

### Приклад 1.

Дві повітряні лінії без втрат, параметри яких приведені на Рис. III, а з'єднані між собою, працюють на частоті  $f = 0.5 \cdot 10^8$  (Гц). В кінці другої лінії ввімкнений вольтметр (режим розриву), в кінці першої – амперметр (коротке замикання).

Визначити покази приладів і побудувати діаграми розподілу діючих значень напруги та струму уздовж ліній.

$$1. \lambda = V_{\phi} T = \frac{V_{\phi}}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{0.5 \cdot 10^8} = 6(\text{м}), \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{6} = \frac{\pi}{3} (\text{рад}/\text{м})$$

$$2. Z_{\text{ex}1} = jZ_{c1} \operatorname{tg}(\beta l_1) = j600 \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{3} \cdot 0.25\right) = j160.77 = 160.77 e^{j90^\circ} (\text{Ом}).$$

$$3. Z_{\text{ex}2} = -j \frac{Z_{c2}}{\operatorname{tg}(\beta l_2)} = -j \frac{400}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{3} \cdot 1.75\right)} = j107.18 = 107.18 e^{90^\circ} (\text{Ом}).$$

$$4. \dot{I}_{11} = \frac{\dot{E}}{Z_{\text{ex}1}} = \frac{500}{160.77 e^{j90^\circ}} = 3.11 e^{-j90^\circ} (\text{А}). \quad 5. \dot{I}_{12} = \frac{\dot{E}}{Z_{\text{ex}2}} = \frac{500}{107.18 e^{j90^\circ}} = 4.67 e^{-j90^\circ} (\text{А}).$$

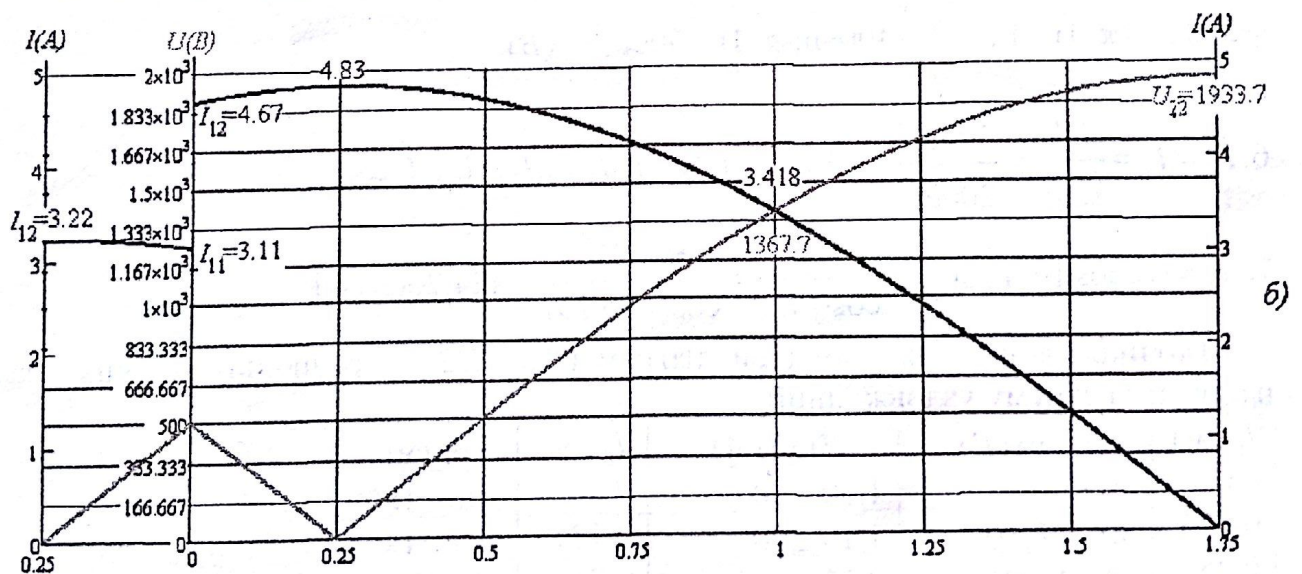
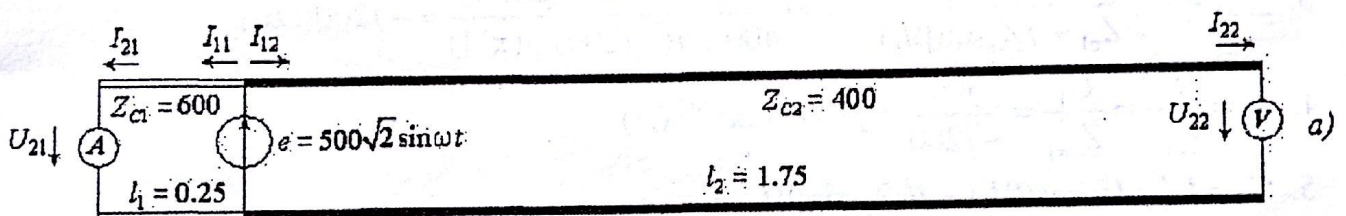


