

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Высsovовольтные силовые электронные аппараты

**Код модуля**  
1158626(1)

**Модуль**  
Силовая электроника и устройства защиты в  
энергетических системах

**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	Лузгин Владислав Игоревич	к.т.н., доцент	Доцент	Кафедра электротехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.Д. Маева

**Авторы:**

- Лузгин Владислав Игоревич, Доцент, Кафедра электротехники

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Высоковольтные силовые электронные аппараты**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Расчетно-графическая работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Высоковольтные силовые электронные аппараты**

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
ПК-24 -Способен применять знание технологии, аппаратуры, приборов и приспособлений для диагностики, испытаний и измерений высоковольтного оборудования	З-12 - Объяснить принцип управления диодом, транзистором и тиристором П-12 - Выполнять сборку измерительных схем для снятия ВАХ У-13 - Оценивать измерительные приборы для снятия ВАХ	Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам Расчетно-графическая работа Экзамен
ПК-25 -Способен применять знание устройства и принципы трансформаторов,	З-13 - Привести примеры применения высоковольтной силовой электроники П-13 - Сделать вывод о применении высоковольтной	Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Расчетно-графическая работа

разъединителей, выключателей, реакторов, заземляющих устройств, устройств молниезащиты, релейной защиты и автоматики, кабельных и воздушных линий электропередачи, газовых защит	силовой электроники в энергетике У-13 - Обосновать применение силовой электроники на объектах энергетики	Экзамен
--	---	---------

### 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

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	7,4	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – <b>0.5</b>		
Промежуточная аттестация по лекциям – <b>экзамен</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – <b>0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>расчетно-графическая работа</i>	7,12	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – <b>1</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.2</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	7,14	100

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</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 –не предусмотрено</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 -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</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

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
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	<p>Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов.</p> <p>Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения.</p> <p>Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.</p>
-------------------	---

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 (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. Электронные переключатели и регуляторы постоянного тока
2. Электронные переключатели и регуляторы переменного тока
3. Преобразователи параметров электрической энергии переменного тока в постоянный
4. Преобразователи параметров электроэнергии постоянного тока в переменный
5. Преобразователи параметров электроэнергии переменного тока в переменный

Примерные задания

Определить предельно допустимые значения параметров силового диода

При помощи схемы (рисунок 1) были произведены замеры средних значений напряжений и токов силового нелавинного диода в прямом и обратном направлениях.

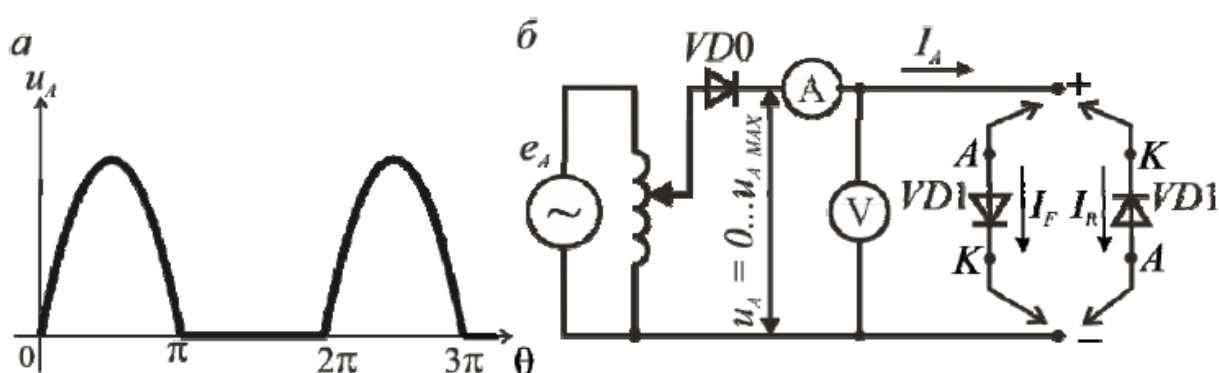


Рисунок 1- форма напряжения (а) и схема (б) для получения классификационной ВАХ силового диода

Результаты замеров приведены в таблице 1, в которой обозначено: F – прямое направление, R – обратное направление, G – номер группы студента (1, 2, 3), N – номер студента по журналу.

Таблица 1 – Замеренные значения напряжений и токов силового диода

$U_F, \text{В}$	$0,2 \cdot G$	$0,4 \cdot G$	$0,6 \cdot G$	$0,7 \cdot G$	$0,8 \cdot G$
$I_F, \text{А}$	$5 \cdot N/G$	$20 \cdot N/G$	$60 \cdot N/G$	$160 \cdot N/G$	$300 \cdot N/G$
$U_R, \text{В}$	$5 \cdot N \cdot G$	$10 \cdot N \cdot G$	$15 \cdot N \cdot G$	$20 \cdot N \cdot G$	$25 \cdot N \cdot G$
$I_R, \text{мА}$	$0,06 \cdot N$	$0,07 \cdot N$	$0,08 \cdot N$	$0,09 \cdot N$	$0,1 \cdot N$

