

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

ЭЛЕКТРОНИКА / ELECTRONICS

название дисциплины

для направления подготовки

14.03.02 Ядерные физика и технологии

образовательная программа

Radiation technologies in life sciences

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Электроника / Electronics» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Электроника / Electronics» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данной дисциплины.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1	Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	З-ОПК-1 Знать базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования; У-ОПК-1 Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; В-ОПК-1 Владеть математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов.

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП бакалавриата

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. РПД).

1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 5 семестр			
1.	Темы 1.1, 1.2	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Лабораторная работа 1 Лабораторная работа 2 Контрольная работа №1
2.	Темы 1.3-1.6	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Лабораторная работа 3 Лабораторная работа 4 Контрольная работа №2 Индивидуальное домашнее задание
Промежуточная аттестация, 5 семестр			
	Экзамен	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Экзаменационный билет

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
Высокий <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
Продвинутый <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
Пороговый <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно / Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
Ниже порогового	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно / Зачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	высокий	высокий
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	продвинутый	продвинутый
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	пороговый	пороговый
ниже порогового	пороговый	ниже порогового
	ниже порогового	-

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
Семестр 5			
Текущая аттестация		36	60
Контрольная точка № 1		18	30
Лабораторная работа №1		6	10
Лабораторная работа №2		6	10
Контрольная работа №1		6	10
Контрольная точка № 2		18	30
Лабораторная работа №1		3	5
Лабораторная работа №2		3	5
Контрольная работа №2		6	10
Индивидуальное домашнее задание		6	10
Промежуточная аттестация	-	24	40
Экзамен	-		
Экзаменационный билет	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент может получить к своему рейтингу в конце семестра за присутствие на лекциях, практических и лабораторных занятиях и активную и регулярную работу на занятиях.

Бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов, вместе с баллами за текущую аттестацию – не более 60 баллов за семестр.

4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»
Образовательная программа «Radiation technologies in life sciences»
Дисциплина Электроника / Electronics

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Полупроводники. Основы зонной теории строения вещества. Собственная и примесная проводимость полупроводников
.....
2. Расчет линейной цепи постоянного тока методом контурных токов.
.....
3. Задача
.....

Составитель _____ Е.Г. Типикин

Руководитель ООП _____ А.А. Удалова

« ____ » _____ 20 ____ г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	14.03.02 «Ядерные физика и технологии»
Образовательная программа	«Radiation technologies in life sciences»
Дисциплина	Электроника / Electronics

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Полупроводники. Основные положения теории электропроводности. Собственная и примесная проводимость полупроводника.
2. p-n переход. Электрические процессы в p-n переходе.
3. Вольтамперная характеристика p-n перехода. Диоды, классификация диодов.
4. Пробой p-n перехода. Стабилитроны. Их основные параметры, схемное обозначение. Параметрический стабилизатор напряжения.
5. Емкость p-n перехода. Варикапы.
6. Биполярные транзисторы. Устройство, основные параметры, схемное обозначение. Схемы включения и режимы работы биполярного транзистора.
7. Электрические процессы в биполярном транзисторе, включенном по схеме с общей базой.
8. Биполярный транзистор как четырехполюсник. Система H-параметров, их смысл. Схема замещения биполярного транзистора.
9. Полевой транзистор с управляющим p-n переходом. Устройство, принцип работы, вольтамперные характеристики, основные параметры, схемное обозначение.
10. МДП транзистор. Устройство, принцип работы, вольтамперные характеристики, основные параметры, схемное обозначение.
11. Усилители электрических сигналов. Основные понятия, определения, параметры и разновидности усилителей.
12. Обратная связь в усилителях.
13. Простейший усилитель на биполярном транзисторе с общим эмиттером. Схема. Выбор и назначение элементов.
14. Операционные усилители и их основные характеристики.
15. Реализация типовых звеньев на операционном усилителе.
16. Вторичные источники электропитания. Назначение, принципы построения.
17. Вторичные источники электропитания. Выпрямители.
18. Вторичные источники электропитания. Стабилизаторы напряжения.
19. Импульсные устройства. Параметры импульсов. Представление непрерывных сигналов с помощью импульсов.
20. Логические элементы. Схемное обозначение. Таблицы истинности.
21. Особенности логических элементов различных серий (ДТЛ, ТТЛ, ТТЛШ, КМОП)
22. Комбинационные устройства. Дешифраторы, шифраторы, мультиплексоры, демультиплексоры.
23. Последовательные устройства. Триггеры, регистры, счетчики.

