

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ИНК
_____ В.Н. Бориков
« _____ » _____ 2015 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ДИНАМИКА УПРАВЛЯЕМЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ»**

НАПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ) ООП

11.04.04 – Электроника и нанoeлектроника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ (СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ, ПРОГРАММА)

**Электронные системы контроля, управления, диагностики
в технике и медицине**

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ) – магистр

Базовый учебный план приема 2015 г.

Курс 2, семестр 3

Количество кредитов – 6

Код дисциплины М1.ВМ4.1.1.2

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	8
Практические занятия, ч	8
Лабораторные занятия, ч	32
Аудиторные занятия, ч	48
Самостоятельная работа, ч	168
ИТОГО, ч	216

Вид промежуточной аттестации – экзамен

Обеспечивающее подразделение – кафедра ПМЭ ИНК

Заведующий кафедрой ПМЭ ИНК,

доцент, к.ф.-м.н.

Руководитель ООП,

профессор каф. ПМЭ ИНК, д.т.н.

Преподаватель,

доцент каф. ПМЭ ИНК, к.т.н.

_____ Ф.А. Губарев

_____ А.И. Солдатов

_____ О.С. Вадутов

2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основой большинства преобразовательных устройств, применяемых в источниках вторичного электропитания и регуляторах электропривода, являются импульсные преобразователи напряжения (ИПН), работающие с частотами переключения от десятков до сотен кГц. Процессы управления для компенсации возмущающих воздействий реализуются в ИПН изменением длительности интервалов проводимости полупроводниковых приборов. При этом алгоритмы регулирования формируются таким образом, чтобы обеспечить требуемое качество управляемых величин ИПН.

Целью освоения дисциплины является:

в области обучения – ознакомить студентов с особенностями управляемых ИПН как объектов автоматического управления, методами составления математических моделей управляемых ПУ, принципами построения линейных и нелинейных регуляторов для управляемых ПУ, обучить методам анализа статических и динамических характеристик управляемых ПУ, научить применять современные компьютерные системы исследования и проектирования динамических систем.;

в области воспитания – сформировать убеждения о возрастающей роли математических методов и методов моделирования при решении задач в профессиональной деятельности и, в частности, при подготовке магистерских диссертаций;

в области развития – использовать возможности современных систем программирования и моделирования (MathCAD, MATLAB, PSpice) для анализа и синтеза систем ИПН.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Динамика управляемых преобразовательных устройств» относится к вариативной части профессионального модуля дисциплин. Согласно учебному плану данной дисциплине предшествует изучение дисциплины «Электронные промышленные устройства» (М1.ВМЗ.3, 2 семестр) и ряда дисциплин по плану подготовки бакалавров, в частности «Основы преобразовательной техники» (6 семестр), «Теория автоматического управления» (7 семестр) и «Энергетическая электроника» (8 семестр).

Для успешного освоения дисциплины «Динамика управляемых преобразовательных устройств» студенты

должны знать:

принципы построения преобразователей постоянного напряжения;
основные понятия и методы теории автоматического управления;
технологии работы на персональных компьютерах;
систему программирования MatchCAD и систему моделирования динамических систем MATLAB-Simulink;

должны уметь:

составить математические модели электрических цепей;
построить частотные характеристики в системе программирования MatchCAD;
составить схемы моделирования простейших динамических систем в Simulink.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих результатов обучения:

Таблица 1

*Составляющие результатов обучения,
которые будут получены при изучении данной дисциплины*

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р1 ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ПК-1 ПК-2	З1.1	основные законы естественнонаучных и профессиональных дисциплин в области физических основ электронной техники и схемотехники, электрофизических технологий	У1.1	определять, систематизировать и получать необходимые данные в сфере профессиональной деятельности с использованием современных информационных средств и методов	В1.1	навыками работы в научном коллективе
Р2 ОК-1, ОПК-1, ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-7	З2.1	современное состояние, теоретические и экспериментальные работы в профильной области, явления и методы исследований	У2.1	анализировать и обобщать научно-техническую информацию в профессиональной деятельности, выделять наиболее перспективные направления исследований в области физики сильноточных вакуумных и газовых разрядов, физики плазмы, пучково-плазменных технологий	В2.1	навыками самостоятельной научно-исследовательской деятельности, требующей широкого образования в соответствующем направлении
Р3 ПК-1, , ПК-3, ПК-4, ПК-5	З3.1	основные понятия и закономерности развития слаботочной и сильноточной электронной техники	У3.1	выбирать методы и средства решения сформулированных задач на основе анализа научно-технической информации	В3.1	опытом научно-исследовательской и проектной деятельности в области электронной техники
Р4 ОПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-7	З4.1	основные этапы проведения аналитических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	У4.1	проявлять способность к планированию и проведению исследований в профессиональной деятельности с применением современных достижений науки и техники	В4.1	методами физико-математического моделирования процессов и объектов по направлению профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины студентом должны быть достигнуты следующие результаты (см. табл. 2).

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД1	Выполнить анализ статических и динамических характеристик стабилизированных преобразовательных устройств
РД2	Использовать современные средства программирования и моделирования для исследования стабилизированных преобразовательных устройств
РД3	Решать задачи по повышению эффективности и электромагнитной совместимости устройств энергетической электроники.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Преобразователи постоянного напряжения

Лекции. Особенности преобразователей постоянного напряжения (ППН). Понижающие, повышающие и инвертирующие ППН, их основные свойства. Принципы регулирования выходного напряжения ППН: релейное и широтно-импульсное регулирование. Требования к системе управления импульсных ППН (ИППН).

Лабораторная работа: Исследование линейного стабилизатора.

4.2. Математические модели ИППН

Лекции. Уравнения «вход-состояние-выход» силовой части ППН. Отображение процессов в пространстве состояний (на фазовой плоскости). Векторно-матричная форма записи уравнений вход-состояние-выход силовой части ППН. Принцип и условия усреднения процессов в ИППН. Уравнения «вход-выход» ИППН в усредненных переменных. Билинейные модели управляемых ППН в усредненных переменных. Билинейная модель управляемых преобразователей с входным фильтром. Линеаризация уравнений в усредненных переменных. Математические модели ИППН с двухзвенными фильтрами.

Особенности ППН как объектов автоматического управления. Релейное и широтно-импульсное регулирование в ППН. Виды широтно-импульсной модуляции, применяемые в ППН. Операторно-структурные схемы ППН с релейным и широтно-импульсным регулированием. Нелинейная дискретная модель ППН с широтно-импульсным регулированием.

Лабораторная работа: Частотные характеристики управляемых ППН.

4.3. ППН с простыми структурами систем управления

Понижающий ППН с релейным регулятором. Методы расчета параметров автоколебаний в понижающем ППН с релейным регулятором. Понижающий ППН с широтно-импульсным регулятором. Анализ процессов с использованием уравнений «вход-выход» и «вход-состояние-выход». Вывод уравнений установившегося периодического режима. Уравнения в отклонениях и исследование устойчивости установившегося периодического режима. Особенности применения релейных и широтно-импульсных регуляторов в повышающем и инвертирующем ППН.

4.4. Типовые алгоритмы регулирования в ИППН

Исследование процессов в управляемых ППН с использованием усредненных моделей. Типовые алгоритмы регулирования: пропорциональный (П), пропорционально-интегральный (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД). Характеристики и особенности реализации П-, ПИ- и ПИД-регуляторов. Особенности применения типовых алгоритмов регулирования в повышающем и ин-

вертирующем ППН. Особенности динамического синтеза ИПНН с двухзвенными фильтрами.

Лабораторные работы:

1. Исследование понижающего ППН с ПИ-регулятором.
2. Исследование повышающего ППН с ПИ-регулятором.

4.5. Синтез алгоритмов регулирования для ППН

Принцип разделения процессов на медленные и быстрые. Требования к медленным и быстрым процессам в ППН. Оптимизация процессов по критерию максимального быстродействия и квадратичному критерию. Синтез оптимального и квазиоптимального по быстродействию управления медленными составляющими процессов. Синтез алгоритма управления по критерию обобщенной работы. Синтез алгоритмов управления с помощью метода Ляпунова.

Цифровые системы управления в преобразовательной технике. Управление с прогнозированием в преобразовательной технике.

Лабораторные работы:

1. Исследование квазиоптимальных по быстродействию процессов в импульсных ППН.
2. Исследование импульсного преобразователя с управлением с прогнозированием.

6. ОРГАНИЗАЦИЯ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Текущая самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом;
- подготовку к лабораторным работам и практическим занятиям;
- подготовку к контрольным работам, коллоквиумам и экзамену;
- выполнение индивидуальных домашних заданий;
- перевод текстов с иностранных языков;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса.

Творческая самостоятельная работа включает следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации,
- выполнение расчетно-графических работ;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- краткое сообщение во время 1-ой конференц-недели;
- подготовка доклада (3–4 страницы);
- выступление с докладом в течение 2-ой конференц-недели.

7. СРЕДСТВА ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение лабораторных работ	РД2
Защита лабораторных работ	РД2
Подготовка доклада по индивидуальному заданию	РД1, РД3
Презентация и выступление по индивидуальному заданию	РД1, РД3
Экзамен	РД1, РД2, РД3

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства.

Вопросы, выносимые на экзамен

1. Принципы управления выходного напряжения ППН. Требования к качеству процесса управления в ППН.
2. Уравнения «вход-состояние-выход» силовой части понижающего ИППН. Векторно-матричная форма записи уравнений.
3. Уравнения «вход-состояние-выход» силовой части повышающего ИППН. Векторно-матричная форма записи уравнений.
4. Отображение процессов в понижающем и повышающем ИППН на фазовой плоскости.
5. Принцип и условия усреднения процессов в ИППН. Уравнение «вход-выход» ИППН в усредненных переменных. Линеаризация уравнений в усредненных переменных.
6. Релейное и широтно-импульсное регулирование в ППН, их достоинства и недостатки. Виды ШИМ-2.
7. Анализ установившегося периодического режима в ИППН с ШИМ-2. Устойчивость установившегося периодического режима в ИППН с ШИМ-2.
8. Типовые регуляторы и корректирующие устройства в ИППН. Реализация типовых регуляторов и корректирующих устройств.
9. Понижающий ИППН с ПИ-регулятором. Выбор параметров регулятора с помощью ЛЧХ.
10. Понижающий ИППН с ПИД-регулятором. Выбор параметров регулятора с помощью ЛЧХ.
11. Повышающий ИППН с ПИД-регулятором. Выбор параметров регулятора с помощью ЛЧХ.
12. Использование метода разделения движений для синтеза широтно-импульсных регуляторов ППН.
13. Оптимальное и квазиоптимальное по быстродействию управлению медленными процессами в ППН.
14. Синтез алгоритма управления по критерию обобщенной работы. Условия возникновения скользящих режимов.
15. Моделирование как метод исследования и проектирования регулирующих устройств.

16. Цифровой ПИД-регулятор. Передаточная функция. Особенности программирования реальной системы.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Положением о проведении текущего оценивания и промежуточной аттестации в Томском политехническом университете» в действующей редакции.

Согласно рейтинговой системе текущий контроль производится в течение семестра путем балльной оценки качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы контрольных работ) и результатов практической деятельности (решение задач, выполнение индивидуальных заданий и отчетов по выполненным лабораторным работам). Максимальный рейтинг по текущей аттестации равен 60 баллам. Для того чтобы получить допуск к промежуточной аттестации студент должен набрать не менее 33 баллов.

Промежуточная аттестация (экзамен) производится в конце семестра также путем балльной оценки. Максимальный рейтинг на экзамене равен 40 баллам. На экзамене студент должен набрать не менее 22 баллов.

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Основная

1. Мелешин В.И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В.И. Мелешин, Д.А. Овчинников. – М.: Техносфера, 2011. – 576 с.

2. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: учебное пособие для бакалавров / Г.С. Зиновьев. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 667 с.

3. Розанов Ю.К. Силовая электроника: учебник для вузов / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 632 с.

4. Иванов А.Г. Системы управления полупроводниковыми преобразователями / А.Г. Иванов, Г.А. Белов, А.Г. Сергеев; Чувашский государственный университет (ЧГУ). – Чебоксары: Изд-во ЧГУ, 2010. – 448 с.

5. Герман-Галкин С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде MATLAB-Simulink: учебник / С. Г. Герман-Галкин. – СПб.: Изд-во «Лань», 2013. – 448 с.

6. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы: : учебник для вузов / Д.П. Ким. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 310 с.

9.2. Дополнительная

7. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника / В.И. Мелешин. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.

8. Волович Г.И. Динамика вентильных источников вторичного электропитания постоянного тока / Г.И. Волович. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 190 с.

9. Времяимпульсные системы автоматического управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, Р.У. Мадыгулов и др.; под общ. ред. И.М. Макарова.– М.: Машиностроение, 1991.– 288с.

10. Четти П. Проектирование ключевых источников электропитания : пер. с англ. / П. Четти. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 238 с.

11. Гладышев С.П. Динамика дискретно-управляемых полупроводниковых преобразователей / С. П. Гладышев, В.Б. Павлов; под ред. А.К. Шидловского. — Киев: Наукова думка, 1983. — 223 с.

12. Готтлиб И.М. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы / И.М. Готтлиб. — М.: Постмаркет, 2002. — 544с.

13. Воронов А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость / А.А. Воронов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 1979. — 336 с.

14. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учеб. пособие / Д.П. Ким. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 440 с.

15. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения / В.П. Дьяконов. — М.: СОЛОН-Пресс, 2008. — 800 с.

9.3. Программное обеспечение и *Internet*-ресурсы:

1. Система MathCAD.
2. Система MATLAB (пакет Simulink).
3. <http://elibrary.ru>
4. <http://www.exponenta.ru/>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Аудитория, кол-во раб. мест
1	Учебная аудитория с компьютером и проектором	Ауд. 318-16в, 24 места
2	Лаборатория преобразовательной техники	Ауд. 241-16в, 10 мест
3	Компьютерный класс с компьютерами Pentium и выходом в Интернет	Ауд. 327-16в, 10 мест

Программа составлена на основе СУОС ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» и профилю «Промышленная электроника».

Программа одобрена на заседании кафедры промышленной и медицинской электроники ИНК ТПУ. (протокол № 12.15 от «19» июня 2015 г.).

Автор: Олег Самигулович Вадутов,
доцент каф. промышленной и медицинской электроники.

Рецензент Евгений Юрьевич Буркин,
доцент каф. промышленной и медицинской электроники.