

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«Томский государственный университет систем управления и радио-
электроники»**

Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники

Исследование переходных процессов в цепях первого и второго порядков

**Руководство к лабораторной работе №14, 15
по дисциплинам «Основы теории цепей»
и «Теория электрических цепей» для студентов
радиотехнического факультета всех специальностей**

Томск 2013

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**

Радиотехнический факультет

Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Часть 2

**Исследование переходных процессов
в цепях первого и второго порядков**

Руководство к лабораторной работе для студентов
радиотехнического факультета

Разработчики:
Доцент кафедры ТОР
И.В. Мельникова
Доцент кафедры ТОР
К.Ю. Дубовик

2013

Оглавление

2. Краткие теоретические сведения	3
3. Описание лабораторной установки	6
4. Лабораторная работа № 14	8
4.1 Домашнее задание	8
4.2 Экспериментальная часть	10
5.2 Лабораторная работа № 15	12
5.1 Домашнее задание	12
5.2 Экспериментальная часть	14
6. Контрольные вопросы:	15
7. Литература	18

1. Цель работы

- 1) усвоить основные понятия, связанные с переходными процессами (ПП): коммутация, начальные условия, законы коммутации, длительность переходного процесса, постоянная времени.
- 2) освоить методику исследования переходных процессов, используя осциллографы USB-лаборатории PCSGU250;
- 3) экспериментально проверить выполнение законов коммутации и влияние параметров цепи на длительность и характер переходного процесса в цепях первого и второго порядка.

2. Краткие теоретические сведения

Переходный процесс – состояние цепи между двумя отличными друг от друга установившимися режимами (рис.2.1).

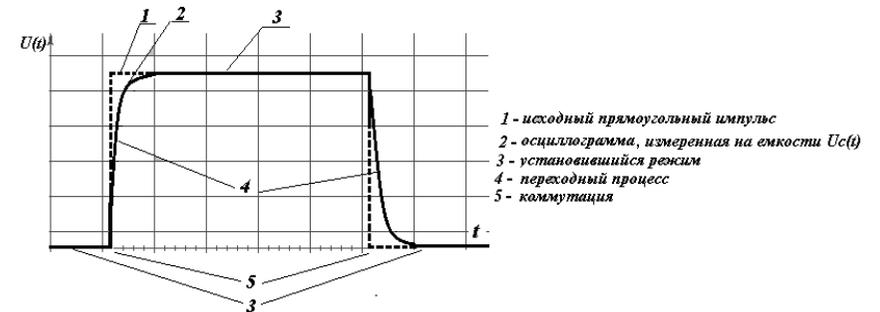


Рис.2.1 Основные физические понятия переходного процесса

Коммутация – скачкообразное изменение воздействия (рис.2.1) или параметров цепи, т.е. размыкание/замыкание ключа, внезапное изменение схемы цепи.

Законы коммутации (только для линейной цепи):

$$\begin{aligned} i_L(0_-) &= i_L(0_+), \\ U_C(0_-) &= U_C(0_+) \end{aligned} \quad (2.1)$$

Начальные условия (НУ) - значения токов и напряжений непосредственной после коммутации $t = 0_+$.

Начальные условия (НУ) делятся на **независимые** (U_C, i_L), которые в момент $t = 0_+$ сохраняют свои значения независимо от состоявшейся коммутации, и **зависимые** – все остальные токи и напряжения.

Кроме того выделяют нулевые и ненулевые начальные условия: нулевые начальные условия в цепи наблюдаются, если все $U_C(0_-), i_L(0_-)$ равны нулю. Если хотя бы один из указанных параметров не равен нулю, то начальные условия ненулевые.

Постоянная времени цепи τ - интервал времени, за который переходное напряжение или ток изменяются в e раз ($e = 2,71828$)(рис.2.2).

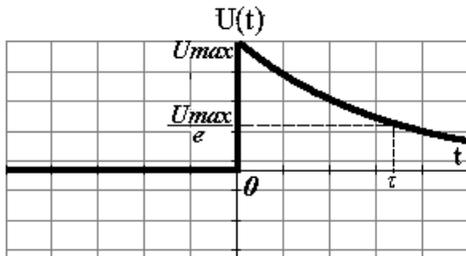


Рис.2.2 Пример графического определения постоянной времени

$$t_{\text{пп}} = 4,6 \cdot \tau, \quad (2.2)$$

Длительность переходного процесса ($t_{\text{пн}}$) определяется параметрами и заданной точностью приближения к установившемуся послекоммутационному значению. Теоретически время переходного процесса определяется выражением 2.2. На практике для определения времени перехода из одного установившегося значения к другому используют термин «время установления» - $t_{\text{уст}}$, которое можно определить на уровне $0,9U_{\text{max}}$ для переднего фронта (рис.2.3 а) и $0,1U_{\text{max}}$ для заднего фронта прямоугольного импульса (рис.2.3 б).

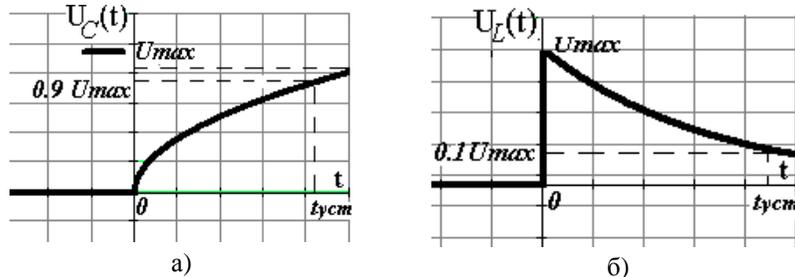


Рис.2.3 Графический пример определения времени установления

Расчетные соотношения: В простой RC-схеме рис.3.4 при включении постоянного напряжения E для определения значений тока и напряжения на элементах в различные моменты времени используются выражения:

$$U_C(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (2.3)$$

$$U_R(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad i_R(t) = \frac{U_R(t)}{R} = \frac{E}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (2.4)$$

$$\tau = RC; t_{\text{уст}} \approx 2,3\tau; t_{\text{пн}} = 4,6\tau = 2t_{\text{уст}} \quad (2.5)$$

В простой RL-схеме рис.3.4 при включении постоянного напряжения E для определения значений тока и напряжений на элементах в различные моменты времени используются выражения:

$$U_L(t) = E \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (2.6)$$

$$U_R(t) = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad i_R(t) = \frac{U_R(t)}{R} = \frac{E}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \quad (2.7)$$

$$\tau = \frac{L}{R}; t_{\text{уст}} \approx 2,3\tau; t_{\text{пн}} = 4,6\tau = 2t_{\text{уст}} \quad (2.8)$$

Для цепи 2-го порядка (схема 3 рис. 3.5) переходное напряжение на емкости зависит только от корней характеристического уравнения:

$$p^2 LC + pCR + 1 = 0 \rightarrow p^2 + 2\alpha \cdot p + \omega_p = 0 \quad (2.9)$$

где $\alpha = \frac{R}{2L}$ - коэффициент затухания; $\omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ - резонансная частота контура.

$$p_{1,2} = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_p^2} \quad (2.10)$$

При $\alpha > \omega_p$ или $R > 2\rho$ - ПП носит аperiodический характер (не колебательный), где $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ - характеристическое сопротивление контура

При $\alpha < \omega_p$ или $R < 2\rho$ - переходный процесс имеет колебательный характер с частотой ω_0 (рис.2.4), где ω_0 - частота собственных колебаний:

$$\omega_0 = \left| \sqrt{\alpha^2 - \omega_p^2} \right| = \sqrt{\omega_p^2 - \alpha^2} \quad (2.11)$$

Типовое обозначение корней в этом случае:

$$p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_0 \quad (2.12)$$

Если $\alpha \ll \omega_p, \omega_0 \approx \omega_p$.

Напряжение на емкости в этом случае имеет вид (рис. 2.4)

$$u_c(t) = E - Ee^{-\alpha t} \cos \omega_0 t$$

В случае колебательного процесса

$$\tau = \frac{1}{\alpha} = \frac{2L}{R}; t_{\text{ПП}} \approx 4,6\tau \quad (2.13)$$

где $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$ - период собственных колебаний

$$N = \frac{t_{\text{ПП}}}{T_0} - \text{число колебаний за время } t_{\text{ПП}}.$$

Чем выше добротность контура Q , тем медленнее затухает колебательный процесс (больше τ), тем больше N , тем значение ω_0 ближе к значению ω_p .

$$Q = \frac{\omega_p L}{R} \approx \frac{2\pi}{T_0} \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{\pi\tau}{T_0} \quad (2.14)$$

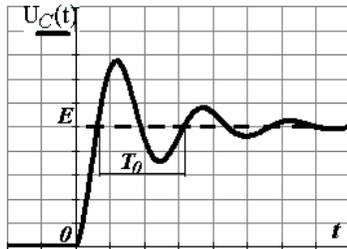


Рис.2.4 Колебательный характер переходного процесса

Для частного случая $t_{\text{ПП}} = \frac{T}{2}$ входного сигнала и 1% точности приближение к установившемуся значению добротность определяется выражением:

$$Q = \frac{\pi \cdot N}{4,6}. \quad (2.15)$$

3. Описание лабораторной установки

Для выполнения лабораторной работы используется лабораторный макет « Основы теории цепей 1 » и USB-лаборатория PCSGU250 d ht;bvt.

Схема подключения опорного и измерительного каналов для выполнения лабораторной работы представлена на рис. 3.2:

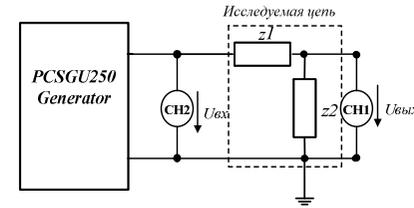


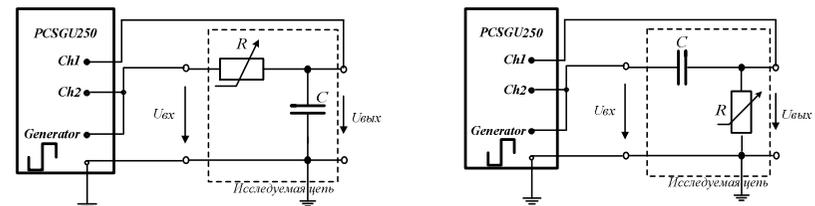
Рис. 3.2 Схема подключения каналов USB-лаборатории PCSGU250

Сигнал на исследуемую цепь поступает с генератора USB-лаборатории PCSGU250, рабочие частоты которого 50-1000 Гц. Генератор должен работать в режиме формирования прямоугольных импульсов. В итоге формируются прямоугольные импульсы с периодом $T = \frac{1}{f}$ (рис.3.3).

Рис. 3.3 Пример сформированного прямоугольного импульса

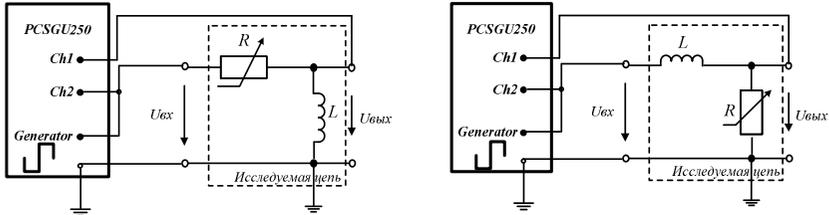
Если время переходного процесса $t_{\text{ПП}}$ исследуемой цепи $t_{\text{ПП}} \leq \frac{T}{2}$, то момент времени t_1 можно рассматривать как включение «постоянного» напряжения с амплитудой E , а t_2 - как выключение. При этом же условии $t_{\text{ПП}} \leq \frac{T}{2}$ можно считать, что в исследуемой схеме до включения постоянного напряжения имеют место нулевые НУ.

На рис. 3.4 представлены схемы экспериментальных установок для исследуемых цепей I-го порядка RC, RL, на рис. 3.5 цепь II-го порядка.



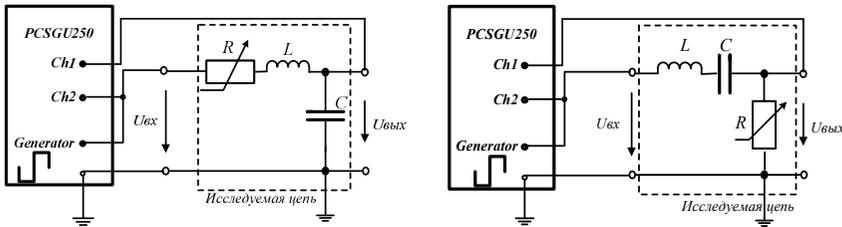
а) Исследование ПП на емкости C

б) Исследование ПП на сопротивлении R



в) Исследование ПП на индуктивности L г) Исследование ПП на сопротивлении R

Рис.3.4 Схемы исследуемых цепей I-го порядка



а) Исследование ПП на емкости C б) Исследование ПП на сопротивлении R
Рис.3.5 Схема исследуемой цепи II-го порядка

Меняя величину сопротивления построечного резистора R можно менять постоянную времени τ цепи. Во всех схемах **в качестве сопротивления использовать выносной потенциометр** (получить у преподавателя).

В качестве индуктивности $L1$ и емкости $C1$ используются элементы, расположенные в правом нижнем углу макета (раздел: Переходные процессы в цепях 1-го и 2-го порядка), либо реактивные элементы $L2, C2$ схем 1б и 1в.

4. Лабораторная работа № 14

«Исследование переходных процессов в цепях первого порядка»

4.1 Домашнее задание

По рекомендуемой литературе [1, с.427-450; 2, с.306-325] изучить основные понятия, связанные с переходными процессами, методами их расчета и измерения.

УКАЗАНИЕ: каждый студент при выполнении домашнего задания может самостоятельно выбрать схему исследования, и, соответственно, параметры элементов $L1, C1$ или $L2, C2$

1) По заданному значению частоты и емкости (таблица 4.1). Вычислить R_{\max} , при котором время переходного процесса $\frac{T}{2}$ (выражение (4.1)).

Таблица 4.1

№ стнда	1	2	3	4	5	6	7
$f, \text{Гц}$	100	200	300	400	500	600	700
$L1, \text{мГн}$	200	200	200	200	200	200	200
$C1, \text{нФ}$	192	192	192	192	192	192	192
$L2, \text{мГн}$	30	30	30	30	30	30	30
$C2, \text{нФ}$	175	175	175	175	175	175	175

$$\frac{T}{2} = t_{\text{ПП}_{\max}} = 4,6 \cdot \tau_{\max}, \text{ где } \tau_{\max} = R_{\max} \cdot C. \quad (4.1)$$

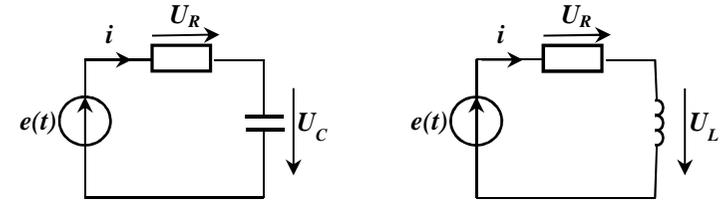
2) По заданным значениям параметров цепи и известному значению индуктивности L (таблица 4.1). Вычислить R_{\min} , при котором время пере-

ходного процесса $\frac{T}{2}$ (выражение (4.2))

$$\frac{T}{2} = t_{\text{ПП}_{\max}} = 4,6 \cdot \tau_{\max}, \text{ где } \tau_{\max} = \frac{L}{R_{\min}}. \quad (4.2)$$

УКАЗАНИЕ: Один студент в бригаде ведет расчет для схемы на рис.3.4 а и б, другой - для схемы на рис. 3.4 в и г.

3) Определить докоммутационные, начальные и установившиеся значения при включении напряжения E (полагать НУ нулевыми) и выключении соответствии рис.4.1 а,б; заполнить таблицы 4.2а и 4.1б (4.3а и 4.3б);



а) Включение E : $e(t) = e1(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0_- \\ E, & t \geq 0_+ \end{cases}$

б) Выключение E : $e(t) = e2(t) = \begin{cases} E, & t \leq 0_- \\ 0, & t \geq 0_+ \end{cases}$

Рис.4.1 Схемы исследуемых цепей

Таблица 4.2а

Включение постоянного напряжения E в RC -схеме [$e(t) = e1(t)$]

	$t=0_-$ установившийся режим	$t=0_+$	$t \rightarrow \infty$ установившийся режим
	докоммутационное значение	послекоммутационные значения	
i			
U_R			
U_C			

Таблица 4.2б

Выключение постоянного напряжения E в RC -схеме [$e(t) = e2(t)$]

	$t=0_-$ установившийся режим	$t=0_+$	$t \rightarrow \infty$ установившийся режим
	докоммутационное значение	послекоммутационные значения	
i			
U_R			
U_C			

УКАЗАНИЕ: Таблицы 4.3 а,б имеют такой же вид, что и таблицы 4.2, но в строке вместо U_C заполняют U_L .

4) Изобразить характер переходного процесса (ПП) $U_R(t)$, $U_L(t)$ или $U_C(t)$ для двух различных значений постоянной времени $\tau_1, \tau_2=2$. τ_1 с соблюдением относительного масштаба по оси t ;

5) По соответствующим выражениям (2.2, 2.3, 2.5 и 2.6) рассчитать значения $U_R(t)$, $U_C(t)$ или $U_L(t)$ в долях E для заданных в таблице 4.1 значений времени t . Результаты занести в таблицы 4.4 и 4.5, соответственно.

4.2 Экспериментальная часть

1) собрать экспериментальную установку согласно рис. 3.4 а для исследования напряжения на емкости $u_c(t)$;

2) на панели настроек генератора выбрать режим генерации прямоугольных импульсов;

3) установить заданную частоту генератора согласно номеру варианта;

4) установить такой масштаб времени, чтобы на экране осциллографа можно было наблюдать $1 \div 2$ периода входных импульсов;

5) меняя значение сопротивления посмотреть изменения формы осциллограммы $U_c(t)$;

б) Меняя положение потенциометра, установить значение сопротивления R , соответствующее τ_{max} . Для этого нужно выполнить следующие действия:

а. один вертикальный маркер выставить на начало ПП, второй маркер выставить на значение τ_{max} ;

б. один горизонтальный маркер выставить на значение сигнала до коммутации, второй маркер выставить на значение $U_c(\tau_{max})$ или $U_L(\tau_{max})$;

с. поворачивая ручку потенциометра, установить на осциллограмме такой режим, при котором наблюдается пересечение трех линий в одной точке (вторые маркеры и осциллограмма) (рис. 4.2)

7) скопировать осциллограмму $U_C(t)$ и $U_{ex}(t)$ в рабочую тетрадь; оценить значение постоянной времени цепи τ ;

8) определить по значению $U_C(t)$ границы ПП:

$$t=0 \quad U_C(0)=0 - \text{начало ПП}$$

$$t = t_{nn} = T/2 = 4,6\tau_{max} \quad U_C(t_{nn})=E - \text{конец ПП}$$

Результаты занести в таблицу 4.4;

9) определить численное значение τ_{max} из условия $U_C(\tau_{max}) = \frac{E}{e}$, результаты измерений занести в таблицу 4.4

10) для $t=0,5\tau_{max}$ и $t=2\tau_{max}$ определить численные значения $U_C(t)$, результаты занести в таблицу 4.4;

ПРИМЕЧАНИЕ: при копировании любой осциллограммы ($U_{ax}(t)$, $U_C(t)$, $U_L(t)$ и т.п.) указывать цену деления, как по времени, так и по амплитуде, а также значение сопротивления R .

11) изменить сопротивление таким образом, чтобы постоянная времени $\tau = \frac{\tau_{max}}{2}$;

12) скопировать осциллограмму $U_C(t)$ в рабочую тетрадь; оценить значение постоянной времени цепи τ ;

13) с помощью мультиметра измерить значение сопротивления R , результаты измерений занести в рабочую тетрадь;

14) изменить сопротивление таким образом, чтобы постоянная времени $\tau = 2\tau_{max}$;

15) повторить пункты 12) и 13);

16) собрать схему на рис.3.4 б для исследования ПП на $U_R(t)$;

17) повторить п.п. 6) – 10);

18) убедиться что $U_R(t)+U_C(t)=e(t)$;

19) повторить все измерения для схем (в, г) рис. 3.4. Результаты занести в таблицу 4.5;

20) сделать выводы о степени совпадения расчетных и измеренных величин, а также выполнения первого и второго законов коммутации.

Таблица 4.4а

Включение E= _____ В; R= _____ Ом; C= _____ нФ;

Время, мсек		0 ₋	0 ₊	$\tau_{max}/2$	τ_{max}	$2\tau_{max}$	$10\tau_{max}$ или ∞
$U_C,$ В	Расчет						
	Эксперимент	-					-
$U_R,$ В	Расчет						
	Эксперимент	-					-
$\tau_{max} = \text{_____ мсек}; t_{уст} = \text{_____ мсек}; t_{nn} = \text{_____ мсек};$							

21) повторить измерения для случая «выключения сигнала». Результаты занести в новые таблицы (4.4б, 4.5б);

Таблица 4.5

Включение E= _____ В; R= _____ Ом; C= _____ мкФ; L= _____ мГн

Время, мсек		0 ₋	0 ₊	$\tau_{max}/2$	τ_{max}	$2\tau_{max}$	$10\tau_{max}$ Или ∞
$U_L,$ В	Расчет						
	Эксперимент						
$U_R,$ В	Расчет						
	Эксперимент						
$\tau_{max} = \text{_____ мсек}; t_{уст} = \text{_____ мсек}; t_{nn} = \text{_____ мсек};$							

22) сделать выводы о проделанной работе

5.2 Лабораторная работа № 15

«Исследование переходных процессов в цепях второго порядка»

5.1 Домашнее задание

1) по исходным данным таблицы 4.1 вычислить $2\tau_{max}$ и R_{min} , при ко-

тором время переходного процесса равно $\frac{T}{2}$.

$$t_{пп\ max} = 4.6 \tau_{max} \quad \tau_{max} = \frac{1}{\alpha}, \quad \text{где } \alpha = \frac{R}{2L}, \quad \tau_{max} = \frac{2L}{R_{min}}. \quad (5.1)$$

2) полагая, что частота затухающих колебаний $\omega_{св} \approx \omega_p = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, вычис-

лить соотношение $\frac{t_{пп\ max}}{T_{св.колеб.}} = N$, где $T_{св.колеб.} = \frac{2\pi}{\omega_{св}} \approx \frac{2\pi}{\omega_p}$;

УКАЗАНИЕ: Один студент в бригаде выполняет расчет схемы рис.5.1 для включения постоянного напряжения E ($e(t) = e1(t)$), другой – для выключения ($e(t) = e2(t)$).

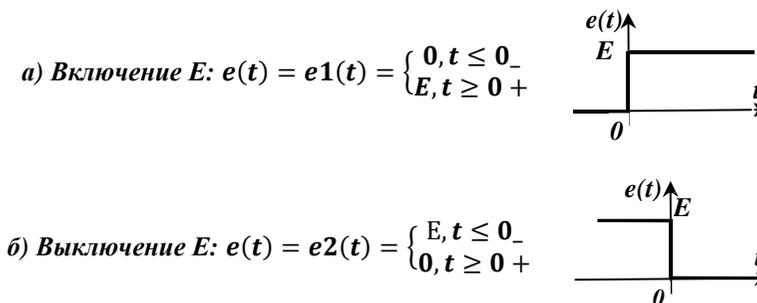
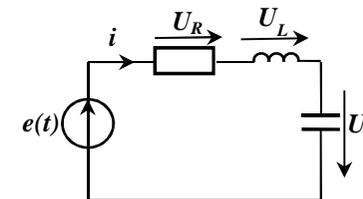


Рис.5.1 Схема исследуемой цепи II-го порядка

3) заполнить таблицы 5.1 и 5.2, полагая при включении напряжения нулевые:

Таблица 5.1

При включении постоянного напряжения E

t	0 ₋	0 ₊	∞
i			
U_R			
U_L			
U_C			

Таблица 5.2

При выключении постоянного напряжения E

t	0 ₋	0 ₊	∞
i			
U_R			
U_L			
U_C			

4) изобразить ожидаемые графики ПП для $U_R(t)$, $U_C(t)$ при условии, что корни характеристического уравнения комплексно-сопряженные, $t_{пп} = T/2$, значение N использовать из п.2;

5) на основе характеристического уравнения (2.8) и его корней (2.9) определить из соотношения $\alpha = \omega_p$ значение $R_{гран}$ при повышении которого колебательный процесс уже невозможен;

б) Вычислить частоту собственных колебаний ω_0 по выражению (2.10), сравнить со значением ω_p ;

7) рассчитать значения $U_R(t)$, $U_C(t)$ в долях E для значений времени при $t = 0$; $\frac{\tau_{max}}{2}$; τ_{max} ; $2\tau_{max}$ при трех разных значениях R ;

8) результаты занести в отдельные таблицы (см.табл.5.3).

5.2 Экспериментальная часть

1) собрать экспериментальную установку согласно рис. 3.5а для исследования напряжения на емкости $U_C(t)$;

2) установить частоту генератора 50 – 100 Гц, таким образом, чтобы на экране осциллографа можно было наблюдать два-три периода прямоугольного сигнала;

3) скопировать осциллограмму входного импульса в рабочую тетрадь, соблюдая масштаб по времени и амплитуде;

4) установить значение сопротивления R_{min} ; при котором время переходного процесса равно $\frac{T}{2}$ (режим критический);

5) скопировать осциллограмму $U_C(t)$ в рабочую тетрадь; оценить значение постоянной времени цепи τ ;

б) с помощью мультиметра измерить значение сопротивления R_{min} ;

7) по осциллограмме определить период T_0 и частоту ω_0 свободных колебаний; сравнить ω_0 с резонансной частотой контура ω_p ;

8) определить число колебаний N за время T , вычислить по (2.14) добротность контура; сравнить результаты с расчетом добротности по выражению

$$Q = \frac{\rho}{R};$$

9) установить значение сопротивления $R \approx (3 \div 4)R_{min}$;

10) повторить пункты 5,6;

11) собрать схему 3б, рис. 3.5 для исследования напряжения $U_R(t)$;

12) установить значение сопротивления R_{min} , измеренное в п.6;

13) скопировать осциллограмму $U_R(t)$ при R_{min} ; сравнить с осциллограммой $U_C(t)$, зафиксировать сходства и различия осциллограмм, дать необходимые пояснения;

14) на потенциометре установить рассчитанное сопротивление $R \approx (3 \div 4)R_{min}$ и зарисовать в одном масштабе осциллограммы $U_R(t)$ и $U_C(t)$;

15) установить сопротивление, рассчитанное со $R_{гран}$ и зарисовать в одном масштабе осциллограммы $U_R(t)$ и $U_C(t)$;

16) сделать выводы о степени совпадения расчетных и измеренных значений N , Q , ω , а также о характере ПП в колебательном контуре при разных значениях сопротивления;

6. Контрольные вопросы:

1) дайте определение ПП;

2) назовите три необходимых условия, чтобы ПП состоялся;

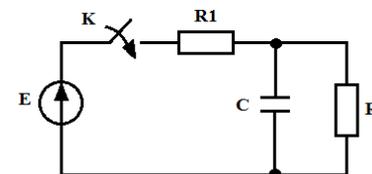
3) что такое НУ и в каком случае они являются нулевыми; приведите примеры нулевых и ненулевых НУ в лабораторной работе;

4) запишите законы коммутации и поясните, почему они справедливы только для ЛЦ;

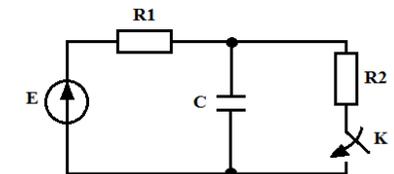
5) дайте определение постоянной временной цепи τ ;

б) что такое $t_{ПП}$ и от каких факторов оно зависит;

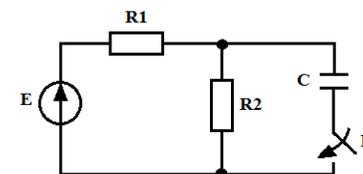
7) заполните таблицу граничных условий: докоммутационные, начальные и установившиеся значения для схемы, указанной на рис.6.1:



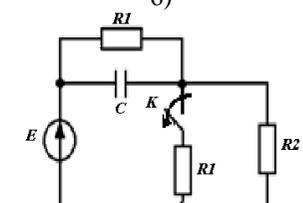
а)



б)



в)



г)

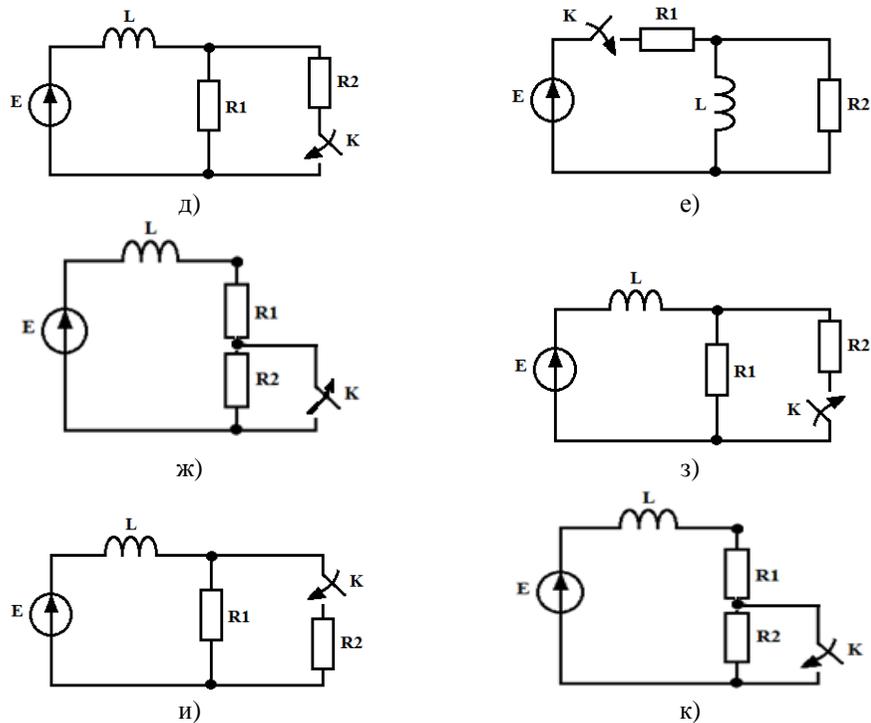


Рис. 6.1

8) является ли указанная на рис.2 зависимость переходного процесса физически реализуемой? Почему?

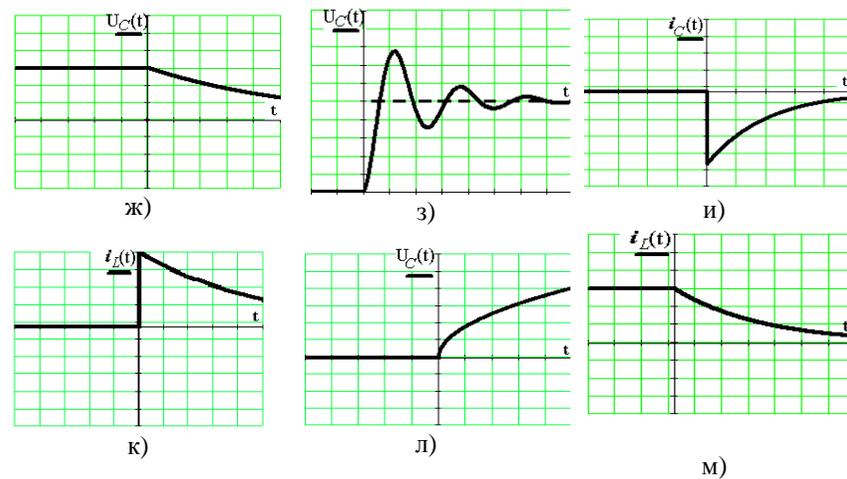
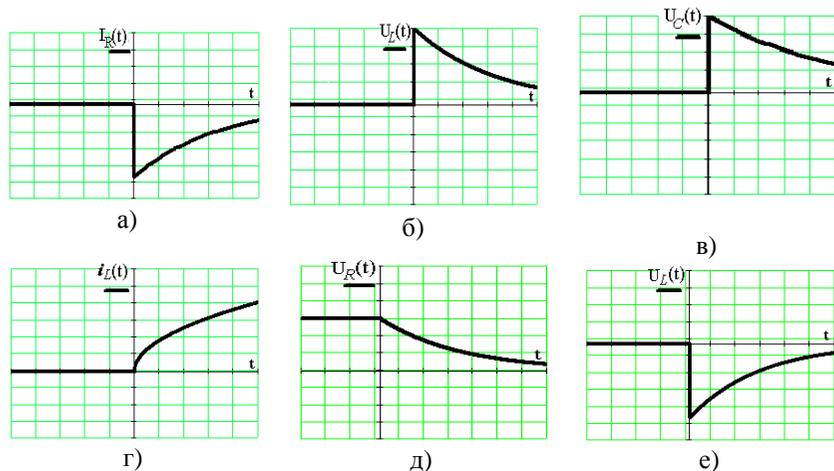


Рисунок 6.2

- 9) Получите характеристическое уравнение для схемы, указанной на рис.6.1. Запишите выражение τ цепи; как по осциллограмме ПП оценить τ
- 10) Определить характер ПП по известным корням характеристического уравнения?
 - а) $p_1 = -7 \cdot 10^4, p_2 = -2 \cdot 10^4$;
 - б) $p_1 = (-2 + j40)10^5, p_2 = (-2 - j40)10^5$;
 - в) $p_1 = p_2 = -15 \cdot 10^3$;
- 11) Определите τ цепи, $T_{\text{своб.колеб}}$, количество периодов свободных колебаний за время $t_{\text{пп}}$, если
 - а) $U(t) = 28e^{-5 \cdot 10^6 t} \cos(6 \cdot 10^7 t + \varphi)$
 - б) $U(t) = 40e^{-2.5 \cdot 10^5 t} \cos(1.2 \cdot 10^6 t + \varphi)$;
- 12) Как вычислить добротность последовательного контура по осциллограмме $U_C(t)$ или $U_L(t)$ в случае колебательного процесса;
- 13) Изобразить осциллограммы $U_R(t)$ в схеме RC для $\tau = \frac{T}{2}$ и $\tau = 0.1 \frac{T}{2}$ при действии на входе двух импульсов
- 14) Изобразить осциллограммы $U_L(t)$ в схеме RL для $\tau = \frac{T}{2}$ и $\tau = 0.1 \frac{T}{2}$ при действии на входе двух импульсов
- 15) Изобразить осциллограммы $U_C(t)$ в схеме RC для $\tau = 0.2 \frac{T}{2}$ и $\tau = 2 \frac{T}{2}$ при действии на входе двух импульсов
- 16) При каких условиях указанные на рис.3 схемы пропустят прямоугольные импульсы длительностью $\frac{T}{2}$ практически без искажений?



Рисунок 6.3

17) С какого элемента схемы 1 или схемы 2 (рис.3) следует снимать сигнал и каким следует выбрать соотношение $\frac{T}{2}$ и \mathcal{T} , чтобы отклик максимально соответствовал дифференцированию входного сигнала?

18) С какого элемента схемы 1 или схемы 2 (рис.3) следует снимать сигнал и каким следует выбрать соотношение $\frac{T}{2}$ и \mathcal{T} , чтобы отклик максимально соответствовал интегрированию входного сигнала?

19) Какие цепи являются дифференцирующими? Нарисуйте пример схемы;

20) Какие цепи являются интегрирующими? Нарисуйте пример схемы;

21) Как дифференцирующая (интегрирующая) цепь влияет на прохождение через нее сигнала в виде прямоугольного импульса?

22) Как интегрирующая цепь влияет на прохождение через нее сигнала в виде прямоугольного импульса?

7. Литература

1. Атабеков Г.И. Основы теории цепей. СПб. : «Лань», 2006.-432с.
2. Попов В.П. Основы теории линейных электрических цепей. – М.: Высш.шк. 2000.-575с.

Рекомендация преподавателю

Целесообразно выполнение лабораторной работы бригадой из двух студентов. При этом один из бригады исследует переходные процессы в RC-цепи, второй – в RL-цепи, и совместно в RLC-цепи. Каждый из них знакомится с исследованиями партнера и использует их при защите лабораторной работы.