**Лабораторная работа № 6.**

**Исследование резонанса напряжений в электрических цепях**

**Цель работы:** экспериментальное определение параметров и амплитудно-частотных характеристик последовательного колебательного контура.

В результате выполнения работы студенты должны **знать:**

− условия возникновения резонанса;

− основные характеристики колебательного контура;

**уметь:**

− определять резонансную частоту контура,

− определять параметры колебательного контура;

− производить настройку контура в резонанс

− оценивать и строить частотные характеристики;

**приобрести навыки:**

− определение фактических параметров колебательного контура, построения и оценки частотных характеристик колебательного контура.

# Теоретические сведения

Последовательное соединение индуктивного и емкостного элемента образует последовательный колебательный контур. На рис. 1 изображена эквивалентная схема последовательного колебательного контура. В последовательном колебательном контуре возникает резонанс напряжений.

Резонанс напряжений – такое состояние в цепи, при котором напряжение и ток на входе цепи совпадают по фазе и угол сдвига фаз между напряжением и током равен нулю ϕ=ϕ*u* −ϕ*i* =0.

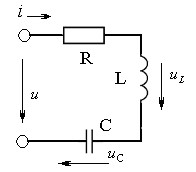


Рисунок 1 – Схема последовательного колебательного контура

Комплексное входное сопротивление контура:

*Z* = *R* + *j*(ω*L* − 1 ) = *R* + *jX* . ω*C*

В момент резонанса реактивное сопротивление цепи равно нулю

*X* =*XL* −*XC* =0. Отсюда следует, равенство индуктивного и емкостного сопротивления *XL* =*XC*. Резонансная частота контура определяется параметрами контура

1 1 ω0 =, *f*0 =.

*LC* 2π *LC*

На резонансной частоте комплексное сопротивление контура носит чисто резистивный характер, т. е. *Z*=*R* . Ток при резонансе достигает максимального значения *I* = *I*0 = *UR* .

Напряжение на емкостном и индуктивном элементах при резонансе компенсируют друг друга *UL* =*UC* и могут быть во много раз больше напряжения источника.

Величина индуктивного (или емкостного) сопротивления в точке резонанса называется характеристическим сопротивлением контура:

ω0*L* = 10*C* = *LCL* = *CL* =ρ. ω

Резонансные свойства контура характеризуются добротностью контура, которая показывает, во сколько раз напряжения на реактивных элементах превышают приложенное напряжение на резонансной частоте:

1. = *UC* = *UL* = *I*0*R* = *I*0ω0*CR* = =ρ*R* .

*C*

*L*

*I*

*L*

*I*

*U*

*U*

ω

0

0

0

0

0

*R*

Если в режиме резонанса измерены напряжения на входе *U* , на емкостном элементе *UC*0 , ток в цепи *I*0, резонансная частота контура *f*0, то можно определить параметры контура: *R*,*Q*,ρ,*d*,*L*,*C* . Параметры контура определяются из следующих соотношений:

1. = *U* , *Q* = *UC*0 , ρ= *Q*⋅ *R* .

*I*0 *U*

Емкость конденсатора и индуктивность катушки определяются из соотношений: *C* = 2π1*f* ρ, *L* =2πρ*f*0 .

0

Величина, обратная добротности, называется затуханием контура *d* = 1 . Параметры контура *L* и *C* называются первичные параметры *Q* контура, параметры *Q*,ρ,*d* называются вторичные параметры контура.

Важной характеристикой колебательного контура является полоса пропускания контура. Полосой пропускания контура называется полоса частот вблизи резонансной, на границе которой ток снижается в 2 раз относительно *I*0. На рисунке 2, а показана полоса пропускание контура. «Острота» резонансной кривой определяет частотную избирательность контура и зависит только от добротности контура. Чем выше добротность контура *Q*, тем меньше полоса пропускания и тем острее резонансные кривые, и наоборот. Причем с увеличением потерь *R* добротность контура падает, что приводит к увеличению полосы пропускания. Для получения более узкой полосы пропускания контура небходимо малое сопротивление контура.

