

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР
МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе II
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С
КОНДЕНСАТОРАМИ, РЕЗИСТОРАМИ, КАТУШКАМИ ИНДУК-
ТИВНОСТИ И ИСТОЧНИКОМ НАПРЯЖЕНИЯ

Факультет автоматки и вычислительной
техники
Кафедра теоретических основ электро-
техники

Москва - 1986

Лабораторная работа № II

Методические указания к лабораторной работе являются составной частью методического обеспечения по дисциплине "Основы теории электрических цепей", изучаемой студентами II и III курсов дневного и вечернего отделений всех специальностей.

Лабораторная работа выполняется в объеме четырех часов.

Основным содержанием работы является изучение классического метода исследования переходных процессов.

Переходные процессы в электрических цепях с конденсаторами, резисторами, катушками индуктивности и источниками напряжения

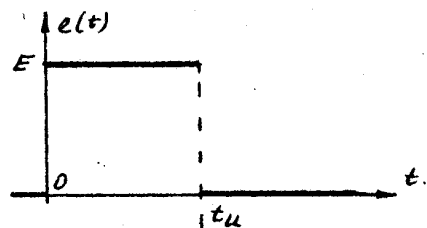
I. Цель работы, ее краткое содержание

Целью работы является приобретение навыков экспериментального исследования переходных процессов с помощью электронно-лучевого осциллографа, обработки результатов эксперимента и описания переходных процессов классическим методом.

В работе экспериментально и теоретически исследуются переходные процессы в цепях, состоящих из катушки индуктивности и резисторов, конденсатора и резисторов, при воздействии на вход цепи импульса напряжения прямоугольной формы.

II. Теоретические сведения

I. В данной работе для получения на экране осциллографа устойчивого изображения используют источник с периодически изменяющимся напряжением в виде серии повторяющихся импульсов почти прямоугольной формы. Длительность пауз между импульсами ($T - t_u$) выбрана такой, при которой переходный процесс от очередного импульса заканчивается к приходу следующих. Поэтому при анализе достаточно найти напряжение

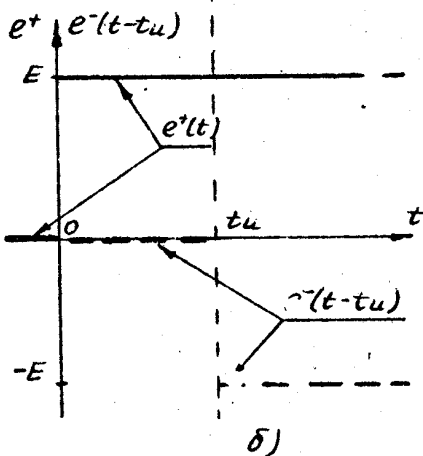


в переходном процессе от действия только одного импульса. Чтобы упростить решение, прямоугольный импульс (рис. I, а) лучше представить в виде суммы составляющих (рис. I, б)

$$e(t) = e^+(t) + e^-(t - t_u),$$

где

$$e^+(t) = E \cdot 1(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0, \\ E & \text{при } t \geq 0, \end{cases}$$



$$e^-(t - t_u) = -E \cdot 1(t - t_u) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < t_u, \\ -E & \text{при } t \geq t_u. \end{cases}$$

Тогда в соответствии с принципом наложения искомое напряжение в переходном процессе можно также определять в виде суммы двух составляющих:

$$u(t) = u^+(t) + u^-(t - t_u),$$

Рис. I

Например, составляющая выходного напряжения $U_3(t)$, найденная по схеме рис. 2 от действия ЭДС $e^+(t) = E \cdot 1(t)$, имеет вид (рис. 3, а)

$$U_3^+(t) = A_3 \cdot e^{-t/\tau_L} + U_{3np}, \quad (I)$$

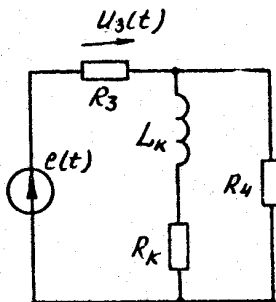


Рис. 2

где $\tau_L = L_k / (R_k + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4})$,

$$A = U_3(0) - U_{3np} = \frac{E \cdot R_3}{R_3 + R_4} - \frac{E \cdot R_3}{R_3 + \frac{R_k \cdot R_4}{R_k + R_4}}$$

$$U_{3np} = \frac{E \cdot R_3}{R_3 + \frac{R_k \cdot R_4}{R_k + R_4}}$$

Зная это, нетрудно найти другую составляющую выходного напряжения от действия на входе ЭДС $e^-(t - t_u) = -E \cdot 1(t - t_u)$ (рис. 3, б). Для этого достаточно учесть, что по сравнению с предыдущим случаем составляющая выходного напряжения $U_3^-(t - t_u)$ должна появиться позже на время t_u и изменить знак (рис. 3, б), т.е.:

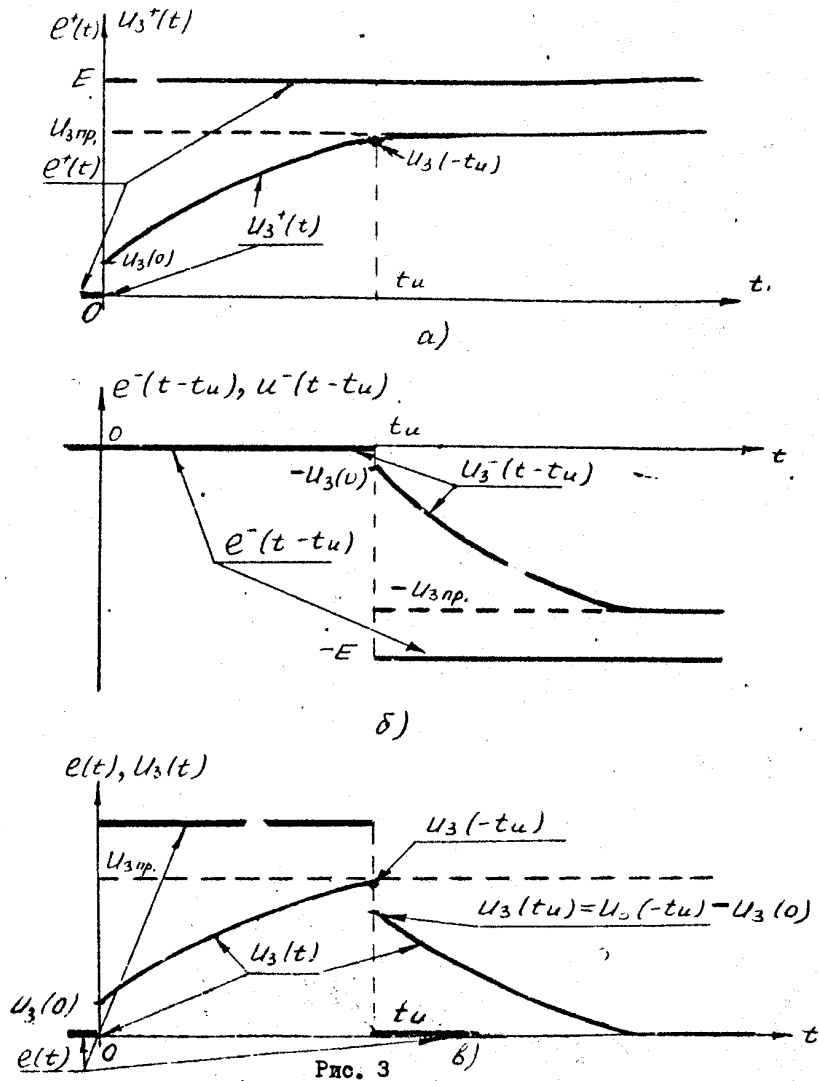
$$u^-(t - t_u) = -A_3 \cdot e^{-\frac{t-t_u}{\tau_L}} - U_{3np}. \quad (2)$$

Суммируя составляющие (I) и (2), получим функцию выходного напряжения $U_3(t)$ при подаче на вход прямоугольного импульса ЭДС (рис. 3, в):

при $t < 0$: $U_3(t) = 0$;

при $0 < t < t_u$: $U_3(t) = U_3^+(t) = A_3 \cdot e^{-t/\tau_L} + U_{3np}$;

при $t \geq t_u$: $U_3(t) = U_3^+(t) + U_3^-(t - t_u) =$
 $= A_3 \cdot e^{-t/\tau_L} + U_{3np} - A_3 \cdot e^{-\frac{t-t_u}{\tau_L}} - U_{3np} =$
 $= (1 - e^{-t_u/\tau_L}) \cdot A_3 \cdot e^{-t/\tau_L}$



Таким образом, в основе нахождения реакции на прямоугольный входной импульс лежит умение определять выходное напряжение $u(t)$ при включении постоянной ЭДС E (рис.3,а). Поэтому остановимся

подробнее на отдельных этапах анализа в этом случае.

