

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 08.09.2026 03:48:47

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb1356b26a130c551a511e673e843d64a48545a55e4089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

О.Г. Локтионова
« 21 » 08 2025 г.



ЭЛЕКТРОНИКА

**Методические указания к выполнению практических работ
для студентов направления подготовки: 12.03.04 «Биотехнические
системы и технологии»**

Курск 2025

УДК 615.478

Составитель: С.Н. Родионова

Рецензент:

Кандидат технических наук, доцент *Т.Н. Конаныхина*

Электроника: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления подготовки: 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.Н. Родионова. Курск, 2025. - 25 с.

Содержатся теоретические и практические сведения по решению типовых задач по дисциплине «Электроника», рассмотрены примеры решения типовых задач.

Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Предназначены для студентов для студентов направления подготовки: 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *21.08.25*. Формат 60х84 1/16.

Усл.печ. л. 1,45. Уч.-изд. л. 1,31. Тираж 30 экз. Заказ *900* .Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.....	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МЕТОДОМ КОНТУРНЫХ ТОКОВ	10
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛАХ И УСТРОЙСТВАХ.....	15
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ПАССИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	21

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ.

Цель работы: Познакомиться с методами расчета неразветвленных и разветвленных электрических цепей.

Теоретическая часть:

Электрическая цепь – это совокупность источников электрической энергии, нагрузки и соединительных проводов, образующих замкнутые контуры, по которым течет электрический ток. Направленное движение электрических зарядов в проводящей среде происходит за счет источников электрической энергии цепи. Причем движение зарядов не приводит к перемещению проводящего электрический ток вещества. Для расчета электрических цепей обычно составляют схемы замещения, в которых реальные элементы цепи представляются их расчетными моделями.

Основными законами электрических цепей, описывающими любые режимы их работы, являются закон Ома, законы Кирхгофа. Первый применяется для расчета простых неразветвленных электрических цепей, второй для разветвленных.

Закон Ома для участка цепи:

Сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению. Математически закон выражается формулой: $I = U/R$.

Закон Ома для полной цепи:

Сила тока в полной цепи равна отношению электродвижущей силы (E) источника к сумме внешнего и внутреннего сопротивлений: $I = E/(R + r)$.

Законы Кирхгофа:

Первый закон Кирхгофа связан с токами и узлами. Он формулируется следующим образом: **алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю**. Другими словами, суммарная сила токов, входящих в узел равна суммарной силе токов, выходящих из узла, то есть, электрический заряд в узле не накапливается (это подтверждается практикой).

$$\sum I = 0$$

Второй закон Кирхгофа связан с напряжениями и контурами. Он формулируется следующим образом: *в любом замкнутом электрическом контуре сумма электродвижущих сил (ЭДС) равна сумме падений напряжений на всех элементах цепи.*

$$\sum E = \sum IR$$

При составлении систем уравнений по законам Кирхгофа необходимо придерживаться ряда правил:

Если цепь содержит узлов, то она описывается уравнениями токов. Если цепь содержит ветвей, из которых содержат источники тока ветви в количестве , то она описывается уравнениями напряжений.

Перед тем, как составить уравнения, нужно произвольно выбрать:

- положительные направления токов в ветвях и обозначить их на схеме, при этом не обязательно следить, чтобы в узле направления токов были и втекающими, и вытекающими, окончательное решение системы уравнений всё равно даст правильные знаки токов узла;

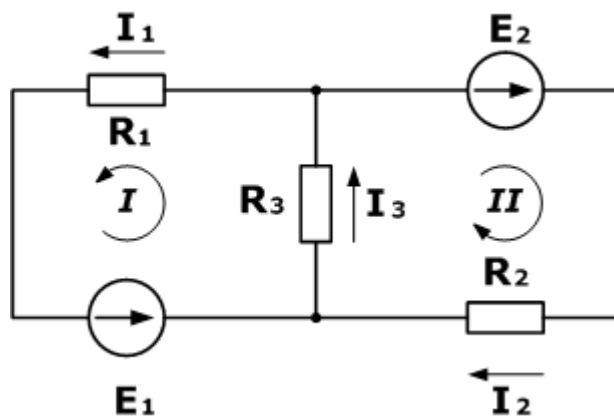
- положительные направления обхода контуров для составления уравнений по второму закону, с целью единообразия рекомендуется для всех контуров положительные направления обхода выбирать одинаковыми (напр.: по часовой стрелке).

Если направление тока совпадает с направлением обхода контура (которое выбирается произвольно), падение напряжения считается положительным, в противном случае — отрицательным.

При записи линейно независимых уравнений по второму правилу Кирхгофа стремятся, чтобы в каждый новый контур, для которого составляют уравнение, входила хотя бы одна новая ветвь, не вошедшая в предыдущие контуры, для которых уже записаны уравнения по второму закону (достаточное, но не необходимое условие).

Для примера рассмотрим электрическую цепь.

Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



Дано

$$R_1 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 150 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 150 \text{ Ом}$$

$$E_1 = 75 \text{ В}$$

$$E_2 = 100 \text{ В}$$

$$I_1, I_2, I_3 - ?$$

Используя первый закон Кирхгофа, можно записать $n-1$ уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов $n=2$, а значит нужно составить только одно уравнение.

Напомним, что по первому закону, сумма токов сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными.

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

Затем используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем) составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.

На примере первого контура – ток I_1 и I_3 совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС E_1 также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.

Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

Все эти три уравнения образуют систему

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).

$$\begin{cases} I_1 = 0,143 \\ I_2 = 0,262 \\ I_3 = 0,405 \end{cases}$$

Проверку правильности решения можно осуществить разными способами, но самым надежным является проверка балансом мощностей:

$$P = UI$$

Мощность электрического тока в цепи или на участке цепи определяется произведением силы тока на напряжение.

Задачи для самостоятельного решения:

1) К аккумулятору с ЭДС 12 В, подключена лампочка и два параллельно соединенных резистора сопротивлением каждый по 10 Ом. Известно, что ток в цепи 0,5 А, а сопротивление лампочки $R/2$. Найти внутреннее сопротивление аккумулятора.

2) Источник электрической энергии включен на сопротивление $R_1 = 10$ Ом и дает ток $I_1 = 3$ А. Если тот же источник включить на сопротивление $R_2 = 20$ Ом, то ток $I_2 = 1,6$ А. Найти ЭДС и внутреннее сопротивление источника $R_{вт}$.

3) Амперметр включен в участок цепи (рис. 1) и показывает $I_1 = 0,5$ А. Найти ток I_4 в сопротивлении R_4 , если $R_1 = R_4 = 2$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = R_5 = 1$ Ом.

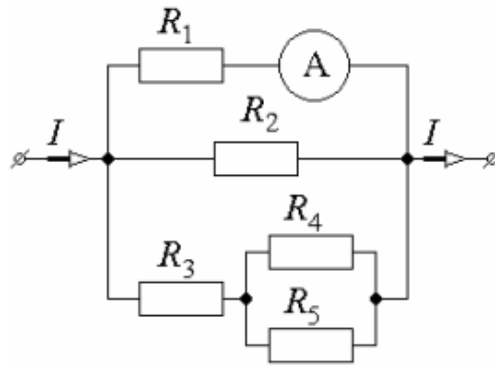


Рис.1.

4) Пользуясь законом Ома, определить внутреннее сопротивление $R_{в\tau}$ источника питания электрической цепи постоянного тока и напряжение U_2 на резисторе R_2 (рис. 2), если $E = 70 \text{ В}$, $U = 30 \text{ В}$, $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 38 \text{ Ом}$, $U_1 = 20 \text{ В}$.

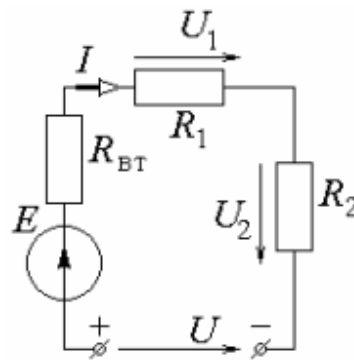
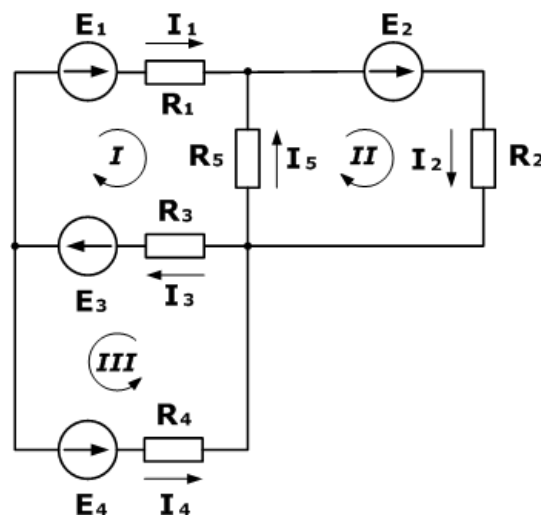


Рис. 2

5) С помощью Законов Кирхгофа рассчитайте разветвленную электрическую цепь (рис. 3).



Дано

$$R_1 = 130 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 150 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 200 \text{ Ом}$$

$$R_5 = 80 \text{ Ом}$$

$$E_1 = 30 \text{ В}$$

$$E_2 = 60 \text{ В}$$

$$E_3 = 80 \text{ В}$$

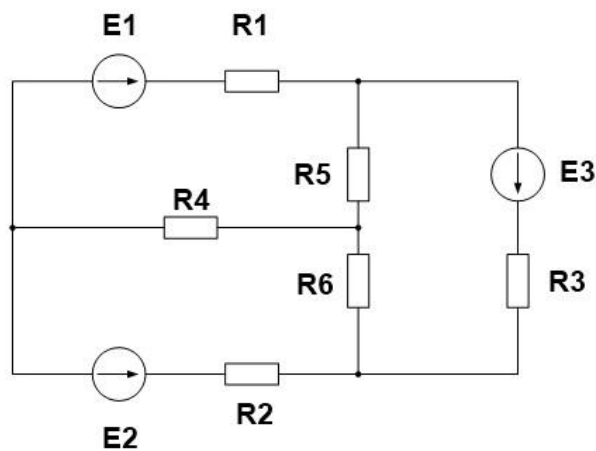
$$I_5 = 0,206 \text{ А}$$

$$I_1, I_2, I_3, I_4 - ?$$

$$E_4 - ?$$

Рис. 3

6) С помощью Законов Кирхгофа рассчитайте разветвленную электрическую цепь (рис. 4).



Дано:

$$E1 = 80 \text{ В}$$

$$E2 = 50 \text{ В}$$

$$E3 = 60 \text{ В}$$

$$R1 = 10 \text{ Ом} \quad R4 = 25 \text{ Ом}$$

$$R2 = 15 \text{ Ом} \quad R5 = 30 \text{ Ом}$$

$$R3 = 20 \text{ Ом} \quad R6 = 35 \text{ Ом}$$

Найти:

$$I1, I2, I3, I4, I5, I6 - ?$$

Рис. 4

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение электрической цепи.
2. Какая цепь называется разветвленной? Что ее определяет?
3. Сформулируйте Закон Ома для участка цепи.
4. В каких случаях применяют для расчета Законы Кирхгофа?

Сформулируйте их.

5. Какие правила необходимо учитывать при написании уравнений по Законам Кирхгофа?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. РАСЧЁТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ МЕТОДОМ КОНТУРНЫХ ТОКОВ.

Цель работы: Познакомиться с техникой расчета разветвленных электрических цепей методом контурных токов.

Теоретическая часть:

Один из методов анализа электрической цепи является метод контурных токов. Основой для него служит второй закон Кирхгофа. Главное его преимущество это уменьшение количества уравнений до $m - n + 1$, напомним что m - количество ветвей, а n - количество узлов в цепи. На практике такое уменьшение существенно упрощает расчет.

Контурный ток - это величина, которая одинакова во всех ветвях данного контура. Обычно в расчетах они обозначаются двойными индексами, например I_{11} , I_{22} и тд.

Действительный ток в определенной ветви определяется алгебраической суммой контурных токов, в которую эта ветвь входит. Нахождение действительных токов и есть первоочередная задача метода контурных токов.

Контурная ЭДС - это сумма всех ЭДС входящих в этот контур.

Собственным сопротивлением контура называется сумма сопротивлений всех ветвей, которые в него входят.

Общим сопротивлением контура называется сопротивление ветви, смежное двум контурам.

Общий план составления уравнений

1 – Выбор направления действительных токов.

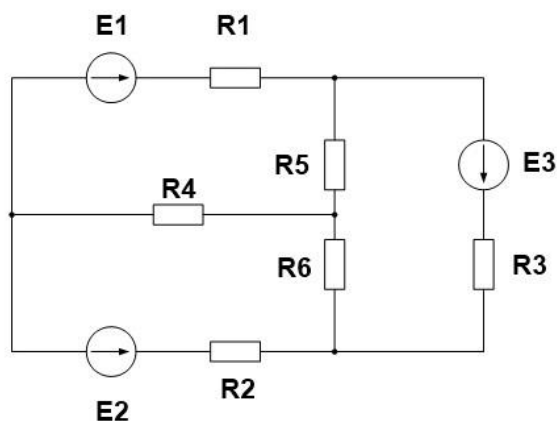
2 – Выбор независимых контуров и направления контурных токов в них.

3 – Определение собственных и общих сопротивлений контуров

4 – Составление уравнений и нахождение контурных токов

5 – Нахождение действительных токов

Рассмотрим пример.



Дано:

$$E1 = 80 \text{ В}$$

$$E2 = 50 \text{ В}$$

$$E3 = 60 \text{ В}$$

$$R1 = 10 \text{ Ом } R4 = 25 \text{ Ом}$$

$$R2 = 15 \text{ Ом } R5 = 30 \text{ Ом}$$

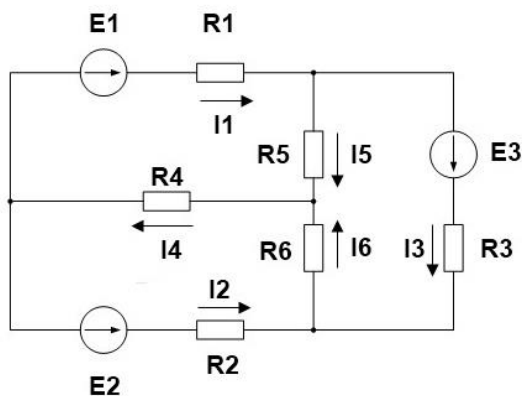
$$R3 = 20 \text{ Ом } R6 = 35 \text{ Ом}$$

Найти:

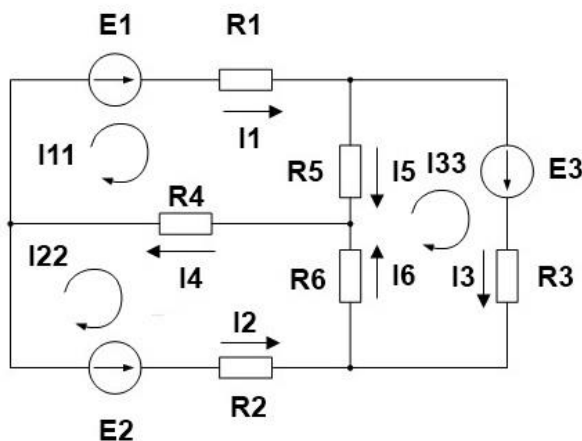
$$I1, I2, I3, I4, I5, I6 - ?$$

Выполняем все поэтапно.

1. Произвольно выбираем направления действительных токов I_1 - I_6 .



2. Выделяем три контура, а затем указываем направление контурных токов I_{11}, I_{22}, I_{33} . Мы выберем направление по часовой стрелке



3. Определяем собственные сопротивления контуров. Для этого складываем сопротивления в каждом контуре.

$$R_{11} = R_1 + R_4 + R_5 = 10 + 25 + 30 = 65 \text{ Ом}$$

$$R_{22} = R_2 + R_4 + R_6 = 15 + 25 + 35 = 75 \text{ Ом}$$

$$R_{33}=R_3+R_5+R_6=20+30+35= 85 \text{ Ом}$$

Затем определяем общие сопротивления, общие сопротивления легко обнаружить, они принадлежат сразу нескольким контурам, например сопротивление R_4 принадлежит контуру 1 и контуру 2. Поэтому для удобства обозначим такие сопротивления номерами контуров к которым они принадлежат.

$$R_{12}=R_{21}=R_4=25 \text{ Ом}$$

$$R_{23}=R_{32}=R_6=35 \text{ Ом}$$

$$R_{31}=R_{13}=R_5=30 \text{ Ом}$$

4. Приступаем к основному этапу – составлению системы уравнений контурных токов. В левой части уравнений входят падения напряжений в контуре, а в правой ЭДС источников данного контура.

Так как контура у нас три, следовательно, система будет состоять из трех уравнений. Для первого контура уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$I_{11} * R_{11} - I_{22} * R_{21} - I_{33} * R_{31} = E_1$$

Ток первого контура I_{11} , умножаем на собственное сопротивление R_{11} этого же контура, а затем вычитаем ток I_{22} , помноженный на общее сопротивление первого и второго контуров R_{21} и ток I_{33} , помноженный на общее сопротивление первого и третьего контура R_{31} . Данное выражение будет равняться ЭДС E_1 этого контура. Значение ЭДС берем со знаком плюс, так как направление обхода (по часовой стрелке) совпадает с направлением ЭДС, в противном случае нужно было бы брать со знаком минус.

