

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.О.23.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математические методы анализа и расчета электронных схем 2

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
направленность (профиль)

Электроника и робототехника

Форма обучения очная

Год набора: 2020

Общая трудоемкость: 5 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Семестр Форма контроля Вид занятий | б | Итого |
|---|--------------|--------------|
| | Зачет | |
| Лекции | 34 | 34 |
| Лабораторные | 34 | 34 |
| Практические | 16 | 16 |
| Руководство: курсовые работы | - | - |
| Промежуточная аттестация | 0,25 | 0,25 |
| Контактная работа | 84,25 | 84,25 |
| Самостоятельная работа | 95,75 | 95,75 |
| Контроль | - | - |
| Итого | 180 | 180 |

Рабочую программу составил:
Старший преподаватель каф. «Промышленная электроника» Кудинов А.К.
Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВПО/ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности)

11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Срок действия рабочей программы дисциплины до «24» сентября 2023 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры
Промышленная электроника

(протокол заседания № 2 от «24» сентября 2019 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель – подготовка студентов к решению профессиональных задач анализа и оптимизации электронных схем и электромеханических устройств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины, на освоении которых базируется данная дисциплина: Основы электронной техники; Высшая математика; Информатика; Физика; Теоретические основы электротехники; Полупроводниковые приборы; Вакуумные и плазменные приборы.

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: Схемотехника; Основы проектирования и технологии электронной компонентной базы.

3. Планируемые результаты обучения

| Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Планируемые результаты обучения |
|--|--|--|
| (ПК-1): Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, применительно к конкретной профессиональной деятельности, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ПК-1.1. Знает схемы замещения основных компонентов электронных устройств, способы формализованного описания электронных схем; ПК-1.2. Умеет составлять схемы замещения и математические модели реальных электронных устройств; ПК-1.3. Владеет способами формализованного описания электронных схем, приёмами программирования на языках высокого уровня, а также использования коммерческих математических пакетов программ общего инженерного направления (Mathcad®, MATLAB® и др.). | Знать: Схемы замещения основных компонентов электронных устройств, способы формализованного описания электронных схем. |
| | | Уметь: Составлять схемы замещения и математические модели реальных электронных устройств. |
| | | Владеть: способами формализованного описания электронных схем, приёмами программирования на языках высокого уровня, а также использования коммерческих математических пакетов программ общего инженерного направления (Mathcad®, MATLAB® и др.). |
| (ПК-3): Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств | ИД-1ПК-3 Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов ИД-2ПК-3 Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов | Знать: методы расчета электронных схем, определения и способы расчета основных временных и частотных характеристик электронных устройств. |
| | | Уметь: выполнять различные виды анализа электронных устройств: статического, малосигнального, частотного и других. |

| Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Планируемые результаты обучения |
|--|---|---|
| автоматизации проектирования | ИД-ЗПК-3 Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем | Владеть: методами расчета различных характеристик электронных схем. |
| (ОПК-5): Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения | ОПК-5.1 Использует информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации для использования в области профессиональной деятельности; ОПК-5.2 Знает способы разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения; ОПК-5.3 Владеет современными программными средствами для разработки компьютерных программ, пригодных для практического применения. | Знать: способы разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения |
| | | Уметь: использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации для использования в области профессиональной деятельности |
| | | Владеть: современными программными средствами для разработки компьютерных программ, пригодных для практического применения. |

4. Структура и содержание дисциплины

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наимено- вание оценочного средства) |
|--------------------|--------------------------|--|---------|-----------|-------|----------------|---|
| | Лек. | Машинное формирование уравнений цепи на основе принципа поэлементного вклада | 6 | 6 | - | - | |
| | Лек. | Характеристики и параметры электронных цепей | 6 | 10 | - | - | |
| | Лек. | Методы анализа линейных цепей, использующие модель, полученную методом переменных состояния | 6 | 10 | - | - | |
| | Лек. | Методы анализа, основанные на использовании алгебраических математических моделей цепи | 6 | 8 | - | - | |
| | Лаб. | Знакомство со средой Scilab | 6 | 6 | 10 | 6 | Отчет о лабораторной работе №4 |
| | Лаб. | Анализ линейных систем в среде Scilab | 6 | 6 | 10 | 6 | Отчет о лабораторной работе №5 |
| | Лаб. | Выполнение лабораторной работы в среде Scilab «Анализ аналогового стабилизатора напряжения» | 6 | 8 | 10 | 8 | Отчет о лабораторной работе №6 |
| | Лаб. | Выполнение лабораторной работы в среде Scilab «Анализ импульсного стабилизатора напряжения» | 6 | 8 | 15 | 8 | Отчет о лабораторной работе №7 |
| | Лаб. | Решение контрольной задачи на тему «Формирование уравнения цепи на основе принципа поэлементного вклада» | 6 | 6 | 10 | 6 | Контрольная работа №4 |
| | Пр. | Решение контрольной задачи на тему «Представление передаточной функции в виде суммы простых дробей» | 6 | 4 | 10 | 4 | Контрольная работа №5 |

| Модуль (раздел) | Вид учебной работы | Наименование тем занятий (учебной работы) | Семестр | Объем, ч. | Баллы | Интерактив, ч. | Формы текущего контроля (наимено- вание оценочного средства) |
|--------------------|--------------------------|---|---------|------------|------------|----------------|---|
| | Пр. | Решение контрольной задачи на тему «Расчет характеристик цепи по уравнениям состояния и выхода» | 6 | 6 | 15 | 6 | Контрольная работа №6 |
| | Пр. | Решение контрольной задачи на тему «Расчет характеристик цепи по уравнениям алгебраической математической модели» | 6 | 6 | 10 | 6 | Контрольная работа №7 |
| | Ср. | Изучение теоретического материала, подготовка к тестированию. | 6 | 96 | | | |
| | | Посещаемость | | | 10 | | |
| | | Итого за 6 семестр | | 180 | 100 | 50 | |

Схема расчета итогового балла

Сумма баллов текущего рейтинга (макс.100) и баллов итогового тестирования (макс.100), деленная на два (макс.100).

5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются классические образовательные технологии, в форме лекций, лабораторных и практических занятий.

6. Методические указания по освоению дисциплины

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

| Семестр | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства |
|---------|---|--|
| 6 | ПК-1, ОПК-5 | Отчет по лабораторной работе №4. Отчет по лабораторной работе №5. Отчет по лабораторной работе №6. Отчет по лабораторной работе №7. |
| 6 | ПК-3, ОПК-5 | Контрольная работа №4. Контрольная работа №5. Контрольная работа №6. Контрольная работа №7. |

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Комплект заданий для контрольных работ

Контрольная работа №1. «Линеаризация схем замещения»

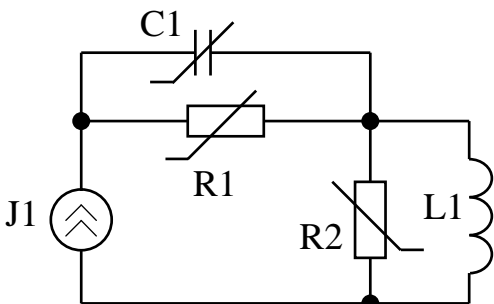
Для приведенной цепи параметры линейных элементов заданы константами, а нелинейных – соответствующими компонентными зависимостями. Необходимо построить малосигнальную схему замещения и определить значения параметров ее элементов.

Порядок решения.