Рис. III

$$6. \dot{I}_{21} = -j \frac{E}{Z_{c1}} \sin(\beta l_1) + \dot{I}_1 \cos(\beta l_1) = -j \frac{500}{600} \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot 0.25\right) + (-j3.11) \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot 0.25\right) = 3.22 e^{-90^\circ} (\text{А}). \quad A = 3.22 (\text{А}).$$

$$\dot{U}_{21} = \dot{E} \cos(\beta l_1) - j \dot{I}_1 Z_{c1} \sin(\beta l_1) = 500 \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot 0.75\right) - j3.11 e^{-j90^\circ} \cdot 600 \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot 0.75\right) = 0 (\text{В}).$$

$$7. \dot{U}_{22} = \dot{E} \cos(\beta l_2) - j \dot{I}_2 Z_{c2} \sin(\beta l_2) =$$



$$= 500 \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot 1.75\right) - j4.67e^{-j90^\circ} \cdot 400 \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot 1.75\right) = 1933.7e^{-j180^\circ} (B). \quad V = 1933.7(B).$$

$$8. \dot{I}_{22} = -j \frac{E}{Z_{c2}} \sin(\beta l_2) + \dot{I}_2 \cos(\beta l_2) = -j \frac{500}{400} \sin\left(\frac{\pi}{3} \cdot 1.75\right) + (-j4.67) \cos\left(\frac{\pi}{3} \cdot 1.75\right) = 0(A).$$

Самостійно перевірити побудовану діаграму (Рис. П1, б).

### Приклад 2.

Дві повітряні лінії без втрат, параметри яких приведені на Рис. П2, а з'єднані між собою, працюють на частоті  $f = 1.5 \cdot 10^8$  (Гц). В кінці другої лінії ввімкнений вольтметр (режим розриву).

Визначити покази вольтметра і побудувати діаграми розподілу діючих значень напруги та струму уздовж ліній.

$$1. \lambda = V_\phi T = \frac{V_\phi}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.5 \cdot 10^8} = 2(м), \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{2} = \pi (рад/м)$$

$$2. \underline{Z}_{\pi 1} = \underline{Z}_{\pi 2} = -\frac{jZ_{c2}}{\operatorname{tg}(\beta l_2)} = -\frac{j200}{\operatorname{tg}(\pi \cdot 0.25)} = -j200 = 200e^{-j90^\circ} (Ом).$$

$$3. \underline{Z}_{\pi 1} = Z_{c1} \frac{\underline{Z}_{\pi 1} + jZ_{c1} \operatorname{tg}(\beta l_1)}{Z_{c1} + j\underline{Z}_{\pi 1} \operatorname{tg}(\beta l_1)} = 400 \frac{-j200 + j400 \operatorname{tg}(\pi \cdot 1)}{400 + j(-j200) \operatorname{tg}(\pi \cdot 1)} = -j200(Ом).$$

$$4. \dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{\underline{Z}_{\pi 1}} = \frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_{\pi 1}} = \frac{300}{-j200} = j1.5 = 1.5e^{j90^\circ} (A).$$

$$5. \dot{U}_2 = \dot{U}_1' = \dot{U}_1 \cos(\beta l_1) - j\dot{I}_1 Z_{c1} \sin(\beta l_1) = \\ = 300 \cos(\pi \cdot 1) - \underbrace{1.5e^{j90^\circ} \cdot 400 \sin(\pi \cdot 1)}_0 = 300e^{j180^\circ} (B).$$

$$6. \dot{I}_2 = \dot{I}_1' = \frac{\dot{U}_1'}{\underline{Z}_{\pi 2}} = \frac{300e^{180^\circ}}{200e^{-90^\circ}} = 1.5e^{-90^\circ} (A) \quad I_{11} I_{12} I_{21} I_{22} \quad U_{21} U_{22}$$

$$7. \dot{U}_1' = \dot{U}_2' \cos(\beta l_2); \quad \dot{U}_2' = \frac{\dot{U}_1'}{\cos(\beta l_2)} = \frac{300e^{180^\circ}}{\cos(\pi \cdot 0.25)} = 424.26(B) = V.$$

Таблиця даних для побудови діаграм (Рис. П2, б) розподілу діючих значень напруги та струму уздовж ліній.

