

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ**

Теоретические основы электротехники

Ч.2

Учебно-практические рекомендации для выполнения контрольных работ студентами заочной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Черкесск 2018

УДК 621.3
ББК 31.2
Э 59

Рассмотрено на заседании кафедры «Электроснабжение»

Протокол № 6 от 25.01.2018

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом СевКавГГТА.

Протокол № от 20 г.

Рецензент:

Дудов М.Х.. – к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение»

Эркенов Н.Х. Учебно-практические рекомендации для выполнения контрольных работ студентами заочной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника

В учебно-методических рекомендациях приведены необходимые теоретические сведения о переходных процессах, решены типовые примеры, приведены также варианты заданий для самостоятельного решения и необходимая литература, для выполнения приведенных заданий студентами направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». – Черкесск: БИЦ СевКавГГТА, 2018 –17 с

Содержание

Введение	4
1.Переходные процессы в линейных электрических цепях	5
<u>1.1.Включение цепи RC на постоянное напряжение U</u>	5
<u>1.2.Включение цепи RL на постоянное напряжение</u>	5
2.Часть 1. Исследование переходных процессов в цепи RC	6
2.1. <u>Расчет постоянной времени цепи RC (табл. 1).</u>	6
Часть 3. Исследование переходных процессов в цепи RL	7
3.1.Расчет постоянной времени цепи RL (табл. 3).	7
Литература	16

Введение

Состояние любой динамической системы –электрической, механической, электромеханической и т. д.-называется установившимся (стационарным), если физические переменные (токи, напряжения, скорости, координаты положения и т. д.), которыми описывается данная система, не меняются во времени или являются периодическими функциями времени.

Любое другое состояние системы называется переходным (неустановившимся, нестационарным).

С физической точки зрения переходный режим можно охарактеризовать как режим, существующий во время изменения энергетического состояния цепи при переходе от одного установившегося режима к другому.

Переходные процессы играют большую роль в технике. Достаточно указать, что основным состоянием телефонной или радио цепи, управляемой звуком или ключом, является его переходное состояние. Основным во всех системах автоматического регулирования является их поведение в неустановившемся режиме.

Электрические переходные процессы используются для модуляции и синхронизации в телевизионной технике, для генерирования импульсов в импульсной технике и т. д.

Наряду с полезными переходными процессами в природе и технике существуют вредные или нежелательные переходные процессы. В таком случае стараются уменьшить их интенсивность и длительность.

Следовательно, какова бы ни была роль переходных процессов-полезной или вредной, изучение их необходимо для создания эффективных и перспективных электротехнических устройств.

1. Переходные процессы в линейных электрических цепях

Переходным называется процесс, возникающий в электрической цепи при переходе от одного установившегося режима к другому. При установившихся режимах токи и напряжения в цепи теоретически могут существовать неограниченно долго, не изменяя своего характера, и при заданных конфигурации цепи и ее параметрах определяются только видом действующих в цепи э.д.с. или, видом заданных токов источников токов.

Процесс перехода электрической цепи из одного состояния в другое (включение, выключение, переключение, изменение параметров элементов цепи и др.) называется **переходным процессом**. Любое скачкообразное изменение в цепи, приводящее к изменению установившегося режима, называют **коммутацией**. Длительностью процесса коммутации (включение, выключение и т.д.) обычно пренебрегают, то есть считают, что коммутация осуществляется практически мгновенно. А вот переход электрической цепи из одного установившегося режима в другой не может происходить мгновенно, на это требуется время (теоретически бесконечно большой отрезок времени). Например, включение электродвигателя. После нажатия кнопки «Пуск» (коммутация) двигатель приобретет нужную скорость не сразу. На разгон двигателя потребуется время. Еще пример, после подключения конденсатора к источнику электрической энергии (коммутации) конденсатор не сразу зарядится до напряжения источника. На это потребуется время. Примеров можно привести много и не только из области электротехники, но и из механики и любой другой области. Переходные процессы присущи всем явлениям природы.

