

a) Θα επλέξω βάσεις $S_b = 400 \text{ MVA}$, $V_{b1} = 21 \text{ kV}$, $V_{b2} = 400 \text{ kV}$, οπότε:

$$V_{b3} = 19 \text{ kV}$$

$$\cdot X_d' = X_d \left(\frac{400}{350} \right) = 1,1 \cdot 1,14 \Leftrightarrow X_d' = 1,254 \text{ pu}$$

$$\cdot X_q' = X_q \left(\frac{400}{350} \right) = 0,7 \cdot 1,14 \Leftrightarrow X_q' = 0,8 \text{ pu}$$

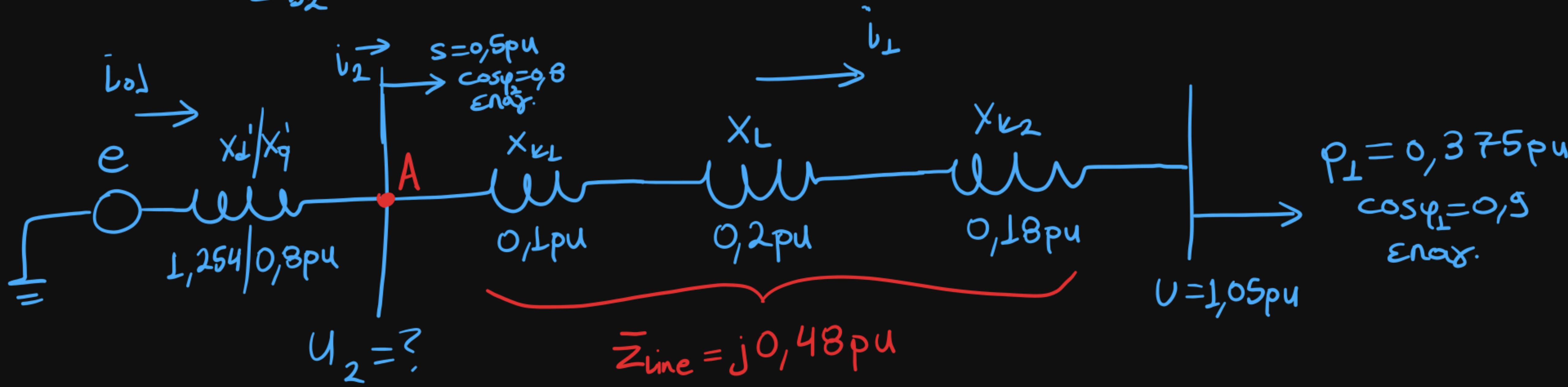
$$\cdot U = \frac{20}{19} \Leftrightarrow U = 1,05 \text{ pu}$$

$$\cdot P = \frac{150}{400} \Leftrightarrow P = 0,375 \text{ pu}$$

$$\cdot S = \frac{S}{S_b} = \frac{200}{400} \Leftrightarrow S = 0,5 \text{ pu}$$

$$\cdot Z_{b2} = \frac{V_{b2}^2}{S_{b2}} = \frac{400^2}{400} \Leftrightarrow Z_{b2} = 400 \Omega, \text{ οπότε}$$

$$X_L = \frac{X_L}{Z_{b2}} = \frac{j80}{400} \Leftrightarrow X_L = j0,2 \text{ pu}$$



$$\beta) \cdot \bar{i}_1 = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi_1} = \frac{0,375}{1,05 \cdot 0,9} \Leftrightarrow \bar{i}_1 = 0,4 \text{ pu} \quad \text{και} \quad \varphi_1 = \arccos(0,9) \Leftrightarrow \varphi_1 = 25,84^\circ, \text{ αρα} \quad \bar{i}_1 = 0,4 \angle -25,84^\circ \text{ pu}$$

$$\gamma) \cdot \bar{u}_2 = \bar{u}_1 + \bar{i}_1 \cdot \bar{Z}_{\text{line}} = 1,05 \angle 0^\circ + 0,4 \angle -25,84^\circ \cdot 0,48 \angle 90^\circ \Leftrightarrow \bar{u}_2 = 1,14 \angle 8,66^\circ \text{ pu}$$

• Για το φορτίο που βρίσκεται στο σημείο A έχουμε $\varphi_2 = \arccos(0,8) \Leftrightarrow \varphi_2 = 36,86^\circ$ και

$$\bar{s}_2 = p_2 + j q_2 = s_2 \cos \varphi_2 + j s_2 \sin \varphi_2 = 0,5 \cdot 0,8 + j 0,5 \cdot \sin(36,86^\circ) \Leftrightarrow \bar{s}_2 = 0,4 + j 0,3 \text{ pu}$$

$$\text{αρα} \quad \bar{i}_2 = \left(\frac{\bar{s}_2}{\bar{u}_2} \right)^* = \left(\frac{0,4 + j 0,3}{1,14 \angle 8,66^\circ} \right)^* = \frac{0,4 - j 0,3}{1,14 \angle -8,66^\circ} \Leftrightarrow \bar{i}_2 = 0,438 \angle -23,2^\circ \text{ pu}$$

$$\text{Οπότε} \quad \bar{i}_o = \bar{i}_1 + \bar{i}_2 \Leftrightarrow \bar{i}_o = 0,837 \angle -27,07^\circ \text{ pu}$$

δ) Θα βρούμε αρχικά σήν υπερθή και απέρη ισχύ στο σημείο A.

$$\cdot P_A = P_1 + P_2 = 0,375 + 0,4 \Leftrightarrow P_A = 0,775 \text{ pu}$$

$$\cdot Q_A = Q_1 + i_1^2 \cdot X_{\text{line}} + Q_2 = P_1 \cdot \tan \varphi_1 + i_1^2 \cdot X_{\text{line}} + 0,3 = 0,375 \cdot 0,5 + 0,4^2 \cdot 0,48 + 0,3 \Leftrightarrow Q_A = 0,5643 \text{ pu}$$

$$\cdot \text{Όποτε} \quad \theta_A = e_A^\wedge \quad \text{έχουμε} \quad \tan \theta_A = \frac{X_q' \cdot P_A}{U_1^2 + X_q' \cdot Q_A} = \frac{0,8 \cdot 0,775}{1,14^2 + 0,8 \cdot 0,5643} \Leftrightarrow \tan \theta_A = 0,354 \Leftrightarrow \theta_A = 19,49^\circ$$

$$\cdot \text{Επισης} \quad \tan \varphi_A = \frac{Q_A}{P_A} = \frac{0,5643}{0,775} \Leftrightarrow \varphi_A = 36,05^\circ$$

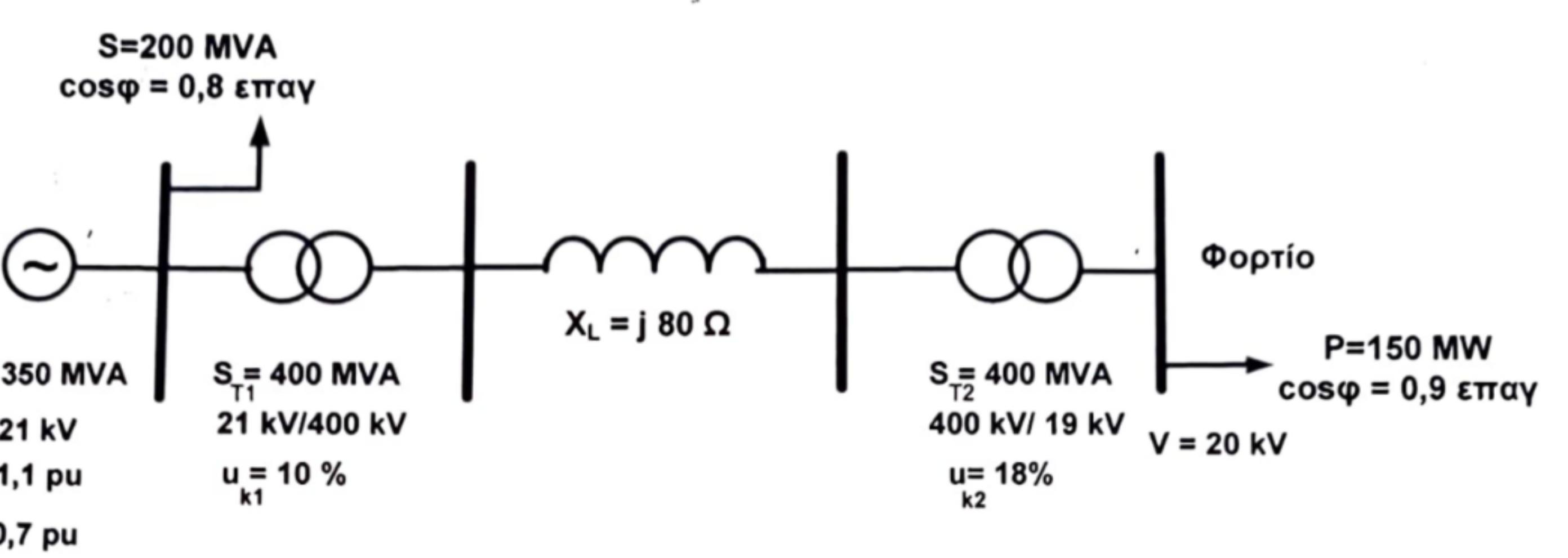
$$\text{Αρα} \quad e = U \cos \theta_A + X_d' \cdot i_o \cdot \sin(\varphi_A + \theta_A) = 1,14 \cdot \cos(19,49^\circ) + 1,254 \cdot 0,837 \cdot \sin(36,05^\circ + 19,49^\circ) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow e = 1,94 \text{ pu} \quad \text{και} \quad \theta = \underline{U_2} + \theta_A = 8,66^\circ + 19,49^\circ \Leftrightarrow \theta = 28,15^\circ$$

$$\text{Αρα} \quad \bar{e} = 1,94 \angle 28,15^\circ \text{ pu}$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{Ενδιλατικά για το } e: P_A = \frac{U_2 e}{X_d'} \sin(\theta_A) + \frac{U_2^2}{2} \sin(2 \cdot \theta_A) \left(\frac{1}{X_q'} - \frac{1}{X_d'} \right) \Leftrightarrow \text{Λύνεται ως} \\ \text{ηρος } e \\ (\text{ζελικά } e = 1,94 \text{ pu}) \end{array} \right)$$

1. Μια τριφασική γεννήτρια έκτυπων πόλων τροφοδοτεί τοπικά ένα φορτίο 200 MVA, $\cos \phi = 0,8$ επαγγειακό, ενώ μέσα από ένα δίκτυο που περιλαμβάνει έναν ΜΣ ανύψωσης, μια εναέρια γραμμή μεταφοράς και έναν ΜΣ υποβιβασμού, τροφοδοτεί και ένα απομακρυσμένο φορτίο $P = 150 \text{ MW}$, $\cos \phi = 0,9$ επαγγειακό.



