

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

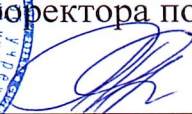
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет информационных технологий и автоматизации производственных процессов
Кафедра электроники и радиофизики



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной работе

 Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Проектирование управляющих систем силовой электроники
(наименование дисциплины)

11.04.03 Конструирование и технология электронных средств
(код, наименование направления)

Информационные технологии проектирования электронных устройств
(магистерская программа)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью дисциплины является формирование у обучающихся знаний, умений и практических навыков в овладение методами синтеза и анализа систем автоматического управления, работающие в реальном масштабе времени.

Задачи изучения дисциплины: наделить студентов способностью анализировать состояние научно-технических проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности; самостоятельно решать задачи связанные с разработкой эффективных алгоритмов с использованием современных языков программирования и обеспечения их программную реализацию для устройств силовой и промышленной электроники.

Дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций (ПК-3, ПК-4) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – дисциплина входит часть БЛОКА 1, формируемую участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств (магистерская программа «Информационные технологии проектирования электронных устройств»).

Дисциплина реализуется кафедрой электроники и радиофизики.

Основывается на базе дисциплин: «Современная элементная база промышленной электроники», «Проектирование микропроцессорных систем», «Проектирование и программирование цифровых устройств на ПЛИС», «Инновационные технологии в области конструирования и технологии электронных средств».

В свою очередь, дисциплина «Проектирование управляющих систем силовой электроники» является основой для прохождения производственных практик (научно-исследовательская работа, преддипломная практика), для подготовки к процедуре защиты и защиты ВКР, в профессиональной деятельности.

Дисциплина способствует углубленной подготовке к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций, необходимых при проектировании источников электропитания.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены для очной формы обучения лекционные (24 ч.), практические (24 ч.) занятия и самостоятельная работа студента (96 ч.).

Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (6 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (134 ак.ч.).

Дисциплина изучается в 3 семестре для всех форм обучения.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Проектирование управляющих систем силовой электроники» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен выполнять проектирование и конструирование электронных устройств и систем средствами математического и имитационного моделирования на основе владения современными методами расчета и инженерного анализа	ПК-3	ПК-3.1. Знает физические основы работы элементной базы электроники, основные принципы расчета и моделирования принципиальных электрических схем ПК-3.2. Обосновывает выбор целесообразного решения, знает основные проблемы проектирования систем электроснабжения, включая силовую энергоэлектронику; умеет строить модель разрабатываемого устройства на поведенческом и вентильном уровне ПК-3.3. Владеет навыками анализа, синтеза и оптимизации устройств и узлов аналоговой, цифровой и силовой электроники с использованием средств автоматизированного проектирования ПК-3.4. Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации
Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями	ПК-4	ПК-4.1. Знает основные нормативные документы своей профессиональной деятельности; техническую базу электронных компонентов и методы анализа состояния научно-технической проблемы ПК-4.2. Умеет анализировать исходную техническую документацию с целью получения необходимых для проектирования данных ПК-4.3. Умеет ориентироваться в системе государственной стандартизации, использовать различные системы нормативной документации при разработке конструкций модулей электропитания ПК-4.4. Владеет навыками оформления результатов научных исследований - оформление отчёта

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, выполнение индивидуального задания, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	48	48
Лекции (Л)	24	24
Практические занятия (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	96	96
Подготовка к лекциям	6	6
Подготовка к лабораторным работам	-	-
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	9	9
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	12	12
Домашнее задание(индивидуальное задание)	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	6	6
Аналитический информационный поиск	10	10
Работа в библиотеке	15	15
Подготовка к экзамену	36	36
Промежуточная аттестация – экзамен	Э (2)	Э (2)
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на темы:

- тема 1 (Введение. Особенности сопряжения силовой и информационной электроники, термины и определения.);
- тема 2 (Общие свойства импульсных систем управления.);
- тема 3 (Импульсная модуляция в преобразователях переменного/постоянного тока.);
- тема 4 (Широтно-импульсная модуляция и ее свойства).
- тема 5 (Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ) и ее свойства)
- тема 6 (Многозонная импульсная модуляция (МИМ).)
- тема 7 (Система импульсно-фазового управления (СИФУ))
- тема 8 (Системы управления резонансными преобразователями)
- тема 9 (Разновидности и особенности применения специализированных интегральных драйверов и контроллеров.)
- тема 10 (Обеспечение защиты и повышение энергетической эффективности преобразователей.)