В данной работе исследуются только простейшие переходные процессы в простейших электрических цепях.

1.1. Включение цепи RC на постоянное напряжение U

Схема исследуемой цепи показана на рис. 1.

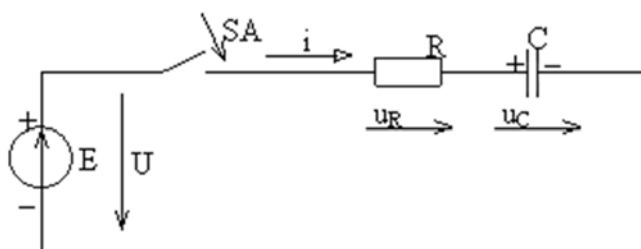


Рис. 1

Известно, что ток и напряжение идеального конденсатора в самом общем виде связаны следующим соотношением: $i = C \frac{du_C}{dt}$. Тогда, согласно 2-му закону Кирхгофа, можно для схемы, приведенной на рис. 1, записать уравнение для мгновенных значений напряжений:

$$u_R + u_C = U, RC \frac{du_C}{dt} + u_C = U$$

Получилось дифференциальное уравнение 1-го порядка с постоянными коэффициентами :

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = U \quad (1)$$

Неизвестным в этом дифференциальном уравнении является функция $U_C(t)$. Решением его при $t = 0$ будет сумма частного решения неоднородного уравнения (1) и общего решения соответствующего однородного уравнения $RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$: $u_C = U_{Cпр} + U_{Cсв}$, где $U_{Cпр}$ – соответствует частному решению, а $U_{Cсв}$ – общему решению.

Принужденный режим – это режим, который установится в цепи после того, как закончится переходный процесс (теоретически через бесконечно большой промежуток времени). В данном случае принужденный режим наступит тогда, когда после включения (коммутации) цепи конденсатор зарядится до напряжения источника U и ток в цепи станет равен нулю: $u_{Cпр} = U$.

Свободный процесс – это процесс в цепи после коммутации в отсутствие внешних источников энергии. Характеристическое уравнение цепи RC :

$$RCp + 1 = 0, (2)$$

где p заменяет производную, а 1 – саму функцию $u_C(t)$.

Из соотношения (2) имеем: $RCp = -1$, $p = -\frac{1}{RC} = -\frac{1}{\tau}$, где τ – **постоянная времени** линейной цепи RC

$$RC \frac{du_C}{dt} = -u_C; \frac{du_C}{dt} = -\frac{1}{RC}; \ln|u_C| = \ln\left(e^{-\ln\left(\frac{t}{RC}\right)}\right) + \ln A;$$

$$\ln|u_C| = \ln\left(A * e^{-\ln\left(\frac{t}{RC}\right)}\right); u_{Cсв} = A * e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Используя полученные выражения для принужденной и свободной составляющих напряжения на конденсаторе, находим напряжение на емкости при имеющихся начальных условиях. Под начальными условиями следует понимать то, что конденсатор мог быть заряжен перед коммутацией до напряжения U_{C0} . Итак,

$$u_C = u_{C.пр} + u_{C.св} = U + Ae^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Для определения постоянной интегрирования A воспользуемся независимым начальным условием (конденсатор заряжен к моменту коммутации до напряжения U_{C0}). В момент коммутации $t=0$, напряжение на конденсаторе при этом $u_C(0)=U_{C0}$. Уравнение примет вид:

$$u_C|_{t=0} = U + Ae^0 \rightarrow A = u_{C0} - U.$$

Таким образом, при заданных начальных условиях напряжение на емкости после коммутации ($t=0$) определится выражением

$$u_C = U + (U_{C0} - U)e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Используя формулу, связывающую ток и напряжение на емкости (приведена выше), получим выражение для переходного тока в последовательной цепи

RC:

$$I = \frac{U - U_{C0}}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Умножив ток на сопротивление R, получим формулу переходного напряжения u_R на сопротивлении R:

$$u_R = R * i = (U_{C0} - U) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Если перед коммутацией конденсатор не был заряжен, то формулы упрощаются:

$$i = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad U_R = U e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad u_C = U - U e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Отметим, что все полученные здесь зависимости экспоненциальные.

