Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (СибГУТИ)

Кафедра вычислительных систем

Лабораторная работа №3

по дисциплине «**Электротехника, электроника и схемотехника**»

Выполнили:

студенты /Ерофеев К.А./

гр. ИВ-222 /Рудцких В.Е./

«» декабря 2023 г.

Проверил:

Старший преподаватель Кафедры ВС /Коновалов А. С./

« » декабря 2023 г.

Оценка «\_\_\_»

Новосибирск 2023г.

Лабораторная работа №3

Исследование переходных процессов

1.Цель работы

Экспериментальная проверка влияния пассивных и реактивных элементов на параметры переменного напряжения прямоугольной формы. Приобретение навыков расчета RC-цепей в режимах интегрирования и дифференцирования.

15.Подготовка к выполнению работы

1. Общая характеристика переходных процессов. Законы коммутации.

2. Основные методы анализа переходных процессов в линейных цепях.

3. Основные параметры периодической последовательности напряжения прямоугольной формы.

4. Интегрирующие RC-цепи. Условие интегрирования.

5. Дифференцирующие RC-цепи. Условие дифференцирования.

16.Рекомендуемая литература

1. Усольцев А.А. Общая электротехника [Электронный ресурс]: учебное пособие// СПб.: Университет ИТМО, 2009, 302 c. Доступ из ЭБС «IPRbooks» URL: http://www.iprbookshop.ru/67413.html (с. 4–34).

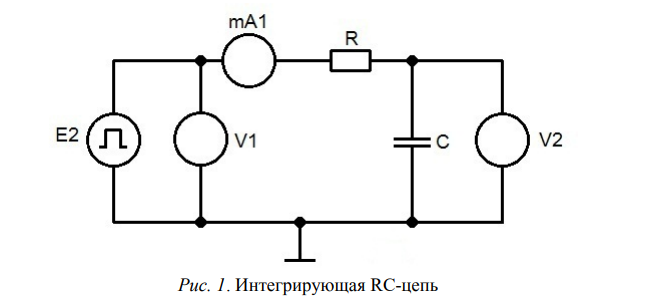
2. Кузнецов М.И. Основы электротехники – М: Высшая школа, 1970, с.368

3. Круг К.А. Основы электротехники. М.: Сила, 1916 г., (6-е издание – 1946г.)

17.Задание к лабораторной работе

Источником напряжения является периодическая последовательность прямоугольных импульсов с частотой 500 Гц со скважностью 2. Выбрать элементы R и C таким образом, чтобы постоянная времени τ = RC была равна τ = 0,5Tимп. Рекомендуемые R = 1кОм и С = 1мкФ. ПРИМЕЧАНИЕ В течении занятия частоту не изменять. 18.Экспериментальная часть 5.1 Исследование интегрирующей RC цепи.

1. Собрать схему интегрирующей цепи с рекомендованными R и C (рисунок 1). Пригласить преподавателя проверить схему.

2. Подсоединить компьютер к макету и включить программу LESO3. На панели управления LESO3 выбрать источник Е2. Включить режим «меандр» (прямоугольные импульсы со скважностью 2). Установить амплитуду 1,0 В, постоянную составляющую 0 В. 

3. Получить осциллограммы входных импульсов V1, импульсов на конденсаторе V2 и тока в цепи mA1(рисунок 1). По осциллограммам определить постоянную времени τ RC-цепи (время от начала импульса до момента, когда V2 станет равным 0,63 V2мах.). Совместить изображение экрана (осциллограмму) с визирными линиями, положение которых соответствует определению «τ». Для сохранения изображения экрана осциллографа, необходимо на поле экрана нажать левую кнопку мыши и выбрать пункт «сохранить». Файлы необходимо использовать при подготовке отчёта по работе. В связи с тем, что одновременно можно получить сигналы только двух величин, например, тока и напряжения на входе или напряжения на входе и напряжения на выходе, надо делать сохранение двух осциллограмм. Первая, где выбраны, например, сигналы для каналов V1 и V2, и вторая для каналов V1 и mA1.

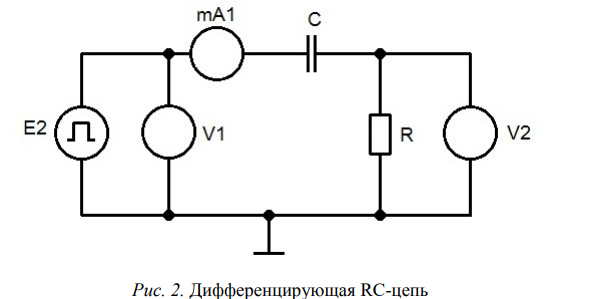
4. Повторить п.3, включив в схему (рисунок 1) другой резистор R номиналом в 2 – 4 раза меньше рекомендованного при неизменном конденсаторе. Сохранить изображение на экране (осциллограммы) с визирными линиями, положение которых соответствует определению «τ». Затем включить в схему резистор R номиналом в 5 – 10 раз больше рекомендованного при неизменном конденсаторе. Сохранить осциллограммы для отчёта.

5. Повторить п.3, включив в схему (рисунок 1) другой конденсатор С в 2 – 10 раз меньше рекомендованного при резисторе равном 1кОм. Затем включить в схему конденсатор С в 2- 6 раз больше рекомендованного при резисторе равном 1кОм. Сохранить осциллограммы для отчёта.

6. Выбрать τ >> tимп. Для этого выбрать величины резистора и конденсатора в 5- 6 раз больше рекомендованных. Получить осциллограммы входных импульсов и импульсов на конденсаторе С. Сохранить изображение на экране (осциллограммы) с визирными линиями, положение которых соответствует определению «τ».

22 ПРИМЕЧАНИЕ Возможные значения ёмкости конденсатора: 0.05 мкФ, 0.1мкФ, 0.5 мкФ, 1мкФ, 2.2мкФ, 3мкФ, 4.7мкФ, 6.2 мкФ, 8.2 мкФ. Возможные значения величины номинала резистора >220 Ом–100 кОм. Резистор номиналом менее 200 Ом не применять!!

5.2 Исследование дифференцирующей RC цепи



2. На панели управления выбрать источник Е2 включить режим «меандр» (прямоугольные импульсы со скважностью 2)

Установить амплитуду 1,0 В, постоянную составляющую 0 В.

3. Получить осциллограммы входных импульсов V1, импульсов на резисторе V2 и тока в цепи mA1 (рис.2) при τ= tимп.

4. Провести исследование, аналогично предыдущим пунктам:



ПРИМЕЧАНИЕ

Возможные значения ёмкости конденсатора: 0.05 мкФ, 0.1мкФ, 0.5 мкФ, 1мкФ, 2.2мкФ, 3мкФ, 4.7мкФ, 6.2 мкФ, 8.2 мкФ. Возможные значения величины номинала резистора >220 Ом–100 кОм. Резистор номиналом менее 200 Ом не применять!!!

20.Контрольные вопросы

1. Понятие переходных процессов. 2. Законы коммутации. 3. Методы расчета переходных процессов. 4. Физические процессы, происходящие в интегрирующей цепи при воздействии на нее прямоугольных импульсов напряжения. 5. Условие интегрирования пассивных интегрирующих цепей RC и RL. 6. Физические процессы, происходящие в дифференцирующей цепи при воздействии на нее прямоугольных импульсов напряжения. 7. Условия дифференцирования и разделительной цепи. 8. Практическое применение дифференцирующих и интегрирующих цепей

**1. Понятие переходных процессов.**

Переходные процессы в электрических схемах возникают при изменении режима работы системы, например, при включении или выключении источника питания, изменении нагрузки, переключении ключей или изменении параметров элементов схемы. Эти процессы могут привести к временным изменениям напряжения, тока, мощности и других параметров в системе.

**2. Законы коммутации.**

1)Первый закон коммутации гласит, что ток iL в цепи с катушкой индуктивности L в момент коммутации не может измениться скачкообразно, т.е.



2) Второй закон коммутации гласит, что напряжение uC на выводах конденсатора C в момент коммутации не может измениться скачкообразно, т.е.



**3. Методы расчета переходных процессов.**

Основные методы анализа переходных процессов в линейных цепях:

1. **Классический метод,** заключающийся в непосредственном интегрировании дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитное состояние цепи.
2. **Операторный метод,** заключающийся в решении системы алгебраических уравнений относительно изображений искомых переменных с последующим переходом от найденных изображений к оригиналам.
3. **Частотный метод,** основанный на преобразовании Фурье и находящий широкое применение при решении задач синтеза.
4. Метод расчета с помощью **интеграла Дюамеля,** используемый при сложной форме кривой возмущающего воздействия.
5. **Метод переменных состояния,** представляющий собой упорядоченный способ определения электромагнитного состояния цепи на основе решения системы дифференциальных уравнений первого прядка, записанных в нормальной форме (форме Коши).

**4. Физические процессы, происходящие в интегрирующей цепи при воздействии на нее прямоугольных импульсов напряжения.**

Так как конденсатор С не может мгновенно зарядиться, то в момент поступления на вход прямоугольного импульса все входное напряжение выделяется на резисторе R,

а 𝑈вых = 𝑈𝑐 = 0

За время действия импульса конденсатор заряжается с постоянной времени τ по закону 𝑈𝑐 = 𝑈вых = 𝑈мвх(1 − 𝑒^(− 𝑡/𝜏))

К моменту окончания входного импульса (𝑡 = 𝑡и) напряжение на выходе достигает максимального значения

𝑈мвых = 𝑈мвх(1 − 𝑒^(− 𝑡и/𝜏) )

и конденсатор начинает разряжаться через резистор, а напряжение 𝑈вых уменьшается с той же постоянной времени τ . Можно считать, что через время t = 3𝜏 после окончания входного импульса конденсатор С практически разрядился, т.е. длительность импульса на выходе интегрирующей цепи будет: 𝑡𝑢вых = 𝑡и + 3𝜏

Так как по условию 𝑡и ≪ 𝜏, то 𝑡𝑢вых ≈ 3𝜏.

Таким образом, при 𝑡и ≪ 𝜏 на выходе цепи будут наблюдаться растянутые пилообразные импульсы с амплитудой 𝑈мвых < 𝑈мвх Поэтому такую цепь называют еще удлиняющей или сглаживающей. Удлиняющие цепи применяют в счетно-решающих устройствах, в устройствах выделения импульсов по длительности, в схемах накопления заряда и т.п.

**5. Условие интегрирования пассивных интегрирующих цепей RC и RL.**

Условие интегрирования для пассивных интегрирующих цепей (как RC, так и RL) определяется их способностью преобразовывать входной сигнал в выходной сигнал, который представляет собой интеграл входного сигнала по времени. Для RC и RL цепей условие интегрирования можно выразить следующим образом:

1. Для RC-цепи:

Условие интегрирования для RC-цепи определяется временной константой (τ) цепи, которая равна произведению сопротивления (R) и емкости (C) цепи: τ = RC.

Пассивная RC-цепь интегрирует входное напряжение, если период входного сигнала значительно больше временной константы цепи (T ≫ τ), где T - период входного сигнала.

2. Для RL-цепи:

Условие интегрирования для RL-цепи определяется постоянной времени (τ) цепи, которая равна отношению индуктивности (L) к сопротивлению (R) цепи: τ = L/R.

Пассивная RL-цепь интегрирует входное напряжение, если период входного сигнала значительно больше постоянной времени цепи (T ≫ τ), где T - период входного сигнала.

Оба этих условия указывают на то, что для успешного интегрирования входного сигнала пассивные интегрирующие цепи должны быть способны обеспечить достаточное время для зарядки или разрядки своих элементов (конденсатора в случае RC-цепи или катушки индуктивности в случае RL-цепи). Если период входного сигнала много больше временной или постоянной времени цепи, то условие интегрирования будет выполнено, и цепь будет способна выполнять интегрирование входного сигнала.

**6. Физические процессы, происходящие в дифференцирующей цепи при воздействии на нее прямоугольных импульсов напряжения.**

Так как напряжение на конденсаторе не может изменяться скачкообразно, то в момент поступления на вход цепи положительного импульса с амплитудой Uм на резисторе R напряжение будет равно Uм. Затем начнется быстрый заряд конденсатора (𝜏 << tи), в ходе которого напряжение на конденсаторе будет возрастать по экспоненциальному закону. Напряжение на выходе цепи, равное разности напряжений Uм и UС

𝑈вых = 𝑈вх − 𝑈С = 𝑈м − 𝑈С

будет убывать с той же скоростью.

Из-за малой величины постоянной времени 𝜏 напряжение на выходе становится практически равным нулю задолго до окончания импульса, так как за время t=tи конденсатор успевает почти полностью зарядиться. С момента окончания действия входного импульса в цепи действует только одно напряжение 𝑈С и, согласно закону Кирхгофа, выходное напряжение можно найти из равенства

0 = 𝑈С + 𝑈вых

т.е. выходное напряжение должно повторять напряжение 𝑈С.

Поэтому в момент времени tи на входе цепи появляется напряжение 𝑈м отрицательной полярностью. Этот отрицательный перепад напряжения быстро спадает до нуля, так как конденсатор быстро разряжается. Таким образом, каждый входной импульс прямоугольной формы преобразуется рассматриваемой цепью в пару остроконечных кратковременных импульсов разной полярности. Поэтому такая цепь является обостряющей. Остроконечные импульсы используются очень широко и, в частности, для запуска импульсных устройств. Сохраняя, по существу, крутой фронт исходного импульса прямоугольной формы, остроконечный импульс спадает до нуля настолько быстро, что не влияет на последующую работу запускаемого устройства.

**7. Условия дифференцирования и разделительной цепи.**

Условия дифференцирования для пассивных дифференцирующих цепей (например, RC-цепей) определяются их способностью преобразовывать входной сигнал в выходной сигнал, который представляет собой производную входного сигнала по времени. Для RC-цепей условие дифференцирования можно выразить следующим образом:

Для RC-цепи:

Условие дифференцирования для RC-цепи определяется временной константой (τ) цепи, которая равна произведению сопротивления (R) и емкости (C) цепи: τ = RC.

Пассивная RC-цепь дифференцирует входное напряжение, если период входного сигнала значительно меньше временной константы цепи (T ≪ τ), где T - период входного сигнала.

Условия разделительной цепи:

Разделительная цепь, также известная как фильтр высоких частот, предназначена для пропуска высокочастотных компонентов сигнала и подавления низкочастотных компонентов. Условие разделительной цепи зависит от конкретной реализации цепи (например, RC-фильтр, RL-фильтр, LC-фильтр и т.д.) и требуемых характеристик фильтрации (например, частоты среза, уровня подавления и т.д.). Общим условием для разделительной цепи является то, что она должна быть способна обеспечить высокую передаточную функцию для высокочастотных сигналов и низкую передаточную функцию для низкочастотных сигналов.

Как и в случае с интегрирующими цепями, успешное выполнение условий дифференцирования и разделительной цепи зависит от соотношения между временем или постоянной времени цепи и периодом входного сигнала.

**8. Практическое применение дифференцирующих и интегрирующих цепей**

Дифференцирующие и интегрирующие цепи имеют широкое применение в различных областях электроники и сигнальной обработки. Вот несколько практических примеров использования этих цепей:

Практическое применение дифференцирующих цепей:

1. Отслеживание изменений: Дифференцирующие цепи могут использоваться для отслеживания скорости изменения входного сигнала. Например, в системах управления двигателями, датчиках скорости и ускорения, а также в системах мониторинга и диагностики.

2. Детектирование импульсов: Дифференцирующие цепи могут применяться для обнаружения импульсов и коротких сигналов в радиосвязи, радарах, медицинской технике и других приложениях, где необходимо точное определение момента появления импульса.

3. Фильтрация шума: Дифференцирующие цепи могут использоваться для фильтрации высокочастотного шума, что позволяет улучшить качество сигнала в системах связи, измерения и контроля.

Практическое применение интегрирующих цепей:

1. Измерение суммарной энергии: Интегрирующие цепи могут использоваться для измерения суммарной энергии или заряда, например, в системах учета электроэнергии, аккумуляторных батареях и других энергетических устройствах.

2. Сглаживание сигналов: Интегрирующие цепи могут применяться для сглаживания низкочастотных сигналов, устранения пульсаций и шумов в системах измерения и управления.

3. Генерация сигналов: Интегрирующие цепи могут использоваться для генерации интегрированных сигналов, например, для создания формирователей импульсов, модуляции аналоговых сигналов и других приложений в области радиосвязи и передачи данных.

Это лишь некоторые из возможных применений дифференцирующих и интегрирующих цепей.