


УТВЕРЖДАЮ
Директор ЭНИН

 В.М. Завьялов
«16» 02 2016 г.

БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Направление ООП 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Номер кластера (для унифицированных дисциплин) _____

Профиль подготовки Электроснабжение

Квалификация академический бакалавр

Базовый учебный план приема 2016 г.

Курс 4 семестр 7

Количество кредитов 4

Код дисциплины Б1.ВМ5.4.3

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения	
Лекции, ч		24
Практические занятия, ч		16
Лабораторные занятия, ч		24
Аудиторные занятия, ч		64
Самостоятельная работа, ч		80
ИТОГО, ч		144

Вид промежуточной аттестации
Обеспечивающее подразделение

экзамен
кафедра ЭПП

и.о. Заведующего кафедрой _____

В.М. Завьялов
(ФИО)

Руководитель ООП _____

П.В. Тютеева
(ФИО)

Преподаватель _____

Л.П. Сумарокова
(ФИО)

2016 г.

1. Цели освоения дисциплины

В результате освоения данной дисциплины обеспечивается достижение целей ЦОП1, ЦОП2, ЦОП4 основной образовательной программы 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»; приобретенные знания, умения и навыки позволят выпускникам:

– обладать **общенаучными** и **инженерными** знаниями, **практическими навыками** и универсальными компетенциями, **гарантирующими** высокое **качество** их подготовки к профессиональной деятельности в области *электроэнергетики и электротехники* (ЦОП1).

– работать в приоритетных направлениях развития *электроэнергетики и электротехники*, проявлять высокий профессионализм в решении *комплексных инженерных проблем* в области исследования, проектирования, производства и применения технических *объектов, процессов и систем* (ЦОП2).

– **проявлять** независимость мышления, творческий подход к **решению комплексных инженерных проблем** в области *электроэнергетики и электротехники* (ЦОП4).

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Математическое моделирование в системах электроснабжения» входит в цикл дисциплин профессионального вариативного модуля. При изучении дисциплины студенты знакомятся с современной идеологией моделирования и программными средствами, используемых для исследования переходных и установившихся режимов работы систем электроснабжения объектов техники и отраслей хозяйства, и приобретают навыки моделирования и использования прикладных программ для решения задач электроснабжения. Уровень освоения дисциплины должен позволять бакалаврам с использованием технической литературы решать типовые задачи расчета основных параметров установившихся и переходных режимов в системах электроснабжения предприятий, решать оптимизационные задачи проектирования схем электроснабжения объектов.

Для успешного освоения дисциплины студенты **должны знать**: основные законы электротехники; методы решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений; конструкцию и принцип действия основного электрооборудования систем электроснабжения;

уметь: составлять схемы замещения элементов энергосистемы и рассчитывать их параметры, составлять для простейших схем уравнения переходного процесса;

иметь опыт: расчета токов и напряжений для простейших схем в установившемся и переходном режимах.

Указанная дисциплина имеет как самостоятельное значение, так и является базой для ряда специальных дисциплин. Для полноценного усвоения дисциплины «Математическое моделирование в системах электроснабжения» большое значение имеют знания, умения, навыки и компетенции, приобретенные студентами, при изучении следующих

дисциплин: «Физика», «Математика», «Теоретические основы электротехники».

Пререквизиты: Б1.БМ2.11 Теоретические основы электротехники 2.1.

В свою очередь, дисциплина «Математическое моделирование в системах электроснабжения» является пререквизитом для ряда дисциплин вариативной части профессионального цикла.

Кореквизиты: Б1.ВМ4.15.3 Учебно-исследовательская работа студентов.

3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции и из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P1	3.1.2	основных физических явлений электротехники, и их математическое описание	У.1.2	выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполнять применительно к ним простые технические расчеты	В.1.2	анализа физических явлений в электрических устройствах, объектах и системах
P2	3.2.2	технических условий проектных разработок схем электроснабжения городов и предприятий	У.2.1	использовать нормативные документы, регламентирующие проектные разработки электротехнических устройств	В.2.1	работы с документацией, стандартами и другими источниками технической информации
P5	3.5.1	инструментария для решения задач проектного и исследовательского характера в электроэнергетике и электротехнике	У.5.1	рассчитывать режимы работы электроэнергетических установок, определять состав оборудования и его параметры	В.5.1	использования прикладных программ и средствами автоматизированного проектирования при решении инженерных задач электроэнергетики
P8	3.8.1	основных методов, способов и средств получения, хранения и переработки информации	У.8.1	применять компьютерную технику и информационные технологии в своей профессиональной деятельности	В.8.1	использования современных технических средства и информационных технологий в профессиональной области

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование в системах электроснабжения» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Результат
P1	Применять знания электротехники для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем
P2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P5	Применять методы расчёта установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях.
P8	Использовать современные технические средства и компьютерные для коммуникации, презентации, составления отчётов в электротехнике.

4. Структура и содержание дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы моделирования

Предмет дисциплины и ее задачи. Основные термины теории подобия и моделирования. Геометрическое и аффинное подобие. Критерии подобия физических процессов и правила их определения. Индикаторы подобия. Классификация видов подобия и моделирования. История развития моделирования. Основные этапы разработки и создания математических моделей. Особенности инженерных расчетов в электроснабжении.

Раздел 2. Моделирование элементов и режимов работы систем электроснабжения промышленных предприятий

Математические модели простейших элементов электротехники. Схемы замещения источников питания в переходных и установившихся режимах работы. Схемы замещения элементов электрических сетей. Моделирование электроприемников по статическим и динамическим характеристикам Моделирование установившихся и переходных режимов работы систем электроснабжения промышленных предприятий.

Перечень лабораторных работ по разделу:

ЛР1 - Моделирование схемы электроснабжения для расчёта токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.

ЛР2 - Моделирование схемы электроснабжения для расчёта токов короткого замыкания в сети до 1000 В.

ЛР3 - Моделирование схемы электроснабжения для расчёта токов короткого замыкания в сети выше 1000 В в среде Electronics Workbench.

ЛР4 - Моделирование схемы электроснабжения для расчёта токов короткого замыкания в сети до 1000 В в среде Electronics Workbench.

Раздел 3. Оптимизационные задачи электроснабжения

Назначение и область применения оптимизационных задач. Методы решения оптимизационных задач. Графическое решение задач линейного программирования. Понятие критерия оптимальности. Математическая модель оптимизационной задачи. Транспортная задача и ее особенности применительно к задачам электроснабжения. Особенности транспортной задачи с учетом транзита мощности.

Перечень лабораторных работ по разделу:

ЛР5 - Определение оптимального количества трансформаторов

цеховых подстанций.

ЛР6 - Оптимальное распределение компенсирующих устройств в радиальной схеме электроснабжения.

ЛР7 - Оптимальное распределение компенсирующих устройств в магистральной схеме электроснабжения.

ЛР8 - Оптимальное проектирование схемы электроснабжения.

5. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

5.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение домашних заданий;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к лабораторным работам;
- подготовку к контрольным работам, экзамену.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентацию информации;
- углубленное исследование вопросов по тематике лабораторных работ.

5.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- защиты лабораторных работ в соответствии графиком выполнения;
- защиты индивидуального задания;
- результатов ответов на контрольные вопросы;
- опроса студентов на практических занятиях;

Оценка текущей успеваемости студентов определяется в баллах в соответствии рейтинг-планом, предусматривающим все виды учебной деятельности.

6. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
Выполнение и защита лабораторных работ и практических заданий	P1, P2, P5, P8
Защита индивидуальных заданий	P1, P2, P5, P8
Презентации по тематике исследований во время проведения конференц-недели	P1, P2, P5, P8
Зачет	P1, P2, P5, P8

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства: вопросы входного контроля; контрольные вопросы, задаваемые при выполнении и защите лабораторных работ; контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий.

7. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

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

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсового проекта (работы)»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);

- промежуточная аттестация (защита проекта (работы)) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 248 с.
2. Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: метод. указ. к выполнению лабораторных работ / ТПУ [Электронный ресурс]. – Томск, 2014. – Режим доступа // <http://portal.tpu.ru/SHARED/s/SEROB/uchebrab3..>
3. НЭЛБУК, Электронная библиотека (ЭБ) - <http://www.nelbook.ru/>

Дополнительная литература:

1. Гаврилин, А.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебно-методическое пособие / А. И. Гаврилин, С. Г. Обухов, А. И. Озга; ТПУ. – 3-е изд., испр. И доп. - Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 131 с.