Необходимо:

- 1) Составить таблицу замеренных средних напряжений и токов силового диода в прямом и обратном направлениях для заданного варианта;
- 2) Определить по таблице предельно допустимые значения силового диода

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Исследование работы импульсного регулятора постоянного тока

2. Исследование работы регулятора напряжения переменного тока
  3. Исследование работы трехфазного мостового выпрямителя
  4. Исследование работы автономного инвертора напряжения и инвертора тока
  5. Исследование работы трехфазного конвертора переменного тока
- 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. Силовые электронные ключи

Примерные задания

По заданной схеме тиристорного высоковольтного выпрямителя (рис. 1) определить уровень обратного напряжения на силовом тиристоре

По заданной схеме (Рис. 1) рассчитать номинальный режим работы трехфазного тиристорного высоковольтного выпрямителя.

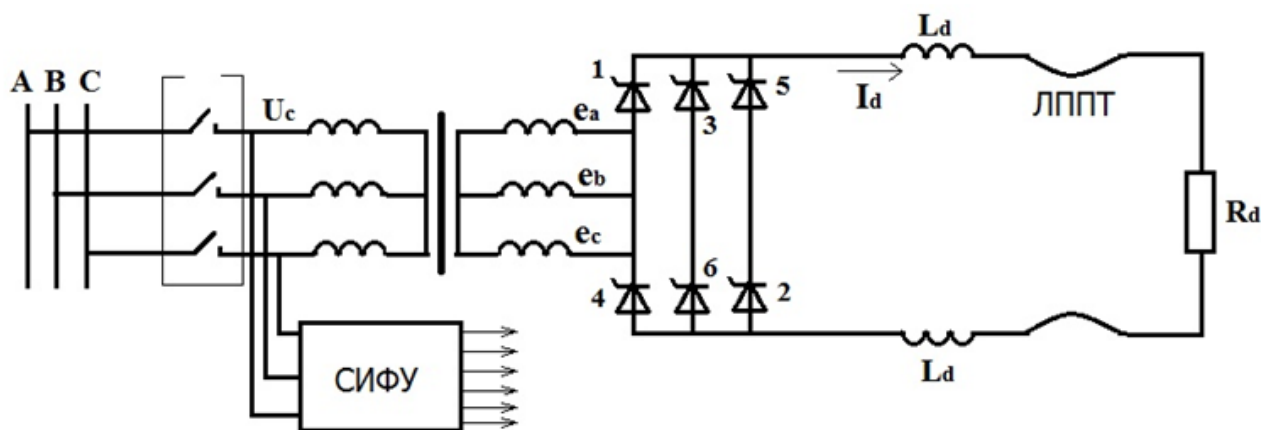


Рис. 1

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.2. Расчетно-графическая работа

Примерный перечень тем

1. Преобразователи параметров электрической энергии переменного тока в постоянный
  2. Преобразователи параметров электрической энергии постоянного тока в переменный
- Примерные задания

1. Схема выпрямителя – трехфазная мостовая, нагрузка активно-индуктивного характера.

2. Параметры схемы в относительных единицах [о.е.]:

сопротивление нагрузки  $R_n = \_\_\_ [о.е.]$ ;

индуктивное сопротивление фазы питающего трансформатора  $x_{\phi} = \_\_\_ [о.е.]$ ;

действующее значение фазного напряжения трансформатора - 1 [о.е.];

угол управления тиристорами в номинальном режиме  $0^\circ$ .



3. Параметры в именованных единицах:

Выпрямленное напряжение в номинальном режиме работы  $U_d = \text{___ В}$ ;

Номинальный ток нагрузки выпрямителя, соответствующий расчетному в [о.е.]  $I_d = \text{___}$

А.

4. Охлаждение воздушное, естественное, температура  $+20^\circ\text{C}$ .

#### СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ:

1. Построение блок-схемы системы фазового управления вентилями выпрямителя;
2. Расчет номинального рабочего режима выпрямителя;
3. Построение временных диаграмм работы выпрямителя по расчетным данным режима и графическое определение величины пульсаций выпрямленного напряжения при  $\alpha = 0$ .
4. Расчет регулировочной и внешней характеристики выпрямителя для режима номинальной нагрузки. Построение внешних характеристик выпрямителя при разных углах управления тиристорами.
5. Расчет энергетических характеристик выпрямителя и определение их зависимости от угла регулирования  $\alpha$ .
6. Расчет гармонического состава и коэффициентов искажения синусоидальности фазных токов и напряжений выпрямителя при  $\alpha = 0$ .
7. Расчет баланса мощностей выпрямителя при  $\alpha = 0$ .
8. Расчет параметров силового фильтра.