Критерии оценивания компетенций (результатов):

Отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно

Описание шкалы оценивания:

Допуск к экзамену по дисциплине осуществляется при количестве набранных в течение семестра баллов равно и/или более 35 и всех выполненных заданиях. За семестр студент может набрать от 35 до 60 баллов.

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30-35	Студент должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 25-29	Студент должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 24 и меньше	Студент демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

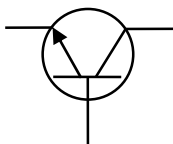
ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	<u>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</u>
Образовательная программа	<u>«Radiation technologies in life sciences»</u>
Дисциплина	<u>Электроника / Electronics</u>

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Пример 1

На рисунке представлено условное графическое изображение...

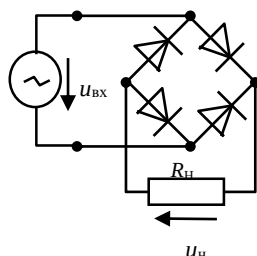


Варианты ответов:

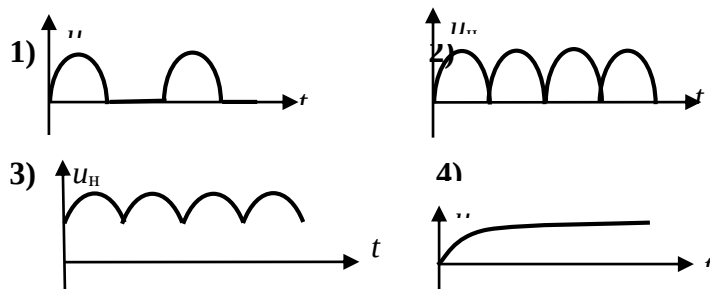
- 1) биполярного $n-p-n$ -транзистора;
- 2) полевого транзистора с управляющим $p-n$ -переходом и каналом n -типа;
- 3) биполярного $p-n-p$ -транзистора;
- 4) полевого транзистора с управляющим $p-n$ -переходом и каналом p -типа.

Пример 2

Для представленной на рисунке схемы выпрямителя при синусоидальном изменении напряжения $u_{вх}$ диаграмма напряжения u_n на резисторе нагрузки будет иметь вид ...

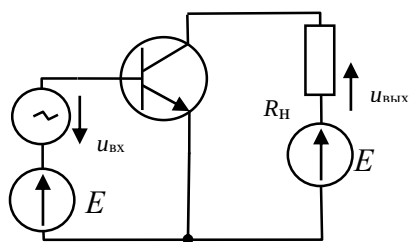


Варианты ответов:



Пример 3

На рисунке представлена схема включения биполярного транзистора с...

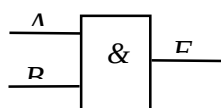


Варианты ответов:

- 1) общим эмиттером;
- 2) общей базой;
- 3) общим коллектором;
- 4) общим истоком.

Пример 4

Логическому элементу, изображенному на рисунке, соответствует таблица истинности...



Варианты ответов:

1)

A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

2)

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3)

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

4)

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

Описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 10 баллов	-Правильно, без ошибок представлены уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов; -Проведены расчеты и получены правильные численные результаты; -Аккуратно и доступно оформлены результаты решения;
Хорошо 8-9 баллов	- Представлены не всегда рациональные уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов; - Некоторые расчеты проведены с ошибками, получены не всегда правильные численные результаты; -Аккуратно и доступно оформлены результаты решения;-.
Удовлетворительно 5-7 баллов	- Представленные уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов имеют неточности и не всегда являются рациональными; - Расчеты проведены с ошибками, получены не всегда правильные численные результаты; -Не все результаты оформлены аккуратно и доступно;
Неудовлетворительно менее 5 баллов	- Уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов имеют грубые ошибки или отсутствуют частично или полностью; - Расчеты проведены с грубыми ошибками или отсутствуют

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	<u>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</u>
Образовательная программа	<u>«Radiation technologies in life sciences»</u>
Дисциплина	<u>Электроника / Electronics</u>

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Тема: Характеристики биполярного транзистора

Цель работы: экспериментальное получение вольтамперных характеристик (ВАХ) биполярного транзистора и определение по ним параметров эквивалентной схемы замещения транзистора.

