

Вычислите индуктивность катушки и ее активное сопротивление. Постройте векторные диаграммы напряжений для случая резонанса, а также для тех случаев, когда емкость значительно больше и значительно меньше резонансной. Рассчитайте фазовый сдвиг между силой тока I и напряжением U по векторным диаграммам и теоретической формуле для резонанса и для предельных случаев $C \gg C_{рез}$ и $C \ll C_{рез}$. Вычислите добротность контура.

Задание 2. Изучение резонанса токов.

Соберите схему (см. рис. 2.14.2). Меняя емкость в контуре через 1 мкФ, измерьте силы токов I_k , I_C , I , поддерживая постоянство напряжения на контуре. Результаты занесите в таблицу. Постройте на одном чертеже графики зависимостей: $I_k = f_1(C)$, $I_C = f_2(C)$, $I = f_3(C)$. Вычислите индуктивность катушки и ее активное сопротивление. Сравните с результатами, полученными в задании 1. Постройте векторные диаграммы токов для случая резонанса и для емкостей $C_1 = 1$ мкФ и $C_2 = 16$ мкФ и найдите сдвиги между i_k и U и между i и U для этих трех случаев. Кроме того, определите резонансное сопротивление контура.

Вопросы и упражнения

1. Назовите соответственные величины в электрических и механических колебательных системах.
 2. Что такое добротность колебательного контура? От каких величин она зависит?
 3. Как рассчитать резонансные сопротивления последовательного и параллельного контуров?
 4. Как объяснить, что напряжения на элементах контура при достижении резонанса превышают полное напряжение на контуре?
 5. Чем обусловлено активное сопротивление катушки индуктивности? Изменится ли оно, если вынуть ферромагнитный сердечник?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.15

ИЗУЧЕНИЕ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ЗВУКОВОГО ГЕНЕРАТОРА И ОСЦИЛЛОГРАФА

Цель работы: изучение резонансных явлений.
Приборы и принадлеж.

Приборы и принадлежности: звуковой генератор, электронный осциллограф, катушка индуктивности, два конденсатора, малый мостик Уитстона, декадный магазин сопротивлений, панель с конденсаторами.

Литература: [6, § 11.1–11.7]; [31, гл. 13]; [37, § 127, 129, 131, 132]; [14, гл. 11]; [18, § 217–225].

Введение

Данная работа отличается от работы 2.14 тем, что в ней явление резонанса наблюдается при изменении частоты внешней ЭДС, питающей неизменный контур, тогда как в работе 2.14 частота ЭДС была неизменной, а изменялся один из параметров контура — емкость.

I. Изучение резонанса напряжений

Описание экспериментальной установки

Электрическая схема, используемая для изучения резонанса напряжений, приведена на рис. 2.15.1. Источником питания является звуковой генератор ГЗ-33. Электронный осциллограф выполняет роль вольтметра с большим входным сопротивлением. Переменное сопротивление R представляет собой декадный магазин сопротивлений. Активное сопротивление R_k катушки можно считать равным ее «омическому» сопротивлению, т. е. сопротивлению постоянному току. Последнее можно измерить с помощью мостика Уитстона, предварительно изучив заводское описание этого прибора.

Ознакомьтесь с параметрами катушки индуктивности, конденсаторов и магазина сопротивлений.

Соберите схему и, не включая ее, выясните, каковы должны быть напряжения питания генератора и осциллографа. Обратите внимание на то, чтобы зажим «Земля» генератора оказался соединенным с зажимом «Земля» осциллографа. Тумблер «Внутр. нагр.» генератора поставьте в положение «Вкл.». Ступенчатый переключатель аттенюатора генератора поставьте в положение «600».

