

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет энергетики

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан ФЭН

профессор, к.т.н. Сидоркин
Юрий Михайлович

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы электротехники

ООП: специальность 140203.65 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем

Шифр по учебному плану: ОПД.Ф.5

Факультет: энергетики заочная форма обучения

Курс: 2 3, семестр: 4 5 6

Лекции: 24

Практические работы: 8 Лабораторные работы: 16

Курсовой проект: - Курсовая работа: - РГЗ: -

Самостоятельная работа: 352

Экзамен: 5 6 Зачет: -

Всего: 400

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 650900 Электроэнергетика.(№ 214 тех/дс от 27.03.2000)

ОПД.Ф.5, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Теоретических основ электротехники протокол № 4 от 22.06.2011

Программу разработал

доцент, к.т.н.

Петренко Юрий Васильевич

Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н.

Нейман Владимир Юрьевич

Ответственный за основную образовательную программу

доцент, к.т.н.

Тимофеев Иван Петрович

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр	Содержание учебной дисциплины	Часы
ОПД.Ф.04.01	<p>Теоретические основы электротехники</p> <p>Физические основы электротехники; уравнения электромагнитного поля; законы электрических цепей; цепи синусоидального тока; трехфазные цепи; расчет цепей при периодических несинусоидальных воздействиях; многополюсники; переходные процессы в линейных цепях; нелинейные электрические и магнитные цепи; цепи с распределенными параметрами; теория электромагнитного поля; электростатическое поле; стационарное электрическое поле; магнитное поле; аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей; переменное электромагнитное поле; поверхностный эффект и эффект близости; электромагнитное экранирование</p>	400

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	ГОС ВПО по направлению 650900 Электроэнергетика.(№ 214 тех/дс от 27.03.2000)
Адресат курса	Студенты, обучающиеся по специальности 140203.65 Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Основная цель (цели) дисциплины	Изучив дисциплину, студенты должны овладеть методами расчетов электрических и магнитных полей; методами расчетов сосредоточенных и распределенных, линейных и нелинейных цепей в различных режимах
Ядро дисциплины	Физические основы электротехники; уравнения электромагнитного поля; законы электрических цепей; цепи синусоидального тока; трехфазные цепи; расчет цепей при периодических несинусоидальных воздействиях; многополюсники; переходные процессы в линейных цепях; нелинейные электрические и магнитные цепи; цепи с распределенными параметрами; теория электромагнитного поля; электростатическое поле; стационарное электрическое

	поле; магнитное поле; аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей; переменное электромагнитное поле; поверхностный эффект и эффект близости; электромагнитное экранирование
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	<p>Математический анализ, позволяющий овладеть знаниями основных понятий и методов дифференциального и интегрального исчисления и уметь дифференцировать, интегрировать и производить операции с комплексными числами.</p> <p>Линейная алгебра, позволяющая использовать основные понятия векторного анализа и элементы теории поля и уметь производить операции с векторами и матрицами, решать системы линейных алгебраических уравнений.</p> <p>Физика, позволяющая изучить раздел "Электричество и магнетизм" и уметь применять законы Ома и Кирхгофа для расчета простейших цепей.</p>
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Основные понятия физических основ электротехники, методов аналитической геометрии и линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, векторного анализа, теории функций комплексной переменной, опыт работы на компьютере
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Курс имеет модульную структуру, компонентами которой являются модули, включающие в себя темы (лекционные занятия), практические занятия, лабораторные работы, а также контролирующие компоненты - контрольные работы

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	природе электрических, магнитных и электромагнитных полей
2	о методах расчета и анализа электрических цепей постоянного и синусоидального тока
3	о методах расчета и анализа электрических нелинейных цепей постоянного и синусоидального тока
4	об основных понятиях и моделях теории электромагнитного поля
знать	
5	основные законы теории электромагнитного поля, теории электрических и магнитных цепей
6	методы расчета установившихся режимов в линейных электрических цепях
уметь	
7	пользоваться законами Ома и Кирхгофа для расчета установившихся режимов в линейных электрических цепях
8	делать анализ переходных режимов линейных электрических цепей при периодических и импульсных воздействиях
иметь опыт (владеть)	
9	решения стандартных задач расчета электрических цепей постоянного и переменного тока в установившихся и переходных режимах

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 4		
Модуль: Законы и методы расчета электрических цепей		
Дидактическая единица: Законы электрических цепей		
Квазилинейные проводники. Законы Ома и Кирхгофа. Источники энергии. Основные законы электрических цепей. Принцип наложения. Баланс мощностей	2	1, 3, 4, 6
Семестр: 5		
Модуль: Законы и методы расчета электрических цепей		
Дидактическая единица: Законы электрических цепей		
Основные законы электрических цепей. Принцип наложения. Баланс мощностей	2	2, 5, 6

Метод контурных токов. Методы преобразования электрических цепей	2	2, 5, 6
Метод узловых потенциалов. Теорема взаимности. Входные сопротивления. Метод эквивалентного генератора	2	2, 5, 6
Модуль: Электрические цепи переменного (синусоидального) тока		
Дидактическая единица: Цепи синусоидального тока		
Электрические цепи переменного тока. Расчет электрических цепей переменного тока символическим методом. Мощность в цепи переменного тока.	2	1, 2, 4, 5
Резонансные явления в электрических цепях. Условия резонанса. Частотные характеристики	2	2, 5, 6, 8
Электрические цепи с магнитосвязанными элементами. Правило знаков Последовательное соединение магнитосвязанных элементов. Эквивалентная замена индуктивных связей. Воздушный трансформатор	2	2, 5, 6
Семестр: 6		
Модуль: Электрические цепи переменного (синусоидального) тока		
Дидактическая единица: Цепи синусоидального тока		
Четырехполюсники. Основные уравнения. Режимы работы	2	2, 5, 6
Модуль: Трехфазные электрические цепи		
Дидактическая единица: Трехфазные цепи		
Основные понятия. Расчет симметричных режимов трехфазных цепей	2	1, 2, 4, 5
Смещение нейтрали в трехфазных цепях. Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей. Метод симметричных составляющих	2	2, 4, 5
Модуль: Цепи с несинусоидальными источниками питания		
Дидактическая единица: Расчет цепей при периодических несинусоидальных воздействиях		
Электрические цепи при питании от несинусоидальных источников ЭДС. Разложение несинусоидальных токов и напряжений в ряд Фурье	2	2, 6
Модуль: Цепи с распределенными параметрами		
Дидактическая единица: Цепи с распределенными параметрами		
Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами. Законы коммутации. Классический метод расчета переходных процессов	2	2, 5, 6, 7, 8

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5			
Модуль: Законы и методы расчета электрических цепей			
Дидактическая единица: Законы электрических цепей			
Законы Ома, Кирхгофа. Методы расчета линейных цепей постоянного тока. Символический метод расчета электрических цепей переменного тока	Решение задач теории электрических цепей постоянного тока методом наложения, контурных токов, узловых потенциалов	2	2, 7, 8
Модуль: Электрические цепи переменного (синусоидального) тока			
Дидактическая единица: Цепи синусоидального тока			
Символический метод расчета электрических цепей переменного тока	Расчет электрических цепей переменного тока с использованием комплексных чисел	2	2, 5, 7
Семестр: 6			
Модуль: Нелинейные электрические и магнитные цепи			
Дидактическая единица: Нелинейные электрические и магнитные цепи			
Расчет феррорезонансных режимов в нелинейных цепях переменного тока.	Решение задач по расчету феррорезонансных режимов в нелинейных цепях переменного тока	2	2, 3
Модуль: Переходные процессы в электрических цепях			
Дидактическая единица: Переходные процессы в линейных цепях			
Переходные процессы в электрических цепях первого порядка	Решение задач по расчету начальных условий. Расчет переходных процессов в простейших цепях первого порядка	2	1, 4, 7, 8

Лабораторная работа

Таблица 4.3

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 5			
Модуль: Законы и методы расчета			

электрических цепей			
Дидактическая единица: Законы электрических цепей			
Исследование линейных электрических цепей постоянного тока	Проверка ответов на вопросы контрольной карты, сборка электрической цепи, проведение лабораторного эксперимента	4	1, 2, 6, 7
Модуль: Электрические цепи переменного (синусоидального) тока			
Дидактическая единица: Цепи синусоидального тока			
Исследование линейных электрических цепей однофазного синусоидального тока.	Проверка ответов на вопросы контрольной карты, сборка электрической цепи, проведение лабораторного эксперимента	4	2, 7, 9
Семестр: 6			
Модуль: Цепи с несинусоидальными источниками питания			
Дидактическая единица: Расчет цепей при периодических несинусоидальных воздействиях			
Исследование линейных электрических цепей, содержащих источники несинусоидальных ЭДС	Проверка ответов на вопросы контрольной карты, сборка электрической цепи, проведение лабораторного эксперимента	4	1, 2, 7
Модуль: Переходные процессы в электрических цепях			
Дидактическая единица: Переходные процессы в линейных цепях			
Исследование переходных процессов в линейной электрической цепи с сосредоточенными параметрами	Проверка ответов на вопросы контрольной карты, сборка электрической цепи, проведение лабораторного эксперимента	4	2, 6, 8, 9

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 4, Индив. работа

Подготовка к экзамену (20 час.)

Семестр- 4, Подготовка к занятиям

Проработка материала лекций, решение задач.

Самостоятельное изучение тем модулей: Нелинейные электрические и магнитные цепи: Виды нелинейных элементов. Методы расчета.

Электромагнитные процессы в катушке со стальным сердечником. Схема замещения, векторная диаграмма. Явление феррорезонанса тока в нелинейных электрических цепях.

Переходные процессы в нелинейных электрических цепях переменного тока: Методы расчета. Включение нелинейной катушки на индуктивное напряжение.

Цепи с несинусоидальными источниками питания: Электрические цепи при питании от несинусоидальных источников ЭДС. Разложение несинусоидальных токов и напряжений в ряд Фурье. Влияние L и C на форму кривой тока в цепях с несинусоидальными источниками питания. Коэффициенты, характеризующие форму несинусоидального тока, напряжения и ЭДС. Мощность в цепях несинусоидального тока. Расчет цепей с несинусоидальными источниками питания. Высшие гармоники в трехфазных цепях.

Цепи с распределенными параметрами: Установившиеся режимы в электрических цепях с распределенными параметрами. Основные уравнения. Уравнения длинной линии в мгновенной форме. Бегущая и отраженная волна. Уравнения длинной линии в гиперболических функциях. Входное сопротивление линии. Линия с согласованной нагрузкой. Линия без искажения. Линия без потерь. Стоячие волны в линии без потерь. Холостой ход и короткое замыкание линии без потерь. Линия как четырехполюсник. Переходные процессы в длинных линиях.

Переменное электромагнитное поле: Переменное электромагнитное поле. Основные понятия и уравнения. Теорема Умова-Пойнтинга для мгновенных значений и в комплексной форме. Переменное электромагнитное поле в однородной и изотропной среде. Проводящая среда.

Глубина проникновения волны. Сопротивление проводника на переменном токе. Электрический поверхностный эффект. Магнитный поверхностный эффект. Эффект близости.

Темы, предложенные для самостоятельного изучения и практика решения задач, реализуют цели п.3 рабочей программы. (101 час.)

Семестр- 5, Контрольные работы

Контрольная работа 1. Расчет линейных электрических цепей постоянного тока (30 час.)

Контрольная работа 2. Расчет линейных цепей синусоидального тока (30 час.)

Примеры контрольных работ приведены в п.9 рабочей программы

Семестр- 5, Подготовка к экзамену

Изучение лекционного материала, подготовка теоретического материала, решение задач (50 час.)

Семестр- 5, Подготовка к занятиям

Проработка материала лекций, решение задач по теме занятия.

Самостоятельное изучение тем модулей: Физические основы электротехники: Напряженность поля точечного, объемно и линейно распределенных зарядов. Теорема Гаусса. Векторы поляризации и смещения. Обобщенная теорема Гаусса. Работа сил поля. Напряжение. Потенциал. Энергия и силы. Граничные условия в электростатике. Электродвижущие силы. Э.д.с замкнутого контура.

Нелинейные электрические и магнитные цепи: Нелинейные цепи постоянного тока. Характеристики нелинейных элементов

Магнитные цепи постоянного тока. Методы расчета нелинейных цепей постоянного тока.

Темы, предложенные для самостоятельного изучения и практика решения задач, реализуют цели п.3 рабочей программы. (66 час.)

Семестр- 6, Контрольные работы

Контрольная работа №3 . Расчет переходных процессов в электрических цепях (30 час.).
Контрольная работа №4. Расчет 3-х фазных электрических цепей с несинусоидальными источниками э.д.с (30 час.)

Примеры контрольных работ приведены в п.9 рабочей программы

Семестр- 6, Подготовка к экзамену

Изучение лекционного материала, подготовка теоретического материала, решение задач (50 час.)

Семестр- 6, Подготовка к занятиям

Самостоятельное изучение тем модулей: Нелинейные электрические и магнитные цепи: Виды нелинейных элементов. Методы расчета.

Электромагнитные процессы в катушке со стальным сердечником. Схема замещения, векторная диаграмма. Явление феррорезонанса тока в нелинейных электрических цепях.

Переходные процессы в нелинейных электрических цепях переменного тока: Методы расчета. Включение нелинейной катушки на инусоидальное напряжение.

Цепи с несинусоидальными источниками питания: Электрические цепи при питании от несинусоидальных источников ЭДС. Разложение несинусоидальных токов и напряжений в ряд Фурье. Влияние L и C на форму кривой тока в цепях с несинусоидальными источниками питания. Коэффициенты, характеризующие форму несинусоидальных тока , напряжения и ЭДС. Мощность в цепях несинусоидального тока. Расчет цепей с несинусоидальными источниками питания. Высшие гармоники в трехфазных цепях.

Цепи с распределенными параметрами: Установившиеся режимы в электрических цепях с распределенными параметрами. Основные уравнения. Уравнения длинной линии в мгновенной форме. Бегущая и отраженная волна. Уравнения длинной линии в гиперболических функциях. Входное сопротивление линии. Линия с согласованной нагрузкой. Линия без искажения. Линия без потерь. Стоячие волны в линии без потерь. Холостой ход и короткое замыкание линии без потерь. Линия как четырехполюсник. Переходные процессы в длинных линиях.

Переменное электромагнитное поле: Переменное электромагнитное поле. Основные понятия и уравнения. Теорема Умова-Пойнтинга для мгновенных значений и в комплексной форме. Переменное электромагнитное поле в однородной и изотропной среде. Проводящая среда.

Глубина проникновения волны. Сопротивление проводника на переменном токе. Электрический поверхностный эффект. Магнитный поверхностный эффект. Эффект близости.

Темы, предложенные для самостоятельного изучения и практика решения задач, реализуют цели п.3 рабочей программы. (66 час.)