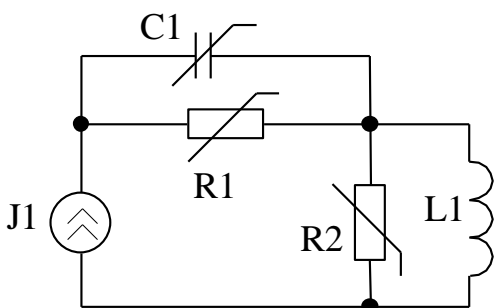
1. Произвести расчет по постоянному току нелинейной цепи и, тем самым, определить «рабочие точки» нелинейных элементов.
2. Рассчитать дифференциальные параметры нелинейных элементов в рабочей точке.
3. Заменить каждый нелинейный элемент его дифференциальным аналогом и исключить источники постоянного напряжения и тока (E – накоротко, J – разорвать).

Необходимые теоретические сведения рассмотрены в разделах 1.1 — 1.3 пособия.

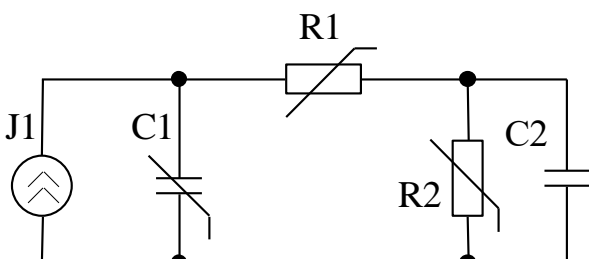
Вариант №1

| | |
|---|---|
|  | $J1 = 10$ $L1 = 1,5$ $R1, R2: \quad I(U) = 0,5U + 0,05U^2$ $C1: \quad q(U) = 2U + 0,02U^3$ |
|---|---|

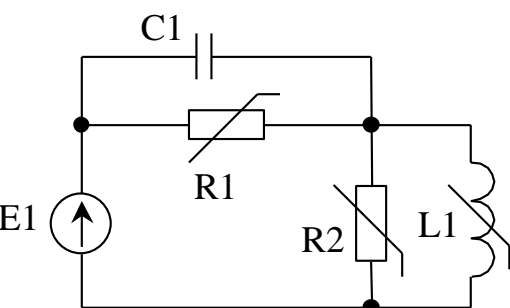
Вариант №2

| | |
|---|---|
|  | $J1 = 3$ $L1 = 1,5$ $R1, R2: \quad I(U) = 0,5U + 0,25U^3$ $C1: \quad q(U) = 2U + 0,2U^2$ |
|---|---|

Вариант №3

| | |
|---|---|
|  | $J1 = 8$ $C2 = 1,5$ $R1, R2: \quad I(U) = 0,6U + 0,02U^2$ $C1: \quad q(U) = 20e(1 - e^{-0,05U})$ |
|---|---|

Вариант №4

| | |
|---|---|
|  | $E1 = 10$ $C1 = 2,5$ $R1, R2: \quad I(U) = 0,3U + 0,05U^2$ $L1: \quad \Psi(I) = 2I + \frac{2}{3}I^3$ |
|---|---|

Контрольная работа №2 «Расчет цепей методом узловых потенциалов и контурных токов»

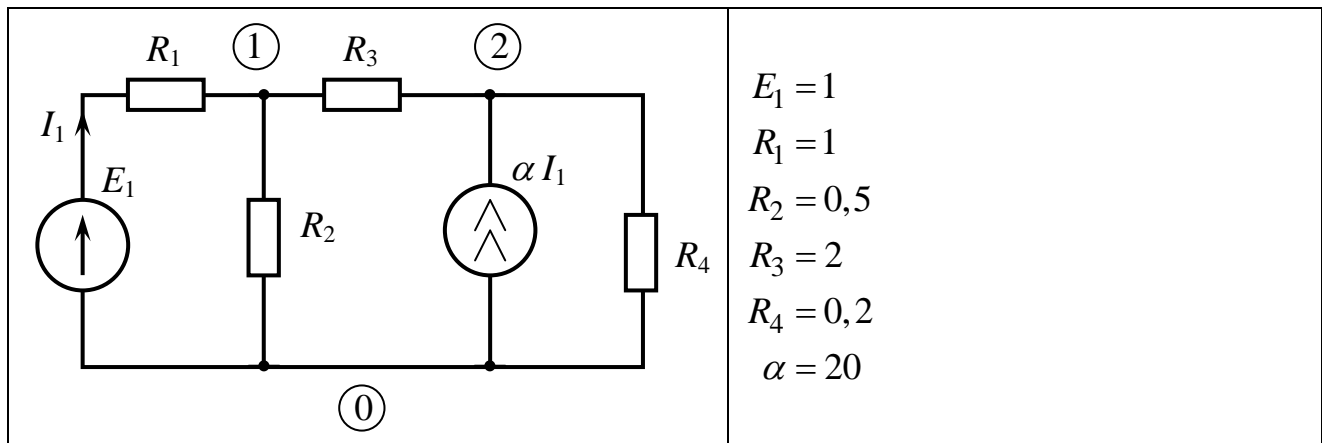
Произвести расчет по постоянному току указанным методом.

Порядок решения.

1. Преобразовать цепь к виду, пригодному для анализа указанным методом. Вычертить расчетную схему, указать значения параметров ее элементов.
2. Для расчетной схемы вычертить направленный граф, составить топологическую (**A** или **B**) и компонентные (**Yв**, **Jв** или **Zв**, **Eв**) матрицы.
3. Сформировать уравнение цепи указанным методом, используя найденные на шаге 2 матрицы.
4. Подставить численные значения параметров элементов и решить уравнение цепи.

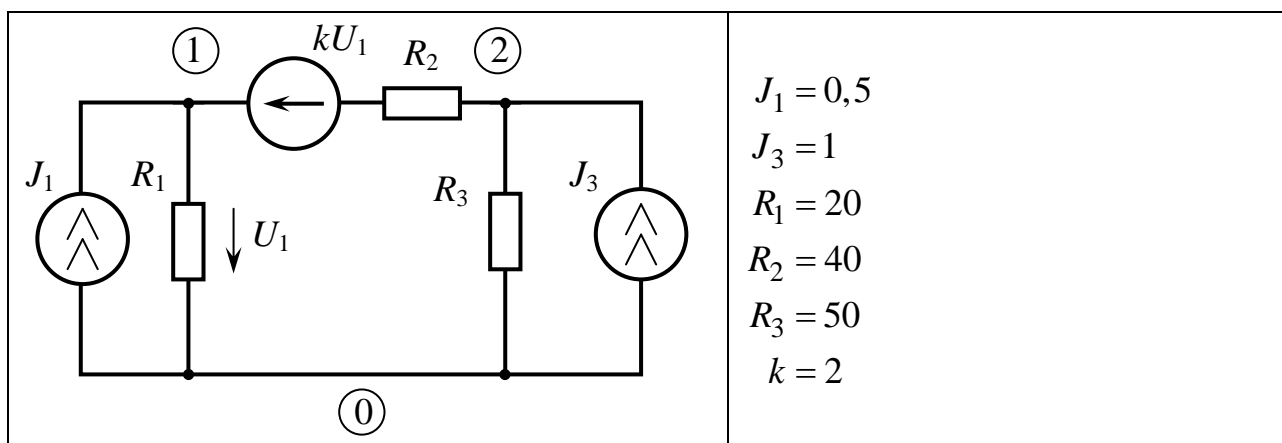
Необходимые теоретические сведения рассмотрены в разделах 2.2, 2.4, 3.1, 3.2 пособия.

