь с режимом нейтрали
2. Способы и средства ограничения феррорезонансных перенапряжений
3. Задача

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме, время на подготовку 60 минут

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Демонстрирует знания условий возникновения и способов ограничения перенапряжений в электрических сетях и принципов координации изоляции

Вопросы, задания

1. Антирезонансные трансформаторы напряжения
2. Применение ОПН для защиты оболочек СПЭ-кабелей
3. Распределение импульсного напряжения вдоль обмоток трехфазного трансформатора
4. Развитие максимальных перенапряжений при ОЗЗ в сетях с компенсацией емкостных токов
- 5.3 гипотезы развития дуговых перенапряжений в сетях с изолированной нейтралью
6. Защита обмоток трансформаторов от волновых перенапряжений
7. Влияние реакторов на резонансные перенапряжения в длинных линиях
8. Краткая характеристика режимов, при которых возникает феррорезонанс в сетях с заземленной нейтралью

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каким фактором определяется возникновение максимальных перенапряжений при отключении ненагруженных трансформаторов

Ответы:

1. срезом тока
2. восстановлением электрической прочности межконтактного промежутка в выключателе
3. скоростью восстановления напряжения после гашения дуги в выключателе
4. повторными зажиганиями дуги в выключателе
5. током намагничивания

Верный ответ: 1

2. Чем определяется конечное распределение напряжения вдоль обмотки трансформатора при воздействии импульсных напряжений

Ответы:

1. индуктивностями обмотки
2. входной емкостью трансформатора
3. емкостями витков

4. межвитковыми емкостями катушки

5. продольными емкостями катушки

Верный ответ: 1

3. Какие мероприятия используют для ограничения коммутационных перенапряжений в сетях с заземленной нейтралью

Ответы:

1. заземление нейтрали через резистор
2. заземление нейтрали через дугогасящий реактор
3. управление моментом отключения выключателя
4. применение выключателей с шунтирующими резисторами
5. применение шунтирующих реакторов
6. применение ОПН и вентильных разрядников

Верный ответ: 3,4,5

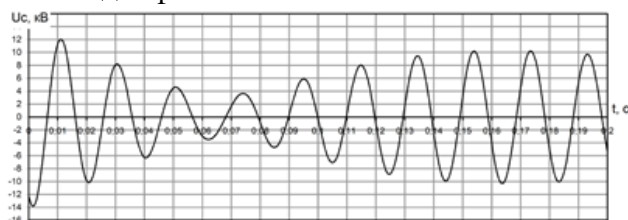
4. Для выбора технических характеристик ОПН в каких «особых случаях» 110-750 кВ необходимо проведение расчетов:

Ответы:

1. внутренних перенапряжений на РУ, к которым присоединены ВЛ 500-750 кВ длиной более 200-300 км;
2. внутренних (коммутационных) перенапряжений на РУ, на которых установлены батареи конденсаторов;
3. внутренних перенапряжений на электропередачах, оснащенных устройствами продольной компенсации (УПК);
4. внешних (грозовых) перенапряжений на ВЛ 110-750 кВ, не обладающих достаточной грозоупорностью;
5. внешних перенапряжений в сетях с эффективно заземленной нейтралью при разземлении части нейтралей трансформаторов

Верный ответ: 1,4

5. Какому явлению соответствует график изменения напряжения после гашения дуги в месте однофазного замыкания на землю

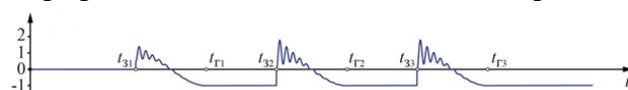


Ответы:

1. биений фазных напряжений в компенсированной сети при расстройке
2. восстановления напряжения на поврежденной фазе при резистивном заземлении нейтрали
3. восстановления напряжения на поврежденной фазе при резонансном заземлении нейтрали
4. биений фазных напряжений в сети с изолированной нейтралью
5. восстановления электрической прочности изоляции в месте повреждения

Верный ответ: 1

6. График изменения какой величины приведен на рисунке



Ответы:

1. напряжения на нейтрали по гипотезе Петерса-Слепяна

2. напряжения на нейтрали по гипотезе Петерсена
3. напряжения на нейтрали по гипотезе Белякова
4. тока в месте замыкания по гипотезе Петерсена
5. напряжения на поврежденной фазе по гипотезе Белякова

Верный ответ: 1

7. Какой режим нейтрали обеспечивает стекание заряда нулевой последовательности за время между ближайшими замыканиями, составляющее полупериод промышленной частоты

Ответы:

1. резистивного заземления
2. резонансного заземления
3. изолированной нейтрали
4. комбинированного заземления
5. глухого заземления

Верный ответ: 1

8. Какой ток протекает через место замыкания в режиме перекомпенсации

Ответы:

1. индуктивный, активный и высших гармоник
2. емкостной
3. индуктивный
4. активный и высших гармоник
5. емкостной, активный и высших гармоник

Верный ответ: 1

9. Из какого условия определяется величина сопротивления высокоомного резистора, обеспечивающего ограничение дуговых перенапряжений

Ответы:

1. равенства емкостного и индуктивного токов
2. равенства емкостного тока току трехфазного КЗ
3. $U_{пг}=0,4U_{фн}$
4. $U_{пер}=2,4U_{фн}$
5. равенства емкостного и активного токов

Верный ответ: 1

10. Какая конструкция обмоток трансформатора обеспечивает наилучшее выравнивание напряжения вдоль обмотки при воздействии импульсных напряжений

Ответы:

1. Катушечная переплетенная обмотка
2. Катушечная непрерывная обмотка
3. Винтовая обмотка
4. Катушечная обмотка с холостыми витками
5. Комбинированная катушечная обмотка

Верный ответ: 1

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 55

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка формируется БАРС с учетом оценок текущей успеваемости и экзаменационной

Для курсового проекта/работы:

2 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Процедура защиты проходит в форме публичного доклада с презентацией основных материалов курсового проекта

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Итоговая оценка формируется БАРС с учетом оценок текущей успеваемости и полученной на защите