

1 ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

1.1 ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

В цьому розділі обмежимося лише колами з лінійними елементами.

Під час аналізу робочих режимів електричних пристроїв оперують їх математичними та фізичними моделями. Будь-який складний пасивний (такий, що не містить джерел енергії) електричний пристрій може бути представлений еквівалентною електричною схемою, яка є комбінацією лише трьох ідеалізованих елементів.

1. Ідеалізований резистивний елемент з опором r (умовне позначення на рис. 1.1,а) фізично враховує перетворення електричної енергії на інші види енергії, а загалом – на тепло; для нього дійсний закон Ома, тобто з точки зору математики він забезпечує алгебричний зв'язок між миттєвими значеннями напруги та струму: $u_r = i_r \cdot r$. Густо-часто у нагоді стає також формула визначення опору провідника довжиною l і перетином S : $r = \rho l / S$; $\rho = \gamma^{-1}$. Тут ρ і γ – питомі опір і провідність матеріалу провідника, відповідно.

2. Ідеалізований індуктивний елемент $L = \Psi / i$ (рис. 1.1,б) враховує наявність магнітного поля в пристрої та забезпечує диференціальний зв'язок між напругою та струмом: $u_L(t) = L \frac{di_L}{dt}$.

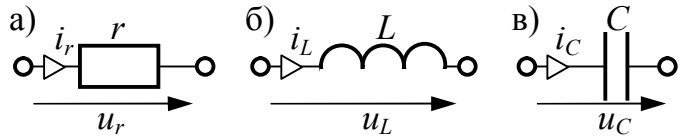


Рис. 1.1

3. Ідеалізований ємнісний елемент $C = q / u$ (рис. 1.1,в) з одного боку враховує наявність електричного поля в діелектрику ізоляції пристрою, а з іншого – відповідає за інтегральний зв'язок між напругою та струмом:

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int i_C(t) dt = u_C(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i_C(t) dt.$$

Звісно, для індуктивності та ємності можна навести формули зворотного зв'язку, коли струм визначається через напругу:

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int u_L(t) dt = i_L(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u_L(t) dt; \quad i_C(t) = C \frac{du_C}{dt}.$$

У вищезазначених формулах момент часу t_0 – це початковий момент відліку часу, коли починається спостереження за струмом та напругою на індуктивності та ємності.

Під час аналізу електричних кіл широко користуються законами Кірхгофа, які для миттєвих значень струмів та напруг мають наступний вигляд:

$$\sum_q \pm i_q = 0; \quad \sum_q \pm i_q \cdot R_q = \sum_p \pm e_p.$$

Більш детально ці закони описані у підрозділі 2.1.

Миттєву потужність будь-якого елемента чи навіть усього кола можна отримати, помноживши відповідні струм та напругу: $p = u \cdot i$.

Кількість електричної енергії, що перетворена на тепло у резистивному елементі за проміжок часу $[t_1 \div t_2]$, визначається за законом Джоуля-Ленца:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} ri^2 dt.$$

1.2 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

ЗАДАЧА 1.1. В електричному колі рис. 1.2 відомий струм у вітці з конденсатором

$$i_C(t) = e^{-200t} \text{ A при } t \leq 10 \text{ мс}$$

$$\text{і } i_C(t) = 0 \text{ при } t > 10 \text{ мс.}$$

Додатково $u_C(0) = 0$.

Параметри елементів кола:

$$r = 200 \text{ Ом, } C = 40 \text{ мкФ.}$$

Визначити: 1. Закон зміни в часі усіх струмів і напруги на джерелі струму.

2. Миттєву потужність усіх елементів кола.

3. Побудувати графіки миттєвих значень напруги, струмів і потужностей.

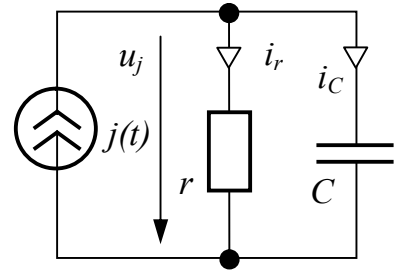


Рис. 1.2

Розв'язання

1. Виконаємо розрахунок кола для першого відрізка часу $0 < t \leq 10 \text{ мс}$. На цьому відрізку усі величини помітимо додатковим індексом 1.