Те же действия проделываем с двумя другими контурами и в итоге получаем систему:

$$\begin{cases} I_{11} * R_{11} - I_{22} * R_{21} - I_{33} * R_{31} = E_1 \\ I_{22} * R_{22} - I_{11} * R_{12} - I_{33} * R_{32} = -E_2 \\ I_{33} * R_{33} - I_{11} * R_{13} - I_{22} * R_{23} = E_3 \end{cases}$$

В полученную систему подставляем уже известные значения сопротивлений и решаем её любым известным способом.

$$\begin{cases} 65I_{11} - 25I_{22} - 30I_{33} = 80 \\ 75I_{22} - 25I_{11} - 35I_{33} = -50 \\ 85I_{33} - 30I_{11} - 35I_{22} = 60 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{11} = 2,726 \\ I_{22} = 1,264 \\ I_{33} = 2,189 \end{cases}$$

5. Последним этапом находим действительные токи, для этого нужно записать для них выражения.

Контурный ток равен действительному току, который принадлежит только этому контуру. То есть другими словами, если ток протекает только в одном контуре, то он равен контурному.

$$I_1 = I_{11} = 2,726$$

Но, нужно учитывать направление обхода, например, в нашем случае ток I_2 не совпадает с направлением, поэтому берем его со знаком минус.

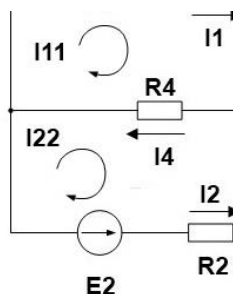
$$-I_2 = -I_{22} = -1,264$$

$$I_3 = I_{33} = 2,189$$

Токи, протекающие через общие сопротивления определяем как алгебраическую сумму контурных, учитывая направление обхода.

Например, через резистор R_4 протекает ток I_4 , его направление совпадает с направлением обхода первого контура и противоположно направлению второго контура. Значит, для него выражение будет выглядеть

$$I_4 = I_{11} - I_{22} = 2,726 - 1,264 = 1,462$$



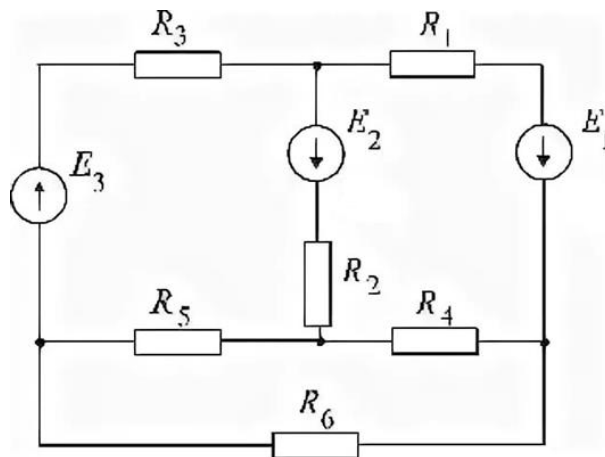
А для остальных

$$I_5 = I_{11} - I_{33} = 0,537$$

$$I_6 = I_{33} - I_{22} = 0,925$$

Практическая часть.

Задание 1. Написать уравнения для нахождения сил токов, протекающих через каждый резистор, для разветвленной цепи по Методу контурных токов.



Контрольные вопросы.

1. Опишите метод контурных токов? В чем его принцип?
2. Параллельные и последовательные соединения резисторов, конденсаторов: как изменяются основные величины этих компонентов при разных схемах включения (сопротивление, емкость, мощность, напряжение).
3. Что такое разность потенциалов? В чем ее отличие от ЭДС и напряжения?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ В ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛАХ И УСТРОЙСТВАХ

Цель работы. Познакомиться с использованием методов расчета электрических цепей в электронных узлах и устройствах.

Теоретическая часть

Полупроводниковый диод (ПД) представляет собой двухэлектродный прибор, действие которого основано на использовании электрических свойств p - n перехода или контакта металл-полупроводник. К этим свойствам относятся: односторонняя проводимость, нелинейность вольтамперной характеристики, наличие участка вольтамперной характеристики, обладающего отрицательным сопротивлением, резкое возрастание обратного тока при электрическом пробое, существование емкости p - n перехода. В зависимости от того, какое из свойств p - n перехода используется, полупроводниковые диоды могут быть применены для целей выпрямления, детектирования, преобразования, усиления и генерирования электрических колебаний, а также для стабилизации напряжения в цепях постоянного тока и в качестве переменных реактивных элементов.

В большинстве случаев ПД отличается от симметричного p - n перехода тем, что p - область диода имеет значительно большее количество примесей, чем n – область (несимметричный p - n переход), т.е. $p_p \gg n_n$. В этом случае n - область носит название базы диода. При подаче на такой переход обратного напряжения ток насыщения будет состоять почти только из потока дырок из базы в p - область и будет иметь меньшую величину, чем I_0 для симметричного перехода. При подаче прямого напряжения прямой ток тоже почти полностью будет состоять из потока дырок из p - области в базу и уже при небольших прямых напряжениях будет возрастать экспоненциально (уравнение в/а характеристики p - n перехода имеет вид:

$$I = I_0(e^{U/\phi} - 1)$$

Обычно за допустимое обратное напряжение принимается величина:

$$U_{обр.} = 0,8 U_{проб.}$$

Где $U_{проб.}$ - напряжение, при котором возникает пробой $p-n$ перехода.

Значение $U_{проб.}$ зависит от температуры и от удельного сопротивления полупроводника. Последнее объясняется тем, что напряженность поля $p-n$ перехода, а значит и напряжение пробоя зависят от ширины перехода, которая в свою очередь зависит от концентрации примесей, т.е. от удельного сопротивления полупроводника. Так как $p-n$ переход тем шире, чем больше удельное сопротивление полупроводника, то и $U_{проб.}$ будет тем больше, чем больше удельное сопротивление исходного материала.