Вариант №1



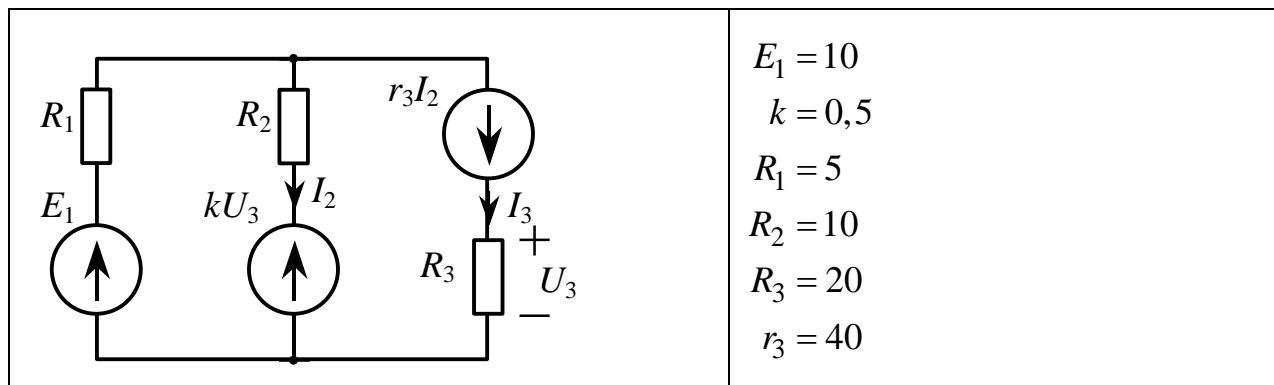
Определить потенциалы узлов 1 и 2 методом узловых потенциалов.

Вариант №2



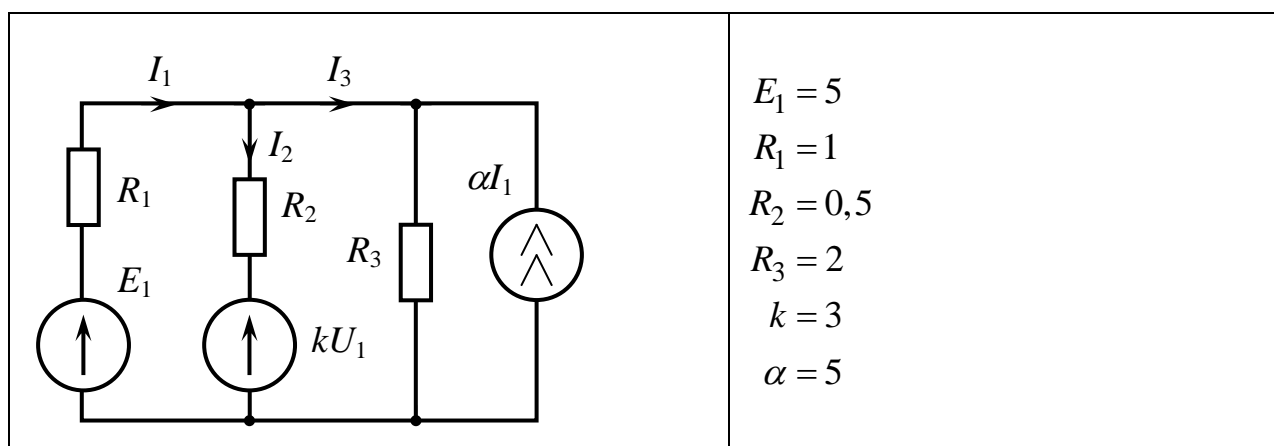
Определить потенциалы узлов 1 и 2 методом узловых потенциалов.

Вариант №3



Определить токи I_2 и I_3 методом контурных токов.

Вариант №4



Определить токи I_2 и I_3 методом контурных токов.

Контрольная работа №3 «Получение математической модели методом переменных состояния»

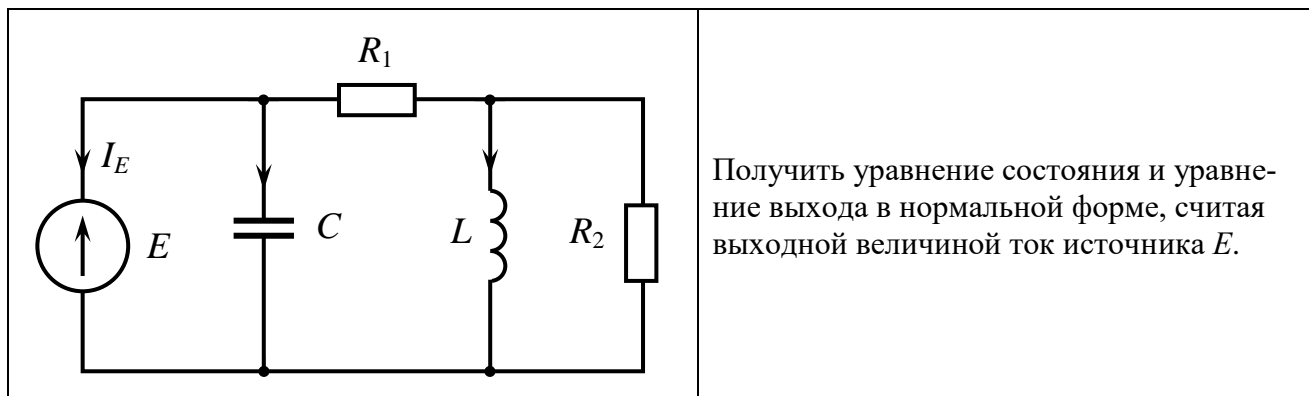
Для заданной цепи получить уравнения состояния и выхода в нормальной форме.

Порядок решения.

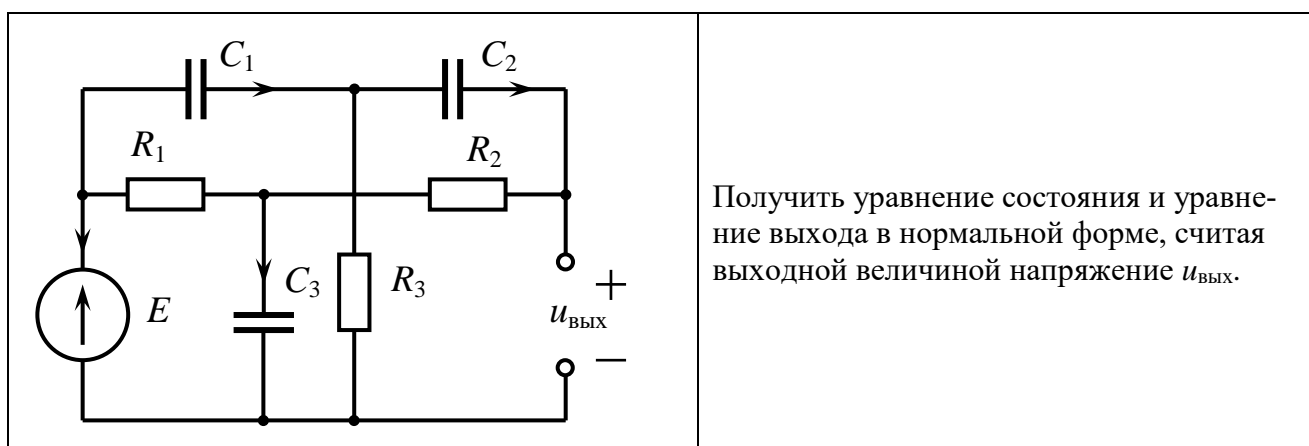
1. Изобразить направленный граф цепи, считая каждый элемент цепи отдельной ветвью, выбрать нормальное дерево.
2. Записать топологическое уравнение цепи, воспользовавшись матрицей «контур – ветвь» F .
3. Записать компонентные уравнения для каждой ветви (каждого элемента).
4. Ввести компонентные уравнения в топологическое и разрешить последнее относительно производных переменных состояния и выходных величин.
5. Записать уравнения состояния и выхода в матричной форме.

