

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов, обучающихся по направлению
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Составитель Л.К. Бурулько

Семестр	1	2
Кредиты		2
Лекции, часов	2	4
Лабораторные занятия, часов		6
Самостоятельная работа, часов		60
Индивидуальное задание		№ 1
Формы контроля		зачет

Издательство
Томского политехнического университета
2016

УДК 681.3:06

Программные средства профессиональной деятельности: метод. указ. и индивид. задания для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / сост. Л.К. Бурулько; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 50 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры электропривода и электрооборудования «___» _____ 2016 г., протокол № ____.

Зав. кафедрой ЭПЭО,
доцент, кандидат техн. наук _____ Ю.Н. Дементьев

Аннотация

Методические указания и индивидуальные домашние задания по дисциплине «Программные средства профессиональной деятельности» предназначены для студента, обучающегося по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указан перечень лабораторных работ. Приведены варианты индивидуального домашнего задания. Даны методические указания по выполнению индивидуального домашнего задания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	6
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	13
3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме	13
3.2. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением ДОТ	14
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ.....	16
4.1. Общие методические указания.....	16
4.1.1. Требования к оформлению ИДЗ	16
4.2. Варианты ИДЗ и методические указания.....	18
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ.....	35
5.1. Вопросы для подготовки к зачету.....	35
5.2. Образец зачетного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме	37
5.3. Образцы вопросов зачетного билета для студентов, изучающих дисциплину дистанционно.....	38
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	40
6.1. Литература обязательная	40
6.2. Литература дополнительная	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.	42
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.	46
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.	48

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Программные средства профессиональной деятельности» относится к вариативной части междисциплинарного профессионального модуля. При изучении дисциплины студенты знакомятся с принципами компьютерного моделирования электромеханического и электрического оборудования с помощью прикладных программных пакетов.

Для полноценного усвоения дисциплины большое значение имеют знания, умения, навыки и компетенции, приобретенные студентами при изучении следующих дисциплин (пререквизиты): «Информатика 1.1», «Физика 1.1», «Начертательная геометрия и инженерная графика 1.3», «Математика 1.1»

Содержание дисциплины «Программные средства профессиональной деятельности» согласовано с содержанием изучаемых параллельно разделов дисциплин (корреквизиты): «Физика 2.1», «Математика 1.1». «Начертательная геометрия и инженерная графика 2.3».

После успешного освоения дисциплины «Программные средства профессиональной деятельности» студент должен

знать:

- назначения и принципы работы типовых стандартных приборов, устройств и аппаратов систем электрооборудования и электрохозяйства предприятий, организаций и учреждений, программные средства, используемые при эксплуатации и экспериментальных исследованиях данных систем;

- основные способы выработки электроэнергии; технологии производства электроэнергии на тепловых, атомных, гидравлических, ветряных электростанциях; нетрадиционные и возобновляемые источники электроэнергии;

- технологические процессы производств электротехнической отрасли, связанных с особенностью работы электрооборудования промышленных установок на предприятиях и в организациях электротехнической промышленности;

- основные принципы организации систем электрооборудования производства, их структуру, методы оценки эффективности таких систем;

уметь:

- выявлять физическую сущность явлений и процессов в системах электрооборудования общепромышленных установках и выполнять простые технические расчеты; объяснять характер процессов и зависи-

мостей и оценивать показатели качества и энергоэффективность установок;

- рассчитывать основные характеристики элементов электрооборудования промышленных предприятий;

- использовать методы анализа, моделирования и расчетов режимов электротехнических установок и электропривода с использованием современных компьютерных технологий и специализированных программ;

владеть:

- методами математического и физического моделирования основных режимов, работы электрооборудования общепромышленных установок различного назначения;

- навыками проектирования электрооборудования типовых промышленных установок, микропроцессорных систем управления, аппаратов автоматики, управления и защиты;

- методами и инструментами практической инженерной деятельности при решении задач в области типового промышленного электрооборудования.

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Введение

Цель и основное содержание дисциплины. Применение компьютера и его сочетаемость с содержанием, формами и методами обучения при использовании прикладных программных пакетов.

Рекомендуемая литература: [1, введение], [2, введение], [3, введение], [4, введение].

Методические указания

Обратить внимание на понятия *«компьютерная грамотность»*, *«прикладные программные пакеты»*, *«функциональное, алгоритмическое, конструкторское и технологическое проектирование»*.

Обратите внимание на то, что с развитием информационных технологий, возрастает необходимость в повышении компьютерной грамотности в обществе в целом. Обратите внимание так же на то, что компьютерная грамотность на начальном этапе определяется стандартным программным обеспечением персонального компьютера.

Обратить внимание на то, что все многообразие возникающих задач при расчете и проектирование отдельных устройств и систем в целом, при анализе процессов в системах, при оптимизации устройств и систем и их синтезу, решаются с помощью метода математического моделирования.

Обратите внимание на определение метода математического моделирования как современного метода познания.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Укажите основные направления в развитии информационных технологий.
2. Приведите примеры автоматизации профессиональной деятельности с применением компьютерных технологий.
3. Приведите определения для таких понятий: расчет и проектирование; анализ, оптимизация, синтез.
4. Дайте определение понятию компьютерная грамотность
5. Определите для себя, что такое функциональное проектирование.
6. Определите для себя, что такое алгоритмическое проектирование.
7. Определите для себя, что такое конструкторское проектирование.
8. Определите для себя, что такое технологическое проектирование.

Тема 2. Программные средства

Программное обеспечение. Прикладное программное обеспечение. Математическое моделирование и пакеты прикладных программ.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 1], [2, гл. 1].

Методические указания

Обратить внимание на понятия *системное программное обеспечение, прикладное* и *инструментальное*. Определите, чем отличаются сервисное обеспечение от прикладного программного обеспечения. Разберитесь с архитектурой формирования системного сервисного программного обеспечения. Разберитесь с архитектурой прикладных программных пакетов. Определите для себя основные этапы разработки пользовательских программ при использовании прикладного программного обеспечения. Узнайте, каковы особенности математического моделирования в прикладных программных пакетах.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что понимают под системным программным обеспечением?
2. Что понимают под прикладным программным обеспечением?
3. Какие методы моделированием знаете?
4. Дайте определение математической модели.
5. Что представляет собой метод математического моделирования?
6. Какие характерные черты отличий можете отметить у системного сервисного и прикладного программного обеспечения?
7. Какова общая структура формирования математических моделей в прикладных программных пакетах?
8. Перечислите основные элементы программного обеспечения, входящие в ядро прикладного программного пакета.

Тема 3. Прикладные программные пакеты схемотехнического моделирования

Интерфейс программ схемотехнического моделирования. Основные этапы создания схем и виртуальных установок в программных пакетах схемотехнического моделирования. Выбор, подключение и настройка контрольно-измерительных приборов. Решение типовых электротехнических задач. Проверка основных теоретических положений электротехники с помощью программ схемотехнического моделирования. Моделирование типовых электрических и электронных устройств.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 2], [2, гл. 2], [3, гл. 2].

Методические указания

Необходимо иметь четкое представление о методе схемотехнического моделирования и его особенностях. Обратите внимание на создание виртуальных лабораторий в программах схемотехнического моделирования. Определите для себя возможности для решения электротехнических задач и исследования процессов в электрических установках при использовании прикладных программных пакетов схемотехнического моделирования. Особое внимание необходимо уделить при формировании виртуальных лабораторий настройке и подключению контрольно-измерительных приборов. Обратите внимание на создание схем для исследования переходных процессов в электрических цепях в *Electronics Workbench*.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что представляет собой интерфейс *Electronics Workbench*?
2. Перечислите основные особенности подключения и настройки контрольно-измерительных приборов.
3. Охарактеризуйте структурное построение схем и установок виртуальных установок в *Electronics Workbench*.
4. Как осуществляются присваивание элементам условные обозначения и установка параметров?
5. Как определяется фазовый сдвиг между гармоническими временными функциями на осциллограммах?
6. Как подключают амперметры и вольтметры в цепях переменного и постоянного тока?
7. Какие особенности подключения и настройки характерны для осциллографа в *Electronics Workbench*?
8. Охарактеризуйте коммутационные ключи системы *Electronics Workbench*.

Тема 4. Применение прикладного программного пакета *MathCAD*

Интерфейс программы *MathCAD*. Решение типовых электротехнических задач в *MathCAD*. Расчет и анализ стационарных режимов работы электрических цепей постоянного тока. Расчет характеристик эквивалентного генератора. Расчет и анализ стационарных режимов в цепях переменного тока. Расчет и анализ динамических режимов работы. Метод комплексных амплитуд. Символьные вычисления в системе *MathCAD*.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 3], [2, гл. 3], [3, разд. 2], [4, разд. 2].

Методические указания

При изучении этой темы необходимо уяснить, как реализуются методы расчета статических и динамических режимов электрических цепей постоянного и переменного тока в *MathCAD*. Разберитесь, в каком случае, какие режимы работы описывают системами алгебраических и дифференциальных уравнений. Как формируются пользовательские программы и математические модели в *MathCAD*.

Особое внимание должно быть уделено рассмотрению методов расчета специальных характеристик источников и приемников электрической энергии. Реализация этих методов расчета в *MathCAD*. Разберитесь с особенностями использования преобразований Лапласа в *MathCAD*.

Рекомендуется тщательно разобраться с символьными вычислениями системы *MathCAD*. Разберитесь, какие встроенные в систему *MathCAD* операторы и функции используют в символьных вычислениях.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте характеристику интерфейсу программы *MathCAD*.
2. Приведите алгоритм разработки математических моделей в *MathCAD*.
3. Приведите пример численного решения дифференциальных уравнений в *MathCAD*.
4. Приведите примеры использования матричной алгебры при решении электротехнических задач в *MathCAD*.
5. Приведите примеры символьных вычислений с использованием встроенных операторов пакета *MathCAD*.
6. Приведите примеры расчета характеристических уравнений с помощью функций *root*, *polyroot* и процедурой *solve*.
7. Как решаются задачи получения и анализа переходных характеристик в *MathCAD*?
8. Охарактеризуйте построение и анализ частотных характеристик в *MathCAD*.