Если требуется получить большое выпрямленное напряжение, при котором к диоду будет приложено обратное напряжение большее, чем допустимое, применяют последовательное включение диодов. Так как величины обратных сопротивлений диодов не одинаковы, то обратные напряжения при последовательном включении распределяются между диодами неравномерно и диод, имеющий большее обратное сопротивление, может быть пробит. Во избежание этого каждый из последовательно включенных диодов шунтируют сопротивлением такой величины, чтобы распределение напряжений на диодах в основном определялось этими сопротивлениями.

Знание характеристик диодов необходимо для выбора подходящего устройства для конкретной задачи, а также для расчета и проектирования электронных схем, в которых используются диоды. Основные характеристики диодов включают:

- Максимальный прямой ток. Максимальный ток, который диод может проводить без перегрева или повреждения. Прямые токи могут варьироваться от миллиампер до десятков ампер в зависимости от размера и конструкции диода.
- Максимальное обратное напряжение. Максимальное напряжение, которое можно приложить к диоду, не вызывая его пробоя или повреждения. Обратное напряжение обычно составляет от нескольких десятков до сотен вольт для обычных кремниевых выпрямительных диодов.
- Напряжение стабилизации. Это напряжение на выводах диода, при котором его сопротивление начинает изменяться.
- Напряжение пробоя. Это напряжение, при котором происходит пробой диода, то есть его сопротивление резко падает до нуля.

- Мощность. Это количество энергии, которую диод способен рассеивать без перегрева и повреждения.
- Время восстановления. Время, необходимое для диода, чтобы вернуться в состояние низкой проводимости после снятия обратного напряжения. Время восстановления может варьироваться от сотен наносекунд до нескольких микросекунд в зависимости от типа диода.
- Емкость диода. Емкость между анодом и катодом диода, которая может варьироваться от единиц до тысяч пикофарад в зависимости от конструкции диода и его рабочей частоты.
- Тепловое сопротивление. Параметр, характеризующий способность диода рассеивать тепло. Тепловое сопротивление обычно указывается в градусах Цельсия на ватт и может варьироваться от десятков до сотен градусов на ватт в зависимости от корпуса диода.

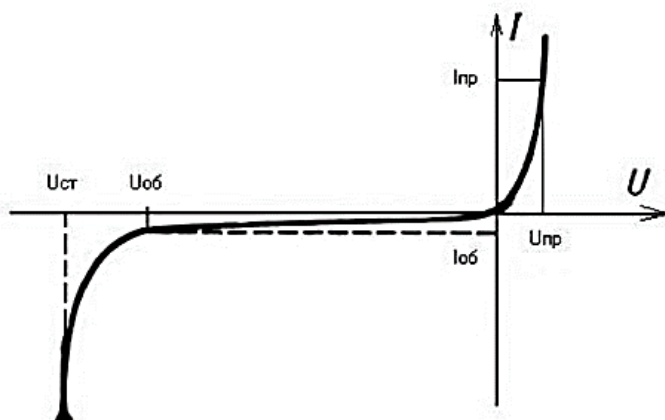


Рисунок 3.1 - Вольтамперная характеристика полупроводникового диода с p-n – переходом, в котором $U_{ст}$ – напряжение стабилизации, $I_{пр}$, $U_{пр}$ – прямой ток и соответствующее ему напряжение, $I_{об}$, $U_{об}$ – прямой ток и соответствующее ему напряжение.

Вольт-амперная характеристика диода (ВАХ) является графическим представлением зависимости между напряжением и током, протекающим через диод при различных значениях напряжения. Эта характеристика позволяет изучить и оценить работу диода в различных режимах и условиях.

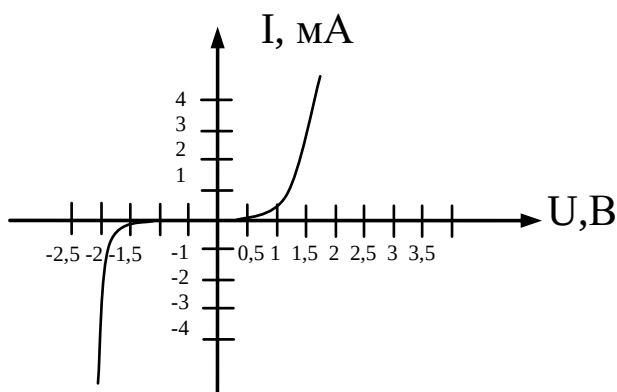
ВАХ диода обычно представляет собой кривую, где на оси абсцисс откладывается прямое напряжение (в вольтах), а на оси ординат - прямой ток (в амперах). ВАХ может отображать как

прямую ветвь, соответствующую положительному напряжению и прямому току, так и обратную ветвь, которая соответствует обратному напряжению и обратному току.

Прямая ветвь ВАХ диода показывает ток, протекающий через диод при повышении прямого напряжения. В этом режиме диод ведет себя примерно, как постоянное сопротивление, и ток через него возрастает практически линейно с увеличением напряжения. Обратная ветвь ВАХ представляет собой область, где обратный ток через диод протекает при повышении обратного напряжения.

Практическая часть

Задача 1. Дан график и в/а характеристика полупроводникового диода



Найти динамическое сопротивление диода на прямолинейных участках прямой и обратной ветви в/а характеристики.

1. Найти крутизну характеристики прямой ветви.

