

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

В.К. Драгунов



«22» декабря 2017 г.

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Основная образовательная программа аспирантов

по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника

направленность 05.09.12 Силовая электроника

Квалификация: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Москва 2017

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

**Целью ГИА** является установление уровня подготовки выпускника к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям государственного образовательного стандарта по направлению к основной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению **13.06.01 Электро- и теплотехника 05.09.12 Силовая электроника.**

Задачами ГИА являются:

1. Проверка уровня сформированности компетенций, определенных федеральным государственным образовательным стандартом и ООП НИУ «МЭИ».

**Универсальных компетенций:**

способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)

способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2)

готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3)

готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4)

способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5)

способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6)

**Общепрофессиональных компетенций:**

- ✓ владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1)
- ✓ владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2)
- ✓ способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3)
- ✓ готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4)
- ✓ готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5)

**Профессиональных компетенций:**

владение методикой построения физических и математических моделей объектов научных исследований (ПК-1)

владение методами анализа и синтеза устройств силовой электроники, в т.ч. современными отечественными и зарубежными пакетами программ для решения схемотехнических задач (ПК-2)

способность определять область научно-технических задач в смежных направлениях исследований (ПК-3)

способность к анализу тенденций развития современной элементной базы силовой полупроводниковой электроники (ПК-4)

способность к декомпозиции научно-исследовательской задачи на разные уровни абстракции (ПК-5)

2. Принятие решения о присвоении квалификации по результатам ГИА и выдаче документа о высшем образовании и присвоения. Квалификации: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

## 2. ВИДЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Государственная итоговая аттестация выпускников аспирантуры НИУ «МЭИ» по направлению **13.06.01 Электро- и теплотехника**, направленность **05.09.12 Силовая электроника** проводится в форме (и в указанной последовательности):

- государственного экзамена;
- научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы.

Государственная итоговая аттестация проводится по окончании теоретического периода обучения в 8 семестре. Для проведения ГИА создается приказом по университету государственная экзаменационная комиссия (ГЭК) из лица ведущих исследователей в области профессиональной подготовки по программе аспирантуры.

### Программа итогового государственного экзамена

Государственный экзамен проводится в устной форме по билетам в виде изложения развернутого ответа, в котором аспирант должен продемонстрировать свои исследовательские, профессиональные и педагогические компетенции, приобретенные за время обучения в аспирантуре. Время на выполнение экзаменационного задания / подготовку ответа – 60 минут.

### Состав учебных дисциплин, включенных в программу государственного экзамена:

1. Специальные вопросы теории планирования эксперимента в силовой электронике
2. Современные методы широтно-импульсной модуляции в силовой электронике
3. Замкнутые цифровые системы управления устройствами силовой электроники
4. Современные методы цифровых измерений в научном эксперименте
5. Энергоэффективные методы управления силовыми ключами
6. Высоковольтные полупроводниковые ключи и топология их построения
7. Специальные вопросы моделирования силовых полупроводниковых преобразователей
8. Современные программно-аппаратные средства управления и наладки силовых полупроводниковых преобразователей

### Примерный перечень экзаменационных билетов:

#### Билет № 1

1. Структура высоковольтного силового диода, режим двойной инжекции носителей заряда в базу диода, коэффициент мягкости. Эквивалентная схема замещения. Последовательное соединение диодов. Цепи выравнивающие напряжения на ячейках в статических и динамических режимах. Подбор по параметрам.
2. Широтно-импульсная система управления преобразователями: мостового автономного инвертора напряжения, импульсным преобразователем постоянного напряжения.
3. Для питания электронной аппаратуры требуется получить напряжение +25В. Питающая (первичная) сеть имеет напряжение +15В. Постоянный ток нагрузки 0.5А. Выбрать схему преобразователя с бестрансформаторным выходом. Цепь обратной связи для стабилизации обратной связи не предусматривать. Частота преобразования  $f = 50$  кГц. Выбрать и рассчитать схему задающего генератора. В качестве силового ключа использовать МДП транзистор типа МТР60N06HD. Обеспечить  $U_{з-и} = 0..11$ В. Обеспечить время переключения тока стока не более 100нс.