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблицах 3, 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Введение. Особенности сопряжения силовой и информационной электроники, термины и определения.	Основные типы преобразователей электрической энергии. Классификация, назначение и характеристики системам управления (СУ). Системы логического управления (СЛУ), основные функциональные элементы. Требования, предъявляемые к СУ.	2	Разработка структурных схем импульсно-фазового управления	2	-	-
2	Система импульсно-фазового управления (СИФУ)	Классификация и структурные схемы СИФУ. Одноканальные и многоканальные, синхронные и асинхронные, замкнутые и разомкнутые системы управления. Элементы СИФУ. Устройства синхронизации, фазосдвигающие устройства, распределители импульсов, усилители мощности	2	Разработка функциональных и принципиальных схем СУ для однофазных выпрямителей	2	-	-
3	Общие свойства импульсных систем управления.	Понятие системы с импульсной модуляцией. Информационные возможности импульсных систем. Графическое представление электрических сигналов. Амплитудно-частотный и фазо-частотный спектры периодической последовательности прямоугольных импульсов.	2	Расчет элементов систем управления для однофазных выпрямителей	2	-	-
4	Импульсная модуляция в	Разновидности импульсной модуляции. Функциональная схема реализации широт-	2	Изучение функциональных и	2	-	-

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	преобразовате- лях переменного/постоянного тока.	но-импульсной модуляции (ШИМ) и ее свойства. Функциональная схема реализации частот- но-импульсная модуляция (ЧИМ) и ее свой- ства. Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи.		принципиальных схем СУ для трехфазных вы- прямителей.			
5	Широтно- импульсная модуляция и ее свойства	Типовые структурные схемы и узлы си- стем управления с ШИМ в преобразова- телях переменного /постоянного тока	2	Изучение прин- ципиальных схем широтно- импульсных преобразовате- лей (ШИП)	2		
6	Амплитудно- импульсная модуляция (АИМ) и ее свойства	Амплитудно-импульсная модуляция и ее свойства. Разновидности АИМ. Улучшение спектрального состава напряжения с АИМ.	2	Изучение функ- циональной схе- мы реверсивных ШИП	2		
7	Многозонная импульсная модуляция (МИМ).	Основные разновидности МИМ. Свой- ства многозонной импульсной модуля- ции. Особенности спектрального состава сигналов с МИМ.	2	Изучение функ- циональных и принципиальных схем СУ для им- пульсных преоб- разователей	2		
8	Системы управления ре- зонансными преобразовате- лями	Особенности управления резонансными преобразователями. Основные способы управления резонансными преобразовате- лями: частотная модуляция (ЧМ) фазовая модуляция (ФМ) плотностно-импульсная модуляция (ПИМ)	2	Изучение функ- циональных и принципиальных схем СУ для резонансных инверторов	2		
9	Разновидности и особенности	Подкатегории контроллеров AC-DC и DC-DC преобразователей	6	Изучение функ- циональных и	6		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	применения специализиро- ванных инте- гральных драй- веров и кон- троллеров.	Контроллер ШИМ-FF (с фиксированная частота) Контроллер полумоста с LLC нагрузкой (резонансные) Контроллер ШИМ-QR (квазирезонансные) Микросхемы PFC-(корректоров коэффициента мощности)		принципиальных схем интеграль- ных контролле- ров: ШИМ -контрол- лер; PFC- кон- троллер; кон- троллер полумо- ста с LLC нагрузкой			
10	Обеспечение защиты и по- вышение энер- гетической эф- фективности преобразовате- лей .	Токовая защита, методы и схемные ре- шения токовой защиты. Защита от перенапряжений, основные способы. Способы повышения энергетической эф- фективности и качественных показателей выходной электроэнергии устройств СЭ	2	Изучение прин- ципиальных схем защитных устройств	2		
Всего аудиторных часов			24		24	-	

Таблица 4 — Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Введение. Особенности со-пряжения сило-вой и информа-ционной электроники, тер-мины и опреде-ления.	Основные типы преобразователей элек-трической энергии. Классификация, назначение и характери-стики системам управления (СУ). Систе-мы логического управления (СЛУ), ос-новные функциональные элементы. Требования, предъявляемые к СУ.	0,5	Разработка структурных схем импульсно-фазового управ-ления	0,25	-	-
2	Система им-пульсно-фазового управления (СИФУ)	Классификация и структурные схемы СИФУ. Одноканальные и многоканаль-ные, синхронные и асинхронные, замкну-тые и разомкнутые системы управления. Элементы СИФУ. Устройства синхрони-зации, фазосдвигающие устройства, рас-пределители импульсов, усилители мощ-ности	0,5	Разработка функциональ-ных и принци-пиальных схем СУ для одно-фазных выпря-мителей	0,25	-	-
3	Общие свойства импульсных систем управ-ления.	Понятие системы с импульсной модуля-цией. Информационные возможности импульсных систем. Графическое представление электриче-ских сигналов. Амплитудно-частотный и фазо-частотный спектры периодической последовательности прямоугольных им-пульсов.	0,5	Расчет элемен-тов систем управления для однофазных вы-прямителей	0,25	-	-
4	Импульсная модуляция в преобразовате-лях переменного	Разновидности импульсной модуляции. Функциональная схема реализации широт-но-импульсной модуляции (ШИМ) и ее свойства. Функциональная схема реализации частот-	0,5	Изучение функ-циональных и принципиальных схем СУ для трехфазных вы-	0,5	-	-

