

2- الف) $i(t) = 15 \cos(\omega t + 30^\circ)$ $\theta_i = 30^\circ$ $I_m = 15$ $f = 50 \text{ Hz}$ $\omega = 100\pi$
 $Z = 4 \angle 60^\circ = 4 e^{j60^\circ}$ $I = 15 e^{j30^\circ}$ $V = ZI = 60 e^{j(30+60)} = 60 e^{j90^\circ}$

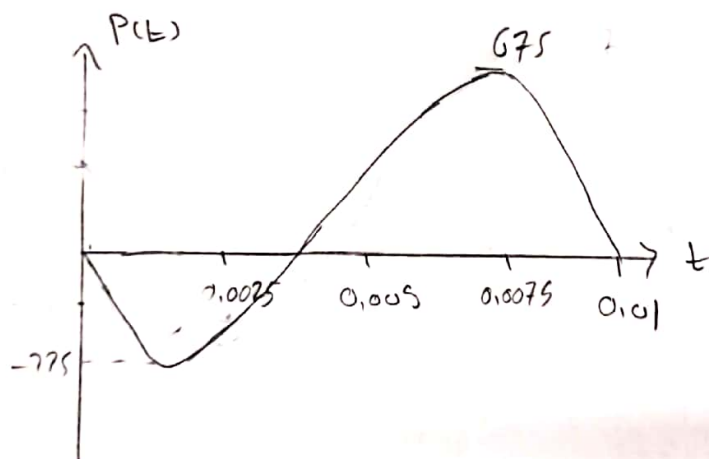
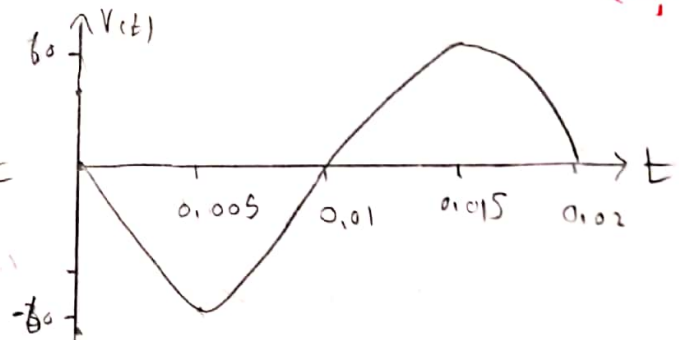
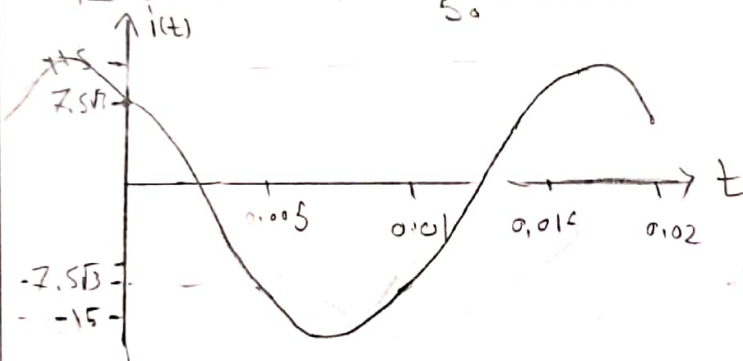
$\rightarrow V(t) = 60 \cos(100\pi t + 90^\circ)$ $\theta_v = 90^\circ$ $V_m = 60 \text{ V}$

$P(t) = V(t)i(t) = 900 \cos(100\pi t + 30^\circ) \cos(100\pi t + 90^\circ)$ باز کردن با روابط مثلثاتی

$P(t) = 450 \times \cos(60^\circ) [1 + \cos(200\pi t + 180^\circ)] + 450 \times \sin(60^\circ) \sin(200\pi t + 180^\circ)$

$\rightarrow P(t) = 225 [1 + \cos(200\pi t + 180^\circ)] + 225\sqrt{3} \sin(200\pi t + 180^\circ)$

$f = 50 \rightarrow T = \frac{1}{50} = 0.02 \text{ s}$



$\rightarrow \text{avg} = \frac{675 - 775}{2} = 225$

2. مقدار توان متوسط غیر وابسته به زمان $P(t)$ است پس داریم:

$P_{\text{avg}} = |V||I| \cos \theta$ $|V| = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ $|I| = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ $\cos \theta = \cos(\theta_v - \theta_i)$