$l_1 (м)$	$\dot{U}(x) (B)$	$\dot{I}(x) (A)$	$l_2 (м)$	$\dot{U}(x) (B)$	$\dot{I}(x) (A)$
0.0	$300 \angle 0^\circ$	$1.50 \angle 90^\circ$	0.0	$300 \angle 180^\circ$	$1.50 \angle -90^\circ$
0.125	$506.77 \angle 0^\circ$	$1.10 \angle 90^\circ$	0.125	$391 \angle 180^\circ$	$0.81 \angle -90^\circ$
0.25	$636.4 \angle 0^\circ$	$0.53 \angle 90^\circ$	0.25	$424.26 \angle 180^\circ$	0.0
0.375	$669.13 \angle 0^\circ$	$0.12 \angle -90^\circ$			
0.5	$600 \angle 0^\circ$	$0.75 \angle -90^\circ$			
0.625	$439.52 \angle 0^\circ$	$1.27 \angle -90^\circ$			
0.75	$212.13 \angle 0^\circ$	$1.59 \angle -90^\circ$			
0.875	$47.55 \angle 180^\circ$	$1.67 \angle -90^\circ$			
1.0	$300 \angle 180^\circ$	$1.50 \angle -90^\circ$			



$$\begin{aligned} \dot{U}(x) = 0 = \dot{U}_1 \cos(\beta x) - j\dot{I}_1 Z_{c1} \sin(\beta x); \quad 0 = 300 \cos(\beta x) - j1.5e^{j90^\circ} \cdot 400 \sin(\beta x); \\ -300 \cos(\beta x) = -j600e^{j90^\circ} \sin(\beta x) = 600 \sin(\beta x); \quad -\frac{300}{600} = \operatorname{tg}(\beta x); \quad -0.5 = \operatorname{tg}(\beta x); \\ -0.5 = \operatorname{tg}(\pi x); \quad x = \frac{\arctg(-0.5) + \pi}{\pi} = \frac{-0.463647 + \pi}{\pi} = \frac{2.677945}{\pi} = 0.852416(\text{м}). \\ I = 0 \text{ при } x - \frac{\lambda}{4} = 0.852 - \frac{2}{4} = 0.352(\text{м}). \end{aligned}$$