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

Аттестация студентов по учебной дисциплине производится по рейтинговой системе. Критерии оценки учебных достижений обучающихся для определения рейтинга по дисциплине доводятся до сведения студента в начале изучения курса. Максимальный рейтинг по дисциплине составляет 100 баллов.

Порядок определения рейтинга студента по дисциплине

Рейтинг студента по дисциплине является основой для выставления итоговой оценки по дисциплине по четырехуровневой шкале либо «зачтено». Итоговая оценка проставляется в ведомость и зачетную книжку студента.

Для оценки достижений студентов в ходе изучения дисциплины применяется бально-рейтинговая система. Суммарный рейтинг студента в баллах за семестр складывается из оценки его деятельности в течение семестра и оценки, полученной на экзамене, в соотношении 60/40.

Максимальный балл проставляется за качественное и своевременное выполнение работ и требований к ним по всем видам деятельности студентов.

Оценка видов деятельности студентов в семестре

6.1. Выполнение контрольных работ

Контрольные работы выполняются в процессе самостоятельной работы.

Выполнение контрольной работы оценивается в диапазоне от 25 до 55 баллов. Общий балл за выполненные контрольные работы является средним арифметическим результатов оценки каждой контрольной работы.

6.2. Лабораторный практикум

Выполнение и защита работ, входящих в лабораторный практикум, оценивается в диапазоне от 25 до 55 баллов. Преподаватель, ведущий лабораторные работы, может использовать традиционную пятибалльную шкалу для оценки работы студентов в семестре. В этом случае традиционная оценка переводится в баллы в соответствии с таблицей 6.2

Таблица 6.2

удовлетворительно (минус)	25 баллов
удовлетворительно	30 баллов
хорошо (минус)	35 баллов
хорошо	40 баллов
отлично (минус)	45 баллов
отлично	50 баллов
Отлично (плюс)	55 баллов

6.4. Правила выставления оценки деятельности студента в семестре

Количество баллов, набранное студентом в течение семестра, рассчитывается как среднее арифметическое баллов за все виды его деятельности. На основании полученного среднего балла по п.п. 6.1, 6.2 выставляется предварительная оценка:

25...34 баллов – удовлетворительно

35...44 баллов – хорошо

45...55 баллов – отлично

6.5. Экзамен (зачет)

Экзамен (зачет) по курсу ТОЭ проводятся в письменной или устной форме. Экзаменационный билет содержит теоретический вопрос и задачи. По теоретическому вопросу и каждой задаче выставляется оценка по пятибалльной системе.

Оценка за ответ на экзамене представляет собой среднеарифметическое значение полученных оценок.

Если оценка за ответ на экзамене не совпадает с предварительной оценкой, то результирующая оценка выставляется после дополнительной устного собеседования или рассчитывается как среднее арифметическое этих двух оценок (округление в сторону предварительной оценки).

Если студент за работу в семестре набрал от 55 баллов и выше, к его экзаменационной оценке по пятибалльной системе добавляется один балл.

Итоговая оценка за семестр определяется совокупностью баллов экзаменационных и набранных в течение семестра:

50÷72 баллов – удовлетворительно; 73÷86 баллов – хорошо; 87÷100 баллов – отлично

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник для вузов по направлениям подготовки дипломированных специалистов "Электротехника, электромеханика и электротехнологии", "Электроэнергетика", "Приборостроение" / Л. А. Бессонов. - М., 2006. - 701 с. : ил., схемы - Рекомендовано МО.
2. Теоретические основы электротехники. В 3 т.. Т. 1 : учебник для вузов / К. С. Демирчян и др. - СПб., 2004. - 462 с. : ил. - Рекомендовано МО.
3. Теоретические основы электротехники.[В 3 т.]. Т. 3 : учебник для вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. - СПб., 2003. - 376 с. : ил.. - Изд. программа 300 лучших учеб. для высших школ в честь 300-летия Санкт-Петербурга. - Рекомендовано МО.
4. Теоретические основы электротехники. [В 3 т.]. Т. 2 : учебник для вузов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и "Электроэнергетика" / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. - СПб., 2003. - 575 с. : ил.. - Изд. программа 300 лучших учеб. для высших школ в честь 300-летия Санкт-Петербурга. - Рекомендовано МО.
5. Нейман В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 1 : учебное пособие / В. Ю. Нейман ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. мехатроники и автоматизации. - Новосибирск, 2008. - 114, [1] с. : ил.
6. Нейман В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 2 : учебное пособие / В. Ю. Нейман ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. мехатроники и автоматизации. - Новосибирск, 2009. - 148, [1] с. : ил., табл.
7. Нейман В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 3 : учебное пособие / В. Ю. Нейман ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. мехатроники и автоматизации. - Новосибирск, 2010. - 141, [2] с. : ил.
8. Малинин Л. И. Основы теории цепей в упражнениях и задачах : [учебное пособие] / Л. И. Малинин, В. Т. Мандрусова, В. Ю. Нейман ; под ред. В. Ю. Неймана. - Новосибирск, 2007. - 295 с. : ил.
9. Новгородцев А. Б. Теоретические основы электротехники : 30 лекций по теории электрических цепей : [учебное пособие для вузов по группе направлений подготовки бакалавров и магистров 550000 "Технические науки" и дипломированных специалистов 650000 "Техника и технологии" дисциплине "Теоретические основы электротехники"] / А. Б. Новгородцев. - СПб. [и др.], 2006. - 575 с. : ил.. - На тит. л.: Изд. прогр. "300 лучших учеб. для высш. шк. в честь 300-летия Санкт-Петербурга". - Рекомендовано УМО.

В электронном виде

1. Нейман В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 1 : учебное пособие / В. Ю. Нейман ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. мехатроники и автоматизации. - Новосибирск, 2008. - 114, [1] с. : ил.. - Режим доступа:
<http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/neim.rar>
2. Нейман В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 2 : учебное пособие / В. Ю. Нейман ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. мехатроники и автоматизации. - Новосибирск, 2009. - 148, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа:
<http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2009/neiman.pdf>

3. Нейман В. Ю. Теоретические основы электротехники в примерах и задачах. Ч. 3 : учебное пособие / В. Ю. Нейман ; Новосиб. гос. техн. ун-т, Фак. мехатроники и автоматизации. - Новосибирск, 2010. - 141, [2] с. : ил.
4. Малинин Л. И. Основы теории цепей в упражнениях и задачах : [учебное пособие] / Л. И. Малинин, В. Т. Мандрусова, В. Ю. Нейман ; под ред. В. Ю. Неймана. - Новосибирск, 2007. - 295 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/malinin.pdf>

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Алгоритмизированные расчетно-графические задания по курсам "Теоретические основы электротехники", "Основы теории электрических цепей" : задания N1-4 для 1-2 курсов электротехн. специальностей всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Аксютин]. - Новосибирск, 1998. - 38 с. : схемы, табл.
2. Говорков В. А. Теория электромагнитного поля в упражнениях и задачах / В. А. Говорков, С. Д. Купалян. - М., 1970. - 302 с.
3. Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи : Учебник для вузов / П. Н. Матханов. - М., 1990. - 400 с.
4. Зима Т. Е. Теоретические основы электротехники. Основы теории электромагнитного поля : учебное пособие / Т. Е. Зима, Е. А. Зима ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 197 с. : ил.
5. Практический курс теоретических основ электротехники. Ч. 2 : сборник задач для студентов очной и дистанционной формы обучения. / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. : Б. В. Литвинов и др.]. - Новосибирск, 2004. - 150 с. : ил.
6. Петренко Ю. В. Теоретические основы электротехники. Ч. 1 : учебное пособие / Ю. В. Петренко ; Новосиб. гос. техн. ун-т, [Фак. мехатроники и автоматизации]. - Новосибирск, 2009. - 145, [1] с. : ил.
7. Инкин А. И. Электромагнитные поля и параметры электрических машин : учебное пособие для вузов / Новосиб. гос. техн. ун-т ; А. И. Инкин. - Новосибирск, 2002. - 463 с. : ил. - Рекомендовано МО.
8. Основы теории цепей : учебник для электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов / Г. В. Зевеке [и др.]. - М., 1989. - 528 с. - Рекомендовано МО.
9. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники : в 3 частях : учебник для вузов / Л. А. Бессонов. - М., 1973. - 750 с. : ил.