Internet–ресурсы (в т.ч. Перечень мировых библиотечных ресурсов):

2. Обухов С.Г. Математическое моделирование в системах электроснабжения: метод. указ. к выполнению лабораторных работ / ТПУ [Электронный ресурс]. – Томск, 2014. – Режим доступа // <http://portal.tpu.ru/SHARED/s/SEROB/uchebrab3>
 3. Официальный сайт компании National Instruments / [Электронный ресурс]. – Режим доступа // <http://www.ni.com/company/>
 4. Официальный сайт компании Microsoft / [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://office.microsoft.com/>
 5. Model.Exponenta.Ru – сайт о моделировании и исследовании: систем, объектов, технических процессов и физических явлений / [Электронный ресурс]. – Режим доступа // <http://model.exponenta.ru/>
- Используемое программное обеспечение:
6. Программа для моделирования электронных схем Electronics Workbench 5.12
 7. Программный продукт Excel 2010 компании Microsoft

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины


Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Компьютерные классы: компьютеры на базе Intel Core 2 Duo E4600 – 15 шт.; лицензионные программы.	8 уч. корпус, 119 – 121, 128 ауд.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и

электротехника» подготовки бакалавров; профиль – «Электроснабжение».

Программа одобрена на заседании кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» (протокол №26 от 18.02.2016 г.).

Автор  Л.П. Сумарокова

Рецензент  И.А. Плотников

Примеры тестов входного контроля знаний студентов по дисциплине "Математическое моделирование в системах электроснабжения"

Какие методы математического описания наиболее полно характеризуют переходные режимы работы системы электроснабжения

1. системы линейных алгебраических уравнений
2. системы нелинейных алгебраических уравнений
3. системы дифференциальных уравнений

Выберите из предложенных вариантов необходимые условия существования модели

4. Возможность отображения объективно реально либо потенциально существующей ситуации
5. Наличие определенных правил взаимоднозначного соответствия между моделью и оригиналом
6. Возможность составления математического описания процесса
7. Возможность создания экспериментальной установки
8. Простота и наглядность

Какие факторы вызывают необходимость применения методов моделирования при исследовании систем электроснабжения

9. большие экономические затраты
10. большая сложность исследований на реальном объекте
11. невозможность проведения натуральных исследований
12. все факторы, приведенные выше

Выберите из приведенных ниже наиболее точное определение «метода моделирования»

13. это метод исследования свойств определенного объекта посредством изучения свойств другого объекта, более удобного для решения задач исследования
14. это метод решения систем дифференциальных уравнений, описывающих изучаемый процесс
15. это метод определения критериев подобия изучаемого процесса (явления)
16. это метод представления параметров и характеристик изучаемого объекта в математической форме

Многоугольники с одинаковым числом сторон будут геометрически подобны, если:

17. соответственные углы и сходственные стороны у них будут равны
18. соответственные углы равны и сходственные стороны пропорциональны
19. все координаты первого многоугольника пропорциональны соответствующим координатам второго многоугольника
20. масштабные коэффициенты по осям должны быть целыми числами
21. масштабные коэффициенты по осям x и y могут отличаться только в кратное число раз

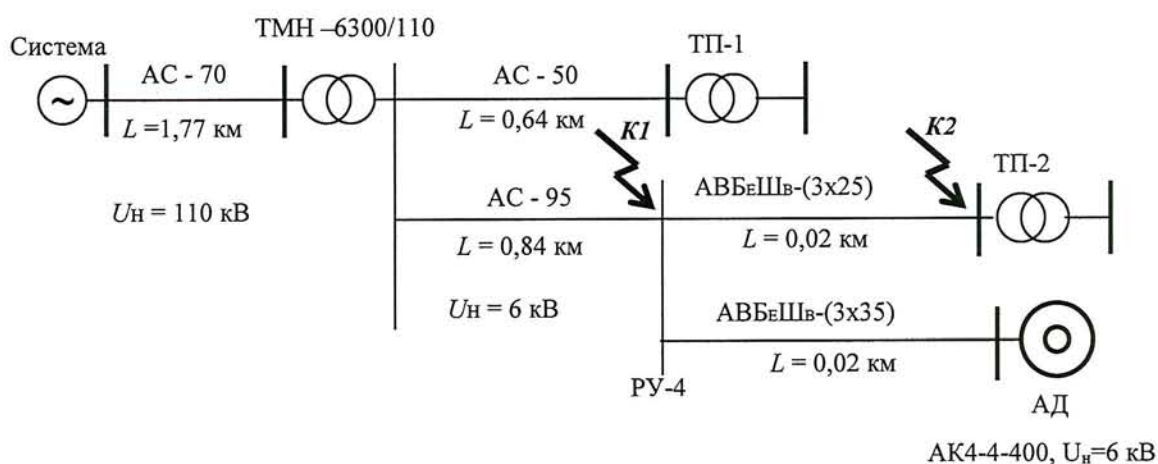
Задания для рубежного контроля знаний студентов по курсу "Математическое моделирование в системах электроснабжения"

