

Лабораторная работа №3 – Аперiodический переходной процесс в цепи второго порядка

Цель работы. Исследовать переходный процесс в активно-емкостной цепи с двумя конденсаторами.

Пояснения к работе

Линейная электрическая цепь после коммутации характеризуется линейными дифференциальными уравнениями второго порядка, если содержит два необъединяемых накопителя энергии: две индуктивности, две емкости или индуктивность и емкость. В зависимости от вида корней характеристического уравнения ($p_{1,2}$) различают три режима переходных процессов:

- аперiodический (корни p_1 и p_2 вещественные и различные),
- критический (корни $p_1 = p_2 = p$ вещественные и равные),
- колебательный (корни $p_{1,2} = -\delta \pm j\omega$ комплексные, сопряженные).

Корни характеристического уравнения определяются структурой цепи и параметрами ее элементов после коммутации. При этом ЭДС и задающие токи источников не влияют на корни характеристического уравнения. Для составления характеристического уравнения и определения его корней можно, например, использовать комплексное сопротивление цепи после коммутации: это сопротивление приравнивается к нулю и $j\omega$ заменяется на p .

Если электрическая цепь содержит после коммутации два необъединяемых индуктивных или два емкостных элемента, то возможен только аперiodический режим. В этом случае свободная составляющая любого тока или напряжения может быть записана в виде:

$$x_{\text{св}} = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}.$$

Здесь A_1 и A_2 – постоянные интегрирования, которые определяются из начальных условий.

Схема электрической цепи

Для исследования апериодического процесса используется цепь, схема которой показана на рис. 14.1. Цепь питается от источника регулируемого постоянного напряжения. Ее параметры выбираются по табл. 14.1 в соответствии с вариантом, указанным преподавателем. Вольтметры постоянного напряжения V_1 и V_2 с пределом измерения 20 В измеряют напряжения на конденсаторах C_1 и C_2 .

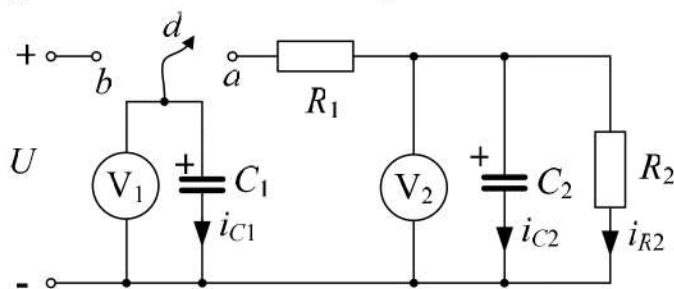


Рис. 14.1.

При подключении проводника d к точке b конденсатор C_1 заряжается до напряжения U (конденсатор C_2 не заряжен). После переноса этого проводника в точку a начинается переходный процесс в цепи с двумя конденсаторами при начальных условиях $u_{C1}(+0)=u_{C1}(-0)=U$ и $u_{C2}(+0)=u_{C2}(-0)=0$, а также $i_{C2}(+0)=i_{R1}(+0)=-i_{C1}(+0)=U/R_1$. Для отсчета времени используется секундомер.

Таблица 14.1

Вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U	В	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10
C_1	мкФ	100	470	100	470	100	470	100	470	100	470
C_2	мкФ	470	100	470	100	470	100	470	100	470	100
R_1	кОм	100	100	100	100	200	200	80	80	100	100
R_2	кОм	100	100	47	47	47	47	100	100	80	80

Подготовка к работе

Проработав теоретический материал, письменно ответить на следующие вопросы.

1. Какая цепь называется цепью второго порядка? В каких цепях возможен только апериодический переходный процесс?

2. Как составляется характеристическое уравнение? При каких корнях получается апериодический переходный процесс?

3. Чему равны принужденные составляющие напряжений и токов в цепи рис. 14.1?

4. Для цепи, показанной на рис. 14.1, вывести в общем виде формулы для расчета напряжений на конденсаторах $u_{C1}(t)$ и $u_{C2}(t)$, а также токов $i_{C1}(t)$, $i_{C2}(t)$ и $i_{R2}(t)$ во время переходного процесса при переключении проводника d из положения b в положение a .

Программа работы

1. Собрать цепь по схеме рис. 14.1, параметры которой соответствуют варианту, указанному преподавателем и зарядить конденсатор C_1 до напряжения U (штекер проводника d в гнезде b). Записать значение U , а также C_1 , C_2 , R_1 , R_2 в верхнюю строку табл. 14.2.

2. После переключения штекера d в гнездо a при помощи секундомера и двух вольтметров снять временные зависимости напряжений $u_{C1}(t)$ и $u_{C2}(t)$. Результаты измерений внести в табл. 14.2.

Указание. Показания вольтметров необходимо записывать одновременно через равные промежутки времени (5 с).

Таблица 14.2

t	$U = \dots \text{В}$	$C_1 = \dots \text{мкФ}$	$C_2 = \dots \text{мкФ}$	$R_1 = \dots \text{кОм}$	$R_2 = \dots \text{кОм}$					
	Эксперимент					Расчет				
	u_{C1}	u_{C2}	i_{C1}	i_{C2}	i_{R2}	u_{C1}	u_{C2}	i_{C1}	i_{C2}	i_{R2}
с	В	В	мкА	мкА	мкА	В	В	мкА	мкА	мкА
0		0			0		0			0
5										
10										
...										

3. По экспериментальным значениям u_{C1} и u_{C2} , используя законы Ома и Кирхгофа, вычислить значения токов i_{C1} , i_{C2} и i_{R2} в те же моменты времени. Результаты также внести в табл. 14.2 (раздел «Эксперимент»).

4. По данным пп. 2 и 3 построить графики зависимостей $u_{C1}(t)$ и $u_{C2}(t)$ в одних осях, а графики $i_{C1}(t)$, $i_{C2}(t)$ и $i_{R2}(t)$ – в других осях.

5. Для трех-четырех моментов времени по формулам п. 4 «Подготовки к работе» рассчитать значения u_{C1} , u_{C2} , i_{C1} , i_{C2} и i_{R2} , внести их в ту же таблицу (раздел «Расчет»), а затем отметить эти значения на графиках п. 4 «Программы работы».

6. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе.