

פתרון מבחן מה"ט

תורת החשבון

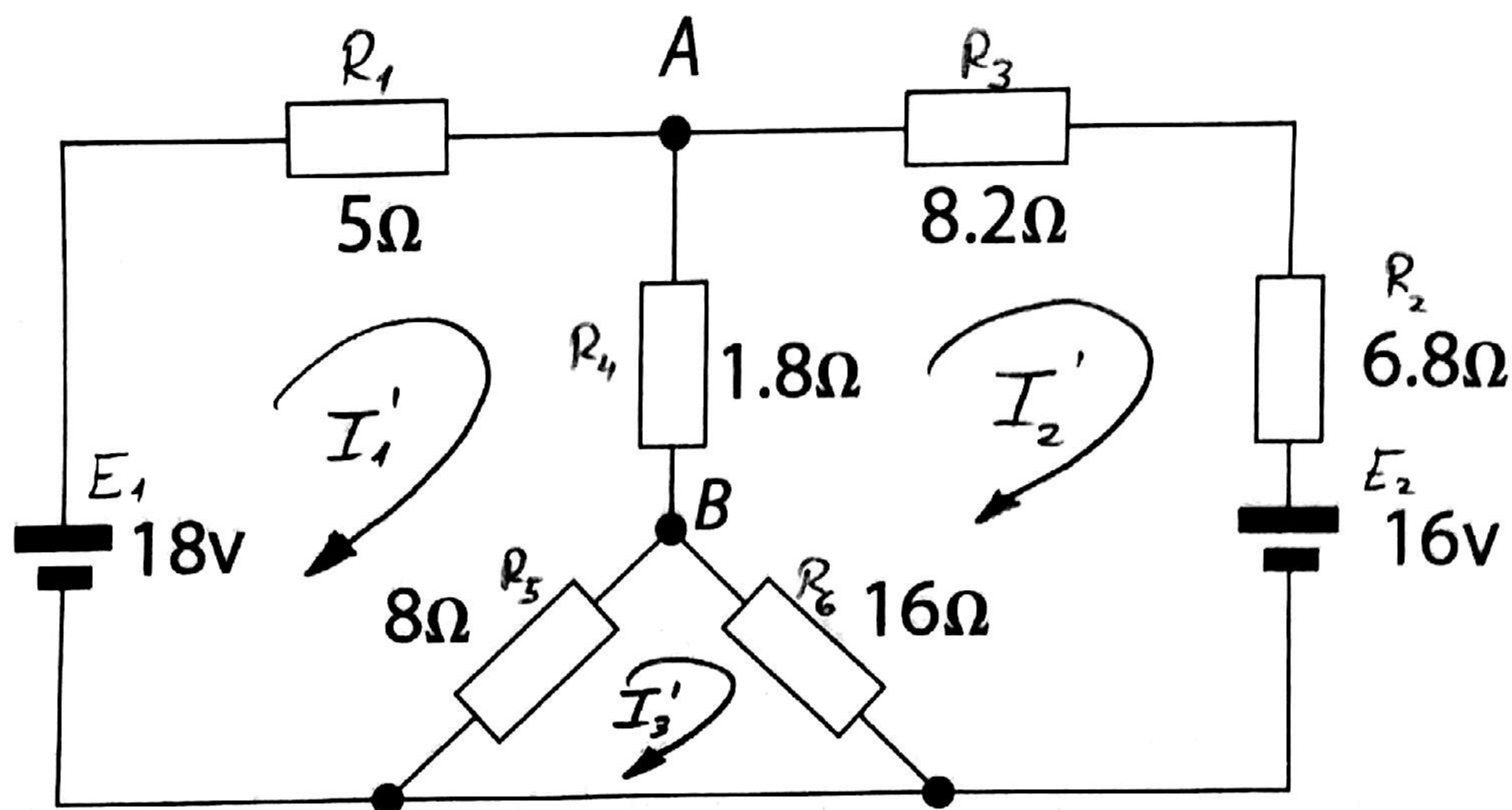
קיץ 2017

מיון
ל

פתר: אבי יומטוביאן
yomtov7@gmail.com

©

כל הזכויות שמורות



Ⓔ) נתון מעגל חשמלי כזה, נמצא את מתח U_{AB} בין נקודות A ו-B.

$$\begin{cases} +R_{11}I_1' - R_{12}I_2' - R_{13}I_3' = E_1' \\ -R_{21}I_1' + R_{22}I_2' - R_{23}I_3' = E_2' \\ -R_{31}I_1' - R_{32}I_2' + R_{33}I_3' = E_3' \end{cases} \Rightarrow \begin{aligned} R_{11} &= 5 + 1.8 + 8 = 14.8\Omega \\ R_{22} &= 1.8 + 8.2 + 6.8 + 16 = 32.8\Omega \\ R_{33} &= 8 + 16 = 24\Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} +14.8I_1' - 1.8I_2' - 8I_3' &= 18 \\ -1.8I_1' + 32.8I_2' - 16I_3' &= -16 \\ -8I_1' - 16I_2' + 24I_3' &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{12} &= R_{21} = 1.8\Omega & E_1' &= 18V \\ R_{13} &= R_{31} = 8\Omega & E_2' &= -16V \\ R_{23} &= R_{32} = 16\Omega & E_3' &= 0V \end{aligned}$$

