



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ
И СВЯЗИ**

Кафедра теоретических
основ электротехники

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

Методические указания и задания по выполнению
расчетно-графических работ № 1, 2, 3.
для специальности 5В071600 – Приборостроение

Алматы 2015

СОСТАВИТЕЛИ: Е.Х.Зуслина. Ж.А.Айдымбаева. Основы теории цепей. Методические указания и задания по выполнению расчетно-графических работ № 1, 2, 3 для специальности 5В071600 – Приборостроение. – Алматы: АУЭС, 2015. – 15 с.

Методические указания и задания по выполнению расчетно-графических работ № 1, 2, 3 по дисциплине «Основы теории цепей» содержат три расчетно-графические работы по темам: «Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи классическим методом», «Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи операторным методом», «Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи с помощью интеграла Дюамеля», а также требования к их выполнению и оформлению, методические указания.

Методические указания и задания по выполнению расчетно-графических работ соответствуют рабочим учебным планам и рабочей программе дисциплины по выбору ОТЦ для студентов специальности 5В071600 – Приборостроение.

Ил.22, табл.8, библиогр.-8 -назв.

Рецензент: доцент каф. ЭиАПУ Гали К.О.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2015 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2015 г.

Введение

Дисциплина «Основы теории цепей» является дисциплиной по выбору для студентов специальности 5В071600 – Приборостроение.

Целью выполнения расчетно-графических работ является изучение методов расчета переходных процессов в линейных электрических цепях классическим, операторным методами и с помощью интеграла Дюамеля.

Задача расчетно-графических работ – на основе знаний качественных и количественных сторон процессов, происходящих в различных электротехнических устройствах, подготовить студента для успешного и грамотного решения задач, которые ставят специальные дисциплины по специальности «Приборостроение».

Решение расчетно-графических работ имеет исключительное значение для формирования научного кругозора специалистов и помогает студентам проверить степень усвоения ими курса «Основы теории цепей», вырабатывает навык четко и кратко излагать свои мысли.

В процессе выполнения расчетно-графических работ студент должен освоить методы расчета переходных процессов в цепях второго порядка классическим и операторным методами, а также методы расчета переходных процессов при подключении цепи к источнику напряжения произвольной формы с помощью интеграла Дюамеля.

1 Требования по выполнению и оформлению расчетно-графических работ

1.1. Расчётно-графическая работа должна включать следующее:

- а) титульный лист;
- б) содержание;
- в) введение;
- г) задание;
- д) основную часть;
- е) заключение (выводы);
- ж) список литературы;
- к) приложения.

1.2 Текст задания (условие задачи) должен быть переписан полностью, со всеми рисунками и числовыми значениями для своего варианта.

1.3 Каждый этап расчетно-графической работы должен быть озаглавлен.

1.4 Расчетно-графическая работа выполняется рукописным способом или с применением компьютерной печати (в программе Microsoft Word, шрифт высотой 14 пунктов с интервалом 1,0-1,5). Текст пишется на одной стороне листа белой бумаги формата А4. По всем четырем сторонам листа оставляются поля: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм.

1.5 Все листы расчетно-графической работы должны иметь сквозную нумерацию, начиная с титульного листа, включая приложение. Номер листа пишется снизу страницы без точки.

1.6 Расчеты должны сопровождаться пояснениями. Нельзя приводить только расчетные формулы и конечные результаты. Работы, в которых вычисления и пояснения приводятся сокращенно, к защите не допускаются и возвращаются студентам на доработку.

1.7 Рисунки, графики и схемы должны быть выполнены аккуратно и пронумерованы.

1.8 На графиках обязательно указываются названия изображаемых величин, их единицы измерения. Масштабы необходимо подбирать так, чтобы было удобно пользоваться графиком или диаграммой. В соответствии с выбранным масштабом подписываются шкалы графиков и диаграмм.

1.9 У параметров, имеющих определенные размерности, необходимо писать в окончательных результатах соответствующие единицы измерения. Все обозначения электрических величин должны соответствовать ГОСТу.

1.10 Во введении обосновать необходимость изучения переходных процессов и методов их расчета.

1.11 Расчетно-графическая работа должна быть сдана на проверку в срок, указанный преподавателем в syllabusе. В случае нарушения студентом срока сдачи работы, ему снижается итоговый балл за работу.

2 Расчетно-графическая работа №1. Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи классическим методом

Цель: получение навыков расчета переходных процессов в линейной электрической цепи второго порядка классическим методом.