Задача 1

Методом Эйлера найти значение тока в цепи после замыкания ключа в интервале времени от 0 до 1 сек, приняв $\Delta t = 0.2$ сек. Определить аналитическое выражение для тока в цепи после коммутации, найти общее и частное решение дифференциального уравнения.

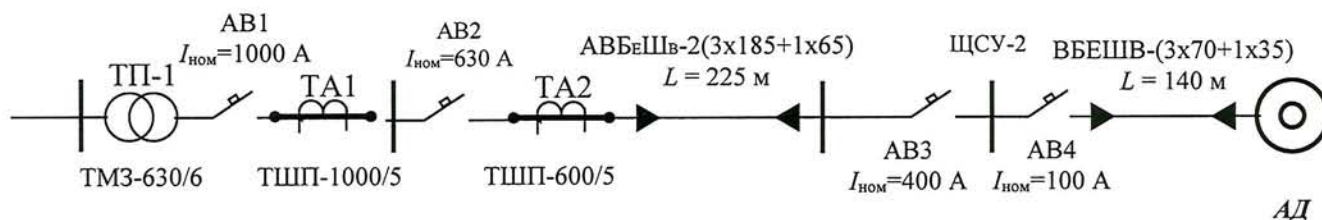
Задача 2

Для приведенной ниже схемы электроснабжения составить схему замещения и определить токи КЗ в точках К1 и К2 с учетом подпитки места К3 от электродвигателя.



Задача 3

Для приведенной ниже схемы составить схему замещения петли «фаза-нуль» и выбрать уставку срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя АВ4.

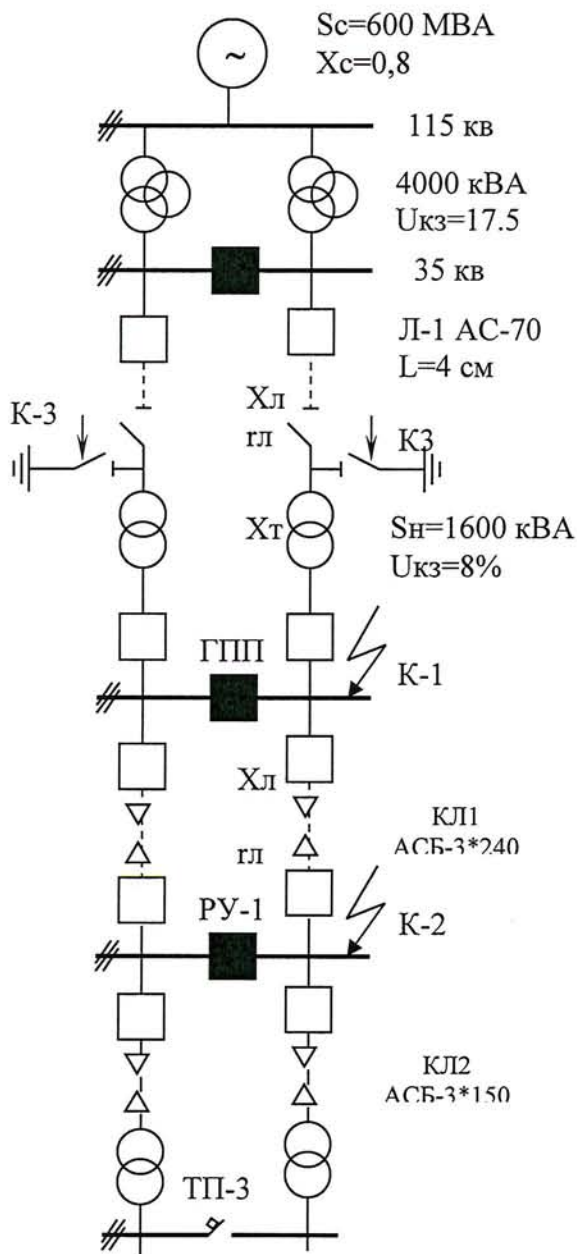


Задача 4

В металлургический цех в качестве сырья поступает латунь (сплав меди с цинком) четырех типов с содержанием цинка 10, 20, 25 и 40% по цене 10, 30, 40 и 60 к. за 1 кг соответственно. В каких пропорциях следует переплавлять это сырье в цехе, чтобы получить сплав (латунь), содержащий 30% цинка и при этом самый дешевый?

