МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

В.И. Кривенцев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к изучению дисциплины

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

для студентов II курса

специальности 201300

заочного обучения

Москва - 2002

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Кафедра электротехники и авиационного электрооборудования

В.И. Кривенцев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к изучению дисциплины

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

для студентов II курса

специальности 201300

заочного обучения

Москва - 2002

ББК 621.30

С19

Кривенцев В.И.

Методические указания к изучению дисциплины «Теоретические основы электротехники» для студентов II курса специальности 201300 заочного обучения -М.: МГТУ ГА 2002 - 15 с.

Данные методические указания издаются в соответствии с учебной программой для студентов II курса специальности 201300 заочного обучения.

Рассмотрены и одобрены на заседаниях кафедры ЭТ и АЭО 2002 г. и методической комиссии факультета 2002 г.

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина ТОЭ изучается на II курсе.

Семестр III и IV

Распределение учебных часов.

Объем в часах работы с преподавателем:

Всего часов : 22 часа

ЛК - 10

ЛР - 12

Экзамен

Курсовая работа выполняется самостоятельно.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ ТОЭ
2. Цель преподавания дисциплины ТОЭ

Цель дисциплины ТОЭ - дать студентам знания по теории электрических и магнитных цепей постоянного и переменного тока в установившихся и переходных режимах, привить навыки по проведению экспериментальных исследований и использованию методов расчета электрических цепей, заложить основы понимания электромагнитных явлений, наблюдаемых в процессе эксплуатации транспортного радиооборудования.

«Теоретические основы электротехники» для радиоспециалистов являются базовой общетехнической (общепрофессиональной) дисциплиной, формирующей их электротехническое образование.

Дисциплина основывается на знании студентами «Высшей математики» и «Физики». Знания в области «Теоретических основ электротехники» предопределяют уровень подготовки инженера в дисциплинах «Электроника», «Схемотехника», «Системы автоматического управления», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Электродинамика и устройства СВЧ» и др., а также в таких специальных дисциплинах как «Электроприборное оборудование л.а.» и «Энергосиловое оборудование аэропортов» и др.

1. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен

знать :

-методы анализа установившихся режимов в электрических цепях постоянного тока и магнитных цепях ;

-методы анализа установившихся режимов в электрических цепях переменного синусоидального и несинусоидального тока ;

-методы анализа переходных процессов в линейных электрических цепях ;

-методы анализа цепей с распределенными параметрами.

уметь :

-производить расчет установившегося режима в линейных и нелинейных электрических цепях ;

-производить расчет переходного процесса в линейных электрических цепях ;

-использовать современные прикладные программы для расчета и моделирования электрических цепей.

иметь представления :

-о переходных процессах с распределенными параметрами ;

-о цифровых (дискретных) цепях ;

-о синтезе цепей.

1. Перечень дисциплин и разделов, усвоение которых необходимо

студентам для изучения курса ТОЭ.

Математика :

-Векторная и линейная алгебра.

-Дифференциальное исчисление.

-Интегральное исчисление.

-Ряды Фурье. Преобразование Фурье.

-Преобразование Лапласа.

Физика :

-Электромагнитные свойства вещества.

-Электромагнитные волны. Электропроводность.

Информатика :

-Составление алгоритмов.

-Навыки использования прикладных программ на персональном компьютере.

1. ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники ч. I и II- М.: Высшая школа , 1984 (1978).
2. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. - Л.: Энергия, 1981.

Дополнительная литература.

1. Шебес М.Р. Теория линейных электрических цепей в упражнениях и задачах.- М.: Высшая школа, 1982.
2. Сборник задач по ТОЭ. /Под редакцией Бессонова Л.А.- М.: Высшая школа, 1989.
3. Кривенцев В.И. Авиационная электротехника. Вып.1,2,3- М.: МИИГА, 1984,1986.
4. Кривенцев В.И. Бортовые электрические сети и цепи многофазного гармо-нического тока. Четырехполюсники и сигнальные графы -М.: МИИГА, 1987.
5. Кривенцев В.И. Анализ переходных процессов операторным методом. Расчет на ЭВМ.- М.: МИИГА, 1989.
6. Кривенцев В.И. Авиационная электротехника - М.: МИИГА, 1990,1991.
7. Кривенцев В.И., Артеменко Ю.П. Лабораторный практикум по ТОЭ ч. I, ч. II, ч . III- М.: МИИГА, 1991,1992,1993.
8. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТОЭ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПРОГРАММЫ

РАЗДЕЛ 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Основные понятия, используемые в электрических цепях: ток, потенциал, напряжение - определения, единицы измерения. Основные элементы. Элемен-ты электрических цепей и их вольт-амперные характеристики, пассивные и ак-тивные элементы: сопротивление резистора, источники э.д.с. и тока. Законы Ома , Кирхгофа. Расчет цепей по законам Кирхгофа. Электрическая мощность. Закон Джоуля -Ленца. Условия отдачи в цепь максимальной мощности.