Краткие теоретические сведения. Для использования транзисторов необходимо представление сведений о них в виде характеристик и параметров, которые позволяют правильно выбрать транзистор и определить режимы его работы.

Транзистор описывается семействами выходных и входных характеристик. Рассмотрим в качестве примера семейства ВАХ транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером.

Выходной или коллекторной ВАХ транзистора называется зависимость коллекторного тока от напряжения между коллектором и эмиттером $I_K = F(U_{KЭ})$, снятая при неизменном токе базы $I_B = \text{const}$. Семейство выходных ВАХ транзистора приведено на рис.1.1а. Зависимость $I_K(U_{KЭ})$, как видно из рисунка, является нелинейной и может быть разбита на ряд участков.

На большей части характеристик при $U_{KЭ} > U_{KЭ.Н}$ ток коллектора почти не зависит от напряжения $U_{KЭ}$ (пологий участок характеристик). На этом участке транзистор работает в режиме, когда на эмиттерном переходе действует прямое, а на коллекторном – обратное напряжение. Транзистор в этом случае может характеризоваться как прибор со свойствами управляемого источника тока, т. е. источника тока I_K , значение которого можно изменять путем изменения тока I_B .

Для изменения входного тока базы, например, его увеличения, увеличивают прямое напряжение на эмиттерном переходе, и инжекция носителей из эмиттера в базу и ток эмиттера увеличивается. Увеличение тока базы обусловлено увеличением рекомбинации части дырок (транзистор р-п-р-типа) в тонкой базе.

Основная часть приращения тока эмиттера вызывает приращение тока коллектора. Небольшой наклон пологого участка выходной характеристики обусловлен тем, что при увеличении напряжения $U_{КЭ}$ увеличивается напряжение на коллекторном переходе и расширяется слой коллекторного перехода, что приводит к уменьшению толщины базы. В более тонкой базе меньше вероятность рекомбинации носителей, поэтому растет коллекторный ток.

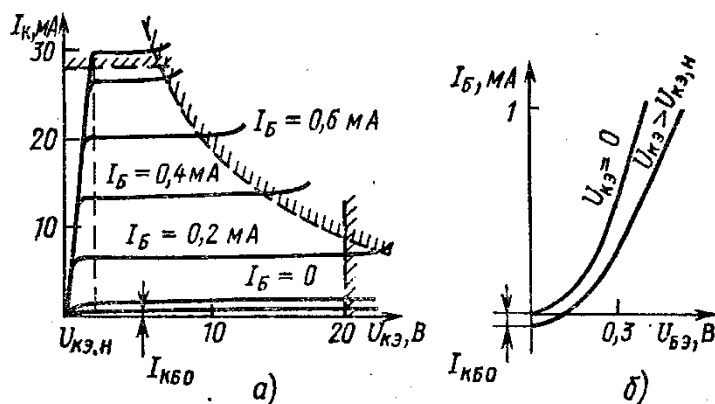


Рис. 1.1. Выходные (а) и входные (б) характеристики биполярного транзистора

При уменьшении $U_{КЭ}$ (крутой участок выходной характеристики) уменьшается напряжение на коллекторном переходе $U_{КБ}$, и при $U_{КЭ} = U_{КЭ,Н} = U_{БЭ}$ напряжение $U_{КБ} = U_{КЭ} - U_{БЭ}$ изменяет свой знак. При дальнейшем уменьшении $U_{КЭ}$ до нуля к коллекторному переходу приложено прямое напряжение. Навстречу току дырок из эмиттера в коллектор начинается противоположное движение основных носителей из коллектора в базу. В результате коллекторный ток резко падает. Крутой участок выходных характеристик транзистора характеризуется потерей транзистором усилительных свойств, эта часть характеристик используется в импульсной технике при реализации ключевого режима работы транзистора. Напряжение, отсекающее крутой участок на выходных характеристиках, $U_{КЭ,Н} = 0,2-1\text{В}$.

Для предотвращения необратимого пробоя транзистора ограничиваются напряжение на коллекторе и мощность, рассеиваемая на коллекторном переходе (на рис.1.1а показаны ограничения рабочего участка характеристик).

Обратимся к рассмотрению входных характеристик транзистора - зависимостей тока базы от напряжения между базой и эмиттером: $I_B = F(U_{БЭ})$, при постоянном напряжении $U_{КЭ}$. При $U_{КЭ} = 0$ оба перехода в транзисторе работают при прямом напряжении, токи коллектора и эмиттера суммируются в базе. Входная характеристика в этом режиме представляет собой ВАХ двух $p-n$ переходов, включенных параллельно (рис. 1.1б).