Вспомогательный материал:

1) Динамическое сопротивление:

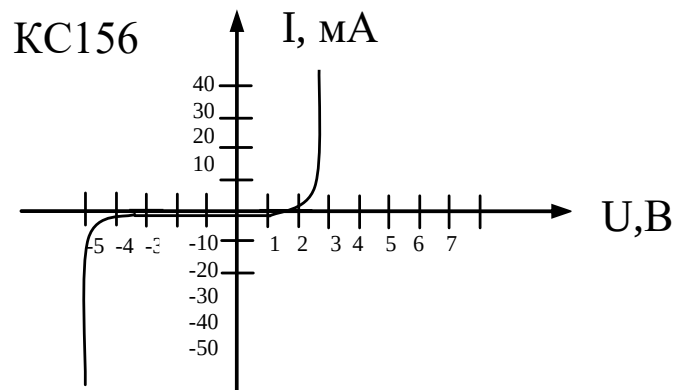
$$R_{\text{д}} = \frac{\Delta u \text{ (В)}}{\Delta y \text{ (А)}}$$

2) Крутизна вольтамперной характеристики

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta U} \text{ (мА/В)}$$

Задача 2. Даны:

- 1) Графическая в/а характеристика стабилитрона КС156А;

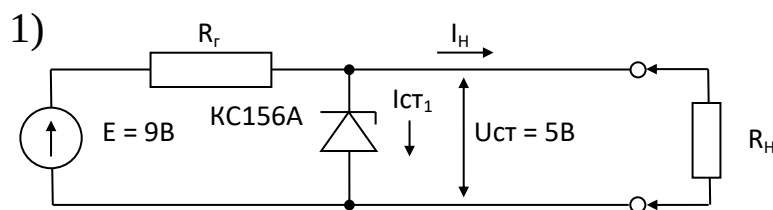


- 2) Напряжение источника – 9В;
- 3) Ток нагрузки $I_{H_{\max}} = 20$ мА;
- 4) Напряжение стабилизации $U_c = 5$ В.

Найти:

- 1) Построить схему стабилизации $U_{ст} = 5$ В, $U_{СТ}=2,5$ В;
- 2) Исходя из допустимости тока через стабилизаторы КС156А 40 мА, рассчитать величину гасящего сопротивления $R_{г}$, учитывая, что ток нагрузки имеет тенденцию к уменьшению.

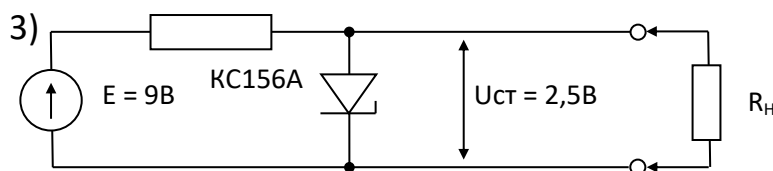
Вспомогательный материал:



$$I_{CT1} = 40 \text{ мА}, I_H = 20 \text{ мА}, U_{CT1} = 5 \text{ В}.$$

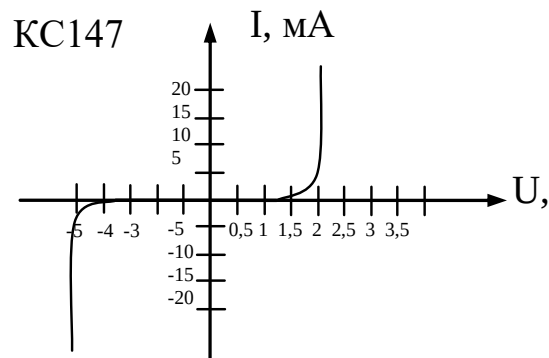
2)

$$R_{Г1} = \frac{E - U_{CT}}{I_{CT1} + I_{CT}} = \frac{9 - 5}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,67 \cdot 10^2 = 67 \text{ Ом}$$



Задача для самостоятельного решения:

1) Графическое представление в/а характеристики стабилитрона КС147Б;



2) Напряжение источника $E = 5\text{В}$;

Найти:

- 1) Построить схему стабилизации $U_{\text{ст}} = 2\text{В}$;
- 2) Определить величину гасящего резистора без нагрузки, если ток через стабилитрона составляет 20 мА.

Контрольные вопросы.

1. Дайте определение полупроводникового диода.
2. Перечислите основные характеристики диодов
3. Что такое ВАХ?
4. Как выглядит ВАХ для полупроводникового диода? Где ее можно найти и в чем она измеряется?
5. Что такое динамическое сопротивление? В чем его отличие от классического определения сопротивления?
6. Что такое крутизна ВАХ? На что влияет данная величина?
7. Что такое напряжение пробоя?
8. Что такое лавинообразный переход?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ПАССИВНЫЕ ФИЛЬТРЫ И ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Цель работы. Познакомиться с работой и методами расчета пассивных фильтров

Теоретическая часть.

Фильтры применяют для частотной селекции сигналов. Электрическим фильтром называется устройство (четырёхполюсник), которое пропускает без ослабления или с малым ослаблением сигналы в заданном диапазоне частот (в заданной полосе), и не пропускает или пропускает с большим ослаблением сигналы других частот.

Полоса частот, в которой ослабление мало, называется полосой пропускания, (прозрачности) фильтра. Полоса частот, в которой ослабление велико, называется полосой непропускания (задержания) фильтра. Между полосами пропускания и непропускания находится переходная область. Частоты, которые соответствуют границам полос пропускания, называются граничными или частотами среза и обозначаются $\omega_{гр}$ или $\omega_{ср}$.

По частотным свойствам различают следующие фильтры (рис. 4.1.): фильтры нижних частот (ФНЧ) пропускают колебания с частотами от нуля до некоторой верхней частоты $\omega_{ср1}$, фильтры верхних частот (ФВЧ) - колебания с частотой не ниже некоторой нижней частоты $\omega_{ср2}$. Полосовые фильтры (ПФ) имеют полосу пропускания от $\omega_{ср1}$ до $\omega_{ср2}$, режекторные (РФ), или заградительные (ЗФ), фильтры не пропускают колебания внутри интервала частот $\omega_{ср1}$, $\omega_{ср2}$.

