



Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

"УТВЕРЖДАЮ "

Декан АВТФ

Гайворонский С.А.

" _____ " _____ 2004 год.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Рабочая программа учебной дисциплины
для направления 550200 - "Автоматизация и управление"
Обеспечивающая кафедра: кафедра теоретической и общей электротехники
Курс: второй
Семестр: третий, четвертый
Учебный план набора 2003 года с изменениями _____ года

Распределение учебного времени

Лекции	_____ 52 _____	ч. (ауд.)
Лабораторные занятия	_____ 18 _____	ч. (ауд.)
Практические (семинарские) занятия	_____ 35 _____	ч. (ауд.)
Всего аудиторных занятий	_____ 105 _____	ч.
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	_____ 122 _____	ч.
Общая трудоемкость	_____ 227 _____	ч.
Экзамен в третьем и четвертом семестрах	_____	

2004 г.



ПРЕДИСЛОВИЕ

1. Рабочая программа составлена на основании ГОС ВПО для направления 550200 - **"Автоматизация и управление"** №24 тех / бак, утвержденного 10 марта 2000 года, ГОС ВПО для направления 657900 – **«Автоматизированные технологии и производства»** № 514 тех/дс , утвержденного 28 февраля 2001 г., и образовательных стандартов ТПУ по этим направлениям, утвержденным в 2001 году.

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической и общей электротехники 31 августа 2004 г., протокол № 11.

- | | |
|---|-----------------|
| 2. Разработчик – доцент кафедры ТОЭ | Купцов А. М. |
| 3. Зав. кафедрой ТОЭ, доцент | Носов Г. В. |
| 4. Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом АВТ, выпускающими кафедрами и СООТВЕТСТВУЕТ действующему учебному плану. | |
| Зав. кафедрой автоматики и КС, проф. | Цапко Г. Н. |
| Зав. кафедрой ИКСУ, проф. | Малышенко А. М. |

АННОТАЦИЯ

Теоретическая электротехника (ТЭ), направления 550200 - **"Автоматизация и управление"**, **657900** – **«Автоматизированные технологии и производства»**.
Каф. ТОЭ ЭЛТИ, доцент Купцов Анатолий Михайлович
тел. (3822) 653433, e-mail; ali@tpu.ru.

Цель: формирование у обучающихся знаний и умений в области теории электротехнических устройств, необходимых для успешного освоения специальных дисциплин.

Содержание: законы и теоремы линейных электрических цепей; методы расчета однофазных, трехфазных и многополюсных цепей; анализ переходных режимов; нелинейные электрические и магнитные цепи.

Курс 2 (3,4 сем. - экзамен).

Всего 105 ч., в т.ч.: Лк – 52 ч., Лб. - 18 ч., Пр. 35 ч.



1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В условиях практической деятельности специалисту, работающему в области автоматизации и управления, предстоит решать вопросы, связанные главным образом с эксплуатацией специального оборудования, где весьма широко используются электротехнические устройства и установки для обеспечения привода разнообразных механизмов, управления, регулирования и контроля технологического процесса. Поэтому специалист должен иметь определенный уровень электротехнических знаний, позволяющий ему достаточно четко представлять физические процессы, происходящие в электрических и магнитных цепях, понимать назначение, выполняемые функции и возможности электрооборудования, знать свойства электроизмерительных приборов, кроме того, уметь разбираться, используя инструкции, описания, технические **паспорта**, в работе блоков устройств и установок, включающих электрические и электронные цепи и устройства.

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины "Теоретическая электротехника" является теоретическая и практическая подготовка, в результате чего студенты должны получить такую совокупность знаний и умений, которые необходимы им для успешного усвоения других общепрофессиональных и специальных дисциплин последующей вузовской подготовки, а также для успешного решения задач, связанных с выбором электротехнических устройств и умением правильно их эксплуатировать.

Успешно изучивший дисциплину " Теоретическая электротехника " студент **должен иметь представления:**

– об основных законах и принципах, лежащих в основе работы основных электротехнических и электронных устройств и электроизмерительных приборов;

знать и уметь использовать:

– законы теории активных и пассивных электрических цепей и методы их анализа;
– стандарты и правила построения и чтения электрических схем;

иметь опыт:

– расчета и моделирования простых электрических цепей;
– включения в цепь основных электрических приборов и выполнения измерений основных электрических величин.

1.2. Задачи изложения и изучения дисциплины

Вышеуказанные цели преподавания и задачи изучения дисциплины "Теоретическая электротехника " достигаются за счет совместной с преподавателями самостоятельной познавательной деятельности. С этой целью используется полный набор современных способов и средств обучения: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов по курсу; специальное лабораторное оборудование; учебники, учебные пособия и методические указания к лабораторным работам и



практическим занятиям; комплекты контрольных заданий для проверки знаний студентов и другие методические разработки обеспечивающей данный курс кафедры ТОЭ и других вузов страны.

Практические навыки и умения при изучении дисциплины "Теоретическая электротехника" студент приобретает во время практических занятий, при выполнении лабораторных работ, написании рефератов.

Изучение дисциплины "Теоретическая электротехника" базируется на знаниях и умениях, приобретенных студентами при изучении курсов физики, математики и информатики. Из курса физики базовыми являются разделы "Электричество и магнетизм", из курса математики студенты должны знать: методы решения систем линейных алгебраических уравнений; тригонометрические функции и операции с ними; однородные и неоднородные дифференциальные уравнения и **их решения**; иметь представления о векторных функциях и функциях комплексной переменной.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Третий семестр, лекций 26 часов

2.1. Введение в теорию линейных электрических цепей (5 часов)

Задачи и цели курса "Теоретическая электротехника", его место в системе подготовки бакалавров по направлениям «**Автоматизация и управление**», «**Автоматизированные технологии и производства**». Электромагнитное поле и его уравнения. Интегральное описание электромагнитных процессов в электрических цепях. Элементы электрической цепи: активные (источники электрической энергии) и пассивные (резистивный, индуктивный, емкостный). Условные графические изображения элементов. Дуальность элементов цепи. Схемы замещения реальных устройств. Способы соединения элементов цепи, топологические понятия электрической цепи: граф цепи, дерево графа, контур, узел. Матрицы графа. Основные законы и свойства электрических цепей: законы Ома, Кирхгофа, Джоуля-Ленца, принципы наложения, взаимности, компенсации. Математические модели элементов электрических цепей. Уравнения состояния и основные свойства их решений. Понятие о переходных и установившихся процессах. Примеры анализа переходных процессов в простейших *RL*- и *RC*- цепях.

2.2 Анализ установившихся режимов в цепях с постоянными и синусоидальными источниками энергии (10 часов)

Амплитудное, действующее и среднее (по модулю) значения синусоидального тока. Представление гармонических функций функциями комплексной частоты. Метод комплексных амплитуд (символический метод). Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Расчет цепей при последовательном, параллельном и смешанном соединениях участков цепи. Эквивалентные преобразования электрических цепей. Методы контурных токов, наложения, узловых потенциалов и эквивалентного генератора. Понятие обобщенной ветви. Матрицы электрической цепи. Контурные и узловые уравнения в матричной форме.



Расчет электрических цепей на ЭВМ с использованием пакета Mathcad. Индуктивно связанные цепи: электродвижущая сила взаимной индукции; последовательное и параллельное соединения индуктивно связанных элементов; эквивалентная замена индуктивных связей; трансформатор в линейном режиме.

Мощность в цепях постоянного и переменного тока: мгновенная и средняя за период. Мощность в комплексной форме. Передача энергии между индуктивно связанными элементами.

2.3 Резонанс в простых колебательных контурах (3 часа)

Общие понятия и определения. Последовательный и параллельный колебательный контуры. Резонанс напряжений и токов. Частотные характеристики последовательного и параллельного колебательного контуров.

2.4 Электрические цепи с несинусоидальными периодическими сигналами (3 часа)

Разложение периодических несинусоидальных функций в тригонометрический ряд (ряд Фурье). Действующие и средние значения несинусоидальных периодических функций. Дискретные спектры. Коэффициенты, характеризующие форму кривой несинусоидальных функций. Расчет цепей с несинусоидальными периодическими сигналами.

2.5 Трехфазные цепи (2 часа)

Основные понятия и определения. Симметричный и несимметричный режимы в трехфазных цепях. Мощность в трехфазных цепях и ее измерение.

