

a) Θα επιλέξω βάσεις $S_b = 400 \text{ MVA}$, $V_{b_1} = 21 \text{ kV}$, $V_{b_2} = 400 \text{ kV}$, ονότες: $V_{b_3} = 19 \text{ kV}$

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

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

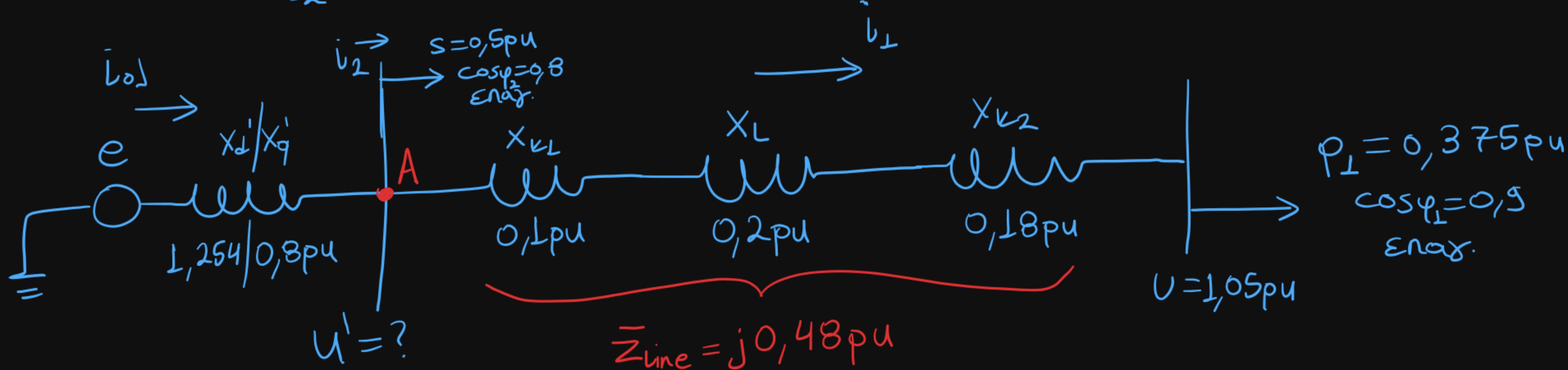
$$\cdot U = \frac{20}{19} \Leftrightarrow U = 1,05 \text{ pu}$$

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

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

$$\cdot Z_{b_2} = \frac{V_{b_2}^2}{S_{b_2}} = \frac{400^2}{400} \Leftrightarrow Z_{b_2} = 400 \Omega, \text{ ονότες}$$

$$X_L = \frac{X_L}{Z_{b_2}} = \frac{j80}{400} \Leftrightarrow X_L = j0,2 \text{ pu}$$



$$\beta) \cdot \bar{i}_1 = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi_1} = \frac{0,375}{1,05 \cdot 0,8} \Leftrightarrow \bar{i}_1 = 0,4 \text{ pu} \quad \text{και} \quad \varphi_1 = \arccos(0,8) \Leftrightarrow \varphi_1 = 25,84^\circ, \text{ άρα } \boxed{\bar{i}_1 = 0,4 \angle -25,84^\circ \text{ pu}}$$

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

$$\cdot \bar{i}_2 = \frac{S}{U'} = \frac{0,5}{1,14} \Leftrightarrow \bar{i}_2 = 0,43 \quad \text{και} \quad \varphi_2 = \arccos(0,8) \Leftrightarrow \varphi_2 = 36,86^\circ, \text{ άρα } \boxed{\bar{i}_2 = 0,43 \angle -36,86^\circ \text{ pu}}$$

$$\text{Ονότε } \bar{i}_{0A} = \bar{i}_L + \bar{i}_2 \Leftrightarrow \boxed{\bar{i}_{0A} = 0,82 \angle -31,54^\circ}$$

~~δ) Θα βρούμε αρχικά την ενέργεια και διεργητικά στο σημείο A.~~

$$\cdot P_A = P_1 + P_2 = P_1 + S \cdot \cos(\varphi_2) = 0,375 + 0,5 \cdot 0,8 \Leftrightarrow \boxed{P_A = 0,775 \text{ pu}}$$

$$\cdot Q_A = Q_1 + i_L^2 \cdot X_{\text{line}} + Q_2 = P_1 \cdot \tan \varphi_1 + i_L^2 \cdot X_{\text{line}} + S \cdot \sin(\varphi_2) = 0,375 \cdot 0,5 + 0,4^2 \cdot 0,48 + 0,5 \cdot 0,6 \Leftrightarrow \boxed{Q_A = 0,5643 \text{ pu}}$$