При $U_{КЭ} > U_{КЭ,Н}$, на коллекторном переходе появляется обратное напряжение, на эмиттерном — сохраняется прямое. Ток базы в этом режиме, обусловленный процессом рекомбинации неосновных носителей в базе, равен разности эмиттерного и коллекторного токов. Входная характеристика транзистора рис. 1.1б в этом режиме строится по прямой ветви ВАХ эмиттерного перехода, но значения тока уменьшаются, поскольку ток базы — это лишь рекомбинационная составляющая эмиттерного тока.

При любой схеме включения транзистор может быть представлен в виде активного четырехполюсника (рис. 1.2), на входе которого действует напряжение u_1 и протекает ток i_1 , а на выходе — напряжение u_2 и ток i_2 .



Рис.1.2. Схема транзистора, представленного в виде активного четырехполюсника

Для транзисторов чаще всего используются h -параметры, т.к. они наиболее удобны для измерений. Система уравнений, показывающая связь напряжений и токов с h -параметрами, имеет вид:

$$\begin{aligned} u_1 &= h_{11} i_1 + h_{12} u_2; \\ i_2 &= h_{21} i_1 + h_{22} u_2. \end{aligned}$$

Физический смысл соответствующих коэффициентов следующий:

$h_{11} = i_1 / u_1$ - входное сопротивление при коротком замыкании на выходе ($u_2=0$);

$h_{12} = i_1 / u_2$ - коэффициент обратной связи по напряжению при холостом ходе на входе ($i_1=0$);

$h_{21} = i_2 / i_1$ - коэффициент передачи тока при коротком замыкании на выходе ($u_2=0$);

$h_{22} = i_2 / u_2$ - выходная проводимость при холостом ходе на входе ($i_1=0$).

Знание h -параметров позволяет построить эквивалентную линейную схему замещения транзистора, изображенную на рис.1.3.

Подобные схемы замещения используются при аналитическом расчете транзисторных схем, позволяют получить простые расчетные соотношения и произвести количественную оценку параметров схем.

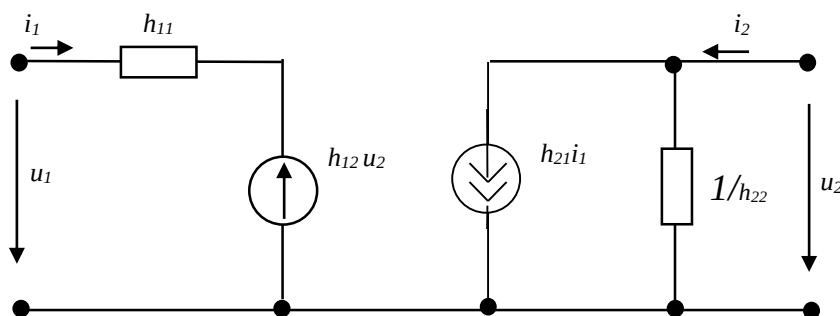


Рис.1.3. Эквивалентная схема замещения транзистора в h -параметрах

Значения h -параметров зависят от выбора рабочей точки, температуры, частоты и схемы включения транзистора. Для определенной схемы включения (ОЭ, ОБ, ОК) добавляются соответствующие индексы (Э, Б, К) при обозначении параметров, например $h_{11Э}$; $h_{22К}$ и т. д.

Приближенные значения h -параметров можно определить графоаналитическим способом по статическим входным и выходным характеристикам. Для определения всех h -параметров необходимо иметь не менее двух характеристик каждого семейства (входных и выходных). Параметры рассчитываются по величинам конечных приращений токов и напряжений вблизи рабочей точки транзистора.

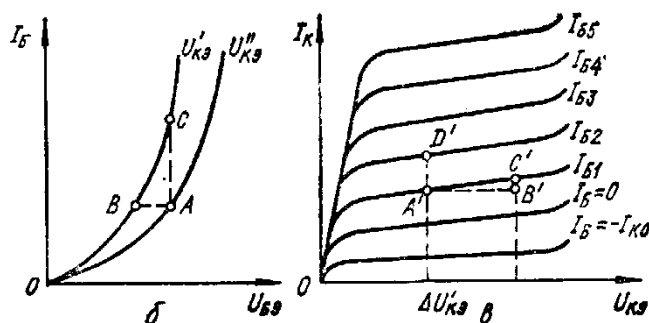
Для схемы с ОЭ на семействе входных характеристик в рабочей точке A строят треугольник, из A проводят прямые, параллельные оси абсцисс и оси ординат до пересечения со второй характеристикой в точках B и C (рис. 1.4а). Из характеристического треугольника ABC получают все необходимые величины для определения $h_{11Э}$ и $h_{12Э}$:

$$h_{11Э} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta I_{Б}} = \frac{AB}{AC}; \quad h_{12Э} = \frac{\Delta U_{БЭ}}{\Delta U_{КЭ}} = \frac{AB}{U''_{КЭ} - U'_{КЭ}}. \quad (1.1)$$

В рабочей точке A' по выходным характеристикам (рис.1.4б) определяют параметры $h_{22Э}$ и $h_{21Э}$:

$$h_{21Э} = \frac{\Delta I_{К}}{\Delta I_{Б}} = \frac{A'D'}{I_{Б2} - I_{Б1}}; \quad h_{22Э} = \frac{\Delta I_{К}}{\Delta U_{КЭ}} = \frac{B'C'}{A'B'}. \quad (1.2)$$

Аналогично можно определить h -параметры для любой схемы включения транзистора.



а)

б)

Рис.1.4. Определение h -параметров по ВАХ транзистора

Рабочее задание

1. Подготовьте к работе исследуемую цепь. Для этого

а) познакомьтесь со схемой исследуемой цепи (рис.1.5);

б) при отключенном макете установите напряжение источника E_K равным 12 В; не изменяя значения установленного напряжения, выключите источник;

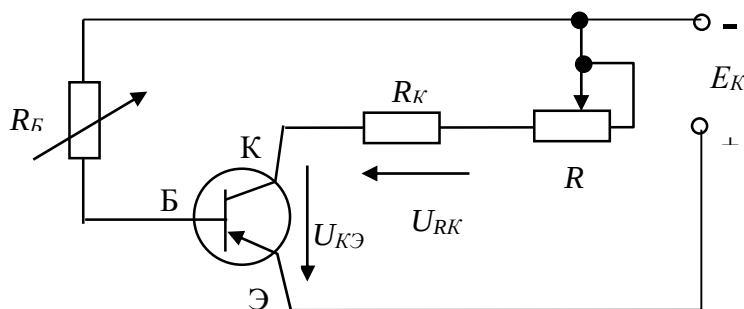


Рис.1.5. Схема исследуемой цепи

в) соберите исследуемую цепь в соответствии с рис.1.5, в качестве R_B используйте магазин сопротивлений, **особое внимание** обратите на полярность включения источника напряжения E_K ;

г) установите сопротивление R_B равным 90 кОм;

д) включите напряжение питания E_K .

2. Снимите семейство входных ВАХ $I_B = F(U_{БЭ})$. Для этого

а) с помощью потенциометра R установите напряжение $U_{KЭ} = 2В$, измерьте соответствующее напряжение $U_{БЭ}$;

б) меняя значение R_B в пределах от 90 кОм до 20 кОм и поддерживая при этом $U_{KЭ}$ постоянным, измерьте соответствующие значения напряжения $U_{БЭ}$;

в) повторите измерения при $U_{KЭ} = 5 В$.

Проведенные измерения сведите в табл.1. Для расчета I_B воспользуйтесь законом Ома $I_B = E_K / R_B$.

3. Снимите семейство выходных ВАХ $I_K = F(U_{KЭ})$. Для этого

а) установите сопротивление R_B равным 90 кОм;

б) с помощью потенциометра R доведите напряжение $U_{KЭ}$ до минимального значения, измерьте соответствующее напряжение U_{RK} на резисторе R_K ;

в) увеличивая с помощью потенциометра R напряжение $U_{KЭ}$ повторите измерения при нескольких значениях $U_{KЭ}$, доведя его до возможно большего значения.

г) повторите измерения при $R_B = 70$ и 50 кОм.

Проведенные измерения сведите в табл.2. Для расчета I_K воспользуйтесь законом Ома $I_K = U_{RK} / R_K$.

4. По полученным данным постройте семейство входных и выходных ВАХ биполярного транзистора.

5. Рассчитайте h -параметры транзистора, воспользовавшись соотношениями (1.1) и (1.2).

6. Постройте эквивалентную схему замещения транзистора, указав в ней полученные значения h -параметров.