2.6 Четырехполюсники (3 часа)

Общие понятия. Основные уравнения линейного пассивного четырехполюсника. Схемы замещения четырехполюсников., связь их параметров с коэффициентами уравнений. Симметричный четырехполюсник, его характеристическое сопротивление и постоянная передачи. Уравнения четырехполюсника в гиперболических функциях. Активные четырехполюсники - автономные и неавтономные.

Четвертый семестр, лекций 26 часов

2.7 Переходные процессы в линейных электрических цепях (14 часов)

Законы коммутации. Независимые и зависимые начальные условия. Классический метод расчета переходных процессов. Анализ разветвленной цепи методом переменных состояний. Ступенчатая и импульсная функции. Переходная и импульсная характеристики цепи. Определение реакций цепи при действии сигналов произвольной формы.

Преобразования Лапласа и операторный метод анализа электрических цепей. Передаточные функции и их связь с дифференциальными уравнениями.



Спектральный метод анализа цепей. Неискажающие дифференцирующие и интегрирующие цепи. Приближенное определение обратного преобразования Фурье.

2.8 Нелинейные цепи (12 часов)

Нелинейные элементы и их характеристики. Способы аппроксимации характеристик нелинейных элементов. Задачи анализа нелинейных цепей.

Нелинейные резистивные цепи: графический расчет при последовательном, параллельном и смешанном соединениях нелинейных элементов; принцип составления функциональных уравнений для резистивных нелинейных цепей и их численное решение; примеры расчета электрических цепей; элементы синтеза цепей с диодами.

Нелинейные индуктивные и емкостные цепи. Методы их расчета. Магнитные цепи и их расчет.

Нелинейные динамические цепи и методы их расчета.

3 СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Содержание практических занятий

Третий семестр, 18 часов

3.1.1 Токи и напряжения в RLC-элементах. Взаимные преобразования источников энергии, законы Ома, Кирхгофа, Джоуля - Ленца. Основы символического метода (2 часа).

3.1.2. Методы контурных токов, узловых потенциалов, наложения и эквивалентного генератора в расчете электрических цепей (6 часов).

3.1.3 Цепи с взаимной индуктивностью и их анализ (2 часа).

3.1.4 Резонансные явления в последовательном и параллельном колебательном контурах (2 часа).

3.1.5 Цепи с негармоническими сигналами. Разложение в ряд Фурье. Дискретные спектры. Расчеты разветвленной цепи с периодическими негармоническими сигналами (2 часа).

3.1.6 Трехфазные симметричные и несимметричные цепи (2 часа).

3.1.7 Четырехполюсники, их уравнения и характеристические параметры. Анализ пассивных и активных четырехполюсников (2 часа).

Четвертый семестр, 17 часов

3.1.8 Законы коммутации. Определение начальных условий. Расчет переходных процессов в цепях 1-го и 2-го порядка классическим методом (3 часа).

3.1.9 Метод переменных состояния и интеграл Дюамеля в расчете переходных процессов (2 часа).

3.1.10 Операторный и спектральный методы расчета переходных процессов (3 часа).

3.1.11 Нелинейные элементы и нелинейные цепи. Классификация нелинейных цепей. Методы расчета нелинейных резистивных цепей (4 часа).



3.1.12 Индуктивные цепи и методы их расчета. Магнитные цепи постоянного потока и их расчет (2 час).

3.1.13 Нелинейные динамические цепи и методы их расчета. (3 час).

3.2 Перечень двухчасовых лабораторных работ

Третий семестр, 10 часов

3.2.1 Знакомство с измерительными комплексами "Луч". Изучение свойств пассивных элементов цепи.

3.2.2. Исследование характеристик независимых и зависимых источников напряжения и тока.

3.2.3 Простейшие линейные цепи с синусоидальными источниками.

3.2.4 Резонансные явления в последовательном и параллельном колебательном контурах.

3.2.5 Исследование цепи с негармоническими сигналами.

Четвертый семестр, 8 часов

3.2.6 Переходные процессы в линейных цепях первого и второго порядка.

3.2.7 Переходные процессы в линейных цепях при импульсных воздействиях.

3.2.8 Безынерционный нелинейный элемент в цепи синусоидального источника.

3.2.10 Исследование цепей с вентилями.

4. ПРОГРАММА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (122 ЧАСА)

4.1 Домашние расчетно-графические работы

4.1.1 Расчет линейной цепи с источниками постоянных ЭДС и токов (3 семестр, 12 часов)

4.1.2 Расчет линейной цепи с источниками гармонических ЭДС и токов (3 семестр, 20 часов).