Необходимые теоретические сведения рассмотрены в разделах 2.2, 2.3, 3.3 — 3.5 пособия.

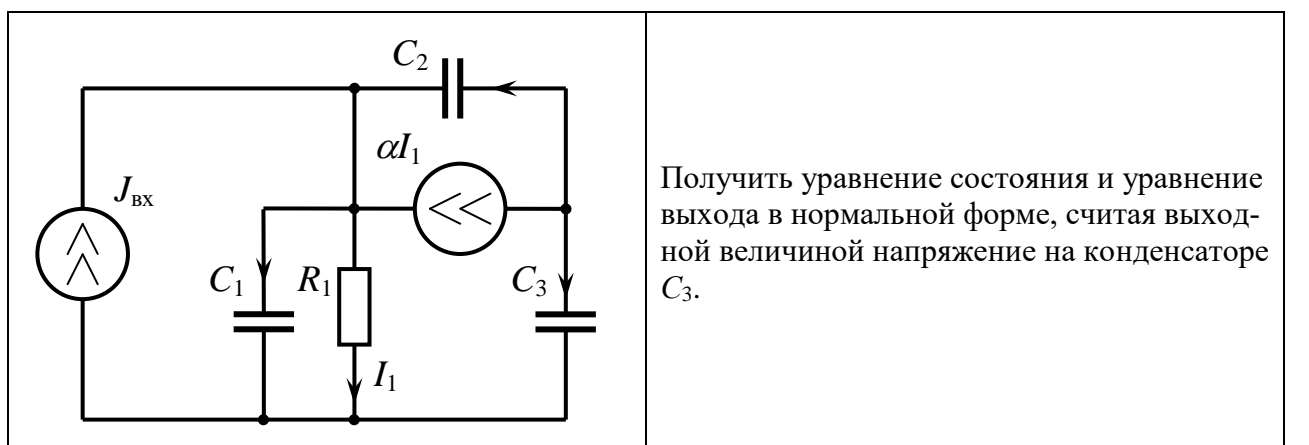
Вариант №1



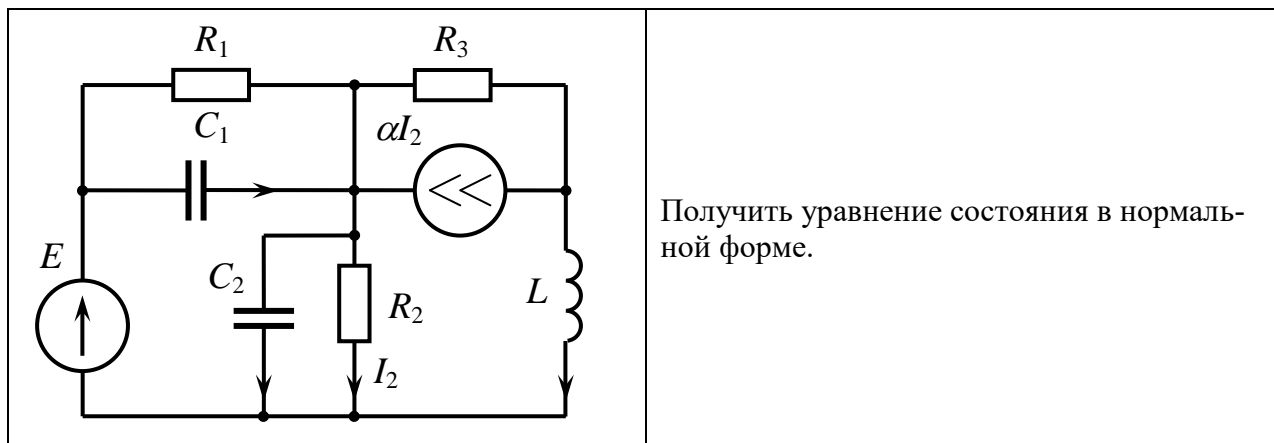
Задача №2



Задача №3



Задача №4



Контрольная работа №4 «Формирование узловых уравнений на основе принципа поэлементного вклада»

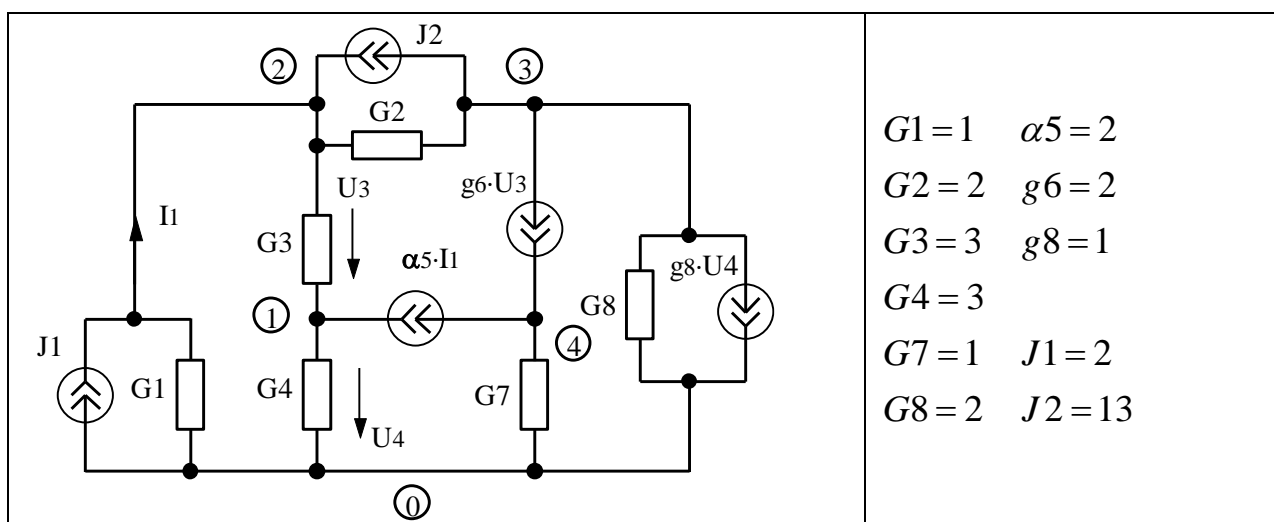
Для приведенной схемы рассчитать потенциалы узлов при заданных значениях параметров ее элементов.

Порядок решения.