В электронном виде

1. Зима Т. Е. Теоретические основы электротехники. Основы теории электромагнитного поля : учебное пособие / Т. Е. Зима, Е. А. Зима ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2005. - 197 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2005/zima.rar>
2. Практический курс теоретических основ электротехники. Ч. 2 : сборник задач для студентов очной и дистанционной формы обучения. / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. : Б. В. Литвинов и др.]. - Новосибирск, 2004. - 150 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/litv.rar>
3. Петренко Ю. В. Теоретические основы электротехники. Ч. 1 : учебное пособие / Ю. В. Петренко ; Новосиб. гос. техн. ун-т, [Фак. мехатроники и автоматизации]. - Новосибирск, 2009. - 145, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2009/petrenko.pdf>

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Лабораторный практикум по теории электрических цепей. Ч. 2 : для электротехнических специальностей (Лабораторные работы № 6-9, 11-14) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Бланк и др.]. - Новосибирск, 2008. - 128, [3] с. : ил., табл.
2. Лабораторный практикум по теории электрических цепей : лабораторные работы № 1, 2, 3 : методические указания для дневного и заочного отделений АВТФ, РЭФ, ФТФ, изучающих курс электротехники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Петренко, Ю. Б. Смирнова]. - Новосибирск, 2010. - 53, [3] с. : ил., табл.
3. Алгоритмизированные задания по курсу ТОЭ : (домашние расчетно-графические задания №3-5) : методическое руководство для ЭМФ, АВТФ, ФЭН, РЭФ всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Аксютин и др.]. - Новосибирск, 2007. - 84, [4] с. : ил.
4. Алгоритмизированные задания по курсу ТОЭ. Домашние задания № 1 и 2 : методическое руководство для ЭМФ, АВТФ, ФЭН, РЭФ всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Аксютин, Б. В. Литвинов, Ю. В. Петренко]. - Новосибирск, 2004. - 43 с. : ил.
5. Схемотехническое моделирование электрических цепей. Ч. 1 : лабораторный практикум для электротехнических специальностей всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. А. Аксютин, Ф. Э. Лаппи, В. Ю. Нейман]. - Новосибирск, 2011. - 103 с. : ил., табл.
6. Лабораторный практикум по теории электрических цепей. Ч. 1 : (лабораторные работы № 1, 2, 3, 4, 5) : методическое руководство для электротехнических специальностей / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Зонов и др.]. - Новосибирск, 2009. - 81, [3] с. : табл., ил.

В электронном виде

1. Лабораторный практикум по теории электрических цепей. Ч. 2 : для электротехнических специальностей (Лабораторные работы № 6-9, 11-14) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. В. Бланк и др.]. - Новосибирск, 2008. - 128, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2008/2008_3563.pdf
2. Лабораторный практикум по теории электрических цепей : лабораторные работы № 1, 2, 3 : методические указания для дневного и заочного отделений АВТФ, РЭФ, ФТФ, изучающих курс электротехники / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Ю. В. Петренко, Ю. Б. Смирнова]. - Новосибирск, 2010. - 53, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/2010_3785.pdf
3. Алгоритмизированные задания по курсу ТОЭ : (домашние расчетно-графические задания №3-5) : методическое руководство для ЭМФ, АВТФ, ФЭН, РЭФ всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Аксютин и др.]. - Новосибирск, 2007. - 84, [4] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/3309.rar>
4. Алгоритмизированные задания по курсу ТОЭ. Домашние задания № 1 и 2 : методическое руководство для ЭМФ, АВТФ, ФЭН, РЭФ всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. В. А. Аксютин, Б. В. Литвинов, Ю. В. Петренко]. - Новосибирск, 2004. - 43 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2815.rar>
5. Схемотехническое моделирование электрических цепей. Ч. 1 : лабораторный практикум для электротехнических специальностей всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. А. Аксютин, Ф. Э. Лаппи, В. Ю. Нейман]. - Новосибирск, 2011. - 103 с. : ил., табл.
6. Лабораторный практикум по теории электрических цепей. Ч. 1 : (лабораторные работы № 1, 2, 3, 4, 5) : методическое руководство для электротехнических специальностей / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Зонов и др.]. - Новосибирск, 2009. - 81, [3] с. : табл., ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3707.pdf>

8.2 Программное обеспечение

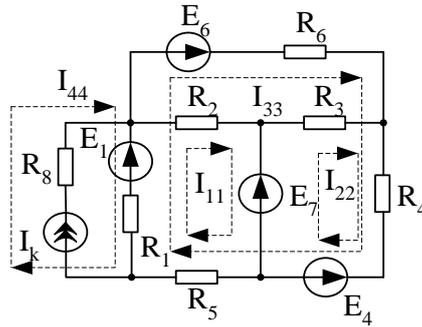
1. ANSYS, Ansys Academic Research, набор инструментов инженерного моделирования

2. ООО "Тор", ELCUT, программа моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач
3. Electronics Workbench, Multisim AcademicEdition ,

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

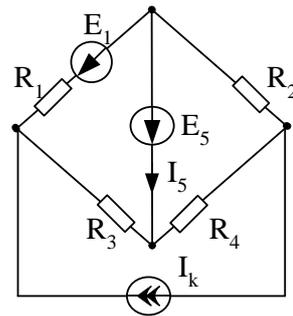
Карточка №1

1.



Записать систему уравнений по второму закону Кирхгофа для контурных токов.

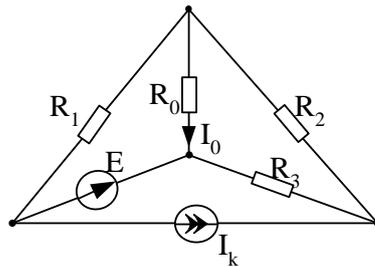
2.



$I_k = 4$ (А), $E_1 = E_5 = 12$ (В),
 $R_1 = R_2 = R_4 = 4$ (Ом), $R_3 = 6$ (Ом).

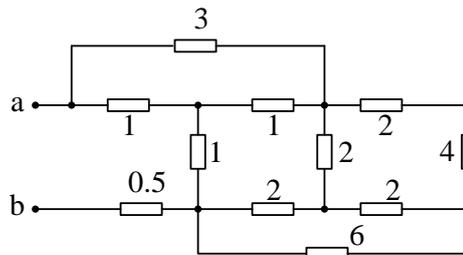
Рассматривая схему как активный двухполюсник относительно сопротивления R_1 , найти методом эквивалентного генератора токи I_1, I_5 .

3.



