

ИНТЕРНАУКА
internauka.org

Касаткина Татьяна Игоревна

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕОРИИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ:
ОДИНОЧНЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ,
СВЯЗАННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ,
РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Учебное пособие

Москва
2020

УДК 621.373(075)

ББК 32.88

K280

Рецензенты:

Кузьменко Р.В. – д-р физ.–мат. наук, доцент, профессор кафедры радиоэлектронных устройств и систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»;

Москаленко А.Г. – канд. физ.–мат. наук, доцент, руководитель учебно-лабораторного центра физики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет».

ISBN 978-5-6044619-1-4

K280 «Решение задач по теории электрических цепей: одиночные колебательные контуры, связанные электрические цепи, расчет переходных процессов»: учебное пособие для студентов и слушателей технических специальностей / сост. Т.И. Касаткина: – Москва, Изд. «Интернаука», 2020. – 222 с.

В пособии изложен краткий теоретический материал по основополагающим разделам курса теории электрических цепей в виде основных определений, соотношений, положений и расчетных формул. В пособии рассматривается теоретический материал и представлены способы проведения расчетов по одиночным колебательным контурам, связанным электрическим цепям и расчету переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами. В каждой из глав представлено описание физических принципов и проведен анализ существующих методик решения задач с указанием рекомендаций по их наилучшему применению. Рассмотрены типовые задачи с подробными решениями и пояснениями. Пособие содержит теоретический и практический материал. Пособие предназначено для студентов и слушателей образовательных учреждений..

ББК 32.88

ISBN 978-5-6044619-1-4

© Касаткина Т.И., 2020
© ООО «Интернаука», 2020

СОДЕРЖАНИЕ:

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Введение | 6 |
| Глава 1. Одиночные колебательные контуры: основные положения, закономерности и соотношения | 10 |
| 1.1. Явление резонанса | 10 |
| 1.2. Резонанс напряжений | 10 |
| 1.3. Резонанс токов | 15 |
| 1.3.1. Резонанс токов в простом параллельном колебательном контуре | 15 |
| 1.3.2. Частные случаи резонанса токов в простом параллельном колебательном контуре | 16 |
| 1.3.3. Резонанс токов в сложном параллельном колебательном контуре | 21 |
| Методика решения заданий к главе 1. | 24 |
| Задания для самостоятельного решения к главе 1. | 65 |
| Глава 2. Связанные электрические цепи | 90 |
| 2.1. Схемные признаки связи | 90 |
| 2.2. Цепи с взаимной индуктивностью | 91 |
| 2.3. Последовательное соединение двух индуктивно связанных катушек | 92 |
| 2.4. Параллельное соединение двух индуктивно связанных катушек | 92 |
| 2.5. Составление уравнений по второму закону Кирхгофа для двух связанных индуктивно контуров | 93 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.6. Развязка индуктивных связей | 95 |
| 2.7. Расчет индуктивно связанных колебательных контуров | 95 |
| 2.8. Расчет связанных контуров в условиях резонанса | 97 |
| 2.9. Определение резонансных характеристик связанных контуров | 99 |
| 2.10. Энергетические соотношения для индуктивно связанных контуров | 103 |
| 2.11. Расчет трансформатора с ферромагнитным сердечником | 104 |
| Методика решения заданий к главе 2. | 106 |
| Задания для самостоятельного решения к главе 2. | 145 |
| Глава 3. Расчет переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами | 150 |
| 3.1. Классический метод расчета переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами . | 150 |
| 3.1.1. Определение тока или напряжения | 151 |
| 3.1.2. Определение свободного тока | 152 |
| 3.1.3. Составление характеристического уравнения .. | 152 |
| 3.1.4. Определение свободного тока с учетом значения корней характеристического уравнения | 152 |
| 3.1.5. Выбор начальных условий | 153 |
| 3.1.6. Определение констант интегрирования | 154 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2. Классификация возможных решений переходного процесса для электрических цепей первого и второго порядка | 155 |
| 3.3. Определение единичной ступенчатой функции и единичной импульсной функции | 155 |
| 3.4. Определение переходных характеристик электрической цепи | 160 |
| 3.5. Вычисление интеграла Дюамеля | 162 |
| 3.6. Импульсная переходная характеристика и связь импульсной и переходной характеристик | 165 |
| 3.7. Операторный метод расчета переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами | 165 |
| 3.8. Свойства электрической цепи при ненулевых начальных условиях | 169 |
| Методика решения заданий к главе 3. | 171 |
| Задания для самостоятельного решения к главе 3. | 209 |
| Заключение..... | 217 |
| Список использованной литературы | 218 |

