

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и  
инновациям

Мещеряков Р.В.

» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**ПРОГРАММА**

**Вступительного испытания по специальной дисциплине**

**по направлению подготовки**

**13.06.01 – ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОТЕХНИКА**

**профиль программы**

**05.09.03 – ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ**

Томск 2017

Программа вступительных испытаний при приеме на обучение по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре формируется на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

В основу программы положены следующие разделы вузовских дисциплин направления 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника» по профилям «Промышленная электроника и микропроцессорная техника» и «Электронные приборы и устройства сбора, обработки и отображения информации»:

- Интеллектуальная силовая электроника;
- Полупроводниковые ключи в силовых схемах;
- Импульсно-модуляционные системы;
- Силовые цепи устройств энергетической электроники;
- Электромагнитная совместимость электронных устройств;
- Проектирование электронной компонентной базы;
- САПР электронных схем.

Составители программы:

Д.т.н., профессор

  
\_\_\_\_\_ Михальченко С. Г.

ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании кафедры Промышленной электроники, протокол № 46 от 31.08 2017 г.

СОГЛАСОВАНО:

Декан ФЭТ

  
\_\_\_\_\_ Воронин А.И.

Зав. Кафедрой ПРЭ

  
\_\_\_\_\_ Михальченко С. Г.

Зав. отделом аспирантуры и докторантуры

  
\_\_\_\_\_ Коротина Т.Ю.



## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания по специальности **05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы** предназначена для поступающих в аспирантуру в качестве руководящего учебно-методического документа для целенаправленной подготовки к сдаче вступительного испытания.

Программа включает содержание профилирующих учебных дисциплин, входящих в Основную образовательную программу высшего образования, по которой осуществляется подготовка студентов, в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта.

Целью программы вступительных испытаний является определение уровня знаний, готовности и возможности поступающего к освоению программы подготовки в аспирантуре, к самостоятельному выполнению научной работы, подготовке и защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук по научной специальности **05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы**.

Поступающий в аспирантуру должен продемонстрировать высокий уровень практического и теоретического владения материалом вузовского курса.

Научная специальность, объединяющая исследования по общим закономерностям преобразования, накопления, передачи и использования электрической энергии и электротехнической информации, а также принципы и средства управления объектами, определяющие функциональные свойства действующих или создаваемых электротехнических комплексов и систем промышленного, транспортного, бытового и специального назначения. В рамках научной специальности объектами изучения являются электротехнические комплексы и системы генерирования электрической энергии, электропривода, электроснабжения, электрооборудования, электротехнологии и ремонта промышленных и сельскохозяйственных предприятий и организаций, транспортных средств, аэрокосмической техники, морских и речных судов, служебных и жилых зданий, специальной техники. Электротехнические комплексы и системы являются неотъемлемыми составными частями систем более высокого уровня или могут рассматриваться как самостоятельные технологические комплексы и должны обеспечивать эффективное и безопасное функционирование этих систем в широком диапазоне внешних воздействий.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Преобразовательная техника

Основные схемы одно- и трехфазных выпрямителей. Работа однофазных выпрямителей на активно-индуктивную, активно-емкостную нагрузки, на нагрузку, содержащую противо-ЭДС и индуктивность.

Несимметричный (полууправляемый) выпрямитель, его регулировочная характеристика.

Многофазные схемы выпрямления на основе последовательного или параллельного соединения выпрямителей.

Коэффициент мощности источника переменного тока при управляемом и неуправляемом режимах работы выпрямителя. Способы повышения коэффициента мощности.

Инверторы, ведомые сетью, и преобразователи частоты. Переход от выпрямительного режима к инверторному. Электрические процессы в инверторе, ведомом сетью, его регулировочная характеристика.



Реверсивный преобразователь переменного-постоянного тока. Перекрестная и встречно-параллельная схемы преобразователя. Совместное и раздельное управление преобразователем. Особенности работы преобразователя на индуктивную нагрузку и индуктивную нагрузку с противо-ЭДС.

Непосредственный преобразователь частоты. Одно- и многофазная схемы непосредственного преобразователя частоты, особенности его работы на активно-индуктивную нагрузку.

Импульсные методы регулирования напряжения (тока) – широтно- и частотно-импульсное регулирование, метод позиционного слежения. Импульсные регуляторы I, II и III родов, их регулировочные характеристики.

Транзисторные преобразователи напряжения с передачей энергии через трансформатор на интервале формирования импульса и во время паузы. Импульсные преобразователи постоянного напряжения на тиристорах с параллельной и последовательной двухступенчатой коммутацией. Высокочастотные транзисторные квазирезонансные преобразователи.