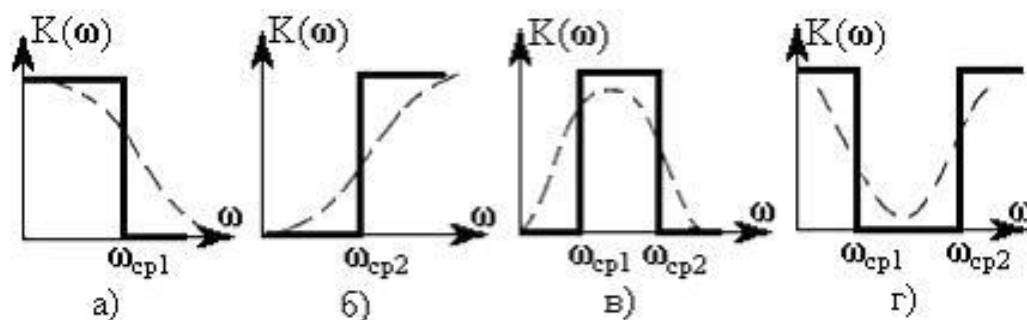


Рисунок 4.1 – Частотные характеристики идеальных (сплошная линия) и реальных (пунктирная линия) фильтров нижних частот (а), верхних (б), полосового (в) и режекторного (г).

Фильтры могут быть созданы только из пассивных LC - или RC -элементов или из RC – элементов в сочетании с активными элементами (операционными усилителями). Поэтому различают пассивные LC - и RC -фильтры и активные RC -фильтры. LC - и RC -цепочки называются звеньями. Каждое звено имеет продольное и поперечное плечо. Сопротивление продольного плеча обозначается $Z1$, а поперечного - $Z2$. Если $Z1$ носит индуктивный характер, то $Z2$ должно носить емкостной характер и наоборот.

LC -фильтр нижних частот (рис. 4.2. а) пропускает электрические колебания в полосе частот от 0 до ∞ .

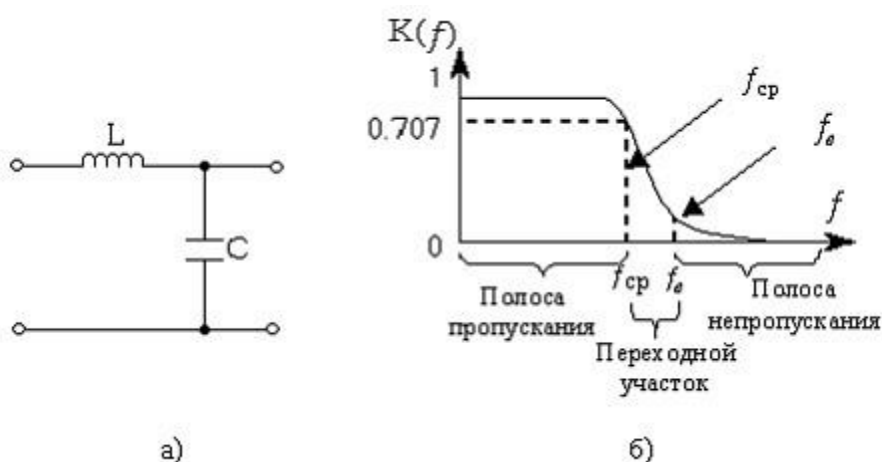


Рисунок 4.2 – Схема LC -фильтра нижних частот (а) и его АЧХ (б).

Это объясняется тем, что на низких частотах сопротивление индуктивного элемента XL фильтра мало, а емкостного XC – велико и электрические колебания проходят со входа на выход почти без ослабления. С увеличением частоты сопротивление индуктивного элемента возрастает, а емкостного – снижается и коэффициент передачи фильтра уменьшается (рис. 4.2. б).

LC -фильтр верхних частот (рис. 4.3. а) не пропускает нижних частот так, как XC велико, XL мало. С ростом частоты сопротивление продольного плеча (XC) уменьшается, а поперечного (XL) увеличивается, что приводит к повышению коэффициента передачи. Полоса пропускания такого фильтра лежит в диапазоне частот от 0 до $f = \infty$ (рис. 4.3.б).

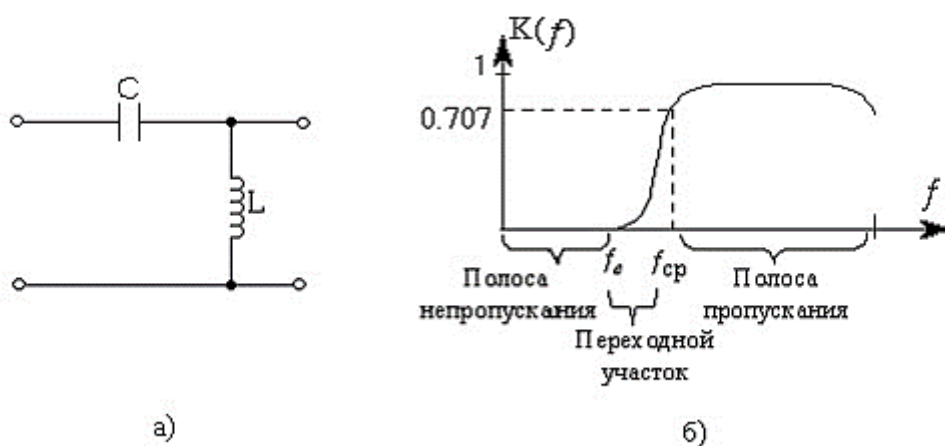


Рисунок 4.3 – Схема LC -фильтра верхних частот (а) и его АЧХ (б)

Принцип работы полосового фильтра (рис. 4.4. а) основан на использовании резонансов напряжений и токов в последовательных и параллельных колебательных контурах.