ВВЕДЕНИЕ

Потребности в совершенствовании телекоммуникационных и радиотехнических устройств ставят перед студентами и слушателями, занимающимися их разработкой и эксплуатацией, необходимость непрерывного саморазвития за счет изучения огромного количества технической информации, развития навыков проведения расчетов и анализа. Такие родственные дисциплины, как «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей» являются основополагающими дисциплинами, на базе которых осуществляется процесс построения материала ряда специальных дисциплин, занимающимися вопросами разработки и эксплуатации телекоммуникационных и радиотехнических устройств. В свою очередь, дисциплины «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей» базируются на итоговых знаниях, навыках и умениях, полученных обучающимися по результатам изучения предыдущих курсов и дисциплин области связи, телекоммуникационных технологий, электронной и радиотехники. Дисциплины «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей» базируются на знаниях, полученных в таких курсах, как «Физика», «Математический анализ» и «Математика». Данный курс представляет собой важное звено в обучении и подготовке высококвалифицированных специалистов, инженеров и бакалавров, изучающих современные разработки и изобретения в области телекоммуникационных систем и радиотехнических устройств связи. Успех процесса изучения, которых, в свою очередь, невозможен без понимания глубинных процессов, протекающих в электрических устройствах. Дисциплины «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей» расположены на стыке различных наук, и представляют собой интеграцию нескольких областей знаний, разделов физики, а также навыков применения математического аппарата.

В настоящем пособии рассмотрен краткий теоретический материал по ряду основополагающих разделов дисциплин «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей» в виде основных определений, соотношений, положений и расчетных формул. Рассмотрены типовые задачи по каждому разделу с подробными решениями и пояснениями. В пособии рассматриваются одиночные колебательные контуры, связанные электрические цепи. Представлены способы проведения расчетов переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами. Настоящее учебное пособие является логическим продолжением материала и второй частью курса, изложенного в учебном пособии «Решение задач по теории электрических цепей: основные методы расчета линейных цепей. Трехфазные цепи».

Целью учебного пособия служит стремление научить подбирать оптимальный способ решения электротехнических задач и выстроить обучение на основе принципа сравнения и наилучшего выбора. В каждой главе пособия приведены основные расчетные соотношения, рекомендуемые к использованию на практике. В каждой из глав представлено описание физических принципов и проведен анализ существующих методик решения задач с указанием рекомендаций по их наилучшему применению. Также приведены основные схемы, с пояснениями реализующихся в них процессов и описанием их предназначения.

Потребность написания данного пособия возникла в результате анализа существующей современной литературы в данной отрасли. Большинство существующих курсов, охватывающие дисциплины «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей» [2-4, 8, 10-11, 14, 16, 19-30], предполагают наличие большого количества теоретического материала без ориентации на практическое применение обучающимся полученных знаний. Целью настоящего пособия является стремление заложить навыки, необходимые обучающимся для понимания тонкостей аспектов работы электронных и технических устройств и приборов, во всем многообразии их схемных реализаций и формул для их расчетов. Учебное пособие задумывалось автором в качестве практического руководства к решению задач, ориентированного на рассмотрение различных аспектов и практического применения теоретических знаний и нацелено на обучение основам дисциплин обучающихся, с самым различным уровнем знаний. Каждый тип заданий рассмотрен с подробными пояснениями и схемами. А задания для самостоятельного решения призваны закрепить у обучающегося полученные навыки и умения, а также дать возможность провести самостоятельное исследование и развить аналитические способности.