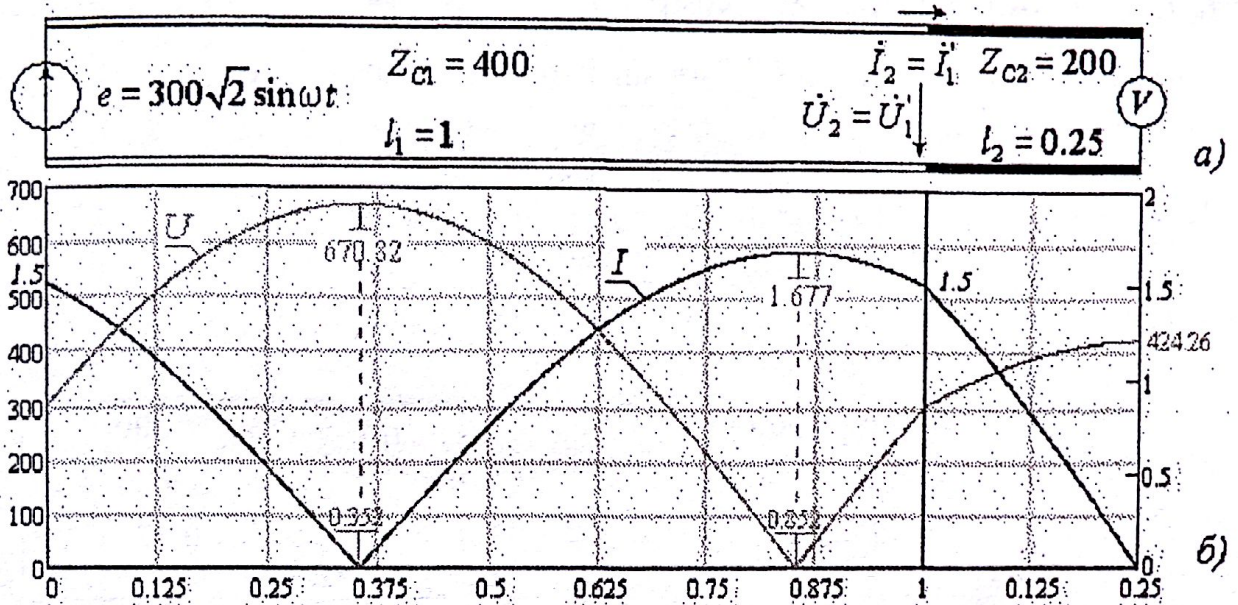


Рис. 12

### Приклад 3.

В електричному колі (Рис. ПЗ. а)  $f = 1.5 \cdot 10^8 (\text{Гц})$ ,  $V = 3 \cdot 10^8 (\text{м/с})$ . Визначити покази вольтметра та ємність конденсатора  $C$  при  $I = 0$ . (Резонанс струмів)  
Побудувати  $U(x)$ ,  $I(x)$ .

$$1. \lambda = \frac{V}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.5 \cdot 10^8} = 2 \text{ м}, \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{2} = \pi (\text{рад/м}).$$

$$1. \lambda = \frac{V}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{1.5 \cdot 10^8} = 2 \text{ м}, \quad \beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{2} = \pi (\text{рад/м}).$$

$$2. \underline{Z}_{\text{BX1}} = -j \frac{Z_{c1}}{\operatorname{tg}(\beta \cdot l_1)} = -j \frac{500}{\underbrace{\operatorname{tg}(\pi \cdot 1.15)}_{0.5095}} = -j981.305 = 981.305e^{-j90^\circ} \text{ Ом},$$

$$\underline{Z}_{\text{BX2}} = j981.305 = 981.305e^{j90^\circ} \text{ Ом}.$$

$$3. \underline{Z}_{\text{BX2}} = Z_{c2} \frac{-jX_c + jZ_{c2}\operatorname{tg}(\beta \cdot l_2)}{Z_{c2} + j(-jX_c)\operatorname{tg}(\beta \cdot l_2)} = 300 \frac{-jX_c + j300 \overbrace{\operatorname{tg}(\pi \cdot 0.47)}^{10.579}}{300 + j(-jX_c) \underbrace{\operatorname{tg}(\pi \cdot 0.47)}_{10.579}} = j981.305,$$

$$300(-jX_c + j3173.67) = j981.305(300 + X_c \cdot 10.579),$$

$$-j300X_c + j952100.56 = j294391.6 + j10381.23X_c, \quad j657709.4 = j10681.23X_c$$

$$4. X_c = \frac{657709.4}{10681.23} = 61.576 \text{ Ом}. \quad C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi \cdot 1.5 \cdot 10^8 \cdot 61.576} = 1.723 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}.$$

$$5. \dot{I}_{11} = \frac{\dot{E}}{Z_{\text{bx1}}} = \frac{100}{981.305e^{-j90^\circ}} = 0.102e^{j90^\circ} \text{ A}, \dot{I}_{21} = \frac{\dot{E}}{Z_{\text{bx2}}} = \frac{100}{981.305e^{j90^\circ}} = 0.102e^{-j90^\circ} \text{ A}.$$

$$\dot{U}_{21} = \dot{E} \cos(\beta \cdot l_1) - j\dot{I}_{11} \cdot Z_{C1} \cdot \sin(\beta \cdot l_1) = 100 \underbrace{\cos(\pi \cdot 1.15)}_{-0.891} - j0.102e^{j90^\circ} \cdot 500 \underbrace{\sin(\pi \cdot 1.15)}_{-0.454} =$$

$$= -112.254 = 112.254e^{j180^\circ} \text{ B} = V. \quad \dot{I}_{21} = -\frac{\dot{E}}{Z_{C1}} \sin(\beta \cdot l_1) + \dot{I}_{11} \cos(\beta \cdot l_1) = 0.$$

$$6. \dot{U}_{22} = \dot{E} \cos(\beta \cdot l_2) - j\dot{I}_{12} \cdot Z_{C2} \cdot \cos(\beta \cdot l_2) =$$