Тема 5. Решение электротехнических задач в программе *Microsoft Excel*

Интерфейс программы *Excel*. Применение функций *Excel* в электротехнических расчетах. Решение типовых электротехнических задач.

Расчет электрической цепи постоянного тока. Расчет электрической цепи переменного тока. Анализ и расчет электротехнических устройств в программе *Excel*. Расчет электротехнических устройств в *Excel*.

Численное решение задач в *Excel*. Анализ динамики электротехнических устройств в программе *Excel*.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 4], [2, гл. 3], [3, разд. 2], [4, разд. 3].

Методические указания

При изучении данной темы необходимо понять, как в редакторе электронных таблиц *Excel* осуществляется математическая обработка и визуализация числовых массивов данных, т. е. формируется база данных. Необходимо также изучить как с помощью формул, которые являются основным средством анализа и обработки данные, осуществляется обработка информации в таблицах. Обратить особое внимание на обработку содержимого ячеек в строке формул и порядок выполнения вычислений. Необходимо особо разобраться с графическим редактором *Excel*. Разобраться с особенностями работы со встроенными функциями *Excel*.

Следует также ознакомиться с методами расчета электрических цепей с помощью встроенных функций и представления результатов с помощью графического редактора.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте характеристику интерфейсу программы *Excel*.
2. Объясните принцип работы со строкой формул.
3. Как определяется категория встроенных функций в *Excel*?
4. Назовите последовательность построения графиков (диаграмм) в программе *Excel*.
5. Какие категории функций используют в *Excel*?
6. Поясните порядок работы с окном «Мастер функций».
7. Назовите этапы создания пользовательской программы в *Excel*.
8. Охарактеризуйте порядок построения графика функции в *Excel*.

Тема 6. Визуальное моделирование в прикладном программном пакете *MATLAB/SIMULINK*

Интерфейс пакета *MATLAB/Simulink*. Операционная среда *Simulink*. Создание моделей. Решение электротехнических задач. Исследование электротехнических устройств. Вывод передаточных функций электрических схем и разработка структурных схем.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 5], [2, гл. 5], [3, разд. 3], [5, разд. 2].

Методические указания

При изучении этой темы основное внимание должно быть уделено операционной среде *Simulink*, разработке и созданию в этой среде математических моделей. Особенности виртуальных моделей в среде *Simulink*. Разработка структурных моделей в среде *Simulink*. Обратите внимание на особенности графического редактора пакета *MATLAB/Simulink*.

Необходимо особое внимание уделить решению электротехнических задач с помощью элементов и блоков библиотеки пакета *MATLAB/Simulink*. Рекомендуется разработать модель, содержащую источник питания и исполнительный элемент (электрический двигатель) и вывести на осциллограф в виде временных зависимостей тока, электромагнитного момента, частоты вращения вала, потокосцеплений и напряжения питания.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Отметьте особенности работы с интерфейсом пакета *MATLAB/Simulink*.
2. Перечислите основные этапы разработки пользовательских программ в пакете *MATLAB/Simulink*.
3. Что представляют собой основная библиотека *Simulink* и ее разделы?
4. Назовите особенности настройки контрольно-измерительных приборов в пакете *MATLAB/Simulink*.
5. Какие методы расчета и моделирования можно реализовать в пакете *MATLAB/Simulink*?
6. Каково назначение и содержание линейных блоков *MATLAB/Simulink*?
7. В чем заключаются особенности блока *Subsystems*?
8. Приведите пример модели с блоком передаточной функции.

Тема 7. Моделирование полевых задач в программе *ELCUT*

Интерфейс пакета *ELCUT*. Области применения. Основные принципы работы и разработки моделей для решения полевых задач в пакете *ELCUT*. Модель для расчета электростатического поля.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 6], [2, гл. 6], [3, разд. 5], [5, разд. 4].

Методические указания

Разобраться с основами математического описания электромагнитных полей. Разобраться с физическим толкованием уравнений Максвелла. Разобраться с существующими методами расчета полевых задач с использованием компьютера.

При изучении этой темы особое внимание следует уделить алгоритму (последовательности шагов) при разработке модели и решение новой задачи в *ELCUT*. Особое внимание следует уделить тому, как формируются граничные условия, физические свойства и рабочее пространство при решении полевых задач. Разобраться с понятиями изолинии и векторными полями напряженности и плотности энергии. Обратите внимание на понятие ток проводимости и ток смещения.

Применение *ELCUT* в промышленности, научных исследованиях и образовании.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Зачем используют при решении полевых задач и разработке моделей в *ELCUT* два типа сеток?
2. Зачем ограничивают рабочее пространство при моделировании полевых задач в *ELCUT*?
3. Зачем необходимы метки при разработке модели?
4. Зачем строят сетку в области расчета перед расчетом физического поля?
5. Какие методы расчета электромагнитных полей известны? Дайте им характеристику.
6. Запишите основные уравнения Максвелла и приведите их физическое толкование.
7. Какими топологическими и компонентными уравнениями описывают магнитное поле?
8. Какими топологическими и компонентными уравнениями описывают электрическое поле?

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

Лабораторный практикум является составной частью учебного процесса по данной дисциплине. Лабораторные работы призваны закрепить теоретические знания по изучаемому курсу.

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Студенты классической формы обучения выполняют лабораторные работы во время сессии. Студенты выполняют 3 лабораторные работы из 5 по заданию преподавателя.

Для каждой работы предусмотрены методические указания по ее выполнению, контрольные вопросы и требования к оформлению отчета.

В тематике лабораторных работ возможны изменения. Окончательный список тем приведен в Календаре обучения студента и в Текущем контроле на сайте ИнЭО.

Лабораторная работа № 1. Моделирование в *Elektronics Workbench* (2 часа)

Цель работы:

- создать виртуальные лабораторные установки в среде *EWB*;
- провести исследования с помощью виртуальных лабораторных установок;
- определить и проанализировать частотные и временные характеристики электрических цепей.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 2], [2, гл. 2].

Лабораторная работа № 2. Применение прикладного программного пакета *MathCAD* (2 часа)

Цель работы: Расчет и исследование статических и динамических характеристик электрических цепей.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 3], [2, гл. 3], [4, разд. 2].

Лабораторная работа № 3.
Применение программы *Microsoft Excel*
для решения электротехнических задач (2 часа)

Цель работы: Получить практические навыки решения электротехнических задач в программе *Excel*.

Рекомендуемая литература: [2, гл. 4], [4, разд. 3], [6, разд. 3].

Лабораторная работа № 4.
Применение прикладного
программного пакета *MATLAB/Simulink* (2 часа)

Цель работы: Моделирование электрических устройств в *MATLAB/Simulink* и исследование процессов и характеристик в линейных электрических цепях.

Рекомендуемая литература: [2, гл. 3], [3, гл. 3], [6, разд. 2].

Лабораторная работа № 5.
Применение прикладного
программного пакета *ELCUT* (2 часа)

Цель практикума обучить студентов использованию среду моделирования *ELCUT* для расчета электростатического поля.

Рекомендуемая литература: [2, гл. 6], [3, разд. 3], [4, разд. 3].

3.2. Перечень лабораторных работ для студентов,
изучающих дисциплину с применением ДОТ

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ).

Технология передачи выполненных лабораторных работ на проверку представлена на сайте ИнЭО (раздел «Студенту → Текущий контроль (проверка заданий и работ»)).

В тематике лабораторных работ возможны изменения. Окончательный список тем приведен в Календаре обучения и в Текущем контроле на сайте ИнЭО.

Лабораторные работы выполняются виртуально с использованием прикладных программных продуктов, расположенных на сайте ИнЭО: *Electronics Workbench* (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu/students/program>), *MathCAD* (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu/students/program>), а также про-

граммный продукт *ELCUT* (студенческая версия), расположенный на сайте http://elcut.ru/free_soft_r.htm.

Необходимо перейти по указанным ссылкам и следовать инструкциям по установке.

Лабораторная работа № 1. Моделирование в *Elektronics Workbench* (2 часа)

Цель работы:

- создать виртуальные лабораторные установки в среде *EWB*;
- провести исследования с помощью виртуальных лабораторных установок;
- определить и проанализировать частотные и временные характеристики электрических цепей.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 2], [2, гл. 2].

Лабораторная работа № 2. Применение прикладного программного пакета *MathCAD* (2 часа)

Цель работы: Расчет и исследование статических и динамических характеристик электрических цепей.

Рекомендуемая литература: [1, гл. 3], [2, гл. 3], [4, разд. 2].

Лабораторная работа № 3. Применение прикладного программного пакета *ELCUT* (2 часа)

Цель практикума обучить студентов использованию среду моделирования *ELCUT* для расчета электростатического поля.

Рекомендуемая литература: [2, гл. 6], [3, разд. 3], [4, разд. 3].

4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение одного индивидуального домашнего задания (ИДЗ) на тему «Расчет и исследование процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока».

При выполнении индивидуального задания студентам необходимо выполнить расчеты электрических цепей постоянного и переменного тока и исследовать резонансные явления в электрических цепях переменного тока.

Индивидуальное задание содержит четыре задачи, а именно:

Задача 1. Расчет и определение сопротивления цепи постоянного тока.

Задача 2. Преобразование треугольника в звезду и звезды в треугольник.

Задача 3. Исследование и расчет разветвленной электрической цепи.

Задача 4. Исследование и расчет электрических цепей переменного тока.

Все расчеты и исследования необходимо провести с использованием программы схемотехнического моделирования *Electronics Workbench* и системы *MathCAD*.

Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Если образуемое ими число больше 30, то следует взять сумму этих цифр. Например, если номер зачетной книжки Д-5А51/11, то номер варианта задания равен 11. Если номер зачетной книжки З-5А51/34, то номер варианта задания (3+4) равен 7.

4.1.1. Требования к оформлению ИДЗ

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования.

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр. **Образец оформления и шаблон титульного листа** размещены на сайте ИнЭО в разделе **СТУДЕНТУ** → **ДОКУМЕНТЫ** (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu>).

2. Индивидуальное домашнее задание оформляется отдельным файлом.

3. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт – Times New Roman, размер 12–14 pt, для набора формул рекомендуется использовать редактор формул Microsoft Equation или MathType.

4. Пользовательская программа (модель) выполняется с использованием системы *MathCAD*, а также с использованием программы схемотехнического моделирования *Electronics Workbench*.

5. При оформлении отчета следует придерживаться той последовательности изложения материала, которая указана в заданиях.

6. Все расчеты должны быть подробными, с включением промежуточных расчётов и указанием использованных формул.

7. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.

8. В задание включается список использованной литературы.

Технология передачи выполненных работ (ИДЗ, лабораторных, курсовых работ и проектов) на проверку представлена на сайте ИнЭО (раздел «Студенту → Текущий контроль (проверка заданий и работ»)).

Студенты всех форм обучения размещают свои работы на портале ИнЭО, отправляя ИДЗ преподавателю, который закреплен за данной группой. ИДЗ должно быть представлено в электронном виде, в формате документа (файла) текстового процессора Microsoft Word.

Студенты, обучающиеся по классической заочной форме (КЗФ): отправляют ИДЗ на проверку и получают рецензию; защита ИДЗ, оформленного в виде твердой копии, проходит во время сессии; к этому времени нужно исправить все замечания, указанные в рецензии. Студент, не получивший положительной рецензии на защите ИДЗ, не допускается к сдаче зачета по данной дисциплине.

Студенты, обучающиеся с использованием дистанционных образовательных технологий (ДОТ): отправляют ИДЗ на проверку, и, в обязательном порядке, получают рецензию на ИДЗ. Правильно выполненные работы студенту не возвращаются. При наличии ошибок в ИДЗ, указанных в рецензии, студент должен их исправить и вновь выслать работу на повторное рецензирование. Студент, не получивший положительной рецензии на ИДЗ, не допускается к сдаче зачета по данной дисциплине.

Если работа не соответствует требованиям, студент получает оценку «не зачтено». В этом случае работа должна быть исправлена и повторно предоставлена преподавателю. При доработке необходимо включить в текст дополнительные вопросы, полученные после проверки работы преподавателем, и ответы на эти вопросы.

4.2. Варианты ИДЗ и методические указания

Задача 1. Расчет и определение сопротивления цепи постоянного тока.

Варианты для задачи 1

Принципиальные схемы для расчета приведены в табл. 1, варианты номинальных значения сопротивлений в табл. 2.

Таблица 1

Принципиальные схемы

№ схемы	Рисунок	№ схемы	Рисунок
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

Таблица 2

Номинальные значения сопротивлений, Ом

Вариант	Схема	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
1	1	5	5	10	15	25	10	10	7
2	2	50	7	5	5	1000	500	10	10
3	3	1000	1000	7	7	100	10	5	5
4	4	7	70	170	15	5	5	5	8
5	5	1500	1000	20	250	20	50	75	1000
6	6	75	75	75	150	5	10	5	8
7	7	600	750	150	10	5	5	8	8
8	8	200	200	400	5	1500	10	1500	100
9	9	10	8	75	75	10	8	50	10
10	10	200	200	400	5	1500	10	1500	100
11	3	1500	1000	20	250	20	50	75	1000
12	4	20	30	5	7	8	50	50	100
13	5	5	5	10	15	25	10	10	7
14	6	50	7	5	5	1000	500	10	10
15	7	1000	1000	7	7	100	10	5	5
16	8	20	20	120	100	50	75	75	75
17	9	100	1000	300	30	30	5	15	8
18	10	10	7	7	5	15	100	10	10
19	1	50	7	5	5	1000	500	10	10
20	2	10	8	75	75	10	8	50	10
21	5	600	750	150	10	5	5	8	8
22	6	300	30	30	100	100	120	10	120
23	7	7	10	30	30	120	150	5	5
24	8	5	10	10	70	50	10	5	7
25	1	300	30	30	100	100	120	10	120
26	2	150	10	10	15	150	500	50	10
27	3	500	100	200	250	50	50	75	100
28	4	100	50	15	10	5	5	100	20
29	5	5	7	7	10	10	50	15	10
30	6	2000	500	300	1500	250	1500	500	300

Ход выполнения работы:

1. Определить исходные данные для расчета схемы соединений, номиналы резисторов.

2. Выполнить расчет с использованием формул преобразования, правильно определяя вид соединения (параллельное или последовательное). Критерием определения вида соединения служит не параллельное или последовательное расположение резисторов, а наличие или отсутствие разветвлений при протекании тока.

3. Собрать исследуемую схему в программе *EWB*, задав необходимые параметры входящим в схему резисторам.

4. Добавить на рабочее поле мультиметр, перевести его в режим измерения сопротивлений, убедиться, что мультиметр установлен в режим постоянного тока, выполнить измерение сопротивления.

5. Занести результаты расчета и измерений в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследований

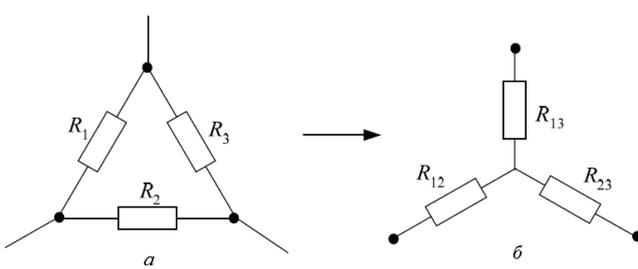
Результаты расчета сопротивления цепи	Результаты измерения сопротивления цепи

Задача 2. Преобразование треугольника в звезду и звезды в треугольник.

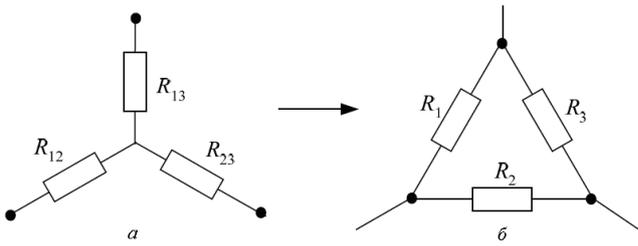
Варианты для задачи 2

Принципиальные схемы для расчета и варианты номинальных значения сопротивлений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Вариант	Схема	Параметры		
		R1	R2	R3
1		5	5	5
2		10	15	25
3		4	4	7
4		4	4	4
5		10	10	10
6		5	15	7
7		7	7	7
8		4	10	7
9		5	5	10
10		6	6	6
11		7	7	7
12		8	8	8
13		9	9	9
14		10	10	10
15		11	11	11
16		12	12	12
17		13	13	13
18		14	14	14
19		15	15	15
20		16	16	16
21		25	10	15

Окончание таблицы 4

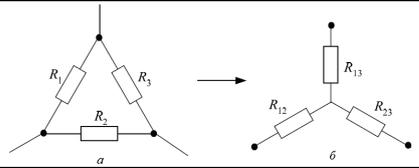
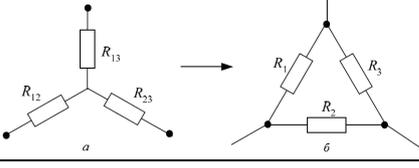
Вариант	Схема	Параметры		
		$R1$	$R2$	$R3$
22		7	4	4
23		15	5	7
24		7	10	4
25		10	5	5
26		10	25	15
27		10	4	7
28		15	7	5
29		10	4	7
30		5	10	5
Вариант		схема	$R12$	$R13$
1		5	5	5
2		10	15	25
3		4	4	7
4		4	4	4
5		10	10	10
6		5	15	7
7		7	7	7
8		4	10	7
9		5	5	10
10		6	6	6
11		7	7	7
12		8	8	8
13		9	9	9
14		10	10	10
15		11	11	11
16		12	12	12
17		13	13	13
18		14	14	14
19		15	15	15
20		16	16	16
21		25	10	15
22		7	4	4
23		15	5	7
24		7	10	4
25		10	5	5
26		10	25	15
27		10	4	7
28		15	7	5
29		10	4	7
30		5	10	5

Ход выполнения работы:

1. Определить исходные данные для расчета схем соединений звездой и треугольником, номиналы резисторов.
2. Выполнить расчет с использованием формул преобразования, для эквивалентной звезды и эквивалентного треугольника.
3. Собрать исследуемые схемы в программе *EWB*, задав необходимые параметры входящим в схему резисторам.
4. Добавить на рабочее поле мультиметр, перевести его в режим измерения сопротивлений, убедиться, что мультиметр установлен в режим постоянного тока, выполнить измерение сопротивлений эквивалентной звезды и эквивалентного треугольника.
5. Занести результаты расчета и измерений в табл. 5.

Таблица 5

Результаты исследований

Исследуемые схемы	Результаты расчета эквивалентных сопротивлений	Результаты измерения сопротивлений
		
		

Методические указания к задаче 2

В ряде случаев соединения сопротивлений не подчиняются правилу параллельного соединения или последовательного и имеют вид следующих схем рис. 1. и 2. Где на рис. 1, *а* сопротивления соединены в схему треугольник, а на рис. 1 *б* соединены схемой звезда. На рис. 2, *а* сопротивления соединены в схему звезда и осуществляется преобразование ее в треугольник рис. 2, *б*.

В таких случаях могут быть полезными правила преобразования треугольника в эквивалентную звезду или наоборот, звезды в треугольник. При таких преобразованиях общая схема соединения элементов приобретает более простой вид, что существенно упрощает расчет новой преобразованной схемы.

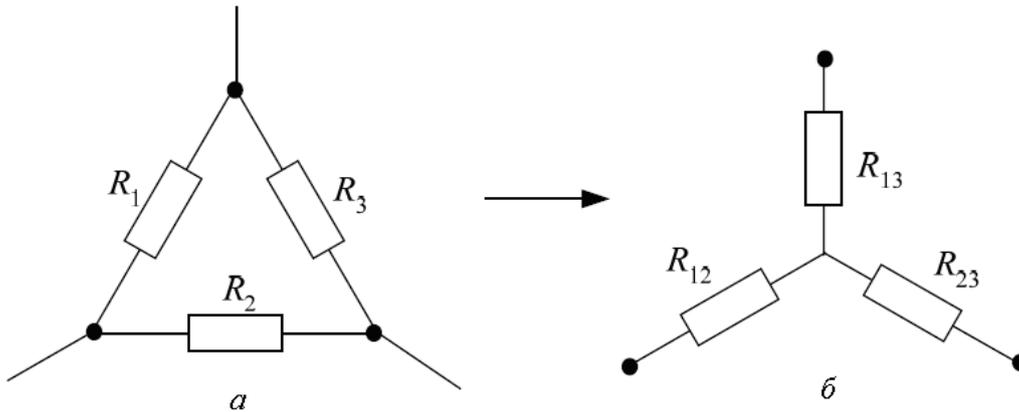


Рис. 1. Преобразования треугольника в звезду

Преобразование соединения треугольника в соединение звездой осуществляется по следующим формулам.

