

**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: Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Специальные вопросы расчетов релейной защиты и автоматики**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лебедев А.А.
	Идентификатор	Rfd9db9a2-LebedevAndA-4143f81f

(подпись)

А.А. Лебедев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Арцишевский Я.Л.
	Идентификатор	Re1a0c0ff-ArtsishevskyYL-f4af1cc8

(подпись)

Я.Л.

Арцишевский

(расшифровка подписи)

Заведующий
выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень,
ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волошин А.А.
	Идентификатор	Ra915003b-VoloshinAA-408ebd73

(подпись)

А.А. Волошин

(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-1 Способен вести разработку автоматических систем в электроэнергетике
ИД-2 Применяет специализированное программное обеспечение
2. ПК-2 Способен использовать знания об автоматических устройствах в электроэнергетике в научной деятельности
ИД-1 Работает с отдельными видами автоматических устройств

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет вторичных цепей ТН (Коллоквиум)
2. Расчет вторичных цепей ТТ (Коллоквиум)
3. Расчет релейной защит трансформаторов 10/0,4 кВ (Контрольная работа)
4. Расчет релейной защиты электродвигателей 10 кВ (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3	КМ- 4
	Срок КМ:	4	8	12	16
РЗА элементов собственных нужд электростанций					
Основные положения и понятия. Структура РЗА элементов собственных нужд электростанций.		+			
РЗА питающих элементов собственных нужд электростанций		+			
РЗА электродвигателей 10 кВ		+	+		
РЗ трансформаторов собственных нужд 10/0,4 кВ		+	+		
Релейная защита синхронных генераторов и блоков генератор-трансформатор					
Релейная защита синхронных генераторов и блоков генератор-трансформатор		+	+		
Расчет нагрузок во вторичных цепях трансформаторов тока и напряжения					
Расчет нагрузок во вторичных цепях трансформаторов тока					+

Расчет нагрузок во вторичных цепях трансформаторов напряжения			+	
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-1	ИД-2 _{ПК-1} Применяет специализированное программное обеспечение	Знать: расчетные режимы для выбора параметров срабатывания устройств РЗА Уметь: выполнять расчет параметров срабатывания РЗА трансформаторов, электродвигателей и проводить оценку полученных результатов	Расчет релейной защит трансформаторов 10/0,4 кВ (Контрольная работа) Расчет релейной защиты электродвигателей 10 кВ (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Работает с отдельными видами автоматических устройств	Знать: принципы построения, объем и виды устройств релейной защиты и автоматики электростанций, подстанций и электрических сетей Уметь: производить расчет нагрузок и выбор проводников во вторичных цепях ТТ	Расчет релейной защит трансформаторов 10/0,4 кВ (Контрольная работа) Расчет вторичных цепей ТН (Коллоквиум) Расчет вторичных цепей ТТ (Коллоквиум)

		производить расчет нагрузок, расчет и выбор коммутационных аппаратов и проводников во вторичных цепях ТН	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Расчет релейной защит трансформаторов 10/0,4 кВ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

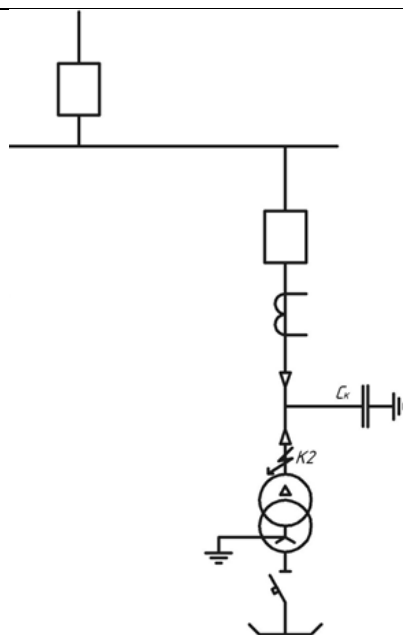
Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Работа выполняется индивидуально по вариантам заданий.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на контроль умения выполнять расчет уставок защит трансформатора собственных нужд 10/0,4 кВ