$$= 100 \underbrace{\cos(\pi \cdot 0.47)}_{9.41 \cdot 10^{-2}} - j0.102e^{-j90^\circ} \cdot 300 \underbrace{\sin(\pi \cdot 0.47)}_{0.996} = 21.053e^{j180^\circ} \text{ B}.$$

$$\dot{I}_{22} = -j\frac{\dot{E}}{Z_{C2}} \sin(\beta \cdot l_2) + \dot{I}_{12} \cos(\beta \cdot l_1) = -j\frac{100}{300} \sin(\pi \cdot 0.47) + 0.102e^{-j90^\circ} \cos(\pi \cdot 0.47) =$$

$$= 0.341e^{-j90^\circ} \text{ A}.$$

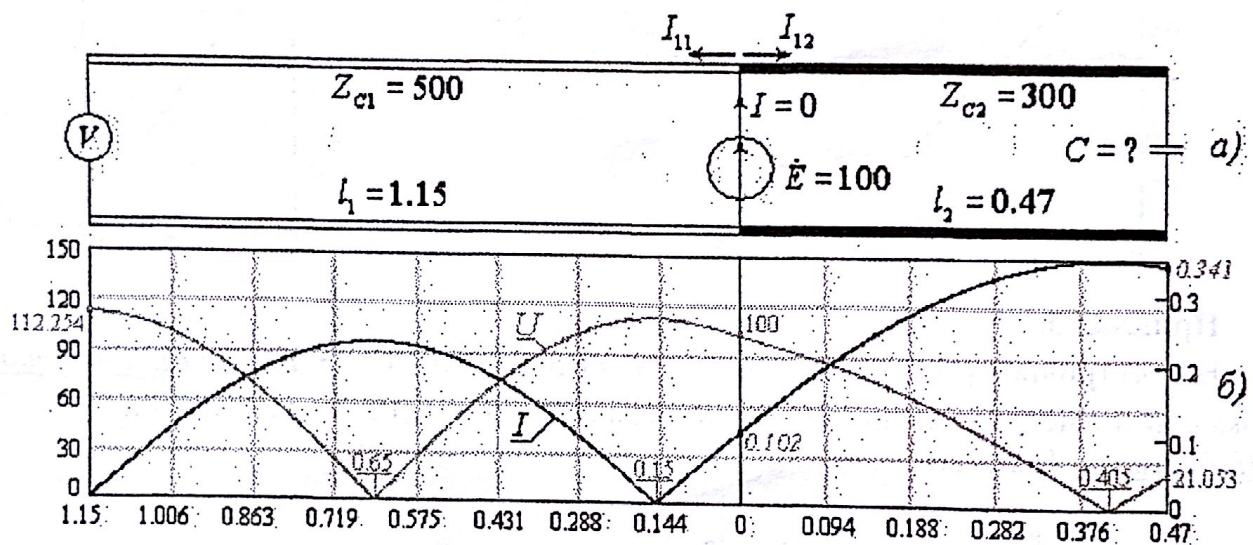


Рис. ПЗ

Самостійно перевірити побудовану діаграму (Рис. ПЗ, б).

Для першої лінії:

$$\dot{U}(x) = 0 = \dot{E} \cos(\beta x) - j\dot{I}_{11} Z_{C1} \sin(\beta x); \quad 0 = 100 \cos(\beta x) - j0.102 \angle 90^\circ \cdot 500 \sin(\beta x);$$

$$-100 \cos(\pi x) = 0.102 \cdot 500 \sin(\pi x); \quad -\frac{100}{0.102 \cdot 500} = \tan(\pi x); \quad -1.960784314 = \tan(\pi x);$$

$$x = \frac{\arctan(1.960784314) + \pi}{\pi} = 0.6501198977(\text{м}) \approx 0.650(\text{м}).$$

Для другої лінії:

$$\dot{U}(x) = 0 = \dot{E} \cos(\beta x) - j\dot{I}_{12} Z_{C2} \sin(\beta x); \quad 0 = 100 \cos(\beta x) - j0.102 \angle -90^\circ \cdot 300 \sin(\beta x);$$

$$-100 \cos(\pi x) = -0.102 \cdot 300 \sin(\pi x); \quad \frac{100}{0.102 \cdot 300} = \tan(\pi x); \quad 3.267973856 = \tan(\pi x);$$

$$x = \frac{\arctan(3.267973856)}{\pi} = 0.405477(\text{м}) \approx 0.405(\text{м}).$$