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{\Sigma R_i}; R_{13} = \frac{R_1 \cdot R_3}{\Sigma R_i}; R_{23} = \frac{R_2 \cdot R_3}{\Sigma R_i},$$

где $\Sigma R_i = R_1 + R_2 + R_3$ – сумма сопротивлений сторон треугольника, а R_{12} R_{13} R_{23} – рассчитанные сопротивления лучей эквивалентной звезды.

Преобразование соединения звездой рис. 2, а в соединение треугольник рис. 2, б осуществляется по следующим формулам.

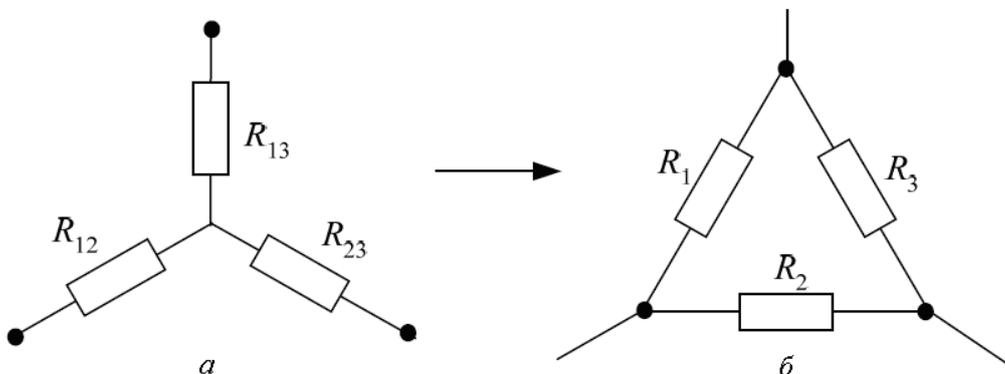


Рис. 2. Преобразования звезды в треугольник

$$R_1 = R_{12} + R_{13} + \frac{R_{12} \cdot R_{13}}{R_{23}}; R_2 = R_{12} + R_{23} + \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{13}}; R_3 = R_{13} + R_{23} + \frac{R_{23} \cdot R_{13}}{R_{12}},$$

где R_{12} , R_{13} , R_{23} – сопротивления лучей звезды, R_1 , R_2 , R_3 – рассчитанные сопротивления сторон эквивалентного треугольника.

Задача 3. Исследование и расчет разветвленной электрической цепи.

Варианты для задачи 3

Принципиальные схемы для расчета приведены в табл. 6, варианты заданий и номинальные значения сопротивлений и ЭДС источников в табл. 7.

Таблица 6

Принципиальные схемы

№	схема	№	схема
1		6	
2		7	
3		8	

Окончание таблицы 6

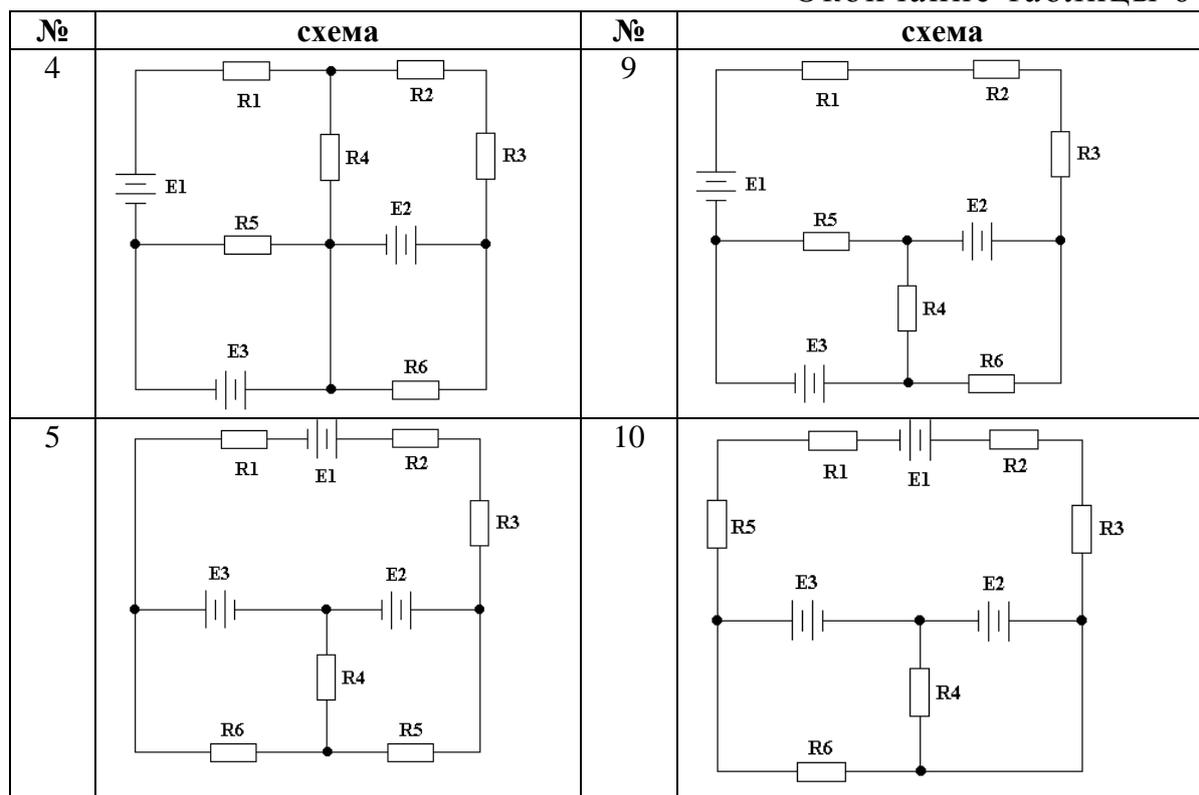


Таблица 7

Параметры элементов схемы

Вариант	Схема	Значения сопротивлений, Ом						ЭДС источников, В		
		R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	E_1	E_2	E_3
1	1	6	5	10	15	25	10	15	10	7
2	2	5	7	5	5	10	3	5	10	10
3	3	10	2	3	5	10	10	12	5	5
4	4	10	7	5	15	3	5	8	5	8
5	5	15	8	2	5	3	7	10	12	10
6	6	7	7	5	15	5	10	5	5	8
7	7	6	3	5	10	2	3	12	8	8
8	8	10	5	7	5	15	10	8	15	10
9	9	10	8	5	7	10	8	15	5	10
10	10	3	10	4	5	6	10	10	10	10
11	1	6	3	2	10	5	5	5	7	10
12	2	8	3	5	7	8	5	10	5	10
13	3	5	5	10	6	4	10	12	12	7
14	4	5	7	8	5	10	5	15	8	10
15	5	10	10	7	7	3	5	9	13	5
16	6	5	6	3	10	5	7	10	9	7
17	7	6	9	2	3	3	5	5	15	8

Окончание таблицы 7

Вариант	Схема	Значения сопротивлений, Ом						ЭДС источников, В		
		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>R3</i>	<i>R4</i>	<i>R5</i>	<i>R6</i>	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>
18	8	10	7	7	5	15	10	12	10	10
19	9	5	7	5	5	10	4	15	7	10
20	10	10	8	7	7	10	8	20	9	10
21	1	6	7	15	10	5	3	14	8	8
22	2	3	8	3	10	6	5	12	10	12
23	3	10	3	3	12	15	4	9	5	5
24	4	8	4	10	7	5	10	13	5	7
25	5	3	9	5	10	7	12	15	10	12
26	6	15	4	7	15	15	7	20	5	10
27	7	5	10	2	8	5	5	5	7	10
28	8	10	5	3	7	6	9	12	10	20
29	9	5	7	3	10	8	5	15	15	10
30	10	2	5	9	15	10	15	13	5	8

Ход выполнения работы:

1. Во вводной части сформулировать используемые теоретические закономерности.

2. Определить исходные данные для расчета: схему соединений, номиналы резисторов и ЭДС источников.

3. Ввести в схему условные обозначения узлов, контуров. Задать направление протекания токов и обхода контуров по часовой стрелки, начертить схему с указанными обозначениями.

4. Составить систему уравнений по первому и второму законам Кирхгофа.

5. Составить систему уравнений для контурных токов и уравнения для определения токов в ветвях.

5. Привести системы уравнений к стандартному виду, включив в каждое уравнение все неизвестные.

6. Выбрать способ решения системы уравнений, выполнить решение, руководствуясь выбранным способом, ход решения со всеми ключевыми преобразованиями и пояснениями привести в отчете.

7. Если для некоторых токов получены отрицательные значения, начертить новую схему с исправленными направлениями токов.

8. Выполнить проверку решения подстановкой найденных неизвестных в исходные уравнения, в случае невыполнения условий проверки, повторить расчет и найти ошибку.

9. Собрать схему цепи в *EWB*. Измерить искомые токи с помощью включения амперметров в каждую ветвь исследуемой цепи и падения напряжений на всех сопротивлениях схемы.

10. Занести результаты расчета и измерений в отчет в виде табл. 8.

Результаты расчетов исследований

Метод расчета токов	Результаты расчета токов и напряжений в ветвях цепи.	Результаты измерения токов и напряжений в ветвях цепи.
Расчет токов и напряжений, с использованием 1 и 2 законов Кирхгофа		
Расчет токов и напряжений, с использованием метода контурных токов		

Методические указания к задаче 3

Рассчитать и исследовать разветвленную электрическую цепь постоянного тока с использованием первого и второго законов Кирхгофа и методом контурных токов.

Для расчета разветвленной электрической цепи существенное значение имеет число ветвей и узлов в цепи.

Ветвью электрической цепи называется участок, состоящий только из последовательно соединенных элементов.

Вдоль ветви протекает неизменный ток, ветвь соединяет два узла.

Узлом электрической цепи называется точка соединения нескольких ветвей, в которой происходит разветвление тока.

В программе *EWB* понятие «узел» имеет другой смысл, – это любая точка схемы, имеющая потенциал, отличный от нуля и от потенциала других узлов. Так, одна ветвь в соответствии с теорией электрических цепей не имеет узлов, тогда как в программе *EWB* на одной ветви может быть несколько узлов рис. 3.

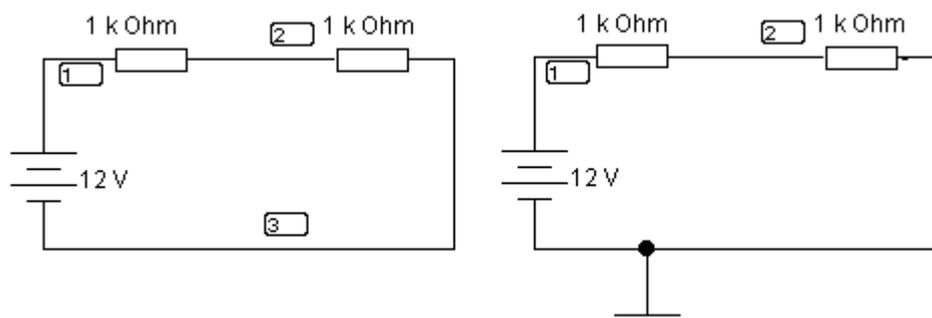


Рис. 3. Пример понятия «узел» в программе *EWB*

На рис. 3 слева показано, что в незаземленной цепи программа определяет три узла с разными потенциалами, заземленный участок узлом не считается, – (рис. 1) справа. С точки зрения теории электрических цепей узел в приведенной схеме существует как раз на (рис. 1) справа, в точке подключения заземления.

При обходе по соединенным в узлах ветвям можно получить замкнутый контур.

Замкнутый контур представляет собой замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям, при этом каждый узел в рассматриваемом контуре встречается не более одного раза.

Первый закон Кирхгофа применяется к узлам и формулируется следующим образом:

Алгебраическая сумма токов в узле равна нулю

$$\sum I = 0.$$

Алгебраической суммой называется потому, что должно быть учтено направление тока по отношению к узлу. Все токи, направленные к узлу входят в сумму с одним знаком, а направленные от узла – с противоположным. Первый закон Кирхгофа может быть сформулирован иначе:

Сумма токов, втекающих в узел, равна сумме токов вытекающих из узла:

$$\sum I_{\text{вх}} = \sum I_{\text{вых}}.$$

Физический смысл первого закона Кирхгофа заключается в том, что в узлах электрической цепи не может происходить накопление заряда.

Второй закон Кирхгофа применяется к замкнутым контурам электрической цепи и формулируется следующим образом:

В любом замкнутом контуре алгебраическая сумма напряжений на элементах контура равна сумме ЭДС в этом контуре

$$\sum U = \sum E$$

В данном определении также подчеркивается, что сумма должна быть алгебраической, это значит необходимо учесть знаки входящих в сумму напряжений и ЭДС. В замкнутом контуре ток может протекать только в одном направлении, поэтому должно быть выбрано направление протекания тока. После этого выполняется обход контура в выбранном направлении и падение напряжения на элементе или ЭДС источника считаются положительными, если ток через элемент или ЭДС совпадает с направлением обхода. В противном случае соответствующие напряжения и ЭДС суммируются с обратным знаком.

На основании законов Кирхгофа составляются уравнения для неизвестных токов в ветвях. Система полученных уравнений линейна, ее решение позволяет найти неизвестные токи в ветвях цепи. Результат расчета может быть проверен в программе *EWB*, подключением амперметров в разрыв соответствующих ветвей.

Задача 4. Исследование и расчет электрических цепей переменного тока.

Рассчитать и исследовать электрическую цепь переменного тока с последовательным соединением R , L и C элементов.

Схема исследуемой цепи приведена на рис. 4.

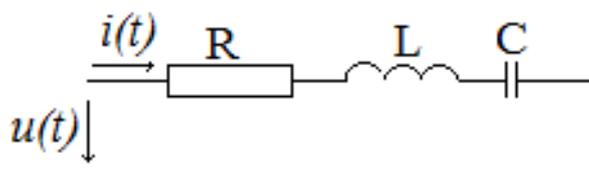


Рис. 4. Схема электрической цепи переменного тока

Варианты заданий и номинальные значения сопротивлений и напряжения источников приведены в табл. 9. При этом номинальная частота источника питания $f_H = 50$ Гц. Начальная фаза питающего напряжения φ_H приведена в градусах.

Таблица 9

Параметры элементов схемы

Вариант	R (Ом)	L (мГн)	C (мкФ)	U (В)	φ_u (град)
1	1	2	300	300	-10
2	2	3	300	250	-20
3	3	4	300	200	-30
4	1	5	300	150	20
5	2	6	300	100	30
6	3	7	300	150	10
7	1	8	300	200	0
8	2	9	300	250	90
9	3	10	300	300	45
10	1	2	200	100	20
11	2	3	200	80	10
12	3	4	200	70	-10
13	1	5	200	60	-30
14	2	6	200	100	-40
15	3	7	200	160	20

Окончание таблицы 9

Вариант	R (Ом)	L (мГн)	C (мкФ)	U (В)	φ_u (град)
16	1	8	200	200	30
17	2	9	200	100	40
18	3	10	200	90	20
19	1	10	100	120	10
20	2	9	100	200	0
21	3	8	100	150	-20
22	1	7	100	120	-30
23	2	11	100	100	-10
24	3	12	100	250	10
25	4	13	100	300	20
26	1	2	300	250	-10
27	2	3	300	300	-20
28	3	4	300	250	-30
29	1	3	300	150	20
30	2	4	300	100	30

Ход выполнения работы

Во вводной части сформулировать используемые теоретические закономерности для расчета реактивных сопротивлений электрической цепи, действующих значений падений напряжений на элементах схемы, коэффициента мощности ($\cos\varphi$), активной мощности и резонансной частоты.

Внимание: необходимость расчета резонансной частоты в первую очередь обусловлена тем, что, зная ее, определяется диапазон изменения частот в до резонансной области и в после резонансной области.

Резонансная частота $\omega_{\text{рез}}$ в электрических цепях определяется значениями параметров реактивных накопителей энергии, а именно: величиной индуктивности L и величиной емкости C [2].

$$\omega_{\text{рез}} = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

1. Определить исходные данные для расчета в *MathCAD* зависимостей $X_L = f(\omega)$, $X_C = f(\omega)$, $Z = f(\omega)$.
2. Рассчитать и построить графики этих зависимостей.
3. Определить исходные данные для расчета в *MathCAD* зависимостей $I = f(\omega)$, $U_L = f(\omega)$, $U_C = f(\omega)$, $U = f(\omega)$, $U_R = f(\omega)$.
4. Рассчитать и построить графики этих зависимостей и привести расчетные данные в виде таблицы.

5. Определить исходные данные для расчета в *MathCAD* временных зависимостей $u(t)$, $i(t)$ при номинальной частоте.

6. Рассчитать и построить графики этих зависимостей и определить фазовый сдвиг между напряжением и током.

7. Собрать схему цепи в *EWB* рис. 5.

8. Изменяя частоту источника питания сформировать таблицу для построения зависимостей с использованием *Excel*

$$I = f(\omega), U_L = f(\omega), U_C = f(\omega), U = f(\omega), U_R = f(\omega).$$

9. Снять осциллограммы напряжения источника питания $u(t)$ и тока $i(t)$ при номинальной частоте и по ним определить фазовый сдвиг.

10. Провести сравнительный анализ результатов исследований в *EWB* и *MathCAD*.

Методические указания к задаче 4

Схемы и пользовательская программа для исследования явления резонанса

1. Пользовательская программа *MathCAD*

Исходные данные

$R := 1$	$L := 10$	$C := 100$	$f_n := 50$	$\omega_n := 2 \cdot \pi \cdot f_n$	$\omega_n = 314.159$	
$X_L := 2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot L \cdot 10^{-3}$	$X_L = 3.142$	$X_C := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_n \cdot C \cdot 10^{-6}}$	$X_C = 31.831$	$U_m := 142$	$U := \frac{U_m}{\sqrt{2}}$	$U = 100.409$
				$X := X_L - X_C$		

Временная зависимость (осциллограмма) напряжения источника питания (рис. 5).

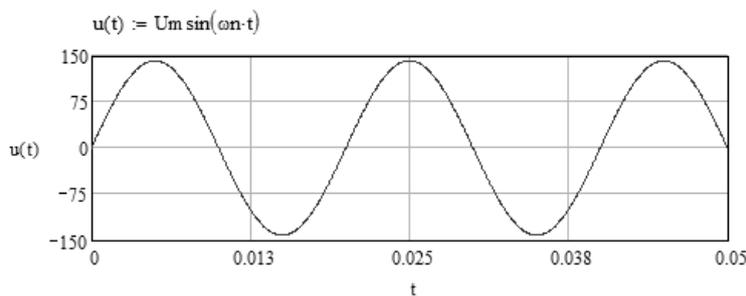


Рис. 5. Напряжение источника питания

Ток, протекающий по цепи (рис. 6).