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	го/постоянного тока.	но-импульсная модуляция (ЧИМ) и ее свой- ства. Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи.		прямителей.			
5	Широтно- импульсная модуляция и ее свойства	Типовые структурные схемы и узлы си- стем управления с ШИМ в transforma- торах переменного /постоянного тока	0,5	Изучение прин- ципиальных схем широтно- импульсных преобразовате- лей (ШИП)	0,5		
6	Амплитудно- импульсная модуляция (АИМ) и ее свойства	Амплитудно-импульсная модуляция и ее свойства. Разновидности АИМ. Улучшение спектрального состава напряжения с АИМ.	0,5	Изучение функ- циональной схе- мы реверсивных ШИП	0,5		
7	Многозонная импульсная модуляция (МИМ).	Основные разновидности МИМ. Свой- ства многозонной импульсной модуля- ции. Особенности спектрального состава сигналов с МИМ.	0,5	Изучение функ- циональных и принципиальных схем СУ для им- пульсных преоб- разователей	0,5		
8	Системы управления ре- зонансными преобразовате- лями	Особенности управления резонансными преобразователями. Основные способы управления резонансными преобразовате- лями: частотная модуляция (ЧМ) фазовая модуляция (ФМ) плотностно-импульсная модуляция (ПИМ)	0,5	Изучение функ- циональных и принципиальных схем СУ для резонансных инверторов	0,5		
9	Разновидности и особенности применения специализиро- ванных инте-	Подкатегории контроллеров AC-DC и DC-DC преобразователей Контроллер ШИМ-FF (с фиксированная частота) Контроллер полумоста с LLC нагрузкой	1,5	Изучение функ- циональных и принципиальных схем интеграль- ных контролле-	0,5		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практиче- ских занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	гральных драй- веров и кон- троллеров.	(резонансные) Контроллер ШИМ-QR (квазирезонанс- ные) Микросхемы PFC-(корректоров коэффи- циента мощности)		ров: ШИМ -контрол- лер; PFC- кон- троллер; кон- троллер полумо- ста с LLC нагрузкой			
10	Обеспечение защиты и по- вышение энер- гетической эф- фективности преобразовате- лей .	Токовая защита, методы и схемные ре- шения токовой защиты. Защита от перенапряжений, основные способы. Способы повышения энергетической эф- фективности и качественных показателей выходной электроэнергии устройств СЭ	0,5	Изучение прин- ципиальных схем защитных устройств	0,25		
Всего аудиторных часов			6		4	-	

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5– Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-3, ПК-4	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 коллоквиума) – всего 40 баллов;
- за выполнение индивидуального задания – всего 60 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине проводится по результатам работы в семестре. В случае если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время экзамена студент имеет право повысить итоговую оценку. Экзамен по дисциплине проводится в форме устного экзамена по вопросам, представленным ниже, либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания студенты изучают материалы конспекта лекций.

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

1. В соответствии с вариантом задания выполнить аналитический обзор по темам и оформить в виде реферата.

Тема 1. Общие свойства импульсных систем

1. Импульсная модуляция.
2. Идеальные и реальные параметры импульсов.
3. Основные отличительные характеристики полупроводниковых источников питания.
4. основные критерии оценки качества сигналов с импульсной модуляцией.

Тема 2. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ)

1. Методы реализации и разновидности ШИМ, ее свойства.
2. Интегральные характеристики ШИМ.
3. Спектральные характеристики ШИМ.
4. Методы реализации и разновидности АИМ, ее свойства.

Тема 3. Особенности управления резонансными преобразователями

1. Частотная модуляция (ЧМ)
2. Фазовая модуляция (ФМ)
3. Плотностно-импульсная модуляция (ПИМ)

Тема 4. Многозонная импульсная модуляция (МИМ).

1. Методы реализации и разновидности МИМ.
2. Основные характеристики воспроизведения сигналов в системах с МИМ.
3. Прохождение сигналов с импульсной модуляцией через фильтрующие цепи.

Таблица 7 – Варианты индивидуального задания

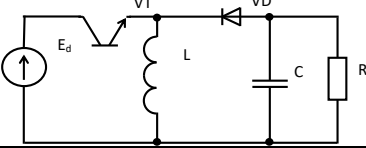
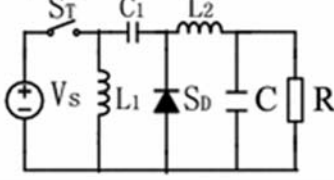
№ п/п	Тема 1.	Тема 2.	Тема 3.	Тема 4.
1	4	1	3	2
2	1	2	2	3
3	2	3	1	1
4	3	4	3	2
5	4	1	2	3
6	1	2	1	1
7	2	3	3	2
8	3	4	2	3
9	4	1	1	1
10	1	2	3	2
11	2	3	2	3
12	3	4	1	1
13	4	1	3	2
14	1	2	2	3
15	2	3	1	1
16	3	4	3	2
17	4	1	2	3
18	1	2	1	1
19	2	3	3	2
20	3	4	2	3

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Примеры тестовых заданий к коллоквиумам:

Вариант №1

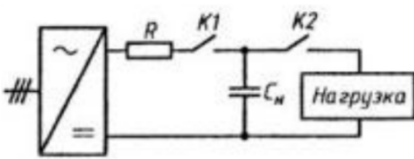
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Импульсный модулятор представляет	1.электрической энергии для генераторов, характеризаемый процессами накопления энергии в течение паузы между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 2. электрической энергии для двигателей, характеризующий процессами накопления энергии между импульсами и формированием на нагрузке 3.тепловой энергии для двигателей, характеризующий процессами накопления энергии между импульсами и формированием на нагрузке короткого импульса 4.нет верного варианта ответа
2	Какие генераторы могут выступать в качестве нагрузки импульсных модуляторов	1.клистронные, 2.ламповые и гиротронные 3.магнетронные 4.все вышеперечисленное
3	Где могут применяться мощные импульсные модуляторы	1. в ускорителях заряженных частиц, термоядерных установках, радиолокациях 2. для стерилизации и томографии 3. в установках физики высоких энергий 4. все вышеперечисленное
4	Укажите Импульсную мощность сверхмощного импульсного модулятора	1. $10^4 \dots 10^8$ Вт 2. более 10^8 Вт 3. $10^3 \dots 10^6$ Вт 4. более 10^6 Вт
5	По каким параметрам классифицируют импульсные модуляторы?	1. по длительности импульса 2. по импульсной мощности и напряжению 3. по нестабильности импульсного напряжения и неравномерности вершины импульса 4. все вышеперечисленное
6	По длительности импульса разделяют следующие типы ИП	1. мощный, сверхмощный 2. наносекундный, микросекундный, миллисекундный 3. низковольтный, высоковольтный, сверхвысоковольтный 4. микросекундный, наносекундный, пикосекундный
7	Что относится к основным параметрам ИМ	1. импульсное напряжение на нагрузке, импульсный ток нагрузки, длительность импульса 2. полярность выходного напряжения, частота повторения импульсов 3. коэффициент полезного действия, габариты, масса 4. все вышеперечисленное
8	По способам формирования импульсов модуляторы делятся на группы:	1. ИМ с полным и частичным разрядом накопителя энергии 2. ИМ с полным и неполным разрядом накопителя энергии 3. ИМ с полным и частичным зарядом накопителя энергии 4. ИМ с полным и неполным зарядом накопителя энергии

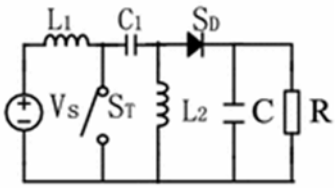
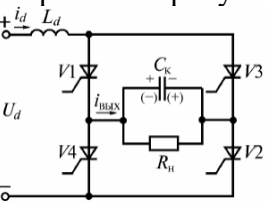
9	Какой тип импульсного преобразователя изображен на схеме: 	1. понижающего ИППН-1 (Step-down Buck Converter) 2. повышающего ИППН-2 (Step-up Boost Converter) 3. инвертирующего ИППН-3 (Inverting Buck-Boost Converter)
10	Процесс накопления энергии в модуляторах происходит	1. перед паузой между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 2. после паузой между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 3. в течение паузы между импульсами и формированием на нагрузке относительно короткого импульса большой мощности 4. непосредственно во время формирования импульса
11	На рисунке изображена схема 	1. а) импульсного преобразователя Кука (Cuk-Converter) 2. импульсного преобразователя SEPIC (Single - Ended Primary Inductance Converter) 3. импульсный преобразователь Zeta - Converter
12	Области применения мощных импульсных модуляторов	1. ускорители заряженных частиц 2. термоядерные установки 3. радиолокация 4. все вышеперечисленное
13	Какой из приведенных параметров не относится к импульсному модулятору	1. длительность импульса - τ ф 2. входной ток - I_v 3. неравномерность вершины импульса - δU В 4. нестабильность импульсного напряжения - δU Н
14	Классификация импульсных модуляторов по длительности импульса	1. наносекундный 2. микросекундный 3. миллисекундный 4. все вышеперечисленное
15	Основные блоки в структурной схеме ИМ	1. источник питания, зарядное устройство, накопитель энергии, коммутатор, нагрузка 2. источник питания, накопитель энергии, коммутатор, нагрузка 3. источник питания, зарядное устройство, коммутатор, нагрузка 4. источник питания, нагрузка
16	Мощный импульсный модулятор представляет собой источник ...	1. Электрической энергии 2. Магнитной энергии 3. Электромагнитной энергии 4. Солнечной энергии
17	Какой тип преобразователя изображен на рисунке ...	1. мостового резонансного инвертора напряжения 2. мостового инвертора тока 3. мостового инвертора напряжения 4. каскадного импульсного преобразователя

18	В импульсных модуляторах с полным разрядом накопителя энергии наиболее часто используются	1. тиристоры 2. транзисторы 3. диоды 4. резисторы
19	Корректирующие цепи используются для	1. увеличения скоса и пульсация на вершине импульса 2. уменьшения скоса и пульсация на вершине импульса 3. уменьшения входного напряжения импульса 4. увеличения входного сопротивления
20	Как включается корректирующая линия первого порядка	1. последовательно с накопительным конденсатором 2. параллельно с накопительным конденсатором 3. последовательно с индуктивностью 4. параллельно с индуктивностью