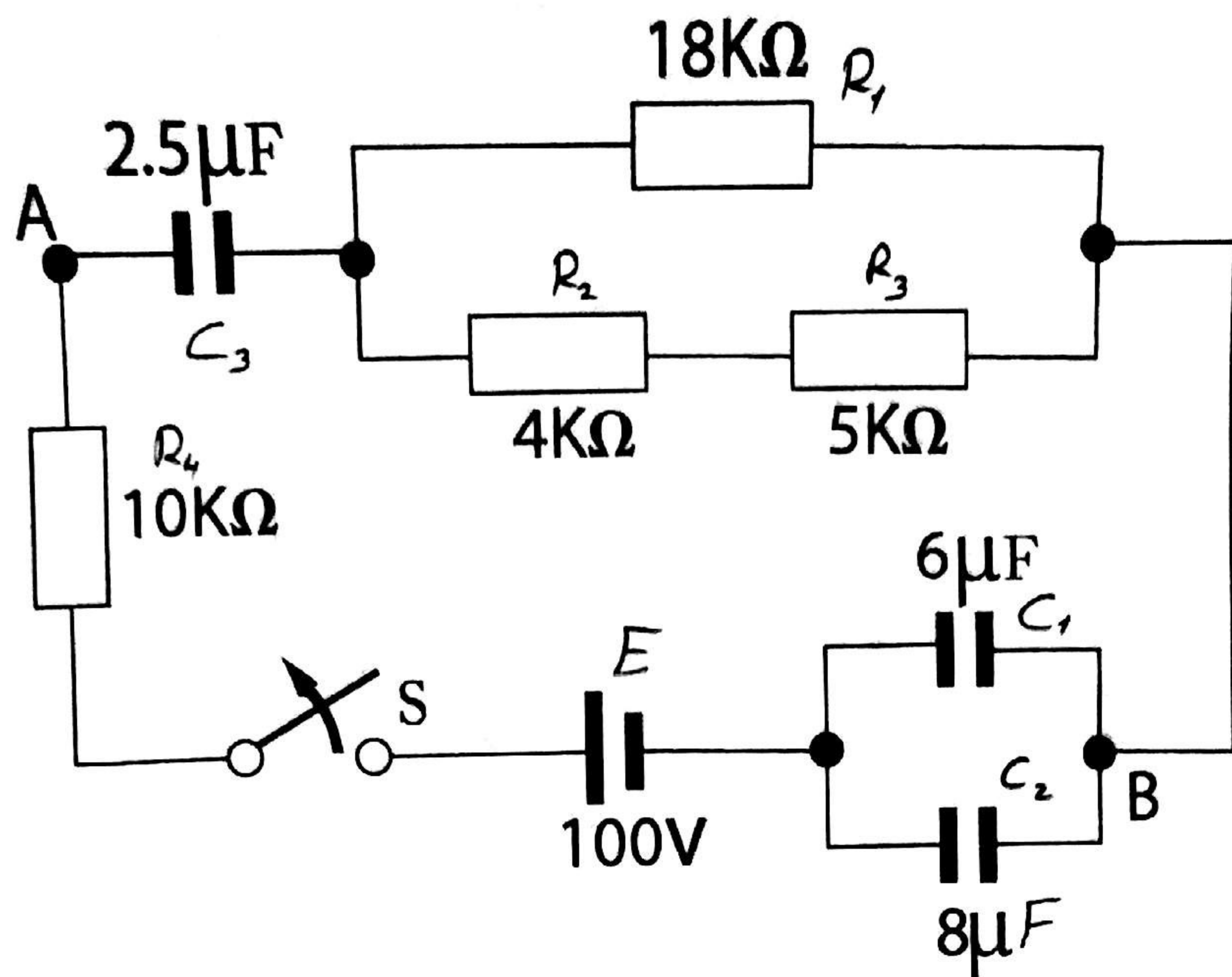
$$I_1' = 1.305A \quad I_2' = -0.302A \quad I_3' = 0.234A$$

$$U_{AB} = U_{R_4} = \overbrace{(I_1' - I_2')}^{I_{R_4}} \cdot R_4 = (1.305 + 0.302) \cdot 1.8 = 1.607 \cdot 1.8 = 2.892V$$

Ⓕ) נתון מעגל חשמלי כזה, נמצא את ההספק P_T של מקורות המתח.

$$\begin{aligned} P_{E_1} &= I_1' \cdot E_1 = 1.305 \cdot 18 = 23.49W \quad (\text{ק"ו}) \\ P_{E_2} &= -I_2' \cdot E_2 = 0.302 \cdot 16 = 4.832W \quad (\text{ק"ו}) \end{aligned}$$

$$P_T = P_{E_1} + P_{E_2} = 28.322W$$



2

א) ברגע $t=0$, כעומת פר סגירת החסך, הקבצים מתפזרים ב-3 יי, ולכן נניח כי מוצג המכשיר יקבע עכשיו, ונזכר כי:

$$R_T = [(R_2 + R_3) \parallel R_1] + R_4 =$$

$$= \left[\frac{1}{4+5} + \frac{1}{18} \right]^{-1} + 10 = 6 + 10 = 16 \text{ k}\Omega$$

