Практичне заняття 3.
"Розрахунок кола змінного струму з паралельним з'єднанням віток"

Завдання. Для кола з паралельним з'єднанням елементів, яке під'єднане до змінної синусоїдної напруги $u = U_m \sin \omega t$ з лінійною частотою $f = 50 Гц$ (рис.1) необхідно:

1. Накреслити розрахункову електричну схему (рис.1).
2. Визначити струм джерела живлення і струми в окремих вітках кола.
3. Побудувати векторну діаграму струмів і розкласти вектори струмів на їхні активні і реактивні складові.
4. Визначити активну P, реактивну Q і повну потужність кола.
5. Визначити коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ кожної гілки, коефіцієнт потужності джерела енергії і відповідні фазові кути струмів $\varphi; \varphi_1; \varphi_2$ і φ_3.

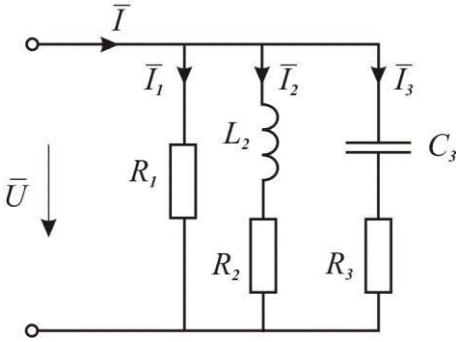


Рис.1.

Вихідні значення:

$U_д; В$	R_1, *Ом*	R_2, *Ом*	R_3, *Ом*	L_2, *Гн*	C_3, *мкФ*
110	50	30	25	0,17	220

Розв'язок.

2. Загальний струм в електричному колі при паралельному з'єднані гілок визначають за формулою

$$I = UY = U\sqrt{\sum g_i{}^2 + \sum в_{Li} - \sum в_{Ci}{}^2},$$

де $Y = 1/Z$ - загальна повна провідність кола;

$$\sum g_i = g_1 + g_2 + g_3 = \frac{1}{R_1} + \frac{R_2}{R_2^2 + X_{L2}^2} + \frac{R_3}{R_3^2 + X_{C3}^2};$$

Для цього спочатку знайдемо реактивні опори віток:

$$X_{L2} = 2\pi f L_2 = 2\pi \cdot 50 \cdot 0{,}17 = 53{,}4\,(\text{Ом});$$

$$X_{C3} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 220 \cdot 10^{-6}} = 14{,}47\,(\text{Ом});$$

Тоді активні провідності віток будуть рівні:

$$g_1 = \frac{1}{50} = 0{,}02\,(\text{См}); \qquad g_2 = \frac{30}{30^2 + 53{,}4^2} = 0{,}008\,(\text{См});$$

$$g_3 = \frac{25}{25^2 + 14{,}47^2} = 0{,}03\,(\text{См});$$

$$g_{екв} = \sum \text{g} = 0{,}02 + 0{,}008 + 0{,}03 = 0{,}058\,(\text{См}).$$

а реактивні провідності віток будуть рівні:

$$\sum в_{Ci} = \frac{X_{C2}}{R_3^2 + X_{C3}^2} \sum в_{Li} = \frac{X_{L2}}{R_2^2 + X_{L2}^2}$$

або:

$$b_{L2} = \frac{53{,}4}{30^2 + 53{,}4^2} = 0{,}0142\,(\text{См}); \; b_{C3} = \frac{14{,}47}{25^2 + 14{,}47^2} = 0{,}017\,(\text{См});$$

$$b_{екв} = \text{b}_\text{L} - b_C = 0{,}0142 - 0{,}017 = 0{,}0031\,(\text{См}).$$

Тоді повна провідність другої вітки буде рівною:

$$Y_2 = \sqrt{g_2^2 + b_{L2}^2} = 0{,}016\,(\text{См}).$$

А повна провідність третьої вітки:

$$Y_3 = \sqrt{g_3^2 + b_{C3}^2} = 0{,}035\,(\text{См}).$$

Повна провідність всього кола:

$Y = \sqrt{g_{екв}^2 + \mathrm{b}_{\text{екв}}^2}$.

Тоді струми віток будуть визначатися за формулами:

$I_1 = U \cdot Y_1 = U \cdot g_1 = 2{,}2\,(\text{A});\ I_2 = U \cdot Y_2 = 1{,}8\,(\text{A});$

$I_3 = U \cdot Y_3 = 3{,}8(\text{A}).$

А струм у нерозгалуженій ділянці кола буде рівний:

$I = U \cdot Y = 6{,}38\,(\text{A}).$

3. Для побудови векторної діаграми струмів необхідно визначити фазові кути струмів віток за формулами:

$$\cos\varphi_1 = \frac{g_1}{Y_1} = 1 \rightarrow \varphi_1 = 0^0;$$

$$\cos\varphi_2 = \frac{g_2}{Y_2} = 0{,}49 \rightarrow \varphi_2 = \arccos(0{,}49) = -60{,}7^0;$$

$$\cos\varphi_3 = \frac{g_3}{Y_3} = 0{,}86 \rightarrow \varphi_3 = \arccos(0{,}86) = 30^0;$$

$$\cos\varphi = \frac{g_{екв}}{\mathrm{Y}} = 0{,}99 \rightarrow \varphi = \arccos(0{,}99) = 3^0.$$

Побудову можна спростити ,якщо струми в вітках розкласти на активну і реактивну складові:

$I_{1a} = I_1 = 3{,}8\,(\text{A});$

$I_{2a} = I_2 \cdot \cos\varphi_2 = 0{,}88\,(\text{A});\ I_{2p} = I_2 \cdot \sin\varphi_2 = -1{,}57(A).$

$I_{3a} = I_3 \cdot \cos\varphi_3 = 3{,}3(A);\ I_{3p} = I_3 \cdot \sin\varphi_3 = 1{,}9(A).$

$I_a = I \cdot \cos\varphi = 6{,}37(A);\ I_p = I \cdot \sin\varphi = 0{,}34(A).$

Тоді за виконаними розрахунками побудуємо векторну діаграму струмів:

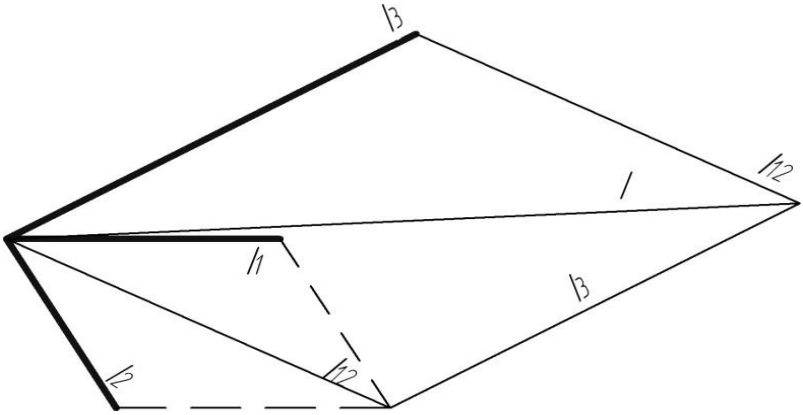


Рис.2. Векторна діаграма струмів.

4. Визначаємо потужності кола:

а) Активну: $P = \mathrm{U} \cdot \mathrm{I} \cdot \cos \varphi = 701{,}3(Bm)$;

б) Реактивну: $\mathrm{Q} = \mathrm{U} \cdot \mathrm{I} \cdot \sin \varphi = 37{,}6(BAp)$;

в) Повну: $\mathrm{S} = \mathrm{U} \cdot \mathrm{I} = 702{,}3(BA)$.

Для наочності зобразимо трикутник потужностей:

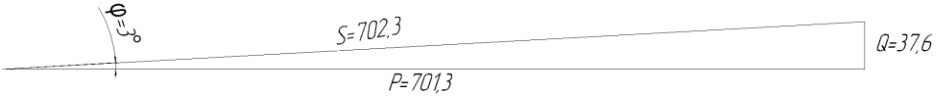


Рис.3. Трикутник потужностей

Доманнє завдання. Виконати розрахунки пунктів 1-5 по вихідних даних таблиці 1 та таблиці 2.

Таблиця 1.

Одиниці у шифрі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Діюче значення напруги *U, B*	127	220	380	660	220	380	127	660	220	380

Таблиця 2.

Десятки в шифрі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R_1, *Ом*	30	2	15	25	35	40	60	55	55	45
R_2, *Ом*	80	70	60	50	40	30	75	65	45	55
R_3, *Ом*	20	40	50	45	65	75	15	25	30	55
L_2, *Гн*	0,15	0,2	0,25	0,3	0,2	0,25	0,3	0,15	0,35	0,25
C_3, *мкФ*	200	250	300	700	400	350	450	150	100	200