

פתרון מבחן מה"ט

תורה החשמל

מורד א
אביב 2018

פתר: אבי יומטוביאן

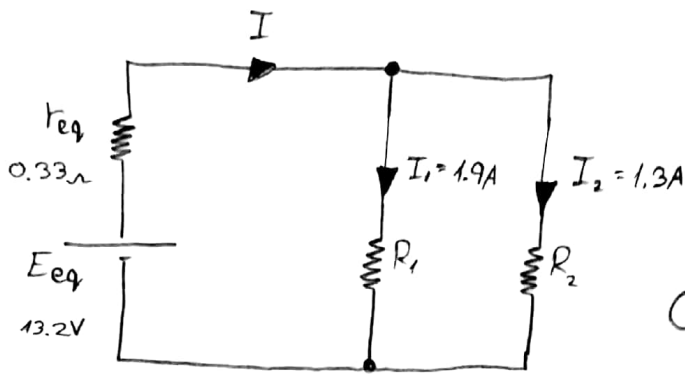
www.e-tv.site

yomtov7@gmail.com

©

כל הזכויות שמורות

1



נ"מ סכום זרמים
התווית של פוטנציאל
המתח של הליטר

Q_{eq} = 40Ah : סכום של סוללות

(DC) זרם מתמיד



(מתח, פוטנציאל, פוטנציאל של הסוללות
E_{eq} - סכום פוטנציאלים)

$$U_{av} = U_{RMS} = E_{eq} = 13.2V$$

2

$$I = I_1 + I_2 = 1.9 + 1.3 = 3.2A$$

$$P_{R_1} + P_{R_2} = P_{E_{eq}} - P_{r_{eq}} \quad : \text{פוטנציאל של הסוללות}$$

$$P_{R_1} + P_{R_2} = I \cdot E_{eq} - I^2 \cdot r_{eq} = 3.2 \cdot 13.2 - 3.2^2 \cdot 0.33$$

$$P_{R_1} + P_{R_2} = 38.86W$$

$$t = \frac{Q_{eq}}{I} = \frac{40}{3.2} = 12.5h$$

3

4 P.N. 5 $\mu\text{sec} \leq t \leq 30 \mu\text{sec}$ רגולציה של זמן הסגירה (2)

(2)

$$4T = 30 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-6}$$

$$4T = 25 \cdot 10^{-6}$$

$$T = 6.25 \mu\text{sec}$$



$$f = \frac{1}{T} = 160 \text{ kHz}$$

PT של רשת שיש בה 2mA של DC מכונה ממוצע הזרם (2)
ממוצע של 3mA בממוצע

$$I_{DC} = 2 \text{ mA} \quad I_{max} = 3 \text{ mA}$$



$$I_{av,DC} = 2 \text{ mA}$$



$$I_{av,sin} = \frac{2I_{max}}{\pi} = \frac{6}{\pi} = 1.909 \text{ mA}$$



$$I_{av} = I_{av,DC} + I_{av,sin} = 2 + 1.909 = 3.909 \text{ mA}$$

(2)

הזרם הממוצע של 3.909mA שיש בו 2mA של DC ו-1.909mA של AC ממוצע

$$\Delta U = \frac{I}{C} \cdot \Delta t = \frac{3.909 \cdot 10^{-3}}{220 \cdot 10^{-6}} \cdot 5 \cdot 10^{-6} =$$

$$= 5330 \text{ V}$$



$$Q = C \cdot \Delta U = 1.172 \text{ C}$$



$$(3) W_c = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{1.172 \cdot 5330}{2} =$$