Εάν η τάση του απομακρυσμένου ζυγού είναι ίση με 20 kV και τα υπόλοιπα στοιχεία (γεννήτρια και μετασχηματιστές) έχουν τα ονομαστικά στοιχεία που φαίνονται στο σχήμα:

- (α) Να γίνει μετατροπή όλων των αντιδράσεων σε μια κοινή βάση της επιλογής σας και να σχεδιαστεί το ισοδύναμο κύκλωμα

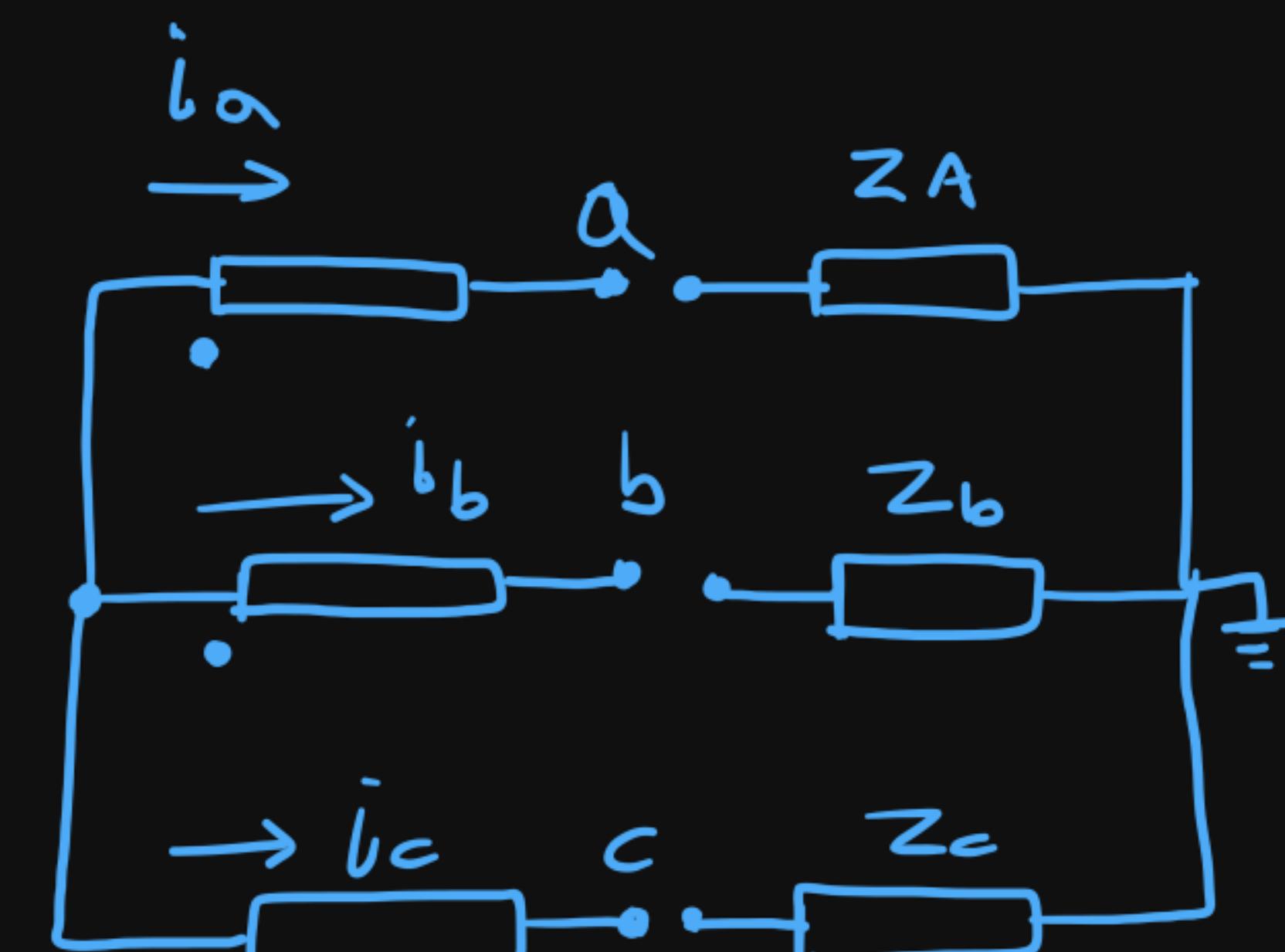
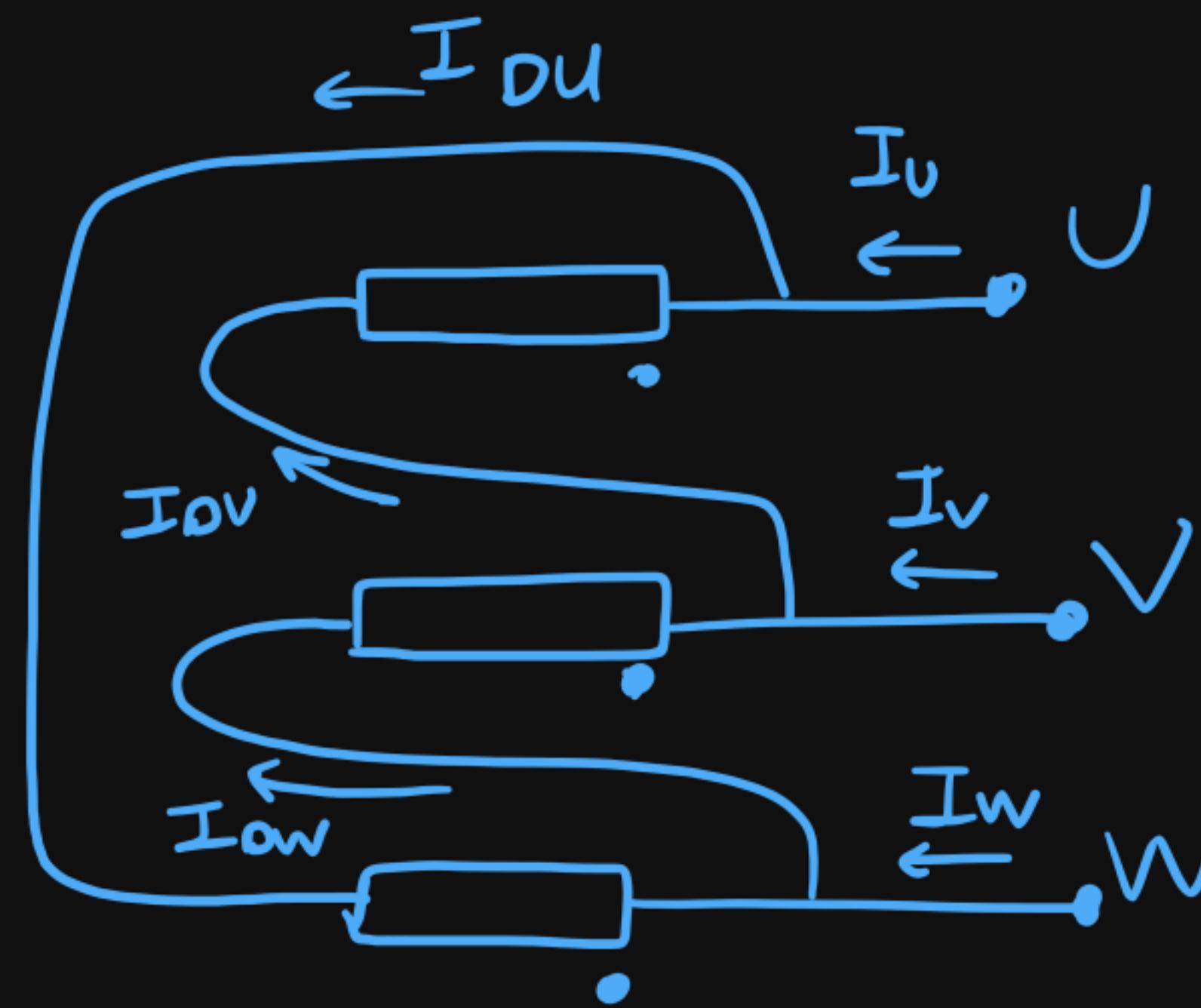
Να υπολογιστούν σε pu κατά μέτρο και φάση