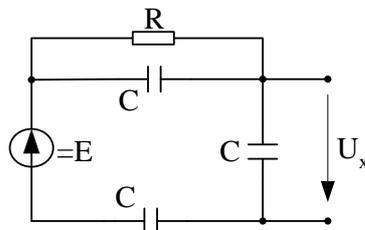
$I_k = 4$ (А),
 $R_1 = 4$ (Ом), $R_2 = 7$ (Ом),
 $R_3 = 5$ (Ом), $R_0 = 12$ (Ом).
Определить мощность потребляемую в R_0 , если E уменьшилась на 20 (В).

4.



Определить входное сопротивление схемы относительно точек а и б. Сопротивления даны в Омах.

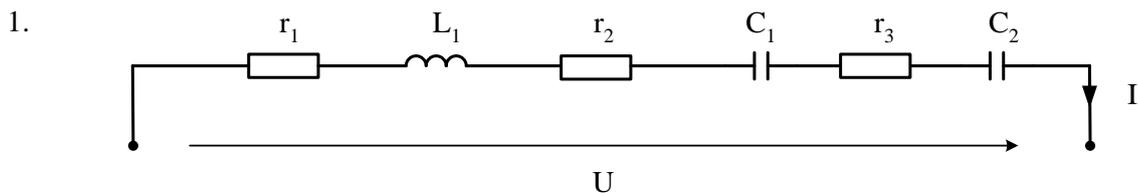
5.



Определить параметры эквивалентного генератора U_x и $C_{вх}$.

Рис.1 Контрольная карта по цепям постоянного тока

Карточка №1



Построить топографическую диаграмму соответствующую данной схеме.

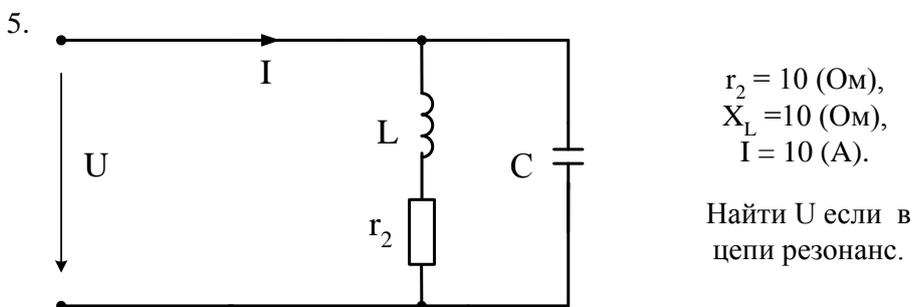
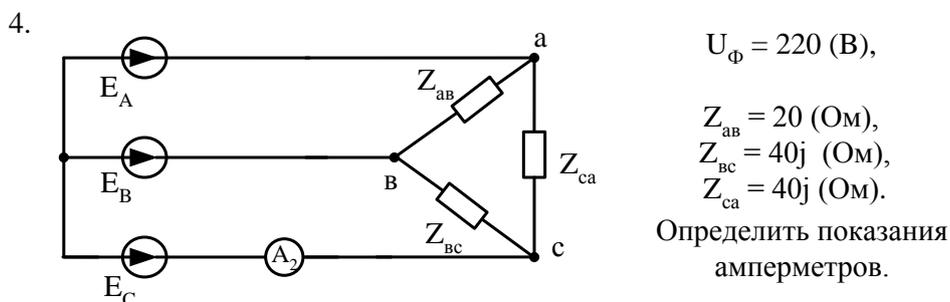
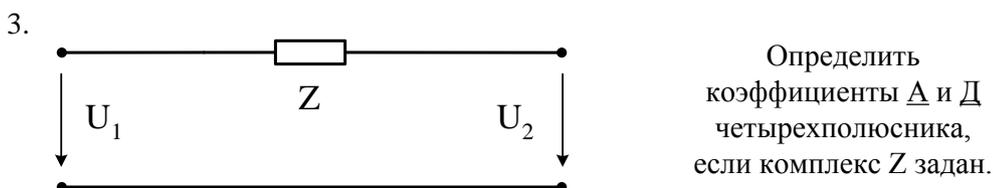
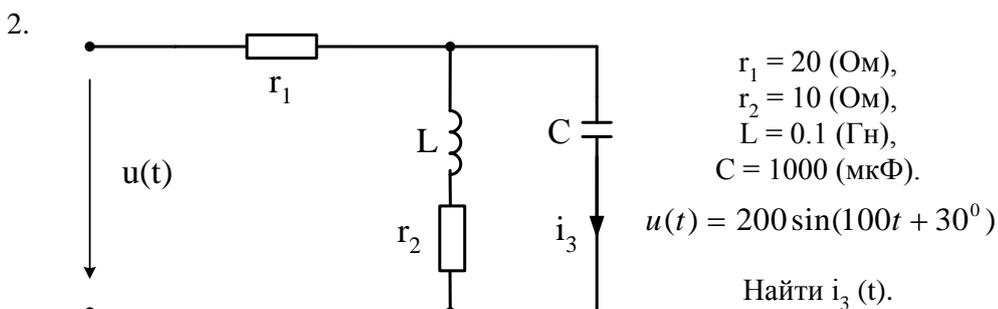
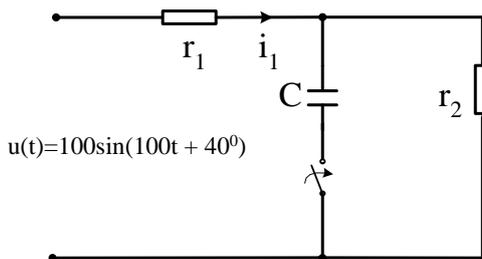


Рис.2 Контрольная карта по цепям синусоидального тока

Карточка №1

1.



$r_1 = 10$ (Ом), $r_2 = 40$ (Ом),
 $C = 500$ (мкФ).

Определить $i_1(t)$
классическим методом.

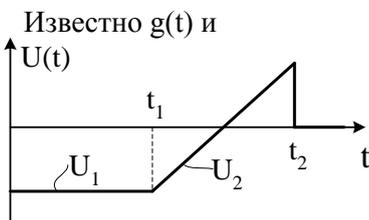
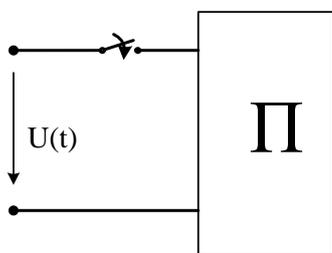
2.

Изображение тока в переходном процессе
имеет вид:

$$I(p) = \frac{6p + 100}{p(p + 20)(p + 50)}$$

Определить $i(t)$.

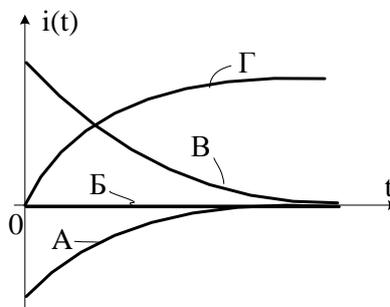
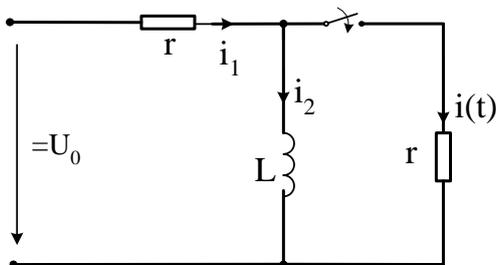
3.



$$i(t) = U_1(0)g(t) + \int_{t_1}^{t_2} U_2'(\tau)g(t - \tau)d\tau - U_2(t_2)g(t - t_2)$$

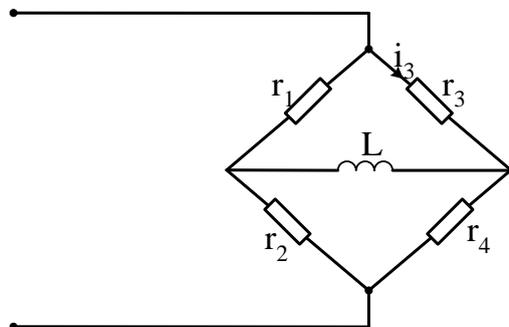
Указать какому интервалу времени соответствует написанное $i(t)$.