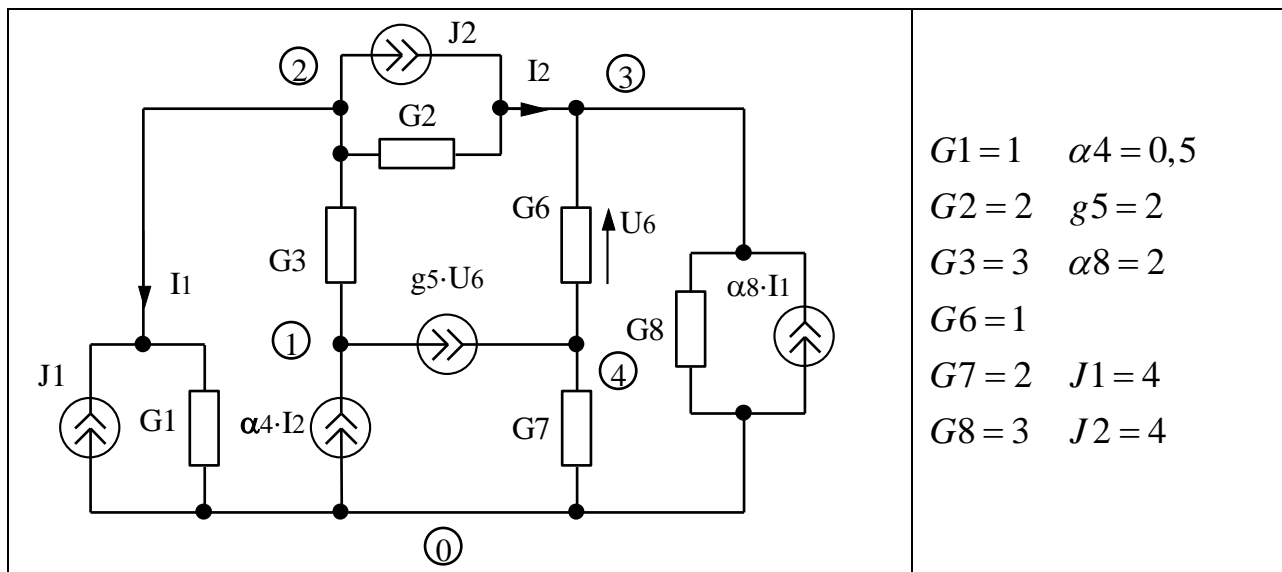
1. Составить топологический список (Т–список) заданной цепи.
2. Рассчитать вклады каждой ветви в матричные коэффициенты узлового уравнения.
3. Просуммировать вклады ветвей, сформировав тем самым узловое уравнение.
4. Подставить численные значения параметров элементов и решить узловое уравнение.

Необходимые теоретические сведения рассмотрены в разделах 3.1, 3.7, 4.1 — 4.3 пособия.

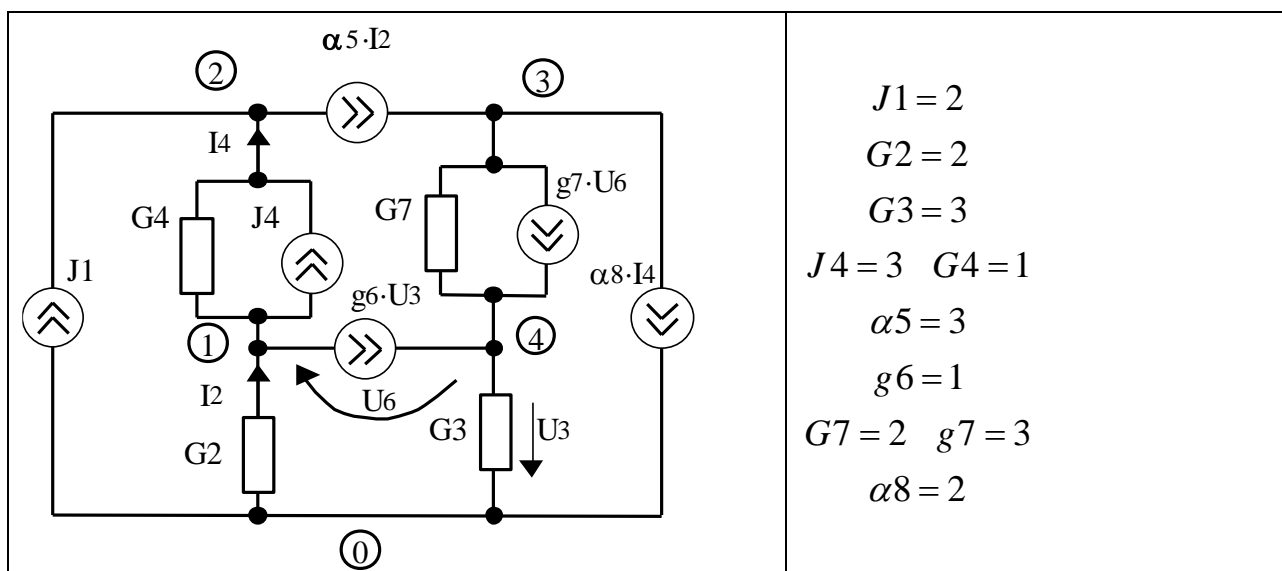
Вариант №1



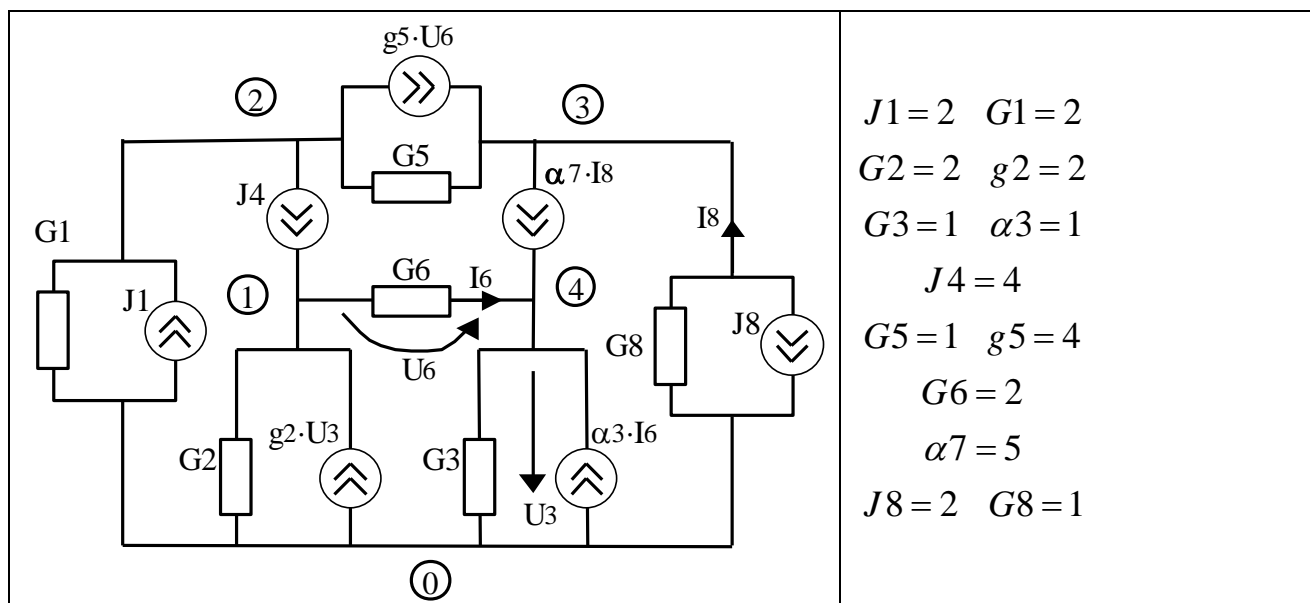
Вариант №2



Вариант №3



Вариант №4



Контрольная работа №5 «Представление дробно-рациональной передаточной функции в виде суммы простых дробей»

Представить заданную рациональной дробью передаточную функцию в виде суммы простых дробей.

Необходимые теоретические сведения рассмотрены в разделе 6.1 пособия.