$\Downarrow$

$$i(t=0^+) = \frac{E}{R_T} = \frac{100}{16 \cdot 10^3} = 6.25 \text{ mA},$$

ב) לאחר זמן יב, כעומת $t \rightarrow \infty$, הקבצים מתפזרים ב-3 יי, ולכן הוצג המכשיר הוא:

$$i(t \rightarrow \infty) = 0 \text{ A},$$

ג) ברגע אחר שית קבוצ הזמן τ , יש עכשיו את המוצג, המוצג המורה תבנית, שהיה:

$$\tau = R_{TH} \cdot C_T$$

$\Downarrow$

$$C_T = (C_1 \parallel C_2) \rightarrow C_3 = (6+8) \rightarrow 2.5 = \left(\frac{1}{14} + \frac{1}{2.5} \right)^{-1} = 2.121 \mu\text{F}$$

קד עכשיו ש $E_{TH} = 100\text{V}$ (א עיו עכשיו) ו- $R_{TH} = R_T = 16 \text{ k}\Omega$ (ההמשגות ע- C_T יוצא ה-), ולכן:

$$\tau = R_{TH} \cdot C_T = 16 \cdot 10^3 \cdot 2.121 \cdot 10^{-6} = 33.94 \text{ msec},$$

3

$$A_1 = 12.5 \text{ cm}^2 = 12.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$l_1 = 20 \text{ cm} = 20 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$\mu_{r1} = 100$$

$$\textcircled{b} A_0 = 12.5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$l_0 = 1.2 \text{ mm} = 1.2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\mu_{r0} = 1$$

$$R_{m1} = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_{r1}} \cdot \frac{l_1}{A_1} = \frac{1}{100 \mu_0} \cdot \frac{20 \cdot 10^{-2}}{12.5 \cdot 10^{-4}} = 1.273 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

$$R_{m0} = 0.764 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

$$\textcircled{c} R_{mT} = R_{m1} + R_{m0} = 1.273 + 0.764 = 2.037 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