$\rightarrow P_{\text{avg}} = \frac{1}{2} \times 15 \times 60 \times \cos(60^\circ) = 225$

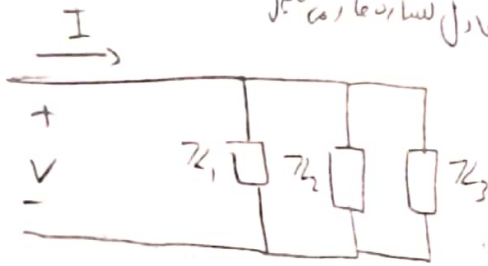
با نمودار نیز می توانیم دانست

۶- الف) بار اول: انبساطی: 700 kVAR 80 kW بار دوم: مقادیر خازنی: 29 kW , ضریب قدرت ۰.۸

دستر ۱۰KV

بار سوم: انبساطی ۱۰۰۰۰

برای حل مسئله مدار معادل تک فاز را رسم خواهیم کرد و باید مدار معادل را رسم کنیم



$$Z_L = Y = \frac{700}{3} = \frac{100}{3} \Omega = \frac{1}{30} \text{ k}\Omega$$

$$V = \frac{10}{\sqrt{3}} \approx 5.77 \text{ kV}$$

$$S_1 = 80 \text{ kW} + j 700 \text{ kVAR}$$

$$\text{بار دوم: } \cos \theta_2 = 0.8, P_2 = 25 \text{ kW}$$

$$\rightarrow Q_2 = P_2 \tan(\theta_2), \theta_2 = \cos^{-1}(0.8) = 36.87^\circ, Q_2 = 25 \times \tan(36.87^\circ)$$

$$\rightarrow Q_2 = 25 \times \frac{3}{4} = 18.75 \text{ kVAR}$$

جواب: بار مقادیر خازنی - علامت Q منفی است.

$$S_2 = 25 \text{ kW} - j 18.75 \text{ kVAR}$$

$$\text{بار سوم: } S_3 = \frac{V^2}{R} = \frac{(5.77)^2}{\frac{1}{30}}$$

$$= 30 \times (5.77)^2 = 998.787 \text{ kW}, S_3 = 998.787 \text{ kW} + j 1 \text{ kVAR}$$

$$S_{\text{مجموع}} = \sum_{i=1}^3 S_i = 1103.787 \text{ kW} + j 681.25 \text{ kVAR}$$

$$\cos \theta = \cos(\tan^{-1}(\frac{681.25}{1103.787}))$$

$$\theta = \tan^{-1}(\frac{681.25}{1103.787}) = 31.68^\circ$$

$$\rightarrow \cos \theta = \cos(31.68^\circ) = 0.85$$

سین فاز

$$S = 3 \text{ V}^2$$

$$\pm = \frac{S^*}{3 \text{ V}^2}$$

$$S^* = 1103.787 - j 681.25$$

$$\rightarrow S^* = 1297.09186 \angle -31.68^\circ$$

$$\rightarrow \pm = \frac{1297.09186 \angle -31.68^\circ}{3 \times 5.77 \angle 0} = 74.93 \angle -31.68^\circ$$

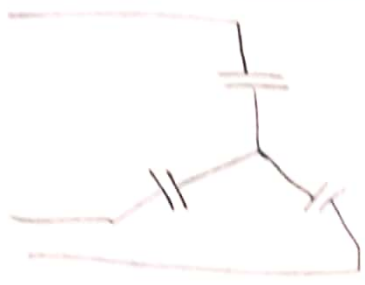
$$\cos \theta' = 0.95 \rightarrow \theta' = \cos^{-1}(0.95) = 18.2^\circ$$

$$Q' = P \tan \theta'$$

(ب)

$$\rightarrow Q' = 1103.787 \times \tan(18.2^\circ) = 1103.787 \times 0.32 = 353.21184 \text{ kVAR}$$

$$Q_c = Q - Q' = 681.25 - 353.21184 = 328.03816 \text{ kVAR}$$



$$Q_c = \frac{3 V_L^2}{X_c} \quad \text{بنابراین} \quad X_c = \frac{3 V_L^2}{Q_c} = \frac{3 \times (5.77 \times 10^3)^2}{328.03816 \times 10^3}$$

$$\rightarrow X_c = 34.472 \, \Omega = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$\rightarrow C = \frac{1}{100\pi \times 34.472} = 10.4 \, \mu F$$

$$Q_c = Q - Q' = 1034.46184$$

درستی به دست آمدن بار به صورت زیر است:

$$Q_c = \frac{3 V_L^2}{X_c} \Rightarrow \frac{3 V_L^2}{Q_c} = X_c \Rightarrow \frac{3 \times (5.77 \times 10^3)^2}{1034.46184 \times 10^3} = 96.55 \, \Omega$$

$$X_c = 96.55 \, \Omega = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{100\pi \times 96.55} = 32.96 \, \mu F$$