Автономные инверторы тока и напряжения, их сравнительная оценка. Автономный параллельный инвертор как пример инвертора тока, его внешняя характеристика.

Преобразователи частоты на основе инверторов напряжения и инверторов тока для частотно-управляемого электропривода и их применение в энергосбережении. Параллельный и последовательный резонансные инверторы, токи и напряжения в инверторах при граничном режиме работы и в режиме с паузой.

Резонансные инверторы с обратными диодами. Особенности работы тиристоров при принудительной коммутации – отпирание, запираение, коммутационные потери мощности, эффекты, связанные с изменением производных тока и напряжения в период коммутации.

Преобразователи напряжения с звеном повышенной частоты. Транзисторные инверторы на ключах переменного тока области применения, алгоритмы управления, характеристики, применение метода коммутационных разрывных функций к их анализу.

Методы снижения коммутационных потерь в инверторах повышенной частоты – демпфирующие цепи, резонансная и квазирезонансная коммутация.

Методы улучшения спектрального состава выходного напряжения инверторов. Многофазные преобразователи со ступенчатой формой напряжения. Преобразователи с многозонной импульсной модуляцией.

## 2.2. Системы управления преобразователями

Обработка информации. Количественная оценка информации. Виды сигналов. Характеристика аналоговых сигналов – спектры и функции распределения. Передача информации модулированными сигналами с гармоническим и импульсным носителями. Кодирование цифровых сигналов, виды цифровых кодов.

Понятие о системах счисления, обратном и дополнительном кодах. Кодовые состояния, избыточное кодирование, коды с обнаружением и исправлением ошибок. Способы цифро-аналогового и аналого-цифрового преобразований.

Преобразователи, основанные на последовательном счете, поразрядном уравнивании и считывании. Преобразователи временных интервалов: аналоговый сигнал – интервал, аналоговый сигнал – частота, интервал–код, частота–код.

Основы проектирования цифровых узлов и устройств. Коммутационные логические устройства. Логические функции, способы их описания, их реализации с использованием типовых логических элементов И, ИЛИ, И–НЕ, ИЛИ–НЕ.

Дешифраторы, мультиплексоры, арифметические логические устройства – принцип их действия и особенности использования. Основные виды триггеров, построение счетчиков и регистров. Реверсивные счетчики. Емкость счетчика и управление ею.

Регистры с последовательным и параллельным вводом и выводом информации. Автоматы на основе интегральных микросхем. Способы описания состояния автоматов,



таблицы переходов и выходов. Кодирование входов, выходов и внутренних состояний автоматов. Противогоночное кодирование. Синтез узлов на основе типовых логических элементов.

Виды полупроводниковых запоминающих устройств. Способы расширения адресного пространства и разрядности данных запоминающего устройства. Полупроводниковое запоминающее устройство как многофункциональный логический элемент. Построение автоматов на основе программируемых ПЗУ с обратными связями.

Микропроцессорная техника систем управления. Программная реализация процедур сбора, вычислительных операций над информацией и управления. Структура микропроцессорной системы, ее составные части.

### **2.3. Теория электропривода**

Функции, выполняемые общепромышленным электроприводом и его обобщенные функциональные схемы.

Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах.

Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода.

Электромеханические свойства электродвигателей: постоянного тока, асинхронных, синхронных, гистерезисных, шаговых.

Механические устройства. Нагрузка двигателя.

Математические модели и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов.

Установившиеся режимы работы электропривода.

Построение моделей с использованием компьютерных технологий.

Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные функции и переходные характеристики электропривода.

Регулирование координат электропривода.

Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель.

Следящие электроприводы.

Многодвигательные электромеханические системы.

Выбор типа и мощности электродвигателя, обоснование структуры, типа и мощности преобразователя.

### **2.4. Автоматическое управление электроприводом**

Основные функциональные и структурные схемы автоматического управления электроприводом.

Типовые функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и останов электродвигателей.

Системы с контактными и бесконтактными элементами. Принципы выбора элементной базы.

Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ).

Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ.

Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока.

Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями.

Особенности построения систем управления асинхронными и синхронными двигателями.

Особенности построения систем управления электроприводов с тиристорными преобразователями.

Управление электроприводами при наличии редуктора и упругой связи двигателя с механизмом.

Цифровые САУ. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах.

Применение микропроцессоров и микроЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.

Надежность и техническая диагностика электроприводов.

## **2.5. Теория и принципы работы комплексных узлов электрооборудования**

Научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплектных узлов электрооборудования.