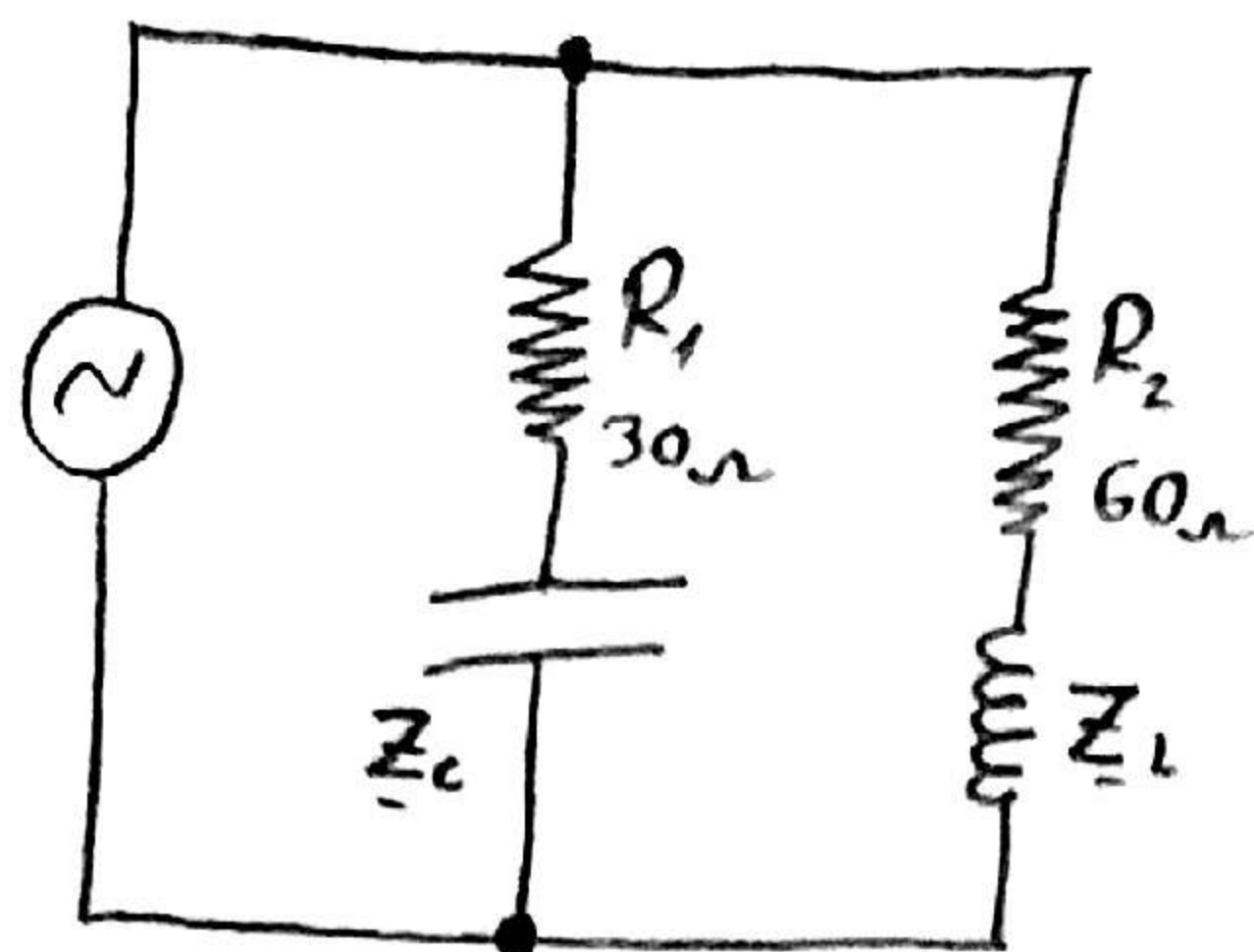
$$\Phi = 800 \mu \text{Wb}$$

$$F_{mm} = \Phi \cdot R_{mT} = 800 \cdot 10^{-6} \cdot 2.037 \cdot 10^6 = 1629.6 \text{ A, (כח"מ)}$$

① שלל אנלי מטרנה בזמן, הצורה ביקר חומר בח-מנלי, אורס לפי חוק פארב", לפכ"ל מושרה בזמן החומר. כמובנה מנקר מנצרים בחומר הל"בה לוחים, הסובבים לאורך קוויס זקומים בכס נפת החומר. לוחים אלו קרואים לוחי מטרבולט או לוחי סו-קין (ז"ס הפקט' שגלה תופזה זו, וכן מצב את מהירות האור).
 לוחים אלה שנים יצורים בהתקנים מאלים רבים, כבוצמט שגליס, כי הם לוחים להחממת יבה של הל"בה נוסף זל כק, לוחים אלה זורים הל"בה שלל מנלי משלים, הצלול לטפס את נטנ' הטיפכון של ההתקן המנלי.
 ז"י האוקה אלמיות מתבת רבות וזקות, אשר ממוכנות זו מזו ז"י ש"כבת לכה, נקבה התגלות שמאלית לבולה, וכן מסעל לוחים איוק יותר, צובכה המקלטה את לוחי פוקו ומחלשה את השפעתם.

בקיצור מרש: ז"י שימוש בלוחות מיונקים ומבוצבים, מנצלים את ההתגלות השמאלית של הל"בה, וז"י כן מקלנים את השפעת לוחי פוקו.

4



$$L = 0.2 \text{ H}$$

$$C = 15 \mu\text{F}$$

③ בדיקת תנאי מתאם למחזוריות של מקור מתח: P :

$$Z_T = (R_T \pm jX_T)$$

לשם כך נבדוק את התנאי של התאם למחזוריות של מקור מתח, ונחשב את התנאי למחזוריות.

התנאי למחזוריות של מקור מתח (מחזוריות מתח) הוא:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot \sqrt{\frac{R_0^2 - R_2^2}{R_0^2 - R_1^2}}, \quad R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$\Downarrow$

$$\textcircled{2} \quad R_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = \sqrt{\frac{0.2}{15 \cdot 10^{-6}}} = 115.47 \Omega \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{0.2 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}} \cdot \sqrt{\frac{115.47^2 - 60^2}{115.47^2 - 30^2}} = 510.83 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = 81.3 \text{ Hz}$$

④ נשם את התנאי למחזוריות של מקור מתח:

$$Z_T = (R_1 + Z_C) \parallel (R_2 + Z_L)$$

$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$
 $30 \Omega \quad 60 \Omega \quad j\omega_0 L = j102.166 \Omega$
 $\downarrow$
 $-j\frac{1}{\omega_0 C} = -j130.5 \Omega$

מכיוון $!0 \Omega$

$$Z_T = \left[\frac{1}{30 - j130.5} + \frac{1}{60 + j102.166} \right]^{-1} = (168.143 - j0.009) \Omega = 168.143 \angle -0.003^\circ \Omega = 168.143 \Omega //$$

5

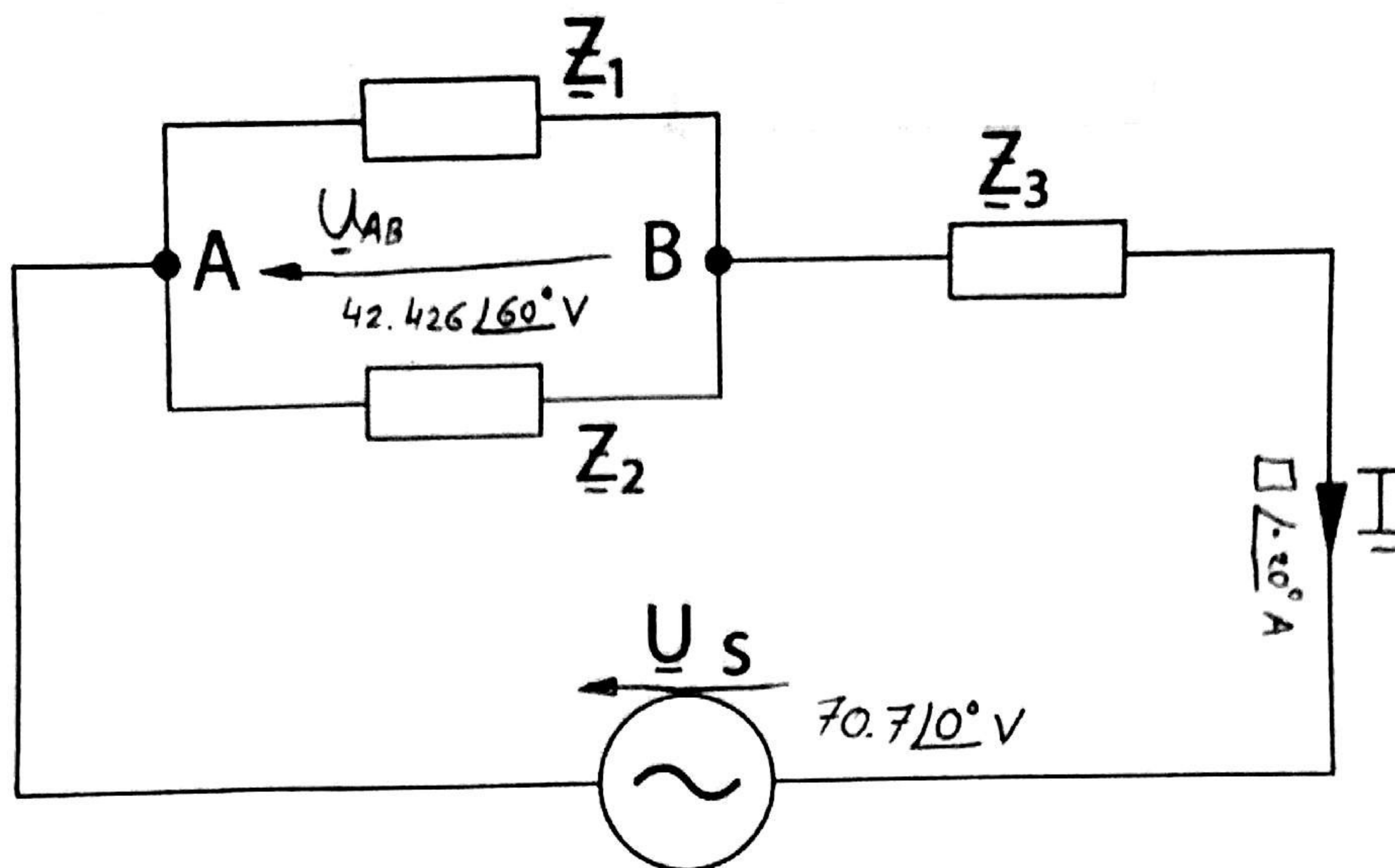
הצורה: את כל החישובים יש לערוך במחלק RAD
במחלק, שהרי הצורה המתקבלת מהכפלה היא - ω
בזמן! הא ברציפות!

$$\textcircled{b} \quad \left[t = 0.2 \text{ msec} \right] + \begin{cases} U_1 = 7.5 \cdot \sin(1000 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3}) \approx 1.5 \text{ V} \\ U_2 = 5 \cdot \sin(600 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3}) \approx 0.6 \text{ V} \\ U_3 = 3 \cdot \sin(300 \cdot 0.2 \cdot 10^{-3}) \approx 0.18 \text{ V} \end{cases}$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 2.28 \text{ V,,}$$

$\Downarrow$

$$\textcircled{c} \quad i_R(t = 0.2 \text{ msec}) = \frac{U}{R} = \frac{2.28}{50} = 45.6 \text{ mA}$$



6

⑥ $(\phi_{Z_1} = +20^\circ)$ זכור $\phi_{Z_1} = 20^\circ \Rightarrow$ הנדסה חשמלית פרק 6