$$= 3123.38 \text{ J}$$

$$i_C = C \frac{dU}{dt}$$

$$i_C = \frac{C dU}{dt}$$

$$i_C \cdot dt = dQ \int$$

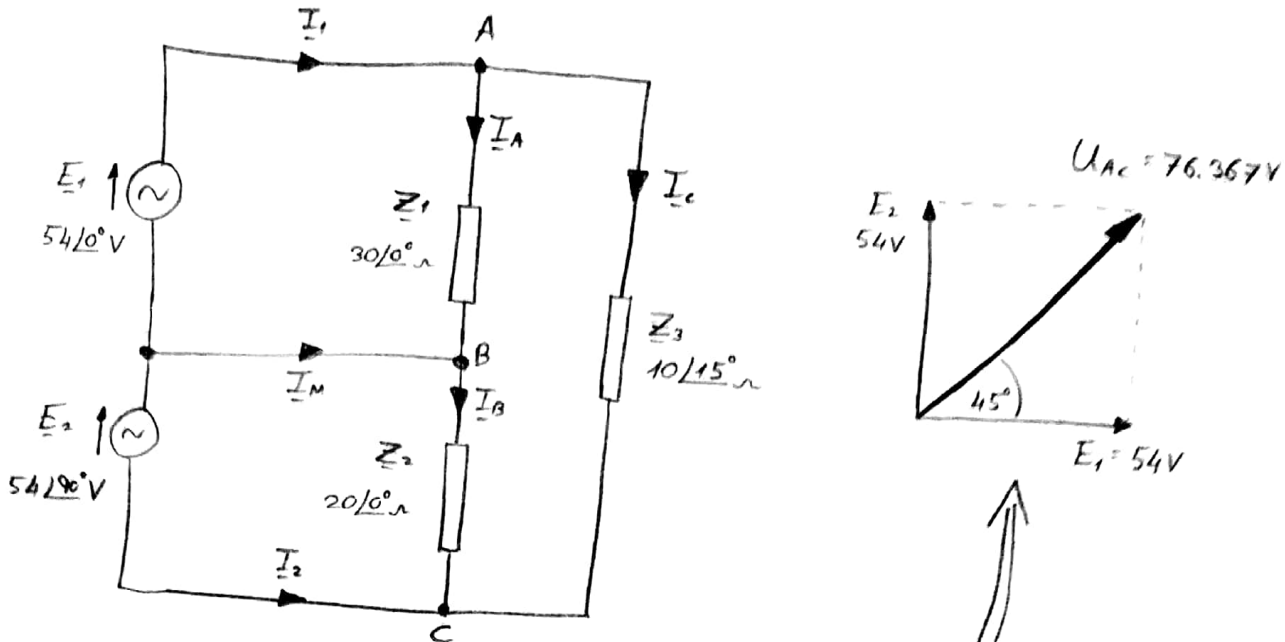
$$Q = \int_0^{5 \text{ min}} i_C dt$$

$$Q = \int_0^{300 \text{ sec}} i_C dt = \int_0^{300} I_{av} dt = \int_0^{300} 3.909 \cdot 10^{-3} dt =$$

$$= 1.172 \text{ C}$$

זה הזמן הנדרש להעברת מטעם

3



① $\underline{U}_{Z_3} = \underline{U}_{Ac} = \underline{E}_1 + \underline{E}_2 = 54\angle 0^\circ + 54\angle 90^\circ = 76.367\angle 45^\circ \text{ V}$

② $\underline{I}_A = \frac{\underline{E}_1}{\underline{Z}_1} = \frac{54\angle 0^\circ}{30\angle 0^\circ} = 1.8\angle 0^\circ \text{ A}$

$\underline{I}_B = \frac{\underline{E}_2}{\underline{Z}_2} = \frac{54\angle 90^\circ}{20\angle 0^\circ} = 2.7\angle 90^\circ \text{ A}$

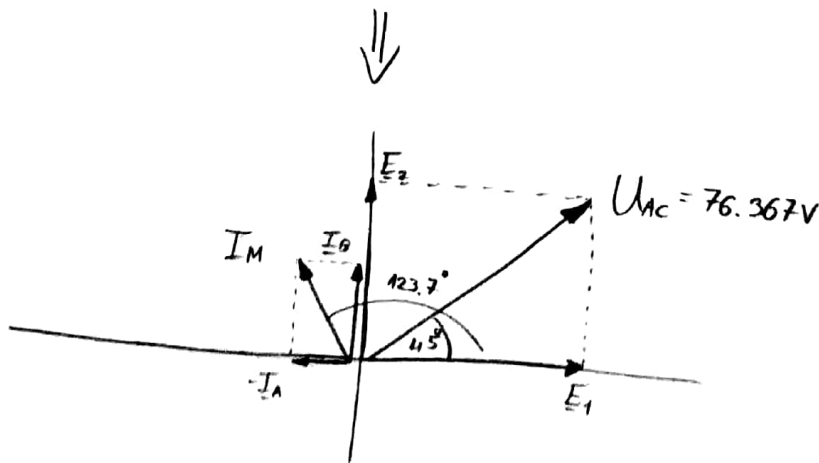
$\underline{I}_C = \frac{\underline{U}_{Ac}}{\underline{Z}_3} = \frac{76.367\angle 45^\circ}{10\angle 15^\circ} = 7.636\angle 30^\circ \text{ A}$

mit dem KCL für \Downarrow

③ $\underline{I}_1 = \underline{I}_A + \underline{I}_C = 1.8\angle 0^\circ + 7.636\angle 30^\circ = 9.24\angle 24.4^\circ \text{ A}$

$\underline{I}_2 + \underline{I}_B + \underline{I}_C = 0 \implies \underline{I}_2 = -(\underline{I}_B + \underline{I}_C) = -(2.7\angle 90^\circ + 7.636\angle 30^\circ) = -(9.285\angle 44.5^\circ) = 9.285\angle -135.5^\circ \text{ A}$

$\underline{I}_M = \underline{I}_B - \underline{I}_A = 2.7\angle 90^\circ - 1.8\angle 0^\circ = 3.245\angle 123.7^\circ \text{ A}$



④ זגור אחת למתקן יש לנתב 2 שולאר (כ"י 2 במתקן ואתה).
 זגור שני מוזק יש לנתב 3 שולאר (כ"י 3 מוזק).

② בכני אלמאר זר סוז 8 לז ואתר סוזי תטלה, נשמש בתאר זמ מוזק, כאתר
 I_1 יתה זק PR תוזי תשמי' בולאר, וכ"ן תזק יתה PR כ"ן תזון.

$$\begin{pmatrix} +R_{11} & -R_{12} & -R_{13} \\ -R_{21} & +R_{22} & -R_{23} \\ -R_{31} & -R_{32} & +R_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1' \\ I_2' \\ I_3' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_1' \\ E_2' \\ E_3' \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 35 & -30 & -0 \\ -30 & 120 & -40 \\ -0 & -40 & 48 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1' \\ I_2' \\ I_3' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 25 \\ 0 \\ -35 \end{pmatrix}$$

⇓

$$I_1' = \frac{155}{256} = 0.605A$$

$$I_{RAB} = -I_2' = 0.127A$$

[B → A]

⇐

$$I_2' = -\frac{65}{542} = -0.127A$$

$$I_3' = -\frac{855}{1024} = -0.835A$$

⇓

② ספק-וקאר המתה ווקאר תזק באלא כ"ן
 זרבן-וקאר המתה מוזק 3 זולאר ווקאר תזק

⇓

ניתן לראות בקלות
 שגור E_1 היקולורי
 באלא כ"ן, וזם כן תז
 במצב זולאר של -700

לז זגור E_2 ווקאר תזק תאמ' זיכו מוזק
 באלא כ"ן של ווקאר המתה, וזם כן לז תז מוזק במצב זולאר של -700 .

$$③ P_{RAB} = I_{RAB}^2 \cdot R_{AB} = 0.127^2 \cdot 50 = 0.806W$$

$$P_{E_1} = I_1' \cdot E_1 = 0.605 \cdot 25 = 15.125W \text{ (ספק)}$$

$$P_{E_2} = (-I_3') \cdot E_2 = 0.835 \cdot 35 = 29.225W \text{ (ספק)}$$

⇓

$$\eta = \frac{P_{RAB}}{P_{E_1} + P_{E_2}} \cdot 100\% = \frac{0.806}{44.35} \cdot 100\% = 1.817\%$$

5

(E)

| הגדל | היחס |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| $l_1 = 250 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ | $l_0 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ |
| $A_1 = 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ | $A_0 = 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$ |
| $\mu_{r1} = 2500$ | $\mu_{r0} = 1$ |



$$R_{m1} = \frac{1}{\mu_0 \mu_{r1}} \cdot \frac{l_1}{A_1} = \frac{1}{2500 \mu_0} \cdot \frac{250 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot 10^{-6}} = 0.198 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$

$$R_{m0} = \frac{1}{\mu_0 \mu_{r0}} \cdot \frac{l_0}{A_0} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot 10^{-6}} = 3.978 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$



$$R_{mT} = R_{m1} + R_{m0} = 0.198 + 3.978 = 4.177 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{H}}$$



$$L_1 = \frac{N_1^2}{R_{mT}} = \frac{230^2}{4.177 \cdot 10^6} = 12.662 \mu\text{H}, \quad L_2 = \frac{N_2^2}{R_{mT}} = \frac{180^2}{4.177 \cdot 10^6} = 7.755 \mu\text{H}$$

(2)

$$l = 21 \text{ m}$$

$$A = 0.15 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 0.01754 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\Rightarrow R_1 = \rho \cdot \frac{l}{A} = 0.01754 \cdot \frac{21}{0.15} = 2.455 \Omega$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{1.8}{2.455} = 0.733 \text{ A}$$

בהתאם לטבלה, יש להשתמש בנתונים L_1 ו- L_2 כדי לחשב את האינדוקציה המשותפת M (היחס בין L_1 ל- L_2 הוא $\frac{230^2}{180^2} = 1.62$).

$$\Phi_1 = \frac{N_1 I_1}{R_{mT}} = \frac{230 \cdot 0.733}{4.177 \cdot 10^6} = 40.35 \mu\text{Wb}$$

② הכניסה של הקצף כוח על המוליך שמצא בתור האור, יש לזרם
 שילוש יהיה שווה לאבס.

הכניסה של הקצף יהיה שווה לאבס, יש לזרם של L_2 במחמת
 לזרם הפוכה של L_1 . לכן: $L_1 \cdot I_1 = L_2 \cdot I_2$ כיוון מחזיק השיוון,
 אז L_2 יהיה מוליך נצט כיוון השיוון



הכוחות שיתקדם יהיה שווה
 לאבס, וזאת כי יש שילוש

$$F_{mT} = F_{m1} - F_{m2}$$

$$0 = N_1 \cdot I_1 - N_2 I_2$$

$$0 = 230 \cdot 0.733 - 180 I_2$$

$$I_2 = 0.936 A$$

$$\frac{U_2}{R_2} = 0.936$$

$$\frac{U_2}{6.7} = 0.936$$

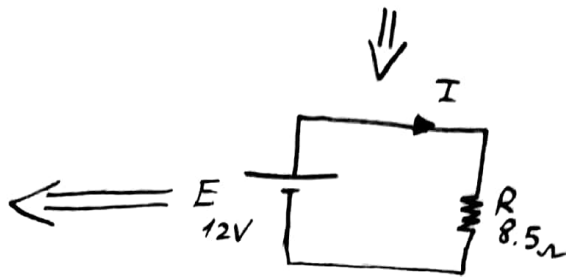
$$U_2 = 6.27 V$$

⊙

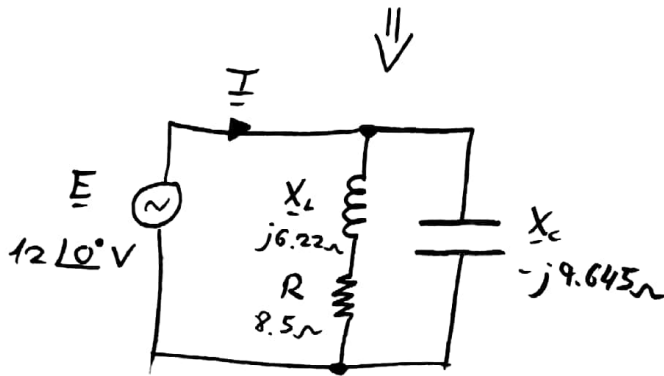
⊙ $f = 0 \text{ Hz} \Rightarrow \text{DC} \Rightarrow \begin{matrix} \text{גודל} = 8.5 \\ \text{ק"מ} = 8.5 \end{matrix}$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{12}{8.5}$$

$$I = 1.411 \text{ A}$$



⊙ $f = 66 \text{ Hz} \Rightarrow \begin{matrix} X_L = j2\pi fL = j2\pi \cdot 66 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = j6.22 \Omega \\ X_C = -j \frac{1}{2\pi fC} = -j \frac{1}{2\pi \cdot 66 \cdot 250 \cdot 10^{-6}} = -j9.645 \Omega \end{matrix}$



$$Z_T = (X_L + R) \parallel X_C = \left(\frac{1}{8.5 + j6.22} + \frac{1}{-j9.645} \right)^{-1} = (9.416 - j5.85) \Omega = 11.086 \angle -31.8^\circ \Omega$$

$$I = \frac{E}{Z_T} = \frac{12 \angle 0}{11.086 \angle -31.8} = 1.082 \angle 31.8^\circ \text{ A}$$

⊙ התוצאות שכן תואמת את הגודל, שהיא ניתן
 לראות שזוהי $f=0$, הזרם קצת קטן מ-1.5A, וכי סיבוב
 לנו במישור.
 ב-66Hz ניתן לראות שהזרם גדול מקצת מ-1A,
 וכי סיבוב לנו במישור.

③ גבני אבניק א פא מונע זא יכנס אהרובה, ים אלהות גילה סוג
 מונע ים אבנינו. ניין אהלות שבה מונע מקביל-מועט שבו
 $\tau_c = 0$, ווען כן:

$$\begin{aligned} \omega_0 &= \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{\tau_c^2}{L^2}} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 10^{-6}} - \frac{8.5^2}{(15 \cdot 10^{-3})^2}} = \\ &= \sqrt{-54444.4} = j233.333 \end{aligned}$$

כאמין ע- ω_0 דא יכוא אהיות מספר ארובת
 \Downarrow

מונע זא אא יכוא אהפנס
 אמרב תהרובה



Ⓐ $d = 1 \text{ cm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

$A = 300 \text{ cm}^2 = 300 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

$\epsilon_r = 1$

$$\left. \begin{array}{l} d = 1 \text{ cm} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ A = 300 \text{ cm}^2 = 300 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \epsilon_r = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} = \epsilon_0 \cdot \frac{300 \cdot 10^{-4}}{1 \cdot 10^{-2}}$$

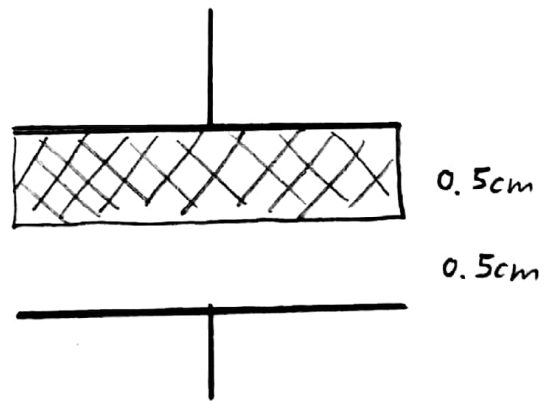
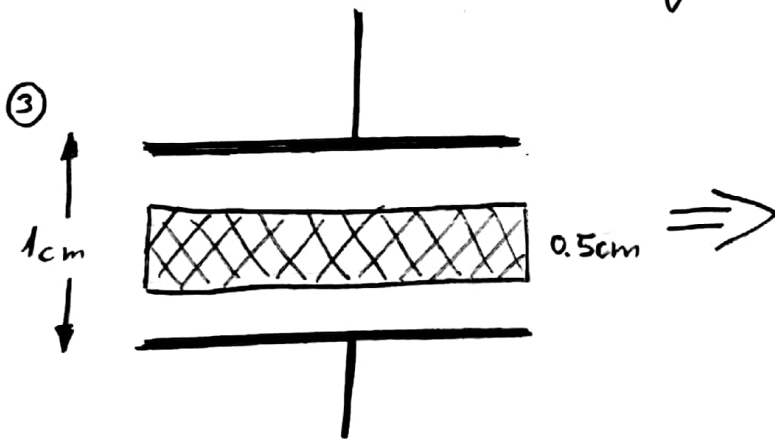
$$C = 26.55 \text{ pF}$$

Ⓑ $U_c = 2800 \text{ V} \Rightarrow Q = C \cdot U_c = 26.55 \cdot 10^{-12} \cdot 2800$