Вариант №2

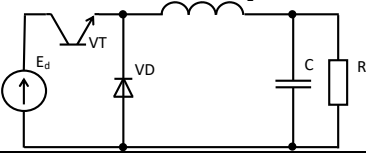
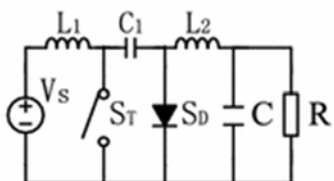
№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Какого типа ИМ не существует?	1. Низковольтный 2. Высоковольтный 3. Сверхнизковольтный 4. Сверхвысоковольтный
2	Какой тип импульсного преобразователя изображен на схеме: 	1. понижающего ИППН-1 (Step-down Buck Converter) 2. повышающего ИППН-2 (Step-up Boost Converter) 3. инвертирующего ИППН-3 (Inverting Buck-Boost Converter)
3	Импульсное напряжение – это...	1. Минимальное напряжение на нагрузке в течение рабочей части импульса, где обеспечивается заданная неравномерность. 2. Среднее напряжение на нагрузке в течение рабочей части импульса, где обеспечивается заданная неравномерность. 3. Максимальное напряжение на нагрузке в течение рабочей части импульса, где обеспечивается заданная неравномерность. 4. Напряжение, которое идёт импульсами
4	На какие две большие группы делятся ИМ по способам формирования импульсов?	1. Правые и левые 2. Синхронные и асинхронные 3. С активной и реактивной нагрузкой 4. С полным и частичным разрядом накопителя энергии

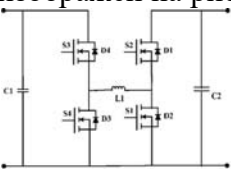
5	Как обозначается импульсное напряжение?	1. δU_B 2. U_H 3. ΔU_B 4. ΔU_H
6	В зависимости от назначения модулятора и средней мощности основным показателем устройств зарядки емкостных накопителей энергии может быть...	1. КПД 2. Потребляемая из сети пиковая мощность 3. Масса и габариты 4. Все вышеперечисленные варианты
7	КПД – это...	1. Отношение энергии, отдаваемой нагрузке модулятора, ко всей энергии, потребляемой от источника питания. 2. Произведение энергии, отдаваемой нагрузке модулятора, и всей энергии потребляемой от источника питания. 3. Отношение всей энергии, потребляемой от источника питания, к энергии, отдаваемой нагрузке модулятора. 4. Разность между всей энергией, потребляемой от источника питания, и энергией, отдаваемой нагрузке модулятора.
8	Чем определяется стабильность выходного напряжения импульсного модулятора?	1. Стабильностью тока емкостного накопителя 2. Стабильностью схематического решения 3. Стабильностью напряжения заряда емкостного накопителя 4. Стабильностью напряжения на входе
9	Включение корректирующей ИЛ предпочтительнее при длительности импульса, составляющей...	1. Единицы микросекунд и менее 2. Единицы микросекунд и более 3. Единицы наносекунд и менее 4. Единицы наносекунд и более
10	На рисунке ниже представлена... 	1. Схема ИМ с коммутатором для снятия избыточного заряда 2. Схема ИМ с коммутатором, шунтирующим зарядный дроссель 3. Схема стабилизации с дозированной зарядкой 4. Система стабилизации ИМ с диодно-тиристорным ключом в устройстве зарядки
11	Какая из перечисленных схем не может быть реализована из-за малости волнового сопротивления при оптимальном напряжении заряда ИЛ?	1. Схема каскадного ИМ с импульсным трансформатором 2. Схема каскадного ИМ без импульсного трансформатора 3. Схема магнетронного ИМ 4. Все вышеперечисленные схемы
12	На рисунке изображена схема ...	1. а) импульсного преобразователя Кука (<i>Cuk-Converter</i>) 2. импульсного преобразователя SEPIC (<i>Single - Ended Primary Inductance Converter</i>) 3. импульсный преобразователь Zeta - Converter

		
13	В схеме четырехкаскадного транзисторного модулятора целесообразно использовать...	1. Полевые транзисторы 2. Биполярные транзисторы 3. Использование транзисторов нецелесообразно 4. Тиристоры
14	Какие приборы в групповом соединении могут быть использованы для увеличения требуемой мощности или импульсного напряжения в импульсных модуляторах?	1. Только резисторы 2. Резисторы, конденсаторы, лампы 3. Только резисторы и конденсаторы 4. Только резисторы и лампы
15	Каскадные импульсные модуляторы характеризуются увеличением выходного напряжения...	1. Обратно пропорционально числу каскадов 2. Прямо пропорционально числу каскадов 3. Не зависит от числа каскадов 4. С увеличением напряжения заряда конденсаторов
16	Параметры классификации импульсных модуляторов	1. по длительности импульса 2. по импульсной мощности и напряжению 3. по нестабильности импульсного напряжения и неравномерности вершины импульса 4. все вышеперечисленное
17	В импульсных модуляторах с полным разрядом накопителя энергии наиболее часто используются	1. тиристоры 2. транзисторы 3. диоды 4. резисторы
18	Какой тип преобразователя изображен на рисунке ... 	1. мостового резонансного инвертора напряжения 2. мостового инвертора тока 3. мостового инвертора напряжения 4. каскадного импульсного преобразователя
19	Области применения мощных импульсных модуляторов	1. ускорители заряженных частиц 2. термоядерные установки 3. радиолокация 4. все вышеперечисленное
20	Какой из приведенных параметров не относится к импульсному модулятору	1. длительность импульса - τ ф 2. входной ток - I_v 3. неравномерность вершины импульса - δU_B 4. нестабильность импульсного напряжения - δU_H

Вариант №3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1	Как ведёт себя мощность, рассеиваемая анодом лампы, при работе тетрода в недо-напряжённом режиме?	1. Уменьшается 2. Увеличивается 3. Не изменяется 4. Становится равна нулю

2	Почему потери в катушках индуктивности в ИМ (импульсный модулятор) практически не влияют на КПД модулятора?	1. Так как ток в катушках точной настройки, примерно, в 10 раз меньше, чем ток в основных катушках индуктивности 2. Так как добротность в катушках индуктивности достаточно высока 3. Так как потери в них составляют доли процента от мощности, отдаваемой в нагрузку ИМ 4. все вышеперечисленное
3	В схеме четырехкаскадного транзисторного модулятора целесообразно использовать...	1. Полевые транзисторы 2. Биполярные транзисторы 3. Использование транзисторов нецелесообразно 4. Тиристоры
4	Какой тип импульсного преобразователя изображен на схеме: 	1. понижающего ИППН-1 (Step-down Buck Converter) 2. повышающего ИППН-2 (Step-up Boost Converter) 3. инвертирующего ИППН-3 (Inverting Buck-Boost Converter)
5	В каких случаях выгодно использовать перенапряженный режим работы модуляторной лампы?	1. Для уменьшения потерь на аноде 2. Для уменьшения влияния сеточного напряжения 3. Для уменьшения длительности фронта импульса 4. все вышеперечисленное
6	Каскадные импульсные модуляторы характеризуются увеличением выходного напряжения...	1. Обратно пропорционально числу каскадов 2. Прямо пропорционально числу каскадов 3. Не зависит от числа каскадов 4. С увеличением напряжения заряда конденсаторов
7	Какая из перечисленных схем не может быть реализована из-за малости волнового сопротивления при оптимальном напряжении заряда ИЛ?	1. Схема каскадного ИМ с импульсным трансформатором 2. Схема каскадного ИМ без импульсного трансформатора 3. Схема магнетронного ИМ 4. Все вышеперечисленные схемы
8	Перенапряженный режим выгоден в отношении	1. уменьшения потерь на аноде 2. уменьшения влияния сеточного напряжения 3. уменьшения длительности фронта импульса 4. все вышеперечисленное
9	На рисунке изображена схема... 	1. а) импульсного преобразователя Кука (Cuk-Converter) 2. импульсного преобразователя SEPIC (Single - Ended Primary Inductance Converter) 3. импульсный преобразователь Zeta - Converter
10	Какие приборы в групповом соединении могут быть использованы для увеличения требуемой мощности или импульсного напряжения в импульсных	5. Только резисторы 6. Резисторы, конденсаторы, лампы 7. Только резисторы и конденсаторы 8. Только резисторы и лампы

	модуляторах?	
11	Каскадные импульсные модуляторы характеризуются увеличением выходного напряжения...	1.Обратно пропорционально числу каскадов 2.Прямо пропорционально числу каскадов 3.Не зависит от числа каскадов 4.С увеличением напряжения заряда конденсаторов
12	В импульсных модуляторах с полным разрядом накопителя энергии наиболее часто используются	1. тиристоры 2. транзисторы 3. диоды 4. резисторы
13	Корректирующие цепи используются для	1. увеличения скоса и пульсация на вершине импульса 2. уменьшения скоса и пульсация на вершине импульса 3.уменьшения входного напряжения импульса 4. увеличения входного сопротивления
14	По длительности импульса разделяют следующие типы ИП:	1. мощный, сверхмощный 2. наносекундный, микросекундный, миллисекундный 3. низковольтный, высоковольтный, сверхвысоковольтный 4. микросекундный, наносекундный, пикосекундный
15	Что относится к основным параметрам ИМ:	1. импульсное напряжение на нагрузке, импульсный ток нагрузки, длительность импульса 2. полярность выходного напряжения, частота повторения импульсов 3. коэффициент полезного действия, габариты, масса 4. все вышеперечисленное
16	Какой тип преобразователя изображен на рисунке . . . 	1. мостового резонансного инвертора напряжения 2. мостового инвертора тока 3. мостового инвертора напряжения 4. каскадного импульсного преобразователя
17	Для ИМ с частичным разрядом накопителя энергии необходимы полностью управляемые коммутаторы, такие как	1. лампы и транзисторы 2. тиратроны и тиристоры 3. реле 4. все вышеперечисленное
18	Для ИМ с частичным разрядом накопителя энергии необходимы полностью управляемые коммутаторы, такие как	1. лампы и транзисторы 2. тиратроны и тиристоры 3. реле 4. все вышеперечисленное
19	Чем определяется стабильность выходного напряжения импульсного модулятора?	1. Стабильностью тока емкостного накопителя 2. Стабильностью схематического решения 3. Стабильностью напряжения заряда емкостного накопителя 4. Стабильностью напряжения на входе
20	Включение корректирующей ИЛ предпочтительнее при длительности импульса, составляющей...	1. Единицы микросекунд и менее 2. Единицы микросекунд и более 3. Единицы наносекунд и менее 4. Единицы наносекунд и более

6.4 Вопросы для подготовки к экзамену

- 1) Объясните назначение систем управления и требования, предъявляемые к ним.
- 2) Поясните в чем особенности управления тиристорами и транзисторами.
- 3) Какие основные параметры управляющих импульсов.
- 4) Чем определяется выбор ключевого элемента схемы?
- 5) Какие бывают основные справочные данные по силовым ключам?
- 6) От чего зависят характеристики ключей?
- 7) Какие бывают режим работы ключей в схемах?
- 8) Приведите тепловые характеристики полупроводниковых ключей.
- 9) Какие бывают виды силовых ключей с интегрированной системой защиты?
- 10) Что лежит в основе построения регуляторов переменного тока?
- 11) Из каких основных функциональных блоков состоит системы управления инверторами напряжения с ШИМ
- 12) Назовите способы повышения коэффициента мощности вентилярных преобразователей.
- 13) Какие существуют требования к блокам питания электронной аппаратуры?
- 14) Классификация систем управления выпрямителями. (Вертикальное и горизонтальное управление. Синхронные и асинхронные СИФУ.)
- 15) Поясните особенности Горизонтального принципа управления.
- 16) Поясните особенности Вертикального принципа управления.
- 17) Что представляет собой СИФУ для однофазных управляемых выпрямителей: принципиальная схема, временные диаграммы работы, назначение узлов?
- 18) Приведите структуру системы с асинхронной СИФУ, опишите принцип действия. Что представляет собой ГПН с автоподстройкой?
- 19) Объясните на структурной схеме принцип работы многоканальной, синхронной системы управления (СУ).
- 20) Объясните назначение фазосдвигающих устройство (ФСУ) для горизонтального принципа управления.
- 21) Объясните назначение Генератора развертывающего напряжения (ГРН) с синусоидальным выходным напряжением.
- 22) Поясните особенности работы ГРН с коммутатором.
- 23) ГРН на основе операционного усилителя (ОУ).
- 24) Какие существуют устройства сравнения на инвертирующем ОУ?
- 25) Какие существуют устройства сравнения на неинвертирующем ОУ?
- 26) Какой диапазон управления (изменения угла управления) в управляемом выпрямителе в случаях активной и активно-индуктивной нагрузки?
- 27) Что такое интегральные стабилизаторы? Какие бывают схемы включения, параметры, системы обозначений?

- 28) Приведите классификацию устройств гальванической развязки (УГР).
- 29) Назовите преимущества и недостатки трансформаторных УГР.
- 30) Что такое УГР с высокочастотным преобразованием. Что такое модулятор-демодулятор (МДМ)?
- 31) Как происходит построение распределителей импульсов (РИ)?
- 32) Каковы особенности построения устройств синхронизаций (УС) в одноканальных СУ?
- 33) Какой принцип действия синхронного выпрямителя? каковы достоинства и недостатки?
- 34) Приведите СУ для широтно-импульсных преобразователей (ШИП).
- 35) Приведите принципиальную схему ШИП. Опишите ее принцип действия. Постройте временные диаграммы.
- 36) В чем заключается принцип построения СУ автономными инверторами?
- 37) В чем заключается принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ)?
- 38) Чем отличаются Однополярная и биполярная ШИМ?
- 39) Приведите системы управления импульсными преобразователями.
- 40) Что значит одноконтурные и двухконтурные системы?
- 41) Поясните назначение блока "задающий генератор" в систем управления с ШИМ.
- 42) Поясните назначение блока "усилитель ошибки" в систем управления с ШИМ.
- 43) Поясните назначение блока "выходной драйвер" в систем управления с ШИМ.
- 44) Поясните назначение блока "цепь плавного запуска" в систем управления с ШИМ.
- 45) Поясните назначение блока "цепи защиты" в систем управления с ШИМ.
- 46) Что такое линеаризация ШИМ в упрощенном токовом контуре? Приведите импульсную динамическую модель токового контура управления. Что такое передаточная функция токового контура?
- 47) Какие существуют драйверы для силовых МДП и IGBT-транзисторов? Каково влияние паразитных емкостей на переключение силовых МДП-транзисторов?
- 48) Какие существуют драйверы управления полумостовыми схемами на силовых МДП и IGBT-транзисторах?
- 49) Опишите структуру и принцип действия импульсного преобразователя с упрощенным токовым контуром управления, его преимущества, временные диаграммы.
- 50) Что представляет собой микросхема UC3842 для импульсных преобразователей с упрощенным токовым контуром управления?
- 51) Каковы назначение, структура и принцип действия корректора ко-

эфициента мощности (ККМ) с двухконтурной системой управления с микросхемой UC3854.