$$i_{C1}(t) = e^{-200t} \text{ A};$$

$$u_{j1}(t) = u_{C1}(t) = u_C(0) + \frac{1}{C} \int_0^t i_{C1} dt = \frac{10^6}{40} \int_0^t e^{-200t} dt = 125 - 125 \cdot e^{-200t} \text{ B};$$

$$i_{r1}(t) = u_{j1}(t)/r = (125 - 125 \cdot e^{-200t})/200 = 0,625 - 0,625 \cdot e^{-200t} \text{ A};$$

$$j_1(t) = i_{C1}(t) + i_{r1}(t) = e^{-200t} + 0,625 - 0,625 \cdot e^{-200t} = 0,625 + 0,375 \cdot e^{-200t} \text{ A};$$

$$p_{r1}(t) = u_{j1}(t) \cdot i_{r1}(t) = (125 - 125 \cdot e^{-200t}) \cdot (0,625 - 0,625 \cdot e^{-200t}) = 78,13 \cdot (1 - e^{-200t})^2 \text{ Bm};$$

$$p_{C1}(t) = u_{j1}(t) \cdot i_{C1}(t) = (125 - 125 \cdot e^{-200t}) \cdot e^{-200t} = 125 \cdot (1 - e^{-200t}) \cdot e^{-200t} \text{ Bm};$$

$$p_{j1}(t) = p_{C1}(t) + p_{r1}(t) = 125 \cdot (1 - e^{-200t}) \cdot e^{-200t} + 78,13 \cdot (1 - e^{-200t})^2 = -15,63 \cdot (3 \cdot e^{-400t} + 2 \cdot e^{-200t} - 5) \text{ Bm};$$

напруга u_{j1} наприкінці першого інтервалу, а також на початку другого інтервалу:

$$u_{j1}(0,01) = 125 - 125 \cdot e^{-200 \cdot 0,01} = 108,1 \text{ B.}$$

2. Виконаємо розрахунок кола для другого інтервалу часу $t > 10 \text{ мс}$. Цього разу усі величини позначені індексом 2.

$$i_{C2}(t) = 0 \text{ A};$$

$$u_{j2}(t) = u_{j1}(0,01) + \frac{1}{C} \int_{0,01}^t i_{C2} dt = 108,1 + 0 = 108,1 \text{ B};$$

$$i_{r2}(t) = u_{j2}(t)/r = 108,1/200 = 0,540 \text{ A};$$

$$j_2(t) = i_{C2}(t) + i_{r2}(t) = 0 + 0,540 = 0,540 \text{ A};$$

$$p_{r2}(t) = u_{j2}(t) \cdot i_{r2}(t) = 108,1 \cdot 0,540 = 58,41 \text{ Bm};$$

$$p_{C2}(t) = u_{j2}(t) \cdot i_{C2}(t) = 108,1 \cdot 0 = 0 \text{ Bm};$$

$$p_{j2}(t) = p_{C2}(t) + p_{r2}(t) = 58,41 \text{ Bm}.$$

3. Остаточні значення величин запишемо таким чином:

$$i_C(t) = \begin{cases} e^{-200t} \text{ A, } npu \ t \leq 0,01 \text{ c;} \\ 0, & npu \ t > 0,01 \text{ c.} \end{cases} \quad u_j(t) = \begin{cases} 125 \cdot (1 - e^{-200t}) \text{ B, } npu \ t \leq 0,01 \text{ c;} \\ 108,1 \text{ B, } & npu \ t > 0,01 \text{ c.} \end{cases}$$

$$i_r(t) = \begin{cases} 0,625 \cdot (1 - e^{-200t}) \text{ A, } npu \ t \leq 0,01 \text{ c;} \\ 0,54 \text{ A, } & npu \ t > 0,01 \text{ c.} \end{cases}$$

$$j(t) = \begin{cases} 0,625 + 0,375 \cdot e^{-200t} \text{ A, } npu \ t \leq 0,01 \text{ c;} \\ 0,54 \text{ A, } & npu \ t > 0,01 \text{ c.} \end{cases}$$

$$p_r(t) = \begin{cases} 78,13 \cdot (1 - e^{-200t})^2 \text{ Bm, } npu \ t \leq 0,01 \text{ c;} \\ 58,41 \text{ Bm, } & npu \ t > 0,01 \text{ c.} \end{cases}$$

$$p_C(t) = \begin{cases} 125 \cdot (1 - e^{-200t}) \cdot e^{-200t} \text{ Bm, } npu \ t \leq 0,01 \text{ c;} \\ 0, & npu \ t > 0,01 \text{ c.} \end{cases}$$

$$p_j(t) = \begin{cases} -15,63 \cdot (3 \cdot e^{-400t} + 2 \cdot e^{-200t} - 5) \text{ Bm, } npu \ t \leq 0,01 \text{ c;} \\ 58,41 \text{ Bm, } & npu \ t > 0,01 \text{ c.} \end{cases}$$

