# Исследование последовательных резонансных цепей

**Цель:** Овладение практическими навыками исследования частотных характеристик последовательного колебательногоконтура с использованием средств САПР Electronics Workbench.

**Результат обучения:** После успешного завершения занятия пользователь должен:

* Уметь создавать и редактировать простейшие схемы моделирования цепей переменного тока с использованием средств САПР Electronics Workbench;
* Уметь получать амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики *RLC* цепей средствами САПР.

**I. Исследование характеристик резонансных цепей.**

* 1. **Общие теоретические сведения.**

*Резонансом* называют явление, при котором индуктивное и емкостное сопротивления в пассивной *RLC* - цепи по модулю равны.

При последовательном соединении *RLC* - элементов возникает резонанс напряжений: напряжение на индуктивности *UL* = *U*ВХωР*L*/*R* и на конденсаторе *UC* = *U*ВХ/ωР*RC* превышают входное *U*ВХ в *Q* раз, т.е.

*Q= UL /U*ВХ = *UC / U*ВХ (1)

При этом входной ток *I*ВХ = *U*ВХ /*R* ограничивается только резистором *R* и совпадает по фазе с входным сигналом. Добротность контура *Q* = *ρ* /*R* и его коэффициент затухания δ = 1/*Q* зависят от характеристического сопротивления  и его сопротивления потерь *R*.

Резонансная частота контура при малом сопротивлении потерь зависит только от *LC*-элементов: .

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) для последовательного резонансного контура определяется формулуй:

*К*(ω) =.

**1.2. Исследование частотных характеристик последовательного колебательногоконтура.**

Рассмотрим схему последовательной *RLC* – цепи, представленной на рис. 1.

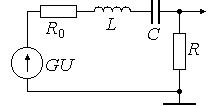


Рис. 1.

**Исходные данные:**

* Параметры генератора переменного напряжения:

- действующее (эффективное) значение напряжения – 1 В;

- частота колебаний – 60 Гц.

* Сопротивление резистора *R* = 1 КOм;
* Емкость конденсатора *C* = 2 ;
* Индуктивность *L*= 0.5H.

**Задача исследования:**

1. Получить осциллограмму сигналов в последовательном контуре.
2. Получить амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики.
3. Определить экспериментальным путем резонансную частоту *f*Р, измерить падение напряжения на элементах цепи, ток в цепи, получить осциллограмму сигналов в последовательном контуре на частоте резонанса.

Схема исследования цепи, изображенной на рис. 1, имеет вид

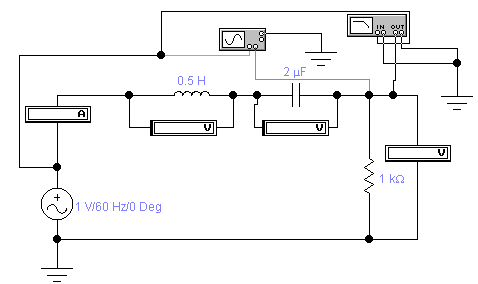


Рис. 2.

В схеме исследования цепи для моделирования источника синусоидальных сигналов используется генератор переменного напряжения. Получение осциллограмм сигналов производится с помощью двухлучевогоосциллографа, а расчет амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик цепи производится с помощью измерителя АЧХ и ФЧХ (Боде – Плоттер). Для измерения напряжения на элементах и тока в цепи применяются вольтметры и амперметр.

**Построение схемы исследования цепи.**

Запустите при помощи ярлыка на рабочем столе Windows программу **Electronics Workbench**.

Построение схемы рис. 2 произведем в два этапа: сначала создадим схему последовательной *RLC* – цепи с подключенным амперметром, а затем последовательно подключим к ней остальные измерительные приборы.

* + 1. Запустите при помощи ярлыка на рабочем столе Windows программу **Electronics Workbench**.
    2. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна активных элементов вытащите пиктограмму генератора напряжения.

* + 1. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна индикаторов вытащите амперметр.

* + 1. Развернем амперметр так как показано на рис. 2. Для этого выделите амперметр (при этом он окрашивается в красный цвет) и на панели функций щелкните по кнопке поворота

.

* + 1. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна пассивных элементов вытащите последовательно пиктограммы индуктивности, конденсатора и резистора.

* + 1. Разверните резистор так как показано на рис. 2. Расположите методом буксировки пиктограммы элементов так, как показано на рис. 2.
    2. Соедините элементы согласно рис. 2.