- (β) το ρεύμα που διαφέρει τη γραμμή

- (γ) η τάση ακροδεκτών της γεννήτριας και το συνολικό ρεύμα που εγχέει η γεννήτρια

- (δ) η ΗΕΔ της γεννήτριας

(3 μονάδες)



2. Ένας ΜΣ Dyn11, 20/0,4kV, 1000 kVA, $u_k=0,15\text{pu}$, 50 Hz τροφοδοτεί τα παρακάτω φορτία στην πλευρά της χαμηλής τάσης υπό ονομαστική τάση:

Φάση a: $P=150 \text{ kW}, Q=20 \text{ kVAr}$ επαγωγικό

Φάση b: $S=150 \text{ kVA}, \cos\varphi=0,8$ επαγωγικό

Φάση c: $P=150 \text{ kW}, \cos\varphi=0,8$ επαγωγικό

Να υπολογιστούν για την πλευρά της ΥΤ (α) τα ρεύματα τυλιγμάτων και (β) το ομοπολικό ρεύμα I_{OD} εντός του τριγώνου.

(3 μονάδες)

a) Αρχικά θα βρούμε τα ρεύματα i_a, i_b και i_c :

$$\cdot \bar{i}_a = \left(\frac{\bar{S}}{\bar{V}_{\varphi_a}} \right)^* = \left(\frac{150 + j20}{0,4 \sqrt{3} \angle 0^\circ} \right)^* = \frac{150 - j20}{0,4 \sqrt{3}} \Leftrightarrow \bar{i}_a = 655 \angle -7,59^\circ \text{ A}$$

$$\cdot \bar{i}_b = \frac{S}{\bar{V}_{\varphi_b}} = \frac{150}{0,4 \sqrt{3}} \Leftrightarrow \bar{i}_b = 649 \text{ A} \quad \text{και} \quad \varphi_b = \arccos(0,8) = 36,86^\circ, \text{ οπότε} \quad \bar{i}_b = 649 \angle -120-36,86^\circ$$

$$\cdot \bar{i}_c = \frac{P}{\bar{V}_{\varphi_b} \cdot \cos\varphi} = \frac{150}{0,4 \sqrt{3} \cdot 0,8} \Leftrightarrow \bar{i}_c = 811 \text{ A} \quad \text{και} \quad \varphi_c = 36,86^\circ, \text{ οπότε} \quad \bar{i}_c = 811 \angle -240-36,86^\circ$$

$$\cdot \text{Έχουμε} \quad \dot{U} = \frac{20}{0,4} = \frac{W_L}{\sqrt{3} W_2} \Leftrightarrow \frac{W_L}{W_2} = \frac{20\sqrt{3}}{0,4}$$

$$\text{Οπότε} \quad \bar{I}_{DV} \cdot W_L = \bar{i}_a \cdot W_2 \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_{DV} = 7,56 \angle -7,59^\circ \text{ A}}$$