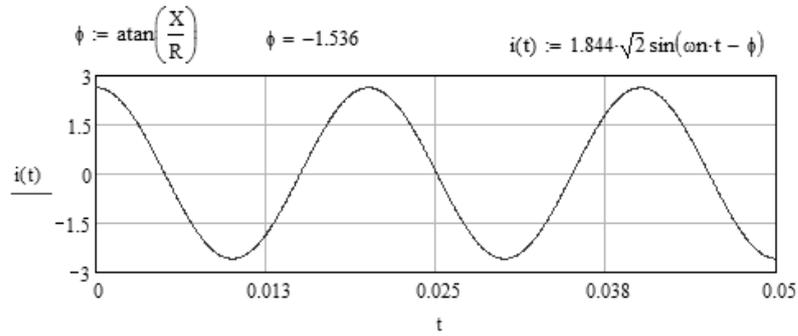


Рис. 6. Временная зависимость тока в цепи

Диапазон изменения частоты источника питания

$$\omega(f) := 2 \cdot \pi \cdot f \quad f := 50, 5.. 100$$

Действующее значение тока

$$I := \frac{U}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

Зависимости параметров от частоты (рис. 7).

$$Xl(f) := 2 \cdot \pi \cdot L \cdot 10^{-3} \cdot f \quad X1c(f) := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot 10^{-6}} \quad Z(f) := \sqrt{R^2 + (Xl(f) - X1c(f))^2}$$

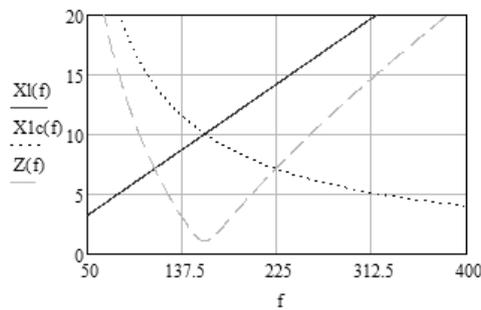


Рис. 7. Зависимости параметров от частоты

Зависимости тока, напряжений, активной мощности и $\cos \phi$ от частоты (рис. 8 и 9).

$$I(f) := \frac{U}{\sqrt{R^2 + (Xl(f) - X1c(f))^2}} \quad U_l(f) := I(f) \cdot Xl(f) \quad U_c(f) := I(f) \cdot X1c(f) \quad \cos(\phi) := \frac{R}{\sqrt{R^2 + (Xl(f) - X1c(f))^2}}$$

$$P(f) := I(f)^2 \cdot R$$

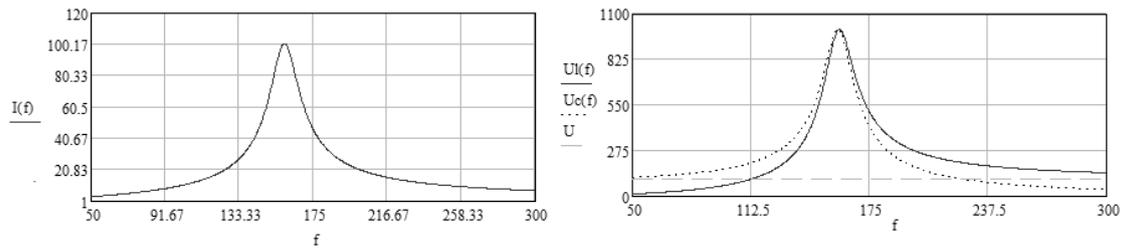


Рис. 8. Зависимости тока и напряжений от частоты

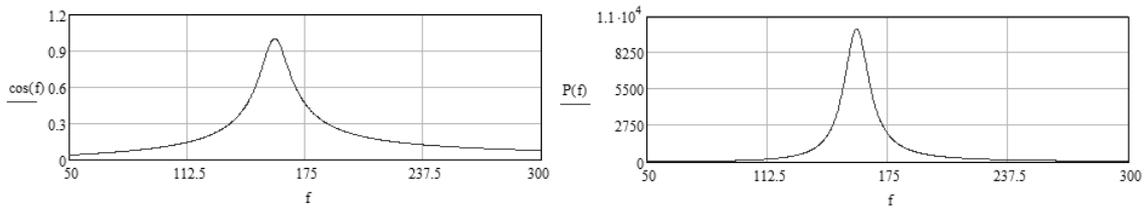


Рис. 9. Зависимости $\cos \varphi$ и активной мощности от частоты

2. Схемы для исследования резонанса тока (рис. 10).

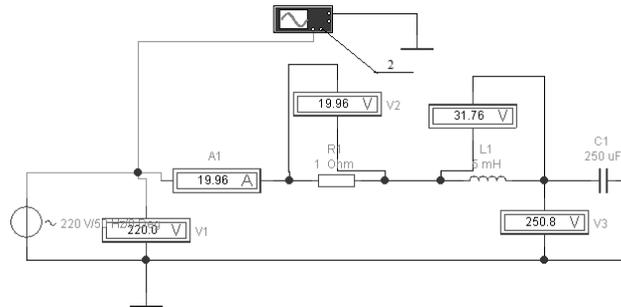


Рис. 10. Схема для исследования явления резонанса

Для снятия осциллограмм для напряжений $u_R(t)$, $u_L(t)$, $u_C(t)$ вторым щупом 2 осциллографа подключатся поочередно к точкам за резистивным элементом R и индуктивностью L .

3. Пример схемы в *EWB* для исследования процессов в разветвленной электрической цепи постоянного тока (рис. 11).

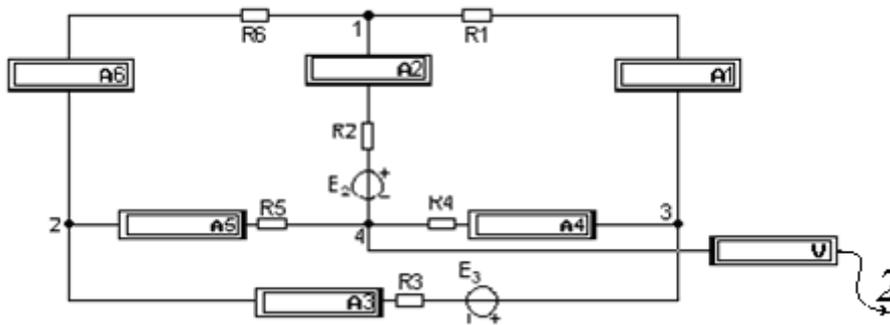


Рис. 11. Схема для исследования разветвленных электрических цепей в *EWB*

С помощью щупа 2 определить потенциалы в узлах 1, 2 и 3 по отношению к узлу 4 схемы рис. 11.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3].

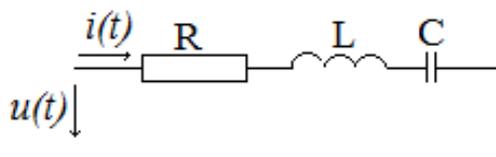
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают зачет. К зачету допускаются только те студенты, у которых зачтено индивидуальное домашнее задание и лабораторные работы. Образец зачетного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме, приведен в разделе 5.2. Образцы вопросов зачетного билета для студентов, изучающих дисциплину с применением дистанционных технологий, приведен в разделе 5.3.

5.1. Вопросы для подготовки к зачету

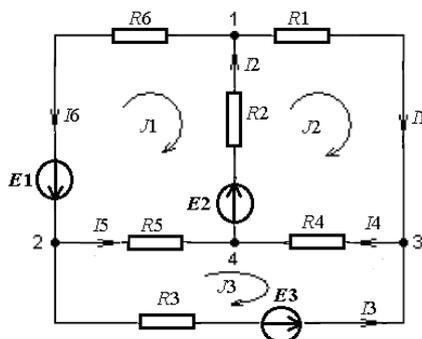
1. Понятие функционального, алгоритмического, конструкторского и технологического проектирования.
2. Классификация программного обеспечения по назначению, по способу распространения и использования.
6. Классы прикладных программных пакетов.
7. Характеристика основных составляющих обобщенной архитектуры прикладных программных пакетов.
8. Обобщенная структура построения математической модели для пакетов прикладных программ.
9. Особенности разработки моделей при схемотехническом моделировании в *Electronics Workbench*.
10. Этапы процесса создания схемы в *Electronics Workbench*.
11. Набор приборов для проведения измерений и снятия характеристик электрических цепей в *Electronics Workbench*.
9. Пример использования программы *Electronics Workbench* для проверки законов Кирхгофа.
10. Схема лабораторной установки для исследования явления резонанса напряжений.
11. Цель использования решения полевых задач и разработки моделей в *ELCUT* двух типах сеток.
12. Системное программное обеспечение.
13. Прикладное программное обеспечение.
14. Методы моделирования.
15. Определение математической модели.
16. Метод математического моделирования.
17. Основные компоненты интегрированной системы *MathCAD*.
18. Назначение панели *Math* (Математика) и возможности данной панели.

19. Топологические уравнения для исследования установившихся и динамических режимов работы в электрической схеме, приведенной на рисунке.

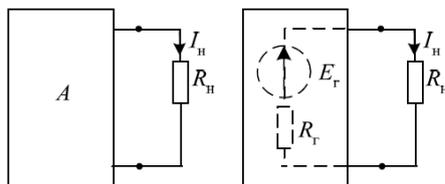


20. Алгоритм разработки пользовательской программы в *MathCAD* для расчета стационарных режимов работы электротехнических устройств (представить в виде блок-схемы).

21. Фрагмент пользовательской программы в *MathCAD* для расчета электрической цепи (схема приведена на рисунке).

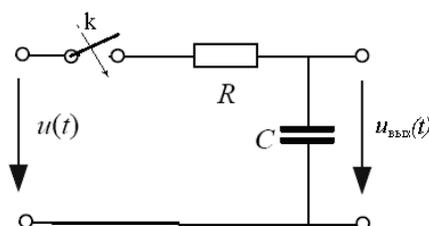


22. Листинг пользовательской программы для определения зависимости $P(R_H)$ для схемы, представленной на рисунке.



23. Пример работы с комплексными числами в *MathCAD*.

24. Листинг пользовательской программы в *MathCAD* для исследования процесса зарядки конденсатора (исходная схема приведена на рисунке).



25. Ввод встроенных функций в программе *Excel*.

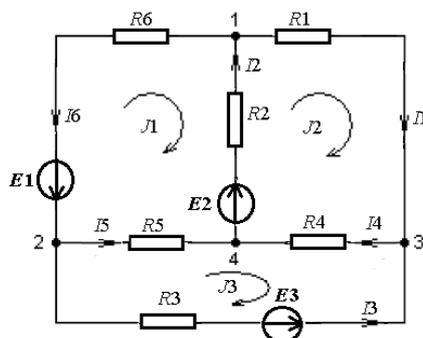
26. Строка формул и особенности ввода формул в программе *Excel*.
27. Этапы создания модели в *MATLAB/Simulink*.
28. Характерные особенности моделирования электрических схем в *MATLAB/Simulink* с помощью передаточных функций.
29. Алгоритм (последовательность шагов) при решении новой задачи в *ELCUT* (привести блок-схему и дать пояснения).
30. Этап разработки геометрической модели.
31. Необходимость присвоения меток блокам и элементам геометрической модели в *ELCUT*.
32. Этап определения физических свойств в *ELCUT*.
33. Граничные условия и их определения в *ELCUT*.

5.2. Образец зачетного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

В данном разделе приведен образец зачетного билета для студентов, сдающих зачет во время сессии в Томске. Билет содержит два вопроса.

Билет № X

1. Классификация программного обеспечения по назначению, по способу распространения и использования.
2. Фрагмент пользовательской программы в *MathCAD* для расчета электрической цепи, схема приведена на рисунке



5.3. Образцы вопросов зачетного билета для студентов, изучающих дисциплину дистанционно

В данном разделе приведены примеры вопросов из билета для студентов, сдающих зачет в онлайн-режиме (через Интернет на сайте ИнЭО). Билет включает в себя 20 заданий: задания на выбор единственного ответа (8); задания на выбор множественных ответов (4); задания на установление последовательности (4); задания на установление соответствия (2); задания для краткого ответа (2).

В качестве примера приведено по одному заданию каждого типа.

1. Задание на выбор единственного ответа

Какой закон электротехники отражают в виде топологического уравнения в пакете *MathCAD* при описании процессов в замкнутом контуре схемы замещения:

- 1) первый закон Кирхгофа
- 2) второй закон Кирхгофа
- 3) закон Ома
- 4) закон сохранения энергии
- 5) закон Джоуля-Ленца

2. Задание на выбор множественных ответов

Какие прикладные программные пакеты позволяют исследовать переходные процессы, сопровождающие динамические режимы работы электротехнических установок:

- 1) *MATLAB/Simulink*
- 2) *Electronics Workbench*
- 3) *ELCUT*
- 4) *MathCAD*
- 5) *Excel*

3. Задание на установление соответствия

Установите соответствие алгоритма действий при разработке математических моделей в прикладных программных пакетах для перечисленных этапов:

1. Анализ режимов работы исследуемого объекта
2. Выводы
3. Формирование блока исходных данных
4. Запись соответствующих систем уравнений, описывающих процессы в исследуемом объекте
5. Формирование начальных условий
6. Определение и расчет дополнительных данных

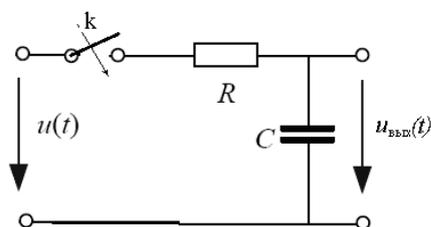
4. Задание на установление последовательности

Укажите последовательность арифметических действий при использовании строки формулы *Excel*:

- 1) сложение
- 2) возведение в степень
- 3) умножение и деление
- 4) при наличии скобок
- 5) при отсутствии скобок

5. Задание для краткого ответа

Запишите уравнения описывающие процессы статического и динамического режимов работы для схемы замещения представленной на рисунке



Ваш ответ:

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Литература обязательная

1. Бурулько Л.К. Программные средства профессиональной деятельности: учеб. пособие / Л.К. Бурулько; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 131 с.

2. Бурулько Л.К. Программные средства профессиональной деятельности. Лабораторный практикум / Л.К. Бурулько; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 127 с.

3. Гальцева О.В. Методы и средства автоматизации профессиональной деятельности: учеб. пособие / О.В. Гальцева, И.В. Слащев; под ред. О.В. Гальцевой. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 156 с.

4. Методы и средства автоматизации профессиональной деятельности: Ч.1: учеб. пособие / А.С. Глазырин, Д.Ю. Ляпунов, И.В. Слащев, С.В. Ляпушкин; под ред. А.С. Глазырина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 199 с.

5. Попов В.П. Основы теории цепей: учебник для вузов / В.П. Попов. – М.: Изд-во Высшая школа, 2012. – 635 с.

6. Методы и средства автоматизации профессиональной деятельности: Ч.2: учеб. пособие / А.С. Глазырин, Д.Ю. Ляпунов, И.В. Слащев, С.В. Ляпушкин; под ред. И.В. Слащева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 177 с.

6.2. Литература дополнительная

7. Мальцева О.П. Численные методы в электротехнике: компьютерный лабораторный практикум / О.П. Мальцева, Н.В. Кояин, Л.С. Удуг. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 100 с.

8. Дьяконов В.П. MathCAD 2000: учебный курс / В.П. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.

9. Дьяконов В.П. MATLAB 6: учебный курс / В.П. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.

10. Дьяконов В.П. Simulink – 4: Специальный справочник / В.П. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.

11. Дьяконов В.П. Новейшие информационные технологии. Достижения и люди / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 410 с.

12. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2008. – 800 с.
13. Кирьянов Д.В. Самоучитель MathCAD 13 / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 528 с.
14. Парфенов А.И. Применение MathCAD в инженерных расчетах: учеб. пособие / А.И. Парфенов, А.В. Лопарев, В.К. Понамарев. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. – 88 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Листинг пользовательской программы для расчета цепи постоянного тока методом эквивалентного генератора

Исходные данные

$$R1 := 20 \quad R2 := 18 \quad R3 := 25 \quad R4 := 21 \quad R5 := 12 \quad R6 := 8 \\ E1 := 25 \quad E2 := 35 \quad E3 := 50$$

Система уравнений для контурных токов

$$J1 \cdot (R1 + R3 + R6 + R5) - J2 \cdot (R5 + R6) = -(E1 + E3) \\ -J1 \cdot (R6 + R5) + J2 \cdot (R5 + R6 + R2) = E2$$

Формирование матриц параметров и свободных членов

$$A := \begin{bmatrix} (R1 + R3 + R6 + R5) & -(R5 + R6) \\ -(R5 + R6) & (R5 + R6 + R2) \end{bmatrix} \quad B := \begin{pmatrix} -E1 - E3 \\ E2 \end{pmatrix}$$

$$J := A^{-1} \cdot B \quad J = \begin{pmatrix} -1.039 \\ 0.374 \end{pmatrix} \quad J1 := J_0 \quad J1 = -1.039 \quad J2 := J_1 \quad J2 = 0.374$$

Расчет токов в ветвях и напряжения холостого хода

$$I1 := J1 \quad I2 := J2 \quad I3 := J1 - J2 \\ U_{xx} := -E1 - I3 \cdot R5 + I1 \cdot R3 \quad U_{xx} = -34.01 \quad E_g := -U_{xx} \quad E_g = 34.01$$

Расчет сопротивления эквивалентного генератора

$$R52 := \frac{R5 \cdot R2}{R5 + R2 + R6} \quad R62 := \frac{R6 \cdot R2}{R5 + R2 + R6} \quad R56 := \frac{R5 \cdot R6}{R5 + R2 + R6} \\ R_g := \frac{(R1 + R52) \cdot (R3 + R62)}{R1 + R52 + (R3 + R62)} + R56 \quad R_g = 16.1$$

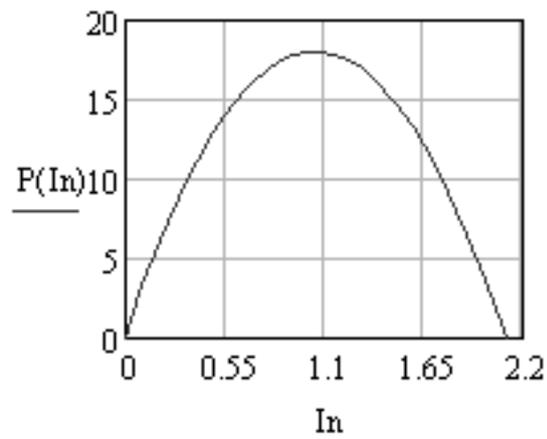
Расчет тока нагрузки эквивалентного генератора

$$I_n := \frac{E_g}{R_g + R4} \quad I_n = 0.917$$

Зависимость мощности от тока нагрузки

$$P(I_n) := -R_g \cdot \left(I_n - \frac{E_g}{2 \cdot R_g} \right)^2 + \frac{E_g^2}{4 \cdot R_g}$$

$$I_n := 0,01 \dots 2,2$$



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Листинг пользовательской программы для расчета зависимости $P(R_n)$

При разработке программы в *MathCAD* данную задачу можно решить как численно, так и аналитически.

При аналитическом решении необходимо реализовать следующие этапы:

1. Объявить функцию мощности нагрузки P от переменных E – ЭДС генератора, r – сопротивления генератора и R – сопротивления нагрузки;

2. Вызвать процедуру вычисления производной;

3. Приравнять производную нулю;

4. Решить нелинейное уравнение, используя процедуру *solve*.

При численном решении необходимо:

1. Сформировать исходные данные;

2. Построить график, используя графический редактор.