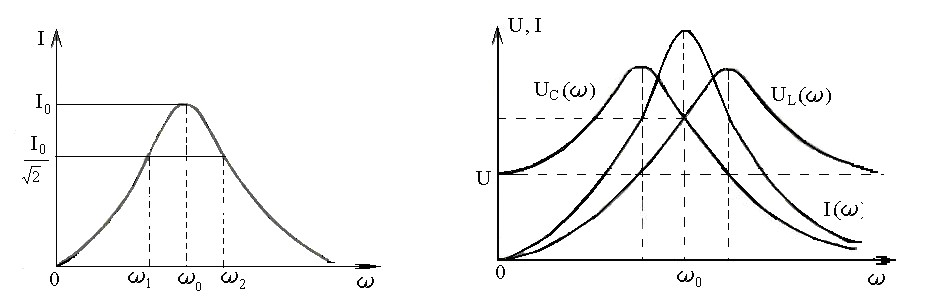
 а б

Рисунок 2. Частотные характеристики колебательного контура

В данной работе необходимоэкспериментально определить параметры колебательного контура и оценить частотные характеристики контура.

# Экспериментальная часть

**Задание 1**. Экспериментальное определение параметров последовательного колебательного контура**.**

1.1 Приведите компьютер в рабочее положение и откройте программу Electronics Worcbench. Согласно варианту задания (таблица 4), соберите схему последовательного колебательного контура (рис. 3). В качестве ограничительного резистора используйте резистор с сопротивлением R =100 *Ом*.. Контур подсоедините к источнику гармонического напряжения с действующим значением *U* .

1.2 Исходя из выбранных параметров, рассчитайте теоретическую резонансную частоту контура *f*0.

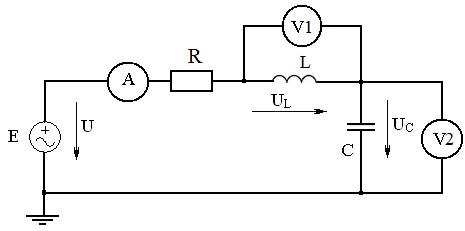


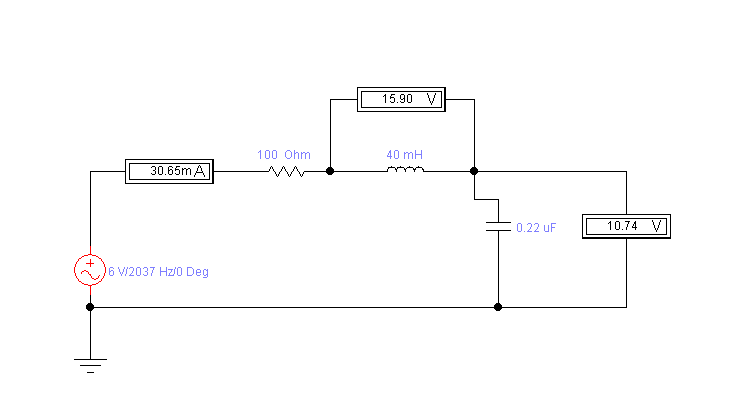
Рисунок 3

1.3 Изменяя частоту источника питания, определите экспериментальную резонансную частоту контура *f*0 по максимуму тока в цепи (по показанию амперметра). При этом, напряжения на конденсаторе должно быть равно напряжению на индуктивности *UL* =*UC* (показания вольтметров должно быть одинаковыми).

