

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Исследование резонанса напряжения.

1.1 Цель работы

1. Определение экспериментальным путем условия резонанса напряжений для заданной катушки индуктивности.
2. Исследование влияния изменения емкости на величины тока, напряжений на участках цепи и сдвига фазы между приложенным напряжением и током в последовательной цепи.

1.2 Схема лабораторной установки

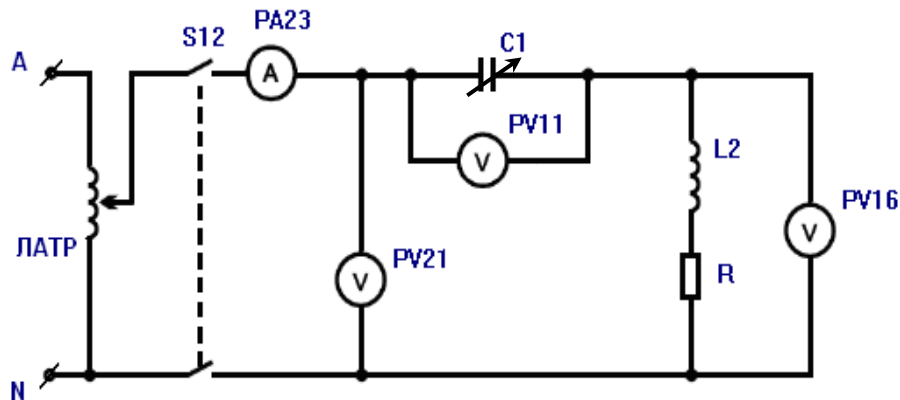


Рисунок 8.1

Схема лабораторной установки содержит последовательно соединенные катушку индуктивности L_2 (сопротивление R изображено условно и учитывает активную составляющую сопротивления катушки индуктивности L_2) и переменную емкость C_1 в виде батареи конденсаторов.

Напряжение в исследуемой цепи регулируется с помощью автотрансформатора ЛАТР. Для измерения величин тока и падения напряжения, а также наблюдение сигналов в цепи используется осциллограф на базе персонального компьютера. Измерительные каналы осциллографа, служащие для измерения действующего значения напряжения и тока, обозначены на схеме как вольтметры и амперметр и предназначены для:

- PV21 – вольтметр для измерения напряжения, подаваемого на вход цепи;
- PV11 – вольтметр для измерения напряжения на емкости;
- PV16 – вольтметр для измерения напряжения на катушке индуктивности;
- PA23 – амперметр для измерения тока в цепи.

Информация об измеряемых величинах напряжений и тока высвечивается в соответствующих окнах на экране монитора. Кроме того, на экране монитора в окне PW высвечивается величина активной мощности, потребляемой исследуемой цепью.

Измерительная информация о напряжениях и токе подается на соответствующие шлейфы осциллографа и служит для наблюдения на экране

монитора формы кривых напряжений и тока, а также для оценки сдвига фаз между напряжениями и током.

1.3 Порядок проведения работы:

1.3.1 Задание на подготовку к работе.

В часы самостоятельной подготовки студент изучает теоретический материал. Записывает в лабораторный журнал тему, цель и программу лабораторной работы, вычерчивает схему лабораторной установки.

Подготовить и знать ответы на контрольные вопросы.

Перед лабораторной работой на самостоятельной подготовке решить задачу.

Задача.

К генератору синусоидального напряжения, действующее значение которого равно U , частота $f = 50$ Гц, подключена цепь, состоящая из последовательно соединенных элементов (см. рис.8.1), параметры которых R , L , C . Необходимо определить величину C_p , соответствующую резонансу напряжений, построить графики зависимостей $U_k = f(C)$; $U_c = f(C)$; $I = f(C)$; $\varphi = f(C)$ при неизменных значениях напряжения U и частоты f . Емкость C изменять в пределах от 0 до $2 C_p$. Определить, при каком значении C ток в цепи становится максимальным.

Таблица 8.1

Номер варианта	f , Гц	U , В	L , мГн	R , Ом
1	50	30	525	21
2	50	35	300	11,8
3	50	40	278	12,2
4	50	30	345	14
5	50	35	210	21
6	50	40	383	17

Решение задач оформить в лабораторном журнале.

1.3.2 Задание на выполнение работы.

1. Собрать схему изображенную на рисунке 8.2. Предъявить для проверки преподавателю.