2. В переходном процессе ($t \geq 0$) выходное напряжение можно искать в виде суммы свободной и принужденной составляющих:

$$u^*(t) = u_{св.}(t) + u_{пр.}(t).$$

а) Свободная составляющая напряжения $u_{св.}$ является решением

однородного дифференциального уравнения $*$). Поэтому прежде всего необходимо после коммутации положить ЭДС, равной нулю, и перерисовать схему, заменив источник ЭДС короткозамкнутым участком ($e = 0$). Например, выполняя это требование для схем рис.2 и 4 получим соответственно схем рис.5,а и рис.6,а. В этих схемах есть по два со-

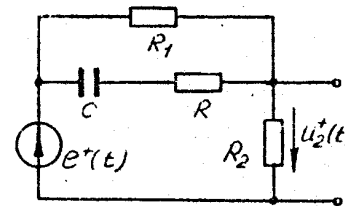
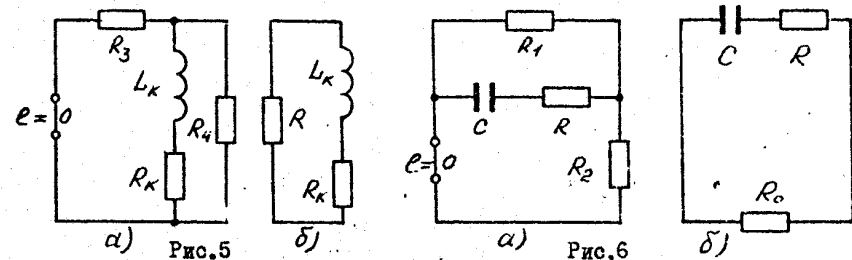


Рис.4



противления, соединенных параллельно: R_3 и R_4 в схеме рис.5,а; R_1 и R_2 в схеме рис.6,а.

Каждую из указанных пар можно заменить одним сопротивлением, равным в схеме рис.5,б

$$R = \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4},$$

а в схеме рис.6,б

$$R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

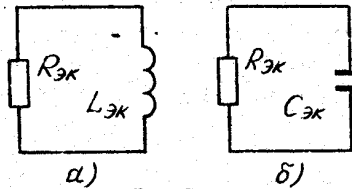


Рис.7

*) Однородное дифференциальное уравнение - это уравнение, имеющее нулевую правую часть

В полученных после этого преобразования схемах сопротивления соединены последовательно и их также заменяют одним эквивалентным $R_{эк}$ (рис.7). А если схему свободной составляющей ($\mathcal{E} = 0$) путем эквивалентных преобразований удастся свести к контуру $R_{эк} - L_{эк}$ или $R_{эк} - C_{эк}$, то свободная составляющая напряжения может быть записана в виде:

$$U_{св.}(t) = A \cdot e^{-t/\mathcal{E}}$$

где A - постоянная интегрирования;
 \mathcal{E} - постоянная времени, равная $\mathcal{E}_L = L_{эк} / R_{эк}$ и $\mathcal{E}_C = C_{эк} \cdot R_{эк}$.

В рассматриваемых примерах для схемы с индуктивностью

$$R_{эк} = R_K + R = R_K + \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4},$$

$$\mathcal{E}_L = L_K / \left(R_K + \frac{R_3 + R_4}{R_3 + R_4} \right),$$

а для схемы с емкостью $C_{эк} = C$,

$$R_{эк} = R + R_0 = R + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2},$$

$$\mathcal{E}_C = C \cdot \left(R + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \right).$$

б) Принужденная составляющая напряжения является частным решением дифференциального уравнения. Находить частное решение можно подбором по виду правой части уравнения. А так как правая часть дифференциального уравнения зависит от формы ЭДС источника, то подбор функции принужденной составляющей напряжения (тока) можно осуществлять по виду ЭДС после коммутации. То есть, если ЭДС постоянна (в наших примерах после коммутации ($t \geq 0$) $e^+(t) = E$), будем считать, что все принужденные составляющие токов и напряжений тоже постоянны. Тогда принужденные составляющие напряжения индуктивности и тока емкости равны нулю, так как

$$U_{L np.}(t) = L \cdot \frac{di_{np.}(t)}{dt}; \quad i_{C np.}(t) = C \cdot \frac{dU_{C np.}(t)}{dt}.$$

Эти условия можно описать графически: перечерчивая схему, надо замкнуть накоротко зажимы, к которым была подсоединена индуктивность (рис.8) и разомкнуть зажимы, к которым была подсоединена емкость (рис.9):

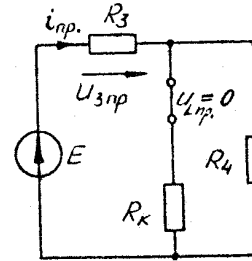


Рис.8

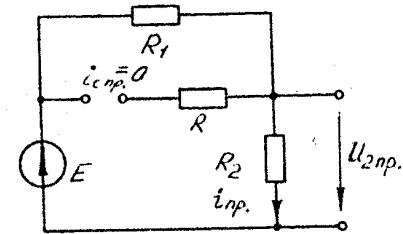


Рис.9

Анализ полученных таким образом резистивных схем проводят наиболее рациональным методом. В рассматриваемых примерах (рис.2 и 8, а также рис.4 и 9) принужденные составляющие напряжения легко разделить с помощью закона Ома. По схеме рис.8 находим:

$$U_{3 np.} = R_3 \cdot i_{np.} = R_3 \cdot \frac{E}{R_3 + \frac{R_K \cdot R_4}{R_K + R_4}}.$$

Следовательно, в переходном процессе ($t \geq 0$) выходное напряжение схемы рис.2 равно:

$$U_3^+(t) = U_{3 св.}(t) + U_{3 np.}(t) = A \cdot e^{-t/\mathcal{E}_L} + \frac{E \cdot R_3}{R_3 + \frac{R_K \cdot R_4}{R_K + R_4}} \quad (3)$$

Аналогично, находя по схеме рис.9

$$U_{2 np.} = R_2 \cdot i_{2 np.} = R_2 \cdot \frac{E}{R_2 + R_1},$$

запишем для $U_2(t)$ схемы рис.4:

$$U_2^+(t) = U_{2 св.}(t) + U_{2 np.}(t) = A_2 \cdot e^{-t/\mathcal{E}_C} + \frac{E \cdot R_2}{R_2 + R_1} \quad (4)$$

в) Для определения входящей в каждое из уравнений (3,4) постоянной интегрирования необходимо знать начальное значение искомого напряжения $U(t=0) = U(0)$. Чтобы найти его, прежде всего следует воспользоваться "законом коммутации". Будем считать, что за время коммутации $\Delta t_{ком} \rightarrow 0$, если оно незначительно ($\Delta t_{ком} \rightarrow 0$), ток индуктивности и напряжения емкости практически не изменяются:

ж) То есть за время измерения э.д.с. (выходного напряжения) от нуля до значения E

$$\left. \begin{aligned} i_L(0) &\approx i_L(-0), \\ U_C(0) &\approx U_C(-0), \end{aligned} \right\}^{***}$$

где $i_L(-0)$, $U_C(-0)$ - соответственно ток индуктивности и напряжение емкости в момент начала коммутации;

$i_L(0)$, $U_C(0)$ - значения тех же величин в момент окончания коммутации.

Во всех схемах данной работы напряжения емкостей и токи индуктивностей в момент начала коммутации ($t = -0$) равны нулю. Поэтому в соответствии с "законами коммутации":

$$i_L(0) \approx 0,$$

$$U_C(0) \approx 0.$$

Зная это, искомое напряжение во многих случаях удается найти проще, или начертить схему для $t = 0$, разомкнув индуктивность

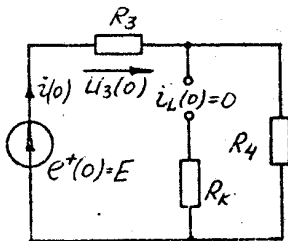


Рис. 10

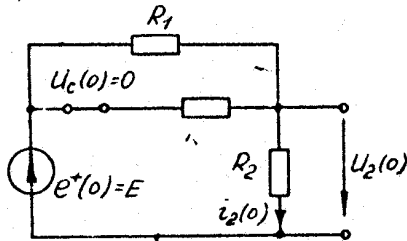


Рис. 11

или закоротив емкость. Полученную таким образом схему обычно называют схемой начальных условий (С.Н.У.). В рассматриваемых примерах одна из них приведена на рис.10, а другая на рис.11. Анализируя С.Н.У., получим по схеме рис.10:

$$U_3(0) = R_3 \cdot i(0) = R_3 \cdot \frac{E}{R_3 + R_4};$$

а по схеме рис.11

$$U_2(0) = R_2 \cdot i(0) = R_2 \cdot \frac{E}{R_2 + \frac{R_1 \cdot R}{R_1 + R}}.$$

Теперь из уравнения (3) при $t = 0$

$$U_3^+(t=0) = A_3 + U_{3np.} = U_3(0)$$

находим постоянную интегрирования

$$A_3 = U_3(0) - U_{3np.} = \frac{E \cdot R_3}{R_3 + R_4} - \frac{E \cdot R_3}{R_3 + \frac{R_k \cdot R_4}{R_k + R_4}}.$$

Аналогично

$$U_2^+(t=0) = A_2 + U_{2np.} = U_2(0)$$

и

$$A_2 = U_2(0) - U_{2np.} = \frac{E \cdot R_2}{R_2 + \frac{R_1 \cdot R}{R_1 + R}} - \frac{E \cdot R}{R_2 + R_1}.$$

*) Использовать эти "законы" (допущения) можно лишь тогда, когда применение их не противоречит законам Кирхгофа.

III. Оборудование

Цепи, в которых изучаются переходные процессы, собирают из элементов, находящихся на панели переменного тока и магазина сопротивлений, находящегося на стенде. На рис.12 приведен фрагмент лицевой стороны панели переменного тока, на котором указаны используемые в работе элементы.

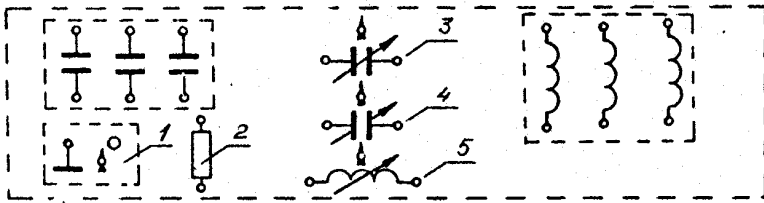


Рис.12

1 - генератор с импульсным напряжением прямоугольной формы, 2 - резистор R_2 , 3,4 - конденсаторы переменной емкости, 5 - катушка переменной индуктивности.

При анализе переходных процессов в схемах замещения элементов цепи можно учитывать только следующие параметры: у конденсаторов - емкость C_p , у катушки - её индуктивность L_k и сопротивление R_k .

Это означает, что при теоретических расчетах можно пренебречь тангенсами углов потерь ($tg \delta$) и индуктивностями выводов конденсаторов и межвитковыми емкостями катушек индуктивности.

Переходные процессы в рассматриваемых цепях наблюдают с помощью осциллографа, установленного на стенде. Для получения длительного, устойчивого изображения на экране осциллографа необходимо, чтобы переходный процесс в цепи периодически повторялся. Поэтому в работе используется генератор практически прямоугольных импульсов напряжения (рис.13).

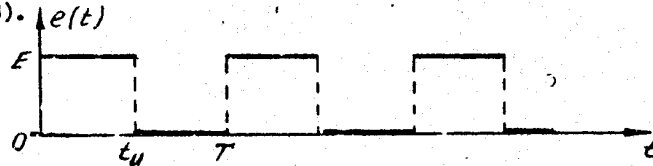


Рис.13

Длительность паузы между импульсами ($T - t_u$) выбрана такой, чтобы переходной процесс в цепи успевал затухнуть к приходу очередного импульса.

IV. Методика проведения работы

Лабораторная работа состоит из двух частей: теоретической (подготовка к работе) и экспериментальной (рабочее задание).

Теоретическая часть включает ряд вопросов, на которые студент должен подготовить ответы во внеаудиторное время до выполнения экспериментальной части лабораторной работы. Экспериментальная часть выполняется в лаборатории кафедры ТОЭ в соответствии с расписанием занятий.

Исследования проводятся для значений параметров элементов цепей, указанных в таблице "Варианты параметров для предварительных расчетов и проведения лабораторной работы", в соответствии с номером бригады.

4.1. Подготовка к работе

1. Изучить классический метод расчета переходных процессов. Познакомиться с контрольными вопросами, приведенными в конце описания работы.

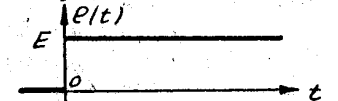
2. Для схемы, приведенной на рис. 14, вычислить:

а) постоянную времени τ_a , чтобы $\frac{U_2(-t_u)}{U_2(0)} = K_1$;

б) постоянную времени τ_δ , чтобы $\frac{U_2(-t_u)}{U_2(0)} = 0,02$.

Значения K_1 и t_u (длительность импульса) заданы в таблице вариантов. Здесь: $-t_u = t_u - \epsilon$, где $\epsilon \rightarrow 0$, т.е. $-t_u$ - момент времени предшествующий окончанию импульса.

Для расчета τ_a и τ_δ необходимо в общем виде получить выражение для $U_2(t)$ при действии в схеме рис.14 ступеньки напряжения



что эквивалентно подключению источника постоянной ЭДС к ветви с

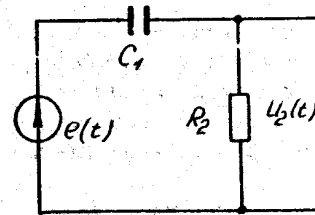


Рис.14.

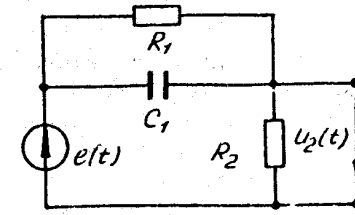


Рис.15.

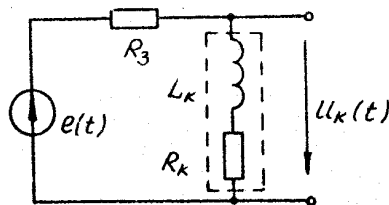


Рис.15

последовательным соединением емкости C_1 и сопротивления R_2 . Для этого рекомендуется предварительно получить выражения τ , U_{2np} , $U_2(0)$ через параметры схемы E , R_2 и C_1 .

3. Используя результаты п.2, нарисовать на одном графике качественно кривые $U_2(t)$ для схемы рис.14 при двух значениях постоянной времени τ_a и τ_b , если ЭДС источника $e(t)$ является импульсом напряжения прямоугольной формы. При построении $U_2(t)$ рекомендуется рассматривать прямоугольный импульс ЭДС $e(t)$ как сумму двух ступенчатых функций противоположной полярности, сдвинутых относительно друг друга на время длительности импульса t_u (см. "Теоретические сведения").

4. Привести выражение для определения сопротивления R_1 в схеме рис.15, считая известными значения сопротивления R_2 и K_2 :

$$K_2 = \frac{U_2(-t_u)}{U_2(0)} \approx \frac{U_{2np}}{U_2(0)},$$

где U_{2np} - принужденное значение напряжения на сопротивлении R_2 при $t < t_u$. Величина K_2 задана в таблице вариантов.

Для этого следует получить выражения U_{2np} и $U_2(0)$ через параметры схемы и подставить их в уравнение для K_2 .

5. Качественно начертить график изменения напряжения $U_2(t)$ в схеме рис.15 с учетом результатов, полученных в п.4, и методических указаний п.3.

6. Рассчитать сопротивление катушки индуктивности R_k в схеме рис.16, используя известные величины $R_3 = 400 \text{ Ом}$ и $K_3 = U_{knp}/U_k(0)$ (см. таблицу вариантов), предварительно получив выражение для U_{knp} (принужденная составляющая напряжения на катушке индуктивности при $t < t_u$) и $U_k(0)$. R_k и L_k - параметры схемы замещения катушки индуктивности.

7. Качественно начертить график изменения напряжения $U_k(t)$ в схеме рис.16 с учетом данных п.6 и рекомендаций п.3.

8. Начертить новую схему, получив ее из схемы рис.16 подключением сопротивления $R_4 = 200 \text{ Ом}$, таким образом, чтобы начальное значение напряжения $U_k(0)$ уменьшилось в три раза по сравнению со значением $U_k(0)$ в схеме рис.16.

9. Записать выражение для напряжения $U_4(t)$ на сопротивлении R_4 в схеме, полученной в п.8 через ее параметры, предварительно получив выражение для U_{4np} , $U_4(0)$ и τ .

Качественно построить график изменения напряжения $U_4(t)$.

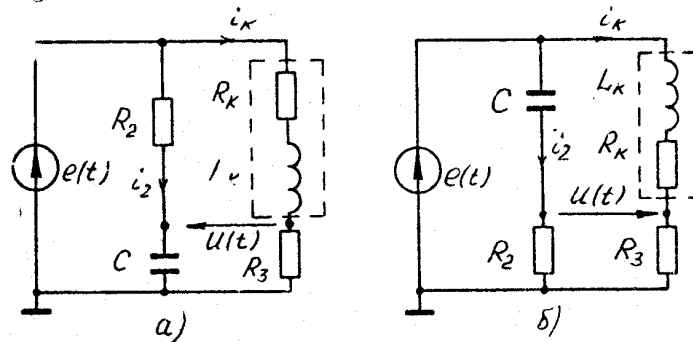


Рис. 17

10. Записать через параметры схемы выражения токов $i_1(t)$, $i_2(t)$ и напряжения $U(t)$ для варианта схемы рис.17, выбранного в соответствии с таблицей вариантов.

Качественно построить графики $i_1(t)$, $i_2(t)$ и $U(t)$.

Рекомендуется сначала получить выражения для $i_1(t)$, $i_2(t)$ и $U(t)$ для схемы рис.17а, а затем по закону Кирхгофа напряжений найти $U(t)$.

11. Ознакомиться с рабочим заданием и подготовить бланк отчета (см. "Требование к отчету").

4.2. Рабочее задание

12. Подать напряжение с выхода генератора прямоугольных импульсов (он расположен в левой части панели переменного тока) на осциллограф и получить на экране одиночный импульс высотой 40 мм и шириной от 30 до 50 мм. Для получения устойчивого изображения сигнала на экране осциллографа используют ручки "Режим запуска" и "Уровень запуска". Размер импульса по вертикали установить с помощью ручек

"Усиление" (плавная регулировка) и " V/cm " (ступенчатая регулировка). Размер импульса по горизонтали установить с помощью ручек "Длит./см" и "Множитель". После установки требуемых размеров импульса перечисленные выше ручки управления лучом осциллографа в процессе выполнения всей работы не трогать!

Снять на кальку осциллограмму напряжения источника.

13. Собрать цепь по схеме рис.14 и подать на вход осциллографа напряжение $U_2(t)$. Экспериментально подобрать такую емкость C_1 , при которой значения напряжения на резисторе R_2 в моменты подачи импульса $U_2(0)$ и окончания $U_2(-t_u)$ будут отличаться в K_1 раз (см.таблицу вариантов).

Снять осциллограмму $U_2(t)$ и записать значение емкости конденсатора C_1 . Установить величину сопротивления резистора R_2 , используя при расчете вычисленные в п.2а значение ϵ_a и экспериментально установленное значение емкости C_1 .

14. Рассчитать, при каком значении емкости C_1 в схеме рис.14 выполняется условие $U_2(-t_u)/U_2(0) = 0,02$. При расчете воспользоваться значением ϵ_0 , найденным в п.2б и величиной R_2 , вычисленной в предыдущем пункте.

Установить переключателем переменной емкости C_1 значение, наиболее близкое к рассчитанному, и снять на кальку осциллограмму напряжения $U_2(t)$.

15. Для схемы рис.15 рассчитать величину сопротивления R_1 по выражению, полученному в п.4. Величины R_2 и C_1 взять такими же, как в схеме п.14.

16. Собрать цепь по схеме рис.15. Для этого к имеющейся цепи параллельно конденсатору C_1 подключить магазин сопротивлений и установить его сопротивление R_1 , равным рассчитанному в предыдущем пункте. Снять на кальку осциллограмму напряжения $U_2(t)$ и сравнить ее с графиком, полученным в п.5.

17. Собрать цепь по схеме рис.16. Экспериментально подобрать такую катушку индуктивности, чтобы

$$K_3 = \frac{U_k(-t_u)}{U_k(0)} \approx \frac{U_{knp.}}{U_k(0)}$$

Снять на кальку осциллограмму $U_k(t)$ и записать значение индуктивности.

Если при использовании катушки переменной индуктивности не удается получить требуемого значения K_3 , то в этом случае необходимо последовательно с катушкой переменной индуктивности включить одну

или несколько катушек, из имеющихся на панели переменного тока.

18. Рассчитать для схемы рис.16 значение постоянной времени, используя для этого результаты пп.6 и 18. Показать, почему при выбранных параметрах схемы можно считать, что $U_{knp.} \approx U_k(-t_u)$.

19. Собрать цепь по схеме, полученной в п.8, и снять на кальку осциллограмму напряжения $U_4(t)$ на резисторе R_4 .

20. Рассчитать напряжение $U_4(t)$ по выражению, полученному в п.9, и сравнить результаты расчета и эксперимента по значениям $U_4(0)$, $U_4(-t_u)$ и ϵ .

21. Собрать цепь по схеме, приведенной на рис.17. Параметры R_k , L_k , R_3 взять такими же, как в п.17, C_1 и R_2 - как в п.13.

Снять на кальку осциллограммы напряжений $U_R(t)$, $U_{R_3}(t)$ и $U(t)$.

У. Методика обработки данных и выводы

1. Результаты экспериментальных исследований и расчетов необходимо внести в соответствующие таблицы.
2. Полученные в работе осциллограммы перенести на соответствующие графики зависимостей $U(t)$, построенные при теоретическом анализе.
3. Оценить по результатам проделанной работы, для каких схем и при каких значениях параметров можно считать, что $U_{np} \approx U(-tu)$.

У1. Требования к технике безопасности

При выполнении данной работы необходимо руководствоваться положениями "Инструкции по технике безопасности при выполнении лабораторных работ на кафедре ТОЗ".

УП. Требования к отчету

1. Отчет по лабораторной работе оформляется на стандартных машинописных страницах А4 формата. Записи делаются только на одной стороне листа.
2. Отчет по лабораторной работе оформляется каждым студентом самостоятельно во внеаудиторное время до начала лабораторного занятия, и во время его.
3. Отчет должен содержать ответы на вопросы подготовки к лабораторной работе; расчетные выражения, которые потребуются при выполнении экспериментальной части; схемы, используемые как при расчетах, так и при эксперименте; таблицы для записи расчетных и экспериментальных данных.
4. В процессе выполнения экспериментальной части лабораторной работы, измеренные и расчетные данные, заносятся в таблицы и строятся необходимые графики. Построение графиков выполняется на миллиметровой бумаге.

Таблица расчетных и экспериментальных данных

п.2		п.6	п.13		п.14		п.15	п.16	п.18
ε_a	ε_b	R_3	C_1	R_2	C_1 расчет	C_1 экспер.	R_1	L_k	ε
мс	мс	Ом	кФ	Ом	мкФ	мкФ	Ом	мГн	мс

Контрольные вопросы

Перечень контрольных вопросов и методические указания к их решению изложены в работе "Переходные процессы в цепях с конденсаторами, Вопросы и методические указания к лабораторной работе № II для студентов специальности 0648 - "Конструирование и технология производства ЭВА". Москва, МИЭМ, 1985.

Литература

1. Зевеке Г.В. и др. Основы теории цепей. -М: Энергия, 1975 стр. 327-336, 339-342, 354-361.
2. Поливанов К.М. Теоретические основы электротехники. Ч. I. -М: Энергия, 1972, стр. 168-174, 181-186.
3. Найман И.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. Ч. I. -М: Энергия, 1976, стр. 301-318, 337-342.
4. Татур Т.А. Основы теории электрических цепей (справочное пособие). -М: Высшая школа, 1980, стр. 303-318, 337-342.
5. Переходные процессы в цепях с конденсаторами. Вопросы и методические указания к лабораторной работе № II для студентов специальности 0648 - "Конструирование и технология производства ЭВА". Москва, МИЭМ, 1985.

Варианты параметров для предварительных
расчетов и проведения лабораторной работы

Таблица

№ бригады	K _I	K ₂	K ₃	Вариант схемы на рис.1?	
I	4,4	9/40	27/40	I6/40	а
2	3,3	6/40	20/40	I6/40	б
3	2,2	9/40	27/40	I6/40	а
4	1,1	9/40	27/40	II/40	б
5	4,4	9/40	20/40	I4/40	а
6	3,3	9/40	27/40	I4/40	б
7	2,2	9/40	20/40	I4/40	а
8	1,1	9/40	20/40	9/40	б
9	4,4	6/40	17/40	I3/40	а
10	3,3	9/40	20/40	I3/40	б
11	2,2	6/40	27/40	I3/40	а
12	1,1	6/40	20/40	6/40	б
13	4,4	9/40	27/40	II/40	а
14	3,3	6/40	20/40	II/40	б
15	2,2	6/40	20/40	II/40	а
16	1,1	6/40	33/40	4/40	б
17	4,4	9/40	20/40	9/40	а
18	3,3	9/40	27/40	9/40	б

Составители: канд.техн.наук, доц. Ю.П.Башкиров,
канд.техн.наук, доц. Е.Г.Осипов

Рецензенты: П.П.Касмарский,
канд.техн.наук И.В.Молостов

Редактор С.М.Пчеляная
Технический редактор О.Г.Завьялова

Подписано к печати 31.12.87 Формат 60x84 1/16
Юльс I, 25 печ.л. Уч.-изд.л. I, 2 Тираж 400 экз. Изд. № 176
Заказ - 87 Бесплатно
МИЭМ, 109028, Москва, Вузовский пер., 3/12
Ротапринт МИЭМа, 113064, Москва, М.Пионерская, 12