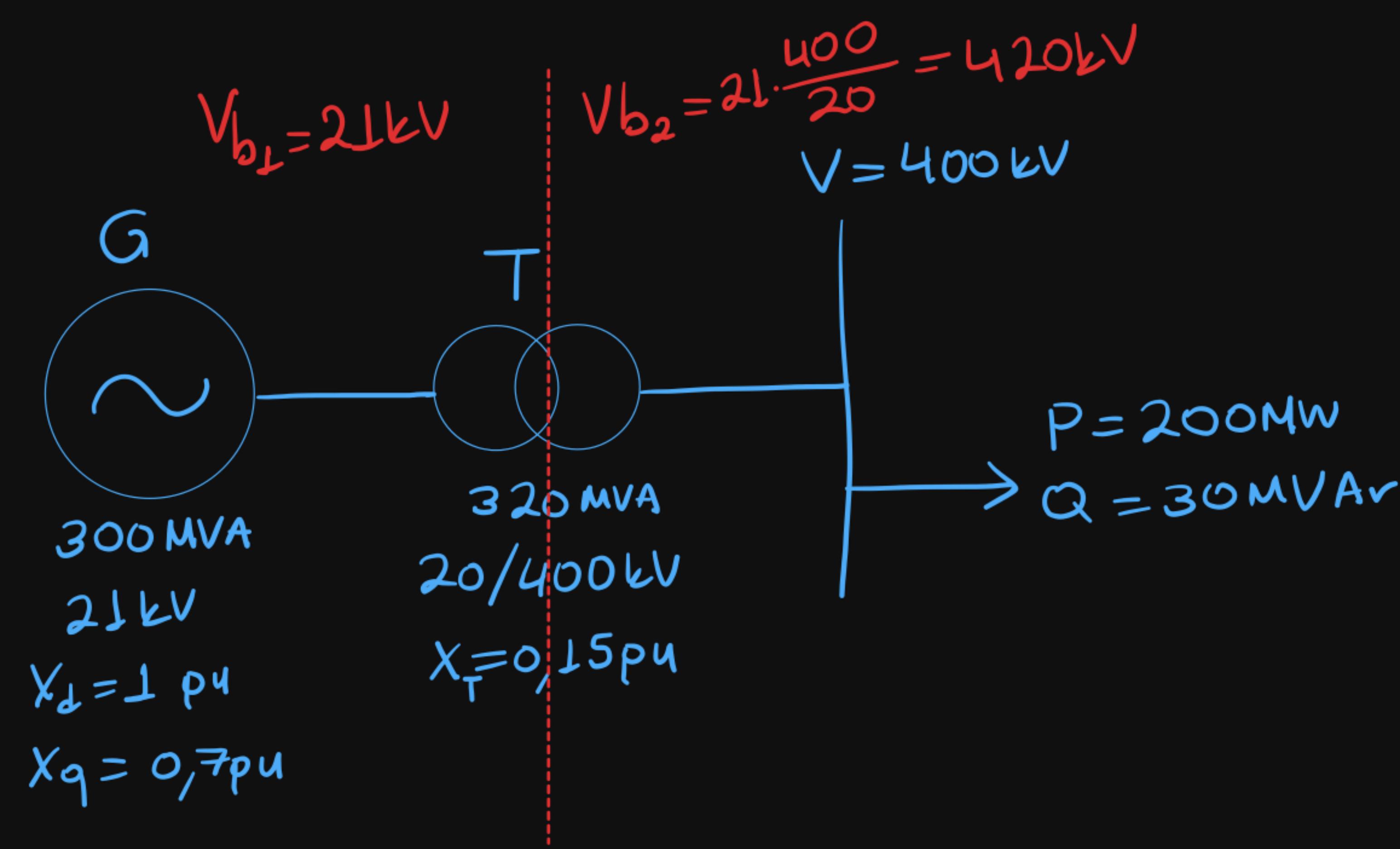
$$\bar{I}_{DW} \cdot W_L = \bar{i}_b \cdot W_2 \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_{DW} = 7,49 \angle -156,86^\circ \text{ A}}$$

$$\bar{I}_{DU} \cdot W_L = \bar{i}_c \cdot W_2 \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_{DU} = 9,36 \angle -276,86^\circ \text{ A}}$$

$$\beta) \cdot \text{Έχουμε} \quad \bar{i}_o = \frac{1}{3} (\bar{i}_a + \bar{i}_b + \bar{i}_c) \Leftrightarrow \bar{i}_o = 162,36 \angle 72,14^\circ \text{ A}$$

$$\text{Οπότε} \quad \bar{I}_{OD} = \frac{W_2}{W_L} \bar{i}_o \Leftrightarrow \boxed{I_{OD} = 1,874 \angle 72,14^\circ \text{ A}}$$

Λύσεις Ιαν. 2023



a) Επιλεγουμε $S_b = 300 \text{ MVA}$, οποτε :

$$\cdot X_T' = X_T \left(\frac{300}{320} \right) \left(\frac{20}{21} \right)^2 = 0.15 \cdot 0.9375 \cdot 0.907 \Leftrightarrow X_T' = 0.127 \text{ pu}$$

$$\cdot U = \frac{V}{V_{b2}} = \frac{400}{420} \Leftrightarrow U = 0.95 \text{ pu}$$

$$\cdot P = \frac{P}{S_b} = \frac{200}{300} \Leftrightarrow P = \frac{2}{3} \text{ pu}$$

$$\cdot q = \frac{Q}{S_b} = \frac{30}{300} \Leftrightarrow q = 0.1 \text{ pu}$$

$$\beta) \cdot i = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{\frac{2}{3}}{0.95 \cdot 0.98} \Leftrightarrow i = 0.71 \text{ pu} \quad \text{οποτε} \quad \bar{i} = 0.71 \angle -8.53^\circ \text{ pu}$$

$$\cdot X_q' = X_q + X_T' = 0.7 + 0.127 \Leftrightarrow X_q' = 0.827 \text{ pu}$$

$$\cdot X_d' = X_d + X_T' = 1 + 0.127 \Leftrightarrow X_d' = 1.127 \text{ pu}$$

$$\text{Οποτε} \quad \tan \theta = \frac{X_q' \cdot P}{U^2 + X_q' \cdot q} = \frac{0.827 \cdot \frac{2}{3}}{0.95^2 + 0.827 \cdot 0.1} = 0.55 \Leftrightarrow \theta = 28.81^\circ$$

$$\text{και } e = U \cdot \cos \theta + X_d' \cdot i \cdot \sin(\varphi + \theta) = 0.95 \cdot \cos(28.81^\circ) + 1.127 \cdot 0.68 \cdot \sin(8.53^\circ + 28.81^\circ) \Leftrightarrow e = 1.297 \text{ pu}$$

$$\delta_1 \text{ λαδή } \bar{e} = 1.297 \angle 28.81^\circ \text{ pu}$$

$$\cdot i_d = -i \sin(\theta + \varphi) = -0.68 \cdot \sin(8.53^\circ + 28.81^\circ) \Leftrightarrow i_d = -0.41 \text{ pu} \quad (\sigma \text{ cov Im αξονά})$$

$$\cdot i_q = i \cos(\theta + \varphi) = 0.68 \cdot \cos(8.53^\circ + 28.81^\circ) \Leftrightarrow i_q = 0.54 \text{ pu} \quad (\sigma \text{ cov Re αξονά})$$

$$\gamma) \cdot \text{Ισχύς αριδρασης: } P_r = \frac{U^2}{2} \sin(2\theta) \left(\frac{1}{X_q'} - \frac{1}{X_d'} \right) = \frac{0.95^2}{2} \sin(2 \cdot 28.81^\circ) \left(\frac{1}{0.827} - \frac{1}{1.127} \right) \Leftrightarrow P_r = 0.122 \text{ pu}$$

$$\text{Οποτε} \quad P_r = P_r \cdot S_b = 0.122 \cdot 300 \text{ M} \Leftrightarrow P_r = 36.6 \text{ MW}$$

$$\cdot \text{Ισχύς συρρονιμού: } \frac{\partial P}{\partial \theta} = \frac{U \cdot e}{X_d'} \cos \theta + U^2 \left(\frac{1}{X_q'} - \frac{1}{X_d'} \right) \cos(2\theta) \Leftrightarrow \frac{\partial P}{\partial \theta} = 1.113 \text{ pu/rad}$$