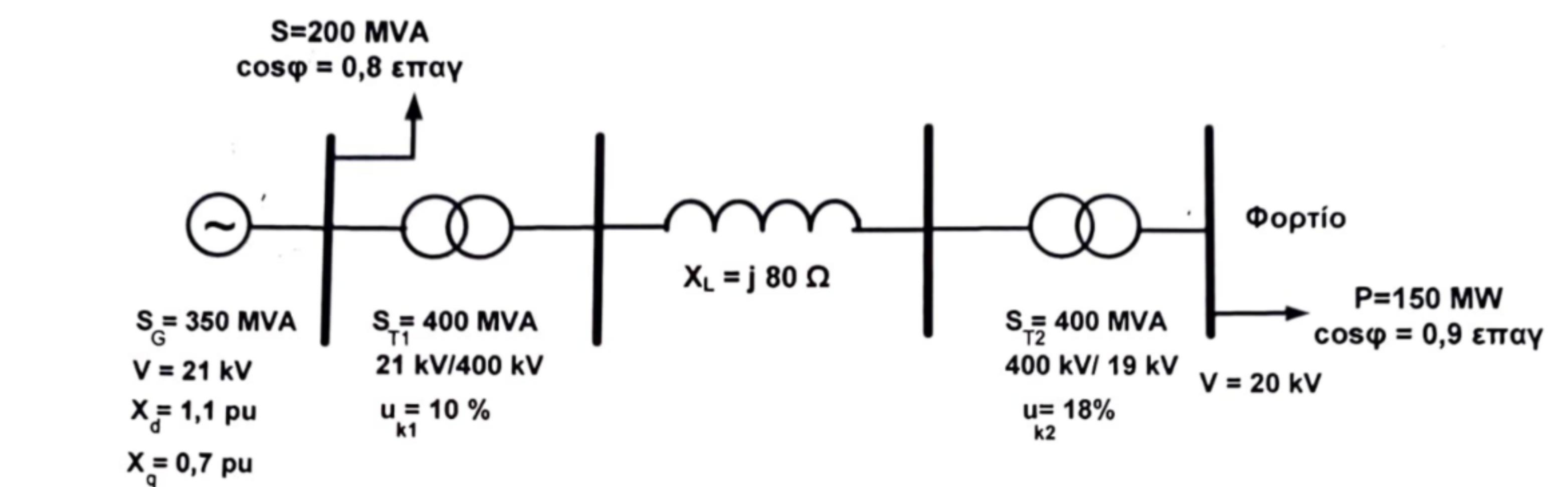
$$\cdot \text{Ονότε } \gamma_A \theta_A = e / U' \quad \text{εξουπερ} \quad \tan \theta_A = \frac{X_q^1 \cdot P_A}{U' + X_q^1 \cdot Q_A} = \frac{0,8 \cdot 0,775}{1,14 + 0,8 \cdot 0,5643} \Leftrightarrow \tan \theta_A = 0,389 \Leftrightarrow \theta_A = 21,25^\circ$$

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

$$\text{Αρα } e = U' \cos \theta_A + X_d^1 \cdot i_{0A} \cdot \sin(\varphi_A + \theta_A) = 1,14 \cdot \cos(21,25^\circ) + 1,254 \cdot 0,82 \cdot \sin(36,05^\circ + 21,25^\circ) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow e = 1,927 \text{ pu}, \text{ ονότε } \boxed{\bar{e} = 1,927 \angle 21,25^\circ}$$