Преобразователи напряжения, в том числе: генераторы и электромашинные преобразователи.

Управляемые вентильные преобразователи постоянного и переменного тока в постоянный.

Инверторы и непосредственные преобразователи частоты.

Основные принципы построения систем и комплектных узлов общепромышленного электрооборудования и электрооборудования подвижных объектов.

Контакторно-резисторные и электронные узлы систем управления электроприводами и их особенности.

Элементная база силовых цепей электрооборудования (контакторы, резисторы, силовые полупроводниковые приборы).



### 3. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания проводятся в тестовой форме. Продолжительность проведения письменного экзамена – не более 90 минут.

Уровень знаний поступающего оценивается по 100 балльной шкале. Минимальный балл, подтверждающий успешной прохождения вступительного испытания, равен 45.

Протокол приема вступительного экзамена подписывается членами комиссии с указанием их ученой степени, ученого звания, занимаемой должности.

Протокол заседания экзаменационной комиссии после утверждения ректором (проректором по научной работе) ТУСУРа хранятся в отделе аспирантуры и докторантуры.

Во время проведения вступительных испытаний их участникам и лицам, привлекаемым к их проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

При нарушении поступающим во время проведения вступительных испытаний правил приема, утвержденных организацией, уполномоченные должностные лица организации вправе удалить его с места проведения вступительного испытания с составлением акта об удалении.

### 4. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА ДЛЯ СДАЧИ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Экзаменационные билеты формируются из вопросов, приведенных в разделах 2.1-2.5 в случайном порядке, взятых не больше одного вопроса из раздела. Пример экзаменационного билета приведен ниже.

#### Билет № 0

##### Вопрос № 1

*Автономные инверторы тока и напряжения, их сравнительная оценка. Автономный параллельный инвертор как пример инвертора тока, его внешняя характеристика.*

##### Вопрос № 2

*Электромеханические свойства электродвигателей: постоянного тока, асинхронных, синхронных, гистерезисных, шаговых.*

##### Вопрос № 3

*Основные принципы построения систем и комплектных узлов общепромышленного электрооборудования и электрооборудования подвижных объектов.*



## 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 5.1. Основная литература

1. Кобзев А.В. Энергетическая электроника: Учебное пособие / Кобзев А.В., Коновалов Б.И., Семенов В.Д. -Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010.-164 с. Электронная версия на <http://www.edu.tusur.ru/training/>
2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / Мелешин В.И. М.: Техносфера, 2006. – 632с. ISBN 5-94836-051-2 (50 экз.)
3. Гарганеев А.Г. Технические средства автоматизации и управления. Учебное пособие. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. – 393 с. (95 экз.)
4. Бейнарович В.А. Основы автоматики и системы автоматического управления. Учебное пособие в 2-х разделах. – Томск: ТУСУР.- 2010. – 248 с. (13 экз.)
5. Браславский И. Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод : Учебное пособие для вузов / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков ; ред. : И. Я. Браславский. - М. : Академия, 2004. - 248 с. (1 экз.)
6. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники: учебное пособие – Изд. 2-е испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 664 с. (80 экз.)

### 5.2. Дополнительная литература

1. Алиев И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию : учебное пособие для вузов / И. И. Алиев. - 4-е изд., доп. - Ростов н/Д : Феникс, 2003. - 477, с. (1 экз.)
2. Терехов В. М. Системы управления электроприводов : Учебник для вузов / В. М. Терехов, О. И. Осипов ; ред. : В. М. Терехов. - 2-е изд., стереотип. - М. : Академия, 2006. – 299 с. (20 экз.)
3. Герман-Галкин, С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6,0 : Учебное пособие / С. Г. Герман-Галкин. - СПб. : Корона принт, 2007. - 320 с. (1 экз.)
4. Основы мехатроники : монография / Ю. М. Осипов [и др.] ; ред. Ю. М. Осипов ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 162 с. (90 экз.)
5. Гусев Н. В. Программно-аппаратное обеспечение систем управления многокоординатными сервоприводами : учебное пособие / Н. В. Гусев, В. Г. Букреев ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных систем. - Томск : ТМЦДО, 2007. - 257 с. (100 экз.)
6. Гарганеев А. Г. Гистерезисный двигатель с импульсным перевозбуждением : [учебное пособие] / А. Г. Гарганеев, Ю. А. Шурыгин ; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Издательство Томского университета, 2007. - 216 с. (28 экз.)
7. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника : монография / В. И. Мелешин. - М. : Техносфера, 2005. - 627 с. (22 экз.)
8. Воробьев А. Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем : научное издание / Александр Юрьевич Воробьев. - М. : Эко-Трендз, 2003. – 280 с. (3 экз.)
9. Фираго Б. И. Непосредственные преобразователи частоты в электроприводе : научное издание / Б. И. Фираго. - Минск : Университетское, 1990. - 254 с. (2 экз.)
10. Ильинский, Николай Федотович. Общий курс электропривода : Учебник для вузов / Н. Ф. Ильинский, В. Ф. Козаченко. - М. : Энергоатомиздат, 1992. - 543 с. : (7 экз.)