Расчет цепей методом контурных токов и узловых потенциалов. Принцип и метод наложения в линейных цепях. Теорема взаимности. Преобразование цепей: последовательное, параллельное соединение резисторов. Соединение их звездой и треугольником и их взаимное преобразование. Теорема об эквива-лентном источнике электрической энергии. Топология цепей. Матричная фор-ма записи уравнений цепи. Линейные электрические цепи, содержащие кон-денсаторы. Нелинейные цепи постоянного тока. Примеры нелинейных элемен-тов и их вольт-амперных характеристик. Метод линеаризации ВАХ. Графоана-литический метод анализа нелинейных цепей. Преобразование ВАХ при по-следовательном и параллельном соединении нелинейных элементов. Метод зеркальных отображений. Магнитные цепи. Напряженность и индукция маг-нитного поля. Единицы измерения. Магнитные свойства вещества, кривая на-магничивания ферромагнитных материалов. Магнитный поток и магнитное на-пряжение. Магнито-движущая сила (м.д.с.) Законы для магнитных цепей. Ана-логия магнитных и электрических цепей. Методы анализа магнитных цепей.

Методические указания к изучению раздела 1

Литература :[ I ] с. 5...42, [ 3 ] с. 8...67, [ I ] с. 330...345 и с. 345...367,

[ 4 ] с. 380...399 и с. 406...407.

Основные вопросы раздела: основные понятия, характеристики линейных и нелинейных резисторов их вольт-амперные характеристики (ВАХ). Закон Ома для резистора и для участка цепи с двумя элементами пассивным и активным. Законы Кирхгофа и его формы выражения. Мощность и баланс мощностей, методы расчета цепей по законам Кирхгофа, методы контурных токов, наложения и узловых потенциалов. Основы преобразования линейных цепей: способы соединения резисторов, метод двух узлов, преобразование треугольника резисторов в звезду и обратное преобразование. Метод эквивалентного источника электрической энергии.

Следует уделить внимание решению задач по всем изучаемым методам анализа цепей.

По нелинейным цепям: значения ВАХ нелинейных цепей в целях применения их к анализу цепей.

По теме магнитных цепей: свойства ферромагнитных сред, их характеристики, единицы измерения магнитных величин, методы анализа магнитных цепей по законам Ома и Кирхгофа на основе принципа аналогии нелинейных электрических и магнитных цепей. Цепи с постоянными магнитами. Примеры применения магнитных цепей с постоянными магнитами в авиационной технике.

Вопросы по разделу 1

1. Сформулируйте закон Ома для резистора и для участка цепи, содержащей резистор и активный элемент источника э.д.с. и тока.
2. Сформулируйте закон Кирхгофа первый и второй ( две формы). Порядок расчета цепей по законам Кирхгофа.
3. Составьте уравнения по методам контурных токов наложения и узловых потенциалов.
4. Особенности составления уравнений по методам контурных токов и узловых потенциалов с источниками токов.
5. Получите формулу по методу двух узлов.
6. Правила расчета эквивалентного сопротивления при соединении резисторов последовательным, параллельным и смешанным способами.
7. Каково условие отдачи максимальной мощности от источника электрической энергии.
8. Определение параметров эквивалентного источника электрической энергии, исходя из метода холостого хода и короткого замыкания.
9. Что такое статическое и дифференциальное сопротивление.
10. Способ линеаризации ВАХ НЭ и в каком случае он применим.
11. Построение результирующих ВАХ НЦ при последовательном, параллельном и смешанном соединении НЭ в цепи.
12. Преобразование НЭ и активного элемента в одно эквивалентное соединение.
13. Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля.
14. Магнитная проницаемость среды.
15. Описать магнитное поле, создаваемое линейным проводником с током и тором.
16. Изобразите петлю гистерезиса для ферромагнитного материала, отметьте начальную и основную кривые намагничивания, восходящую и нисходящую ветви петли, остаточную индукцию и коэрцетивную силу.
17. Спинка петли гистерезиса, частный цикл и прямая возврата на примере петли магнитотвердого материала.
18. Что такое магнитное напряжение, магнитный поток и магнитное сопротивление ?
19. В чем состоит аналогия между магнитной и электрической цепями?
20. Сформулируйте законы Кирхгофа для магнитных цепей.
21. Как определить магнитный поток в простой и разветвленной магнитной цепи при заданных МДС и свойствах материала магнитных сердечников ?
22. В чем состоит особенность расчета цепей с постоянными магнитами?

РАЗДЕЛ 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕНОГО СИНУСОИДАЛЬНОГО И НЕСИНУСОИДАЛЬ-

НОГО ТОКА

Параметры синусоидального процесса: амплитуда, угловая частота, начальная фаза. Мгновенное, действующее и среднее значение переменного тока. Элементы электрических цепей переменного тока: активное сопротивление, катушка индуктивности, конденсатор, соотношение между мгновенным током и напряжением самоиндукции, ее учет при появлении напряжения на индуктивной катушке.

Активное, реактивное и полное сопротивление цепи синусоидальному току. Мгновенная мощность в цепи переменного тока. Активная, реактивная и полная мощность. Треугольник сопротивлений и мощностей. Измерение мощности при помощи ваттметра. Расчет простых цепей синусоидального тока по действующим значениям.

Изображение синусоидального процесса комплексным вращающимся вектором. Комплексное сопротивление и проводимость. Законы Кирхгофа в символической форме. Символический метод анализа разветвленных цепей синусоидального тока. Особенности применения символического метода в индуктивно-связанных цепях.

Векторные и топографические диаграммы. Понятие о трехфазных цепях. Резонансные явления: резонанс напряжений в последовательном LC- контуре ,

условия резонанса, векторная диаграмма.

Резонанс токов в параллельном LC- контуре , условия резонанса и векторная диаграмма. Понятие резонансной частоты, добротности и волнового сопротивления контура. Частотные свойства цепей. Четырехполюсники.

Разложение периодической кривой в ряд Фурье. Разложение функции, заданной непрерывно и конечным количеством отсчетов: дискретное преобразование Фурье. Расчет цепей при несинусоидальных токах. Понятие об электрических фильтрах.

Методические указания к разделу 2

Литература : [ 1 ] с. 58...108, с. 141-159, с. 159...180;

[ 3 ] с. 70...202, с. 425...466, с. 213...221, с. 230...253.

В теории цепей переменного тока основным является следующее: законы Кирхгофа, поведение пассивных элементов r, L и C в цепи с идеальным источником э.д.с. Явление взаимной индукции.

Важным является освоение символического (комплексного) метода расчета цепей синусоидального тока. Построение векторных и топографических диаграмм.

Особое значение имеет понимание возникновения резонансных явлений в последовательном и параллельном LC контурах.

Следует изучить теорию и методы расчета цепей посредством четырехполюсников.

Многофазные цепи -суть их образования. Соотношение в трехфазных цепях. Мощность трехфазной нагрузки. Соединение обмоток источника многофазных э.д.с. и нагрузок звездой и треугольником.

Для расчета цепи с несинусоидальными источниками э.д.с. и тока важным является разложение периодической э.д.с. в ряд Фурье дискретным методом. Важно представлять, что при расчете линейных цепей с несинусоидальным источником э.д.с используется метод наложения: токи определяются от каждой гармоники э.д.с. отдельно символическим методом, затем от символического изображения тока переходят к мгновенным значениям, затем токи складываются алгебраически и решение получают в форме гармонического ряда Фурье.

Контрольные вопросы по разделу 2

1. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
2. Каковы соотношения между амплитудным, действующим и средним значением синусоидального тока или напряжения?
3. Как определить сдвиг по фазе между напряжением и током для активного, реактивно-индуктивного и реактивно-емкостного сопротивлений?
4. Порядок составления уравнений по законам Кирхгофа для цепей с индуктивными связями, как осуществляется развязка индуктивных связей, как учитывается мощность, переносимая через индуктивные связи?
5. Что такое треугольник сопротивлений и мощностей, как изобразить их?
6. Как изобразить вращающимся комплексным вектором синусоидальный ток?
7. Как осуществляется переход от синусоидального тока или напряжения к комплексным изображениям? Как осуществляется переход от комплексных действующих значений тока и напряжения к их мгновенным значениям.
8. Как определить разность начальных фаз для тока и напряжения для элемента цепи?
9. Что такое векторная и топографическая диаграмма? Каково их значение?
10. Поясните правило развязки индуктивных связей.
11. Как учесть в уравнении баланса мощностей переносимые мощности за счет индуктивной связи ветвей цепи?
12. Дайте определение и граничные условия резонанса в последовательном и параллельном LC- контурах?
13. Что такое собственная резонансная частота и добротность контура, полоса пропускания LC -контура, его частотная характеристика?
14. Запишите уравнения пассивного четырехполюсника в Z- форме, А- форме, - форме и в гибридной форме.
15. Что такое входные и характеристические сопротивления четырехполюсника?
16. Что такое коэффициент передачи четырехполюсника, какими составляющими он характеризуется и в каких единицах они измеряются?
17. Каскадное, последовательное и параллельное включение четырехполюсников.
18. Как определить коэффициенты четырехполюсника для Т- образной и

П- образной схем замещения?

1. Что называется симметричной многофазной системой э.д.с.?
2. Каковы соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами при соединении фаз Y и Δ?
3. Как определить напряжение смещения нейтрали нагрузки при соединении обмотки генератора и нагрузки в Y?

РАЗДЕЛ 3. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ

Законы коммутации, начальные условия, порядок определения независимых и зависимых начальных условий. Принужденные и свободные составляющие переходного процесса. Классический метод анализа переходных процессов в цепях с одним реактивным элементом. Постоянная времени.

Классический метод анализа переходных процессов в цепях с двумя реактивными элементами: случай апериодического и колебательного процессов. Порядок составления характеристического уравнения и определения постоянных интегрирования в задачах второго порядка. Особенности применения классического метода в цепях более высокого порядка.

Преобразования Лапласа. Операторные сопротивления и внутренние э.д.с. Переход от операторного изображения к оригиналу. Законы Кирхгофа в операторной форме. Операторный метод анализа переходных процессов в разветвленных цепях. Понятие передаточной функции цепи.

Типовые воздействия на цепь: единичная ступенчатая функция и импульсная б- функция. Реакция цепи на типовые воздействия : переходная и импульсная переходные функции. Интеграл Дюамеля. Анализ реакции цепи на произвольное воздействие с помощью Дюамеля. Связь между переходными и передаточными функциями. Интеграл Фурье. Частотный метод анализа переходных процессов. Понятие о дискретных цепях, Z - преобразование.

Методические указания к разделу 3

Литература : [ 1 ] с. 180...266 , [ 3 ] с. 268...362.

К основным вопросам раздела относятся следующие: классический метод анализа переходных процессов и операторный.

Общими положениями этих методов являются: законы коммутации и начальные условия.

Важно освоить алгоритмы анализа классическим и операторным методом переходных процессов в линейных цепях.

В классическом методе последовательность анализа следующая : определение начальных независимых условий до коммутации, нахождение установившихся переменных, составление характеристического уравнения, определение зависимых начальных условий, вычисление постоянных интегрирования.

В операторном методе - составление эквивалентной операторной схемы с учетом внутренних э.д.с., составление уравнений для операторных токов по законам Кирхгофа в операторной форме, решение этих уравнений относитель-но искомых операторных переменных , приведение решения к рациональной дроби вида N(р)/M(р). Переход от операторного выражения переменной к ее оригиналу по формуле разложения или по таблицам соответствия.

Анализ переходных процессов в цепи при подаче импульса напряжения в произвольной форме в классическом методе реализуется посредством применения интеграла Дюамеля.

Иметь представление о частотном методе анализа переходных процессов через связь между преобразованием по Лапласу и Фурье.

Контрольные вопросы по разделу 3

1. Сформулируйте законы коммутации.
2. Что такое независимые и зависимые начальные условия и как их определить?
3. Последовательность расчета переходных процессов классическим методом.
4. Как определить характер переходного процесса по корням характеристического уравнения: апериодический или колебательный?
5. Как определить принужденные и свободные составляющие переменные переходного процесса?
6. Как определить постоянные интегрирования?
7. В каком случае можно получить характеристические уравнения по входному сопротивлению цепи?
8. Последовательность анализа переходного процесса при подаче в цепь импульса сложной формы.
9. Последовательность анализа переходных процессов операторным методом.
10. Правила перехода от операторного изображения переменной к ее оригиналу.
11. Особенности анализа п.п. операторным методом в случае действия в цепи синусоидальной э.д.с.
12. Что такое спектральная плотность функции и как ее получить по ее операторному изображению?
13. Как получить амплитудно-фазовые частотные характеристики функции?