Контрольные вопросы

1.Расскажите об устройстве, принципах работы и основных параметрах биполярных транзисторов.

2.Что такое входные и выходные вольт-амперные характеристики транзистора?

3.Каков смысл h -параметров транзистора?

4.Как определить h -параметры по ВАХ транзистора?

5. Как строится и для чего используется эквивалентная схема замещения транзистора в h -параметрах?

Таблица 1

$U_{KЭ} = 2 В$			$U_{KЭ} = 5 В$		
R_B кОм	$U_{БЭ}$ В	I_B мА	R_B кОм	$U_{БЭ}$ В	I_B мА
90			90		
...			...		
20			20		

Таблица 2

$R_B = 90 кОм$			$R_B = 70 кОм$			$R_B = 50 кОм$		
$U_{KЭ}$ В	U_{RK} В	I_{KM} А	$U_{KЭ}$ В	U_{RK} В	I_{KM} А	$U_{KЭ}$ В	U_{RK} В	I_{KM} А

Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

Описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 10 баллов	-При подготовке к выполнению работы студент усвоил цель выполняемой работы, ясно представляет себе содержание и порядок выполнения лабораторной работы, исчерпывающе ответил на все устные вопросы преподавателя; В процессе выполнения работы правильно и без ошибок использует лабораторное оборудование, включает и настраивает необходимые измерительные приборы, правильно снимает показания приборов. Оформляет результаты исследования в соответствии с методическими рекомендациями. При оформлении отчета правильно и исчерпывающе приведены ответы по всем разделам рабочего задания, правильно, без ошибок представлены уравнения и алгоритмы для обработки результатов измерений; проведена обработка результатов измерений и получены правильные численные результаты; проведен анализ соответствия полученных результатов известным теоретическим положениям, сформулированы выводы по проделанной работе; отчет оформлен аккуратно, с применением современных средств и в соответствии с методическими рекомендациями; -Во время защиты даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; ответы были четкими и краткими, а мысли излагались в логической последовательности

Хорошо 8-9 баллов	-При подготовке к выполнению работы студент усвоил цель выполняемой работы, не всегда ясно представляет себе содержание и порядок выполнения лабораторной работы, не всегда исчерпывающе ответил на все устные вопросы преподавателя; В процессе выполнения работы правильно и без ошибок использует лабораторное оборудование, включает и настраивает необходимые измерительные приборы, не всегда правильно снимает показания приборов. Оформляет результаты исследования в соответствии с методическими рекомендациями. При оформлении отчета приведены ответы по всем разделам рабочего задания, не всегда в полном объеме представлены уравнения и алгоритмы для обработки результатов измерений; проведена обработка результатов измерений и получены правильные численные результаты; проведен анализ соответствия полученных результатов известным теоретическим положениям, не полностью сформулированы выводы по проделанной работе; отчет оформлен аккуратно и в соответствии с методическими рекомендациями; -Во время защиты даны не всегда исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; ответы были не всегда четкими и краткими, а мысли излагались в логической последовательности
Удовлетворительно 5-7 баллов	-При подготовке к выполнению работы студент не четко усвоил цель выполняемой работы, не совсем ясно представляет себе содержание и порядок выполнения лабораторной работы, ответил не на все устные вопросы преподавателя; В процессе выполнения работы не уверенно использует лабораторное оборудование, включает и настраивает необходимые измерительные приборы, не всегда правильно снимает показания приборов. При оформлении результатов исследования допускает отклонения от методических рекомендаций. При оформлении отчета не всегда исчерпывающе приведены ответы по всем разделам рабочего задания, правильно, допущены некоторые ошибки в уравнениях и алгоритмах обработки результатов измерений; обработка результатов измерений проведена не в полном объеме и получены не всегда правильные численные результаты; не в полном объеме проведен анализ соответствия полученных результатов известным теоретическим положениям, сформулированы выводы по проделанной работе; отчет оформлен с нарушением методических рекомендаций; -Во время защиты даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должной глубины и обоснования, ответы были нечеткими и без должной логической последовательности;
Неудовлетворительно менее 5 баллов	-Не выполнены требования для удовлетворительной оценки результатов