11. Чернов Е. А. Электропривод и электрооборудование в автоматизированном производстве : Учебник для техникумов / Е. А. Чернов. - М. : Машиностроение, 1992. – 302 с. (2 экз.)
12. Панасюк В. И. Оптимальное микропроцессорное управление электроприводом : научное издание / В. И. Панасюк. - Минск : Вышэйшая школа, 1991. - 166 с. (2 экз.)
13. Башарин А. В. Управление электроприводами : учебное пособие для вузов / А. В. Башарин, В. А. Новиков, Г. Г. Соколовский. - Л. : Энергоиздат, 1982. - 392 с. (3 экз.)
14. Ключев В. И. Теория электропривода : Учебник для вузов / В. И. Ключев. - М. : Энергоатомиздат, 1985. - 559 с. (2 экз.)
15. Рассудов Л. Н. Электроприводы с распределенными параметрами механических элементов : / Л. Н. Рассудов, В. Н. Мядзель. - Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987. – 143 с. (2 экз.)
16. Рудаков В. В. Асинхронные электроприводы с векторным управлением : / В. В. Рудаков, И. М. Столяров, В. А. Дартау. - Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987. - 134 с. (2 экз.)
17. Тиристорные преобразователи частоты в электроприводе : / А. Я. Бернштейн [и др.] ; ред. Р. С. Сарбатов. - М. : Энергия, 1980. – 326 с. (2 экз.)
18. Эпштейн И. И. Автоматизированный электропривод переменного тока : / И. И. Эпштейн. - М. : Энергоиздат, 1982. - 191 с. (2 экз.)
19. Чехет Э. М. Непосредственные преобразователи частоты для электропривода : / Э. Д. Чехет, В. П. Мордач, В. Н. Соболев ; Академия наук Украинской ССР, Институт электродинамики (Киев). - Киев : Наукова думка, 1988. - 222 с. (20 экз.)
20. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи. М.: Высш. шк., 1977. (19 экз.)
21. Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М.: Энергия, 1977. (81 экз.)
22. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. М.: Высш. шк., 1980. (19 экз.)
23. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. М.: Высш. шк., 1982. (10 экз.)
24. Микропроцессоры. Кн. 1: Архитектура и проектирование микроЭВМ, организация вычислительных процессов /Под ред. Л.Н. Преснухина. М.: Высш. шк., 1987. (44 экз.)
25. Теоретические основы электротехники /Под ред. П.А. Ионкина. Т. 1. - М.: Высш. шк., 1976. (9 экз.)
26. Теоретические основы электротехники /Под ред. П.А. Ионкина. Т. 2. - М.: Высш. шк., 1976. (17 экз.)
27. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. М.: Высш. шк., 1990. (47 экз.)
28. Розанов Ю.И. Основы силовой электроники. М.: Энергоатомиздат, 1992. (1 экз.)
29. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Дякин А.С., Семенов В.Д. Импульсно-модуляционные системы: Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 188с. (44 экз.)
30. Кобзев А.В., Михальченко Г.Я., Музыченко Н.М. Модуляционные источники питания РЭА. – Т.: Радио и связь, 1990. – 336 с. (242 экз.)
31. Кобзев А.В., Лебедев Ю.М., Михальченко Г.Я., Семенов В.Д. и др. Стабилизаторы переменного напряжения с высокочастотным широтно-импульсным регулированием. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 152 с. (61 экз.)
32. Джюджи л., Пелли Б. Силовые полупроводниковые преобразователи частоты: Теория, характеристики, применение. Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 400с., ил. (5 экз.)

### 5.3. Периодические издания

1. Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники
2. Известия высших учебных заведений. Физика

3. Известия высших учебных заведений. Электроника
4. Микроэлектроника
5. Российские нанотехнологии
6. Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы
7. Электроника
8. Общие вопросы физики и физического эксперимента

#### **5.4. Перечень Интернет-ресурсов**

1. Образовательный портал в свободном доступе: «Физика, химия, математика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина» – Режим доступа: <http://www.ph4s.ru/>

2. «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: информационная система. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>

3. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>

4. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>