Контрольные вопросы/задания:

Знать: расчетные режимы для выбора параметров срабатывания устройств РЗА	1.Какие расчетные режимы используются для расчета уставок ТО трансформатора 6(10)/0,4 кВ? 2.Какие расчетные режимы используются для расчета уставок МТЗ трансформатора 6(10)/0,4 кВ? 3.Какие расчетные режимы используются для расчета уставок ТЗНП трансформатора 6(10)/0,4 кВ?														
Знать: принципы построения, объем и виды устройств релейной защиты и автоматики электростанций, подстанций и электрических сетей	1.Какой состав защит трансформаторов устанавливается для трансформаторов 10/0,4 кВ? 2.Какие требования предъявляются к РЗ?														
Уметь: выполнять расчет параметров срабатывания РЗА трансформаторов, электродвигателей и проводить оценку полученных результатов	1.Задание: 1)Выполнить расчет уставок защит трансформатора собственных нужд 6/0,4 кВ. 2)Произвести оценку чувствительности защит. Примечание: 1.Коэффициент трансформации ТТ 3ОЗЗ принять равным 30/1 А. 2.Коэффициент трансформации ТТ ТЗНП принять равным 30/1 А. 3.Коэффициент возврата реле максимального типа принять равным 0,95. 4.Низкоомное заземление нейтрали сети 6 кВ (RN = 100 Ом). 5.Кол-во параллельных линий n = 1. 6.Удельные емкостные токи кабелей 6 кВ Табл.2 <table><tr><td>Сечение кабеля, мм2</td><td>70</td><td>95</td><td>120</td><td>150</td><td>185</td><td>240</td></tr><tr><td>ИС.УД, А</td><td>0,8</td><td>0,9</td><td>1,0</td><td>1,18</td><td>1,25</td><td>1,45</td></tr></table> 7.На стороне 0,4 кВ от ТСН 6/0,4 кВ один ввод питания.	Сечение кабеля, мм2	70	95	120	150	185	240	ИС.УД, А	0,8	0,9	1,0	1,18	1,25	1,45
Сечение кабеля, мм2	70	95	120	150	185	240									
ИС.УД, А	0,8	0,9	1,0	1,18	1,25	1,45									



Исходные данные

$S_{ном} = 400$ кВА; $L_{каб} = 300$ м; $S_{каб} - 3 \times 120$ мм²;

$I(3)K1_{max} = 11$ кА;

$I(3)K2_{max} = 7.7$ кА;

$I(3)K1_{min. (дуговое)} = 9.68$ кА;

$I(1)K1_{min. (дуговое)} = 9.92$ кА;

$k_{ТТ} 6кВ = 100 / 1$; $k_{ТТ} N = 800 / 1$; $k_{ТТ} 0.4кВ = 1000 / 1$; $\Delta t = 0.5$ с

$I_{см. макс} (0,4) = 1350$ А; $t_{см. макс} (0,4) = 0.3$ с; $k_{C3} = 2.6$;

$t_{собств. выкл} = 0.04$ с; $t_{возвр. рз} = 0.01$ с; $t_{зап.} = 0.1$ с;

$k_{отс} TO = 1.3$; $k_{сх} = 1$; $k_{отс} \text{МТЗ} = 1.2$; $k_{отс} ТЗНП = 1.5$;

$k_{отс} УРОВ = 0.9$; $k_{отс} ЗОЗЗ = 1.2$; $k_b = 5$;

Суммарная протяженность кабельных линий сети 6/10 кВ составляет 20 км. Указан % от нее для кабелей различного сечения.

120 мм² - 20 %; 150 мм² - 30 %; 95 мм² - 50 %.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

КМ-2. Расчет релейной защиты электродвигателей 10 кВ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Работа выполняется индивидуально по вариантам заданий.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на контроль умения выполнять расчет уставок защит электродвигателей 10 кВ

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять расчет параметров срабатывания РЗА трансформаторов, электродвигателей и проводить оценку полученных результатов

1. Для электродвигателя 6 кВ:

1. Произвести оценку чувствительности защит.