4.1.3 Расчет линейной цепи с источниками негармонических воздействий (3 семестр, 8 часов).

4.1.4 Расчет линейной электрической цепи в переходном режиме (4 семестр, 20 часов).

4.1.5 Расчет нелинейной резистивной цепи. (4 семестр, 12 часов).

4.2 Подготовка и оформление отчетов по лабораторным работам (22 часа).

4.3 Самостоятельное изучение разделов:

- Основные требования ЕСКД к изображению элементов схем замещения электрических цепей (3 семестр, 4 часа);
- Цифровые (дискретные) цепи (4 семестр, 5 часов);
- Численные расчеты электрических цепей на ЭВМ с использованием современных пакетов программ "Electronics Workbench" и "Mathcad" (19 часов).



5.. ТЕКУЩИЙ И ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Текущий контроль служит эффективным стимулирующим фактором для организации систематической самостоятельной работы, являющейся основой глубины и долговременности полученных знаний. Текущий контроль осуществляется на всех видах аудиторных занятий и на консультациях, чем создаются условия, при которых студент вынужден ритмично работать над изучением данного курса.

Организация текущего контроля строится на оценках знаний студентов по принятой в ТПУ рейтинговой системе. На лабораторных занятиях контроль проводится при допуске к выполнению лабораторной работы и при защите отчетов по выполненным работам. Методические указания к выполнению лабораторных работ, разработанные на кафедре ТОЭ, включают контрольные вопросы для допуска и защиты отчетов, по которым студенты до встречи с преподавателем могут проверить свои знания самостоятельно. Важность и необходимость для студентов посещения занятий также стимулируется рейтинговой оценкой.

Рубежный контроль осуществляется при выполнении контрольных работ, проводимых после изучения законченного раздела (модуля) курса.

Итоговой оценкой результатов изучения дисциплины является экзамен, который проводится как в традиционной форме, так и в электронной – с помощью специальной программы электронного экзаменатора.

5.1 Примеры вопросов текущего контроля по теме “Введение в теорию линейных электрических цепей”

5.1.1 Запишите уравнения взаимосвязи токов и напряжений на пассивных элементах электрической цепи.

5.1.2 Могут ли напряжение на емкости и ток в индуктивности иметь форму прямоугольных импульсов?

5.1.4 Каким должно быть напряжение, приложенное к емкостному элементу, чтобы вызвать в нем постоянный ток?

5.1.5 Определите комплексную амплитуду напряжения, изменяющегося по закону $u(t) = 5\sin(100t + 15^\circ)$ В.

5.1.6 Запишите закон изменения тока по действующему комплексному значению $\underline{I} = 0,707e^{j45^\circ}$ А.

5.1.7 Сформулируйте законы Кирхгофа и запишите их в комплексной форме.

5.1.8 Запишите законы Кирхгофа в матрично-топологической форме.

5.1.8 Сформулируйте правило записи узловых уравнений.

5.1.9 Сформулируйте правило записи контурных уравнений.

5.1.10 Запишите формулы, определяющие токи ветвей в методе эквивалентного генератора.



Пример задания для рубежного контроля

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ		1
1	<p>В цепи с известными параметрами $E = 100 \text{ В}$; $R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}$ найдите начальные условия: $u_C(0)$, $i_L(0)$, $i_C(0+)$</p>	
2	<p>В цепи с параметрами $J = 4 \text{ А}$; $R = 10 \text{ Ом}$; $L = 4/3 \text{ Гн}$; $C = 2,5 \text{ мФ}$ найдите ток в индуктивности классическим методом</p>	
3	<p>Найдите операторное изображение тока в емкости в форме $I(p) = \frac{A_0}{p + B_0}$ после замыкания ключа в цепи с параметрами $J = 1 \text{ А}$; $R = 1 \text{ кОм}$; $C = 1 \text{ мкФ}$</p>	
4	<p>Определите закон изменения входного тока двухполюсника с переходной проводимостью $h(t) = 0,5 - 0,5e^{-200t}$ См при воздействии одиночного сигнала экспоненциальной формы, указанного на рис.</p>	
5	<p>Определите коэффициенты матриц A и B уравнений состояния для цепи с параметрами $R = 1 \text{ Ом}$; $L = 1 \text{ Гн}$; $C = 1 \text{ Ф}$</p>	