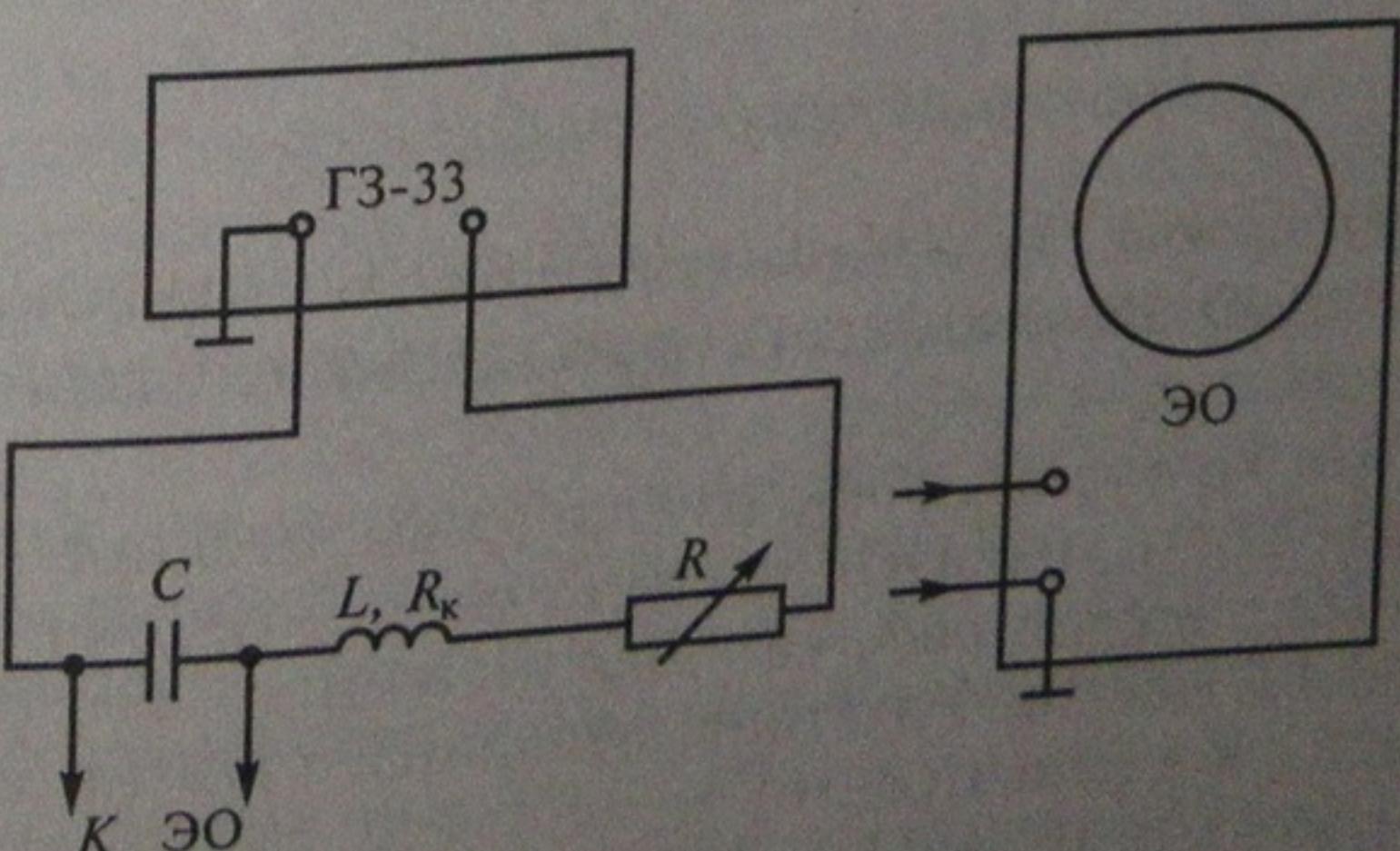


Рис. 2.15.1

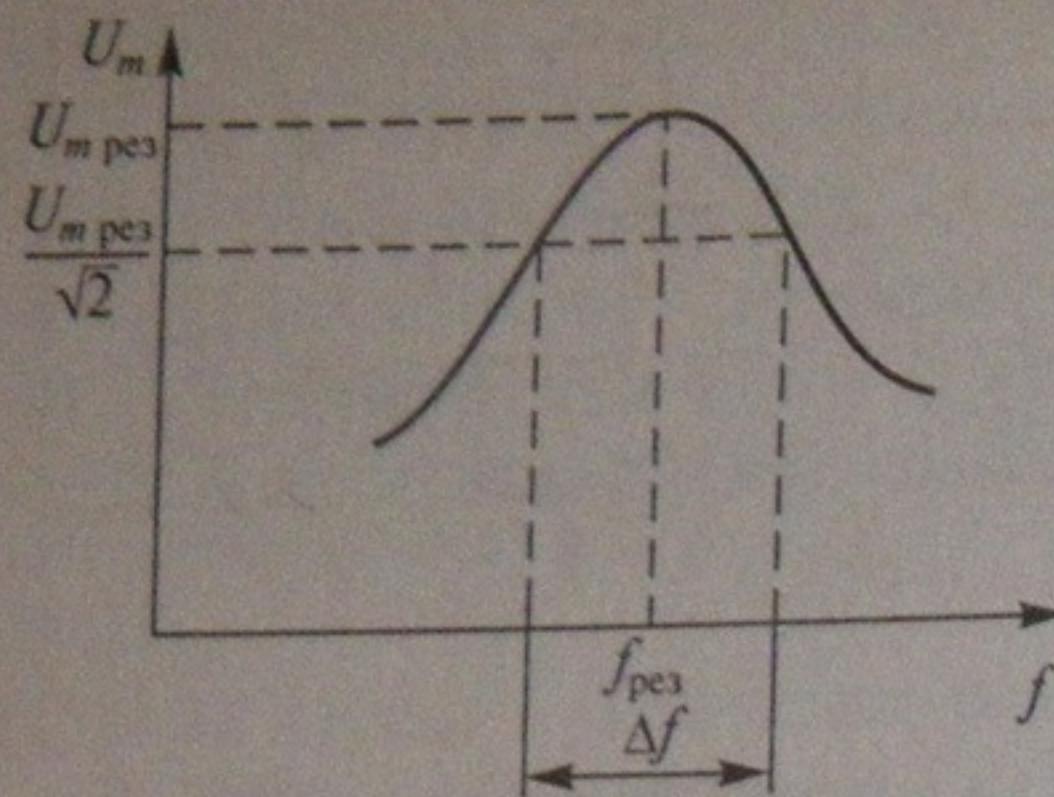


Рис. 2.15.2

Выходное напряжение выберите таким образом, чтобы можно было измерить амплитуду при резонансе. Для этого, изменяя частоту, осуществите резонанс и, изменяя коэффициент усиления усилителя вертикального отклонения электронного луча, добейтесь того, чтобы напряжение при резонансе можно было измерить по шкале осциллографа. Напряжение выходного сигнала не следует брать выше 2 В (для предотвращения пробоя конденсатора при резонансе).

Настроив таким образом усилитель вертикального отклонения осциллографа, приступайте к получению данных для построения резонансных кривых (характерный вид резонансной кривой показан на рис. 2.15.2).

Для этого, изменяя частоту генератора, записывайте в таблицу значения частоты и соответствующего напряжения на конденсаторе, отсчитывая их по шкале осциллографа. Следите по вольтметру генератора за постоянством напряжения, питающего схему. Очень важно, чтобы измерения проводились при одном и том же коэффициенте усиления усилителя вертикального отклонения электронного луча осциллографа. Только при этом условии полученные для разных случаев данные будут сопоставимы.

Число экспериментально полученных точек должно быть таким, чтобы резонансная кривая четко определялась на всех участках, особенно в области резонанса.

Измерения и обработка результатов

Задание 1. Построение резонансной характеристики последовательного контура.

Постройте график зависимости амплитуды напряжения на конденсаторе от частоты питающего напряжения при постоянной амплитуде последнего.

Проведите подобные измерения и построения, изменив добротность системы путем включения резистора из магазина сопротивления (200–300 Ом). Во всех случаях сравните измеренные значения резонансных частот с теоретическими. Оцените применимость теоретического расчета резонансной частоты по формуле Томсона. Предварительно следует выяснить, нужно ли учитывать при этом входную емкость осциллографа (100 пФ).

Записав значение напряжений на конденсаторе в делениях шкалы осциллографа, проградуируйте эту шкалу в вольтах.

Для этого разберите рабочую схему и, не изменяя коэффициент усиления усилителя вертикального отклонения электронного осциллографа, соедините выход генератора со входом «Y» осциллографа. Изменяя напряжение сигнала генератора, запишите показания вольтметра генератора и соответствующие отсчеты по шкале осциллографа; постройте градуировочную кривую.

Добротность контура следует находить по формуле $Q = f_{\text{рез}} / (\Delta f)$, где (см. рис. 2.15.2) $f_{\text{рез}}$ – резонансная частота; Δf – определяемая разность частот, при которых амплитуда напряжения на конденсаторе составляет $1/\sqrt{2} \approx 0,7$ амплитуды напряжения при резонансе.

II. Изучение резонанса токов

Описание экспериментальной установки

Схема установки, необходимой для изучения резонанса токов, представлена на рис. 2.15.3, где R_1 и R_2 – резисторы с переменным сопротивлением (магазины сопротивлений). Напряжение с резистора R_1 подается на вертикальный вход «Y» электронного осциллографа. Кроме того, с помощью резистора R_1 можно изменить силу тока в контуре.

С помощью резистора R_2 можно изменять добротность контура; сопротивление резистора R_1 должно быть значительно меньше сопротивления резистора R_2 .

Силу тока в контуре определяют следующим образом: с помощью электронного осциллографа измеряют амплитуду напряжения на известном сопротивлении и по закону Ома рассчитывают силу тока.

Измерения и обработка результатов

Задание 2. Построение резонансной характеристики параллельного контура.

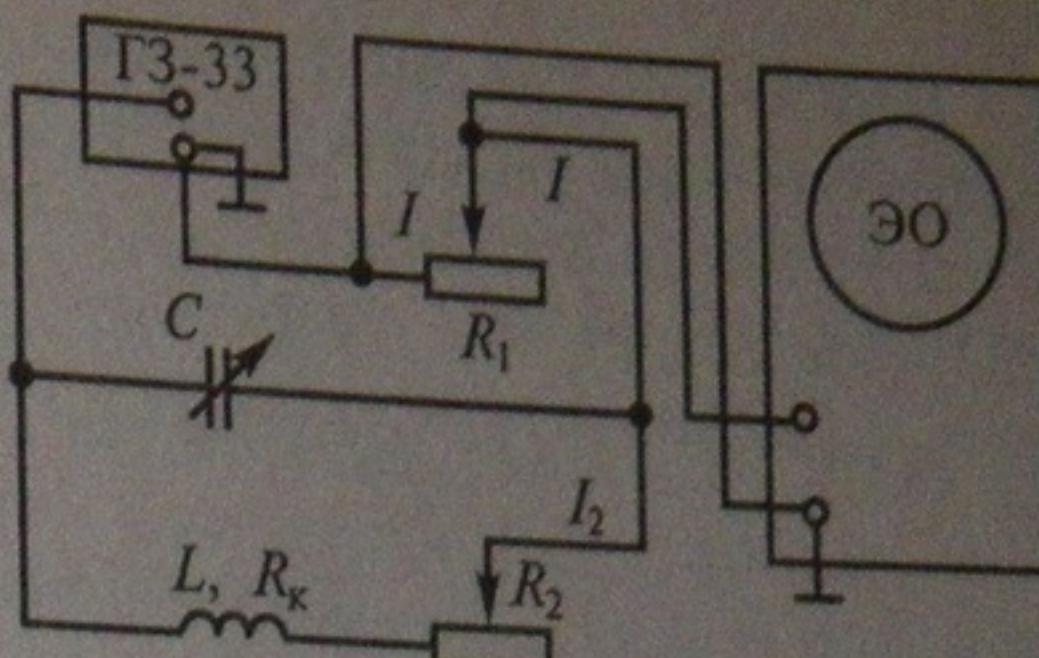


Рис. 2.15.3

Постройте графики зависимости тока в контуре от частоты питающего напряжения для двух значений емкости. По резонансным кривым найдите резонансные частоты и сравните их с результатами расчета по формуле Томпсона. Значения $\omega_{\text{рез.изм}}$, L , C , и $\omega_{\text{рез.выч}}$ занесите в таблицу.

Вопросы и упражнения

- Какое значение напряжения (мгновенное, амплитудное или действующее) измеряется осциллографом?
- Однако ли активное сопротивление катушки постоянному или переменному току? Почему?
- Какое сопротивление R надо включить, чтобы ухудшить добротность схемы (см. рис. 2.15.1) в два раза? Активные сопротивления генератора и катушки контура равны соответственно R_g и R_k . Объясните ответ.
- Постройте векторные диаграммы токов I_g , I_k , I для двух случаев: при отсутствии резонанса; при резонансе.
- Равны ли токи в катушке и конденсаторе при резонансе: а) при наличии активного сопротивления катушки; б) при его отсутствии?
- Почему сопротивление контура при резонансе является чисто активным?
- Каково резонансное сопротивление идеализированного параллельного контура при $R_k=0$? Каков при этом ток в контуре? Каково при этом соотношение между токами в разветвлениях?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.16 ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА ОМА ДЛЯ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель работы: ознакомление с одним из методов измерения индуктивности катушки и емкости конденсатора и изучение закона Ома для цепей переменного тока.

Приборы и принадлежности: катушка индуктивности с тремя секциями на 1200, 4000 и 3600 витков, два конденсатора на 4 и 8 мкФ, реостат, омметр, амперметр переменного тока, вольтметр переменного тока, ключ.

Литература: [6, § 11.1–11.7]; [31, гл. 13]; [37, § 127, 129, 131, 132]; [14, гл. 11]; [18, § 217–225].