#### Билет № 2

1. Структура высоковольтного силового тиристора. Схема замещения тиристора, условия отпирания и запираания тиристора по цепи управления. Запираемый тиристор ГТО. Фототиристор.
2. Трансформаторные ФИУ биполярных транзисторов. Требования к импульсному трансформатору. Пропорциональное токовое управление.
3. Разработать принципиальную схему (и рассчитать параметры ее элементов) преобразователя постоянного напряжения 12 В в постоянное напряжение 5 В. Трансформаторная развязка не требуется. Стабилизацию напряжения нагрузки не

предусматривать. Предусмотреть возможность регулирования напряжения на нагрузке в пределах  $\pm 10\%$ . Схема должна содержать задающий генератор, преобразователь, фильтр. Сопротивление нагрузки 100 Ом, пульсация напряжения на нагрузке не более 5 % от номинального выходного напряжения, частота преобразования  $f = 25$  кГц.

Билет № 3

1. Структура высоковольтного МДП-транзистора. Эквивалентная схема замещения. Расчет динамических процессов при включении и выключении на различные типы нагрузок.
2. Потенциальная развязка информационного сигнала: оптроны диодного и транзисторного типа. Усилитель импульсов управления – драйвер. Структура драйвера. Дополнительные функции драйвера.
3. Разработать схему управления нагревательным элементом, работающим от сети переменного тока 220В. Регулирование температуры нагрева производится путем периодического включения и отключения питающей сети. Для уменьшения коммутационных помех необходимо, чтобы коммутация происходила в моменты времени, когда синусоида пересекает нулевой уровень. Рекомендуется использовать тиристоры в качестве силовых приборов. Например, КУ202Н:  $U_{A-K\_доп} = 400$ В,  $I_{A\_доп} = 10$ А,  $U_{У.Э.-К} = 10$ В,  $I_{У.Э.-вкл} = 0.1$ А, где А – анод, К – катод, У.Э – управляющий электрод. Сигналом, определяющим моменты коммутации, является появление и пропадание уровня постоянного напряжения +5В, в распоряжении имеется источник питания +15В. Определить параметры всех элементов схемы.

#### **Требования и критерии оценивания ответов итогового государственного экзамена**

1. В процессе государственного экзамена оценивается уровень педагогической и исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

2. При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

3. Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, а также не выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию экзаменатора решил другую задачу из того же раздела дисциплины.

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета;
- б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее;
- в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

**Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.**

### **Представление научного доклада**

Выпускная квалификационная работа представляет собой защиту результатов научно-исследовательской работы, выполненной обучающимся, в виде научного доклада, демонстрирующую степень готовности выпускника к ведению профессиональной научно-педагогической деятельности.

Требования к выпускной квалификационной работе определяются федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки **13.06.01 Электро- и теплотехника**, направленность **05.09.12 Силовая электроника** (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Подготовленная научно-квалификационная работа должна соответствовать критериям, установленным для научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук, и оформлена в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Министерства образования и науки Российской Федерации согласно п. 15 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2012 г. № 842.

Результаты представления научного доклада по выполненной научно-квалификационной работе определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется за научный доклад, позволяющий сделать вывод о полном соответствии научно-квалификационной работы квалификационным требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, которая может быть рекомендована к защите с учетом незначительных высказанных замечаний и пожеланий.

Оценка «ХОРОШО» выставляется за научный доклад, позволяющий сделать вывод о соответствии в целом научно-квалификационной работы квалификационным требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук при наличии несущественных неточностей, которая может быть рекомендована к защите после доработки некоторых ее частей с учетом высказанных замечаний.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется за научный доклад, позволяющий сделать вывод о том, что научно-квалификационная работа в основном носит заверченный характер, однако к содержанию работы имеются замечания, которые не позволяют признать ее соответствующей квалификационным требованиям к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и поэтому не может быть рекомендована к защите без существенной доработки и повторного представления научного доклада.

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется за научный доклад, представляющий научно-квалификационную работу, не соответствующую большинству квалификационных требований к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению Электро- и теплотехника, Положением о государственной итоговой аттестации НИУ «МЭИ» и Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 марта 2016 г. № 227.