Напряжение источника необходимо поддерживать равным *U* . Снимите показания всех приборов. Результаты занесите в таблицу 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Измерять | | | |  |  |  | Вычислять | | |  |  |
| *f* , *Гц* | ω р/с | *U* , B | *I*0,  А | *UL*0 B | *UC*0 B | *R*,  Ом | *L*, мГн | *C* ,  мкФ | ρ, Ом | *Q* | *d* |
| *f*0=1697.46 | 10660 | 6 | 0.06 | 25.67 | 25.67 | 100 | 40 | 0.23 | 400 | 4 | 0.24 |
| *f*1 = 0,75⋅ *f*0 | 10660 | 6 | 0.023 | 7.56 | 13 | 261 | 70 | 0.22 | 565.5 | 2.16 | 0.46 |
| *f*2 =1,25⋅ *f*0 | 10660 | 6 | 0.03 | 16 | 10.75 | 200 | 30 | 0.217 | 360 | 1.8 | 0.55 |



1.4. Установите значения частоты источника *f*1 = 0,75 *f*0 и *f*2 =1,25 *f*0 и снимите показания приборов для каждого случая. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

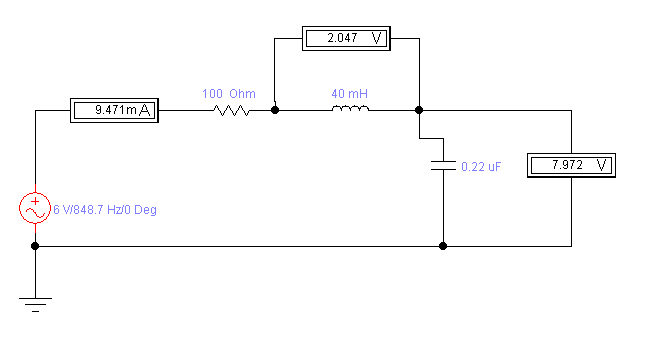
1.5 По данным измерений вычислите фактические параметры контура *R* = *R*0,*L*,*C* а также добротность, волновое сопротивление, затухание контура *Q*,ρ,*d* .

**Задание 2.** Исследовать амплитудно-частотную характеристику последовательного колебательного контура.

2.1 Снимите экспериментально частотные характеристики колебательного контура (рис.3). Для этого, изменяя частоту источника питания в пределах (0,2 ÷ 2,5)⋅ *f*0 и поддерживая постоянным действующее значение источника *U* , измерьте ток в цепи, напряжение на катушке и конденсаторе. Результаты измерений занесите в таблицу 2, в которую также необходимо перенести значение переменных при *f* = *f*0. Следует измерить шесть значений до резонансной частоты, шесть значений после резонансной частоты.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Измерять | | |  |  | Вычислять | | |  |
| *f* кГц | ω  р/с | *U*  В | *I* мА | *UL*  В | *UC*  В | *XL*,  Ом | *X С*  Ом | *X*  Ом | *HC* | *HL* |
| 0.2 | 10660 | 6 | 2.97 | 6.25 | 0.257 | 85.3 | 2132 | 2046.7 | - | - |
| 0.25 | 10660 | 6 | 3.8 | 0.4 | 6.4 | 106.6 | 1705.46 | 1598.86 | - | - |
| 0.4 | 10660 | 6 | 6.78 | 1.17 | 7.13 | 170.56 | 1066 | 895.44 | - | - |
| 0.5 | 10660 | 6 | 9.47 | 2 | 7.97 | 213.2 | 858.83 | 645.6 | - | - |
| 0.75 | 10660 | 6 | 0.023 | 7.56 | 13 | 319.77 | 568.6 | 248.8 | - | - |
| 1 | 10660 | 6 | 0.06 | 25.67 | 25 | 426.4 | 426.4 | 0 | - | - |
| 1.25 | 10660 | 6 | 0.03 | 16 | 1.75 | 533 | 341.1 | 192 | - | - |
| 1.5 | 10660 | 6 | 15.74 | 10.2 | 4.4 | 639.55 | 284.3 | 355.25 | - | - |
| 2 | 10660 | 6 | 9 | 7.84 | 1.9 | 852.5 | 213.4 | 639.1 | - | - |



2.2 По данным таблицы 2 постройте частотные характеристики *I*(*f* ), *UC*(*f* ), *UL*( *f* ), *XL*(*f* ), *XC*( *f* ), *X*(*f* ). Для анализа частотных характеристик, желательно построить кривые *I*(*f* ), *UC*(*f* ), *UL*( *f* ) на одном графике, на другом графике кривые *XL*(*f* ), *XC*( *f* ), *X*(*f* ).

