МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»
Горный институт

ПОДПИСАНО ЭП КУЗГТУ
Подразделение: горный институт
Должность: директор института
Дата: 16.05.2022 17:39:41

Хорешок Алексей Алексеевич

Рабочая программа дисциплины

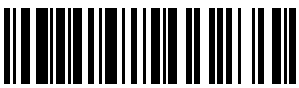
Преобразовательная техника

Специальность 21.05.04 Горное дело
Специализация / направленность (профиль) Горные машины и оборудование

Присваиваемая квалификация
"Горный инженер (специалист)"

Формы обучения
заочная,очная

Кемерово 2022 г.



Рабочую программу составил:

ПОДПИСАНО ЭП КУЗГТУ
Подразделение: кафедра электропривода и автоматизации
Должность: доцент (к.н.)
Дата: 09.06.2022 15:51:22

Негадаев Владислав Александрович

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электропривода и автоматизации

Протокол № 3/1 от 14.03.2022

ПОДПИСАНО ЭП КУЗГТУ
Подразделение: кафедра электропривода и автоматизации
Должность: заведующий кафедрой (к.н)
Дата: 09.06.2022 19:07:25

Шаулева Надежда Михайловна

Согласовано учебно-методической комиссией по направлению подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело

Протокол № 4/1 от 04.04.2022

ПОДПИСАНО ЭП КУЗГТУ
Подразделение: кафедра горных машин и комплексов
Должность: профессор (д.н)
Дата: 04.04.2022 17:26:05

Буялич Геннадий Даниилович

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине "Преобразовательная техника", соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование:

общекультурных компетенций:

ОК-1 - способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

профессиональных компетенций:

ПК-8 - готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством

Результаты обучения по дисциплине определяются индикаторами достижения компетенций

Индикатор(ы) достижения:

Результаты обучения по дисциплине:

автоматизированные системы управления производством

способы анализа и синтеза электронных преобразователей

принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством

абстрактно мыслить, анализировать и синтезировать электронные преобразователи

готовностью принимать участие во внедрении автоматизированных систем управления производством

способностью к абстрактному мышлению, анализу и синтезу электронных преобразователей

2 Место дисциплины "Преобразовательная техника" в структуре ОПОП специалитета

Для освоения дисциплины необходимы знания умения, навыки и (или) опыт профессиональной деятельности, полученные в рамках изучения следующих дисциплин: Теоретические основы электротехники.

Полученные в ходе освоения дисциплины «Преобразовательная техника» знания и умения необходимы при изучении таких дисциплин, как «Электропривод и автоматизация горных машин», «Электрические машины» и других дисциплин.

3 Объем дисциплины "Преобразовательная техника" в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины "Преобразовательная техника" составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Форма обучения	**Количество часов**		
	ОФ	**ЗФ**	**ОЗФ**
Курс 4/Семестр 7			
Всего часов	108	108	
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий):			
Аудиторная работа			
Лекции	16	2	
Лабораторные занятия			
Практические занятия	34	6	
Внеаудиторная работа			
Индивидуальная работа с преподавателем:			
Консультация и иные виды учебной деятельности			
Самостоятельная работа	58	96	
Форма промежуточной аттестации	зачет	зачет /4	

4 Содержание дисциплины "Преобразовательная техника", структурированное по

разделам (темам)

4.1. Лекционные занятия

Раздел дисциплины, темы лекций и их содержание	Трудоемкость в часах		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ
1. Общие сведения о преобразователях электрической энергии 1.1. Назначение и практическое применение преобразователей электрической энергии (выпрямителей, инверторов, преобразователей частоты, фильтров, компенсационных устройств).	1	1	
2. Выпрямители 2.2. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и противоЭДС. 2.3. Работа однофазного управляемого выпрямителя с нулевой точкой на активно-индуктивную нагрузку. 2.4. Работа трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку.	5	1	
3. Инверторы, ведомые сетью 3.5. Работа однофазного ведомого сетью инвертора с нулевой точкой. Условия устойчивой работы и опрокидывания инвертора. 3.6. Тиристорные преобразователи для электропривода постоянного тока. Схемы соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе. Внешние характеристики реверсивного преобразователя.	4		
4. Системы управления тиристорными преобразователями 4.7. Принципы построения и основные узлы систем управления тиристорными преобразователями, ведомыми сетью.	1		
5. Автономные инверторы 5.8. Автономные инверторы напряжения. Автономные инверторы тока. Принцип работы инвертора на тиристорах. Способы формирования выходного тока и напряжения с помощью широтно-импульсной модуляции.	2		
6. Импульсные преобразователи постоянного и переменного напряжения 6.9. Нереверсивные и реверсивные транзисторные импульсные преобразователи постоянного напряжения.	2		
7. Преобразователи частоты 7.10. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока.	1		
Итого	16	2	