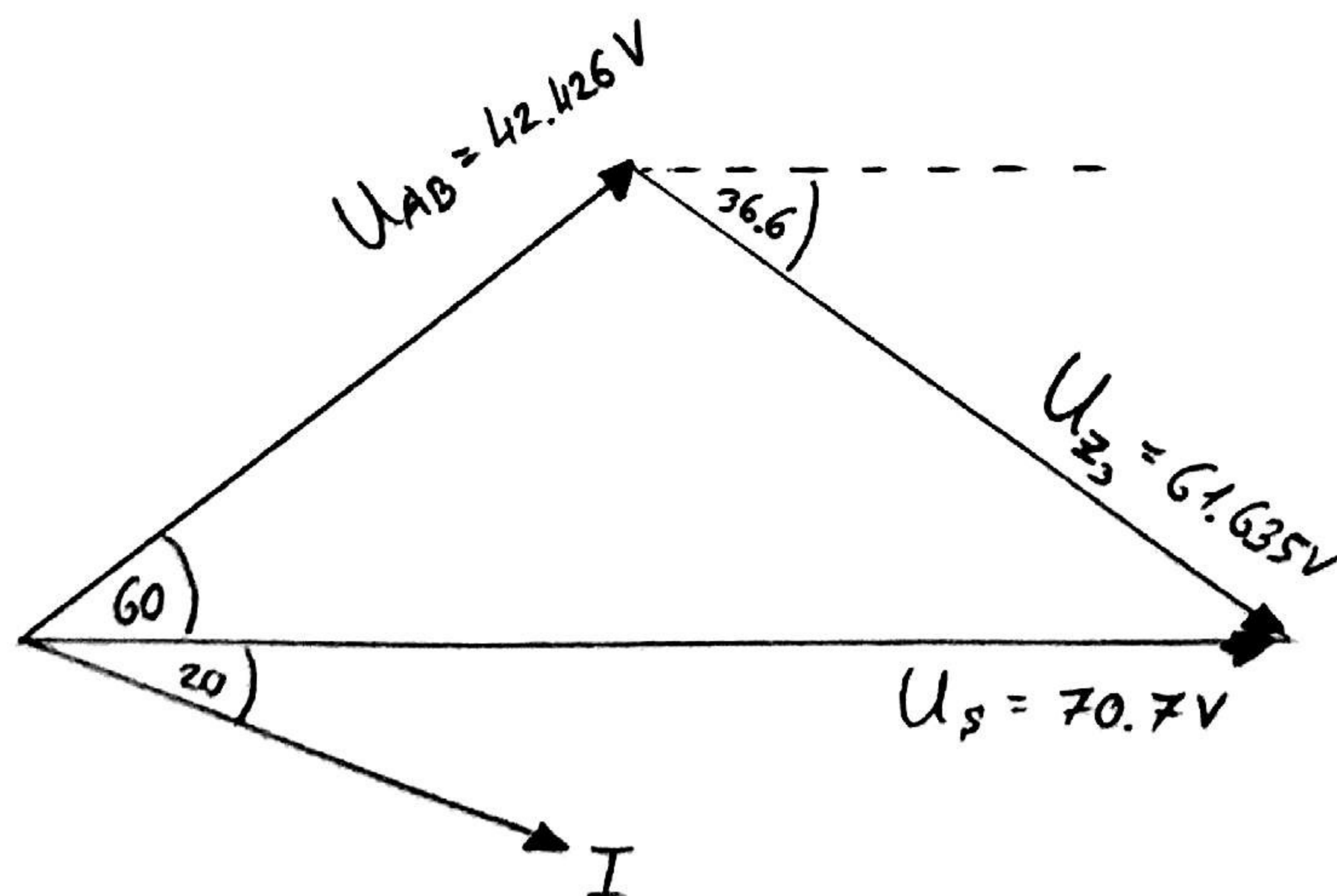
$$\textcircled{2} \quad \underline{U}_s = \frac{100}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ = 70.7 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$\underline{U}_{AB} = \frac{60}{\sqrt{2}} \angle 60^\circ = 42.426 \angle 60^\circ \text{ V}$$

$\Downarrow$

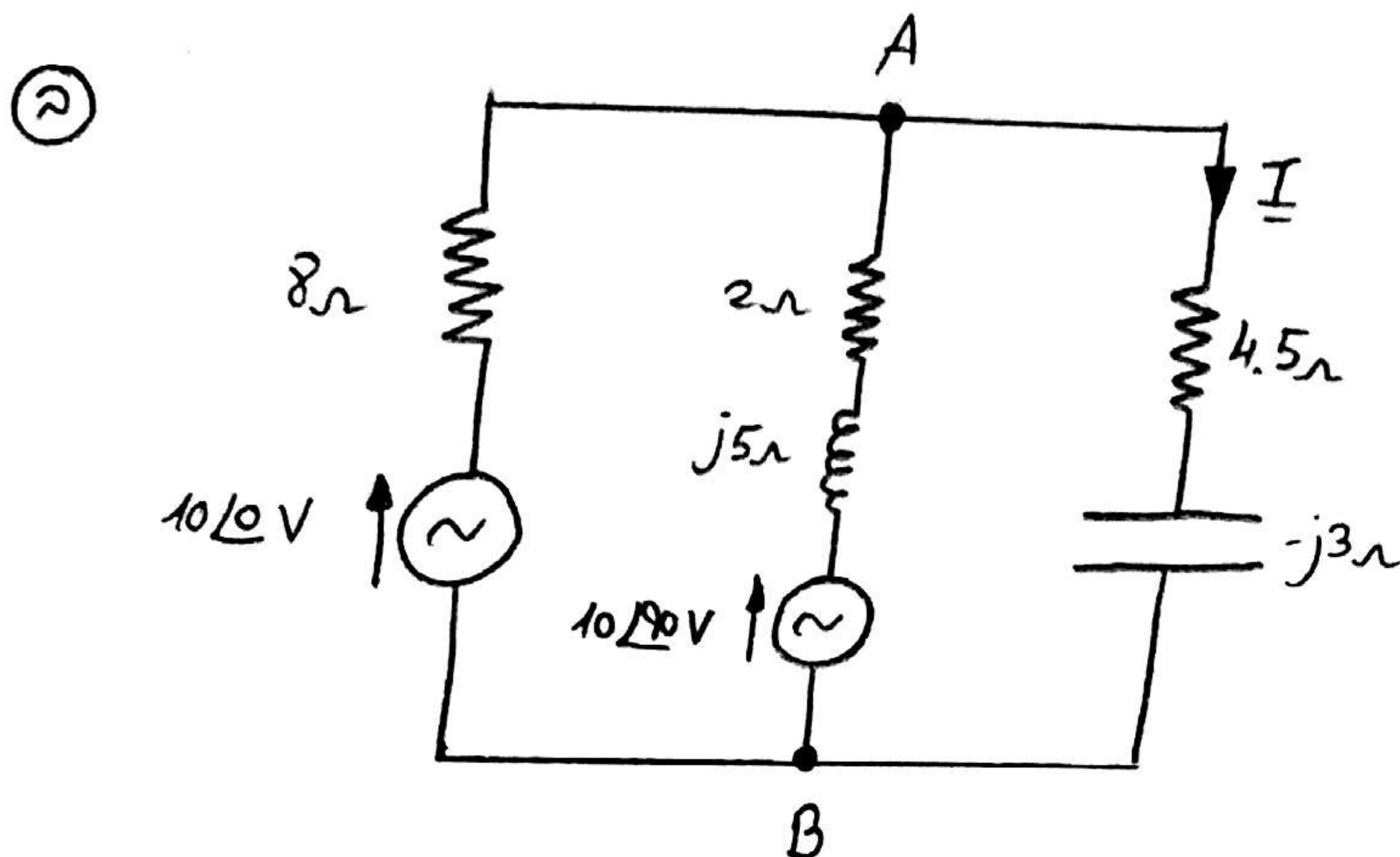
$$\underline{U}_{Z_3} = \underline{U}_s - \underline{U}_{AB} = 70.7 \angle 0^\circ - 42.426 \angle 60^\circ = 61.635 \angle -36.6^\circ \text{ V}$$

