

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.7

### Переходные процессы в цепях постоянного тока с конденсатором

Ознакомьтесь с теорией в конспекте и в учебниках [1], гл.11, § 94; [2], гл.16, § 16.3. Выберите «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ» и «Конденсаторы в цепях постоянного тока». Нажмите кнопку с изображением страницы во внутреннем окне. Прочитайте теорию и запишите основные сведения в свой конспект лабораторной работы. Закройте окно теории, нажав кнопку с крестом в правом верхнем углу внутреннего окна.

#### Цель работы

- Знакомство с компьютерным моделированием переходных процессов в цепях постоянного тока.
- Экспериментальное определение ёмкости конденсатора.

#### Краткая теория

Переходным процессом называется процесс перехода в цепи от одного установившегося режима к другому. Примером такого процесса является зарядка и разрядка конденсатора. В ряде случаев законы постоянного тока можно применять и к изменяющимся токам, когда изменение тока происходит не слишком быстро. В этих случаях мгновенное значение силы тока будет практически одно и то же во всех поперечных сечениях цепи. Такие токи называют *квазистационарными*

**Разрядка конденсатора.** Если обкладки заряженного конденсатора ёмкости  $C$  замкнуть на сопротивление  $R$ , то через это сопротивление потечёт ток. Согласно закону Ома для однородного участка цепи,

$$IR=U,$$

где  $I$  и  $U$  – мгновенные значения силы тока в цепи и напряжения на обкладках конденсатора. Учитывая, что

$$I = -\frac{dq}{dt} \text{ и } U = \frac{q}{C},$$

преобразуем закон Ома к виду

$$\frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = 0 \quad (1)$$

В этом дифференциальном уравнении переменные разделяются, и после интегрирования получим закон изменения заряда конденсатора со временем

$$q = q_0 e^{-\frac{t}{RC}}, \quad (2)$$

где  $q_0$  - начальный заряд конденсатора;  $e$  - основание натурального логарифма. Произведение  $RC$ , имеющее размерность времени, называется *время релаксации*  $\tau$ . Продифференцировав выражение (2) по времени, найдём закон изменения тока

$$I = -\frac{dq}{dt} = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (3)$$

где  $I_0$  - сила тока в цепи в момент времени  $t = 0$ . Из уравнения (3) видно, что  $\tau$  есть время, за которое сила тока в цепи уменьшается в  $e$  раз.

### Методика и порядок измерений

1. Соберите на рабочей части экрана замкнутую электрическую цепь, показанную на рис. 1.

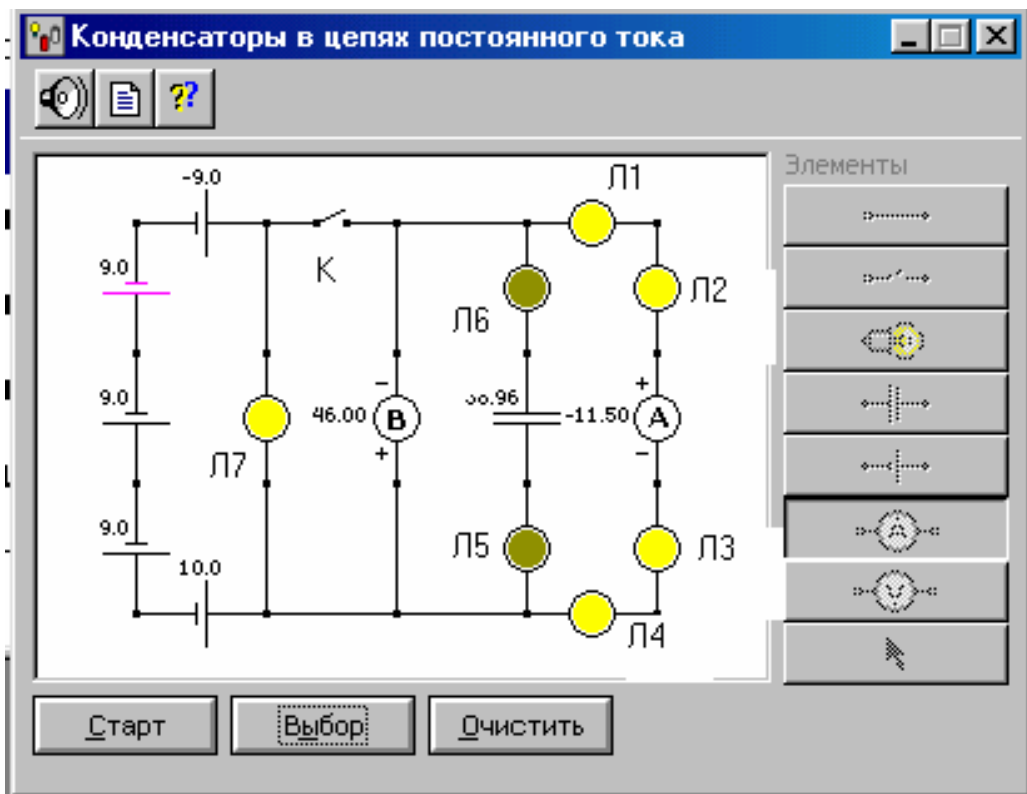









Рис.1

Для этого сначала щёлкните мышью на кнопке  ЭДС, расположенной в правой части окна эксперимента. Переместите маркер мыши на рабочую часть экрана, где расположены точки, и щёлкните маркером мыши в виде вытянутого указательного пальца в том месте, где должен быть расположен источник тока. Подведите маркер мыши к движку появившегося регулятора ЭДС, нажмите на левую кнопку мыши, удерживая её в нажатом состоянии, меняйте величину ЭДС и установите 10 В. Аналогичным образом включите в цепь 4 других источника тока. Суммарная величина ЭДС батареи должна соответствовать значению, указанному в табл. 1 для вашей бригады. Таким же образом разместите далее на рабочей части экрана 7 ламп Л1-Л7 (кнопка ) , ключ  $K$  (кнопка ) , вольтметр (кнопка ) , амперметр (кнопка ) , конденсатор (кнопка ) . Все элементы электрической цепи соедините по схеме рис.1 с помощью монтажных проводов (кнопка ) .

2. Щёлкните мышью на кнопке «Старт». Должна засветиться лампа Л7, а надпись на кнопке измениться на «Стоп». Курсором мыши замкните ключ  $K$ .

3. После установления в цепи стационарного тока (должны погаснуть лампы Л5 и Л6 и светиться лампы Л1-Л4) запишите показания электроизмерительных приборов. в таблицу по форме 1.

4. Нажмите на кнопку «Стоп» и курсором мыши разомкните ключ  $K$ .

5. Двумя короткими щелчками мыши на кнопке «Старт» запустите и остановите процесс разрядки конденсатора. Показания амперметра будут соответствовать начальному току разрядки конденсатора  $I_0$ . Запишите это значение в таблицу по форме 2.

6. Вновь замкните ключ, зарядите конденсатор и повторите пп. 5, 6 ещё 4 раза.

7. Для каждого опыта рассчитайте  $I_\tau = I_0/2,7$ - силу тока, которая должна быть в цепи разрядки конденсатора через время релаксации  $\tau$  и запишите эти значения в таблицу по форме 2.

8. При разомкнутом ключе нажатием кнопки «Старт» запустите процесс разрядки конденсатора и одновременно включите секундомер.

9. Внимательно наблюдайте за изменением показаний амперметра в процессе разрядки конденсатора. Остановите секундомер и синхронно нажмите кнопку «Стоп» при показании амперметра, равном или близким к  $I_\tau$ . Запишите это значение времени  $\tau_1$  в таблицу по форме 2.

10. Прделайте опыты пп. 8, 9 ещё 4 раза.

Суммарное значение ЭДС батареи 5 источников тока

Табл. 1

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
ЭДС, В	50	49	48	47	46	45	44	43

### Определение сопротивления лампы

Форма 1

$I, A$	$U, B$	$R, Ом$

### Результаты измерений и расчётов

Форма 2

Номер опыта	1	2	3	4	5	Среднее значение
$I_0, A$						
$I_{\tau}, A$						
$\tau, c$						
$C, \Phi$						

### Обработка результатов

- По закону Ома для участка цепи Л1-Л4:  $R = \frac{1}{4} \frac{U}{I}$ , и результатам измерений, приведённым в таблице, заполненной по форме 2, определите сопротивление одной лампы.
- По формуле  $C = \frac{\tau}{6R}$  (при разрядке конденсатора квазистационарный ток протекает по 6 последовательно соединённым лампам) определите ёмкость конденсатора и запишите эти значения в таблицу по форме 2.
- Рассчитайте погрешности измерений и сформулируйте выводы по результатам проделанной работы.

### Вопросы и задания для самоконтроля

- Что представляет собой конденсатор и от чего зависит его ёмкость?
- Выведите формулы ёмкости плоского, цилиндрического и сферического конденсаторов.
- Как изменяется разность потенциалов на обкладках конденсатора при его зарядке и разрядке?
- Какой ток называется квазистационарным?
- Выведите формулы электроёмкости батареи последовательно и параллельно соединённых конденсаторов.
- Что такое время релаксации?
- Объясните принцип работы экспериментальной установки.