Материал настоящего учебного пособия скомпонован таким образом, что каждая последующая глава является логическим продолжением предыдущих, и охватывает один из основополагающих разделов дисциплин «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей». Пособие состоит из трех глав, содержит краткий теоретический материал, большое количество примеров решения заданий, приведенных к каждой из глав с подробными пояснениями и рассчитанных для обучения студентов на практике, а также задания, приведенные для дальнейшего оттачивания обучающимися практических навыков решения наиболее часто встречающихся на практике технических проблем, а также самоконтроля уровня усвоения материала.

Первая глава посвящена рассмотрению одиночных колебательных контуров. В ней представлены основные положения, законы и соотношения, справедливые для одиночных колебательных контуров. Знания и навыки, полученные по изучению данной главы, позволят обучающимся научиться понимать явление резонанса и производить расчет резонанса напряжений, и резонансов токов в случаях простого и сложного параллельного колебательного контура.

Вторая глава знакомит обучающихся со связанными электрическими цепями. По результатам изучения настоящей главы обучающиеся получат знания и навыки работы с цепями с взаимной индуктивностью. Научатся составлению уравнений по второму закону Кирхгофа для двух связанных индуктивно контуров, осуществлять развязку индуктивных связей, производить расчет индуктивно связанных колебательных контуров и связанных контуров в условиях резонанса. Также данная глава познакомит обучающихся с энергетическими соотношениями для индуктивно связанных контуров и научит проводить расчеты трансформаторов с ферромагнитным сердечником.

Третья глава пособия посвящена методам расчета переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами. В ней читатель найдет объяснения принципов расчета переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами классическим методом и операторным методом расчета. По результатам изучения настоящей главы обучающиеся получат знания и навыки по определению свободного тока, составлению характеристического уравнения, выбору начальных условий и определению констант интегрирования для классического метода расчета переходных процессов. Обучающиеся научатся грамотно осуществлять классификацию возможных решений переходного процесса для электрических цепей первого и второго порядка. Также по результатам изучения настоящей главы обучающимися будут получены навыки вычисления интеграла Дюамеля, и определения импульсных переходных характеристик. Знания и навыки, полученные по изучению данной главы, позволят обучающимся освоить и применять в дальнейшей своей деятельности операторный метод расчета переходных процессов в электрических цепях с сосредоточенными параметрами.

Для развития умения применять на практике вопросы теории и для способствования лучшему усвоению и закреплению материала, изложенный теоретический материал после каждой главы сопровождается примерами решения заданий и заданиями для самостоятельного решения. Их целью служит ориентирование обучающихся на необходимость проведения анализа изученного материала и побуждение к обдумыванию и сравнению полученной информации.

Учебное пособие «Решение задач по теории электрических цепей: одиночные колебательные контуры, связанные электрические цепи, расчет переходных процессов» предназначается для студентов и слушателей, обучающихся по специальностям 10.05.02 Информационная безопасность телекоммуникационных систем; 11.05.04 Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи, и направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, которые изучают соответственно дисциплины «Теория электрических цепей» и «Основы теории цепей». Однако оно без ограничений также может быть использовано обучающимися других специальностей и направлений подготовки, изучающих данные дисциплины, а также смежные дисциплины.

Учебное пособие

Касаткина Татьяна Игоревна

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТЕОРИИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ:
ОДИНОЧНЫЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ,
СВЯЗАННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ,
РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Подписано в печать 27.06.2020. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 13,875. Тираж 550 экз.

Издательство «Интернаука»
125424, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 108, цокольный этаж,
помещение VIII, комн. 4, офис 33
E-mail: mail@internauka.org

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии Allprint
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3