2. Выполнить расчет уставок защит электродвигателя 6 кВ.

Примечание:

1. Коэффициент трансформации ТТНП принять равным 30/1 А

2. Коэффициент броска емкостного тока принять равным 2,0.

3. Удельные емкостные токи кабелей 6 кВ

4. Низкоомное заземление в сети 6 кВ обеспечивается резистором 100 Ом.

Табл.1

Сечение кабеля, мм ²	70	95	120	150	185	240
ИС.УД, А	0,8	0,9	1,0	1,18	1,25	1,45

5. ЗП ЭД с независимой выдержкой времени.

6. Для двигателей мощностью меньше 3 МВт емкость двигателя не учитывать и принять равной нулю.

7. Если какой-то тип защиты не используется, то в ответе прописать 0.

Исходные данные:

Параметры ЭД:

Тип двигателя - асинхронный.

$\cos\varphi_{ном}=0,87$; $\eta_{эд} = 0.95$; $k_{в}=0,95$;

$k_{п}=6.5$ - кратность пускового тока; $k_{отс}$

$ТО=1.2$; $k_{сх}=1$;

$k_{отс} ЗОЗЗ = 1.2$; $k_{отс} \text{ МТЗ} = 1.2$;

$P_{ном}=\{P_{ed}\}$ кВт; $L_{каб}=500$ м; $S_{каб}=2 \times (3 \times 185)$ мм²;

Ответственность механизма (1 - ответственный механизм; 2 - неответственный механизм; 3 - особо ответственный механизм) - 1;

	Подверженность механизма перегрузке (1 - возможна перегрузка механизма СН по технологии; 2 - возможна перегрузка механизма СН в режиме пуска и самозапуска ЭД 6 кВ; 3 - механизм СН не подвержен перегрузке) - 1; Параметры сети 6/10 кВ Ном. напряжение сети - 6 кВ; $I_{кз \min(3)}=9.6$ кА; Характеристика кабельной сети: Суммарная протяженность кабельных линий сети 6 кВ составляет 20 км. Указан % от нее для кабелей различного сечения. 185 мм² - 20 %; 120 мм² - 20 %; 95 мм²- 70 %. $k_{тт}= 150 / 1$.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-3. Расчет вторичных цепей ТН

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Работа выполняется индивидуально по вариантам заданий.

Краткое содержание задания:

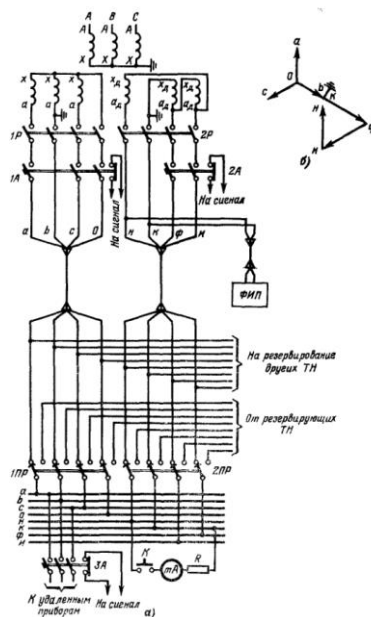
Контрольная работа ориентирована на контроль знаний о расчете вторичных цепей трансформаторов напряжения.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить расчет нагрузок, расчет и выбор коммутационных аппаратов и проводников во вторичных цепях ТН	1.Исходные данные: ТН НКФ-220 на 220 кВ включается по схеме приведенной ниже. Все вторичные нагрузки основных обмоток включаются по схеме, приведенной ниже. Длина кабелей от трансформатора напряжения до его шкафа 12 м и от шкафа до щита защиты 100 м. Наиболее удаленная от сборки зажимов на щите панель защиты питается по кабелю длиной 20 м. От щита защиты для питания измерительных приборов проложены кабели на щит управления. Длина наиболее протяженного кабеля $L=180$ м.
---	--

Задание:

Выбрать сечение жил кабелей по условию полного использования мощности трансформатора напряжения в классе точности 1. Нагрузку панели защиты на основные обмотки трансформатора напряжения принять 55 ВА на фазу (при 100 ВА), а на дополнительные обмотки 15 ВА при 100 В. Нагрузку от измерительных приборов, питаемых по наиболее протяженному кабелю, принять равной $S_{ab}=S_{bc}=10$ ВА. Выбрать автоматы и уставки их расцепителей.

