

Практична робота

Перехідні процеси в контурі з одним реактивним елементом

Приклад 1.

Розрахувати перехідний струм та напругу на індуктивності у схемі рис. 1, а, якщо: $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$, $L = 2 \text{ Гн}$. Постійна напруга на вході схеми $U = 120 \text{ В}$.

Побудувати залежність $i(t)$ та $u_L(t)$ в інтервалі значень t від 0 до 5τ .

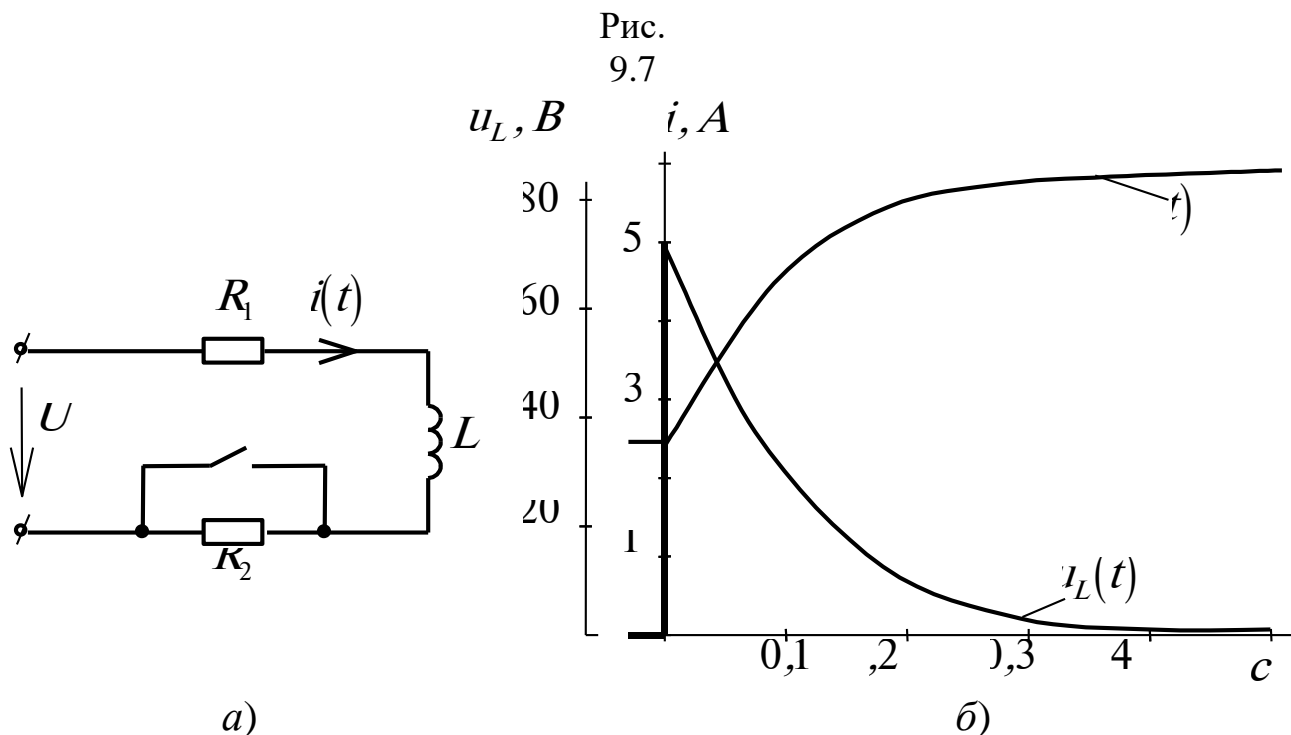


Рисунок 1

Розв'язок.

Будемо шукати перехідний струм $i(t)$ у вигляді суми вимушеної та вільної складових: $i(t) = i_{\text{вим}}(t) + i_{\text{вл}}(t)$.

Вимушена складова в усталеному режимі після комутації:

$$i_{\text{вим}}(t) = \frac{U}{R_1} = 6 \text{ А.}$$

Диференційне рівняння, що описує роботу кола після комутації:

$$R_1 i + L \frac{di}{dt} = U.$$

Характеристичне рівняння має вигляд:

$$R_1 + pL = 0.$$

Корінь цього рівняння $p = -R_1/L = -10 \text{ с}^{-1}$.