4.



Какая кривая соответствует изменению тока $i(t)$

5.



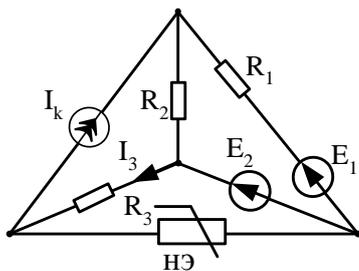
$r_1 = r_4 = 10$ (Ом),
 $r_2 = r_3 = 40$ (Ом),
 $L = 0.1$ (Гн).

Определить переходную
проводимость $g_3(t)$ для
ветви с током i_3 .

Рис.3 Контрольная карта по переходным процессам

Карточка №1

1.

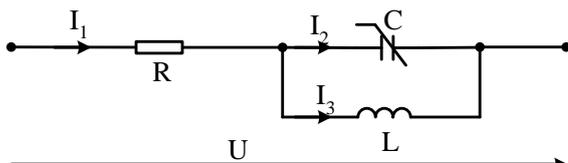


$I_k = 10(A)$,
 $R_1 = 10(OM)$, $R_2 = 15(OM)$
 $R_3 = 20(OM)$, $E_1 = E_2 = 100(B)$
 Определить I_3 .

ВАХ нелинейного сопротивления задана

U	B	0	20	40	80	160
I	A	0	4	6	9	12

2.



Дана ВАХ инерционного
 НЭ $U_C(I)$, $R = 25(OM)$,
 $X_L = 25(OM)$

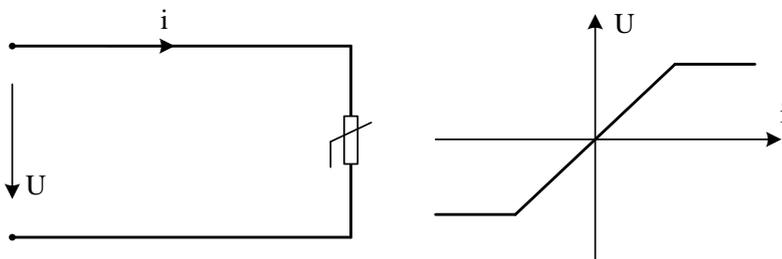
Имеет ли место в данной цепи
 резонанс? Если нет, то можно ли
 добиться резонанса не меняя X_L и
 параметров нелинейного конденсатора

U_C	B	0	25	40	50	55	60
I	A	0	0,5	1	2	3,5	8

3.

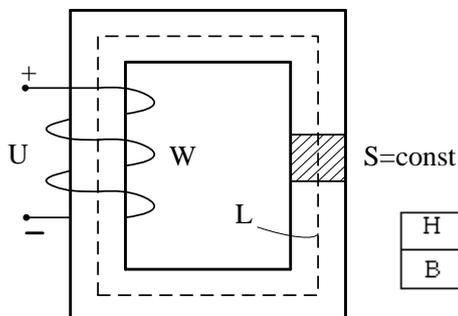
Трансформатор работает в режиме холостого хода, потребляя мощность $P_{1x} = 11(BT)$. Ток первичной обмотки $I_{1x} = 0.5(A)$. Определить проводимость потерь $g_{п}$ если $r_1 = 40(OM)$, $X_s = 80(OM)$, $U = 100(B)$.

4.



Какие гармоники будут содержаться в кривой напряжения на нелинейном элементе, если ток в нем синусоидален, а ВАХ задана

5.



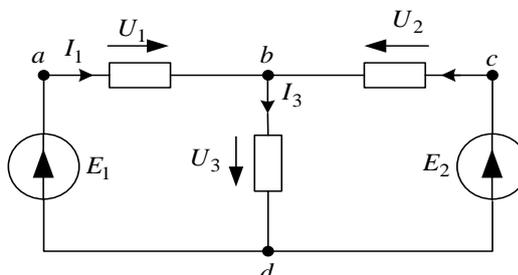
Катушка со стальным сердечником имеет 314 витков,
 $L = 25(см)$, $S = 5(см^2)$. Определить магнитодвижущую
 силу если $\Phi = 6.5 \cdot 10^{-4}(Bб)$.

H	A/m	820	850	910	970	1150	1400	2000	2600
B	Tл	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,7

Рис.4 Контрольная карта по нелинейным цепям

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

В работе исследуется линейная электрическая цепь постоянного тока с двумя источниками энергии. Параметры цепи E_1, E_2, R_1, R_2, R_3 известны.



Для проверки принципа наложения рассчитать:

Задание		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
1.	От действия ЭДС E_1 составляющую тока	I'_2	I'_3	I'_1
2.	От действия ЭДС E_2 составляющую тока	I''_2	I''_3	I''_1
3.	По методу наложения (используя результаты расчета по п.1, 2) ток	I_2	I_3	I_1
4.	По второму закону Кирхгофа (используя результаты расчета по п. 3) напряжение	U_3	U_1	U_2

Результаты расчетов по п.п.1-4 занести в таблицу 2 отчета

Для исследования распределения потенциала в цепи рассчитать:

Задание	Вариант
	Вариант 1
	Вариант 2
	Вариант 3
3	5. Потенциалы точек а, в, с, d, используя результаты расчетов по п.п. 3, 4, и построить потенциальную диаграмму для внешнего контура, приняв равным нулю потенциал
5.	Потенциалы точек а, в, с, d, используя результаты расчетов по п.п. 3, 4, и построить потенциальную диаграмму для внешнего контура, приняв равным нулю потенциал
5.	Потенциалы точек а, в, с, d, используя результаты расчетов по п.п. 3, 4, и построить потенциальную диаграмму для внешнего контура, приняв равным нулю потенциал
	Потенциалы точек а, в, с, d, используя результаты расчетов по п.п. 3, 4, и построить потенциальную диаграмму для внешнего контура, приняв равным нулю потенциал

нулю потенциал

φ_a

φ_b

φ_c *Результаты расчетов по п.5*

занести в таблицу 3 отчета

Результаты расчетов по п.5 занести в таблицу 3 отчета

Результаты расчетов по п.5 занести в таблицу 3 отчета

Для определения параметров эквивалентного генератора и исследования его режимов рассчитать: Задание Вариант

Задание Вариант

Задание Вариант

Вариант

1 Вариант

Вариант

2 Вариант

Вариант

3 6. Э.д.с. эквивалентного генератора и его внутреннее сопротивление относительно ветвей с сопротивлениями

6. Э.д.с. эквивалентного генератора и его внутреннее сопротивление относительно ветвей с сопротивлениями

6. Э.д.с. эквивалентного генератора и его внутреннее сопротивление относительно ветвей с сопротивлениями

Э.д.с. эквивалентного генератора и его внутреннее сопротивление относительно ветвей с сопротивлениями

R_1

R_2

R_3 7. Ток в ветви, указанной в п. 6, при измененном значении сопротивления в этой ветви (используя результаты п. 6)