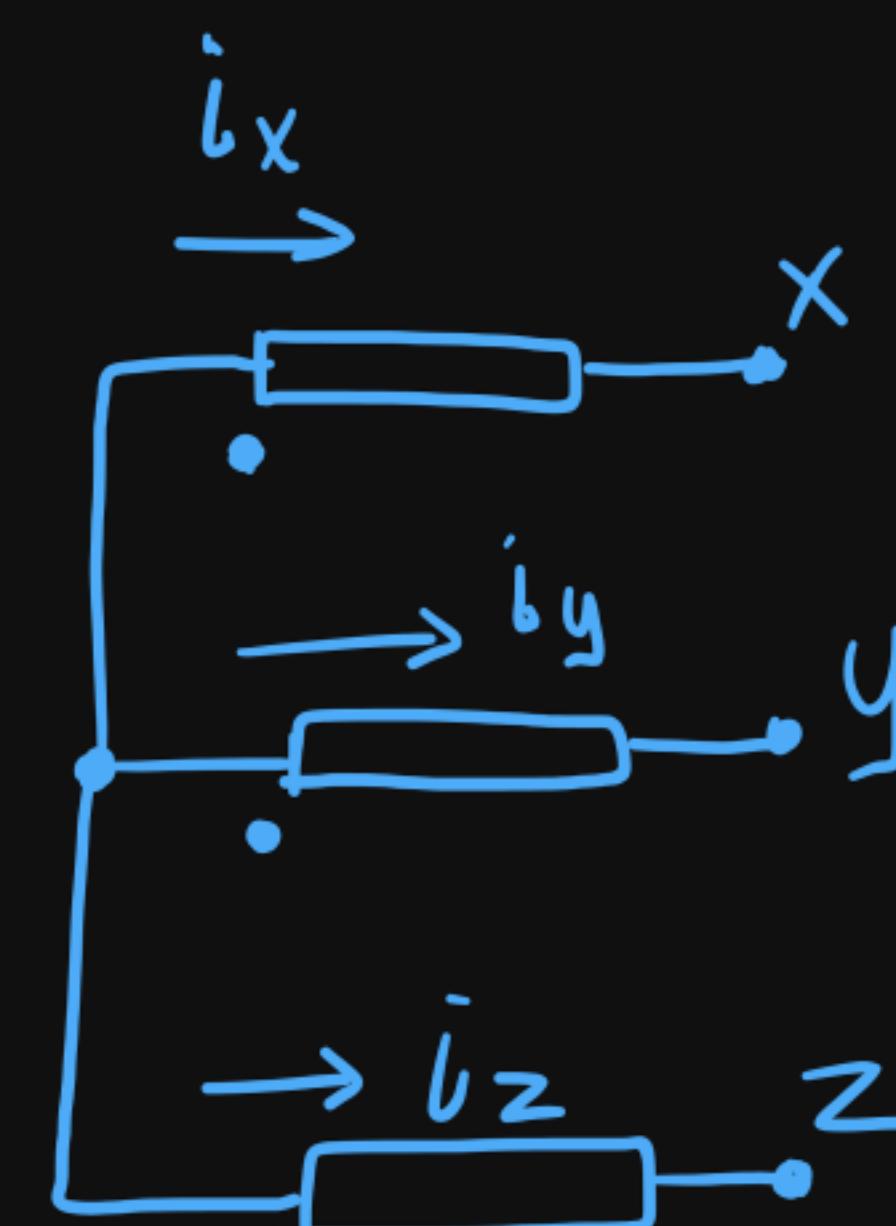
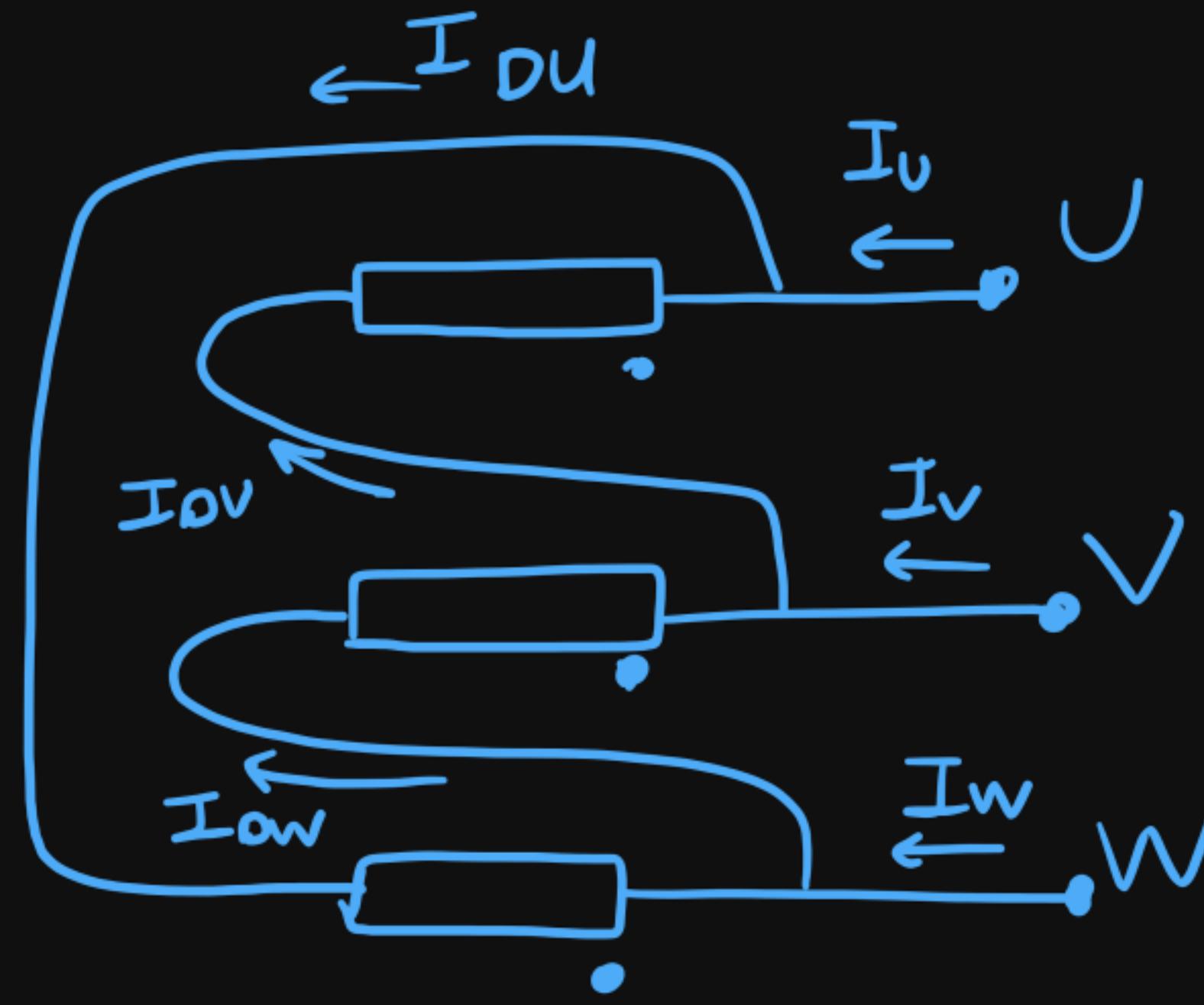
$$\text{Οποτε} \quad \frac{\partial P}{\partial \theta} = \frac{\partial P}{\partial \theta} \cdot S_b = 1.113 \cdot 300 \text{ M} \Leftrightarrow \frac{\partial P}{\partial \theta} = 333.9 \text{ MW/rad}$$

1. Μία σύγχρονη γεννήτρια έκτυπων πόλων τροφοδοτεί μέσω ενός ΜΣ ανύψωσης ένα ζυγό δικτύου 400kV με ισχύ $P=200 \text{ MW}$ και $Q=30 \text{ MVar}$.

Τα ονομαστικά στοιχεία της γεννήτριας και του ΜΣ είναι:
Γεννήτρια: $S=300 \text{ MVA}$ $V=21 \text{ kV}$ $x_d=1 \text{ pu}$, $x_q=0.7 \text{ pu}$
ΜΣ: $S=320 \text{ MVA}$ $20/400 \text{ kV}$ $x=0.15 \text{ pu}$
Οι ωμικές απώλειες του ΜΣ είναι μηδενικές

α) Να σχεδιαστεί το ισοδύναμο κύκλωμα σε pu με βάση της επιλογής σας
β) Να υπολογιστούν (σε pu) η ΗΕΔ της γεννήτριας, η γωνία φρότισης (μεταξύ ΗΕΔ και τάσης ζυγού) και τα ρεύματα στον ορθό και στον εγκάρσιο άξονα
γ) Να υπολογιστούν η ισχύς αντίδρασης και η ισχύς συγχρονισμού της γεννήτριας σε φυσικά μεγέθη.

(3 μονάδες)



2. Ένας ΜΣ διανομής Dyn5, 20/0,4kV τροφοδοτείται στην πλευρά της υψηλής ενώ τα άκρα του στην πλευρά της χαμηλής τάσης βρίσκονται σε κατάσταση ανοικτού κυκλώματος. Γίνεται σφάλμα μεταξύ της πρώτης φάσης στη χαμηλή τάση και του ουδετέρου μέσω αντίστασης σφάλματος 5Ω .

α) Να υπολογιστούν τα ρεύματα γραμμής στην υψηλή τάση και το ρεύμα τριγώνου.

β) Πόσο θα διέφερε το αποτέλεσμα αν το ίδιο σφάλμα είχε γίνει μεταξύ της τρίτης φάσης και του ουδετέρου;

(3 μονάδες)

$$a). \text{Έχουμε } \bar{i}_x = \frac{\bar{U}_{X,Y}}{R_x} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{5} \Leftrightarrow \bar{i}_x = 46,18 \angle 0^\circ \text{ A} \quad , \quad \bar{i}_y = 0 \quad \text{και} \quad \bar{i}_z = 0$$

$$\cdot \bar{U} = \frac{20}{0,4} = \frac{W_1}{\sqrt{3}W_2} \Leftrightarrow \frac{W_L}{W_2} = \frac{20\sqrt{3}}{0,4}$$

$$\cdot \bar{I}_{DV} \cdot W_1 = \bar{i}_x \cdot W_2 \Leftrightarrow \bar{I}_{DV} = \frac{W_2}{W_1} \bar{i}_x = \frac{0,4}{20\sqrt{3}} \cdot 46,18 \angle 0^\circ \Leftrightarrow \bar{I}_{DV} = 0,533 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\cdot \bar{I}_{DW} \cdot W_1 = \bar{i}_y \cdot W_2 \Leftrightarrow \bar{I}_{DW} = 0 \quad \text{και} \quad \bar{I}_{DU} \cdot W_1 = \bar{i}_z \cdot W_2 \Leftrightarrow \bar{I}_{DU} = 0$$

$$\cdot \bar{I}_U = \bar{I}_{DU} - \bar{I}_{DV} \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_U = 0,533 \angle 180^\circ \text{ A}}$$

$$\cdot \bar{I}_V = \bar{I}_{DV} - \bar{I}_{DW} \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_V = 0,533 \angle 0^\circ \text{ A}}$$

$$\cdot \bar{I}_W = \bar{I}_{DW} - \bar{I}_{DU} \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_W = 0}$$

$$\cdot \bar{i}_o = \frac{1}{3} (\bar{i}_x + \cancel{\bar{i}_y} + \cancel{\bar{i}_z}) \Leftrightarrow \bar{i}_o = 15,39 \angle 0^\circ \text{ A} \quad \text{ονότερε} \quad \bar{I}_{OD} = \frac{W_2}{W_1} \bar{i}_o = \frac{0,4}{20\sqrt{3}} \cdot 15,39 \angle 0^\circ \Leftrightarrow$$

$$\boxed{I_{OD} = 0,177 \angle 0^\circ \text{ A}}$$

$$\beta) \text{ Με } zeta \text{ ιδια λογικη θα έχουμε } \bar{i}_z = \frac{\bar{U}_{Z,Y}}{R} = \frac{\frac{400}{\sqrt{3}} \angle -240^\circ}{5} \Leftrightarrow \bar{i}_z = 46,18 \angle -240^\circ \text{ A} \quad (\bar{i}_{x,y} = 0)$$

$$\text{και} \quad \boxed{\bar{I}_{DU} = 0,533 \angle -240^\circ \text{ A}} \quad (I_{DV}, I_{DW} = 0)$$

$$\text{και} \quad \boxed{\bar{I}_U = 0,533 \angle -240^\circ \text{ A}} \quad , \quad \bar{I}_W = 0,533 \angle -240 + 180^\circ \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_W = 0,533 \angle -60^\circ \text{ A}} \quad (\bar{I}_V = 0)$$

$$\text{και} \quad \bar{i}_o = 15,39 \angle -240^\circ \quad , \quad \text{ονότερε} \quad \boxed{\bar{I}_{OD} = 0,177 \angle -240^\circ}$$