به نظر بنده استفاده از مقدار این مقبول تره باشد زیرا با فاز که گفته شده به مزیت قدرت مشابهی

مارس. $S' = 1153.787 \, kW + j 353.21184 \, kVAR$: میرا جدیداً

$$I' = \frac{S'^*}{3 V^*}$$

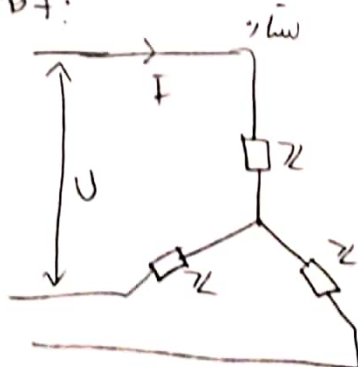
$$S'^* = 1158.923 \angle -17.714$$

$$\rightarrow I' = 1158.923 \angle -17.714$$

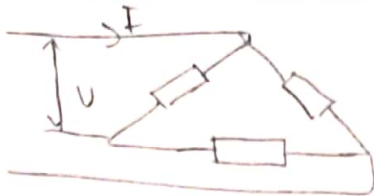
$$\frac{\quad}{3 \times 5.77 \angle 0} = 66.95 \angle -17.714$$

8- در V_L اصولاً از اتصال مثلث استفاده می شود. به دلیل طرح تبدیل مثلثات عایق و سازه و همچنین این که $P_D = 3 P_\phi$ به صورت مثلث به می شود تا با همان مقدار خازن توان را استوایی به کابل توزیع کنیم. به دایره بار داشتن خازن کوکیت توان را استوایی می شود توزیع کرد.

$P_{D \Delta}$:



$$P = \sqrt{3} V I \cos \varphi = \sqrt{3} V \cdot \frac{V}{\sqrt{3} Z} \cos \varphi = \frac{V^2}{Z} \cos \varphi$$

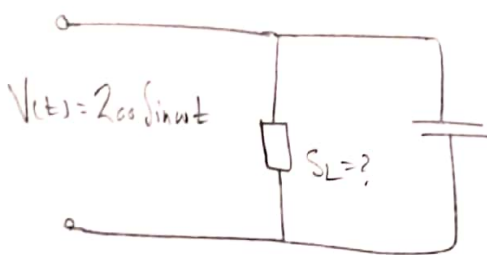


$$P = \sqrt{3} V_L I \cos \phi = \sqrt{3} V_L \sqrt{\frac{P_L^2}{V_L^2} + \frac{P_C^2}{V_L^2}} \cos \phi$$

$$\therefore P_L = \frac{3V_L^2}{Z} \cos \phi \quad , \quad P_C = 3P_Y$$

در حالت MV یا HV از انتقال به تابلو استفاده می شود. چون اگر باز هم صفت بیسیم میون در حالت صفت $V_L = V_m$ است. به علاوه نیاز به بارهای خاص است. در این حالت از انتقال به تابلو استفاده می شود زیرا به نیاز به بار که خازن بر اساس آن طراحی می شود به صورت $V_D = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$ است و از نظر آن حالت می شود. و مسائل جانبی و نیازهای خاص حل می شود.

۴- بار رسم شکل مدار خازنی داشت:



$$S_C = -400 \text{ VAR}$$

$$\rightarrow Q_C = 400 \text{ VAR}$$

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C}$$

$$\rightarrow X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{V^2}{Q_C} \quad \therefore C = \frac{Q_C}{2\pi f V^2}$$

$$= \frac{1}{2000\pi f} = \frac{1}{125000\pi} = 26.6 \mu F$$

$$\cos \theta = 0.8 \rightarrow \theta = \arccos(0.8) = 36.87^\circ \rightarrow \tan \theta = \frac{3}{4}$$

$$S_{tot} = S_L + S_C = P_L + j(Q_L - 400)$$

چون ضریب قدرت پس از خازن باید $Q_L > 400$ باشد، مسئله به تریس کلیتاً ندارد و هر S_L

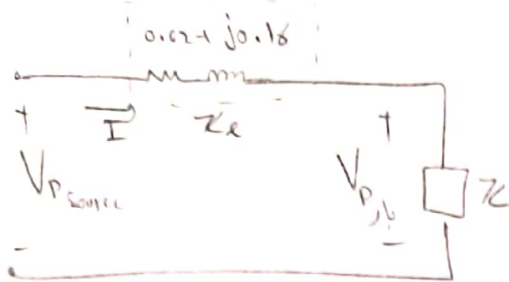
که در ابتدا گفته شده را ارضاء کند مورد قبول ما است به عنوان نمونه:

$$Q_L = 670, P_L = 360 \rightarrow S_{tot} = 360 \text{ kW} + j270 \text{ kVAR} \quad \theta = \arctan\left(\frac{270}{360}\right) = 36.87^\circ$$

$$\checkmark \therefore S_L = 360 \text{ kW} + j670 \text{ kVAR} \quad S = \frac{V^2}{Z^*}$$

$$\rightarrow Z = \frac{4 \times 10^4}{360 - j670} \rightarrow Z = \frac{4 \times 10^4 (360 + j670)}{10^3 \sqrt{360^2 + 670^2}}$$

بی مهار جواب دیترینز موجود است.



۱۲) مقدار بار را تک فاز را صرفه می کنیم.

$$V_L = 680 \text{ V} \rightarrow V_{P \text{ Source}} = \frac{680 \angle 0}{\sqrt{3}} = 392.6 \angle 0$$

$$\delta = 60 \angle \arccos(0.96) = 60 \angle 16.76^\circ$$

$$S = 3 V I^* \rightarrow I = \frac{S^*}{3 V^*} = \frac{60 \times 10^3 \angle -16.76^\circ}{3 \times 392.6 \angle 0} = 50.942 \angle -16.76^\circ \text{ A}$$

$$\text{KVL: } -V_{P \text{ Source}} + Z_L I + V_{P \text{ بار}} = 0 \rightarrow V_{P \text{ بار}} = V_{P \text{ Source}} - Z_L I$$

$$V_{P \text{ بار}} = 392.6 \angle 0^\circ - (0.02 + j0.18) 50.942 \angle -16.76^\circ$$

$$= 392.6 \angle 0^\circ - (0.161 \angle 87.87^\circ) 50.942 \angle -16.76^\circ$$

$$= 392.6 \angle 0^\circ - 8.201 \angle 66.61^\circ = 392.6 - 8.201 \cos(66.61) - j 8.201 \sin(66.61)$$

$$\rightarrow V_{P \text{ بار}} = 392.6 - 3.256 - j 7.527 = 389.344 - j 7.527$$

$$= 389.416 \angle -1.107^\circ, \quad V_L \text{ بار} = \sqrt{3} \angle 30^\circ V_{P \text{ بار}}$$

$$\rightarrow V_L \text{ بار} = 674.364 \angle 28.893^\circ$$

(ب) توان مختل به فاز را در بخش ترسیال می نویسیم

$$S = 3 V_{P \text{ بار}} I^* = 3 \times 389.344 \angle -1.107^\circ \times 50.942 \angle 16.76^\circ$$

$$= 59.501 \angle 15.153 \text{ kVA}$$

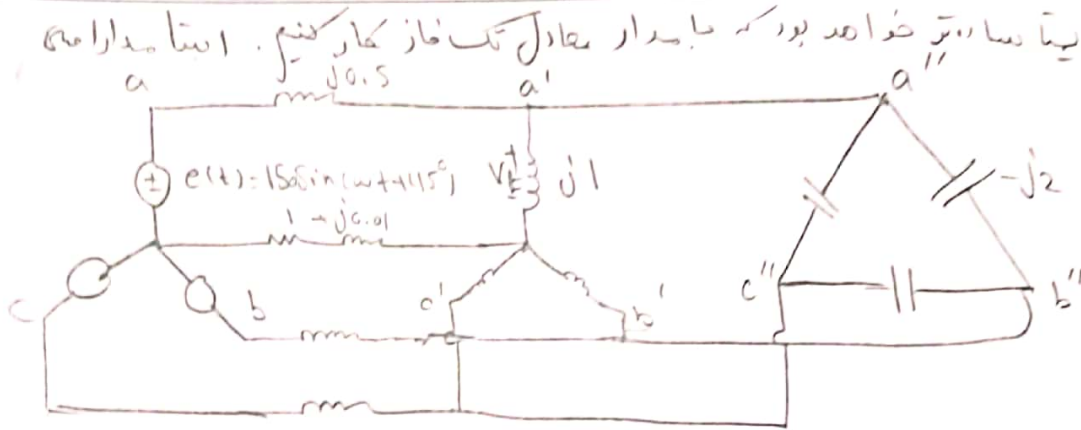
مقادیر مربوط به توان فرستاده شده توسط منبع

با تراخ سر بار ها با ترتیب خوبی برابر هستند.

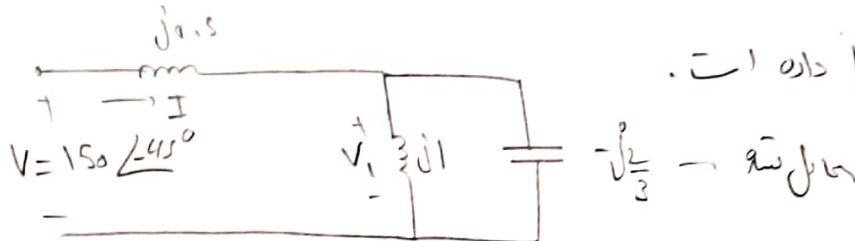
مقادیر اینجاست توان توان مختل را با اندکی ترتیب مقادیر می بینیم. بدلت آن تفاوت بسیار اندک نتیجه دلیل وجود لیدان های خط است.

۱۴- (امتیازی)

را به کشف



$$e(t) = 150 \sin(\omega t + 45^\circ) = 150 \cos(\omega t - 45^\circ) = 150 \angle -45^\circ$$



سریال به ل و واز را به ل داده است.

$$Z_{tot} = 0.5j + \frac{2/3}{j/3} = 0.5j - 2j = -1.5j$$

$$I = \frac{150 \angle -45^\circ}{-1.5j} = \frac{150 \angle -45^\circ \times 1.5 \angle 90^\circ}{2.25} = 100 \angle 45^\circ A$$

$$KVL: -V + j0.5I + V_1 = 0 \rightarrow V_1 = V - j0.5I$$

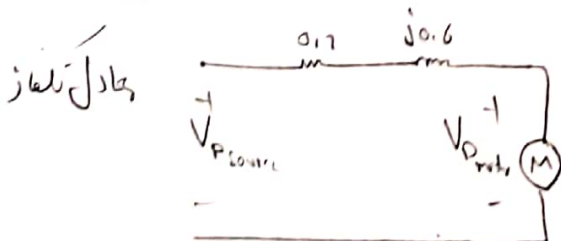
$$= 150 \angle -45^\circ - j50 \angle 45^\circ = (75\sqrt{2} - j75\sqrt{2}) - j125\sqrt{2} + j25\sqrt{2}$$

$$= 100\sqrt{2} - j100\sqrt{2}, V_1 = 200 \angle -45^\circ, V_1(t) = 200 \cos(\omega t - 45^\circ)$$

$P_{out} = 7 \text{ kW}$ $\cos \theta = 0.7 \text{ lag}$ $R_a = 90\%$ $Z_L = 0.2 + j0.6$ $V_{L_{motor}} = 400 \angle 0^\circ V$ - ۱۵

$$0.9 = \frac{P_{out}}{P_{in}} \Rightarrow P_{in} = 10 \text{ kW}$$

$$\cos \theta = 0.7 \rightarrow \arccos(0.7) = 45.572^\circ$$



$$V_{P_{motor}} = \frac{400 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} = 230.94 \angle 0^\circ V$$

$$S_{motor} = 10 \text{ kW} \angle 45.572^\circ = 14.28 \angle 45.572^\circ \text{ kVA}$$

$$S = 3 V_{ph} I_{ph} \rightarrow I_{motor} = \frac{14.28 \times 10^3 \angle -45.572^\circ}{3 \times 230.94} = 20.611 \angle -45.572^\circ$$

$$Z_m = \frac{V_{P_{motor}}}{I_{motor}} = \frac{230.94 \angle 0^\circ}{20.611 \angle -45.572^\circ} = 11.204 \angle 45.572^\circ$$

$$KVL: V_{P_{Source}} = Z_L I + V_{P_{motor}} = 230.94 \angle 0^\circ + 10.63 \angle 71.56^\circ = 242.61 \angle 1.34^\circ$$

$$\rightarrow V_{P_{Source}} = 230.94 \angle 0^\circ + 12.98493 \angle 25.981^\circ$$

