

К. Д. ФЕДЕЦОВ, В. С. САВЕНКО, А.В. БАШАК

МГПУ им. И.П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

В статье рассматриваются переходные процессы в условиях зарядки и разрядки конденсатора через сопротивление в цепях переменного тока.

Расчеты параметров переменного тока с изменяющимися характеристиками актуальны в научном и прикладном плане для процессов перехода от одного установившегося состояния электрической цепи к другому с учетом релаксационных явлений, так как мгновенное изменение параметров цепи приводит к изменению установившегося режима и коммутационного эффекта.

Переход от одного состояния к другому происходит не мгновенно, так как требуется какое-то время – время релаксации, чтобы каждому состоянию цепи соответствовало определенное значение энергии. Изменение энергии в реактивных элементах индуктивности и емкости не может происходить мгновенно, так как мощность $P = \frac{d\omega}{dt}$ развиваемая в цепи, стремилась бы к бесконечности [1].

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = IU.$$

Следовательно, переменные величины, связанные с энергией, изменяться мгновенно не могут. Следствием этого являются два закона коммутации:

$$\begin{aligned} i_L 0_- &= i_L(0_+) \\ u_C 0_- &= u_C 0_+ \end{aligned} \quad (1)$$

Рассмотрены релаксационные явления на экспериментальной установке в условии зарядки и разрядки конденсатора, (рисунок 1) которая позволяла изменять параметры в трех режимах [3].

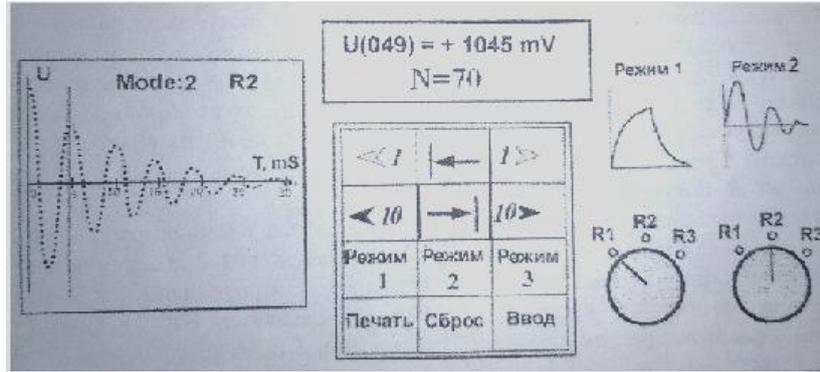


Рисунок 1. – Вид экспериментальной установки

При подключении источника к цепи с резистором R и незаряженным конденсатором емкостью C напряжение на резисторе u будет равно напряжению на источнике, что и определяет силу тока на начальный момент времени

$$U_0 = I_0 R, I_0 = \frac{U_0}{R}.$$

С учетом протекания тока на конденсаторе накапливается заряд q и увеличивается напряжение u_c . По мере увеличения заряда и напряжения на конденсаторе ток в цепи убывает:

$$i = \frac{dq}{dt} = \omega_0 q_0 \sin \omega_0 t = I_0 \cos(\omega_0 t - \frac{\pi}{2}).$$

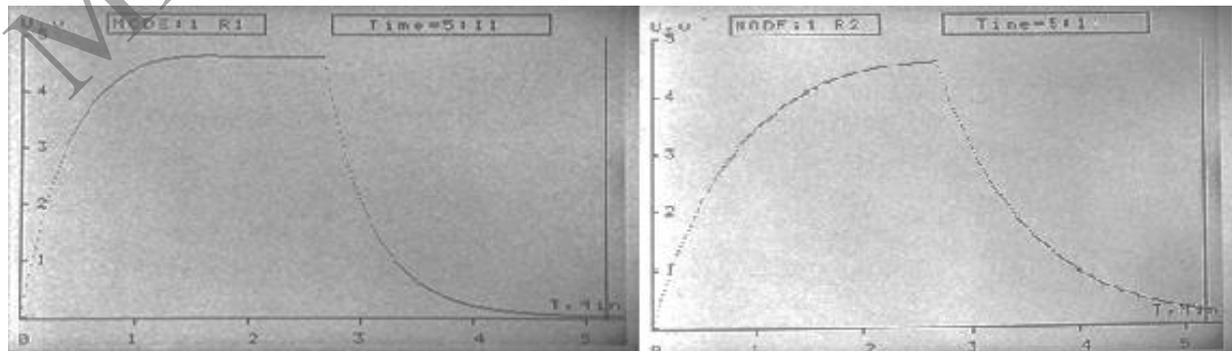
В условии эксперимента фиксировалось напряжение на конденсаторе, исходя из второго закона коммутации (1), напряжение на конденсаторе не может изменяться скачкообразно.

Эксперимент проводился с тремя различными значениями сопротивлений. Ток в конденсаторе определяется из соотношения $i_c = C \frac{du_c}{dt}$, где емкость конденсатора $C=470$ мкФ. Результаты измерений представлены в таблице.

Таблица – Результаты измерений

	t,сек	1	11	21	31	41	51	61
R_1	u,B	0	1,667	2,756	3,468	3,933	4,237	4,435
	$\frac{\ln U_0}{(U_0 - u_r)}$	0	0,44466	0,900058	1,37345	1,87665	2,43451	3,10099
R_2	u,B	0	0,939	1,687	2,338	2,764	3,157	3,475
	$\frac{\ln U_0}{(U_0 - u_r)}$	0	0,230232	0,461194	0,71753	0,92974	1,17575	1,43154
R_3	u,B	0,004	0,493	0,928	1,316	1,667	1,981	2,263
	$\frac{\ln U_0}{(U_0 - u_r)}$	0,00102	0,134701	0,270784	0,41007	0,55534	0,70601	0,86388

На рисунке 2 представлен график зависимости $u=u(t)$ описывающий заряд и разряд конденсатора.



2а – с сопротивлением R_1 , 2б – с R_2

Рисунок 2. – Процессы зарядки и разрядки релаксатора

Время релаксации τ для сопротивлений R_1 и R_2 найдем графическим методом из графиков на рисунках 2а и 2б. Для сопротивлений R_1 , $\tau_1 = 22,09$ с, а при R_2 время релаксации $\tau = 42,3$ с. Из формулы $\tau = RC$ найдем сопротивления R_1 и R_2 .

$R = \frac{\tau}{C}$. Следовательно $R_1 = \frac{\tau_1}{C}$ и $R_2 = \frac{\tau_2}{C}$. $R_1 = 47000$ Ом, а $R_2 = 90000$ Ом.

Вывод: с увеличением сопротивления время релаксации увеличивается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электроники / Л.А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1996.– 230 с.
2. Калашников, С.Г. Электричество / С.Г. Калашников. – М.: Наука, 1977. – С. 455–476.
3. Масленникова, С.И. Расчет переходных процессов в электрических цепях во временной области / С.И. Масленникова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – С. 3.