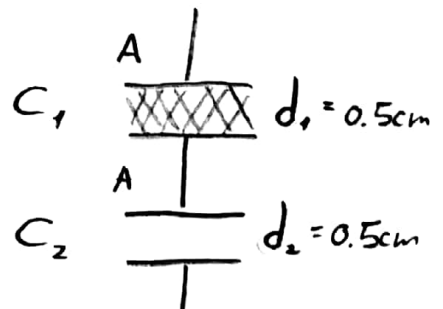
$$Q = 74.37 \text{ nC}$$

Ⓒ $C' = \frac{Q}{U_c} = \frac{74.37 \cdot 10^{-9}}{1800} = 41.3 \text{ pF}$
 Ⓓ $C' = C_1 \rightarrow C_2$
 $41.3 = \left(\frac{1}{53.125} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1}$
 $C_2 = 185.544 \text{ pF}$
 $C_2 = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d_2}$
 $185.544 \cdot 10^{-12} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{300 \cdot 10^{-4}}{0.5 \cdot 10^{-2}}$
 $\epsilon_r = 3.5$

$$C' = \frac{Q}{U_c} = \frac{74.37 \cdot 10^{-9}}{1800} = 41.3 \text{ pF}$$



$$C_1 = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d_1} = \epsilon_0 \cdot \frac{300 \cdot 10^{-4}}{0.5 \cdot 10^{-2}} = 53.125 \text{ pF}$$



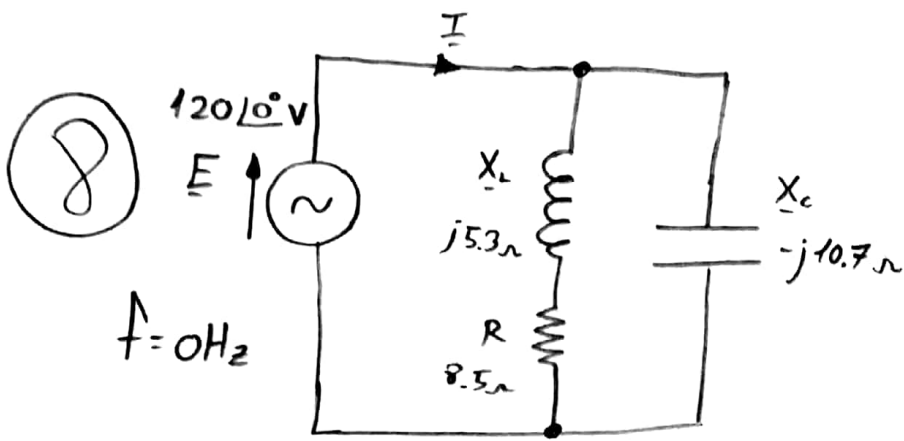
$C' = C_1 \rightarrow C_2$
 $41.3 = \left(\frac{1}{53.125} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1}$

$$C_2 = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d_2}$$

$$185.544 \cdot 10^{-12} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{300 \cdot 10^{-4}}{0.5 \cdot 10^{-2}}$$

$$C_2 = 185.544 \text{ pF}$$

$$\epsilon_r = 3.5$$



$$\textcircled{a} \underline{Z}_T = (R + X_L) \parallel X_C = \left(\frac{1}{8.5 + j5.3} + \frac{1}{-j10.7} \right)^{-1} = (9.596 - j4.603) \Omega = 10.643 \angle -25.6^\circ \Omega$$

$$\underline{I} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_T} = \frac{120 \angle 0^\circ}{10.643 \angle -25.6^\circ} = 11.274 \angle 25.6^\circ \text{ A}$$

$$\underline{S}_T = \underline{I}^* \cdot \underline{E} = 11.274 \angle -25.6^\circ \cdot 120 \angle 0^\circ = (1219.85 - j585.18) \text{ VA} = 1352.95 \angle -25.6^\circ \text{ VA}$$

\downarrow P_T [W] \downarrow Q_T [VAR]

$$\textcircled{b} \Delta \phi = \phi_{S_T} = -25.6^\circ$$

11.274A זרם 3N ⓐ
 120V זרם 3N
 1219.85W זרם 3N

ⓑ בזרם מקבילי מר התבטלות - 50Hz

