

## Вопросы и упражнения

1. Во сколько раз уменьшается напряженность поля внутри конденсатора за время релаксации?
2. Объясните принцип работы установки и вычисления результатов измерений.
3. Для чего проводится калибровка установки по току и напряжению?
4. Какие значения сопротивлений  $R_1$ ,  $R_2$  и конденсатора  $C$  можно использовать в установке без ухудшения результатов вычислений, если ввод данных в компьютер будет производиться через  $\Delta t = 10^{-3}$  с?
5. Влияет ли на результаты измерений шунтирование входов  $B1$  и  $B2$  (входные сопротивления  $\sim 10^5$  Ом) сопротивлением установки?
6. Почему при подключении конденсаторов необходимо строго соблюдать полярность?
7. Зная параметры элементов измерительной установки, вычислите теоретическое значение величины  $U_m$ . Сравните полученный результат с данными экспериментов и объясните причину отличия.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2.14

#### ИЗУЧЕНИЕ РЕЗОНАНСА НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ НА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЕ

Цель работы: изучение резонанса в параллельном и последовательном контурах; экспериментальное определение параметров контуров.

Приборы и принадлежности: катушка индуктивности, батарея конденсаторов на  $16 \text{ мкФ}$ , вольтметр на  $600 \text{ В}$ , переключатель — 2 шт., автотрансформатор, миллиамперметр — 3 шт.

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

#### Введение

В работе изучаются процессы, происходящие в контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, под действием внешней синусоидальной электродвижущей силы технической частоты ( $f = 50 \text{ Гц}$ ). Последовательное соединение элементов контура по отношению к источнику питания представлено на рис. 2.14.1, параллельное — на рис. 2.14.2.

Источник синусоидальной ЭДС возбуждает в контуре вынужденные колебания. Изменение емкости контура приводит к изменению собственной частоты контура. Когда собственная частота контура приблизится к частоте питающей ЭДС (которая в

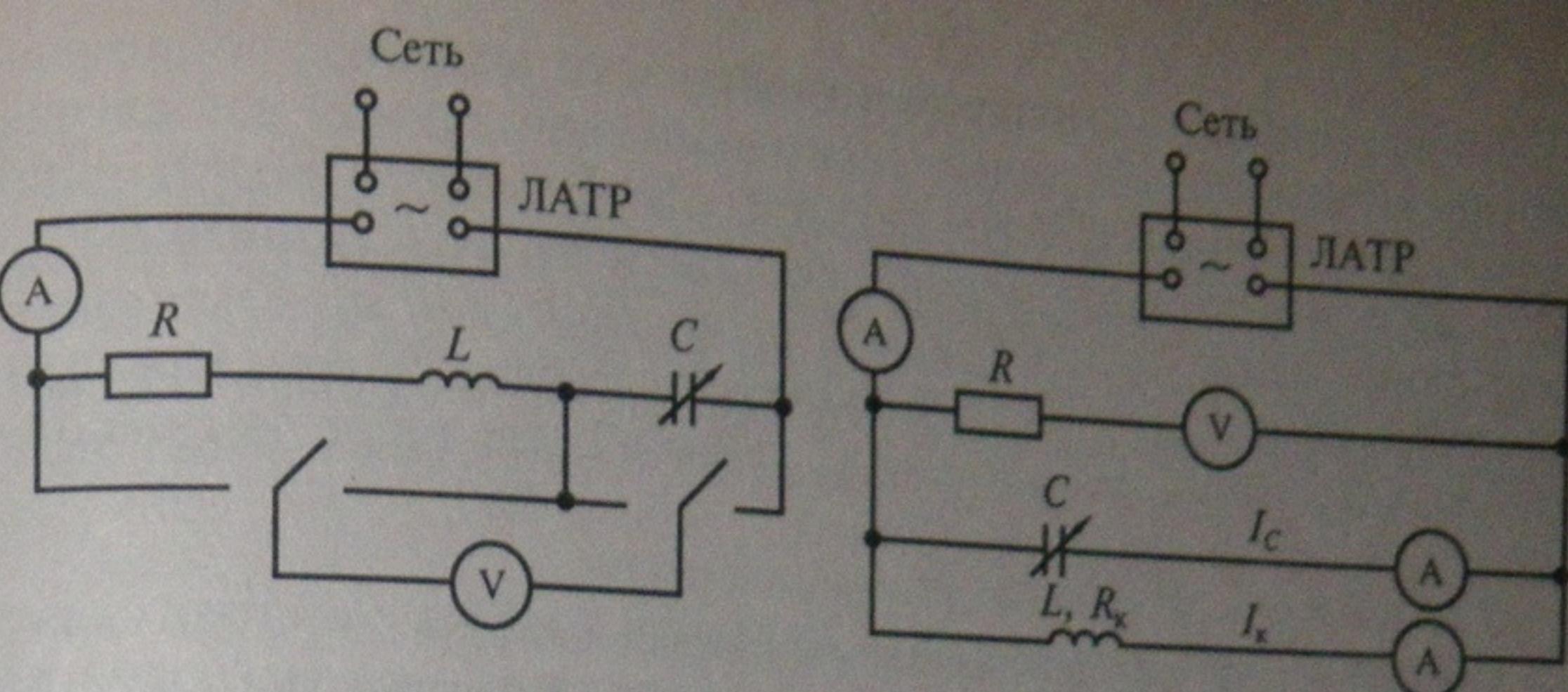


Рис. 2.14.1

Рис. 2.14.2

данной работе не изменяется), в контуре возникнут резонансные явления. Они проявляются в возрастании амплитуд соответствующих величин (напряжений или токов) на элементах контура.

В последовательном контуре (см. рис. 2.14.1) наблюдают *резонанс напряжений* (последовательный резонанс), при котором напряжение на конденсаторе и катушке индуктивности превышают напряжение источника. В параллельном контуре (см. рис. 2.14.2) можно наблюдать *резонанс токов* (параллельный резонанс), при котором силы токов в катушке и конденсаторе превышают силу тока до разветвления.

В данной работе определяются зависимости напряжения на катушке индуктивности, на контуре в целом, а также на батарее конденсаторов и силы тока в контуре и его элементах от емкости контура.

Реальную катушку можно представить как последовательно соединенные идеальную катушку с индуктивностью, равной индуктивности реальной катушки, и резистор, сопротивление которого равно активному сопротивлению реальной катушки (см. рис. 2.14.1 и 2.14.2). Потери электрической энергии в конденсаторе обычно малы и здесь не учитываются.

#### Измерения и обработка результатов

**Задание 1.** Изучение резонанса напряжений.

Соедините приборы по схеме (см. рис. 2.14.1) и подайте на контур напряжение не выше  $30 \text{ В}$ . Изменяя емкость через  $1 \text{ мкФ}$ , устанавливайте каждый раз одинаковое напряжение на контуре  $U$ ; затем измеряйте напряжение на емкости  $U_C$ , катушке  $U_L$ , а также силу тока в контуре  $I$ . Постройте (на одном чертеже) графики зависимостей  $U_C$ ,  $U_L$  и  $I$  от  $C$ .

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  $C \gg C_{\text{рез}}$  и  $C \ll C_{\text{рез}}$ . 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

- Назовите соответственные величины в электрических и механических колебательных системах.
- Что такое добротность колебательного контура? От каких величин она зависит?
- Как рассчитать резонансные сопротивления последовательного и параллельного контуров?
- Как объяснить, что напряжения на элементах контура при достижении резонанса превышают полное напряжение на контуре?
- 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 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].

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».

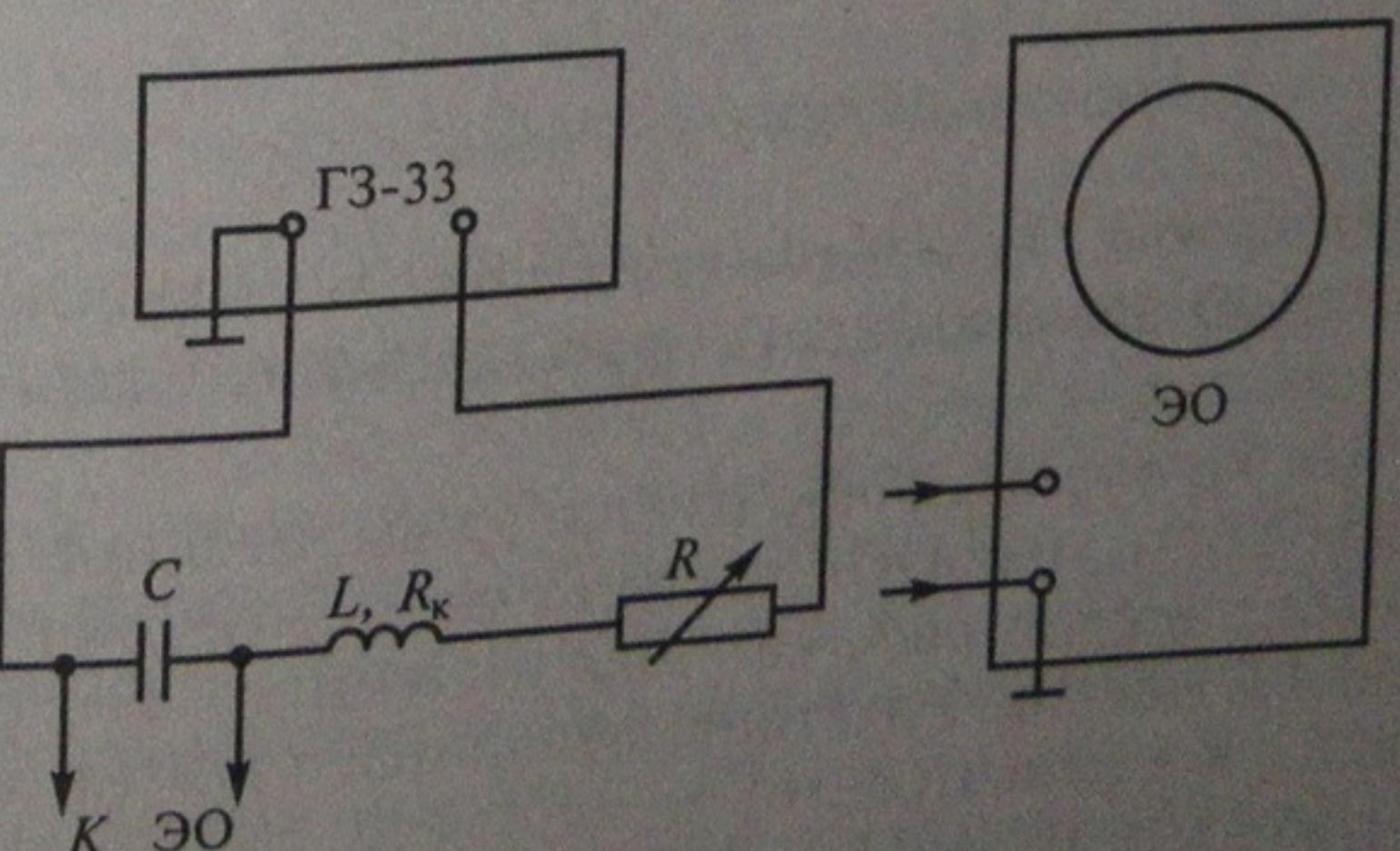


Рис. 2.15.1