

ЭЦСТ-1

ЧАСТЬ III

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Приборы и оборудование.

Лабораторная работа выполняется на комбинированном лабораторном приборе ЭЦСТ-1. Все параметры эксперимента, установленные и измеренные значения выводятся на ЖКД LCD дисплей учебной установки.

Эксперимент состоит из двух частей. При помощи многофункциональных кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ», расположенных на передней панели лабораторного модуля имеется возможность выбрать необходимый опыт:

- 1) Исследование резонанса в последовательном контуре, содержащим R, L и C. «Posled kontur»
- 2) Измерение импеданса цепи с последовательно соединенными R, L и C «Impedans»

Выбор эксперимента осуществляется при выключенном генераторе (многофункциональная кнопка «ГЕНЕРАТОР/R,f /U» должна быть отжата — в противном случае появиться предупреждение) с помощью кнопки «ВЫБОР ОПЫТА», символ * на дисплее указывает на текущее положение переключателя. Для начала эксперимента следует нажать кнопку «ENTER». Кнопки «ВЫБОР ОПЫТА» и «ENTER» выполняют также функцию переключения диапазонов цифрового генератора «ДИАПАЗОН». Для возвращения к меню выбора эксперимента служит кнопка «ESC». **Для надежного срабатывания кнопки необходимо удерживать нажатыми в течение 2 – 3 секунд.**

Для регулировки параметров эксперимента служат ручки управления и кнопки, каждая из которых выполняет в выбранном эксперименте свою функцию:

- 1) Исследование резонанса в последовательном контуре, содержащим R, L и C. «Posled kontur»: ручки R, L, C выполняют функции регулировки соответствующих параметров контура (активного сопротивления R, индуктивности L и ёмкости C), для плавного изменения частоты генератора используется ручка «ЧАСТОТА». Установка параметров контура осуществляется ручками C, L и R только при отключенном генераторе. Генератор позволяет подавать на контур переменное синусоидальное напряжение в диапазоне частот от 100 Гц до 20 кГц. Для переключения поддиапазонов используются кнопки «ДИАПАЗОН». Текущее значение частоты измеряется специальным частотомером с точностью не хуже ± 5 Гц и выводится на индикатор. Измеренное значение напряжения на конденсаторе для последовательного контура измеряется чувствительными цифровыми измерительными приборами (точность показаний вольтметра не хуже чем $\pm 0,005$ В). В пределах точности измерительных приборов допускается нестабильность показаний. Исследование явления резонанса проводится на экспериментальной комбинированной установке ЭЦСТ-1 по схеме, изображенной на рис. 1, а). Для возвращения к меню выбора эксперимента служит кнопка «ESC».

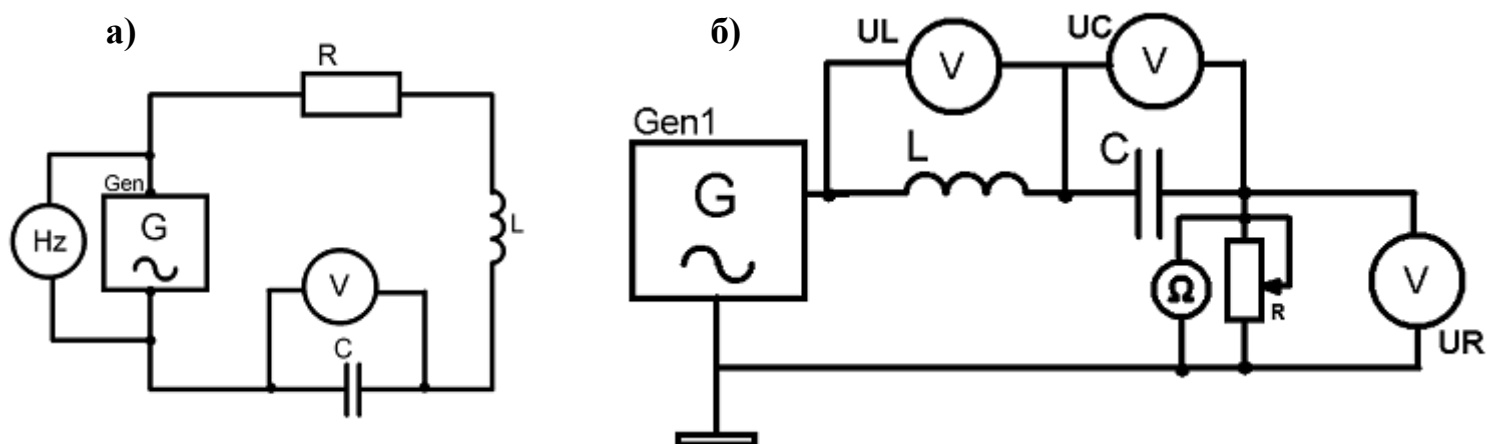


Рис.1. Принципиальные блок-схемы экспериментов, проводимых на учебном комплексе ЭЦСТ-1. а) принципиальная схема для изучения явления резонанса в последовательном колебательном контуре; б) принципиальная схема для измерения импеданса цепи с последовательно соединенными R , L и C .

2) Измерение импеданса цепи с последовательно соединенными R , L и C «Impedans»: ручка R – регулировка активного сопротивления цепи (ручки «ЧАСТОТА», L и C не используются и для данного опыта установлены постоянными $C=10$ нФ; $L=0,47$ Гн), кнопки «ДИАПАЗОН» используются для ступенчатой регулировки частоты от 1 кГц до 10 кГц с шагом 1 кГц. Текущее значение частоты генератора индицируется на цифровом LCD ЖКД индикаторе. Гармоническая ЭДС создается с помощью кварцованного цифрового генератора G рис. 1 б). Для измерений действующих значений напряжения на емкости, катушки самоиндукции и резисторе применяются чувствительные высокочастотные цифровые вольтметры. Переменный резистор R служит для плавной установки активного сопротивления цепи, значение сопротивления резистора измеряется цифровым Омметром и выводится на экран. Для переключения между режимами измерения служат кнопки «ГЕНЕРАТОР/ $R, f / U$ » и « $U_R, U_L / U_R, U_C$ » (1 режим - основной: Омметр R , частота f ; 2 режим: вольтметр U_R, U_C ; 3 режим вольтметр U_R, U_L). Для смены частоты генератора необходимо перейти в основной режим измерения R, f . Исследование явления резонанса проводится на экспериментальной комбинированной установке ЭЦСТ-1 по схеме, изображенной на рис. 1, б). Для возвращения к меню выбора эксперимента служит кнопка «ESC».

Порядок выполнения.

1. Перед началом работы ознакомится с принципиальными схемами установки, разобраться в назначении ручек и кнопок учебного модуля. Проверить целостность сетевого провода.

2. Включить установку в сеть ~ 220 В. Поставить переключатель «СЕТЬ» в положение «ВКЛ» при этом должен загореться сигнальный индикатор «сеть». **Кнопка «ГЕНЕРАТОР/R,f/U» должна отжата, генератор выключен.**

3. Пользуясь интерактивным меню, отображаемом на дисплее прибора, выбрать необходимый эксперимент (**обычно первый опыт — изучение резонанса в последовательном контуре «Posled kontur»**). Для перемещения по пунктам меню служит кнопка «ВЫБОР ОПЫТА». Текущее положение отображается на дисплее символом «*».

4. Для начала эксперимента нажать кнопку «ENTER».

5. Установить емкость, индуктивность и активное сопротивление контура с помощью соответствующих ручек на передней панели учебной установки (ручки R, L, C). Текущее значение параметров отображается на дисплее. **Значение активного сопротивления катушки самоиндукции $r=50$ Ом, при расчетах его следует прибавлять к активному сопротивлению цепи R.** Для первого эксперимента рекомендуется установить следующие значения параметров контура: $L \approx 50$ мГн; $C \approx 13$ нФ; $R \approx 30$ Ом.

6. Определить теоретическое значение резонансной частоты для напряжения на конденсаторе по формуле, легко получаемой из (ЧАСТЬ I 2.6):

$$\nu_{C \text{ теор}} = \frac{\omega_C}{2\pi} = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{2} \left(\frac{R}{L} \right)^2}}{2\pi}$$

И теоретическое значение добротности контура по формуле:

$$Q_{\text{эксп}} = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

7. Включить генератор, нажав кнопку «ГЕНЕРАТОР/R,f/U».

8. Снять зависимость амплитуды напряжения на конденсаторе U_{C0} от частоты источника ЭДС ν (амплитудно-частотную характеристику контура) в пределах приблизительно ± 2000 Гц от резонансной частоты. Определить шаг изменения частоты генератора, обеспечивающее достаточно детальное измерение зависимости $U_{C0}(\nu)$, особенно в области резонанса. Для плавного изменения частоты генератора использовать ручку «ЧАСТОТА», для переключения поддиапазонов

использовать кнопки «ДИАПАЗОН».

9. Построить резонансную кривую $U_{C0}(\nu)$. Кривая должна иметь вид аналогичный ЧАСТЬ I рисунку 2.

10. Определить по графику экспериментальное значение резонансной частоты $(\nu_C)_{\text{экс.}}$, ширину графика $\Delta \nu_C$ на высоте $\frac{(U_{C0})_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$ (на высоте в $\sqrt{2}$ раз меньше, чем при резонансе см. ЧАСТЬ I рис. 4) и экспериментальное значение добротности контура по формуле:

$$Q_{\text{экс.}} = \frac{\nu_C}{\Delta \nu}$$

11. Сравнить полученные вами экспериментальные значения величин с предварительными теоретическими расчетами.

12. Выключить генератор, отжав кнопку «ГЕНЕРАТОР».

13. Установить другое значение активного сопротивления контура ($R \approx 200 \text{ Ом}; 500 \text{ Ом}; 800 \text{ Ом}$) и повторить пп. 6 - 11.

14. Отжать кнопку «ГЕНЕРАТОР» и установить другие параметры L и C контура и повторить пп. 6-11.

15. Отжать кнопку «ГЕНЕРАТОР», выключив встроенный генератор.

16. Нажать кнопку «ESC» и выйти в меню выбора эксперимента.

17. Пользуясь интерактивным меню, отображаемом на дисплее прибора, выбрать второй эксперимент («**Impedans**»). Для перемещения по пунктам меню служит кнопка «ВЫБОР ОПЫТА». Текущее положение отображается на дисплее символом «*».

18. Для начала эксперимента нажать кнопку «ENTER».

19. Установить одну из частот генератора с помощью кнопок «ЧАСТОТА»

20. Установить переменный резистор «R» (активное сопротивление) в среднее положение. Занести значение R и частоты ν в табл. 1.

21. Нажатием кнопки «ГЕНЕРАТОР/R,f/U» включить вольтметры, измеряющие падения напряжений на катушке индуктивности и резисторе R. Ручку R при этом не трогать (в любом режиме работы, вращение ручки R приводит к изменению активного сопротивления) Занести измеренные данные в таблицу 1.

22. Переключить установку кнопкой «UR, UL / UR, UC» для точного измерения падения напряжения на конденсаторе (падение напряжение на резисторе, естественно не изменяется). Занести измеренные значения в табл.1

23. Рассчитать по формулам (ЧАСТЬ II 32) действующее значение электрического тока в цепи, значения индуктивного и емкостного сопротивления, а также значения емкости конденсатора и индуктивности

катушки самоиндукции. Следует помнить, что вольтметры измеряют действующие значения напряжения, в формулы же (ЧАСТЬ II 32) входят амплитудные значения. Однако, согласно (ЧАСТЬ II 7), действующие и амплитудные значения различаются только постоянным множителем и (ЧАСТЬ II 32) можно также использовать для действующих значений без изменений (подставляя показания вольтметров, получаем не I_m а $I_{\text{дейст}}$).

При расчетах считать все элементы цепи идеальными.

24. Нажатием кнопки «ГЕНЕРАТОР/R,f/U» перейти в режим работы Омметр-Частота и установить другое значение активного сопротивления R , не изменяя частоты генератора. Записать R в таблицу 1.

25. Повторить действия пп. 21 – 23. Все рассчитанные и измеренные данные занести в таблицу.

26. Нажатием кнопки «ГЕНЕРАТОР/R,f/U» перейти в режим работы Омметр-Частота и, устанавливая кнопками «ЧАСТОТА», другие значения частоты генератора, провести аналогичные измерения пп. 21, 22, 23 для еще каких-либо двух-трех частот и двух- трех значений активной нагрузки R .

27. Рассчитать средние значения индуктивности $\langle L \rangle$ и емкости $\langle C \rangle$ для данного эксперимента.

28. По формулам $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}$ рассчитать импеданс электрической цепи для частот ω и активных сопротивлений R , при которых вы проводили измерения. Все вычисления производите в СИ. Данные занести в табл. 1

29. Сравните рассчитанные вами значения емкости C и индуктивности L с реальными значениями этих параметров, фиксированно установленных для данного эксперимента: **$C=10$ нФ; $L=0,47$ Гн.**

Таблица 1

	R , Ом	U_R , В	U_C , В	U_L , В	C , нФ	L , Гн	Z , Ом
$\nu = \dots$ Гц $\omega = 2\pi\nu = \dots$							
$\nu = \dots$ Гц $\omega = 2\pi\nu = \dots$							

$\langle L \rangle = \dots$ Гн, $\langle C \rangle = \dots$ нФ

30. Проверить справедливость закона Ома для цепи переменного тока. Рассчитать для нескольких частот ω и значений импеданса Z действующее значение ЭДС $\varepsilon_{\text{действ.}} = I_{\text{действ.}} \cdot Z$ с выхода генератора G и сравнить его с реальным значением для данной установки $\varepsilon_{\text{действ.}} \approx 5 \text{ В}$.

31. По окончании работы выключить установку, поставив переключатель «СЕТЬ» в положение «выкл», при этом должен погаснуть сигнальный светодиод «сеть» и вынуть сетевую вилку из розетки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. При каких условиях возникает резонанс в электрическом колебательном контуре?
2. От чего зависит амплитуда силы тока в электрическом колебательном контуре при резонансе?
3. Могут ли возникнуть колебания в контуре, состоящем из сопротивления и конденсатора, а так же сопротивления и индуктивности?
4. От чего зависит период собственных колебаний в контуре?
5. В каком контуре возникает резонанс токов?
6. При каком условии может возникнуть резонанс напряжений в последовательном колебательном контуре?
7. Какие физические величины изменяются при колебаниях в электрическом колебательном контуре?
8. Чему равно сопротивление контура при резонансе напряжений?
9. От каких физических величин зависит сопротивление параллельного колебательного контура при резонансе?
10. Как изменится резонансная частота колебательного контура, если его индуктивность возрастет (уменьшится)?
11. Что называется переменным электрическим током?
12. Перечислите основные характеристики переменного тока.
13. Что называется действующим значением напряжения, тока, ЭДС? Каковы эти значения при синусоидальном токе?
14. Перечислите основные методы вычислений для цепей переменного тока.
15. Чему равен сдвиг фаз между током и напряжением в цепочках R , L и R, C ? Построить векторные диаграммы.
16. Чему равны индуктивное и емкостное сопротивления? Как они изменяются с частотой?
17. Что называется импедансом электрической цепи?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г.С. Горелик. Колебания и волны – М. – Л.: Госиздат. технико- теоретической литературы, 1950. – С.79 – 101.
2. Л.А. Аксенович, И.И. Ракитина. Физика. Колебания и волны.- Мн: Дизайн ПРО, 1997. – С. 60 – 62.
3. Н.И. Максимов, В.С. Попов. Теоретическая электротехника. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1958. – С. 356 – 361, 400 – 408.
4. И.Е. Иродов. Электромагнетизм (основные законы), 2001г., глава 11
5. А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. Курс физики, 2000, главы 27 и 28.
6. Т.И. Трофимова. Курс физики, 1985, глава 18
7. И.В. Боднарь, Л.Г. Березуцкий «Методическое пособие к лабораторным работам по курсу ФХОМКиТ РЭС и ЭВС». Мн.; БГУИР, 1997 г.
8. Б. Ф. Алексеев, К. А. Барсуков «Лабораторный практикум по физике: Учебное пособие для студентов втузов», М., Высш. шк., 1988 г.

**ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ,
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»**