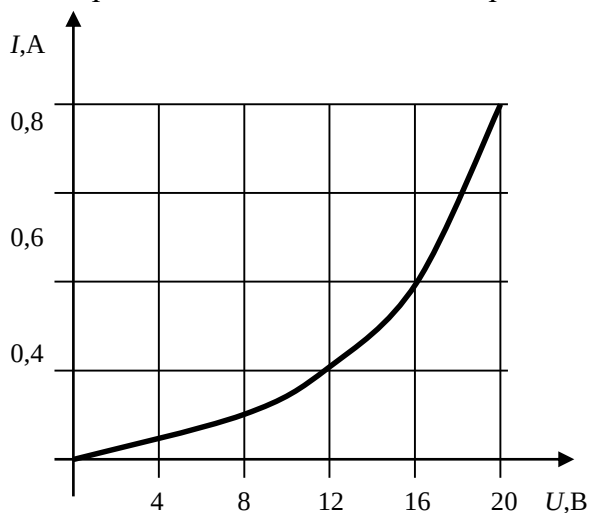
ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки	<u>14.03.02 «Ядерные физика и технологии»</u>
Образовательная программа	<u>«Radiation technologies in life sciences»</u>
Дисциплина	<u>Электроника / Electronics</u>

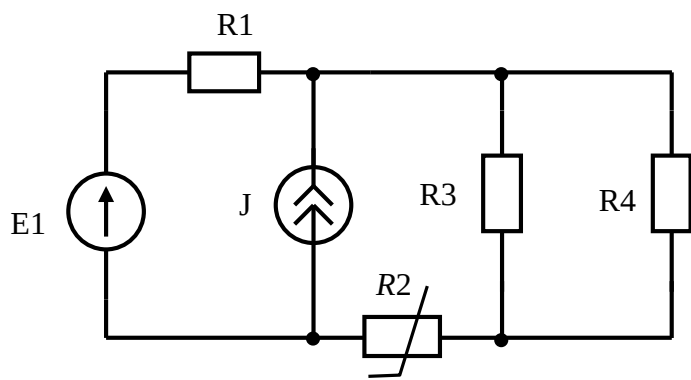
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Вариант 1

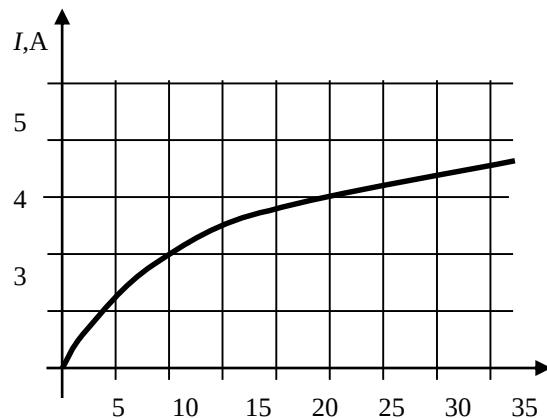
Задание 1 Последовательно соединены нелинейное сопротивление, вольтамперная характеристика которого задана, и линейное сопротивление $R=20\text{ Ом}$. Определить общее напряжение, приложенное к цепи, если напряжение на линейном сопротивлении равно 8 В .



Задание 2 Определить ток и напряжение на нелинейном резисторе R_2 , вольтамперная характеристика которого задана на рисунке.

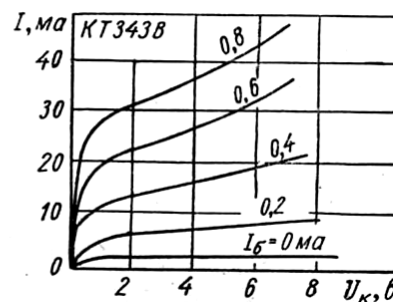
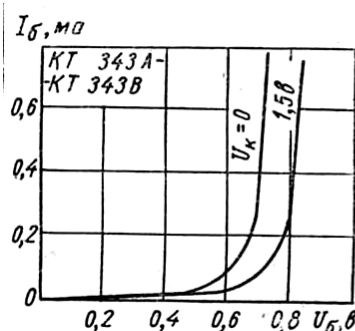
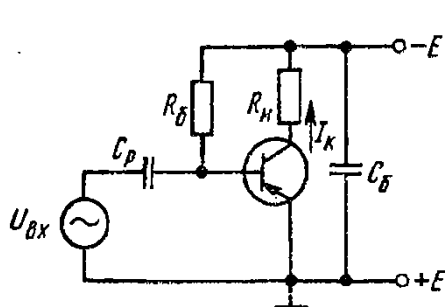


$R_1=40\text{ Ом}, R_3=60\text{ Ом}, R_4=30\text{ Ом}, J=2\text{ А}, E_1=22\text{ В}.$



Задание 3 Пользуясь результатами, полученными в задании 2, определить статическое и дифференциальное сопротивления нелинейного резистора в рабочей точке.