Задача №1

$$W(p) = \frac{6p^2 + 14p + 5}{p^3 + 2p^2 + p}$$

Задача №2

$$W(p) = \frac{8p^3 + 19p^2 + 8p - 1}{(p^2 + 1)(p^2 + 2p + 1)}$$

Задача №3

$$W(p) = \frac{p^3 + 4p^2 + 27p + 130}{p^3 + 4p^2 + 13p}$$

Задача №4

$$W(p) = \frac{9p - 1}{3p^2 + 4p + 1}$$

Контрольная работа №6 «Расчет характеристик цепи по уравнениям состояния и выхода»

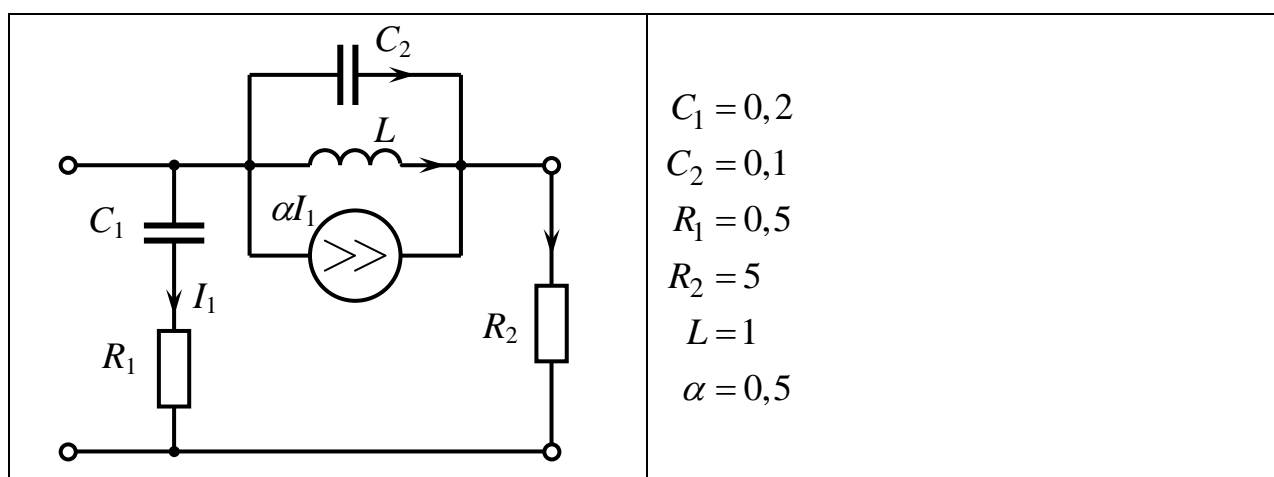
Рассчитать указанные функции цепи с использованием математической модели, полученной методом переменных состояния.

Порядок решения.

1. Составить уравнения состояния и выхода для расчета заданной передаточной функции. Порядок действий может быть, как в контрольной работе №4.
2. В матричные коэффициенты математической модели подставить численные значения параметров элементов схемы и рассчитать передаточную функцию цепи. Если метод расчета не указан, можно использовать любой.
3. По найденной передаточной функции рассчитать требуемые временные и частотные характеристики.

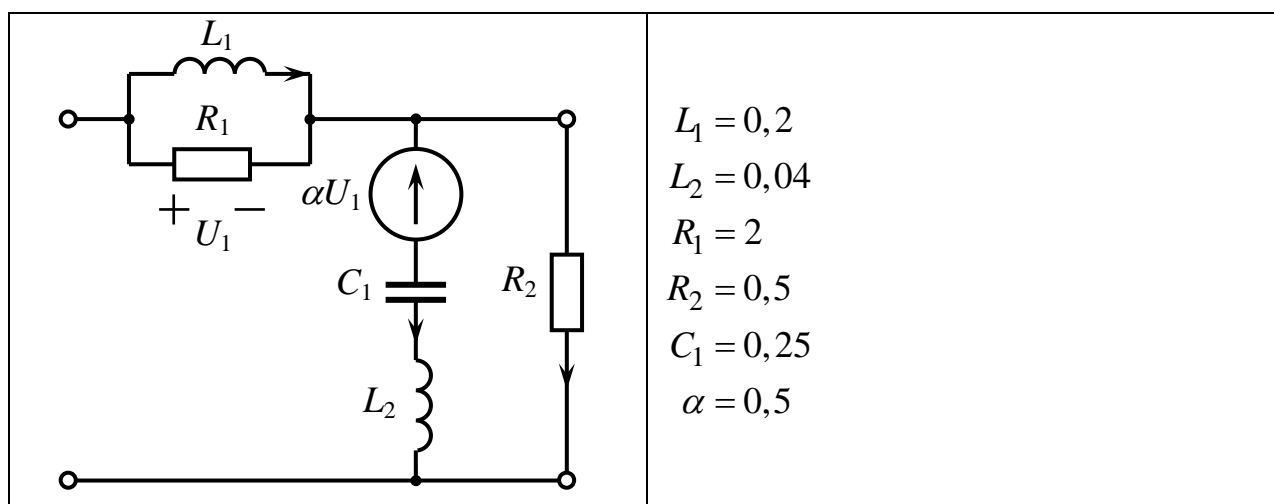
Необходимые теоретические сведения рассмотрены в разделах 6.1, 6.2, 7.1, 7.2 пособия.

Вариант №1



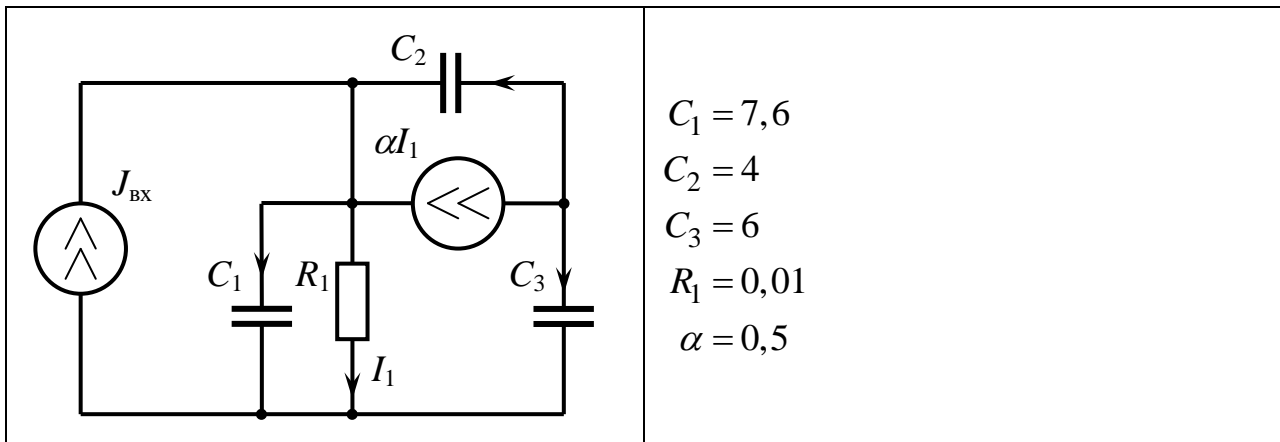
Рассчитать коэффициент передачи по напряжению $K_U(p)$ методом Леверрье-Фаддева, считая нагрузкой сопротивление R_2 . Определить импульсную и амплитудно-частотную характеристики.

Вариант №2.