РАЗДЕЛ 4. ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Однородная линия с распределенными параметрами, первичные параметры линии.

Дифференциальные уравнения для мгновенных значений и в символической форме. Решения для гармонических сигналов: падающие и отраженные волны. Волновое сопротивление и постоянная распространения.

Уравнения линии как четырехполюсника. Линии без потерь. Входное сопротивление линии в режимах к.з. и х.х., согласованной и несогласованной нагрузки. Способы согласования линии и нагрузки: согласование с помощью четвертьволнового трансформатора, согласование линии с помощью шлейфа.

Методические указания к изучению раздела 4

Литература: [ 1 ] с. 289...314, [ 3 ] c. 363...402.

Основные вопросы по каждому разделу: однородная линия с распределенными параметрами и ее дифференциальные уравнения, волновое сопротивление, постоянная распространения, прямая и отраженная волны тока и напряжения, коэффициент отражения, фазовая скорость, длины волны, линия без искажений, линия без потерь и ее уравнения, входное сопротивление, стоячие волны при х.х. и к.з. Согласование линии с нагрузкой.

Контрольные вопросы по разделу 4

1. Что такое продольные и поперечные удельные параметры линии?
2. Получите дифференциальные уравнения однородной линии с распределенными параметрами.
3. Что такое постоянная распространения и ее составляющие коэффициента ослабления и фазы?
4. Прямая и отраженные волны напряжения и тока и их уравнения.
5. Как получить линию без искажения?
6. Линия с согласованной нагрузкой.
7. Линия без потерь и ее уравнения.
8. Входное сопротивление линии без потерь.
9. Режим х.х. и к.з. линии без потерь, уравнения стоячих волн.
10. Лабораторные занятия

Перечень лабораторных работ.

1. Исследование установившихся процессов в цепи синусоидального тока -

- 4 часа (Раздел 2)

Цель работы : экспериментально проверить законы Ома и Кирхгофа: по приборам, включенным в электрическую цепь, рассчитать параметры цепи, построить векторные диаграммы для последовательного и параллельного соединения, исследовать резонансные явления ( последовательный и параллельный резонансы).

1. Исследование явления взаимоиндукции - 2 часа

Цель работы: экспериментальное исследование явления взаимоиндукции в цепи переменного тока, определение коэффициента взаимной индукции для двух индуктивно-связанных катушек.

1. Исследование переходных процессов при разряде конденсатора - 4 часа

(Раздел 4)

Цель работы : ознакомление с иллюстрацией переходного процесса в лабораторных условиях и установление факторов, определяющих характер и продолжительность переходного процесса.

1. Исследование линии с распределенными параметрами - 2 часа (Раздел 5)

Цель работы: по распределению напряжения вдоль линии экспериментально определить распределенные параметры линии.

1. Курсовая работа

Курсовая работа выполняется по разделам 1,2,3 и включает три задания:

-расчет цепей постоянного тока;

-расчет цепей переменного синусоидального тока;

-расчет переходного процесса.

Методические указания к выполнению курсовой работы

Курсовая работа оформляется на стандартных листах, рисунки для электрических схем, графиков и диаграмм выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД. В конце работы приводится список использованной литературы, ссылки на который выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД.

При составлении настоящих методических указаний использованы следующие материалы:

Ю.П. Артеменко Рабочая программа дисциплины. Теоретические основы электротехники по специальности 201300-М.: 2001.

Е.Ж. Сапожникова , Г.И. Мачуло ТОЭ МУ к изучению дисциплины для студентов II и III курсов спец. 19.04 заочного обучения-М.: МИИГА, 1993.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Учебный план дисциплины...............................................…................................ 3
2. Цели и задачи дисциплины ТОЭ.....................................................................….. 3
3. Цель преподавания дисциплины ТОЭ..................................................... 3
4. Задачи изучения дисциплины..............................................................… 3
5. Перечень дисциплин и разделов, усвоение которых необходимо

студентам для изучения курса ТОЭ....................................................…. 4

1. Литература..........................................................................………………....……. 4
2. Программа дисциплины ТОЭ и методические указания к изучению разде-

лов программы...................................................................................................……. 5

1. Лабораторные занятия.......................................................................................... 12
2. Курсовая работа.................................................................................................... 13