

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»**

**МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОНИКИ И МАТЕМАТИКИ
им. А.Н. Тихонова НИУ ВШЭ**

**Отчет по лабораторной работе №1
«Исследование свойств методов расчета временных характеристик
электрических схем»
по дисциплине «Автоматизация проектных работ»**

Исполнитель:

Коленко Александр Сергеевич

Группа:

БИН 211

Оглавление

Цель работы	3
Теоретические сведения	4
Выполнение работы	7
Выводы	12
Контрольные вопросы	13

Цель работы

Изучение метода моделирования временных характеристик электрических схем.

Теоретические сведения

Колебательный контур — осциллятор, представляющий собой электрическую цепь, содержащую соединённые катушку индуктивности и конденсатор. В такой цепи могут возбуждаться колебания тока (и напряжения).

Колебательный контур — простейшая система, в которой могут происходить свободные электромагнитные колебания.

Резонансная частота контура определяется так называемой формулой Томсона:

Принцип действия:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Пусть конденсатор ёмкостью C заряжен до напряжения. Энергия, запасённая

$$E_C = \frac{CU_0^2}{2}$$

в конденсаторе составляет

При соединении конденсатора с катушкой индуктивности, в цепи потечёт ток, что вызовет в катушке электродвижущую силу (ЭДС) самоиндукции, направленную на уменьшение тока в цепи. Ток, вызванный этой ЭДС (при отсутствии потерь в индуктивности) в начальный момент будет равен току разряда конденсатора, то есть результирующий ток будет равен нулю. Магнитная энергия катушки в этот (начальный) момент равна нулю.

Затем результирующий ток в цепи будет возрастать, а энергия из конденсатора будет переходить в катушку до полного разряда конденсатора. В этот момент электрическая энергия конденсатора. Магнитная же энергия, сосредоточенная в катушке, напротив, максимальна и равна, $E_L = \frac{LI_0^2}{2}$, где — индуктивность катушки, — максимальное значение тока.

После этого начнётся перезарядка конденсатора, то есть заряд конденсатора напряжением другой полярности. Перезарядка будет проходить до тех пор, пока магнитная энергия катушки не перейдёт в электрическую энергию конденсатора. Конденсатор, в этом случае, снова будет заряжен до напряжения .

В результате в цепи возникают колебания, длительность которых будет обратно пропорциональна потерям энергии в контуре.

В общем, описанные выше процессы в параллельном колебательном контуре называются резонанс токов, что означает, что через индуктивность и ёмкость протекают токи, больше тока проходящего через весь контур, причем эти токи больше в определённое число раз, которое называется добротностью. Эти большие токи не покидают пределов контура, так как они противофазны и сами себя компенсируют. Стоит также заметить, что сопротивление параллельного колебательного контура на резонансной частоте стремится к бесконечности (в отличие от последовательного колебательного контура, сопротивление которого на резонансной частоте стремится к нулю), а это делает его незаменимым фильтром.

Стоит заметить, что помимо простого колебательного контура, есть ещё колебательные контуры первого, второго и третьего рода, что учитывают потери и имеют другие особенности.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) — зависимость амплитуды выходного сигнала от частоты. А также функция выражающая (описывающая) эту зависимость. А также — график этой функции. (Математически амплитуда — это модуль некоторой комплекснозначной функции от частоты.) Также может рассматриваться АЧХ других комплекснозначных функций частоты, например, спектральной плотности мощности сигнала.

АЧХ в теории линейных стационарных систем означает зависимость модуля передаточной функции системы от частоты. АЧХ показывает во сколько раз амплитуда сигнала на выходе системы отличается от амплитуды входного сигнала на всём диапазоне частот.

На графике АЧХ по оси абсцисс откладывается частота, а по оси ординат отношение амплитуд выходного и входного сигналов системы. Обычно для частоты используется логарифмический масштаб, так как исследуемый диапазон частот может изменяться в достаточно широких пределах (от единиц до миллионов Гц или рад/с). В случае когда логарифмический масштаб используется и на оси ординат, АЧХ превращается в логарифмическую амплитудно-частотную характеристику. ЛАЧХ получила широкое распространение в теории автоматического управления в связи с простотой построения и наглядностью при исследовании систем управления.

Выполнение работы

Рассчитаем АЧХ схемы колебательного контура при значениях сопротивления $R=1, 10, 100$ Ом.

1. При $R = 1$ Ом:

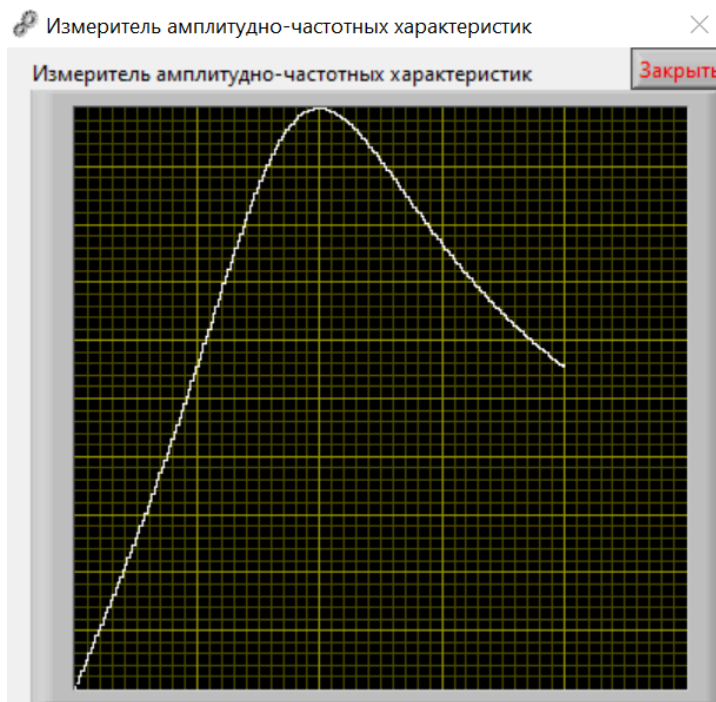


Рисунок 1 – АЧХ схемы колебательного контура при значении $R = 1$ Ом

2. При $R = 10$ Ом:

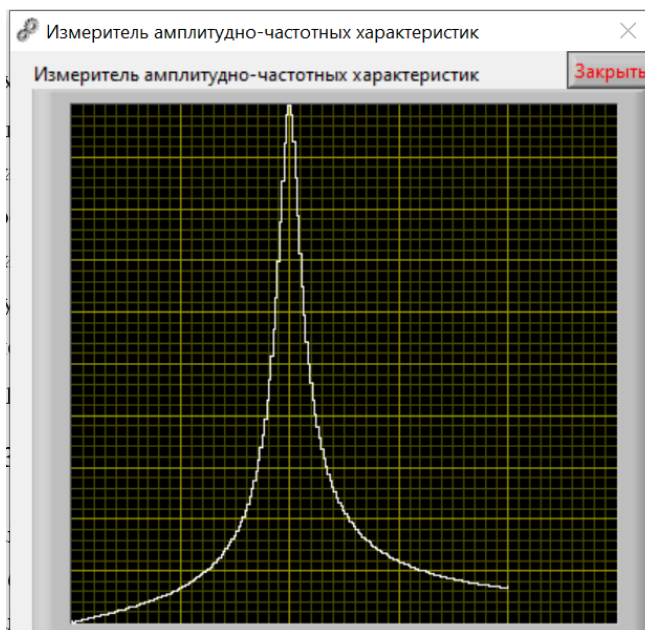


Рисунок 2 – АЧХ схемы колебательного контура при значении $R = 10$

Ом

3. При $R = 100 \text{ Ом}$:

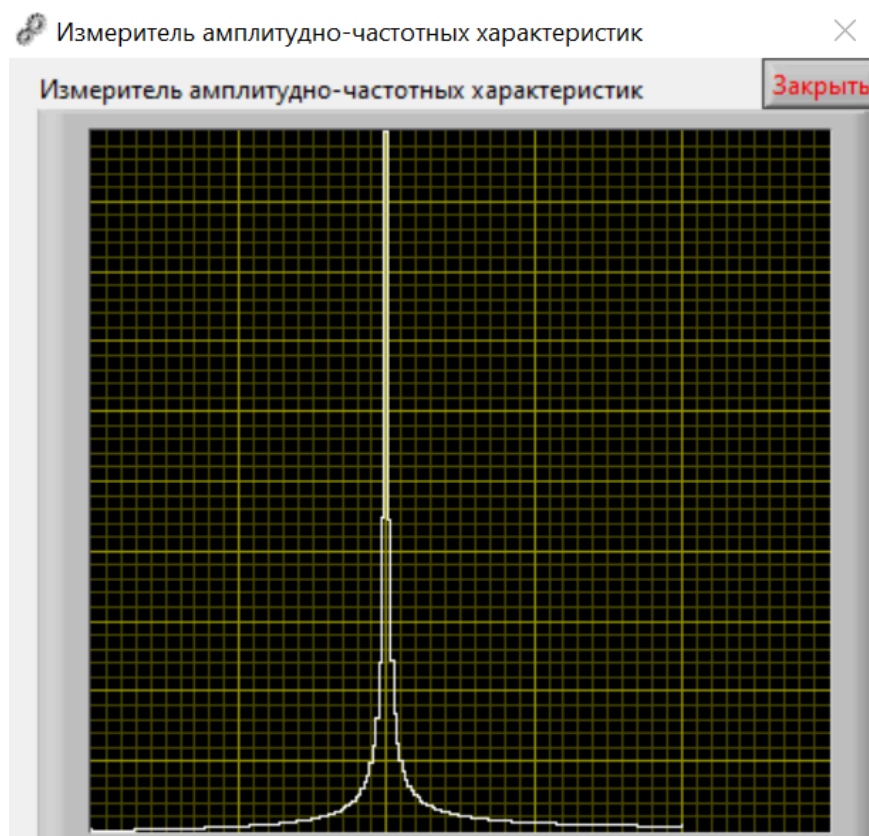


Рисунок 3 – АЧХ схемы колебательного контура при значении $R = 100 \text{ Ом}$

Рассчитаем временные характеристики схемы при входном синусоидальном сигнале частотой равной резонансной и значениях $R = 1, 10, 100 \text{ Ом}$.

1. При $R = 1 \text{ Ом}$:

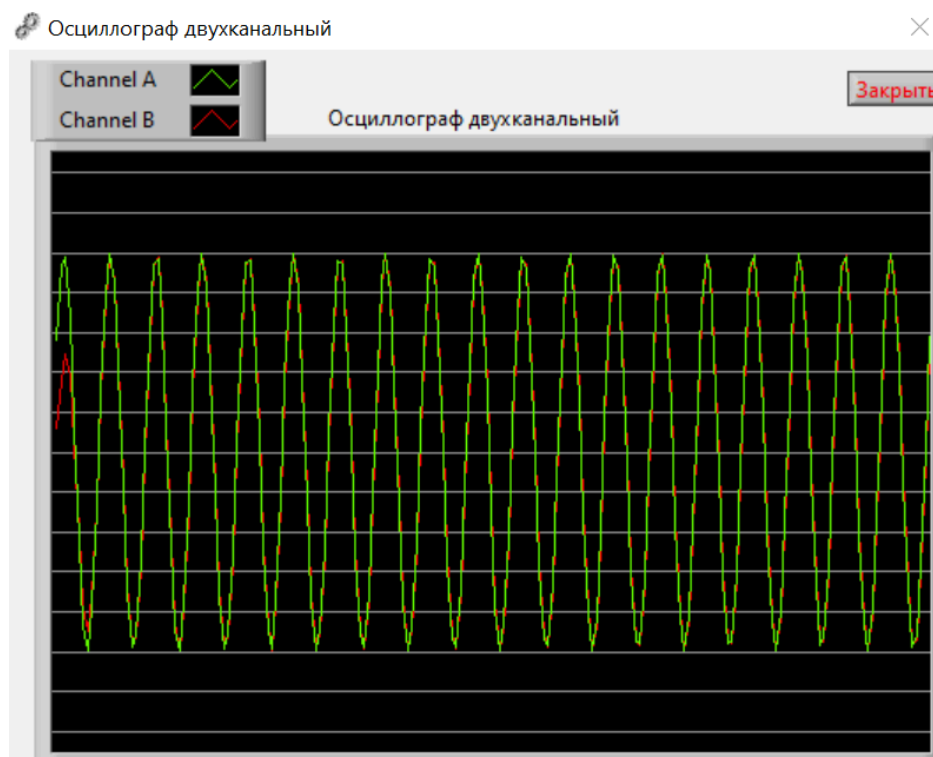


Рисунок 4 – Временные характеристики при $R = 1 \text{ Ом}$

2. При $R = 10 \text{ Ом}$:

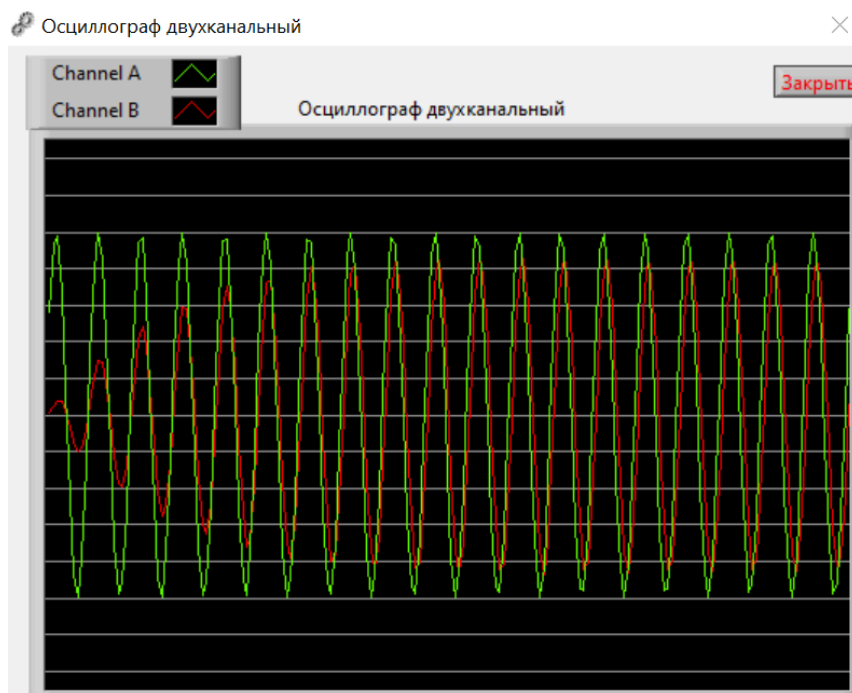


Рисунок 5 – Временные характеристики при $R = 10 \text{ Ом}$

3. При $R = 100 \text{ Ом}$:

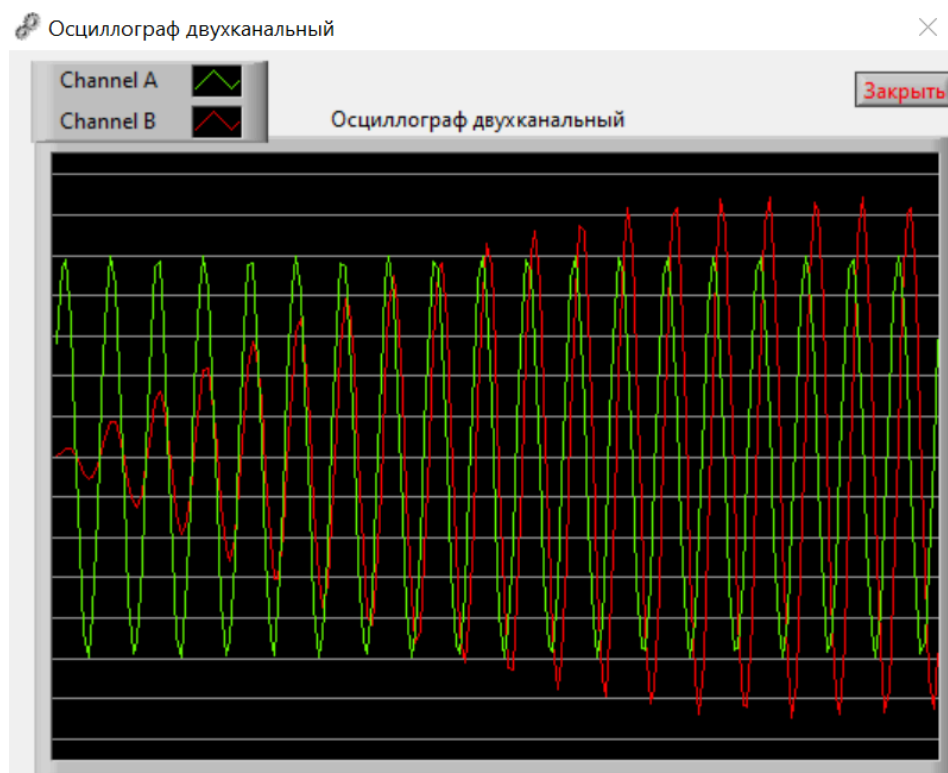


Рисунок 6 – Временные характеристики при $R = 100 \text{ Ом}$

Наблюдается очевидный тренд: при повышении сопротивления наблюдается увеличение амплитуды выходного напряжения.

Также, при увеличении сопротивления можно заметить повышение времени до момента, когда амплитуда выходного напряжения будет оставаться примерно на одном и том же уровне.

Рассчитаем погрешность расчета временных характеристик при значениях $R=10$ и 100 Ом .

1. При $R = 10 \text{ Ом}$:

Uin = 1V

Uout = 0,864525 V

Fres = 159kHz

R[Ohm] = 10

Рассчитать

Рисунок 7 – Расчет временных характеристик при R=10 Ом

Рассчитаем относительную погрешность при R = 10 Ом:

Абсолютная погрешность: $\Delta = U_{in} - U_{out} = 1 - 0,86425 = 0,13575$

Относительная погрешность: $\delta = \Delta U_{in} = 0,13575 * 100\% = 13,575 \%$

2. При R = 100 Ом:

Uin = 1V

Uout = 0,258265 V

Fres = 159kHz

R[Ohm] = 100

Рассчитать

Рисунок 8 – Расчет временных характеристик при R=100 Ом

Рассчитаем относительную погрешность при R = 10 Ом:

Абсолютная погрешность: $\Delta = U_{in} - U_{out} = 1 - 0,25826 = 0,74174$

Относительная погрешность: $\delta = \Delta U_{in} = 0,74174 * 100\% = 74,174 \%$

Выводы

В ходе выполнения данной лабораторной работы был изучен метод моделирования временных характеристик электрических схем.

С помощью определенной программы были рассчитаны АЧХ и временные характеристики колебательного контура при различных значениях сопротивления.

Также была рассчитана погрешность расчета временных характеристик при различных значениях сопротивления.

Кроме этого, есть заключение о влиянии значения сопротивления на расчет временных характеристик (чем больше сопротивление, тем больше погрешность расчета).

Контрольные вопросы

1. Математическая модель схемы во временной области и методы ее расчета.

Рассмотрим простую RC-цепь как пример математической модели схемы во временной области. RC-цепь состоит из резистора (R) и конденсатора (C), соединенных параллельно. Предположим, что на вход подается внешний сигнал напряжения $V_{\text{вх}}(t)$, а на выходе мы измеряем напряжение $V_{\text{вых}}(t)$ через конденсатор.

Математическая модель RC-цепи во временной области основана на уравнениях Кирхгофа и определяется дифференциальным уравнением, описывающим заряд конденсатора в зависимости от времени. Это уравнение можно записать следующим образом:

$$V_{\text{вых}}(t) = V_{\text{вх}}(t) - \frac{1}{C} \int_0^t V_{\text{вых}}(\tau) d\tau$$

где $V_{\text{вх}}(t)$ - внешнее напряжение, а $V_{\text{вых}}(t)$ - напряжение на выходе, C – ёмкость конденсатора.

Это дифференциальное уравнение описывает изменение напряжения на выходе относительно времени и зависит от внешнего воздействия и текущего состояния цепи.

2. Объясните, чем вызвано увеличение погрешности расчета временных характеристик при увеличении R.

Полоса пропускания. При увеличении параметра R в RC-цепи может происходить изменение полосы пропускания системы. Это может привести к изменению динамического поведения сигнала во временной области. В численных методах это может быть критично, особенно если шаг дискретизации выбран неадекватно относительно изменения динамических характеристик системы.

Погрешность дискретизации. Погрешность численного метода в основном зависит от выбранного шага дискретизации. При увеличении параметра R

необходимо пересмотреть шаг дискретизации, чтобы убедиться, что он достаточно мелкий для адекватного описания изменений в системе. Если шаг дискретизации слишком крупный, это может привести к недооценке динамических эффектов и увеличению погрешности расчетов.

Начальное приближение. Начальное приближение также играет важную роль в численных методах. При изменении параметра R может потребоваться пересмотреть начальное приближение, чтобы учесть изменения в динамике системы.