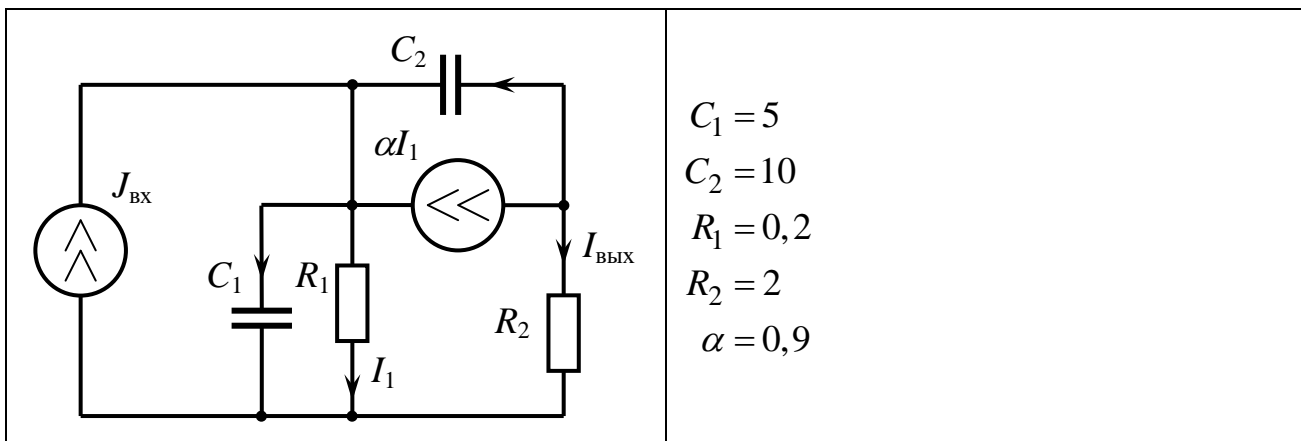
Рассчитать коэффициент передачи по напряжению $K_U(p)$ методом обратной связи, считая нагрузкой сопротивление R_2 . Определить импульсную и амплитудно-частотную характеристики.

Вариант №3



Рассчитать передаточную функцию, считая выходной величиной напряжение на конденсаторе C_3 . Определить импульсную и переходную характеристики.

Вариант №4.



Рассчитать передаточную функцию методом обратной связи, т.е. в виде

$$W(p) = H \frac{\det(1p - \hat{A})}{\det(1p - A)}.$$

Контрольная работа №7 «Расчет характеристик цепи по уравнениям алгебраической математической модели»

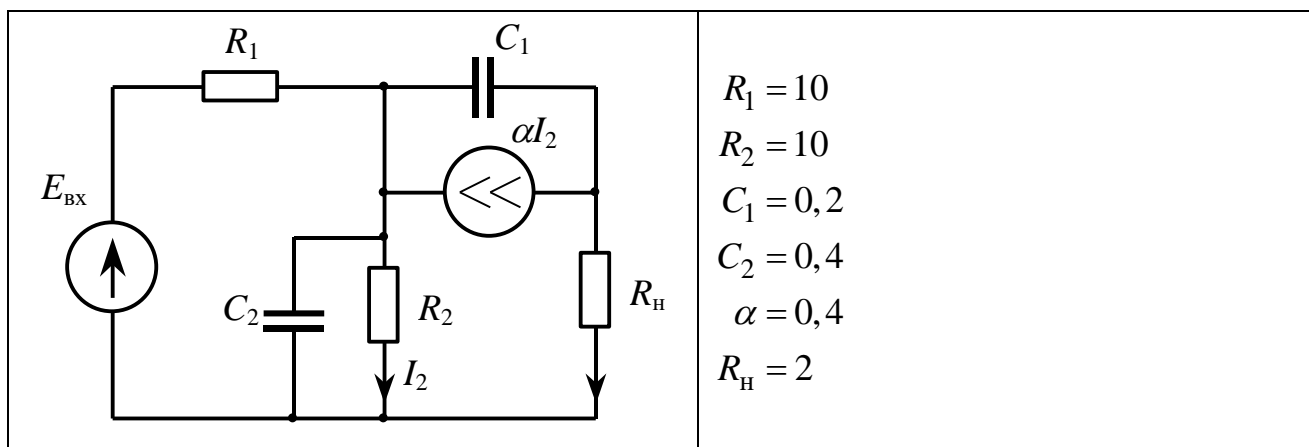
Рассчитать заданную схемную функцию по матрице цепи.

Порядок решения.

1. Представить исследуемую цепь в виде четырехполюсника, выделив источник сигнала и нагрузку.
2. Составить матрицу цепи (Y или Z) для четырехполюсника, используя подходящий метод.
3. Рассчитать передаточную функцию по матрице цепи, предварительно подставив численные значения параметров.

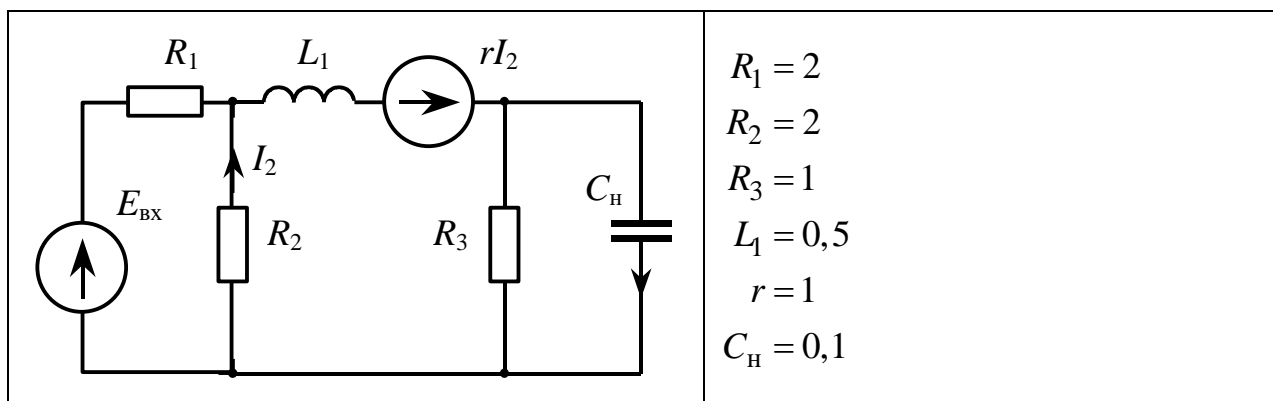
4. Рассчитать требуемую временную характеристику по передаточной функции.
Необходимые теоретические сведения рассмотрены в разделах 6.1, 6.2, 8.1 пособия.

Вариант №1



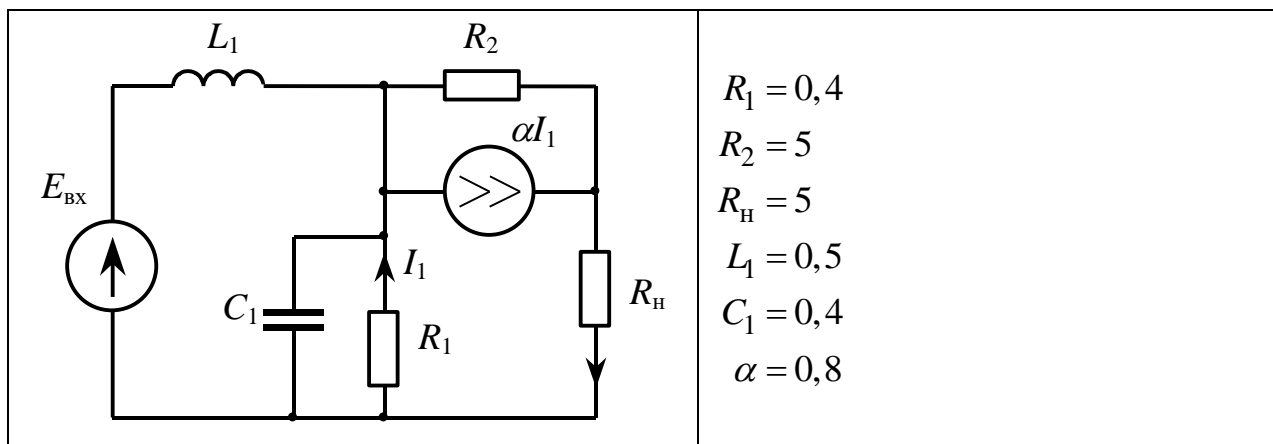
Рассчитать переходную характеристику, считая выходной величиной ток резистора R_H .