Пример задания для итогового контроля

МО
Российской Федерации
Томский
политехнический
университет

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ____
по дисциплине
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
факультет АВТФ
курс 2, часть 2

1	Переходные процессы. Основные понятия и определения. Законы коммутации.	
2		Составьте уравнения для переменных состояния u_C и i_L в цепи с известными параметрами $R = 4 \text{ Ом}$, $L = 0,1 \text{ Гн}$, $C = 0,01 \text{ Ф}$
3		Определите ток в емкости операторным методом в цепи с параметрами $E = 10 \text{ В}$, $R = 5 \text{ Ом}$, $L = 2/3 \text{ Гн}$, $C = 0,005 \text{ Ф}$
4		<p>Определите статическое сопротивление нелинейного элемента в рабочей точке, если $J=80 \text{ мА}$, $E=8 \text{ В}$, $R=50 \text{ Ом}$.</p>
5		Определите показания приборов в цепи с лампой накаливания, вольт-амперная характеристика которой приведена в задаче 4, если $I_{вх} = 60 \text{ мА}$, $R = 100 \text{ Ом}$

Составил _____
Утверждаю: зав. кафедрой _____



6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

При выполнении лабораторных работ и работе с расчетно-графическими заданиями студенты широко используют вычислительную технику. На практических занятиях вычислительная техника используется при работе с автоматизированными учебными курсами в режимах самопроверки и контроля.

6.1 Перечень автоматизированных учебных курсов:

- 6.1.1 Введение в теорию электрических цепей.
- 6.1.2 Методы расчета электрических цепей.
- 6.1.3 Резонансные явления.
- 6.1.4 Цепи с несинусоидальными сигналами.
- 6.1.5 Расчет переходных процессов классическим методом.
- 6.1.6 Операторный метод расчета переходных процессов.
- 6.1.7 Интеграл Дюамеля.
- 6.1.8 Метод переменных состояния.
- 6.1.9 Нелинейные резистивные цепи.

Имеются методические материалы, плакаты и планшеты, помогающие студентам самостоятельно выполнять индивидуальные расчетно-графические задания. Кроме того, студентам предоставлена возможность работать с современными программными пакетами Mathcad и Workbench.

6.2 Перечень рекомендуемой литературы

Основная

- 1 Зевеке Г. В., Ионкин П. А. и др. Основы теории цепей. - М.: Энергоиздат, 1989. - 529 с.
- 2 Теоретические основы электротехники. т.1 /Под ред. П. А. Ионкина. - М.: Высш. шк., 1976. – 544 с.
- 3 Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. - М.: Высш. шк., 1990. – 396 с.
- 4 Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи.- М.: Высш. шк., 1986. – 351 с.
- 5 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи.- М.: Высш. шк., 1996. – 559 с.
- 6 Купцов А. М. Основы теории цепей. Томск: Изд. ТПУ, Ч.1, 2001. - 130 с., Ч.2, 2000.- 158 с.

Дополнительная

- 7 Новгородцев Б. М. 30 лекций по теории электрических цепей. - СПб.: Политехника, 1995. - 519 с.
- 8 Купцов А. М. Теоретические основы электротехники. Решения типовых задач. - Томск: Изд. ТПУ, Ч.1, 2003. - 155 с., Ч.2, 2001.- 139 с.



9. Купцов А. М. Электротехника с элементами энергосбережения.. -Томск: Изд. НТЛ, 2003. - 344 с.

10 Сборник задач и упражнений по теоретическим основам электротехники / Под ред. П. А. Ионкина -М.: Энергоиздат, 1982. - 768 с.

11 Плис А.И., Сливина Н.А. Mathcad 2000. Математический справочник для экономистов и инженеров. - М.: Финансы и статистика, 2000. – 656 с.

12 Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Workbench и ее применение. М.: Солон, 1999. -276 с.

13 Купцов А. М., Лисецкая М. Н., Носов Г. В. Теоретическая электротехника. Лабораторный практикум по теории линейных электрических цепей на измерительных комплексах "Луч". - Томск: Изд. ТПУ, 2003.- 57 с.

14 Купцов А. М., Лисецкая М. Н., Теоретическая электротехника. Сборник контрольных заданий с методическими указаниями. - Томск: Изд. ТПУ, 2002.- 64 с.