### **3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

#### **Основная литература:**

1. Зиновьев Г.С. Основы 3. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. Учебник для ВУЗов. – М.: Альянс, 2008. – 496 с. (ISBN 978-5-903034-34-5)
2. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 382 с.
3. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин . – М. : Техносфера, 2006 . – 632 с. – (Мир электроники). ( ISBN 5-948360-51-2)
4. Мелешин В.И., Овчинников Д.А. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии. – М. из-во Техносфера, 2011, 576 с. (ISBN 978-5-94836-260-1)
5. Справочник по силовой электронике / Розанов Ю.К., Воронин П.А., Рывкин С.Е., Чаплыгин Е.Е. – М. Издательский дом МЭИ, 2014. – 472 с. ( ISBN 978-5-383-00872-0).

6. Силовая электроника : учебное пособие для бакалавров, по специальности "Промышленная электроника" / Г. С. Зиновьев, Новосибирский государственный технический университет (НГТУ) . – 5-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2015 . – 667 с. . (ISBN 978-5-9916-1972-1)
7. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем : учебное пособие для вузов по направлениям "Электроэнергетика", "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян . – М. : Изд-во МЭИ, 2012 . – 336 с. (ISBN 978-5-383-00738-9) .

#### Дополнительная литература:

8. Спектральное моделирование преобразователей с широтно-импульсной модуляцией : учебное пособие по курсу "Моделирование электронных устройств и систем" по специальности "Промышленная электроника" / Е. Е. Чаплыгин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд. дом МЭИ, 2012 . – 48 с. ( ISBN 978-5-383-00799-0 ) .
9. Системы управления электроприводов : учебник по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / А. С. Анучин . – М. : Изд. дом МЭИ, 2015 . – 373 с. (ISBN 978-5-383-00918-5).
10. Теория автоматического управления: учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / С. И. Малафеев, А. А. Малафеева . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2014 . – 384 с. (ISBN 978-5-4468-0230-2).
11. Встраиваемые высокопроизводительные цифровые системы управления. Практический курс разработки и отладки программного обеспечения сигнальных микроконтроллеров TMS320x28xxx в интегрированной среде Code Composer Studio: учебное пособие / А.С. Анучин, Д.И. Алямкин, А.В. Дроздов и др.; под общ. Ред. В.Ф. Козаченко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 270 с. ( ISBN 978-5-383-00471-5)
12. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов по направлению 210300 "Радиотехника" / А. Б. Сергиенко . – 3-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013 . – 768 с. (ISBN 978-5-9775-0915-2).

#### 4. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Комплект учебно-методических документов, определяющих содержание и методы реализации процесса обучения в аспирантуре, включающий в себя: учебный план, рабочие программы дисциплин (модулей), программы практики, обеспечивающих реализацию соответствующей образовательной технологии, а также программы вступительных испытаний, кандидатских экзаменов – доступен для профессорско-преподавательского состава и аспирантов.

Образовательный процесс на 100% обеспечен учебно-методической документацией, используемой в образовательном процессе.

Национальный исследовательский университет «МЭИ» обеспечивает каждого аспиранта основной учебной и учебно-методической литературой, необходимой для успешного освоения образовательной программы по направлению подготовки **13.06.01 Электро- и теплотехника**, направленности **05.09.12 Силовая электроника**. Собственная библиотека университета удовлетворяет требованиям Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения. Реализация программы аспирантуры обеспечивается доступом каждого аспиранта к фондам собственной библиотеки, электронно-библиотечной системе, а также наглядным пособиям, мультимедийным, аудио-, видеоматериалам.

Кафедры, обеспечивающие учебный процесс по направлению подготовки **13.06.01 Электро- и теплотехника**, направленности **05.09.12 Силовая электроника**, располагают материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, включает в себя лабораторное оборудование для обеспечения дисциплин, научно-исследовательской работы и практик. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной

техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Подготовка аспирантов обеспечена современной материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы (аудитории для семинарских занятий; аудитории для дискуссий и коллоквиумов). Аудитории оснащены различной аппаратурой для демонстрации иллюстративного материала); проведение семинарских занятий, выполнение исследований по профильным дисциплинам.

Использование мультимедийного оборудования в процессе проведения лекций и семинаров – компьютерные классы с выходом в интернет, оснащенные 10 персональными компьютерами, связанные с общеуниверситетским сервером, принтерами и сканерами.