⑦



7

$$\textcircled{b} \quad \underline{U}_{AB} = \frac{\frac{10 \angle 0}{5+3} + \frac{10 \angle 90}{2+j5}}{\frac{1}{5+3} + \frac{1}{2+j5}} = 11.764 \angle 54.6^\circ \text{ V},$$



$$\underline{U}_{AB} = \frac{\frac{10 \angle 0}{8} + \frac{10 \angle 90}{2+j5}}{\frac{1}{8} + \frac{1}{2+j5} + \frac{1}{4.5-j3}} = 8.606 \angle 24.4^\circ \text{ V},$$

$\Downarrow$

$$\textcircled{c} \quad \underline{I} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_{AB}} = \frac{8.606 \angle 24.4}{4.5-j3} = 1.591 \angle 58.1^\circ \text{ A}$$

$\Downarrow$

$$\varphi_u = 24.4^\circ \quad \varphi_I = 58.1^\circ$$

$\Downarrow$

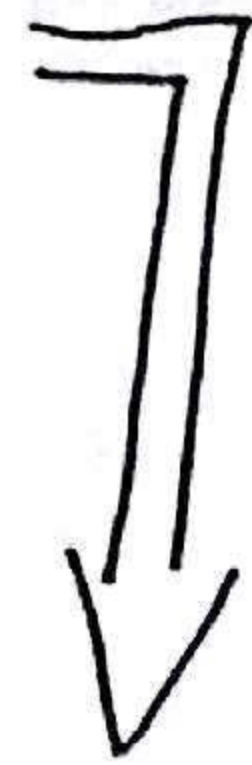
$$\varphi_u - \varphi_I = -33.7^\circ$$

② נמצא את הזרמים בזכרית המסלול (Z_1) יש להוסיף את P ואת N :

$$\underline{I}_{ab} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\underline{Z}_1} = \frac{240 \angle 0^\circ}{12 \angle 30^\circ} = 20 \angle -30^\circ \text{ A,,}$$

$$\underline{I}_{bc} = \frac{\underline{U}_{BC}}{\underline{Z}_1} = \frac{240 \angle -120^\circ}{12 \angle 30^\circ} = 20 \angle -150^\circ \text{ A,,}$$

$$\underline{I}_{ca} = \frac{\underline{U}_{CA}}{\underline{Z}_1} = \frac{240 \angle 120^\circ}{12 \angle 30^\circ} = 20 \angle 90^\circ \text{ A,,}$$



③ כ'כ'ז'ז זרם קו בת'ב'ור מסלול נכ'ס פ' $\sqrt{3}$ מ'ר'ר הפ'א'ז'ר, ו'ת'א N א'ח'ר'ן -30° :

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{Ph}$$

$$\phi_{I_L} = \phi_{I_{Ph}} - 30^\circ$$



$$\underline{I}_a = \sqrt{3} \cdot \underline{I}_{ab} \angle -30^\circ - 30^\circ = 34.64 \angle -60^\circ \text{ A,,}$$

$$\underline{I}_b = \sqrt{3} \cdot \underline{I}_{bc} \angle -150^\circ - 30^\circ = 34.64 \angle -180^\circ \text{ A,,}$$

$$\underline{I}_c = \sqrt{3} \cdot \underline{I}_{ca} \angle 90^\circ - 30^\circ = 34.64 \angle 60^\circ \text{ A,,}$$



ו'ז'ל פ' ש'מ'ש בת'י'ן ק'ר'כ'ה'ש' ל'ז'ר'מ'ס' ל'כ'ס' ק'ו'צ'ר' ק'ב'ס':

$$\underline{I}_A = \underline{I}_a + \underline{I}_{Z_2} = 34.64 \angle -60^\circ + 27.712 \angle -75^\circ = 61.825 \angle -66.6^\circ \text{ A,,}$$

$$\underline{I}_B = \underline{I}_b + \underline{I}_{Z_2} = 34.64 \angle -180^\circ + 27.712 \angle -195^\circ = 61.825 \angle 173.3^\circ \text{ A,,}$$