Вільну складову струму шукаємо у вигляді:

$$i_{\text{вл}}(t) = Ae^{pt} = Ae^{-10t}.$$

Сталу інтегрування A визначаємо з початкових умов. У момент комутації струм через індуктивність дорівнює тому значенню, яке він мав до комутації:

$$i_L(0) = i_L(0_-) = \frac{U}{R_1 + R_2} = 2,4 \text{ А.}$$

Отже: $2,4 = 6 + A$, звідки $A = -3,6$.

Перехідний струм у колі:

$$i(t) = (6 - 3,6e^{-10t}) \text{ А.}$$

Напруга на індуктивності:

$$u_L = L \frac{di}{dt} = 72e^{-10t} \text{ В.}$$

Стала часу кола $\tau = L/R_1 = 0,1 \text{ с.}$

Розрахунки значень $i(t)$ та $u_L(t)$ для п'яти різних моментів часу t приведені у табл. 9.1.

Таблиця 9.1

$t, \text{ с}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$i(t), \text{ А}$	2,4	4,68	5,51	5,82	5,93	5,98
$u_L(t), \text{ В}$	72	26,5	9,7	3,6	1,3	0,5

Як свідчать результати підрахунків за час $t = 5\tau$ після комутації перехідний струм досягає 99,7% від усталеного значення.

Залежності $i(t)$ та $u_L(t)$ приведені на рис. 1, б.

Приклад 2.

Для кола, зображеного на рис. 2, розрахувати напругу на конденсаторі через $t = 0,1 \text{ с}$ після комутації. Параметри кола: $U = 120 \text{ В}$, $R_1 = 10 \text{ кОм}$, $R_2 = 50 \text{ кОм}$, $C = 2 \text{ мкФ}$.

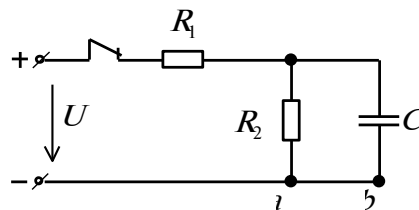


Рис. 2

Розв'язок.

Будемо шукати перехідну напругу $u_C(t)$ у вигляді:

$$u_C(t) = u_{C\text{вим}} + u_{C\text{вн}}.$$

Вимушена складова напруги на конденсаторі $u_{C\text{вим}} = 0$, оскільки в усталеному режимі після комутації конденсатор відключений від вхідної напруги.

Вільну складову напруги запишемо у вигляді:

$$u_{C\text{вн}} = Ae^{pt}.$$

Складаємо характеристичне рівняння для кола після комутації, користуючись приведеними вище міркуваннями. Комплексний опір кола після комутації зручно розглядати відносно точок a та b :

$$Z(j\omega) = R_2 + \frac{1}{j\omega C}.$$

Опір R_1 не входить до скомутованого кола, оскільки він належить до розірваної вітки. Замінімо у формулі $Z(j\omega)$ співмножник $j\omega$ на p та прирівняємо $Z(p)$ до нуля. Маємо:

$$R_2 + \frac{1}{pC} = 0,$$

звідси корінь характеристичного рівняння $p = -1/(R_2 C) = -10 \text{ с}^{-1}$. Отже, $u_{C_{\text{нн}}} = Ae^{-10t}$.

Визначимо сталу інтегрування з початкових умов. До комутації напруга на конденсаторі визначалась як:

$$u_C(0_-) = \frac{U}{R_1 + R_2} R_2 = 100 \text{ В}.$$

За другим законом комутації $u_C(0_-) = u_C(0)$. Отже, $A = 100 \text{ В}$.

Перехідна напруга $u_C(t)$ змінюється за законом:

$$u_C(t) = 100e^{-10t} \text{ В}.$$

Через $0,1 \text{ с}$ після комутації маємо:

$$u_C = 100e^{-10 \cdot 0,1} = 36,8 \text{ В}.$$