

Учебная программа

Дисциплины «Методы анализа радиотехнических цепей»

специализация «Радиофизические измерения»

Автор программы Савельев Д.В.

Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Идеализированные элементы радиотехнических цепей.

Резистор, индуктивность, емкость. Модели реальных резисторов, катушек индуктивностей и конденсаторов в виде соединения идеализированных элементов. Идеальные источники напряжения и тока. Зависимые источники. Модели транзисторов и радиоламп. Первый закон Кирхгофа (ЗТК). Второй закон Кирхгофа (ЗНК). Независимые уравнения ЗТК и ЗНК. Метод токов элементов. Преобразования схем электрических цепей. Эквивалентные источники напряжения и тока. Перенос источников напряжения и тока. Преобразование схемы треугольника в эквивалентную звезду и наоборот. Теорема Тевенина. Теорема Нортон. Решение задач с помощью теорем Тевенина и Нортон.

Раздел 2. Топологический анализ электрических цепей.

Граф электрической цепи. Связный и несвязный граф. Дерево графа. Топологические матрицы. Правило построения независимых контуров. Матрица инцидентий и ее свойства. Первый закон Кирхгофа с использованием матрицы инцидентий. Сечения. Независимые сечения и правило их построения. Матрица сечений. Первый закон Кирхгофа с использованием матрицы сечений. Первое топологическое уравнение. Матрица контуров. Второй закон Кирхгофа в матричной форме. Правило построения основных контуров. Связь между топологическими матрицами. Связь между напряжениями ветвей графа и напряжениями ветвей дерева. Второе топологическое уравнение. Компонентные уравнения для линейной цепи в интегро-дифференциальной форме. Компонентные уравнения линейной цепи в синусоидальном установившемся режиме. Матрицы сопротивлений и проводимостей ветвей для схем с зависимыми источниками и схем с взаимной индукцией.

Раздел 3. Метод контурных токов.

Связь между токами в ветвях и контурными токами в матричной форме. Система контурных уравнений с использованием матрицы контуров. Матрица сопротивлений цепи и ее свойства для схем без зависимых источников. Правило составления контурных уравнений по внешнему виду электрической цепи. Решение системы контурных уравнений в синусоидальном установившемся режиме. Составление контурных уравнений для цепей с зависимыми источниками. Решение интегро-дифференциальных контурных уравнений при помощи преобразования Лапласа. Решение задач методом контурных токов.

Раздел 4. Метод узловых потенциалов.

Связь между потенциалами в узлах и напряжениями в ветвях в матричной форме. Узловые уравнения с использованием матрицы инцидентий. Матрица проводимости электрической цепи и ее свойства. Правило составления узловых уравнений по внешнему виду цепи. Узловые уравнения для цепей с зависимыми источниками. Решение задач методом узловых потенциалов. Сравнение методов контурных токов и узловых потенциалов.

Раздел 5. Электрические цепи с индуктивными связями.

Одноименные зажимы. Правило выбора знака коэффициента взаимной индукции. Матрица сопротивлений ветвей для цепи с взаимной индукцией. Контурные уравнения цепи с взаимной индукцией. Примеры расчета. Дуальность элементов линейной электрической цепи и их характеристик. Дуальные цепи и графы. Планарные и непланарные цепи. Самодуальные цепи и графы.

Раздел 6. Уравнения электрической цепи в пространстве состояний.

Уравнения в пространстве состояний как основа современного машинного анализа электронных схем. Определение состояния. Переменные состояния. Общий вид уравнений состояния для нелинейной и линейной цепи в нормальной форме Коши. Примеры составления уравнений состояния для простых цепей. Алгоритм составления уравнений состояния для линейных цепей без зависимых источников. Примеры использования алгоритма для расчета электрических цепей. Алгоритм формирования уравнений состояния для линейных цепей с зависимыми источниками. Составление уравнений состояния для линейных параметрических цепей. Уравнения состояния для нелинейных цепей, особенности выбора переменных состояния. Примеры составления уравнений для нелинейных цепей. Решение уравнений в пространстве состояний на ЭВМ во временной области при произвольном входном воздействии. Разностные уравнения. Матричная экспонента.