Аналитическое решение

$$1. P(E, R, r) := \frac{E^2}{(r + R)^2} \cdot R$$

$$2. \frac{d}{dR} P(E, R, r) \rightarrow (-2) \cdot \frac{E^2}{(r + R)^3} \cdot R + \frac{E^2}{(r + R)^2}$$

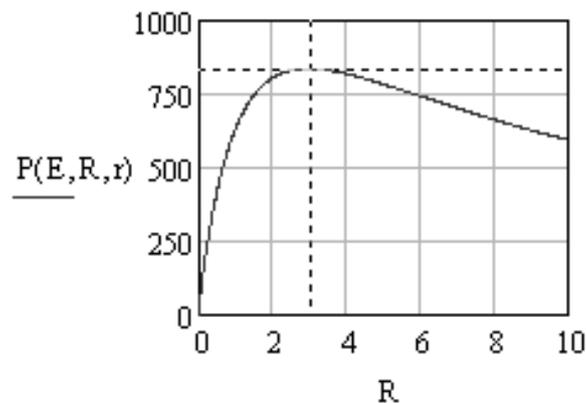
$$3. (-2) \cdot \frac{E^2}{(r + R)^3} \cdot R + \frac{E^2}{(r + R)^2} = 0$$

$$4. (-2) \cdot \frac{E^2}{(r + R)^3} \cdot R + \frac{E^2}{(r + R)^2} = 0 \text{ solve, } R \rightarrow r$$

Численное решение

Исходные данные

$$E := 100 \quad r := 3 \quad \underline{\underline{R}} := 0, 0.01 \dots 10$$



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Листинг пользовательской программы
для расчета и анализа стационарного режима работы
цепи переменного тока

Исходные данные

$$\omega := 500 \quad e(t) := 14.14 \cdot \sin(\omega \cdot t + 45) \quad R := 20 \quad L := 0.1 \quad C := 50$$

Расчет реактивных параметров

$$X_L := \omega \cdot L \quad X_L = 50 \quad X_C := \frac{1}{\omega \cdot C \cdot 10^{-6}} \quad X_C = 40$$

Расчет комплексных сопротивлений и значения ЭДС

$$i := \sqrt{-1} \quad Z := R + i \cdot (X_L - X_C) \quad Z = 20 + 10i \quad E_d := \frac{14.14}{\sqrt{2}} \quad E_d = 9.998$$

Расчет амплитуды и комплексного значения тока в цепи

$$E := 10 + i \cdot 10 \quad I := \frac{E}{Z} \quad I = 0.6 + 0.2i \quad I_m := |I| \cdot \sqrt{2} \quad I_m = 0.894$$

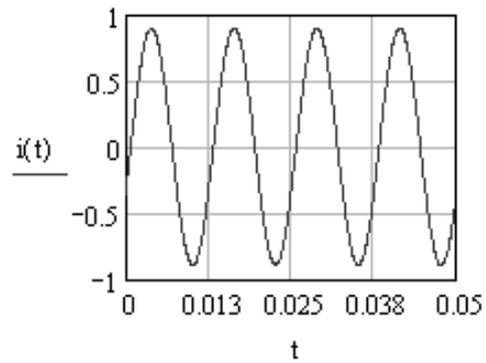
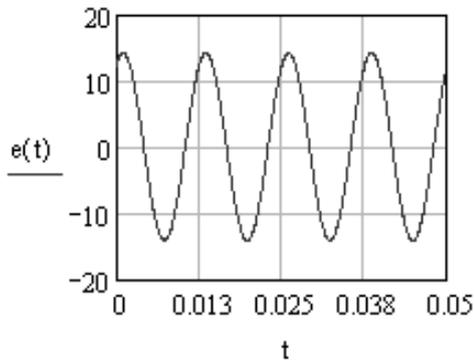
Определение фазы мгновенного значения тока

$$\begin{aligned} \phi_e &:= \arg(E) & \phi_e &= 0.785 & \phi_z &:= \arg(Z) & \phi_z &= 0.464 \\ \phi_i &:= \arg(I) & \phi_i &= 0.322 & \phi_{li} &:= (\phi_e - \phi_z) & \phi_{li} &= 0.322 \\ \phi_{i0} &:= \frac{180}{\pi} \cdot \phi_i & & & \phi_{i0} &= 18.435 \end{aligned}$$

Определение мгновенного значения тока

$$i(t) := I_m \cdot \sin(\omega \cdot t + 18.435)$$

Зависимости напряжения и тока от времени

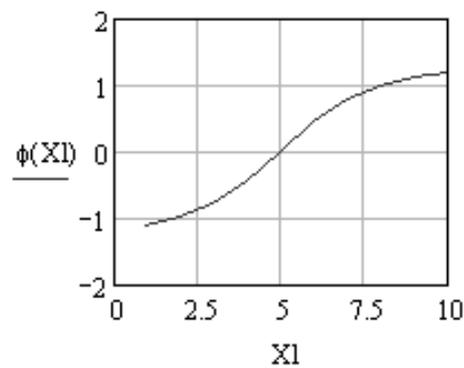
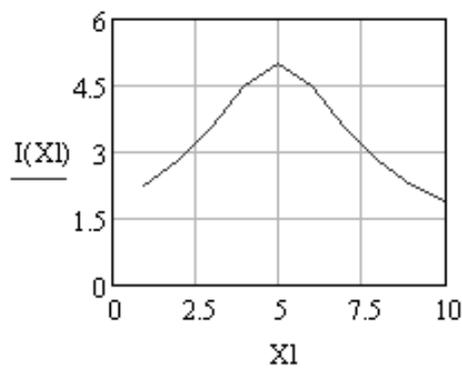


Расчет зависимостей тока и фазового сдвига от изменения величины индуктивного сопротивления цепи

$$E := 10 \cdot e^{30i \cdot \text{deg}} \quad E = 8.66 + 5i$$

$$X_L := 1, 2..10 \quad X_C := 5 \quad R := 2 \quad Z(X_L) := R + i \cdot (X_L - X_C)$$

$$I(X_L) := \frac{E}{Z(X_L)} \quad |I(X_L)| := |I(X_L)| \quad \phi(X_L) := \arg(Z(X_L))$$



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Листинг пользовательской программы для расчета и исследования процесса заряда конденсатора

Решение дифференциального уравнения

$$R := 2 \quad C := 650 \cdot 10^{-6} \quad U := 100$$

Математическое описание процесса в схеме

$$\begin{aligned} u_r(t) + u_c(t) &= U & i(t) &= C \cdot \frac{du_c(t)}{dt} & u_r(t) &= i \cdot R \\ u_{c0} &:= 0 & R \cdot C \cdot \frac{du_c(t)}{dt} + u_c(t) &= U & u_c(t) &= U_{pr} + A \cdot e^{pt} \end{aligned}$$

Расчет принужденной составляющей

$$U_{pr} := U$$

Определение корней характеристического уравнения

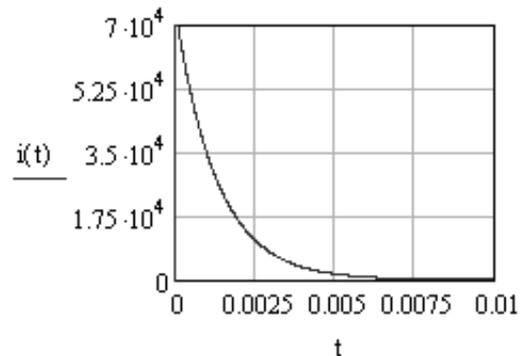
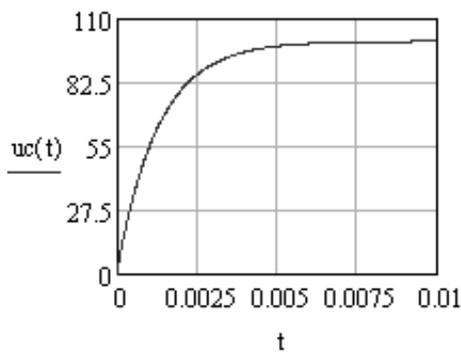
$$R \cdot C \cdot p + 1 = 0 \quad p := -\frac{1}{R \cdot C} \quad p = -769.231$$

Определение постоянной интегрирования

$$U_{pr} + A = 0 \quad A := -U_{pr} \quad A = -100$$

Уравнение для расчета переходного процесса

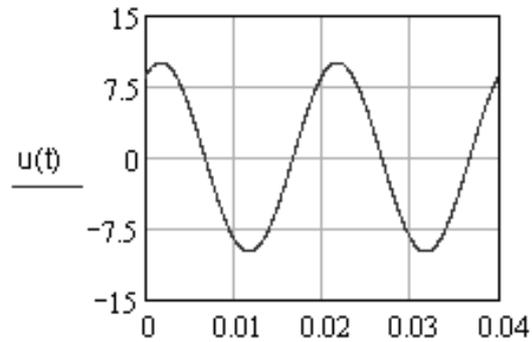
$$u_c(t) := U_{pr} + A \cdot e^{p \cdot t} \quad i(t) := \frac{d}{dt} u_c(t)$$



Переходный процесс при переменном напряжении

$$f := 50 \quad \omega := 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$u(t) := 10 \cdot \sin(\omega \cdot t + 1) \quad \text{напряжение на входе RC цепи}$$



Расчет свободной составляющей

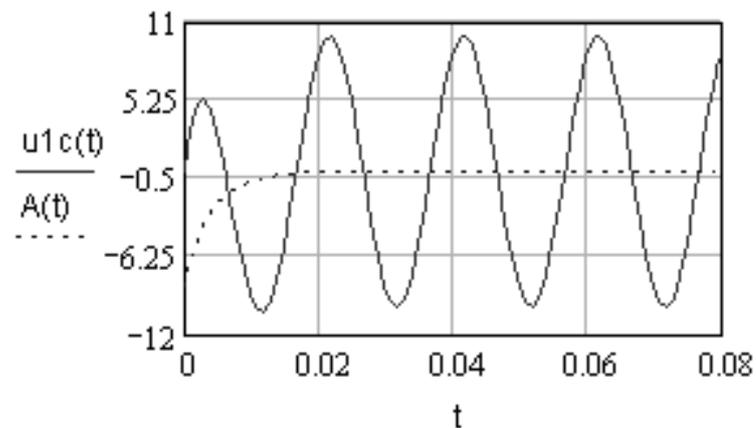
$$t_0 := 0 \quad F := -10 \cdot \sin(\omega \cdot t_0 + 1) \quad F = -8.415$$

$$A(t) := F \cdot e^{p \cdot t}$$

Расчет переходного процесса

$$u1c(t) := u(t) + A(t)$$

$$t := 0, 0.001 \dots 0.08$$



Учебное издание

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Методические указания и индивидуальные задания

Составитель
БУРУЛЬКО Лев Кириллович

Рецензент
кандидат технических наук,
доцент кафедры ЭПЭО ЭНИИ
С.Н. Кладиев

Компьютерная верстка *О.А. Гончарук*



Национальный исследовательский
Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru