

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в  
высоковольтном оборудовании

**Код модуля**  
1160852

**Модуль**  
Современное высоковольтное оборудование в  
электроэнергетике и электротехнике

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Поповцев Владислав Викторович	без ученой степени	Ассистент	Электротехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

**Авторы:**

- Поповцев Владислав Викторович, Ассистент, Электротехники

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в высоковольтном оборудовании**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Расчетная работа	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Моделирование электромагнитных коммутационных возмущений в высоковольтном оборудовании**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2 -Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	З-1 - Сделать обзор основных методов моделирования и математического анализа, применимых для формализации и решения задач профессиональной деятельности П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	Контрольная работа Практические/семинарские занятия Расчетная работа

	У-1 - Самостоятельно сформулировать задачу области профессиональной деятельности, решение которой требует использования методов моделирования и математического анализа	
ОПК-7 -Способен планировать и управлять жизненным циклом инженерных продуктов и технических объектов, включая стадии замысла, анализа требований, проектирования, изготовления, эксплуатации, поддержки, модернизации, замены и утилизации	З-1 - Изложить принципы имитационного моделирования для принятия инженерных решений П-4 - Разработать технические задания на проектирование и изготовление инженерных продуктов и технических объектов, включая выбор оборудования и технологической оснастки У-3 - Использовать программные пакеты при построении имитационной модели разрабатываемой системы или использующей системы	Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Расчетная работа Экзамен
ОПК-1 -Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общеинженерных наук У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общеинженерных наук	Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Расчетная работа Экзамен

<p>ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективност и производственного цикла и продукта</p>	<p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов  П-1 - Организовать в соответствии с разработанным утвержденным планом выполнение работ по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности  У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p>	<p>Контрольная работа  Лекции  Практические/семинарские занятия  Расчетная работа  Экзамен</p>
<p>ПК-5 -Способен моделировать работу высоковольтного электрооборудования, преобразователей энергии, высоковольтных электронных аппаратов и установок на базе стандартных пакетов прикладных программ</p>	<p>З-7 - Привести примеры методов проведения экспериментальных исследований по заданной методике  П-7 - Иметь практический опыт пользования современными методиками  У-7 - Анализировать методы моделирования процессов в схемах электрических систем в стационарных и переходных режимах</p>	<p>Контрольная работа  Лекции  Практические/семинарские занятия  Расчетная работа  Экзамен</p>

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.2		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	3,9	100

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.8</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>расчетная работа</i>	3,18	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

#### 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

##### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

##### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)

2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно но (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Проверка выбранного выключателя по заданным параметрам ПВН.
  2. Расчёт ПВН при отключении коротких замыкания в однофазной (однопроводной) сети с использованием расчётных программных комплексов.
  3. Расчёт ПВН в реальных трёхфазных сетях при отключении коротких замыкания за выключателем с использованием расчётных программных комплексов.
  4. Расчёт ПВН в реальных трёхфазных сетях при отключении коротких замыкания на небольшом расстоянии от выключателей с использованием расчётных программных комплексов.
  5. Исследование контуров восстанавливающегося напряжения с двух- и четырёхпараметрическим ПВН с использованием расчётных программных комплексов.
  6. Расчёт и сопоставление характеристик ПВН при однофазных и трехфазных КЗ.
  7. Исследование влияния на ПВН шунтирующих активных сопротивлений и емкостей с использованием расчётных программных комплексов.
  8. Влияние отключения индуктивных и ёмкостных нагрузок на параметры ПВН.
- LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.



## Базовый

### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

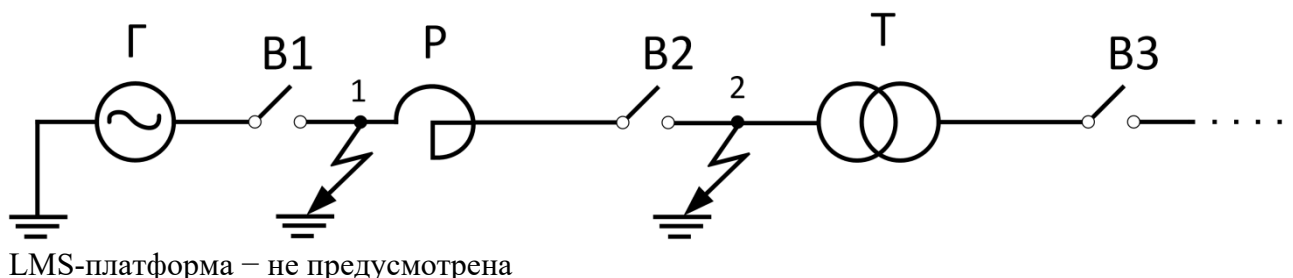
1. Определение параметров ПВН при отключении тока короткого замыкания.
2. Определить проходит ли данный выключатель по нормированным характеристикам ПВН при отключении тока короткого замыкания.
3. Составить выражения для входного сопротивления в операторной и обычной формах для участка электрической сети при отказе выключателя.

Примерные задания

Имеется высоковольтный элегазовый выключатель на номинальное напряжение  $U_{ном} = 110$  кВ с  $I_{ном.откл.} = 40$  кА, расположенный в сети с частотой  $f = 50$  Гц на шинах ПС за сопротивлением источника и трансформатора  $L1 = 24$  мГн. Предполагая, что расчёт ведётся волновым методом с эквивалентным волновым сопротивлением  $Z_{волн} = 420$  Ом всех подходящих ЛЭП к ПС, используя расчётное выражение для ПВН необходимо определить скорость восстановления напряжения в кВ/мксек в промежутке времени  $[0,00; 0,10]$  сек и проверить проходит ли данный выключатель по нормированным характеристикам ПВН.

Имеется высоковольтный элегазовый выключатель на номинальное напряжение  $U_{ном} = 220$  кВ с  $I_{ном.откл.} = 63$  кА, расположенный в сети с частотой  $f = 50$  Гц на шинах ПС за сопротивлением источника и трансформатора  $L1 = 10$  мГн. Предполагая, что расчёт ведётся волновым методом с эквивалентным волновым сопротивлением  $Z_{волн} = 390$  Ом всех подходящих ЛЭП к ПС, используя расчётное выражение для ПВН необходимо проверить проходит ли данный выключатель по нормированным характеристикам ПВН. Нормированные характеристики ПВН для выключателей с  $U_{ном} = 220$  кВ при отключении трёхфазного тока короткого замыкания  $I_{о.н.} = 0,6 \cdot I_{ном.откл}$  включают в себя:  $u1 = 200$  кВ;  $t1 = 67$  мксек;  $S = u1/t1 = 3,0$  кВ/мксек

В однопроводном схеме на рисунке произошло трёхфазное короткое замыкания в точке 2. Произошёл отказ выключателя В1 и системой ближнего резервирования (УРОВ) короткое замыкания отключается выключателем В2.



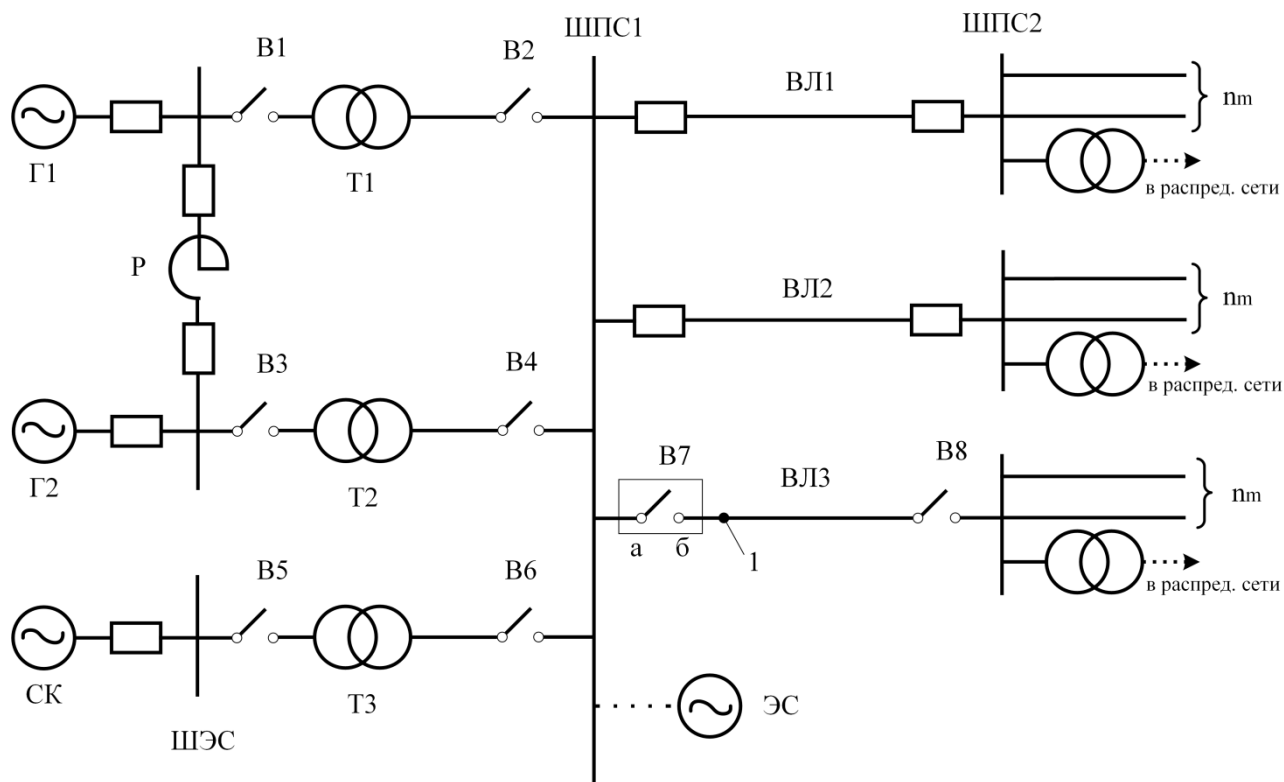
### 5.2.2. Расчетная работа

Примерный перечень тем

1. Расчёт условия работы и выбор выключателя для заданного узла части электроэнергетической системы по параметрам ПВН.

Примерные задания

Выбрать и проверить по отключающей способности с учетом параметров восстанавливающегося напряжения аналитическим способом с помощью расчётных программных комплексов матобеспечения кафедры (MATLAB, Wolfram Mathematica, MathCAD или Microsoft Excel) и с помощью пакета численного моделирования (Elcut или COMSOL Multiphysics) выключатели в электрической сети, выданной преподавателем.



LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Общие сведения об АВН в ЭЭС. Типы, принцип действия.
2. Работа выключателей при отключении КЗ. Процесс гашения дуги переменного и постоянного токов. Влияние параметров сети на гашение дуги.
3. Общие принципы расчёта ПВН в ЭЭС. Применение метода встречного тока – теоремы Тевенена. Замена трёхфазной цепи однофазной/однолинейной при расчёте ПВН.
4. Расчёт ПВН в схемах с ЛЭП.
5. Современные лаборатории для испытания выключателей на отключающую способность.
6. Трёхконтурные синтетические схемы коммутационных испытаний выключателей.
7. Методы снижения характеристик ПВН. Эффективность методов.
8. Испытания в режиме отключения неудалённых КЗ.
9. Воспроизведение ПВН при испытаниях выключателей.
10. Влияние дуги на искажение отключаемого тока.
11. Требования к коммутационной способности выключателей и методы испытания выключателей.

12. Отключение первой фазы трёхфазного ТКЗ непосредственно за выключателем.
  13. Схемы синхронизации при коммутационных испытаниях.
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.