Задача 5

Составить схему замещения и определить токи КЗ в точках К-1 и К-2.



**Материалы текущего контроля студентов
по курсу "Математическое моделирование в системах электроснабжения"**

1. Напряжения электрических сетей и область их применения
2. Режимы нейтралей электрических сетей
3. Влияние токов КЗ на элементы системы электроснабжения
4. Понятие ударного тока КЗ и особенности его определения
5. Физический смысл и особенности расчета периодической и аperiodической составляющей тока КЗ
6. Условия выбора аппаратов защиты для защиты электрических сетей от токов КЗ
7. Особенности режимов 3-х и однофазного КЗ в зависимости от режима нейтрали сети
8. Дайте определение обыкновенного дифференциального уравнения
9. Для решения каких задач в математических моделях применяются алгебраические и дифференциальные уравнения
10. Какова необходимость применения методов моделирования при исследовании систем электроснабжения
11. Каковы основные отличия между физическим и математическим моделированием
12. Какой практический смысл применения математического моделирования при проектировании систем электроснабжения
13. Классификация видов моделирования
14. Классификация математического моделирования
15. Назовите основные виды моделирования
16. Назовите основные особенности математических моделей в электроснабжении
17. Область применения аналитических и численных методов решения дифференциальных уравнений
18. Основные достоинства и недостатки численных методов решения дифференциальных уравнений
19. Основные требования к математическим моделям
20. Уравнения простейших математических моделей элементов электротехники
21. Особенности моделирования различных режимов работы систем электроснабжения
22. Сформулируйте основные достоинства математического моделирования
23. Условия существования модели
24. Характер принужденной составляющей дифференциального уравнения и природа ее появления
25. Характер свободной составляющей дифференциального уравнения и природа ее появления
26. Что такое моделирование ?
27. Что является решением дифференциального уравнения
28. Основные цели математического моделирования систем электроснабжения
29. Математическая модель источника питания систем электроснабжения и какие существуют особенности их моделирования
30. Как моделируются элементы электрических сетей при расчете рабочих режимов систем электроснабжения
31. Основные методы моделирования электрических нагрузок, их достоинства и недостатки
32. Что является графическим решением задачи линейного программирования
33. В чем заключается основная идея симплекс-метода решения задач линейного программирования
34. Какие оптимизационные задачи являются задачами линейного программирования
35. Математическая модель оптимизационной задачи

36. Понятие критерия оптимальности
37. Классификация оптимизационных математических моделей по типу исходной информации
38. Методы решения оптимизационных задач
39. Транспортная задача и ее особенности применительно к задачам электроснабжения
40. Особенности транспортной задачи с учетом пропускной способности линий электропередач
41. Особенности транспортной задачи с учетом транзита мощности
42. Методы решения оптимизационных задач при случайной и неопределенной исходной информации



Билет № 1

по дисциплине:

"Математическое моделирование в системах электроснабжения"

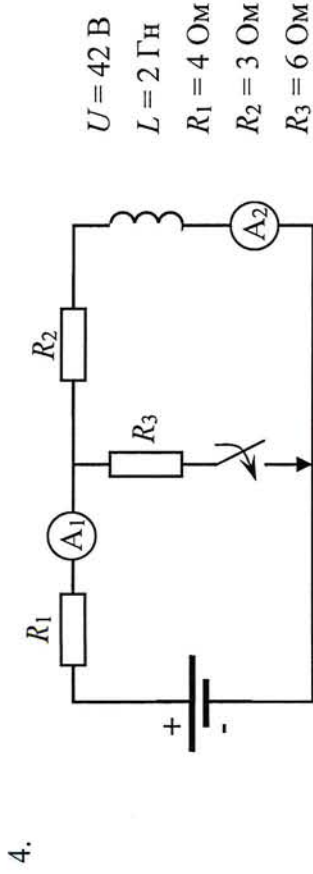


Билет № 2

по дисциплине:

"Математическое моделирование в системах электроснабжения"

1. Напряжения электрических сетей и область их применения
2. Основные методы моделирования электрических нагрузок, их достоинства и недостатки
3. Математическая модель оптимизационной задачи

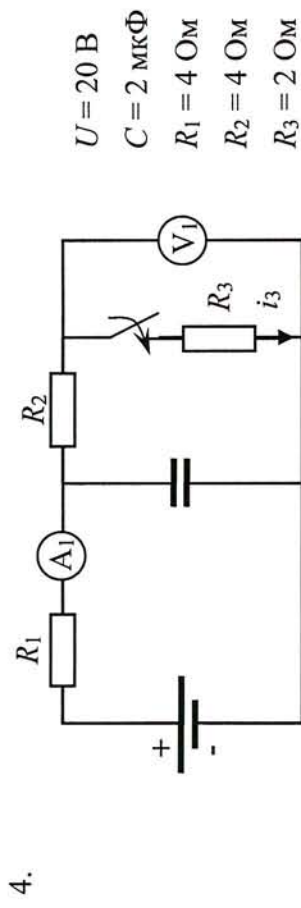


1. Для изображенной на рисунке схемы определите показания измерительных приборов в установившихся режимах до и после коммутации.
2. Изобразите графически изменение тока i_3 в переходном процессе

Составил:
доцент кафедры ЭПП Л.П. Сумарокова

« ___ » _____ 2016 г.

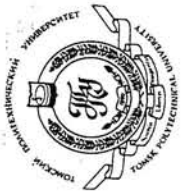
1. Режимы нейтралей электрических сетей
2. Как моделируются элементы электрических сетей при расчете рабочих режимов систем электроснабжения
3. В чем заключается основная идея симплекс-метода решения задач линейного программирования



1. Для изображенной на рисунке схемы определите показания измерительных приборов в установившихся режимах до и после коммутации.
2. Изобразите графически изменение тока i_3 в переходном процессе

Составил:
доцент кафедры ЭПП Л.П. Сумарокова

« ___ » _____ 2016 г.



Билет № 9

по дисциплине:

"Математическое моделирование в системах электроснабжения"



Билет № 10

по дисциплине:

"Математическое моделирование в системах электроснабжения"

1. Физический смысл периодической и аperiodической составляющей тока КЗ
2. Назовите основные типы задач моделирования в электроснабжении, дайте им краткую характеристику
3. Понятие критерия оптимальности
4. Малое предприятие изготавливает два вида изделий: И1 и И2. На производство каждого вида изделий используется три вида ресурсов: Р1, Р2 и Р3. Нормы затрат ресурсов в условных единицах (у.е.) на производство единицы продукции каждого вида приведены в таблице:

Наименование ресурса	Расход ресурса на единицу продукции, у.е.		Запас ресурса
	И1	И2	
Р1	3	5	344
Р2	7	4	255
Р3	8	6	432
Прибыль от выпуска 1 изделия, у.е.	21	18	

В этой же таблице указаны запасы ресурсов, которые могут быть использованы в течение рабочего дня, величины прибыли (в условных единицах) от выпуска одного изделия каждого вида.

Составить математическую модель оптимизационной задачи для определения объемов производства изделий каждого вида в течение рабочего дня, гарантирующие ей максимальную прибыль.

Составил:
доцент кафедры ЭПП Л.П. Сумарокова

« ___ » _____ 2016 г.

1. Особенности режимов 3-х и однофазного КЗ в зависимости от режима нейтрали сети
2. Каковы особенности задач моделирования в электроснабжении, требования к точности выходных данных?
3. Математическая модель оптимизационной задачи
4. Малое предприятие производит три вида изделий: И1, И2 и И3. На производство каждого вида изделий используется два вида ресурсов: Р1 и Р2. Нормы затрат ресурсов в условных единицах (у.е.) на производство единицы продукции каждого вида приведены в таблице:

Наименование ресурса	Расход ресурса на единицу продукции, у.е.			Запас ресурса
	И1	И2	И3	
Р1	3	2	5	62
Р2	4	5	3	89
Прибыль от выпуска 1 изделия, у.е.	21	18	19	

В этой же таблице указаны запасы ресурсов, которые могут быть использованы в течение рабочего дня, величины прибыли (в условных единицах) от выпуска одного изделия каждого вида.

Составить математическую модель оптимизационной задачи для определения объемов производства изделий каждого вида в течение рабочего дня, гарантирующие ей максимальную прибыль.

Составил:
доцент кафедры ЭПП Л.П. Сумарокова

« ___ » _____ 2016 г.