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

КМ-4. Расчет вторичных цепей ТТ

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проводится в период аудиторных занятий. Работа выполняется индивидуально по вариантам заданий.

Краткое содержание задания:

Контрольная работа ориентирована на контроль знаний о расчете вторичных цепей трансформаторов тока.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить расчет нагрузок и выбор проводников во вторичных цепях ТТ

1.Задание:

Провести проверку точности работы трансформаторов тока дифференциальной защиты шин 35 кВ в связи с увеличением тока КЗ при вводе новой мощности в системе.

Исходные данные:

ТТ - ТФН35М-Д/0,5, $N_T=1000/5$ А (кривая 2). Кривые предельных кратности приведены ниже.

трансформаторы тока включены по схеме полной звезды. Кабель во вторичных цепях ТТ сечением 4 мм², на ибольшая длина 75 м. Реле диф. защиты типа РНТ-565. Полный тока трехфазного КЗ на шинах равен 12,3 кА.

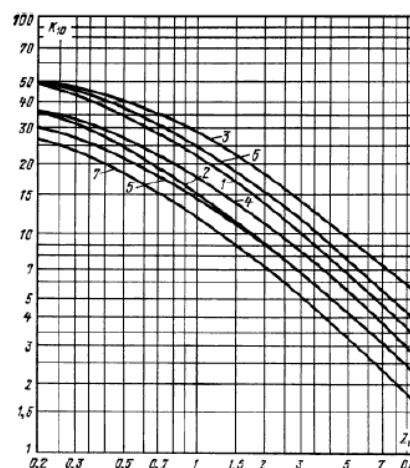


Рис. П5.2. Кривые предельных кратностей тока ТТ типа ТФНД-35М

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания:

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Комплект защит элементов собственных нужд. РЗ ТСН 10/0,4 кВ
2. Порядок расчета вторичных цепей трансформаторов тока (для релейных обмоток)

Процедура проведения

Зачет проводится в форме устного опроса по темам изученным в рамках лекционного курса

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-1} Применяет специализированное программное обеспечение

Вопросы, задания

1. Виды повреждений и ненормальных режимов трансформаторов. Векторные диаграммы токов во вторичных цепях защиты при К(3), К(2), К(1) за трансформатором Д/У-11
2. Особенности выбора токов срабатывания I и II ступеней токовой защиты в радиальной сети с двусторонним питанием.
3. Сравнить условия выбора выдержек времени срабатывания МТЗ в радиальной сети с двусторонним питанием и в кольцевой сети с одним источником питания. Пояснить расстановку ОНМ.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что понимается под «отказом срабатывания» защиты

Ответы:

- a. излишнее срабатывание при внешнем КЗ b. отказ срабатывания при внутреннем КЗ c. все перечисленное d. ложное срабатывание в режиме без КЗ

Верный ответ: b. отказ срабатывания при внутреннем КЗ

2. Что понимается под «ложным» срабатыванием защиты

Ответы:

- a. срабатывание во всех случаях, кроме внутренних КЗ b. срабатывание при внешних КЗ c. срабатывание в режиме без КЗ

Верный ответ: c. срабатывание в режиме без КЗ

3. Дифференциальная защита ЭД 6(10) кВ применяется в качестве:

Ответы:

- a. резервной защита от междуфазных коротких замыканий для ЭД мощностью менее 5 МВт b. основной защиты от междуфазных коротких замыканий для ЭД мощностью более 5 МВт c. защиты от однофазных замыканий на землю для ЭД мощностью более 2 МВт d. основной защиты от междуфазных коротких замыканий для ЭД мощностью более 2 МВт

Верный ответ: b. основной защиты от междуфазных коротких замыканий для ЭД мощностью более 5 МВт

4. Выберите неверное утверждение. Защита от перегрузки предусматривается с действием на отключение для ЭД:

Ответы:

а. с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска б. подверженных перегрузке по технологическим причинам с. перегрузка которых является недопустимой д. перегрузка которых возможна при чрезмерном увеличении длительности пускового периода при понижении напряжения питающей сети

Верный ответ: а. с особо тяжелыми условиями пуска и самозапуска

5. Выберите верное утверждение:

Ответы:

а. первая ступень защиты минимального напряжения действует на отключение неответственных двигателей б. вторая ступень защиты минимального напряжения действует на сигнал при исчезновении напряжения с выдержкой времени 3 с. с. вторая ступень защиты минимального напряжения действует на отключение ответственных двигателей без выдержки времени д. первая ступень защиты минимального напряжения действует на сигнал при снижении напряжения

Верный ответ: а. первая ступень защиты минимального напряжения действует на отключение неответственных двигателей

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Работает с отдельными видами автоматических устройств

Вопросы, задания

1. Назначение, функции и требования к РЗ
2. Порядок расчета вторичных цепей трансформаторов тока (для релейных обмоток)
3. Порядок расчета вторичных цепей трансформаторов напряжения

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какой режим работы ТН является предпочтительным?

Ответы:

а. Холостой ход б. Активная нагрузка, равная номинальной с. Активно-индуктивная нагрузка д. Короткое замыкание

Верный ответ: а. Холостой ход

2. Какие мероприятия предусмотрены, если расчетная мощность нагрузки на обмотку ТН превышает допустимое значение:

Ответы:

а. Использование дополнительного ТН на отдельных присоединениях б. Использование приборов с меньшим энергопотреблением с. Замена кабелей на другие, с большим сечением д. Использование ТН с большей мощностью

Верный ответ: б. Использование приборов с меньшим энергопотреблением

3. Что такое номинальная предельная кратность ТТ?

Ответы:

а. Отношение первичного тока, воздействие которого кратковременно способен выдержать трансформатор тока, к номинальному первичному току. б. Отношение тока, длительное воздействие которого способен выдержать трансформатор тока, при его длительном протекании, к номинальному первичному току. с. Наибольшее отношение первичного тока, проходящего через ТТ к его номинальному первичному току, при номинальной загрузке обмотки ТТ. д. Минимальная кратность превышения первичного тока, при котором сердечник трансформатора уходит в насыщение.

Верный ответ: с. Наибольшее отношение первичного тока, проходящего через ТТ к его номинальному первичному току, при номинальной загрузке обмотки ТТ.

4. Выберите лишнее расчетное условие для выбора допустимых нагрузок на обмотки ТТ:

Ответы:

а. Предотвращение отказа срабатывания защиты при наибольших токах КЗ в месте установки ТТ в следствие чрезмерной угловой погрешности б. Ограничение тока во вторичной цепи до установленных значений с. Ограничение напряжения на вторичной

обмотке ТТ d.Обеспечение точности работы измерительных органов при КЗ в расчетных точках

Верный ответ: b.Ограничение тока во вторичной цепи до установленных значений
5.Какой режим работы ТТ является предпочтительным?

Ответы:

a.активная нагрузка равная номинальной b.холостой ход c.короткое замыкание
d.активно-индуктивная нагрузка равная номинальной

Верный ответ: c.короткое замыкание

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Ответы даны верно, четко сформулированы, особенности практических решений указаны в достаточном для понимания функционирования объеме

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Большинство ответов даны верно. В материалах ответа присутствуют незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Не менее половины ответов даны верно. В материалах ответа присутствуют незначительные недостатки и ошибки, которые студент смог самостоятельно скорректировать

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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