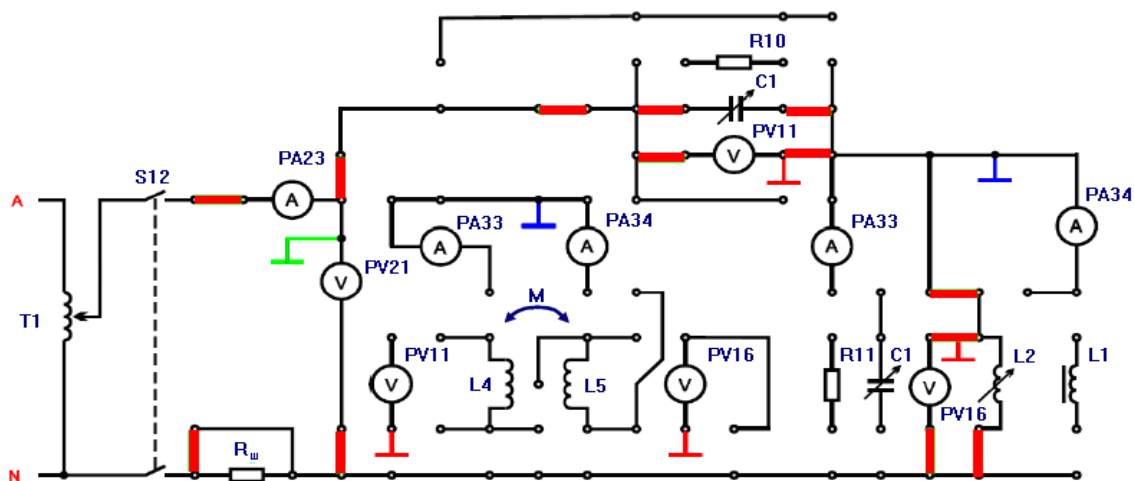


Рисунок 8.2

2. Включить тумблер S1 «Сеть» - положение тумблера вверх.
3. Включить тумблер S12 в положение вверх.
4. Включить тумблер S45 «ЛАТР» в положение «ВКЛ».
5. Галетником ЛАТРа установить напряжение, по вольтметру PV21 (U), от 0 до 24 В, которое задается преподавателем.
6. Тумблерами батареи конденсаторов C1 подобрать емкость, при которой наступит резонанс (на осциллографе синусоиды тока I и напряжения U совпадают по фазе). Ток на амперметре PA23 (I) будет при этом максимальным, но не должен превысить 0,5 А. Показания приборов PA23 (I), PV21 (U), PV11 (U₁), PV16 (U₂), PW (P) занести в таблицу 8.2.
7. Дискретно изменяя емкость, от резонансной емкости в сторону увеличения значений емкости, произвести три опыта. Показания приборов PA23 (I), PV21 (U), PV11 (U₁), PV16 (U₂), PW (P) записать значения в таблицу 8.2. Оценить характер цепи по сдвигу фазы между входным напряжением и током по соответствующим кривым на экране осциллографа.
8. Затем, дискретно изменяя емкость от резонансной емкости в сторону уменьшения, произвести три опыта. Показания приборов PA23 (I), PV21 (U), PV11 (U₁), PV16 (U₂), PW (P) записать в таблицу 8.2. Оценить характер цепи по сдвигу фазы между входным напряжением и током по соответствующим кривым на экране осциллографа.
9. Таблицу с показаниями предъявить преподавателю.
10. Тумблеры S12 и S45 перевести в положение вниз.
11. Тумблером S1 отключить стенд от сети – положение тумблера вниз.

Таблица 8.2

№ отсчета	Измерено						Вычислено			
	C1 C, мкФ	PV21 U, В	PV11 U ₁ , В	PV16 U ₂ , В	PA23 I, А	PW P, Вт	R, Ом	X, Ом	Z, Ом	φ, грд
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

12. По экспериментальным данным вычислить:

R – активное сопротивление цепи;

X – реактивное сопротивление цепи;

Z – полное сопротивление цепи;

φ – угол сдвига фаз между входным напряжением U и током в цепи I, знак угла определяется по характеру исследуемой цепи (см. п. 7 и 8 данного раздела).

13. Построить графики зависимостей:

$U_1=f(C)$ – напряжения на конденсаторе от емкости;

$U_2=f(C)$ – напряжения на катушке индуктивности от емкости;

$I=f(C)$ – тока в исследуемой цепи от емкости;

$\varphi=f(C)$ – угла сдвига фаз между током I и входным напряжением U от емкости.

14. Проанализировать полученные результаты.

8.4 Основные теоретические положения :

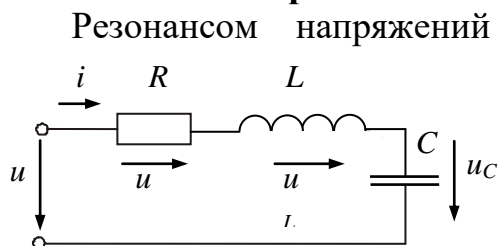


Рисунок 8.3

Резонансом напряжений называют установившийся режим цепи синусоидального тока с последовательным соединением индуктивностей и емкостей, при котором входное реактивное сопротивление равно нулю (ток и напряжение совпадают по фазе $\varphi = 0$). Входное сопротивление последовательного RLC-контура выражается в виде

$$\underline{Z} = R + jx,$$

где R и x - активное и реактивное сопротивления контура соответственно.

Условие резонанса напряжений контура выражается равенством

$$x = x_L - x_C = 0 \text{ или } x_L = x_C, \text{ т.е. } \omega L = 1/\omega C.$$

При $x_L = x_C$ значения противоположных по фазе напряжений на индуктивности и ёмкости равны, поэтому резонанс в рассматриваемой цепи называется резонансом напряжений. Полное сопротивление цепи z при $x=0$ минимально, т.е. $z = \sqrt{R^2 + x^2} = R$, а ток в цепи I при заданном входном

напряжении U достигает наибольшего значения U/R . Векторная диаграмма токов и напряжений для исследуемой цепи изображена на рисунке 8.4.

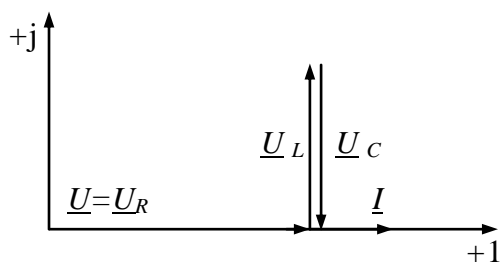


Рисунок 8.4

При $R=0$ полное сопротивление цепи в режиме резонанса равно нулю, а ток при любом конечном значении напряжения U бесконечно велик.

Из условия $\omega L = 1/\omega C$ следует, что резонанс достигается изменением частоты напряжения питания или параметров цепи. Угловая частота, при которой наступает резонанс, называется резонансной угловой частотой

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}.$$

Индуктивное и ёмкостное сопротивления при резонансе принимают значения

$$\omega_0 L = 1/\omega_0 C = \rho,$$

где ρ – характеристическое сопротивление контура.

Данная цепь обладает избирательными свойствами. Отношение напряжений на индуктивном или ёмкостном элементе к напряжению питания при резонансе называется **добротностью** контура или коэффициентом резонанса

$$\frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{\rho}{R} = Q.$$

Добротность показывает во сколько раз напряжение на индуктивном или ёмкостном элементе превышает напряжение на входе схемы при резонансе. Резонансные свойства цепей оценивают их частотными характеристиками и, кроме того, зависимостями напряжений и токов, а также разности их фаз в