Задание к расчетно-графической работе №1.

В момент времени $t = 0$ в линейной электрической цепи, подключенной к источнику постоянной эдс E , происходит коммутация.

Требуется выполнить следующее:

1) Согласно своему варианту, выбрать схему электрической цепи и ее параметры (таблицы 2.1, 2.2).

2) Рассчитать заданное в таблице 2.3 значение переходной величины классическим методом.

3) Построить график зависимости переходной величины в функции времени в интервале от 0 до $5\tau_{\max}$ (до $5\tau = 5/\alpha$, если корни комплексно сопряженные, $p = -\alpha \pm j\omega_{CB}$).

4) Заключение: провести анализ полученных результатов; определить время, которое требуется для завершения переходного процесса на практике; для этого момента времени определить в процентах отношение переходной величины (i , u) к её принужденному значению ($i_{пр}$, $u_{пр}$).

Т а б л и ц а 2.1

Год поступления	Первая буква фамилии									
	Четный	АБ В	ГД Е	ЖЗ И	КЛ	МН	ОП Р	СТ У	ХФ Ц	ЧШ Щ
Нечетный	ЭЮ Я	ЧШ Щ	ХФ Ц	СТ У	ОП Р	МН	КЛ	ЖЗ И	ГД Е	АБ В
Номер схемы	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
E, В	20	15	30	10	25	20	15	20	30	10

Т а б л и ц а 2.2

Год поступления	Последняя цифра студенческого билета									
	Четный	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Нечетный	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$R_1, \text{Ом}$	40	20	30	25	20	15	25	10	20	15
$R_2, \text{Ом}$	30	35	25	20	30	20	40	12	30	18
$R_3, \text{Ом}$	20	40	15	15	25	30	30	15	25	30
$L, \text{мГн}$	10	20	12	15	10	8	20	25	40	12
$C, \text{мкФ}$	4	8	5	7	8	5	10	6	5	10

Т а б л и ц а 2.3

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Четный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нечетный	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Определить	i_1	i_2	i_3	u_c	u_L	i_1	i_3	i_2	u_L	u_c

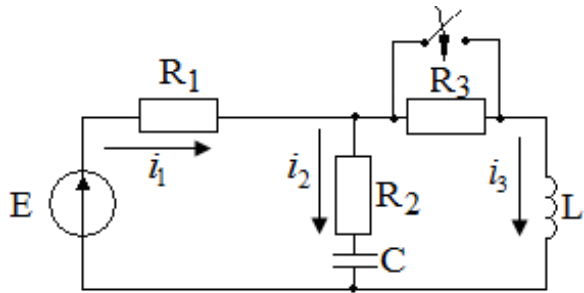


Рисунок 2.1

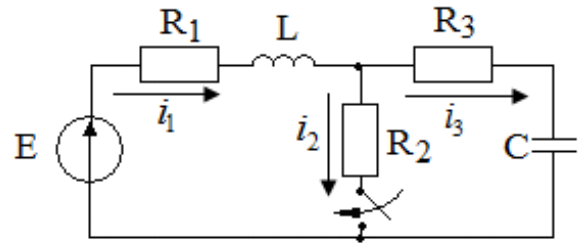


Рисунок 2.6

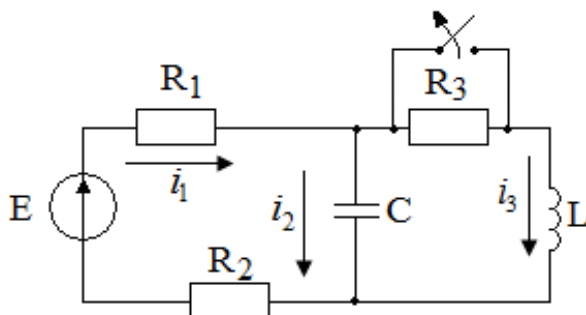


Рисунок 2.2

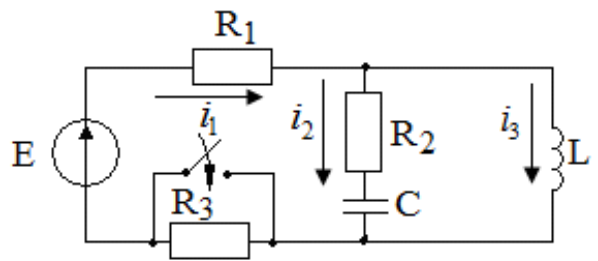


Рисунок 2.7

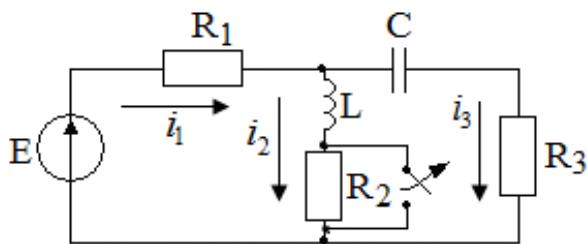


Рисунок 2.3

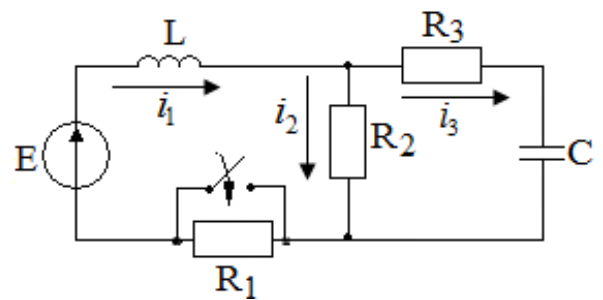


Рисунок 2.8

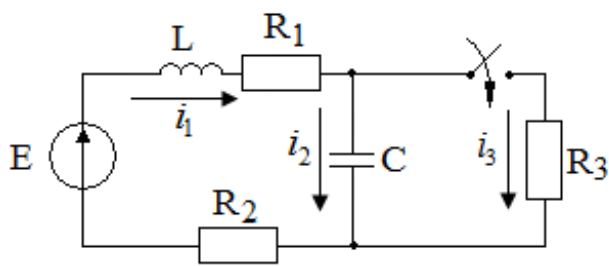


Рисунок 2.4

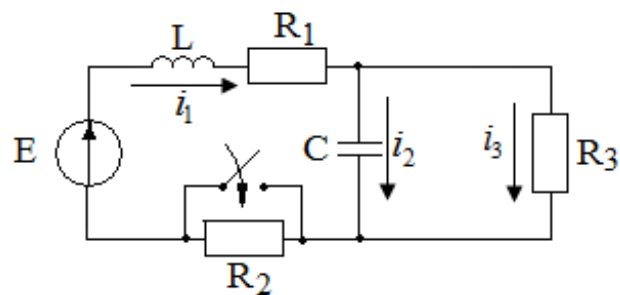


Рисунок 2.9

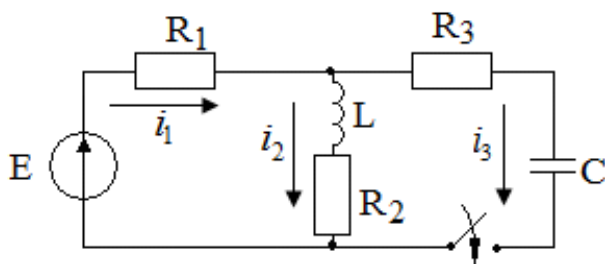


Рисунок 2.5

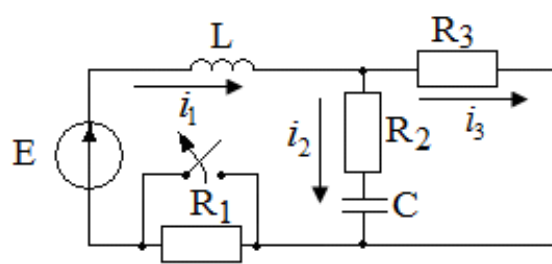


Рисунок 2.10

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы №1

Классический метод расчета переходных процессов основан на решении дифференциальных уравнений, составленных по законам Кирхгофа для цепи после коммутации.

Методика расчёта переходных процессов классическим методом включает следующие этапы:

а) определение независимых начальных условий: $i_L(0), u_C(0)$; независимые начальные условия определяются путём расчета установившегося режима в цепи до коммутации и с применением законов коммутации:

$$i_L(0_+) = i_L(0) = i_L(0_-); \quad u_C(0_+) = u_C(0) = u_C(0_-);$$

б) составление дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для цепи после коммутации;

в) запись выражения для искомого переходного тока или переходного напряжения в виде: $i(t) = i_{\text{пр}} + i_{\text{св}}; \quad u(t) = u_{\text{пр}} + u_{\text{св}};$

г) определение принуждённого тока $i_{\text{пр}}$ или принужденного напряжения $u_{\text{пр}}$ путём расчёта установившегося режима в цепи после коммутации;

д) определение свободного тока $i_{\text{св}}$ или напряжения $u_{\text{св}}$. Для определения свободного тока $i_{\text{св}}$ или свободного напряжения $u_{\text{св}}$ составляется характеристическое уравнение и находятся его корни. Запись

выражения i_{CB} или u_{CB} определяется типом корней характеристического уравнения:

корни характеристического уравнения вещественные и различные $p_1 < 0, p_2 < 0$:

$$i_{CB}(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}; \quad u_{CB}(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t};$$

корни характеристического уравнения вещественные и равные $p_1 = p_2 = p < 0$:

$$i_{CB}(t) = (A_1 + A_2 t) e^{p t}; \quad u_{CB}(t) = (A_1 + A_2 t) e^{p t};$$

корни характеристического уравнения комплексно-сопряженные $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{CB}$ (α – коэффициент затухания, ω_{CB} – частота свободных колебаний):

$$i_{CB}(t) = A e^{-\alpha t} \sin(\omega_{CB} t + \psi); \quad u_{CB}(t) = A e^{-\alpha t} \sin(\omega_{CB} t + \psi);$$

е) определение постоянных интегрирования A_1, A_2 или A, ψ по начальным значениям искомой величины и её первой производной (для цепи второго порядка).

3 Расчетно-графическая работа №2. Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи операторным методом

Цель: получение навыков расчета переходных процессов в электрических цепях второго порядка операторным методом.

Задание к расчетно-графической работе №2.

В момент времени $t = 0$ в линейной электрической цепи, подключенной к источнику постоянной эдс E , происходит коммутация.

Требуется выполнить следующее:

1) Согласно своему варианту, выбрать схему электрической цепи и ее параметры (таблицы 2.1, 2.2).

2) Рассчитать заданное в таблице 2.3 значение переходной величины операторным методом.

3) Построить график зависимости переходной величины в функции времени в интервале от 0 до $5\tau_{max}$ (до $5\tau = 5/\alpha$, если корни комплексно сопряженные – $p = -\alpha \pm j\omega_{CB}$).

4) В заключение провести анализ методов расчета переходных процессов, использованных в расчетно-графических работах №1 и №2. Сравнить результаты расчета переходных процессов операторным методом с результатами расчета классическим методом (расчетно-графическая работа №1).

Методические указания по выполнению расчетно-графической работы №2

Методика расчёта переходных процессов операторным методом включает следующие этапы:

- а) определение независимых начальных условий: $i_L(0), u_C(0)$;
 б) составление эквивалентной операторной схемы (схема составляется для цепи после коммутации).

Т а б л и ц а 3.1

Эквивалентные операторные схемы пассивных элементов	
Исходная схема	Операторная схема

в) составление уравнений для определения изображения искомой величины, используя любой из методов расчёта: законы Кирхгофа в операторной форме, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного генератора и т.п. (уравнения составляются для цепи после коммутации) и определение изображения искомой величины;

г) определение искомой величины (оригинала) по найденному изображению, используя теорему разложения.

Т а б л и ц а 3.2

Теорема разложения	
Изображение имеет вид рациональной дроби: $\frac{F_1(p)}{F_2(p)} = \frac{a_m p^m + a_{m-1} p^{m-1} + \dots + a_1 p + a_0}{b_n p^n + b_{n-1} p^{n-1} + \dots + b_1 p + b_0},$ где $m < n$, $F_2(p) = 0$ - характеристическое уравнение. Оригинал определяется по теореме разложения	
Вид корней характеристического уравнения $F_2(p) = 0,$ для $n = 2$	Теорема разложения
корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$, p_1, p_2 - вещественные и различные	$\frac{F_1(p)}{F_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(p_1)}{F_2'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{F_2'(p_2)} e^{p_2 t}$ где $F_2'(p) = dF(p)/dp$.

<p>корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$ комплексно-сопряженные $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{CB}$</p>	$\frac{F_1(p)}{F_2(p)} \doteq f(t) = 2\operatorname{Re} \left[\frac{F_1(p_1)}{F_2'(p_1)} e^{p_1 t} \right]$
<p>знаменатель имеет один нулевой корень: $pF_2(p)$, корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$, p_1, p_2 – вещественные и различные</p>	$\frac{F_1(p)}{pF_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \frac{F_1(p_1)}{p_1 F_2'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{p_2 F_2'(p_2)} e^{p_2 t}$
<p>знаменатель имеет один нулевой корень: $pF_2(p)$, корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$ комплексно-сопряженные $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{CB}$</p>	$\frac{F_1(p)}{pF_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + 2\operatorname{Re} \left[\frac{F_1(p_1)}{p_1 F_2'(p_1)} e^{p_1 t} \right]$

4 Расчетно-графическая работа №3. Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи с помощью интеграла Дюамеля

Цель: получение навыков расчета переходных процессов в электрической цепи с помощью интеграла Дюамеля при подключении цепи к источнику напряжения произвольной формы.

Задание к расчетно-графической работе №3.

На вход цепи подается импульсное воздействие (рисунки 4.1, 4.2), параметры и вид которого приведены в таблицах 4.1, 4.2. Длительность импульса t_1 выбирается в интервале (2-5) τ , где τ – постоянная времени цепи. Значение длительности t_1 заданно в таблице 4.2.

1) Согласно своему варианту, выбрать схему электрической цепи (см. рисунки 4.3 - 4.12) и ее параметры (таблицы 4.1, 4.2, 4.3).

2) Определить переходную характеристику цепи, соответствующую искомой величине (таблица 4.3).

3) Определить выражение искомой величины в функции времени, используя интеграл Дюамеля.

4) Построить график зависимости искомой величины от времени.

5) В заключение повести анализ полученных результатов.

Т а б л и ц а 4.1

Год поступления	Последняя цифра зачетной книжки									
	Четный	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Нечетный	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Вид воздействия	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2
Е, В	30	20	25	15	35	40	10	20	40	30
$L, \text{мГн}$	10	15	12	20	10	18	20	15	25	8
$C, \text{мкФ}$	6	7	5	6	10	8	12	4	15	10

Т а б л и ц а 4.2

Год поступления	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	Четный	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Нечетный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_1, C	4τ	5τ	3τ	5τ	4τ	5τ	3τ	4τ	3τ	5τ
$R_1, \text{Ом}$	30	10	25	20	15	10	25	10	20	15
$R_2, \text{Ом}$	25	20	10	15	20	16	10	12	30	18
$R_3, \text{Ом}$	15	20	25	10	15	25	30	25	10	30

Т а б л и ц а 4.3

Год поступления	Первая буква фамилии									
	Четный	АБ В	ГД Е	ЖЗ И	КЛ	МН	ОП Р	СТ У	ХФ Ц	ЧШ Щ
Нечетный	ЭЮ Я	ЧШ Щ	ХФ Ц	СТ У	ОП Р	МН	КЛ	ЖЗ И	ГД Е	АБ В
Номер схемы	4.11	4.12	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
Искомая величина	i_{R1}	u_{R3}	u_{R2}	u_C	i_C	u_L	u_{R3}	i_{R2}	i_L	u_{R1}

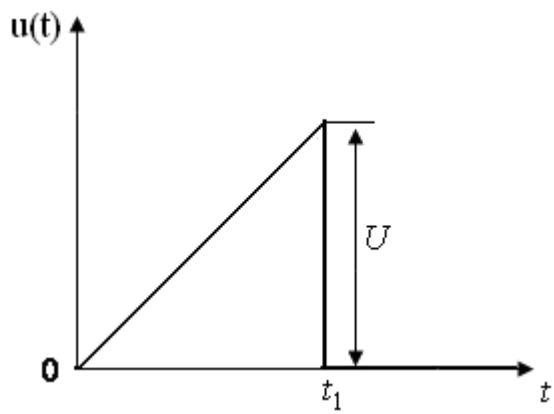


Рисунок 4.1

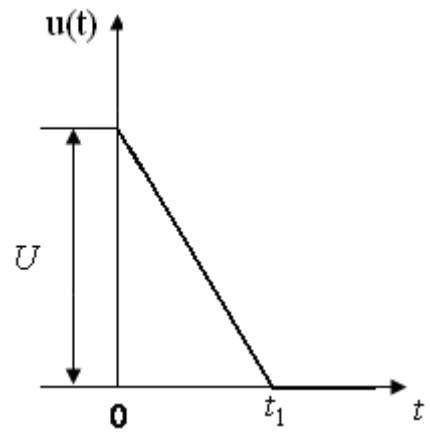


Рисунок 4.2

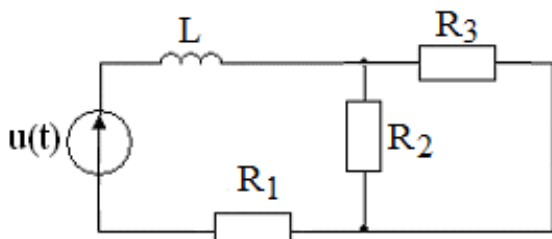


Рисунок 4.3

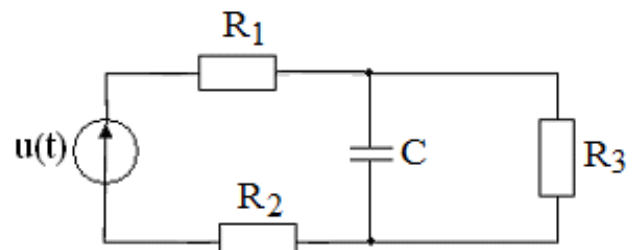


Рисунок 4.4

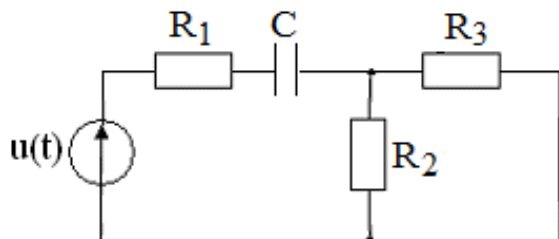


Рисунок 4.5

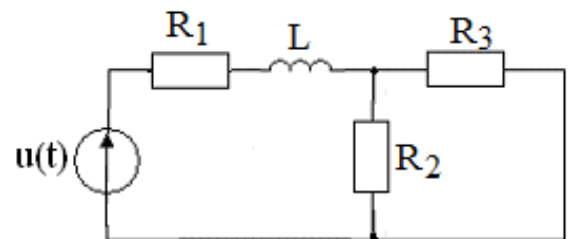


Рисунок 4.6

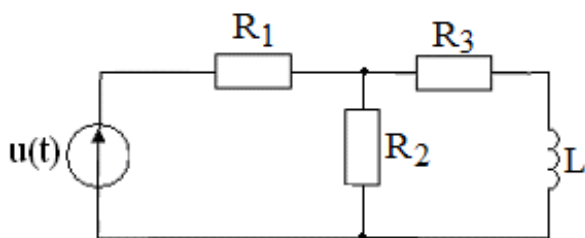


Рисунок 4.7

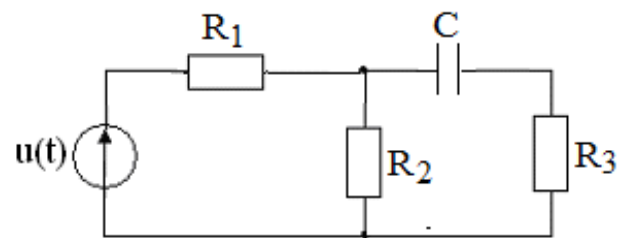


Рисунок 4.8

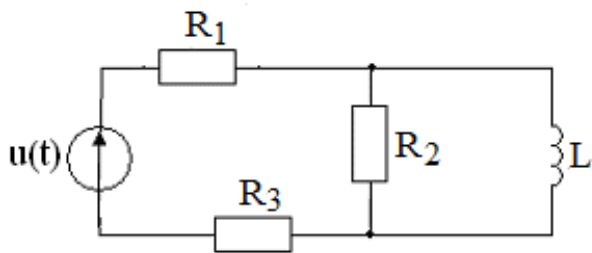


Рисунок 4.9

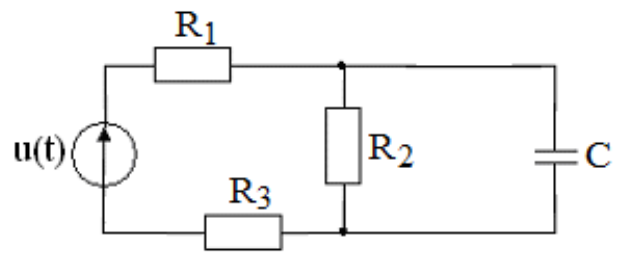


Рисунок 4.10

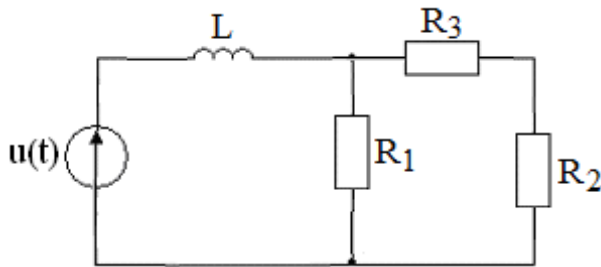


Рисунок 4.11

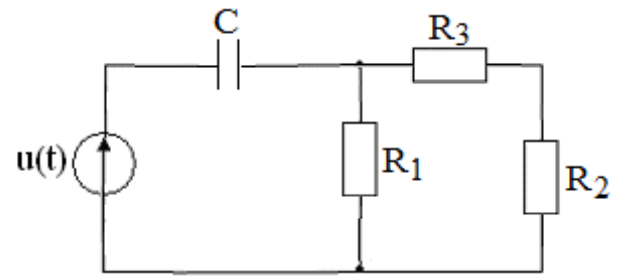


Рисунок 4.12

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы №3

Интеграл Дюамеля применяется для определения токов или напряжений в пассивной электрической цепи при подключении цепи к источнику непрерывно изменяющегося напряжения произвольной формы.

Методика расчёта переходных процессов в линейных электрических цепях с помощью интеграла Дюамеля включает следующие этапы:

а) определение переходной функции цепи: переходной проводимости $y(t)$ или переходной функции по напряжению $h(t)$. Переходная проводимость численно равна искомому току, а переходная функция по напряжению численно равна искомому напряжению при подключении цепи к постоянному напряжению $U=1\text{В}$ при нулевых начальных условиях. Переходные функции цепи $y(t)$, $h(t)$ определяются путём расчёта переходных процессов классическим или операторным методами при подключении цепи в момент $t=0$ к источнику единичного постоянного напряжения при нулевых начальных условиях;

б) вычисление тока $i(t)$ или напряжения $u_k(t)$ с помощью интеграла Дюамеля:

$$i(t) = u(0)y(t) + \int_0^t u'(x)y(t-x)dx; \quad u_k(t) = u(0)h(t) + \int_0^t u'(x)h(t-x)dx.$$

Так как напряжение источника имеет различные аналитические выражения на разных интервалах времени, интервал интегрирования разбивается на отдельные участки и ток или напряжение, вычисляемые с помощью интеграла Дюамеля, записываются для отдельных участков времен.

Список литературы

1. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И. Основы теории цепей. Учебное пособие для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2013. - 596 с.
2. Бакалов В.П., Дмитриков В.Ф., Крук Б.И. Основы теории цепей.- М.: Радио и связь, 2000.-592 с.
3. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей.- М.: Энергоатомиздат, 1989.–528 с.
4. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. - т.2. – Санкт-Петербург: Питер, 2003.
5. Шебес М.Р., Каблукова М.В. Задачник по теории линейных электрических цепей. - М.: Высш. шк., 1990.- 544 с.
6. Жолдыбаева З.И., Коровченко Т.И. Теория электрических цепей: Учебное пособие. – Алматы, 2007.-77 с.
7. Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х. ТЭЦ2. Примеры расчета установившихся и переходных режимов в линейных электрических цепях с сосредоточенными и распределенными параметрами.: Учебное пособие. – Алматы, 2010. -80 с.
8. Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х. Применение Mathcad в теории электрических цепей: Учебной пособие. – Алматы: АУЭС, 2012. - 83 с.

Содержание

Введение.....	3
1 Требования по выполнению и оформлению расчетно–графических работ...	4
2 Расчетно-графическая работа №1. Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи классическим методом.....	5
3 Расчетно-графическая работа №2. Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи операторным методом.....	8
4 Расчетно-графическая работа №3. Расчет переходных процессов в линейной электрической цепи с помощью интеграла Дюамеля.....	10
5 Список литературы.....	14

Екатерина Хаскелевна Зулина
Жанар Абдешевна Айдымбаева

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ

Методические указания и задания по выполнению
расчетно-графических работ № 1, 2, 3.
для специальности 5В071600 – Приборостроение

Редактор Н.М. Голева
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать _____
Тираж 100 экз.
Объем 0,9 уч. - изд. л.

Формат 60x84 1/16 №1
Бумага типографическая
Заказ _____. Цена 470 тенге.

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, Байтурсынова 126.