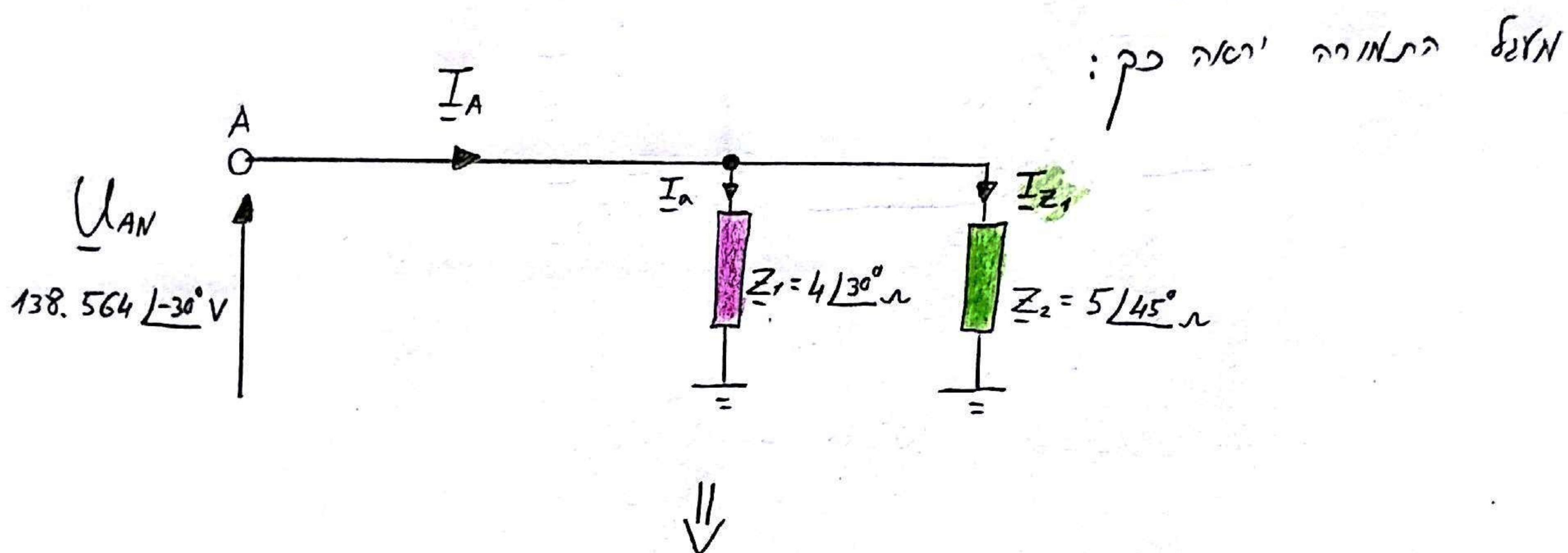
$$\underline{I}_C = \underline{I}_c + \underline{I}_{Z_2} = 34.64 \angle 60^\circ + 27.712 \angle 45^\circ = 61.825 \angle 53.3^\circ \text{ A,,}$$

ניתן לפתור שאלה זו גם באמצעות שימוש בשלר "מחולק חצ פאזי שקול":
מכיוון שכל צעזוע המסלול זהה, ניתן להאירו לכוכה שזיק צעזוע המתקבלת
הוא:

$$\underline{Z}_1 = \frac{\underline{Z}_1}{3} = \frac{12 \angle 30^\circ}{3} = 4 \angle 30^\circ \Omega$$

בהיבט כוכב, מתח הקו גדול פי $\sqrt{3}$ ממתח הפאזה, והוא 173.2 V אילו 100 V, 30° ,
ולכן מתח הפאזה שנקח למחולק התמורה יהיה:

$$\underline{U}_{AN} = \frac{\underline{U}_{AB}}{\sqrt{3}} \angle -30^\circ = 138.564 \angle -30^\circ \text{ V}$$



$$+ \begin{cases} \underline{I}_a = \frac{\underline{U}_{AN}}{\underline{Z}_1} = \frac{138.564 \angle -30^\circ}{4 \angle 30^\circ} = 34.64 \angle -60^\circ \text{ A} \\ \underline{I}_{Z1} = \frac{\underline{U}_{AN}}{\underline{Z}_2} = \frac{138.564 \angle -30^\circ}{5 \angle 45^\circ} = 27.712 \angle -75^\circ \text{ A} \end{cases}$$

$$\underline{I}_A = 61.825 \angle -66.6^\circ \text{ A},$$

זהו כי כללי הסמל כ"ה ניתן לקבל בקלות את סכום זרמי $\underline{Z}_1$
ו- $\underline{Z}_2$, וכן את זרמי הקו:

$$\underline{I}_B = 61.825 \angle 173.3^\circ \text{ A},$$

$$\underline{I}_C = 61.825 \angle 53.3^\circ \text{ A},$$