7. Ток в ветви, указанной в п. 6, при измененном значении сопротивления в этой ветви (используя результаты п. 6)

7. Ток в ветви, указанной в п. 6, при измененном значении сопротивления в этой ветви (используя результаты п. 6)

Т
О
К
В
В
Е
Т
В
И
,
У
К
А
З
А
Н
Н
О
Й
В
П
·
Б,
П
Р
И
З
М
Е
Н
Е
Н
Н
О
М
З
Н
А
Ч
Е
Н
И
И
С
О
П
Р
О
Т
И
В

Л
е
н
и
я
в
э
т
о
й
в
е
т
в
и
(
и
с
п
о
л
ь
з
у
я
р
е
з
у
л
ь
т
а
т
ы
п
.
б
)

R'_1

R'_2

R'_3

P

*результаты расчетов по п.п. 6,7 занести в таблицу
4 отчета*

Рис. 5 . Контрольная карта к лабораторному практикуму

Контрольная работа №1

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Задание служит для освоения студентами различных методов расчета линейных электрических цепей постоянного тока (метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод наложения, метод пропорционального пересчета, методы рациональных преобразований электрических схем, метод эквивалентного генератора). Задание предусматривает проверку правильности расчета с помощью законов Кирхгофа и баланса мощности.

Для расчета задания студент получает от преподавателя индивидуальную карточку, примерный вид которой представлен на рис.6. Электрическая схема, составленная по данным этой карточки, показана на рис.7.

Задание по ТОЭ №1 вариант № 110			
Ветвь №	Узлы нач-кон	R (Ом)	E (В)
1	1-2	700.00	0.0
2	3-4	500.00	0.0
3	1-6	0.00	2.0
4	3-2	600.00	0.0
5	3-5	630.00	0.0
6	4-2	600.00	5.0
7	5-1	270.00	0.0
8	6-4	0.00	0.0
Источник тока $I_K(2-3)=7$ мА			
φ_1 -принять равным нулю.			

Рис.6

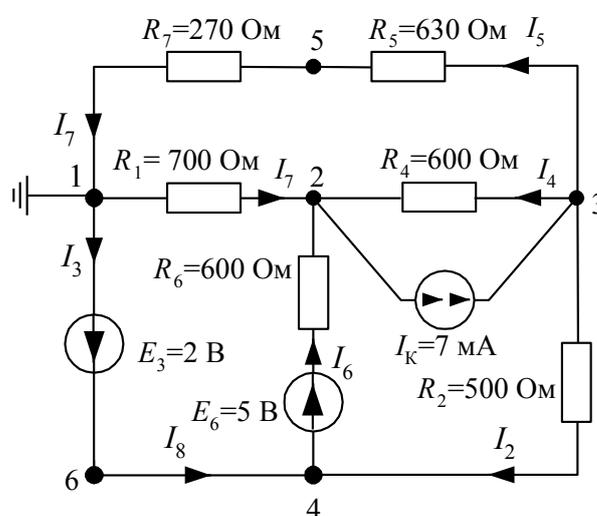


Рис.7

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

- Для схемы (рис.7) рассчитать все токи методом контурных токов.
- Проверить расчет по второму закону Кирхгофа и по уравнению баланса мощностей.
- Рассчитать ток в ветви №2 по методу узловых потенциалов, приняв равным нулю потенциал узла, указанного в задании.
- Рассчитать ток в ветви №3 методом наложения:
 - а) от действия источника тока методом пропорционального пересчета;
 - б) от действия каждого из источников ЭДС с использованием рациональных преобразований.
- Рассчитать ток в ветви с сопротивлением R_4 методом эквивалентного генератора, рассматривая схему относительно указанной ветви как активный двухполюсник.

Контрольная работа №2

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

Домашнее задание по ТОЭ №2
$E_1=141\sin(500T+90)$ В $E_3=141\sin(500T-315)$ В $r_3=40.0$ Ом $L_1=0.100$ Гн $C_2=50$ мкФ $L_{кат2}=0.140$ Гн. Намотка кат. 2 правая $L_{кат3}=0.160$ Гн. Намотка кат. 3 левая $M(2-3)=0.140$ Гн. Нагрузка: $C_H=9.524$ мкФ, сое-ние тр-к Построить круговую диаграмму тока I_3 При изменении модуля сопротивления C_2

Рис.8

Задание имеет целью практического освоения студентами методов расчета и анализа установившихся режимов в линейных цепях синусоидального тока. Для расчета задания студент получает от преподавателя индивидуальную карточку (рис.8). Электрическая схема, составленная по данным этой карточки, показана на рис.9.

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ № 2

1. Разметить одноименные зажимы индуктивно связанных катушек.
2. Составить для рассматриваемой цепи систему уравнений по законам Кирхгофа для мгновенных значений и в символической форме.
3. Сделать «развязку» индуктивных связей в цепи.
4. Рассчитать токи в ветвях символическим методом. Записать мгновенные значения токов.
5. Составить баланс мощности. Определить показания ваттметров.

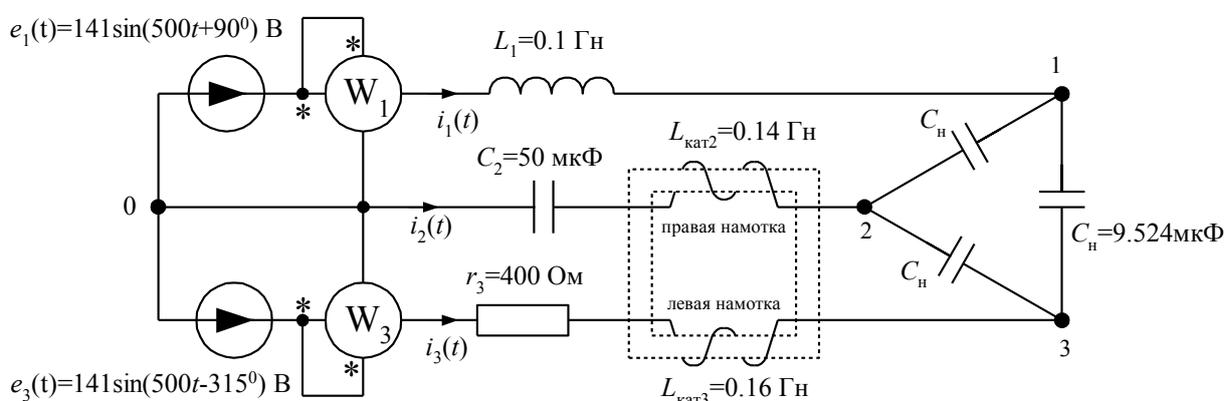


Рис.9

РАСЧЕТ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С НЕСИНУСОИДАЛЬНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭДС

Электрическая схема, составленная по данным карточки (рис.10), показана на рис.12. Зависимость фазной ЭДС от времени приведена на Рис.11

Задание по ТОЭ №3		№	8107	
Параметры ЭДС рис.3 A=50 FI=210 B=40	Линия	R	XL	XC
	Нагр.-1	70	50	40
	Нагр.-2	150	0	120
	0-провод	0	40	0
		30	0	180
Определить: W_2 , A_{12} , A_{21} , A_{32} и $U(3-11)$				