Введение

Если к неразветвленному участку цепи, содержащему активное сопротивление R , индуктивность L и емкость C , приложить переменное напряжение $U = U_m \cos(\omega t)$, то амплитуда I_m возни-

кающей в цепи тока связана с амплитудой напряжения соотношением

$$U_m / I_m = Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \quad (1)$$

где $X = \omega L - 1/(\omega C)$ — реактивное сопротивление.

Приборы, которыми пользуются для измерений в цепях переменного тока, обычно определяют действующее значение силы тока $I = I_m / \sqrt{2}$ и напряжения $U = U_m / \sqrt{2}$, связанные между собой так же, как и их амплитуды. Влияние приборов на результаты измерений можно не учитывать.

В данной работе проверяется закон Ома для цепи переменного тока и с помощью соотношения (1) находится индуктивность секций катушки и емкость конденсатора.

Измерения и обработка результатов

Задание 1. Измерение индуктивности секций катушки.

С помощью омметра измерьте сопротивление R_i отдельных секций катушки. После этого соберите цепь по схеме (рис. 2.16.1), где L_i — различные секции катушки. Источником напряжения является городская сеть (частота $f = 50$ Гц, $\omega = 2\pi f = 314$ с⁻¹).

Перед подачей напряжения полностью введите реостат (сопротивление максимально). Для каждой секции измерьте напряжение при трех значениях силы тока, полученные данные занесите в таблицу (R_i , U , I , Z_i , Z_{icp} , L_i , L_{icp}) и вычислите индуктивности соответствующих секций.

Задание 2. Определение емкости конденсаторов.

Определите емкости двух конденсаторов и общей емкости конденсаторов при их последовательном и параллельном соединениях.

Приборы соедините по схеме, изображенной на рисунке 2.16.2.

Напряжение на каждом конденсаторе измерьте при трех значениях силы тока. Определите среднее значение емкостного сопротивления конденсатора и рассчитайте емкость конденсатора. Затем произведите те же операции при последовательном и параллельном соединениях конденсаторов. Результаты измерений и расчетов (I , U , Z_c , C_1 , C_2 , $C_{\text{посл}}$, $C_{\text{пар}}$) занесите в таблицу.

Задание 3. Проверка закона Ома для цепи переменного тока.

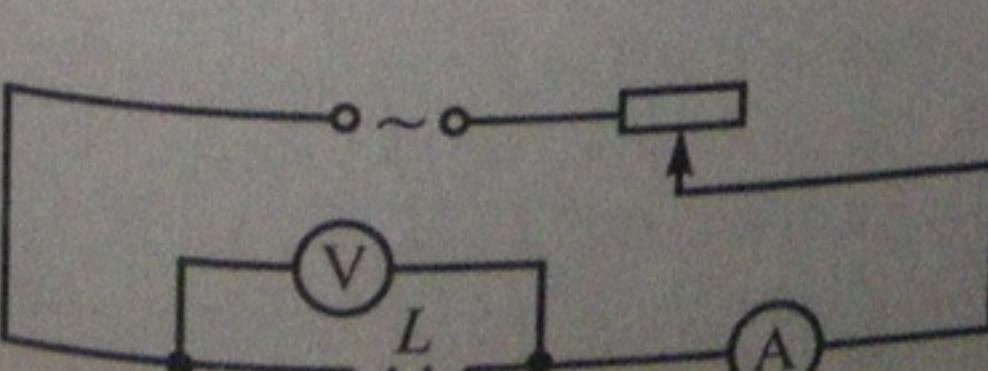


Рис. 2.16.1

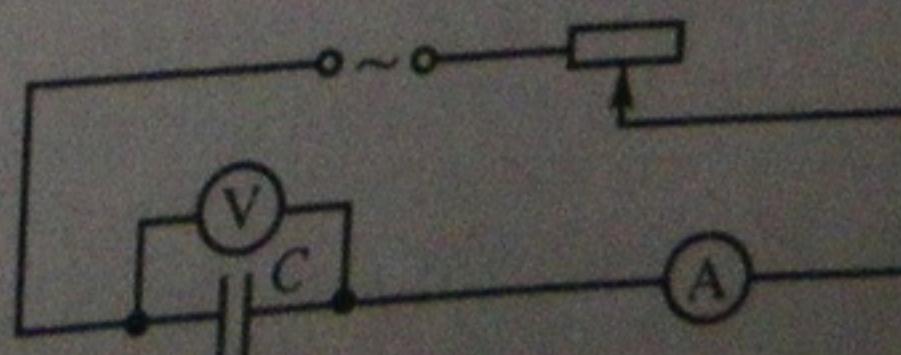


Рис. 2.16.2