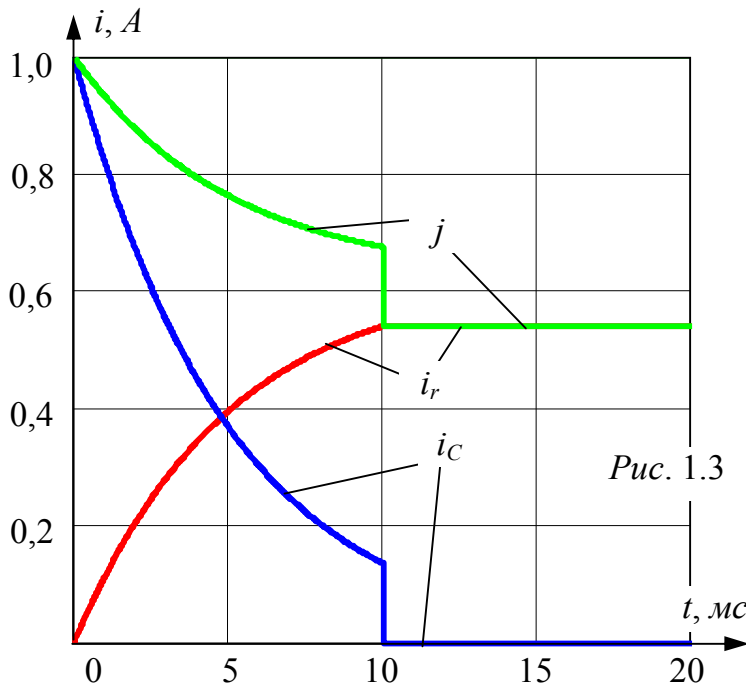
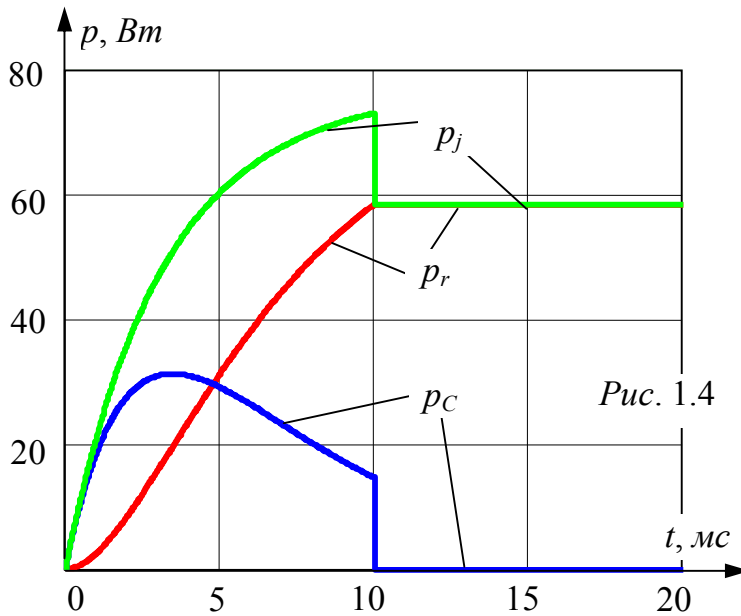


Рис. 1.3

4. Згідно з цими відповідями будуюмо графіки (рис. 1.3 і 1.4).

Примітка: графік напруги $u_j(t)$ співпадає з графіком $i_r(t)$ за умови, що масштаб напруги дорівнює 40 В/поділ.



Усі розрахунки у наведеній задачі та побудова графіків виконані за допомогою системи MathCAD. Текст програми поданий далі.

Рис. 1.4

$$r := 200 \quad C := 40 \cdot 10^{-6} \quad t1 := 0.01 \quad ic1(t) := e^{-200 \cdot t} \quad ic2(t) := 0$$

$$uj1(t) := \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{-200} \cdot (e^{-200 \cdot t} - 1) \quad uj1(t1) = 108.083$$

$$ic(t) := \begin{cases} ic1(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t1 \\ ic2(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$uj1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow (-125.) \cdot e^{(-200.) \cdot t} + 125.$$

$$ir1(t) := \frac{uj1(t)}{r} \quad ir1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow (-.6250) \cdot e^{(-200.) \cdot t} + .6250$$

$$j1(t) := ic1(t) + ir1(t) \quad j1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow .3750 \cdot e^{(-200.) \cdot t} + .6250$$

$$pr1(t) := uj1(t) \cdot ir1(t) \quad pr1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow 78.13 \cdot [e^{(-200.) \cdot t} - 1.]^2$$

$$pc1(t) := uj1(t) \cdot ic1(t) \quad pc1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow (-125.) \cdot [e^{(-200.) \cdot t} - 1.] \cdot e^{(-200.) \cdot t}$$

$$pj1(t) := uj1(t) \cdot j1(t) \quad pj1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow (-15.63) \cdot [e^{(-200.) \cdot t} - 1.] \cdot [3. \cdot e^{(-200.) \cdot t} + 5.]$$

$$uj2(t) := uj1(t1) \quad uj2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow 108.1$$

$$uj(t) := \begin{cases} uj1(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t1 \\ uj2(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$ir2(t) := \frac{uj2(t)}{r} \quad ir2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow .5404$$

$$ir(t) := \begin{cases} ir1(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t1 \\ ir2(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$j2(t) := ic2(t) + ir2(t) \quad j2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow .5404$$

$$j(t) := \begin{cases} j1(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t1 \\ j2(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$pr2(t) := uj2(t) \cdot ir2(t) \quad pr2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow 58.41$$

$$pr(t) := \begin{cases} pr1(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t1 \\ pr2(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$pc2(t) := uj2(t) \cdot ic2(t) \quad pc2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float, 4} \end{array} \right. \rightarrow 0$$

$$pc(t) := \begin{cases} pc1(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t1 \\ pc2(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$pj2(t) := uj2(t) \cdot j2(t)$$

$$pj2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 4 \end{array} \right. \rightarrow 58.41$$

$$pj(t) := \begin{cases} pj1(t) & \text{if } 0 \leq t \leq t1 \\ pj2(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

ЗАДАЧА 1.2. Схема рис. 1.5,а містить джерело струму прямокутних імпульсів і послідовно з'єднані резистор $r = 4 \text{ Ом}$ і конденсатор $C = 56 \text{ мкФ}$.

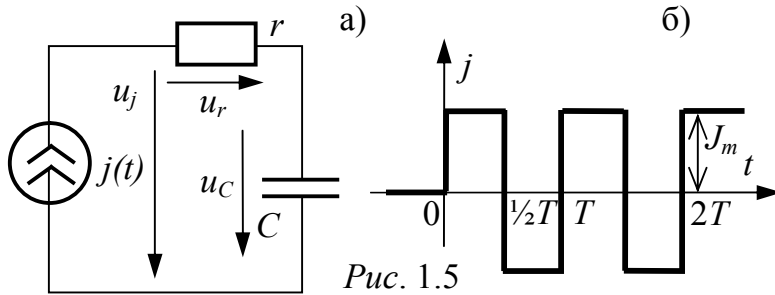


Рис. 1.5

Діаграма струму джерела подана на рис. 1.5,б, причому $J_m = 0,5 \text{ А}$, $T = 360 \text{ мкс}$.

Виконати наступне: здобути аналітичні вирази для миттєвих значень напруг u_j , u_C , u_r

та побудувати їх графіки; обчислити максимальні значення миттєвої потужності резистора p_{rmax} та енергії конденсатора W_{Cmax} .

Коментарі до розрахунків, які виконані за допомогою системи MathCAD.

Розрахунки виконуються для одного періоду роботи джерела. Значення усіх величин на першому півперіоді позначаються індексом 1, на другому – 2.

$$\text{Вихідні дані: } r := 4 \quad C := 56 \cdot 10^{-6} \quad J_m := 0.5 \quad T := 360 \cdot 10^{-6}$$

Розрахунок напруг на першому півперіоді, B :

$$ur1(t) := J_m \cdot r \quad ur1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 4 \end{array} \right. \rightarrow 2.0$$

$$uc1(t) := \frac{J_m}{C} \cdot t \quad uc1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 4 \end{array} \right. \rightarrow 8929. \cdot t$$

$$uj1(t) := ur1(t) + uc1(t) \quad uj1(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 4 \end{array} \right. \rightarrow 2. + 8929. \cdot t$$

Розрахунок напруг на другому півперіоді, B :

$$ur2(t) := -J_m \cdot r \quad ur2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 4 \end{array} \right. \rightarrow -2.0$$

$$uc2(t) := \frac{-J_m}{C} \cdot \left(t - \frac{T}{2} \right) + uc1\left(\frac{T}{2}\right) \quad uc2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 4 \end{array} \right. \rightarrow (-8929.) \cdot t + 3.214$$

$$uj2(t) := ur2(t) + uc2(t) \quad uj2(t) \left| \begin{array}{l} \text{simplify} \\ \text{float}, 4 \end{array} \right. \rightarrow 1.214 - 8929. \cdot t$$

Запис відповідей для напруг для побудови графіків:

$$u_r(t) := \begin{cases} u_{r1}(t) & \text{if } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ u_{r2}(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$u_j(t) := \begin{cases} u_{j1}(t) & \text{if } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ u_{j2}(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$u_c(t) := \begin{cases} u_{c1}(t) & \text{if } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \\ u_{c2}(t) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$u_c\left(\frac{T}{2}\right) = 1.607$$

Графіки напруг подані на рис. 1.6.

Максимальна потужність резистора, Вт:

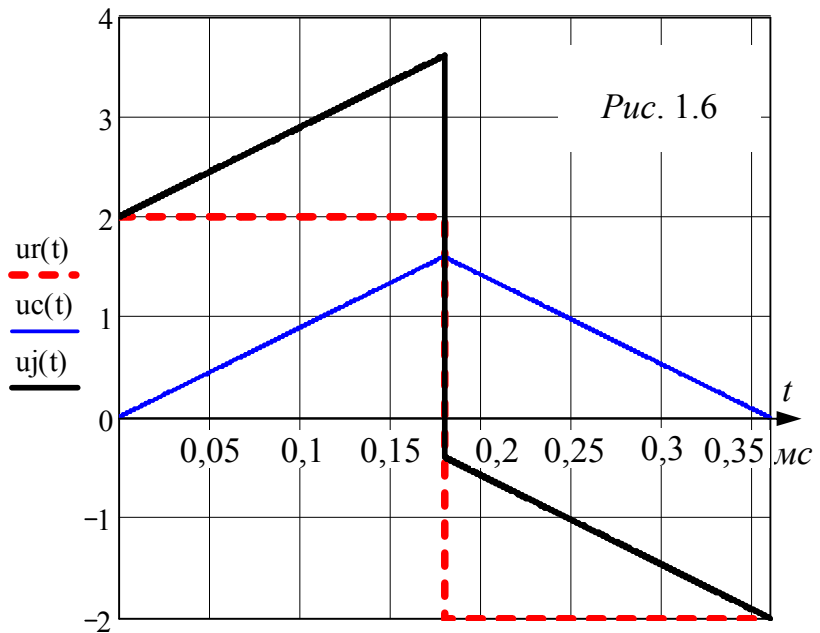
$$P_{r\max} := r \cdot I_m^2$$

$$P_{r\max} = 1$$

Максимальна енергія, яка запасена в конденсаторі, Дж:

$$W_{c\max} := 0.5 \cdot C \cdot u_c\left(\frac{T}{2}\right)^2$$

$$W_{c\max} = 7.232 \times 10^{-5}$$



ЗАДАЧА 1.3. Для індуктивного елемента, що має $w = 100$ витків, відомо: $L = 0,1$ Гн, $\Phi = 0,02 \cdot e^{-100 \cdot t}$ Вб. Визначити i_L і u_L у момент часу $t = 10$ мс.

Розв'язання

Потокозчеплення елемента – $\Psi = w \cdot \Phi = 100 \cdot 0,02 \cdot e^{-100 \cdot t} = 2 \cdot e^{-100 \cdot t}$ Вб.

Шуканий струм – $i_L = \Psi/L = 2 \cdot e^{-100 \cdot t}/0,1 = 20 \cdot e^{-100 \cdot t}$ А.

Шукана напруга – $u_L = L \frac{di}{dt} = 0,1 \cdot 20 \cdot (-100) \cdot e^{-100 \cdot t} = -200 \cdot e^{-100 \cdot t}$ В.

У момент часу $t = 10$ мс:

$$i_L(0,01) = 20 \cdot e^{-100 \cdot 0,01} = 7,36 \text{ А}; \quad u_L(0,01) = -200 \cdot e^{-100 \cdot 0,01} = -73,6 \text{ В.}$$

ЗАДАЧА 1.4. По котушці з числом витків $w = 6$ тече струм $I = 3$ А. Картина магнітного поля, що виникає при цьому, показана на рис. 1.7. Визначити потокозчеплення котушки та її індуктивність, якщо картина поля побудована так, що кожна магнітна силова лінія відповідає силовій трубці з однаковим значенням потоку $\Delta\Phi = 10^{-4}$ Вб.

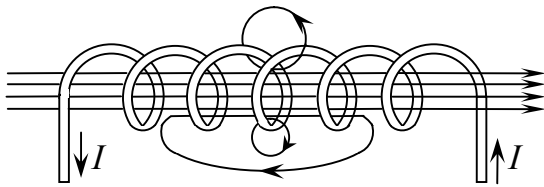


Рис. 1.7

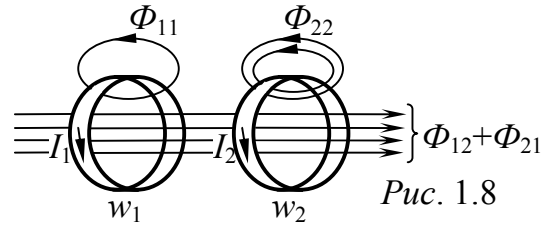


Рис. 1.8

Розв'язання

Потокозчеплення котушки дорівнює алгебричній сумі потоків, які пронизують окремі витки обмотки:

$$\Psi = \sum \Phi_n w_n = \Delta\Phi \cdot 1 + \Delta\Phi \cdot 2 + \Delta\Phi \cdot 3 + 4\Delta\Phi \cdot 6 = 30\Delta\Phi = 30 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

$$\text{Індуктивність котушки } L = \Psi/I = 30 \cdot 10^{-4}/3 = 10^{-3} \text{ Гн} = 1 \text{ мГн.}$$

ЗАДАЧА 1.5. По двох магнітно-зв'язаних котушках з числом витків $w_1 = 100$ і $w_2 = 150$ течуть струми, відповідно, $I_1 = 10 \text{ А}$ і $I_2 = 20 \text{ А}$. Визначити індуктивність котушок L_1 і L_2 і взаємну індуктивність M за умови, що кожна силова лінія магнітного поля на рис. 1.8 відповідає силі трубки з потоком $\Delta\Phi = 10^{-4} \text{ Вб}$.

Розв'язання

Потокозчеплення першої котушки $\Psi_{11} = w_1 \cdot \Phi_{11} + w_1 \cdot \Phi_{12}$, де Φ_{11} – потік, який створюється струмом I_1 і зчіплюється лише з першою котушкою; Φ_{12} – потік, який створюється струмом I_1 і пронизує обидві котушки.

$$\text{Індуктивність першої котушки } L_1 = \frac{\Psi_{11}}{I_1} = \frac{w_1(\Phi_{11} + \Phi_{12})}{I_1}.$$

Потокозчеплення другої котушки $\Psi_{22} = w_2 \cdot \Phi_{22} + w_2 \cdot \Phi_{21}$, де Φ_{22} – потік, який створюється струмом I_2 і зчіплюється лише з другою котушкою; Φ_{21} – потік, який створюється струмом I_2 і пронизує обидві котушки.

$$\text{Індуктивність другої котушки } L_2 = \frac{\Psi_{22}}{I_2} = \frac{w_2(\Phi_{22} + \Phi_{21})}{I_2}.$$

Взаємну індуктивність котушок отримаємо із співвідношень

$$\Psi_{12} = MI_1 \text{ і } \Psi_{21} = MI_2, \text{ де } \Psi_{12} = w_2 \cdot \Phi_{12}; \quad \Psi_{21} = w_1 \cdot \Phi_{21}.$$

$$\text{Звідси } \frac{\Psi_{12}}{I_1} = \frac{\Psi_{21}}{I_2} \text{ або } \frac{w_2 \Phi_{12}}{I_1} = \frac{w_1 \Phi_{21}}{I_2} \text{ або } 3\Phi_{12} = \Phi_{21}.$$

Але за умовами задачі сума потоків відома: $\Phi_{12} + \Phi_{21} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$.
З двох останніх рівнянь здобуваємо: $\Phi_{12} = 10^{-4} \text{ Вб}$, $\Phi_{21} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$.

$$\text{Таким чином, } L_1 = \frac{100 \cdot (10^{-4} + 10^{-4})}{10} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 2 \text{ мГн,}$$

$$L_2 = \frac{150 \cdot (2 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-4})}{20} = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 3,75 \text{ мГн,}$$

$$M = \frac{150 \cdot 10^{-4}}{10} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} = 1,5 \text{ мГн,}$$

1.3 ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ

ЗАДАЧА 1.6. Моток мідного проводу з питомою електропровідністю $\gamma = 56 \text{ м/Ом}\cdot\text{мм}^2$ важить $5,34 \text{ кг}$ (без врахування ваги ізоляції) і має опір $4,77 \text{ Ом}$. Визначити довжину проводу і його переріз.

Порада: скористатися формулами $r = \rho/l/S$, $M = gV = g l S$, $g = 8,9 \text{ г/см}^3$.
Відповіді: $l = 400 \text{ м}$, $S = 1,5 \text{ мм}^2$.

ЗАДАЧА 1.7. Для індуктивного елемента відомо: $L = 0,1 \text{ Гн}$, $w = 100$, $\Phi(0) = 5 \text{ мВб}$, $u_L(t) = 100 \cdot \cos(314 \cdot t + \pi/3) \text{ В}$. Визначити i_L і Φ у момент часу $t = 5 \text{ мс}$.

Відповіді: $i_L(0) = w \cdot \Phi(0)/L = 5 \text{ А}$;

$$i_L(t) = i_L(0) + \frac{1}{L} \int_0^t u_L(t) dt = 2,242 + 3,185 \cdot \sin(314 \cdot t + \pi/3) \text{ А};$$

$$i_L(0,005) = 3,84 \text{ А}; \quad \Phi(0,005) = L \cdot i_L(0,005)/w = 3,84 \text{ мВб}.$$

ЗАДАЧА 1.8. Для ємнісного елемента відомі його ємність і заряд:

$$C = 200 \text{ мкФ}, \quad q(t) = 0,01 \cdot \cos(314 \cdot t + \pi/6) \text{ Кл}.$$

Визначити i_C і u_C у момент часу $t = 15 \text{ мс}$.

$$\text{Відповіді: } i_C(t) = dq/dt = 3,14 \cdot \sin(314 \cdot t - 5\pi/6) \text{ А}; \quad i_C(0,015) = 2,72 \text{ А};$$

$$u_C(t) = q/C = 50 \cdot \cos(314 \cdot t + \pi/6) \text{ В}; \quad u_C(0,015) = 25 \text{ В}.$$

ЗАДАЧА 1.9. Для ємнісного елемента відомо:

$$C = 2000 \text{ мкФ}, \quad q(t) = 0,02 \cdot e^{-100 \cdot t} \text{ Кл}.$$

Визначити i_C і u_C у момент часу $t = 10 \text{ мс}$.

$$\text{Відповіді: } i_C(t) = -2 \cdot e^{-100 \cdot t} \text{ А}; \quad i_C(0,015) = -0,446 \text{ А};$$

$$u_C(t) = 10 \cdot e^{-100 \cdot t} \text{ В}; \quad u_C(0,015) = 2,231 \text{ В}.$$

ЗАДАЧА 1.10. Для ємнісного елемента відомо:

$$C = 200 \text{ мкФ}, \quad i_C(t) = 2 \cdot \cos(314 \cdot t - \pi/6) \text{ А}, \quad q(0) = 0.$$

Визначити q і u_C у момент часу $t = 10 \text{ мс}$.

$$\text{Відповіді: } q(t) = 6,37 \cdot \sin(314 \cdot t - \pi/6) + 3,185 \text{ мКл}; \quad q_C(0,01) = 6,37 \text{ мКл};$$

$$u_C(t) = 31,85 \cdot \sin(314 \cdot t - \pi/6) + 1,593 \text{ В}; \quad u_C(0,01) = 31,85 \text{ В}.$$