**Примечание:** Для соединения элементов друг с другом нужно аккуратно подвести курсор к одному из выводов элемента, пока не появится черная точка, и нажать кнопку мыши. Затем удерживая нажатой кнопку перемещать мышь, подводя курсор к выводу другого элемента до тех пор, пока на его выводе не появится черная точка, после чего отпустить кнопку мыши.

* + 1. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна индикаторов вытащите последовательно три вольтметра и разместите их согласно рис. 2.

* + 1. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна приборного отсека вытащите осциллограф и измеритель АЧХ и ФЧХ (Боде – Плоттер) и разместите их согласно рис. 2.

* + 1. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна активных элементов вытащите последовательно три пиктограммы заземления и разместите их согласно рис. 2.

* + 1. Подсоедините осциллограф и измеритель АЧХ и ФЧХ (Боде – Плоттер) к земле.
    2. Щелкните по кнопке



панели библиотек компонентов и контрольно-измерительных приборов. Из появившегося окна пассивных элементов последовательно вытащите точки соединения проводников



и поместите их в местах подсоединения проводников (см. рис. 2).

* + 1. Создайте недостающие соединения и окрасьте соединительные провода.

**Примечание:** Для окрашивания проводов – дважды щелкните мышью на изображении провода. В появившемся диалоговом окне **Wire Properties** щелкните на кнопке **Site** **Wire Color** и выберите из меню нужный цвет.

* + 1. Покажите преподавателю созданную схему.

**Получение осциллограммы сигналов в последовательном контуре.**

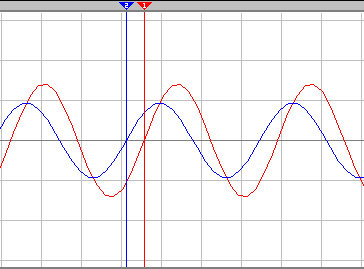
Для получения осциллограммы сигналов необходимо запустить процесс моделирования. Однако запуску процесса моделирования предшествует установка параметров схемы в соответствии с заданными исходными данными.

1. Установите курсор на генераторе напряжения и двойным щелчком кнопки мыши откройте диалоговое окно для задания параметров. С помощью клавиатуры введите действующее значение напряжение *U*ВХ = 1 В.
2. Установите курсор на индуктивности и двойным щелчком кнопки мыши откройте диалоговое окно для задания его параметров. Установите значение индуктивности *L*= 0.5H.
3. Установите курсор на резисторе и двойным щелчком кнопки мыши откройте диалоговое окно для задания его параметров. Установите значение сопротивления резистора *R* = 1 Ком.
4. Установите курсор на конденсаторе и двойным щелчком кнопки мыши откройте диалоговое окно для задания его параметров. Установите значение емкости конденсатора *C* = 2 .
5. Последовательно откройте диалоговые окна для задания параметров амперметра, вольтметров и в окне **mode** выберите режим измерения переменного тока, установив в раскрывающемся списке **АС**. Сохраните файл в папке с вашей **Фамилией** под именем **Zan\_4\_01**.
6. Запустите процесс моделирования щелчком по выключателю в правом верхнем углу экрана. На вход цепи поступит синусоидальное напряжение от генератора. Остановите процесс моделирования не ранее чем через 1 сек (время моделирования отображается в нижней части окна) с помощью выключателя.
7. Дважды щелкните мышкой на значке осциллографа, а затем нажмите на кнопку **EХPAND**, чтобы увеличить масштаб изображения (если лицевая панель имеет уменьшенный размер).
8. Щелкая по кнопкам счетчика установки длительности развертки **Time base**, установите значение чувствительности 5.00 ms/Div.
9. Щелкая по кнопкам счетчика установки чувствительности **Channel A** и **Channel B** установите значение чувствительности 1 В/Div.
10. Измерьте на экране осциллографа амплитуды входного и выходного синусоидальных напряжений. Для этого установите красный (1) и синий (2) визиры, перемещая их при помощи мышки, в точках максимума входного и выходного напряжений и в индикаторных окошках под экраном снимите показания

VA1 - *напряжение в точке пересечения красного визира 1 и осциллограммы канала А (красного) –* левое индикаторное окошко*,*

VB2 - *напряжение в точке пересечения синего визира 2 и осциллограммы канала B (синего)* - правое индикаторное окошко*.*

1. По результатам измерений определите экспериментальную величину коэффициента усиления как отношение амплитуды выходного напряжения к входному. Занесите результаты измерений в Отчет.
2. Измерьте на экране осциллографа разность фаз между синусоидами. Для этого установите красный (1) и синий (2) визиры, так как показано на рис. 3.