1.2. Включение цепи RL на постоянное напряжение

Схема исследуемой цепи показана на рис. 3.

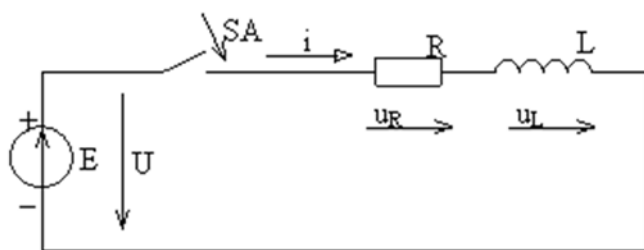


Рис. 3

Известно, что ток и напряжение на индуктивности в самом общем виде связаны следующим соотношением $u_L = L \frac{di}{dt}$. Тогда, согласно

2-му закону Кирхгофа, можно для схемы, приведенной на рис. 3, записать уравнение для мгновенных значений напряжений:

$$U = u_R + u_L = R * i + L \frac{di}{dt}.$$

Получилось дифференциальное уравнение 1-го порядка. Решением такого уравнения относительно тока в индуктивности i при $t = 0$ будет сумма принужденной и свободной составляющих тока:

$$i = i_{\text{пр}} + i_{\text{св}}$$

В данном случае принужденный режим наступит тогда, когда после включения (коммутации) цепи напряжение на индуктивности станет равно нулю, а ток в цепи перестанет увеличиваться (переходный процесс закончится).

$$i_{\text{пр}} = \frac{U}{R}$$

Свободную составляющую тока найдем как общее решение однородного дифференциального уравнения. Характеристическое уравнение цепи RL $Lp + R = 0$

имеет единственный корень

$$p = -\frac{R}{L} = -\frac{1}{\tau},$$

где $\tau = \frac{L}{R}$ – постоянная времени последовательной цепи RL, поэтому свободная составляющая тока i_{LCB} содержит только один экспоненциальный член:

$$i_{LCB} = Ae^{pt} = Ae^{-\frac{1}{\tau}t}$$

Используя полученные выражения для принужденной и свободной составляющих тока в индуктивности, находим выражение для тока:

$$i = \frac{U}{R} + Ae^{-\frac{1}{\tau}t}$$

Для определения постоянной интегрирования A воспользуемся независимым начальным условием (ток в цепи до коммутации был равен нулю). В момент коммутации при $t=0$ ток в индуктивности равен нулю [$i(0)=0$]. Уравнение примет вид:

$$0 = \frac{U}{R} + Ae^0 = \frac{U}{R} + A,$$

Откуда $A = -\frac{U}{R}$.

Таким образом, при заданных начальных условиях ток в индуктивности после коммутации ($t=0$) определится выражением:

$$i = \frac{U}{R} - \frac{U}{R}e^{-\frac{1}{\tau}t}.$$

Используя формулу, связывающую ток и напряжение на индуктивности (приведена выше), получим выражение для переходного напряжения на индуктивности в последовательной цепи RL:

$$u_L = \frac{U}{R}e^{-\frac{1}{\tau}t}$$

Умножив ток на сопротивление R, получим формулу переходного напряжения u_R на сопротивлении R

$$u_R = U(1 - e^{-\frac{1}{\tau}t})$$

Заметим, что все полученные зависимости экспоненциальные.

2. Часть 1. Исследование переходных процессов в цепи RC

ВЫБОР ВАРИАНТА : ПОСЛЕДНИЕ ДВЕ ЦИФРЫ ЗАЧЕТНОЙ КНИШКИ

2.1. Расчет постоянной времени цепи RC (табл. 1).

Таблица 1

Вар. №	U, В	R, Ом	C, мкФ	Вар. №	U, В	R, Ом	C, мкФ
1	10	500	2	21	10	1400	0,5
2	20	600	2	22	20	1300	0,5
3	30	700	2	23	30	1200	0,5
4	40	800	1	24	40	1100	0,5
5	50	900	1	25	50	1000	1
6	10	1000	1,5	26	10	900	1
7	20	1100	0,5	27	20	900	1
8	30	1200	0,5	28	30	800	1,5
9	40	1300	0,5	29	40	800	1,5
10	50	1400	0,5	30	50	700	1,5
11	10	500	1,5	31	10	700	1,5
12	20	600	1,5	32	20	600	1,5
13	30	700	1,5	33	30	600	2
14	40	800	1,5	34	40	500	2
15	50	900	1,5	35	50	500	2
16	10	500	3,0	36	10	700	3,0
17	20	600	3,0	37	20	600	3,0
18	30	700	3,0	38	30	600	3,0
19	40	800	3,0	39	40	500	3,0
20	50	900	3,0	40	50	500	3,0

2. Запишите формулы переходных напряжений на конденсаторе и на резисторе, а также формулу переходного тока. График входного напряжения показан на рис. 4.

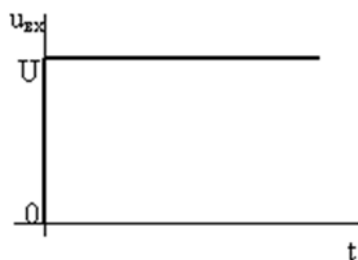


Рис. 4. График входного напряжения

3. Рассчитайте значения переходных напряжений на конденсаторе, на резисторе и переходный ток в цепи для пяти моментов времени $t_1 \dots t_5$ (указаны в табл. 2). Рассчитанные значения внесите в табл. 2.

2.Таблица 2

Задано	Расчетные значения			
	t, с	u _C	u _R	i
Вариант № U= R= C=	t ₁ =0			
	t ₂ =0,5τ =			
	t ₂ =1,0τ =			
	t ₂ =2,0τ =			
	t ₂ =3,0τ =			
	t ₂ =4,0τ =			
	t ₂ =5,0τ =			

4. Постройте на одной системе координат и в одинаковом масштабе входное напряжение U, напряжение на конденсаторе u_C, напряжение на резисторе u_R. Отдельно постройте график тока в цепи (масштаб по координате времени такой же, как и у графиков напряжения).

Часть 3. Исследование переходных процессов в цепи RL

ВЫБОР ВАРИАНТА : ПОСЛЕДНИЕ ДВЕ ЦИФРЫ ЗАЧЕТНОЙ КНИШКИ

3.1. Расчет постоянной времени цепи RL (табл. 3).

Таблица 3

Вар. №	U, В	R, Ом	L, мГн	Вар. №	U, В	R, Ом	L, мГн
1	10	50	60	21	10	50	40
2	20	60	70	22	20	60	50
3	30	70	80	23	30	70	60
4	40	80	90	24	40	80	70
5	50	90	100	25	50	90	80
6	10	100	110	26	10	100	90
7	20	110	120	27	20	110	100
8	30	120	130	28	30	120	110

9	40	130	140	29	40	130	120
10	50	140	150	30	50	140	130
11	10	150	160	31	10	150	140
12	20	160	170	32	20	160	150
13	30	170	180	33	30	170	160
14	40	180	190	34	40	180	170
15	50	190	200	35	50	190	180
16	10	200	210	36	10	200	190
17	20	210	220	37	20	210	200
18	30	220	230	38	30	220	210
19	40	230	240	39	40	230	220
20	50	240	250	40	50	240	230

1. Запишите формулу переходного тока, формулы переходных напряжений на индуктивности и на резисторе. График входного напряжения показан на рис. 4 (такой же самый, что и для 1-й части задания).

2. Рассчитайте значения переходного тока, напряжений на индуктивности и на резисторе для пяти моментов времени $t_1 \dots t_5$ (указаны в табл. 4).

Рассчитанные значения внести в табл. 4.

Таблица 4

Задано	Расчетные значения			
	t, с	i	u _L	u _R
Вариант № U= R= L=	t ₁ =0			
	t ₂ =0,5τ =			
	t ₂ =1,0τ =			
	t ₂ =2,0τ =			
	t ₂ =3,0τ =			
	t ₂ =4,0τ =			
	t ₂ =5,0τ =			

3. Постройте на одной системе координат и в одинаковом масштабе входное напряжение U, напряжение на индуктивности u_L, напряжение на резисторе u_R. Отдельно постройте график тока в цепи (масштаб по координате времени такой же, как и у графиков напряжения). Не забывайте, что масштабы по осям координат должны соответствовать ГОСТу ЕСКД (см. в начале руководства).

Пример1 расчета переходного процесса в цепи RC

Пусть, например, исходные данные такие, как в табл. 5.

Таблица 5

Вариант №	U, В	R, Ом	C, мкФ
41	50	1000	1

Решение

1. Постоянная времени:

$$\tau = RC = 10^3 * 10^{-6} = 10^{-3} = 0,001$$

2. Поскольку перед коммутацией конденсатор не был заряжен, то формулы переходных напряжений u_C(t), u_R(t) и тока i(t):

$$u_c(t) = U \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right), \quad i(t) = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad u_R(t) = U e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

3. Подставляем в формулы известные значения, например, для $t = 0,5\tau$

$$u_c(t) = U \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = 50 \left(1 - e^{-\frac{0,5\tau}{\tau}}\right) = 16,7 \text{ В}$$

$$u_R(t) = U e^{-\frac{t}{\tau}} = 50 * 2,718^{-\frac{0,5\tau}{\tau}} = 50 * 2,718^{-0,5} = 33,3$$

$$i(t) = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{50}{1000} 2,7118^{-\frac{0,5\tau}{\tau}} = \frac{5}{100} 2,7118^{-0,5} = 0,0303 \text{ А} = 30,3 \text{ мА}$$

Аналогично делаются вычисления для других значений времени t . Полученные значения расчетных величин заносим в табл. 6.

Таблица 6

Задано	Расчетные значения			
	t, с	u _с , В	u _Р , В	i, мА
Вариант № 41 U=50 В R=1000 Ом C=1 мкФ	t ₁ =0	0	50	50
	t ₂ =0,5τ=0,0005	16,7	33,3	30,3
	t ₃ =1,0τ=0,001	33,3	16,7	0,0184
	t ₄ =2,0τ=0,002	44,4	5,6	0,0068
	t ₅ =3,0τ=0,003	48,1	1,9	0,0025
	t ₆ =4,0τ=0,004	49,4	0,6	0,0009
	t ₇ =5,0τ=0,005	49,8	0,2	0,0003

4. Графики переходных напряжений u_с и u_Р показаны на рис. 5 и 6.

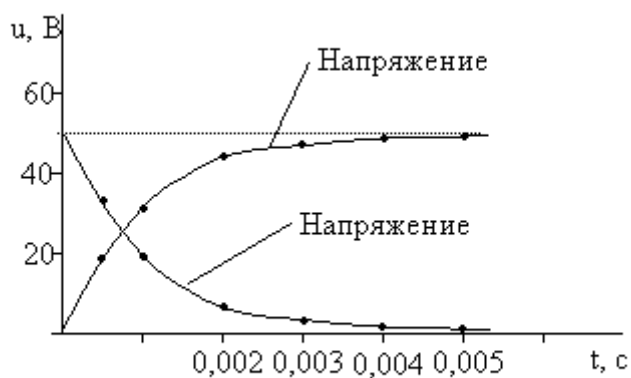
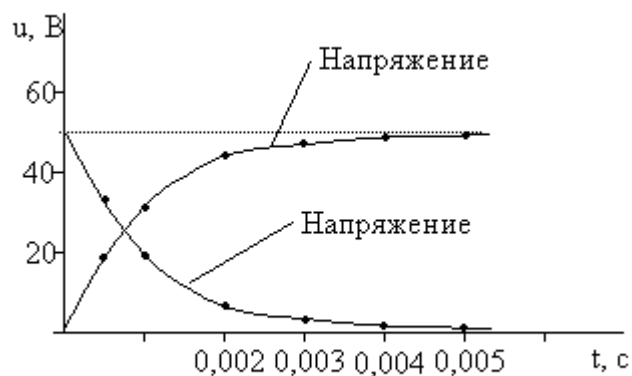


Рис. 5. Графики переходных напряжений на резисторе и на конденсаторе

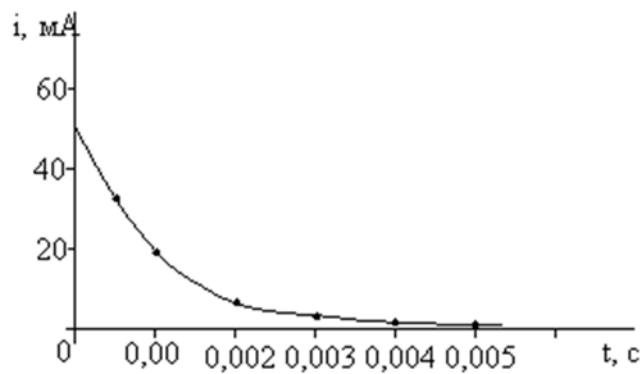


Рис. 6. График переходного тока в последовательной цепи RC

2.Пример расчета переходного процесса в цепи RL

Пусть, например, исходные данные такие, как в табл. 7.

Таблица 7

Вариант №	U, В	R, Ом	L, мГн
41	20	100	60

Решение

1. Постоянная времени

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{0.06}{100} = 0.0006 \text{ с.}$$

2. Формулы переходного тока $i(t)$ и переходных напряжений $u_L(t)$, $u_R(t)$.

$$i(t) = \frac{U}{R} - \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}, u_L(t) = U e^{-\frac{t}{\tau}}, u_R(t) = U - U e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

3. Подставляем в формулы известные значения, например для $t = 0,5\tau$

$$i(t) = \frac{U}{R} - \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \frac{20}{100} \left(1 - 2,718^{-\frac{0.5\tau}{\tau}}\right) = 0.0787 \text{ А.}$$

$$u_L(t) = U e^{-\frac{t}{\tau}} = 20 * 2,718^{-\frac{0.5\tau}{\tau}} = 7.9 \text{ В,}$$

$$u_R(t) = U - U e^{-\frac{t}{\tau}} = U - U_L = 20 - 20 * 2,718^{-\frac{0.5\tau}{\tau}} = 7.9.$$

Аналогично делаются вычисления для других значений времени. Полученные значения расчетных величин заносим в табл. 8.

Таблица 7

Задано	Расчетные значения			
	t, с	i, А	u _L , В	u _R , В
Вариант № 41 U=20 В R=100 Ом L=60 мГ	t ₁ =0	0	20	0
	t ₂ =0,5 τ=0,0003	0,0787	12,1	7,9
	t ₂ =1,0 τ=0,0006	0,126	7,36	12,6
	t ₂ =2,0 τ=0,0012	0,173	2,71	17,3
	t ₂ =3,0 τ=0,0018	0,19	1,0	19,0
	t ₂ =4,0 τ=0,0024	0,196	0,37	19,6
	t ₂ =5,0 τ=0,003	0,199	0,13	19,9

4. Графики переходных напряжений показаны на рис. 7 и 8.

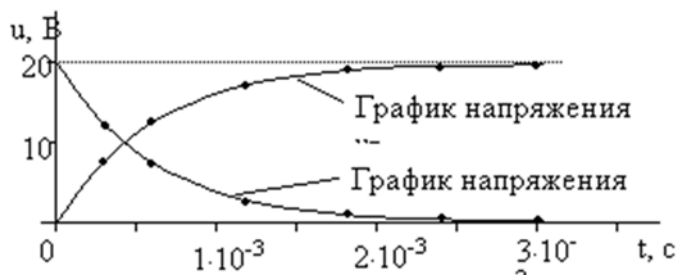


Рис. 7. Графики переходных напряжений на индуктивность и на резисторе в последовательной цепи RL

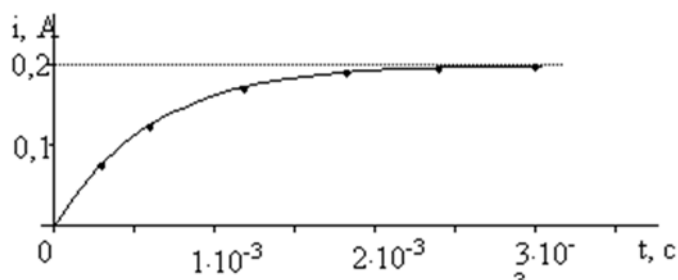


Рис. 8. График переходного тока в последовательной цепи RL

Список основной литературы	
1.	Гордеев-Бургвиц, М.А. Общая электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гордеев-Бургвиц М.А.— Электрон.текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 331 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/35441 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2.	Информационно-измерительная техника и электроника [Текст]: учеб.для студ. высш. учеб. заведений/ Г.Г. Ранеев, В.А. Суроги́на, В.И. Калашников и др.; под ред. Г.Г. Ранеева.- 3-е изд., стер.- М.: Академия, 2009.- 512 с.
3.	Лаппи, Ф.Э. Минимальный курс электротехники и электроники. Часть 1. Основные элементы электротехники и электроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лаппи Ф.Э.— Электрон.текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 112 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45112 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4.	Парамонова, В.И. Теоретические основы электротехники. Конспект лекций. Часть 1. Теория линейных и нелинейных электрических и магнитных цепей [Электронный ресурс]/ Парамонова В.И., Смирнов А.С.— Электрон.текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2011.— 113 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/47959 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
5.	Семенова, Н.Г. Теоретические основы электротехники. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие к лабораторному практикуму/ Семенова Н.Г., Ушакова Н.Ю., Доброжанова Н.И.— Электрон.текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 106 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30130 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
6.	Сиднеев, Ю.Г. Электротехника с основами электроники [Текст]: учеб.пособие/ Ю.Г. Сиднеев.- 10- е изд.- Рн/Д.: Феникс, 2008.- 407 с.
7.	Сильвашко, С.А. Основы электротехники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сильвашко С.А.— Электрон.текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2009.— 209 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30117 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю
8.	Электротехника и электроника [Текст]: учеб.пособие для вузов/ В.В. Кононенко и др.; под ред. В.В. Кононенко.- 6-е изд.- Рн/Д.: Феникс, 2010.- 784 с.
Список дополнительной литературы	
1.	Евдокимов, Ф.Е. Теоретические основы электротехники [Текст]: учеб.для сред. спец. учеб. заведений/ Ф.Е. Евдокимов.- 8-е изд., стер.- М.: Высш. шк.; Академия, 2001.- 496 с.
2.	Электротехника и электроника [Текст]: учеб.пособие для вузов/ В.В. Коненко, В.И. Мишкович, В.В. Муханов, В.Ф. Планидин, П.М. Чеголин; под ред. В.В. Кононенко.- Рн/Д.: Феникс, 2004.- 752 с.

Образец титульного листа для заочников

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

Кафедра «Электроснабжение»

Контрольная работа
по дисциплине: «Теоретические основы электротехники»

Выполнил(а): студент(ка) 3 курса ЗФО,
направления подготовки 13.03.02. Иванов И.И.,
принял преподаватель, доцент кафедры
«Электроснабжение» Н. Х. Эркенов

Черкесск-2018