52) Каков принцип действия ККМ с одноконтурной системой управления с микросхемой UC3852?

53) Какие существуют способы защиты преобразователей от аварийных токов?

54) Как подразделяются защитные цепи силовых ключей?

55) Как осуществляется защита силовых ключей от режимов короткого замыкания?

56) Как осуществляется бесконтактная защита от токов короткого замыкания?

57) Какие существуют основные виды перегрузок по напряжению и току в схемах с силовыми полупроводниковыми ключами?

58) Как осуществляется способы защиты от перенапряжений?

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Негадаев, В. А. Силовая электроника : учеб. пособие / В. А. Негадаев ; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. — Кемерово, 2020. — 125 с. — URL: <https://obuchalka.org/20211019137602/silovaya-elektronika-negadaev-v-a-2020.html> (дата обращения: 30.08.2024).
2. Фролов, В. Я. Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink : учебное пособие / В. Я. Фролов, В. В. Смородинов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-2583-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212921> (дата обращения: 30.08.2024).
3. Розанов, Ю. К. Силовая электроника : учебник и практикум для вузов / Ю. К. Розанов, М. Г. Лепанов ; под редакцией Ю. К. Розанова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 206 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9440-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/489539> (дата обращения 30.08.2024 г.)

Дополнительная литература

1. Мелешин, В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников. — Москва : Техносфера, 2011. — 576 с. — ISBN 978- 5-94836-260-1. — Текст : электронный // IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://iprsmart.ru/36873.html> (дата обращения: 30.08.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Дякин А.С., Семенов В.Д. Импульсно-модуляционные системы: Учебное пособие испр. и доп, 2015.- 193 с. Электронная версия на <http://ie.tusur.ru/docs/svd/ims.rar> Импульсно-модуляционные системы.
3. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника : учебник для вузов / Ю. С. Забродин. - 2-е изд., стер. - Москва: Альянс, 2008. — 496 с. 2) Розанов, Ю.К. Силовая электроника : учебник для вузов / Ю. К. Розанов, М. В. Рябчицкий, А. А. Кваснюк. - 2-е изд., стер. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2009. — 632 с.
4. Браун, М. Источники питания. Расчет и конструирование. : Пер. с англ.. — К.: "МК-Пресс", 2007. — 288 с. — URL: <https://moodle.dstu.education/mod/resource/view.php?id=98617>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.
5. Мэк, Р. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Додэка-XXI", 2008. — 272 с. — URL: <https://moodle.dstu.education/mod/resource/view.php?id=98618>. — Режим доступа:

для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

6. Белоус А.И. Полупроводниковая силовая электроника / А.И. Белоус, С.А. Ефименко, А.С. Турцевич. — Москва: Техносфера, 2013. — 216 с. — URL: <https://moodle.dstu.education/mod/resource/view.php?id=98103>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

7. Шустов, М.А. Основы силовой электроники / М.А. Шустов. — Спб.: Наука и Техника, 2017. — 336 с. URL: <https://moodle.dstu.education/mod/resource/view.php?id=98105>. — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.

3. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст: электронный.

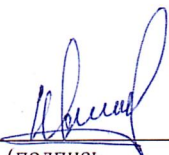
5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения: <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест), оборудованная проектором EPSON EMP-X5 (1 шт.); домашний кинотеатр НТ-475 (1 шт.); персональный компьютер, локальная сеть с выходом в Internet</i>	ауд. <u>206</u> корп. <u>3</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Лаборатория преобразовательной и микропроцессорной техники (25 посадочных мест) для проведения практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, для организации самостоятельной работы, в том числе, научно-исследовательской, оборудованная учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС</i>	ауд. <u>203</u> корп. <u>3</u>

Лист согласования РПД

Разработали:

Доцент кафедры
электроники и радиофизики
(должность)


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой
электроники и радиофизики


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
электроники и радиофизики

от 30.08.2024 г.

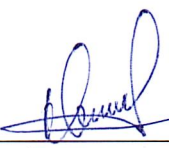
И.о. декана факультета
информационных технологий и
автоматизации производственных
процессов


(подпись)

В.В. Дьячкова
Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической комиссии
по направлению подготовки 11.04.03
Конструирование и технология
электронных средств
(магистерская программа
«Информационные технологии
проектирования электронных устройств»)


(подпись)

А.М. Афанасьев
Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


(подпись)

О.А. Коваленко
Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	