Рис.10

Зависимость $e(\omega t)$

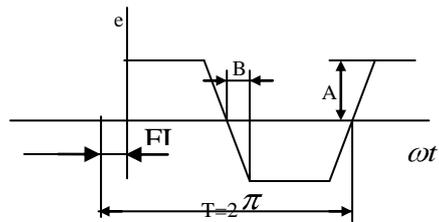


Рис11

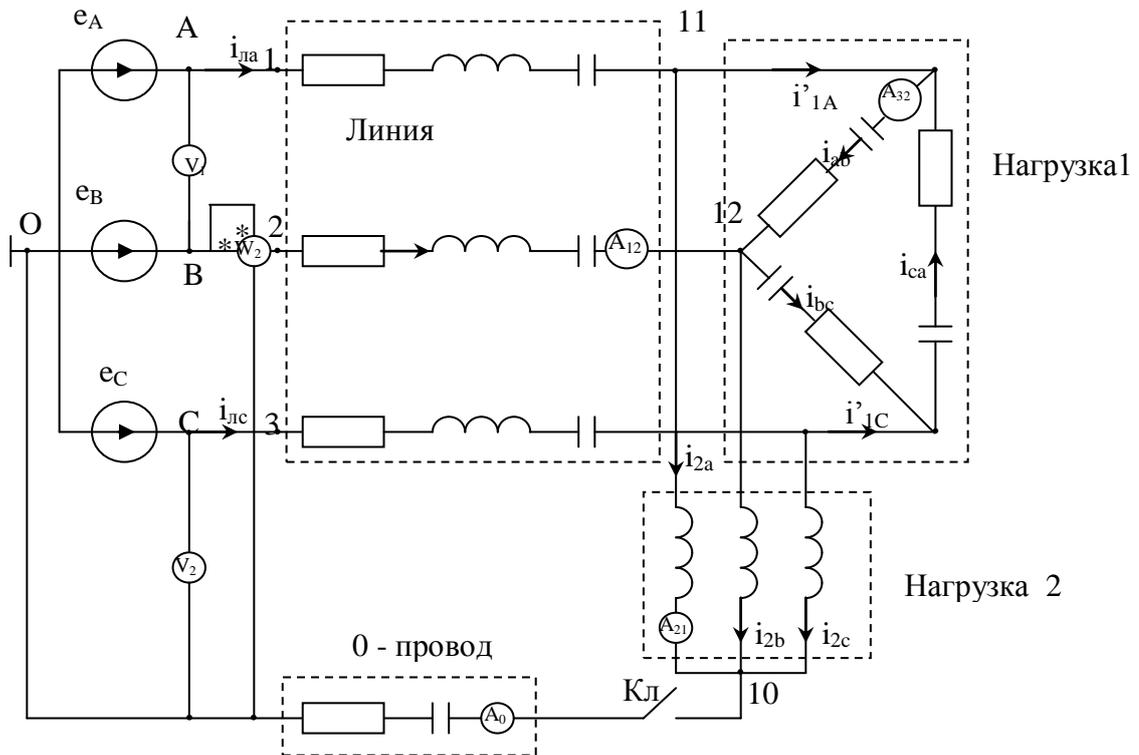


Рис.12

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. Разложить в ряд Фурье несинусоидальную периодическую ЭДС фазы А.
2. Выполнить графическую проверку правильности разложения кривой в ряд Фурье.
3. Определить показания заданных в расчетной схеме приборов: амперметров, ваттметра и вольтметров, Все измерительные приборы электромагнитной системы.
4. Рассчитать и построить кривую изменения напряжения по времени между указанными в нижней строке карточки точками схемы Рис.12. Расчеты пунктов 3,4 выполнить для замкнутого и разомкнутого ключа.
5. Результаты расчетов занести в таблицу.

РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Электрическая схема, составленная по данным карточки (рис.13), показана на рис.14.

Ветвь №	Узел (начал о-конец ветви)	R(Ом)	Ключ зам. R ₄	Задание – 4 № 1011101		
1	1 – 4	60	$E_5 = 1,0 \cdot E + 2 \text{ В}$ $L_1 = 2,0 \cdot E - 1 \text{ Гн}$ $C_{КЗ} = 7,0 \cdot E + 0 \text{ мкФ}$ $C_{АЗ} = 2,5 \cdot E + 0 \text{ мкФ}$ $OMG = 3,0 \cdot E + 2 \text{ 1/с}$ $FI = 0 \text{ град}$	1. Ап-кий опр. i_6		
2	3 – 2	70		2. Кол-ый опр. i_2		
3	2 – 4	50		3. Раз. C ₃ опр. i_1		
4	1 – 2	50		4. Раз. C ₃ опр. i_5		
5	1 – 3	60		5. Раз. L ₁ опр. i_3		
6	3 – 4	40		6. Раз. L ₁ опр. u_{C3}		
Для пункта 4 $e_5(t)$ взять по рис. 25						
Характеристика нелинейного элемента						
$q(K)$	0	1,92·E-6	3,07·E-6	4,02·E-6	4,3·E-6	4,75·E-6
$u(V)$	0	2,62+00	4,19+00	5,94+00	6,98+00	8,73+00

Рис.13 Индивидуальная карточка

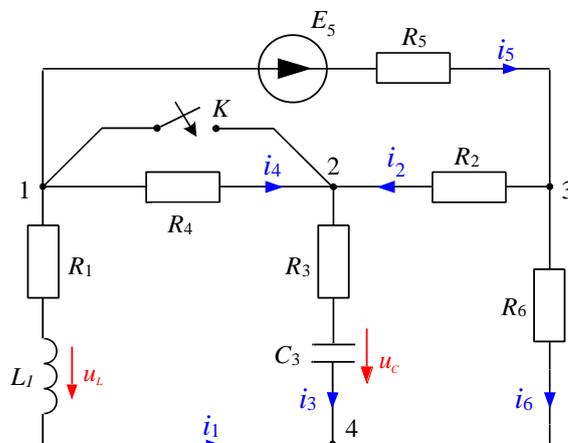


Рис.14 Расчетная схема

СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ

1. Рассчитать схему (рис.11) классическим методом (пункт 1 задания индивидуальной карточки). Определить значения указанного тока (напряжения). При расчете аperiodического процесса (ап-кий) принять значение емкости C , заданное как C_A , а при расчете колебательного режима (кол-ый) принять значение емкости C , заданное как C_K . ЭДС E – величина постоянная (в соответствии с карточкой $E = 100 \text{ В}$).

2. Рассчитать схему (рис.11) операторным методом (пункт 2 карточки) и определить значения указанного тока (напряжения). Значение емкости C взять соответствующее характеру заданного в данном пункте переходного процесса. Значение источника эдс $E = \text{const}$ (то же, что и в пункте 1).

3. Рассчитать переходный процесс классическим методом и определить значение указанного в карточке тока (напряжения). В соответствии с пунктом 3 карточки разомкнуть (сокращенное обозначение “раз.”) один из реактивных элементов схемы, а источник постоянной ЭДС E заменить на синусоидальный источник эдс $e(t) = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$ (при этом, согласно данным карточки, максимальное значение синусоидальной функции E_m принимается равным E , угловая частота ω обозначена как OMG , а начальная фаза φ_e как FI).

4. Рассчитать переходный процесс с помощью интеграла Дюамеля. При этом ключ переносится в ветвь с источником ЭДС и работает на включение. В соответствии с пунктом 4 задания один из реактивных элементов закорачивается, а вместо ЭДС E (рис.11) включается ЭДС $e(t)$, график изменения во времени, необходимо которой взять, в соответствии с карточкой, из рис. 1 ÷ 30.

Определить значение указанного тока (напряжения). 5. Рассчитать переходный процесс (ток в индуктивности или напряжение на емкости) методом переменных состояния.

5. Рассчитать переходный процесс (ток в индуктивности или напряжение на емкости) методом переменных состояния.