4.2. Практические занятия

Наименование работы	Трудоемкость в часах		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ
1. Преобразователь электропривода подачи комбайна 1КШЭ.	10	2	
2. Преобразователь частоты Mitsubishi серии FR-E500.	12	2	

3. Исследование импульсных преобразователей и стабилизаторов постоянного напряжения.	12	2	
Итого	34	6	

4.3 Самостоятельная работа студента и перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Вид СРС	Трудоемкость в часах		
	ОФ	ЗФ	ОЗФ
Выпрямители 1. Работа однофазного мостового выпрямителя на активную нагрузку. Внешние характеристики однофазного выпрямителя. 2. Влияние выпрямителей на гармонический состав сетевого напряжения. Сглаживающие фильтры. 3. Параметрические и компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения. 4. Работа трехфазного мостового управляемого выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку. Регулировочные характеристики.	8	15	
Инверторы, ведомые сетью 1. Работа трехфазного мостового ведомого сетью инвертора. Способы регулирования мощности, отдаваемой инвертором в сеть. 2. Совместное и раздельное управление реверсивным преобразователем. Уравнительный ток.	8	15	
Системы управления тиристорными преобразователями Генератор опорного напряжения. Нуль-орган. Усилитель-формирователь.	8	15	
Автономные инверторы 1. Автономные резонансные инверторы. Принцип работы инвертора на IGBT транзисторах. 2. Работа трехфазного автономного инвертора напряжения при углах проводящего состояния тиристоров 120, 150, 180 эл. градусов. 3. Формирование выходного напряжения автономного инвертора при многократных переключениях тиристоров в одном периоде.	8	15	
Импульсные преобразователи постоянного и переменного напряжения 1. Обратимые, с частичной модуляцией транзисторные импульсные преобразователи постоянного напряжения. 2. Импульсные преобразователи переменного напряжения.	8	15	
Преобразователи частоты Непосредственные преобразователи частоты.	8	17	
Подготовка к зачету	10	4	
Итого	58	96	

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине "Преобразовательная техника"

5.1. Паспорт фонда оценочных средств

№	Наименование разделов дисциплины	Содержание раздела (темы)	Код компетенции	Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, необходимые для формирования соответствующей компетенции	Форма текущего контроля знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, необходимых для формирования соответствующих компетенций
1	Общие сведения о преобразователях электрической энергии	1.1. Назначение и практическое применение преобразователей электрической энергии (выпрямителей, инверторов, преобразователей частоты, фильтров, компенсационных устройств).	ПК-8	Знать: Назначение и практическое применение преобразователей электрической энергии	Защита коллоквиума №1
2	Выпрямители	2.2. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом на активную, активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузку и противоЭДС. 2.3. Работа однофазного управляемого выпрямителя с нулевой точкой на активно-индуктивную нагрузку. 2.4. Работа трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку.	ПК-8	Знать: Работу выпрямителя	Защита коллоквиума №2

№	Наименование разделов дисциплины	Содержание раздела (темы)	Код компетенции	Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, необходимые для формирования соответствующей компетенции	Форма текущего контроля знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, необходимых для формирования соответствующих компетенций
3	Инверторы, ведомые сетью	3.5. Работа однофазного ведомого сетью инвертора с нулевой точкой. Условия устойчивой работы и опрокидывания инвертора. 3.6. Тиристорные преобразователи для электропривода постоянного тока. Схемы соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе. Внешние характеристики реверсивного преобразователя.	ПК-8	Знать: Работу ведомого сетью инвертора Владеть: Навыками соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе Уметь: Рассчитывать внешние характеристики реверсивного преобразователя	Отчет по ПР №1
4	Системы управления тиристорными преобразователями	4.7. Принципы построения и основные узлы систем управления тиристорными преобразователями, ведомыми сетью.	ПК-8	Знать: Принципы построения систем управления тиристорными преобразователями	Отчет по ПР №2
5	Автономные инверторы	5.8. Автономные инверторы напряжения. Автономные инверторы тока. Принцип работы инвертора на тиристорах. Способы формирования выходного тока и напряжения с помощью широтно-импульсной модуляции.	ПК-8	Владеть: Способами формирования выходного тока и напряжения с помощью широтно-импульсной модуляции	Защита коллоквиума №3
6	Импульсные преобразователи постоянного и переменного напряжения	6.9. Нереверсивные и реверсивные транзисторные импульсные преобразователи постоянного напряжения.	ПК-8	Знать: Транзисторные импульсные преобразователи постоянного напряжения	Отчет по ПР №3
7	Преобразователи частоты	Преобразователи частоты со звеном постоянного тока.	ПК-8	Уметь: Строить характеристики преобразователя частоты	Защита коллоквиума №4

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

5.2.1. Перечень вопросов для защиты практических работ

Вопросы к практической работе №1

1. С какой целью в электроприводе используется управляемый выпрямитель?

2. Почему выпрямитель обмотки возбуждения достаточно сделать полууправляемым по однофазной схеме?

3. Какова роль диодов, включенных встречно-параллельно на выходе выпрямителей УВ1 и УВ2 (рис. 1.1)?

4. Как осуществляется реверсирование электропривода подачи комбайна 1КШЭ? Какие другие способы реверсирования можно было бы применить?

5. Какую роль выполняет блок импульсных трансформаторов БИТ?

6. Какой принцип импульсно-фазового управления преобразователем использован в СИФУ?

7. На каких элементах схемы СИФУ (рис. 1.3) построен генератор опорного напряжения?

8. На каких элементах схемы СИФУ (рис. 1.3) построен нуль-орган?

9. На каких элементах схемы СИФУ (рис. 1.3) построен усилитель-формирователь?

10. Какую роль выполняют диоды в схеме СИФУ (рис. 1.3)?

Вопросы к практической работе №2

1. Какую роль в силовой схеме выполняет регулятор напряжения Я102 (рис. 2.3)?

2. Для какой цели нужны сопротивления Rн1, Rн2 и Rн3 (рис. 2.3)?

3. Какой тип возбуждения синхронного генератора применен в схеме?

4. Какова роль диодов VD1…VD6 и VD7…VD10 (рис. 2.3)?

5. Для чего с схеме нужна кнопка SB1 (рис. 2.3)?

6. Проанализируйте зависимость выходного напряжения преобразователя $U_{вых}$ (PV2) от частоты f в режиме холостого хода.

7. Проанализируйте зависимость входного тока преобразователя $I_{вх}$ (PA1) от выходного тока преобразователя $I_{вых}$ (PA2) при различных частотах.

8. Проанализируйте зависимость выходного тока преобразователя $I_{вых}$ (PA2) от тока нагрузки $I_{нагр}$ (PA4) при различных частотах.

9. Проанализируйте зависимость тока возбуждения генератора $I_{возб}$ (PA5) от тока нагрузки $I_{нагр}$ (PA4) при различных частотах.

Вопросы к практической работе №3

1. Преимущества и недостатки импульсных и непрерывных стабилизаторов.
2. Что такое регулировочная и внешняя характеристики преобразователя постоянного напряжения? Какой вид они имеют?
3. До какого предела можно уменьшать напряжение источника питания, чтобы напряжение на нагрузке стабилизатора еще могло оставаться стабильным?
4. На что влияет изменение частоты ШИМ?
5. Как определить коэффициент пульсаций тока нагрузки?
6. Как определить КПД стабилизатора?
7. На что влияет подключение конденсатора $C_н$ в схеме на рис. 4.2?
8. Как подключать входы двухканального осциллографа к силовой схеме при осциллографировании токов и напряжений?
9. На что влияет изменение типа транзисторов?

5.2.2. Задачи для текущего контроля (для коллоквиума)

Контрольные вопросы для коллоквиума по темам лекций представлены ниже.

Коллоквиум №1. Общие сведения о преобразователях электрической энергии

1. Назначение и практическое применение выпрямителей.
2. Назначение и практическое применение инверторов.
3. Назначение и практическое применение преобразователей частоты
4. Назначение и практическое применение фильтров.
5. Назначение и практическое применение компенсационных устройств.

Коллоквиум №2. Выпрямители

1. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом на активную нагрузку.

2. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом на активно-индуктивную нагрузку.

3. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом на активно-емкостную нагрузку

4. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом на противоЭДС.

5. Работа однофазного управляемого выпрямителя с нулевой точкой на активно-индуктивную нагрузку.

6. Работа трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя на активно-индуктивную нагрузку.

Коллоквиум №3. Инверторы, ведомые сетью

1. Работа однофазного ведомого сетью инвертора с нулевой точкой.
2. Условия устойчивой работы и опрокидывания инвертора.
3. Тиристорные преобразователи для электропривода постоянного тока.
4. Схемы соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе.
5. Внешние характеристики реверсивного преобразователя.

Коллоквиум №4. Автономные инверторы

1. Автономные инверторы напряжения.
2. Автономные инверторы тока.
3. Принцип работы инвертора на тиристорах.
4. Способы формирования выходного тока и напряжения с помощью широтно-импульсной модуляции.

5.2.3. Оценочные средства при промежуточной аттестации

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по специалитета направления 21.05.04 «Горное дело» профиль «Горные машины и оборудование» для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине на соответствие их персональных достижений требованиям основной образовательной программы и оценки степени сформированности компетенций обучающихся используются:

- Коллоквиумы № 1-4;
- Контрольные вопросы для защиты практических работ, представленные в соответствующих методических указаниях к практическим работам;
- Контрольные вопросы для самостоятельного изучения теоретического материала дисциплины;
- Вопросы к зачету.

Зачет принимает лектор. Зачет проводится в устной форме по билетам. При проведении зачета могут быть использованы технические средства. Количество вопросов в зачетном билете – 2. Время подготовки обучающегося для последующего ответа не более одного академического часа.

В ходе подготовки обучающегося к ответу по билету использование дополнительной методической литературы, мобильных устройств связи и других источников информации не допускается.

Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимся материала, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и испытывает трудности в выполнении практических заданий.

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не усвоил значительной части программного материала, допускает существенные ошибки.

Вопросы на зачет:

1. Однофазные выпрямители. Структурная схема маломощного источника питания. Виды сглаживающих фильтров.
2. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом при активной нагрузке.

Основные соотношения.

3. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом при активно-индуктивной нагрузке. Основные соотношения.
4. Работа однофазного двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом при активно-емкостной нагрузке.
5. Работа однофазного мостового выпрямителя при активной нагрузке. Основные соотношения.
6. Внешние характеристики однофазного выпрямителя.
7. Параметрические стабилизаторы постоянного напряжения. Основные соотношения.
8. Компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения.
9. Работа однофазного управляемого выпрямителя с нулевой точкой при активной нагрузке.
10. Работа однофазного управляемого выпрямителя с нулевой точкой при активно- индуктивной нагрузке.
11. Работа однофазного управляемого выпрямителя с нулевой точкой при активно- индуктивной нагрузке при наличии нулевого диода.
12. Работа трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя при активно-индуктивной нагрузке. Основные соотношения.
13. Работа трехфазного мостового управляемого выпрямителя при активно-индуктивной нагрузке. Основные соотношения. Регулировочные характеристики.
14. Работа однофазного ведомого сетью инвертора с нулевой точкой. Основные соотношения.
15. Работа трехфазного мостового ведомого сетью инвертора.
16. Тиристорные преобразователи для электропривода постоянного тока. Схемы соединения выпрямителей в реверсивном преобразователе. Внешние характеристики реверсивного преобразователя.
17. Совместное и раздельное управление реверсивным преобразователем. Уравнительный ток.
18. Принципы построения и основные узлы систем управления тиристорными преобразователями, ведомыми сетью. Генератор опорного напряжения.
19. Принципы построения и основные узлы систем управления тиристорными преобразователями, ведомыми сетью. Нуль-орган. Усилитель-формирователь.
20. Автономные инверторы. Принцип работы инвертора на транзисторах.
21. Автономные инверторы. Принцип работы инвертора на тиристорах.
22. Работа трехфазного автономного инвертора напряжения при угле проводящего состояния тиристоров 180 эл. градусов.
23. Работа трехфазного автономного инвертора напряжения при угле проводящего состояния тиристоров 120 эл. градусов.
24. Работа трехфазного автономного инвертора напряжения при угле проводящего состояния тиристоров 150 эл. градусов.
25. Формирование выходного напряжения автономного инвертора напряжения при многократных переключениях тиристоров в одном периоде.
26. Транзисторные импульсные преобразователи постоянного напряжения.
27. Импульсные преобразователи переменного напряжения.
28. Непосредственные преобразователи частоты.
29. Преобразователи частоты со звеном постоянного тока.

6 Учебно-методическое обеспечение

6.1 Основная литература

1. Шогенов, А. Х. Аналоговая, цифровая и силовая электроника / А. Х. Шогенов, Д. С. Стребков, Ю. Х. Шогенов ; Под редакцией: Стребков Дмитрий Семенович. – Москва : Физматлит, 2017. – 416 с. – ISBN 9785922117845. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=485494 (дата обращения: 15.03.2021). – Текст : электронный.

2. Белоус, А. И. Полупроводниковая силовая электроника / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич. – Москва : Техносфера, 2013. – 228 с. – ISBN 9785948363677. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=273783 (дата обращения: 15.03.2021). – Текст : электронный.

6.2 Дополнительная литература

1. Герасимов, А. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника / А. Герасимов, М. Сандлер. – Москва : Альтаир,МГАВТ, 2014. – 108 с. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=430511 (дата обращения: 15.03.2021). – Текст : электронный.
2. Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. – Москва : Техносфера, 2005. – 628 с. – ISBN 5948360512. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=273791 (дата обращения: 15.03.2021). – Текст : электронный.

6.3 Методическая литература

6.4 Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» http://biblioclub.ru/
2. Электронная библиотека КузГТУ https://elib.kuzstu.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=229
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp?

6.5 Периодические издания

1. Вестник Кузбасского государственного технического университета : научно-технический журнал (печатный/электронный) https://vestnik.kuzstu.ru/
2. Горное оборудование и электромеханика : научно-практический журнал (печатный/электронный) https://gormash.kuzstu.ru/
3. Электричество : теоретический и научно-практический журнал (печатный/электронный) https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9289
4. Электротехника : научно-технический журнал (печатный/электронный) https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=8295

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. http://library.kuzstu.ru - научно-техническая библиотека КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева
2. http://e.lanbook.com - электронно-библиотечная система "Лань"
3. http://biblioclub.ru - университетская библиотека ONLINE
4. http://el.kuzstu.ru - электронное обучение КузГТУ

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины "Преобразовательная техника"

Основной учебной работой студента является самостоятельная работа в течение всего срока обучения. Начинать изучение дисциплины необходимо с ознакомления с целями дисциплины и знаниями и умениями, приобретаемыми в процессе изучения. Далее следует проработать конспекты лекций, рассмотрев отдельные вопросы по предложенным источникам литературы. Все неясные вопросы по дисциплине студент может разрешить на консультациях, проводимых по расписанию. При подготовке к практическим занятиям студент в обязательном порядке изучает теоретический материал в соответствии с методическими указаниями к практическим занятиям.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине "Преобразовательная техника", включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для изучения дисциплины может использоваться следующее программное обеспечение:
1. Ubuntu
2. Libre Office
3. Mozilla Firefox
4. Google Chrome
5. Opera

6. Yandex
7. Open Office
8. Microsoft Windows
9. ESET NOD32 Smart Security Business Edition

10 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине "Преобразовательная техника"

Для проведения учебного процесса по дисциплине «Преобразовательная техника» кафедра электропривода и автоматизации располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение практических занятий, предусмотренных учебным планом, и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Практические занятия проводятся в аудитории, оснащенной действующими стендами.

11 Иные сведения и (или) материалы

При проведении занятий по дисциплине «Преобразовательная техника» используются следующие образовательные технологии: минилекции (студент участвует в проведении лекции по заданной теме в соответствии с домашним заданием) в течение первых 10 мин. основной лекции; работа в группах (используется на практических занятиях). При работе в группах студенты развивают логическое и образное мышление, а также приобретают навыки общения на профессиональные темы при решении ситуационной задачи, поставленной преподавателем.

Список изменений литературы на 01.09.2020

Основная литература

1. Мелешин, В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. – Москва : Техносфера, 2005. – 628 с. – ISBN 5948360512. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=273791 (дата обращения: 01.09.2020). – Текст : электронный.

2. Шогенов, А. Х. Аналоговая, цифровая и силовая электроника / А. Х. Шогенов, Д. С. Стребков, Ю. Х. Шогенов ; Под редакцией: Стребков Дмитрий Семенович. – Москва : Физматлит, 2017. – 416 с. – ISBN 9785922117845. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=485494 (дата обращения: 01.09.2020). – Текст : электронный.

Дополнительная литература

1. Герасимов, А. Судовая электроника и силовая преобразовательная техника / А. Герасимов, М. Сандлер. – Москва : Альтаир,МГАВТ, 2014. – 108 с. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=430511 (дата обращения: 01.09.2020). – Текст : электронный.

2. Белоус, А. И. Полупроводниковая силовая электроника / А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич. – Москва : Техносфера, 2013. – 228 с. – ISBN 9785948363677. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=273783 (дата обращения: 01.09.2020). – Текст : электронный.

3. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному / Б. Ю. Семенов. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 416 с. – ISBN 5980032231. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=117706 (дата обращения: 01.09.2020). – Текст : электронный.