Тема Биполярные транзисторы



Биполярный транзистор, ВАХ которого известны, включен по схеме с общим эмиттером. $E=8\text{В}$, $R_H=200\text{Ом}$, $R_B=20\text{кОм}$.

Задание 1. Определить режим работы транзистора по постоянному току.

Задание 2. Определить h -параметры транзистора в рабочей точке, построить схему замещения транзистора в h -параметрах.

Задание 3. Определить графоаналитическим методом коэффициенты усиления тока, напряжения и мощности, если амплитуда переменной составляющей тока базы $I_{Бм}=200\text{мкА}$.

Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

Описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 10 баллов	-Правильно, без ошибок представлены уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов; -Проведены расчеты и получены правильные численные результаты; -Аккуратно и доступно оформлены результаты решения;
Хорошо 8-9 баллов	- Представлены не всегда рациональные уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов; - Некоторые расчеты проведены с ошибками, получены не всегда правильные численные результаты; -Аккуратно и доступно оформлены результаты решения;-.
Удовлетворительно 5-7 баллов	- Представленные уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов имеют неточности и не всегда являются рациональными; - Расчеты проведены с ошибками, получены не всегда правильные численные результаты; -Не все результаты оформлены аккуратно и доступно;
Неудовлетворительно менее 5 баллов	- Уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов имеют грубые ошибки или отсутствуют частично или полностью; - Расчеты проведены с грубыми ошибками или отсутствуют

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
 филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

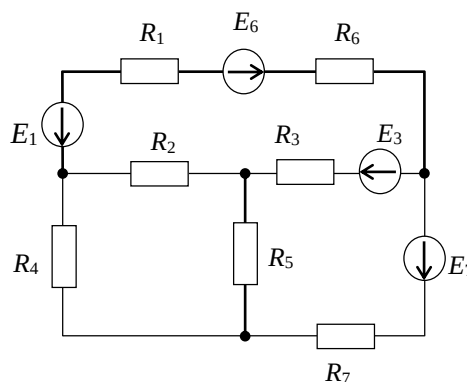
ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление подготовки **14.03.02 «Ядерные физика и технологии»**
 Образовательная программа **«Radiation technologies in life sciences»**
 Дисциплина **Электроника / Electronics**

КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ДОМАШНЕГО РАСЧЕТНОГО ЗАДАНИЯ

$R_1=100\Omega$; $R_2=120\Omega$; $R_3=150\Omega$; $R_4=200\Omega$;
 $R_5=180\Omega$; $R_6=100\Omega$; $R_7=130\Omega$; $E_1=10\text{В}$;
 $E_3=30\text{В}$; $E_6=20\text{В}$; $E_7=15\text{В}$;

1. Записать систему уравнений Кирхгофа
2. Определить токи, протекающие в ветвях методом контурных токов.
3. Определить токи, протекающие в ветвях методом узловых потенциалов
4. Определить ток, протекающий в резисторе R_1 , методом эквивалентного генератора.



Критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

Описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 10 баллов	-Правильно, без ошибок представлены уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов; -Проведены расчеты и получены правильные численные результаты; -Аккуратно и доступно с применением современных средств оформлены результаты решения; -Во время защиты даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы; ответы были четкими и краткими, а мысли излагались в логической последовательности

Хорошо 8-9баллов	- Представлены не всегда рациональные уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов; - Некоторые расчеты проведены с ошибками, получены не всегда правильные численные результаты; -Аккуратно и доступно оформлены результаты решения; -Во время защиты даны не всегда исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы ;ответы были не всегда четкими и краткими, а мысли излагались в логической последовательности
Удовлетворительно 5-7 баллов	- Представленные уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов имеют неточности и не всегда являются рациональными; - Расчеты проведены с ошибками, получены не всегда правильные численные результаты; -Не все результаты оформлены аккуратно и доступно; -Во время защиты даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должной глубины и обоснования,ответы были нечеткими и без должной логической последовательности;
Неудовлетворительно менее 5 баллов	- Уравнения и алгоритмы для выполнения расчетов имеют грубые ошибки или отсутствуют частично или полностью; - Расчеты проведены с грубыми ошибками или отсутствуют; -Результаты решения оформлены небрежно и без учета требований.;