### Варианты заданий

№	Выпрямитель			Трансформатор			
	Выпрям. ток $I_d$ , А	Выпрям. напряж. $U_d$ , А	Мощность выпрямит. $P_d$ , кВт	Тип тр-ра	Мощность ВН обмотки $S$ , кВА	Ном. напр. кВ Напр. КЗ %	$X_c = \frac{U_k U_1^2}{100 S}$ , Ом
1	250	460	115	ТСЗП-160/0,4	147	0,38/6	0,058
2	320	345	110,4		142	0,38/6	0,0613
3	500	230	115		143	0,38/6	0,0613
4	1000	115	115		143	0,38/6	0,0613
5	400	460	184	ТСЗП-250/0,4	235	0,38/6	0,037
6	500	345	172,5		220	0,38/6	0,039
7	800	230	184		235	0,38/6	0,037
8	1600	115	184		230	0,38/6	0,038
9	630	460	290	ТСЗП-400/10	364	10/8	22
10	800	345	276		351	10/8	23
11	1250	230	287,5		362	10/8	22
12	1600	115	184		230	10/8	35
13	800	660	528	ТСЗП-630/10	645	10/8	12
14	1000	460	460		580	10/8	14
15	1250	345	431,3		554	10/8	15
16	2000	230	460		580	10/8	14
17	1000	825	825	ТСЗП-1000/10	1007	10/8	8,1
18	1250	660	825		1007	10/8	8,1
19	1600	460	736		938	10/8	8,7
20	2000	345	690		880	10/8	9,3
21	2500	230	575		732	10/8	19
22	1600	825	1320	ТСЗП-1600/10	1621	10/8	8,54
23	2000	660	1320		1612	10/8	8,6
24	2500	460	1150		1450	10/8	9,55
25	2500	660	1650	ТСЗП-2500/10	1979	10/8	7
26	4000	460	2116		2324	10/8	6

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.3. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Исследование работы импульсного регулятора постоянного тока

Примерные задания

1. Зарисовать принципиальную электрическую схему установки
2. Опытным путем определить величину емкости для запираания тиристора в зависимости от сопротивления нагрузки
3. Снять осциллограмму процесса работы схемы и запираания тиристора
4. Рассчитать и построить характеристики регулятора: нагрузочную, внешнюю, ВАХ
5. Сделать выводы по проделанной работе

LMS-платформа – не предусмотрена

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

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Этапы исторического развития и становления силовой электроники. Функциональная и аппаратная классификация преобразователей электрической энергии.
2. Преимущества и недостатки силовых электронных аппаратов, экономическая целесообразность их применения.
3. Силовые полупроводниковые диоды, принцип действия, статические и динамические характеристики. Основные типы силовых диодов.
4. Силовые транзисторы, типы исполнения. Биполярные транзисторы, принцип действия, статические и динамические характеристики.
5. Полевые транзисторы, принцип действия, статические и динамические характеристики МОП-транзисторов с индукционным и встроенным каналом.
6. Биполярные транзисторы с изолированным затвором, принцип действия, статические и динамические характеристики.
7. Однооперационные тиристоры, принцип действия, статические и динамические характеристики, типы исполнения.
8. Двухоперационные тиристоры, типы исполнения. Запираемые тиристоры, устройство и принцип действия.
9. Тиристоры, коммутируемые по управлению, устройство и принцип действия.
10. Классификация, схемотехника и основные характеристики силовых выпрямителей. Показатели качества потребляемой и передаваемой энергии выпрямителей.
11. Основные схемы однофазных выпрямителей, входные, выходные и регулировочные характеристики трансформаторно-выпрямительных агрегатов.
12. Основные схемы многофазных выпрямителей. Принцип действия, основные характеристики трех-фазного мостового управляемого выпрямителя при работе на активную нагрузку.
13. Выпрямители с умножением напряжения. Симметричный и несимметричный удвоители напряжения. Каскадные схемы умножения напряжения.
14. Каскадный генератор постоянного тока на основе несимметричного удвоителя напряжения.
15. Тиристорные контакторы постоянного тока с узлами искусственной коммутации тиристоров.
16. Транзисторные регуляторы постоянного напряжения с последовательным и параллельным ключом.
17. Гибридные контакторы постоянного тока.
18. Электронные коммутационные аппараты переменного тока. Гибридный высоковольтный выключатель.
19. Тиристорные регуляторы переменного тока. Внешние и регулировочные характеристики ТРПТ с фазовым управлением.
20. Тиристорный управляемый реактор для компенсации реактивной мощности в электроэнергетических системах.
21. Дальние электропередачи постоянного тока. Структурная схема ППТ. Виды преобразователей электроэнергетики в системе ППТ.

22. Преобразователи электрической энергии в системе передачи постоянного тока. Одномотовые и многомотовые преобразователи постоянного тока для униполярных и биполярных ППТ.

23. Выпрямительный режим работы трехфазного преобразователя тока в системе электропередачи по-стоянного тока.

24. Инверторный режим работы трехфазного преобразователя тока в системе электропередачи постоянного тока. Условия коммутационной устойчивости работы преобразователя тока. Аварийные режимы работы преобразователя.

LMS-платформа – не предусмотрена

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

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ПК-24	З-12 У-13 П-12	Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Практические/семинарские занятия Расчетно-графическая работа Экзамен