2.3 По резонансной кривой тока *I*(*f* ) определите нижнюю и верхнюю граничные частоты полосы пропускания *f*1, *f*2, при которых *I* = 0,707*I*0 , вычислите добротность контура, затухание контура. 2.4 Для трех значений частот *f*1, *f*0, *f*2 постройте векторные диаграммы. 2.5 Сделайте выводы по работе.

Изображение выглядит как текст, рукописный текст, бумага, блокнот

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, рукописный текст, бумага, блокнот

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, рукописный текст, блокнот, бумага

Автоматически созданное описание

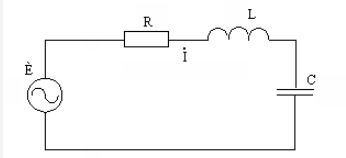
Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № вар-та | *L*, *мГн* | *С*, *мкФ* | *U*,*B* |
| 1 | 40 | 0,22 | 6 |
| 2 | 40 | 0,1 | 5 |
| 3 | 100 | 0,1 | 6 |
| 4 | 40 | 0,47 | 6 |
| 5 | 100 | 0,22 | 5 |
| 6 | 40 | 0,1 | 6 |
| 7 | 20 | 0,22 | 6 |
| 8 | 100 | 1,0 | 6 |
| 9 | 60 | 0,22 | 6 |
| 10 | 120 | 0,1 | 6 |
| 11 | 40 | 0,3 | 6 |
| 12 | 30 | 0,22 | 6 |
| 13 | 100 | 0,1 | 6 |
| 14 | 20 | 0,1 | 6 |
| 15 | 40 | 0,2 | 6 |
| 16 | 50 | 0,47 | 5 |
| 17 | 35 | 0,3 | 8 |
| 18 | 30 | 0,44 | 8 |
| 19 | 50 | 1,0 | 6 |
| 20 | 60 | 0,22 | 6 |

**Контрольные вопросы.**

1. Какая цепь называется последовательным колебательным контуром?

Последовательный колебательный контур - это цепь, в которой индуктивность и емкость соединены последовательно.



1. При каких условиях наступает резонанс напряжений?

Резонанс напряжений наступает при совпадении реактивного сопротивления индуктивности и емкости в цепи.

1. Чему равно полное сопротивление цепи при резонансе напряжений?

При резонансе напряжений полное сопротивление цепи равно только активному сопротивлению.

1. Что такое избирательность контура и как она определяется?

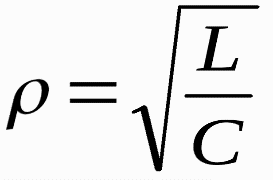
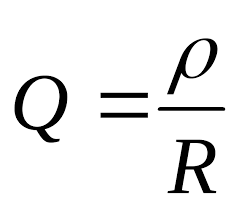
Избирательность контура - его способность выделять сигнал определенной частоты, определяется соотношением между шириной полосы пропускания и резонансной частотой.

1. Что такое полоса пропускания контура?

Полоса пропускания контура - это диапазон частот, на котором амплитуда сигнала остается выше определенного уровня.

1. Что такое добротность контура и на что она оказывает влияние?

Добротность контура - это мера его эффективности, определяющаяся соотношением между энергией, запасенной в контуре, и потерями энергии за один период колебаний. Она влияет на остроту резонанса и ширину полосы пропускания.

1. Как определяется добротность контура?

Добротность контура определяется отношением реактивного сопротивления к активному сопротивлению.

1. Что называется амплитудно-частотной и фаз-частотной характеристикой контура?

Амплитудно-частотная характеристика контура показывает зависимость амплитуды сигнала от его частоты, а фаз-частотная характеристика - зависимость фазового сдвига сигнала от частоты.