Раздел 7. Двухполюсники.

Двухполюсники. Определение и классификация двухполюсников. Входные и передаточные сопротивления пассивного многоэлементного двухполюсника. Примеры расчета входных функций многоэлементных двухполюсников. Входное сопротивление лестничного двухполюсника. Входное сопротивление двухполюсника при наличии в схеме зависимых источников.

Раздел 8. Четырехполюсники.

Классификация четырехполюсников. Параметры четырехполюсников и соотношения между ними на основе контурного и узлового анализа. Y-параметры четырехполюсника: матрица проводимостей короткого замыкания. Условие обратимости в системе Y-параметров. Z-параметры четырехполюсника. Матрица сопротивлений холостого хода. Связь между матрицами [Y] и [Z] и условие их одновременного существования. Цепные параметры четырехполюсника. Свойства симметричного обратимого четырехполюсника. Схемы замещения четырехполюсников. Электронная лампа как четырехполюсник. Биполярный транзистор как четырехполюсник. Соединения четырехполюсников. Регулярное соединение четырехполюсников. Решение практических задач «методом четырехполюсников». Трансформатор как четырехполюсник. Эквивалентные схемы трансформатора. Совершенный и идеальный трансформаторы, их свойства. Гиратор как четырехполюсник. Входное сопротивление идеального гиратора, нагруженного на комплексное сопротивление.

Рекомендуемая литература.

а) основная литература:

1. Г. И. Атабеков. Основы теории цепей. М.: Энергия, 1969.
2. Ю. Г. Толстов. Теория линейных электрических цепей. М.: Высш. шк., 1978.
3. В. П. Попов. Основы теории цепей. М.: Высш. шк., 1985.
4. С. Сешу, Н. Балабанян. Анализ линейных цепей. Госэнергоиздат, М., Л., 1963.
5. В. П. Сигорский. Матрицы и графы в электронике. М.: Энергия, 1968.
6. В. П. Сигорский, А. И. Петренко. Алгоритмы анализа электронных схем. М.: Сов. Радио, 1976.
7. Чуа Л. О, Пен-Мин-Лин. Машинный анализ электронных схем. М.: Энергия, 1980.
8. А. Ф. Белецкий. Теория линейных электрических цепей. М.: Радио и связь, 1986.

б) дополнительная литература:

1. У. М. Сиберт. Цепи, сигналы, системы. Пер. с англ., М.: Мир, 1988.
2. И. Влах, К. Сингхал. Машинные методы анализа и проектирования электронных схем. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988.
3. В. В. Крылов, С. Я. Корсаков. Основы теории цепей для системотехников. М.: Высш. шк., 1990.
4. С. М. Рыжаков. Топологический анализ электрических цепей. Уч. пособие. Горький, изд. ГГУ, 1982.
5. С. М. Рыжаков. Анализ четырехполюсников в частотной области. Уч. пособие. ННГУ,

Н. Новгород, 1992.

6. Ш. Карни. Теория цепей. Анализ и синтез. Пер. с англ. М.: Связь, 1973.