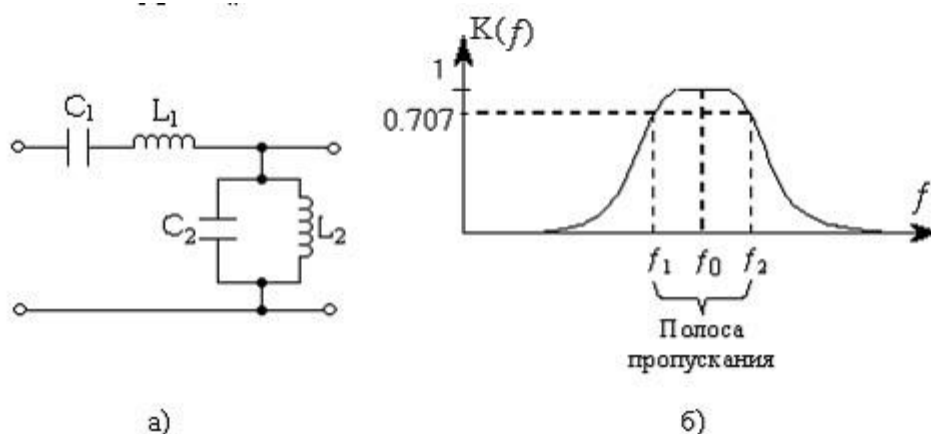


Рисунок 4.4 – Схема полосового LC -фильтра (а) и его АЧХ (б).

При совпадении частот, на которых наблюдается резонанс напряжений в последовательном контуре L_1C_1 и резонанс токов в параллельном колебательном контуре L_2C_2 , сопротивление продольного плеча L_1C_1 оказывается минимальным, а поперечного L_2C_2 – максимальным. Коэффициент передачи $ПФ$ при этом имеет наибольшее значение. При отклонении частоты входных колебаний от резонансной частоты f_0 коэффициент передачи $ПФ$ уменьшается (рис. 4.4. б).

В заграждающих (режекторных) фильтрах (рис. 4.5. а) также используются резонансы напряжений и токов, но в отличие от $ПФ$ параллельный колебательный контур включен в продольное плечо, а последовательный – в поперечное.

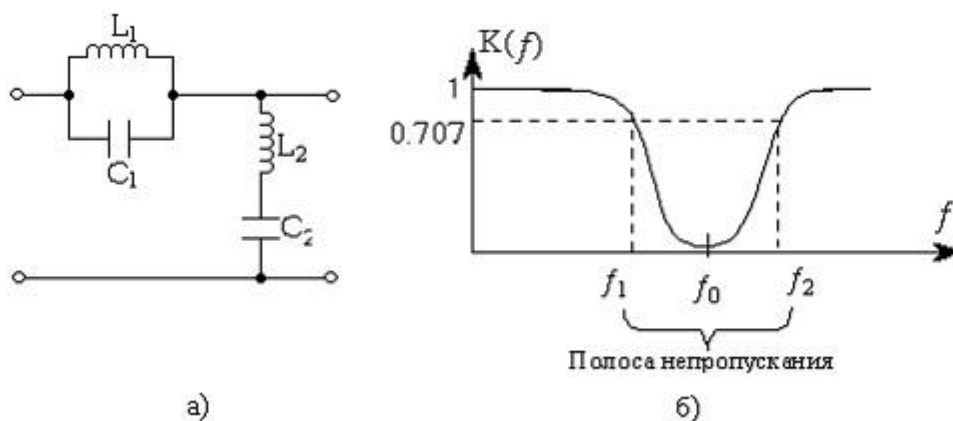


Рисунок 4.5 – Схема режекторного LC-фильтра (а) и его АЧХ (б).

Резонансная частота контура определяется выражением

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}.$$

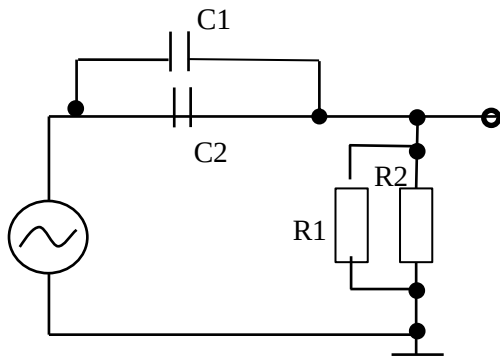
При резонансе сопротивление продольного плеча оказывается максимальным, а поперечного – минимальным, что соответствует наибольшему затуханию (рис. 4.5. б). Для электрических колебаний с частотами, отличающимися от резонансной, сопротивление продольного плеча уменьшается, а поперечного – увеличивается, в результате чего происходит увеличение коэффициента передачи фильтра.

Аналогичным образом устроены фильтры на R-C цепочках.

Практическая часть.

Задачи для самостоятельной работы (примечание, прежде чем решать подобные задачи упростите схему, посчитав единые значения для сопротивлений, емкостей и индуктивностей, учитывая параллельные и последовательные соединения данных элементов):

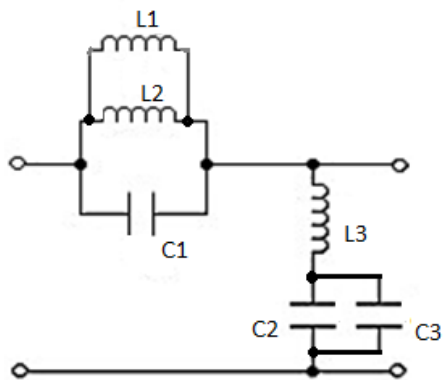
Задача1



1 Определите тип фильтра.

2 Рассчитайте частоту среза фильтра, если известно, что: $R1=80\text{ Ом}$, $R2=120\text{ Ом}$, $C1=20\text{ мкФ}$, $C2=50\text{ мкФ}$.

Задача 2.



1 Определите тип фильтра.

2 Рассчитайте частоту пропускания фильтра, и величину $L3$, если известно, что: $L1=6,8\text{ мкГн}$, $L2=2,1\text{ мкГн}$, $C1=2\text{ мкФ}$, $C2=5\text{ мкФ}$, $C3=6\text{ мкФ}$.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите основные типы фильтров?
2. Что такое частота среза фильтра?
3. Что такое АЧХ фильтра?
4. Каковы принципы построения АЧХ фильтра?
5. Что такое полоса пропускания фильтра?