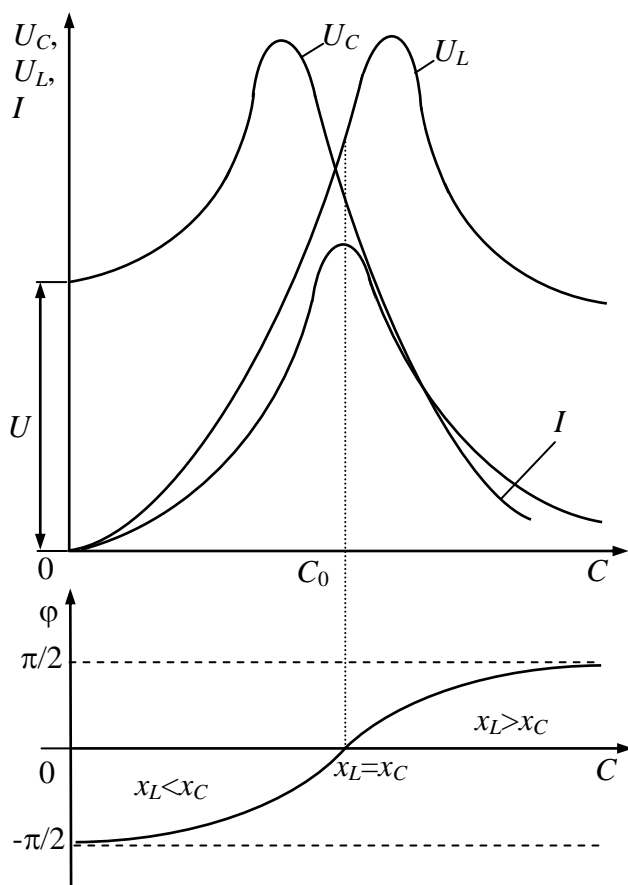


Рисунок 8.5

функции какого-либо характерного параметра (частоты, емкости или индуктивности), изменением которого данная цепь может быть настроена в резонанс. Графические изображения этих зависимостей называют резонансными кривыми. На рисунке 8.5 приведены резонансные кривые последовательного контура. Так как катушка индуктивности обладает активным сопротивлением, то при резонансе напряжение на катушке индуктивности (U_L) будет несколько больше напряжения на конденсаторе.

Изменение реактивного сопротивления приводит к изменению режима работы цепи.

При изменении значения емкости C до нуля, значение полного сопротивления будет стремиться к бесконечности.

В результате значение тока I в цепи и напряжение на индуктивности будут стремиться к нулю, а напряжение на конденсаторе - к значению напряжения U на входе цепи.

Сдвиг фаз φ будет стремиться к значению $-\frac{\pi}{2}$.

При значении $C=C_0$ (режим резонанса) значение полного сопротивления цепи будет равным активному и ток в цепи будет принимать максимальное значение $I=U/R$. Сдвиг фаз φ между током и напряжением будет равным нулю.

При значении емкости C , стремящейся к бесконечности, сдвиг фаз φ между током и напряжением будет стремиться к нулю, а напряжение на конденсаторе по фазе - к значению $\frac{\pi}{2}$.

В технике связи и радиотехнике резонансный режим является нормальным, а в устройствах, где резонансный режим нежелателен возникают значительные напряжения, которые являются аномальными для изоляции приборов и могут привести к выходу их из строя.

Определение параметров элементов исследуемой цепи производится следующим образом.

Активное сопротивление определяется по закону Ома

$$R = \frac{U}{I_0},$$

где I_0 ток в цепи в момент резонанса.

Реактивное сопротивление x определяется по формуле

$$x = \sqrt{Z^2 - R^2},$$

где $Z = \frac{U}{I}$ - полное сопротивление цепи;

U - напряжение питания цепи;

I - ток в цепи.

Угол φ сдвига фазы между напряжением приложенным к цепи зависит от параметров элементов цепи и может быть вычислен по формуле

$$\varphi = \arctg \frac{x}{R}.$$

1.5 План отчета по работе:

Отчет о лабораторной работе кроме материалов, перечисленных в разделе 8.3.1 должен содержать:

1. Расчетные формулы параметров исследуемой цепи с примерами выполнения расчетов.

2. Расчетную формулу угла сдвига фаз между напряжением U и током I с примерами расчета φ до режима резонанса и после режима резонанса.

3. Графики зависимостей $U_1=f(C)$, $U_2=f(C)$, $I=f(C)$, $\varphi=f(C)$.

4. Выводы по работе, в которых должно быть указано:

а) при каких соотношениях между индуктивным и емкостным сопротивлениями имеет место резонанс напряжений;

б) характер изменения графиков зависимостей $U_1=f(C)$, $U_2=f(C)$, $I=f(C)$, $\varphi=f(C)$ (проанализировать и объяснить);

в) возможные области применения данного явления в электротехнике, радиотехнике и т.п.

1.6 Контрольные вопросы:

1. Чему равняется комплексное сопротивление цепи?

2. Что такое реактивное сопротивление цепи?

3. В каких случаях последовательная цепь при наличии емкости и индуктивности носит емкостной характер, индуктивный характер, активный характер?

4. Что называется резонансом напряжения?

5. Как и почему изменяется ток в цепи при изменении емкости?

6. Как и почему изменяется напряжение на катушке при изменении емкости?

7. Как и почему изменяется напряжение на емкости при изменении емкости?

8. Как и почему изменяется угол между напряжением, приложенным к цепи и током в ней при изменении емкости?

9. Чему равен угол φ при резонансе?

10. Как определить резонансную частоту?

11. Какое значение принимает ток при резонансе?

12. Когда напряжение на реактивных элементах при резонансе будет больше приложенного к цепи напряжения?