Вопросы для контроля

1. Что такое идеализированные пассивные и активные элементы электрических цепей? Существуют ли в физическом мире точные аналоги идеализированных элементов?
2. Почему идеализированные источники напряжения и тока можно рассматривать как источники бесконечно большой мощности?
3. Что такое зависимые источники напряжения и тока? Как представить транзистор (радиолампу) эквивалентной схемой с зависимым источником?
4. Как пересчитать источник напряжения в эквивалентный ему источник тока (и наоборот)?
5. При каком условии источники тока и напряжения считаются эквивалентными?
6. Сформулировать теорему Тевенина и теорему Нортона.
7. Нарисовать эквивалентную схему Тевенина.
8. Нарисовать эквивалентную схему Нортона.
9. Доказать теорему Нортона.
10. Какие ограничения накладываются на применение теорем Тевенина и Нортона?
11. Записать в аналитическом виде 1-й и 2-й законы Кирхгофа.
12. Сформулировать правило выбора независимых контуров.
13. Сформулировать правило составления контурных уравнений. Записать для синусоидального установившегося режима систему контурных уравнений для произвольной линейной электрической цепи.
14. Записать систему контурных уравнений в матричном виде. Пояснить физический смысл элементов матриц.
15. Какова особенность составления контурных уравнений для электрических цепей, содержащих источники тока с бесконечно большим внутренним сопротивлением?
16. Как составляются контурные уравнения при наличии в схеме зависимых источников?
17. Как составляются контурные уравнения во временной области?
18. Записать систему узловых уравнений в алгебраическом виде для синусоидального установившегося режима для произвольной электрической цепи.
19. Записать систему узловых уравнений в матричном виде. Пояснить физический смысл элементов матриц.
20. Какова особенность составления узловых уравнений для электрических цепей, содержащих источники напряжения с нулевым внутренним сопротивлением?
21. Как составляются узловые уравнения при наличии в схеме зависимых источников?
22. Когда при расчёте электрической цепи удобнее использовать метод контурных токов, а когда – метод узловых потенциалов?
23. Как записать входное комплексное сопротивление линейного двухполюсника в виде отношения двух полиномов? Справедлива ли данная формула при наличии в схеме зависимых источников?
24. Что такое передаточные сопротивления контуров?
25. Как записать входное сопротивление лестничной цепи?
26. Что такое симметричный четырёхполюсник; как выражается условие симметричности в различных системах параметров?
27. Что такое обратимый четырёхполюсник? Как выражается условие обратимости в разных системах параметров?
28. Уравнения четырёхполюсника в системе Y – (или Z –) параметров. Как получить уравнения четырёхполюсника в Y –параметрах, исходя из контурного (или узлового) анализа?
29. Какая связь существует между матрицами проводимостей короткого замыкания и сопротивлений холостого хода?
30. Почему Y –параметры называют параметрами короткого замыкания?
31. Почему Z –параметры называют параметрами холостого хода?
32. Записать уравнения четырёхполюсника в Y – и Z –параметрах. Пояснить, когда справедливы написанные уравнения.
33. Как на практике можно измерить Y – и Z –параметры четырёхполюсника?

34. Что такое цепные параметры четырёхполюсника? Почему эти параметры называют смешанными?
35. Записать уравнения четырёхполюсника в h -параметрах. Пояснить физический смысл h -параметров.
36. Установить связь между цепными и h -параметрами, цепными и Y -параметрами.
37. Что такое регулярное соединение четырёхполюсников? Привести примеры регулярного соединения четырёхполюсников.
38. Какой вид имеет эквивалентная схема четырёхполюсника с использованием Z -параметров (два варианта)?
39. Два варианта эквивалентной схемы четырёхполюсника с использованием Y -параметров.
40. Эквивалентная схема четырёхполюсника с использованием h -параметров.
41. Что такое физически реализуемый пассивный эквивалентный четырёхполюсник?
42. Как можно описать радиолампу, работающую в линейном режиме без токов управляющей сетки?
43. Получить выражение для матрицы проводимостей короткого замыкания для радиолампы, включённой по схеме: с общим катодом, с общим анодом, с общей сеткой.
44. Можно ли использовать h -параметры для расчёта ламповых схем, работающих в линейном режиме без сеточных токов?
45. Какую систему параметров целесообразно использовать для расчёта схемы на биполярных транзисторах, работающих в линейном режиме?
46. С какой целью h -параметры биполярного транзистора, включённого по схемам с общей базой и общим коллектором, выражаются через h -параметры этого же транзистора, включённого по схеме с общим эмиттером?
47. Что такое каскадное, параллельное, последовательное, последовательно-параллельное и параллельно-последовательное соединения четырёхполюсников?
48. В чём суть расчёта электрических цепей «методом четырёхполюсника»?