Вариант №2



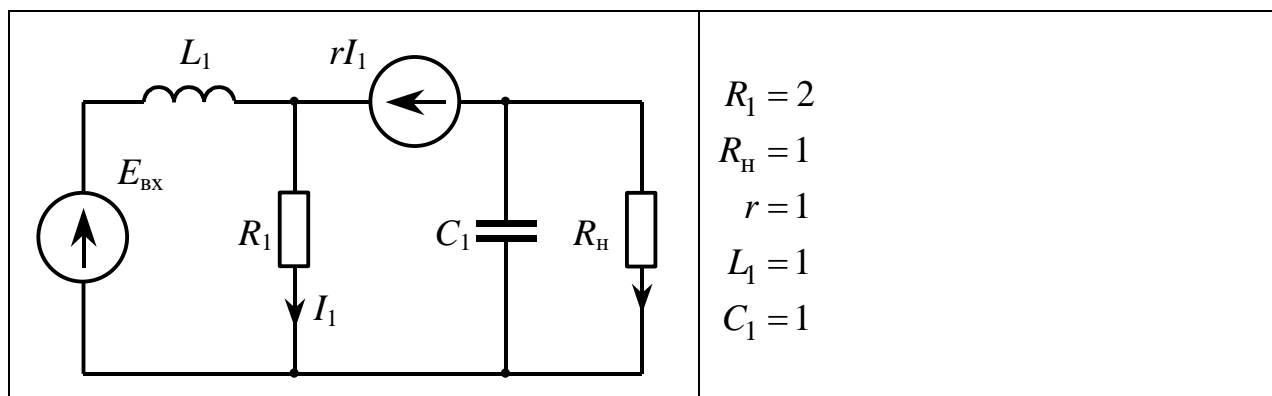
Рассчитать импульсную характеристику, считая выходной величиной напряжение на конденсаторе C_H .

Вариант №3



Рассчитать импульсную характеристику, считая выходной величиной напряжение на резисторе R_H .

Вариант №4



Рассчитать импульсную характеристику, считая выходной величиной ток резистора R_H .

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 6

| № п/п | Вопросы к зачету |
|-------|---|
| 1 | Граф электронной цепи и его элементы. |
| 2 | Матрицы инцидентий и главных сечений. Первый закон Кирхгофа в матричной форме. |
| 3 | Матрица главных контуров. Второй закон Кирхгофа в матричной форме. |
| 4 | Метод узловых потенциалов составления математической модели электронной цепи. |
| 5 | Метод контурных токов составления математической модели электронной цепи. |
| 6 | Метод переменных состояния составления математической модели электронной цепи. |
| 7 | Формирование уравнений состояния и выхода на ЭВМ при отсутствии в цепи особых контуров и сечений, зависимых источников. |
| 8 | Формирование узлового уравнения на основе принципа поэлементного вклада. |
| 9 | Понятие передаточной функции. Передаточные функции электронной цепи как линейного четырехполюсника. |
| 10 | Представление передаточной функции рациональной дробью. Нули и полюсы передаточной функции. Графические формы представления передаточной функции. |
| 11 | Представление передаточной функции в виде суммы простых дробей и лестничной дробью. |
| 12 | Частотные характеристики и параметры электронных цепей. |
| 13 | Графоаналитический способ построения АЧХ и ФЧХ цепи по картине нулей и полюсов передаточной функции. |
| 14 | Временные характеристики и параметры электронных цепей. |
| 15 | Метод Леверрье – Фаддеева расчета передаточной функции электронной цепи. |
| 16 | Расчет нулей и полюсов передаточной функции как собственных значений матриц A и A^* . |
| 17 | Расчет частотных характеристик цепи с использованием передаточной функции. |
| 18 | Расчет частотных характеристик цепи непосредственно по уравнениям математической модели, составленной по методу переменных состояния. |
| 19 | Расчет временных характеристик электронной цепи по передаточной функции. |
| 20 | Расчет периодических решений отклика электронной цепи по уравнениям математической модели, составленной методом переменных состояния. |
| 21 | Расчет отклика цепи на произвольное воздействие по передаточной функции и по известным частотным характеристикам. |
| 22 | Проблемы точности и устойчивости численного интегрирования уравнений состояния на ЭВМ. Выбор шага интегрирования. |

| № п/п | Вопросы к зачету |
|--------------|---|
| 23 | Неявные формулы численного интегрирования уравнений состояния на ЭВМ. Приближения Паде. |
| 24 | Численный метод расчета переходной характеристики электронной цепи на ЭВМ. |
| 25 | Аналитический метод расчета передаточной функции электронной цепи по матрице цепи Т. |
| 26 | Расчет передаточных функций четырехполюсника по матрице Z. |
| 27 | Численный метод расчета передаточной функции электронной цепи по уравнениям алгебраической математической модели. |

7.3.2 Критерии и нормы оценки

| Семестр | Форма проведения промежуточной аттестации | Критерии и нормы оценки | |
|----------------|--|--------------------------------|----------------------------|
| 6 | Зачет (по накопительному рейтингу) | «зачтено» | Итоговая оценка 55 и более |
| | | «не зачтено» | Итоговая оценка менее 55 |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|-------|---|--|---|-------------|--|
| 1 | Атабеков, Г.И. | Основы теории цепей | учебник | 2020 | ЭБС «Лань» |
| 2 | Атабеков, Г.И. | Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи | учебное пособие | 2019 | ЭБС «Лань» |
| 3 | Г.Н. Арсеньев, И.И. Градов ; под ред. Г.Н. Арсеньева. | Основы теории цепей. Практикум | учеб. пособие | 2019 | ЭБС ZNANI-UM.COM |

8.2. Дополнительная литература

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие (заголовок) | Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.) | Год издания | Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС |
|-------|-------------------------------|--|---|-------------|--|
| 4 | В.Я. Фролов, В.В. Смородинов. | Устройства силовой электроники и преобразовательной техники с разомкнутыми и замкнутыми системами управления в среде Matlab — Simulink | учебное пособие | 2020 | ЭБС «Лань» |
| 5 | Квасов, Б.И. | Численные методы анализа и линейной алгебры. Использование Matlab и Scilab | учебное пособие | 2016 | ЭБС «Лань» |
| 6 | Белецкий, А.Ф. | Теория линейных электрических цепей | учебник | 2018 | ЭБС «Лань» |
| 7 | Глотов, А.Ф. | Начала математического моделирования в электронике | учебное пособие | 2017 | ЭБС ZNANI-UM.COM |

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Нет.

8.4. Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование ПО | Реквизиты договора (дата, номер, срок действия) |
|-------|----------------------------|---|
| 1 | Pascal ABC | Freeware, без ограничений |
| 2 | Scilab (Версия 5.1 и выше) | Freeware, без ограничений |

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| № п/п | Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий | Перечень основного оборудования |
|-------|---|---|
| 1 | Э-511 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. | Столы ученические двухместные (моноблок) , столы ученические трехместные (моноблок) стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая) |
| 2 | Э-504 "Лаборатория ""Микропроцессорная техника и компьютерное моделирование"" Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации." | Столы ученические двухместные, стулья, компьютерные столы , доска аудиторная , монитор Samsung . Монитор - CTX . Монитор ProView . мониторы LG Flatron, системные блоки Kompass, системный блок - ALAN , системный блок - Antares, манипулятор типа «мышь» A-Tech, манипулятор типа «мышь»- Genius ,Клавиатура Mitsumi. Клавиатура - Clicker, Клавиатура- Genius, клавиатура - Chicony , шкаф , экран, стол и стул преподавательские, жалюзи. |
| 3 | Г-401 Помещение для самостоятельной работы обучающихся | Столы, стулья, компьютеры |