* + 1. Рис. 3.
  1. снимите показания Т2 – Т1 =
  2. определите разность фаз в град по формуле

,

где =0,01 с

1. Занесите результаты измерений в Отчет.

**Получение амплитудно – частотной характеристики**

1. Закройте изображение осциллографа и откройте изображение Боде – Плоттера, щелкнув два раза мышкой по его пиктограмме. Переведите Боде – Плоттер в режим построения АЧХ, кнопка **Magnitude** должна быть утоплена.
2. Установите диапазон изменения частоты - **МНz** с помощью кнопок счетчика в окошке **F**. Схематично изобразите АЧХ в отчете.
3. При помощи стрелок на панели Боде – Плоттера

****

перемещайте визирную линию на экране и наблюдайте в соседних окнах величину коэффициента усиления по напряжению KU в зависимости от частоты сигнала.

1. Установите диапазон изменения частоты - **kНz** с помощью кнопок счетчика в окошке **F**. Установите визирную линию на частоте, максимально близкой к 60 Гц. Снимите показания модуля АЧХ *K*(ω), выраженного в децибелах *W*(ω)=20*lgK*(ω). Занесите результаты измерений в Отчет.

**Получение фазо – частотной характеристики**

1. Переведите Боде – Плоттер в режим построения ФЧХ, нажав кнопку **Phase**. Установите границу изменения фазы по вертикали: от – 90˚ (окошко **I**) до + 90˚ (окошко **F**), переустановите диапазон изменения частоты - **МНz** с помощью кнопок счетчика в окошке **F**. Посмотрите ФЧХ на экране Боде – Плоттера. Снимите показания на частоте равной 60 Гц. При помощи стрелок  на панели Боде – Плоттера перемещайте визирную линию на экране и наблюдайте в соседних окнах величину сдвига фазы между входным и выходным напряжениями в зависимости от частоты сигнала. Схематично изобразите ФЧХ в отчете.

**Определение экспериментальным путем резонансной частоты *f*Р**

1. Определите значение резонансной частоты *f*Р (сдвиг фаз равен нулю). Вследствие дискретности съема показаний, визирную линию можно установить на ФЧХ только вблизи резонансной частоты, поэтому значение *f*Р определите как среднеарифметическое двух ближайших значений. Закройте окно Боде – Плоттера.
2. Откройте диалоговое окно генератора напряжения для задания параметров. С помощью клавиатуры введите значение резонансной частоты *f*Р . Запустите процесс моделирования. Остановите процесс моделирования не ранее, чем через 1 сек
3. Снимите показания: падение напряжения на элементах цепи, ток в цепи. Занесите результаты измерений в Отчет.
4. Вычислите по формуле (1) добротность *Q* контура. Занесите результаты расчета в Отчет.
5. Дважды щелкните мышкой на значке осциллографа, используя полосу прокрутки, установите начало осциллограммы. Щелкая по кнопкам счетчика установки длительности развертки **Time base**, установите значение чувствительности 1.00 ms/Div.

При подаче входного сигнала резонансный процесс в *LC* -контуре нарастает по экспоненциальному закону с постоянной времени

*Т* = 1/2Δ*f* = *Q*/*f*Р, (2)

прямо пропорциональной добротности *Q* контура.

1. Вычислите по формуле (2) постоянную времени *Т.* Занесите результаты расчета в Отчет.

Покажите преподавателю полученную осциллограмму сигналов в последовательном контуре на частоте резонанса.

II. **Самостоятельная работа.**

**Задание.** Исследовать характеристики последовательной *RLC* – цепи (см. рис. 1).

**Исходные данные:**

Параметры источника входных сигналов:

* Параметры генератора переменного напряжения:

- действующее (эффективное) значение напряжения – 2 В;

- частота колебаний – 80 Гц.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *R,* ом | 100 | 50 | 70 | 60 | 40 |
| *C,* | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| *L,* H | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 |

1. Получить амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики *RLC* – цепи. Определить значение резонансной частоты *f*Р. Занесите результаты измерений в Отчет.
2. Получить осциллограмму сигналов в последовательной *RLC* – цепи при резонансе. Определить экспериментальным путем добротность *Q* контура. Занесите результаты измерений в Отчет.
3. Определить значение постоянной времени переходного процесса в цепи *Т* по формуле (2). Занесите результаты в Отчет.

**Примечание:** Для удобства съёма информации воспользуйтесь кнопками настройки параметров измерительных приборов.

Результаты работы покажите преподавателю.