$$\rightarrow V_{P_{Source}} = 230.94 + 11.67 + j 5.69, V_{P_{Source}} = 242.61 - j 5.69$$

$$V_{P_{Source}} = \sqrt{58891.9982} \angle \tan^{-1}\left(\frac{-5.69}{242.61}\right) = 242.68 \angle 1.34^\circ$$

$$S_{\text{منبع}} = 3 V_{P_{Source}} I = 3 \times 242.68 \angle 1.34^\circ \times 20.611 \angle 44.572^\circ = 15 \angle 46.912^\circ$$

$$\rightarrow \cos \theta = 0.68 \text{ lag} \quad V_{\text{Source}} = 420 \angle 31.34^\circ$$

$$S_{\text{loss}} = 3 Z_L |I|^2 = 3 (0.12 + j 0.1) \times (20.611)^2$$

(ب)

$$= 254.89 - j 764.66$$

میت توان توان خازن فیلتر برترتات ریا

$$S_{\text{منبع}} - S_{\text{motor}} = S_{\text{loss}} = 254.89 - j 764.66$$

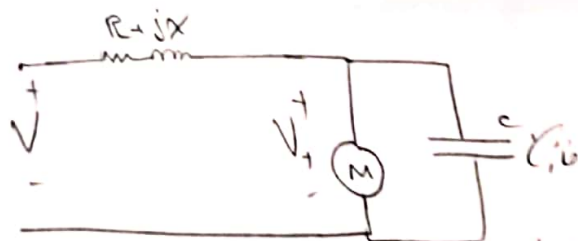
$$R_a = \frac{|S_{\text{motor}}|}{15 \text{ مگا}} = \frac{14.28}{15} \times 100 = 95.2\%$$

$$P_{\text{out motor}} = 9 \text{ kW}, P_{\text{in motor}} = 10 \text{ kW}$$

(ج) دانی جنبی درصت این فیلتر برترتات

$$Q_{\text{motor}} = P_{\text{motor}} \tan(\theta) = 10 \times \tan(45.572^\circ) = 10.701, S_{\text{motor}} = 10 \text{ kW} + j 10.701 \text{ kVAR}$$

$$= 14.28 \angle 45.572^\circ$$



16 (استازی) با مدار معادل حل شود درج

$$S_1 = 2500 \text{ kVA}, \cos \theta = 0.8 \text{ lag} \quad \text{حالت اول}$$

$$S_2 = 1500 \text{ kVA}, \cos \theta = 0.8 \text{ lag} \quad \text{حالت دوم}$$

$$P_{\text{loss}} = R I_1^2 + R I_2^2$$

$$\text{اضافه فاز}$$

$$S = P + jQ$$

$$S_{\text{جدید}} = P_1 + j(Q_1 - Q_c)$$

$$S_{\text{جدید}} = P_2 + j(Q_2 - Q_c)$$

$$S = V I^* \rightarrow I = \frac{S^*}{V^*}, P_{\text{loss}} = R \left(\left| \frac{S_{\text{جدید}}}{V_1^*} \right|^2 + \left| \frac{S_{\text{جدید}}}{V_2^*} \right|^2 \right)$$

$$= \frac{R}{V_T^2} (|P_1 + j(Q_1 - Q_c)|^2 + |P_2 + j(Q_2 - Q_c)|^2) = \frac{R}{V_T^2} (P_1^2 + (Q_1 - Q_c)^2$$

برای کمینه شدن تلفات از مشتق نسبت به Q_c استفاده می کنیم.

$$\frac{\partial P_{loss}}{\partial Q_c} = 0 \rightarrow \frac{R}{V_T^2} = (-2Q_c + 2Q_1 + 2Q_c - 2Q_2) = 0$$

$$\rightarrow 2Q_c - Q_1 - Q_2 = 0 \rightarrow Q_c = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$$

$$Q_1 = S_1 \sin \theta, \quad \cos \theta = 0.9 \rightarrow \theta = \arccos(0.9) = 25.84^\circ$$

$$\rightarrow Q_1 = 2500 \times \sin(25.84^\circ) = 1089.724$$

$$Q_2 = S_2 \sin \theta, \quad \cos \theta = 0.8 \rightarrow \theta = \arccos(0.8) = 36.86^\circ$$

$$Q_2 = 1500 \times \sin(36.86^\circ) = 900$$

$$\rightarrow Q_c = \frac{1089.724 + 900}{2} = 994.862 \text{ kVAR}$$