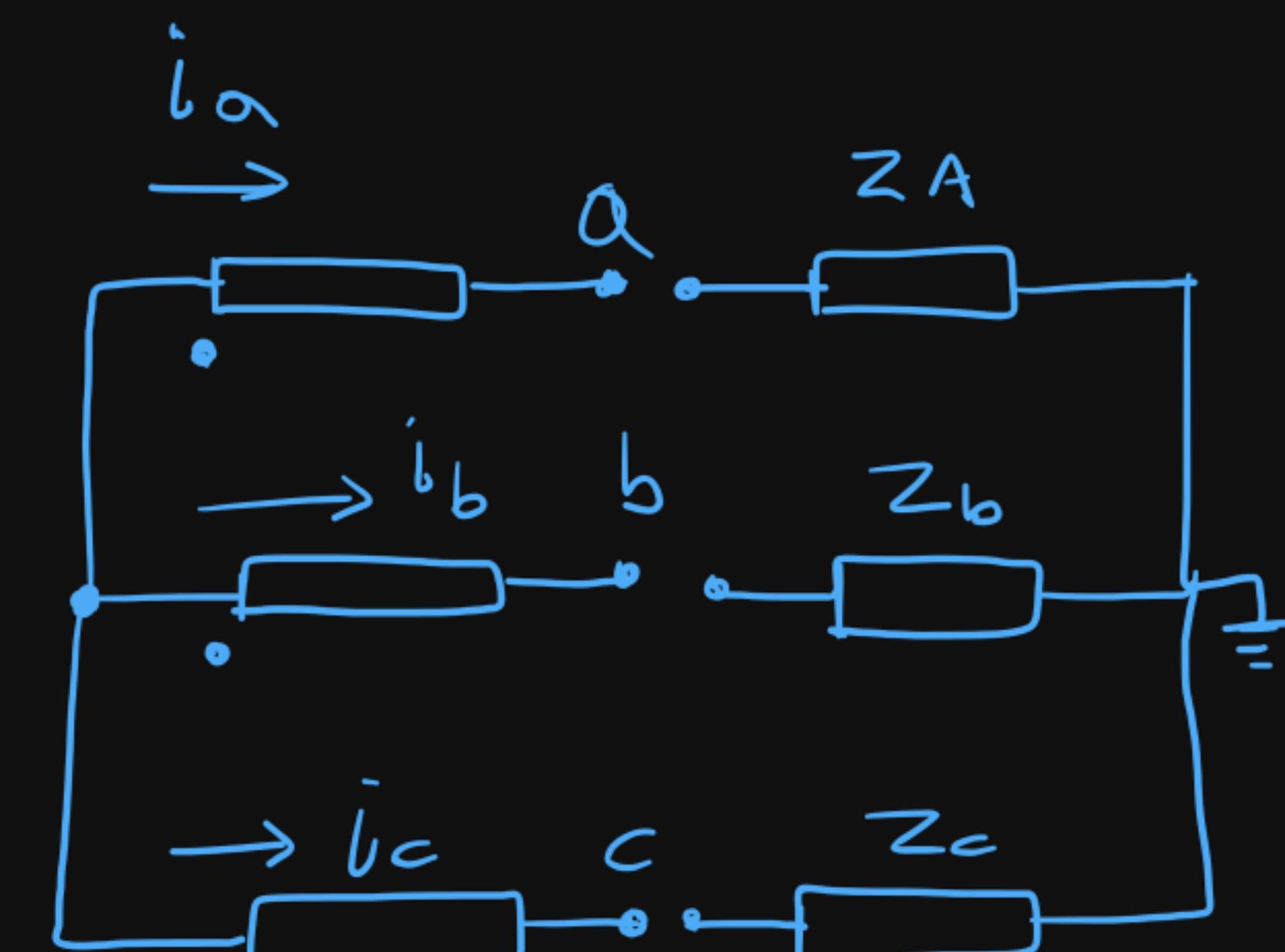
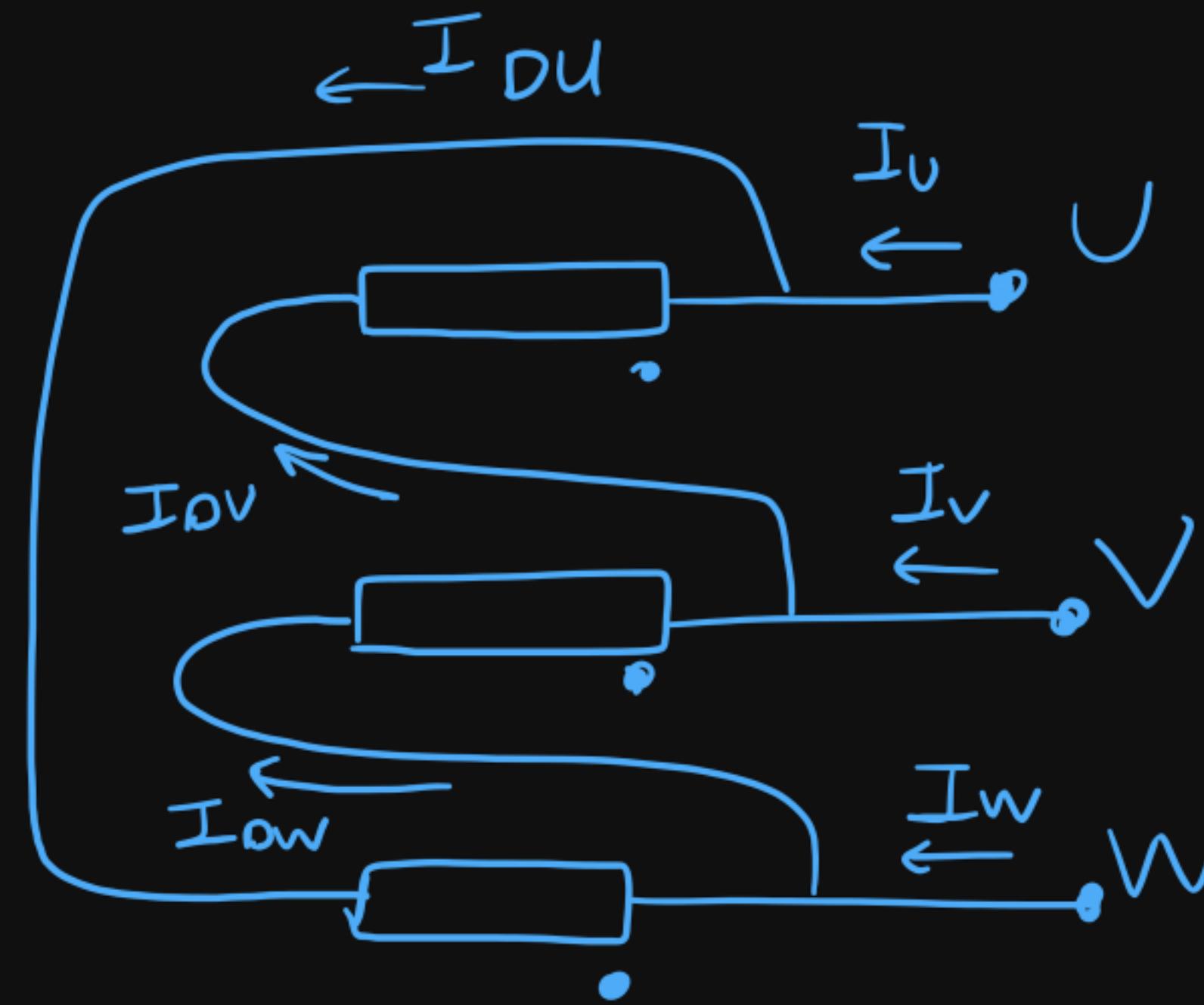
1. Μια τριφασική γεννήτρια έκτυπων πόλων τροφοδοτεί τοπικά ένα φορτίο 200 MVA, $\cos \varphi = 0,8$ επαγγελματικό, ενώ μέσα από ένα δίκτυο που περιλαμβάνει έναν ΜΣ ανύψωσης, μια εναέρια γραμμή μεταφοράς και έναν ΜΣ υποβιβασμού, τροφοδοτεί και ένα απομακρυσμένο φορτίο $P=150 \text{ MW}$, $\cos \varphi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



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
- (β) Το ρεύμα που διαρρέει 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, $u_k=0,15\mu$, 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 :

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

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

$$\bar{i}_b = 649 \angle -156,86^\circ \text{ A}$$

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

$$\bar{i}_c = 811 \angle -276,86^\circ \text{ A}$$

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

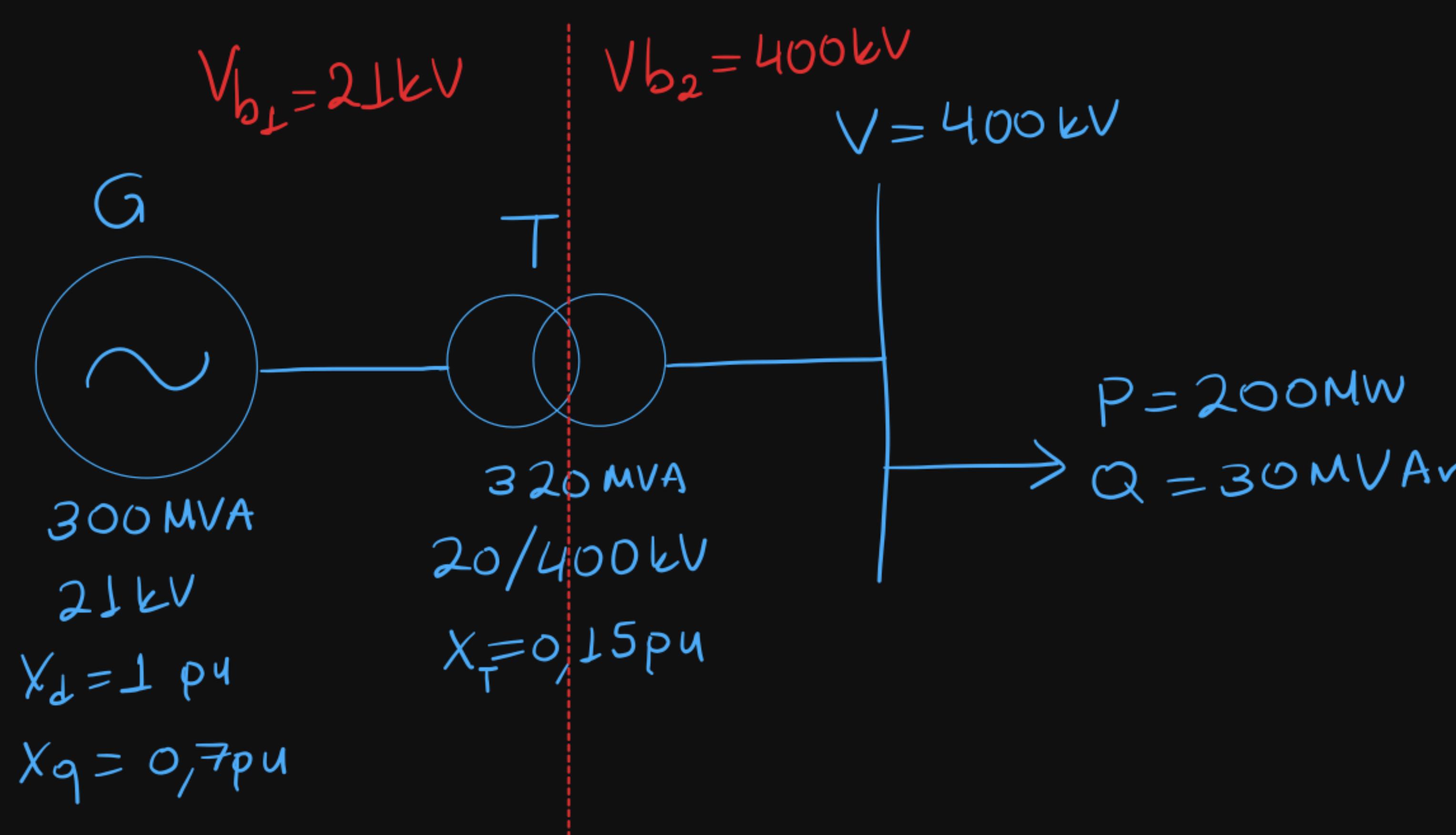
Οπότε $\bar{I}_{DV} \cdot W_L = \bar{i}_a \cdot W_2 \Leftrightarrow \boxed{\bar{I}_{DV} = 7,56 \angle -7,59^\circ \text{ A}}$

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

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

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

Οπότε $\bar{I}_{OD} = \frac{W_2}{W_1} \bar{i}_o \Leftrightarrow \boxed{I_{OD} = 1,874 \angle 72,14^\circ \text{ A}}$



ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ
1. (6 μονάδες, διάρκεια 90 min, επιτρέπονται όλα τα βοηθήματα)
 Μία σύγχρονη γεννήτρια έκτυπων πόλων τροφοδοτεί μέσω ενός ΜΣ ανύψωσης ένα
 ζυγό δικτύου 400kV με ισχύ P=200MW και Q=30MVar.
 Τα ονομαστικά στοιχεία της γεννήτριας και του ΜΣ είναι:
 Γεννήτρια: S=300MVA V=21kV x_d=1pu, x_q=0.7pu
 ΜΣ: S=320MVA 20/400kV x=0.15 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 φόρτισης (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)

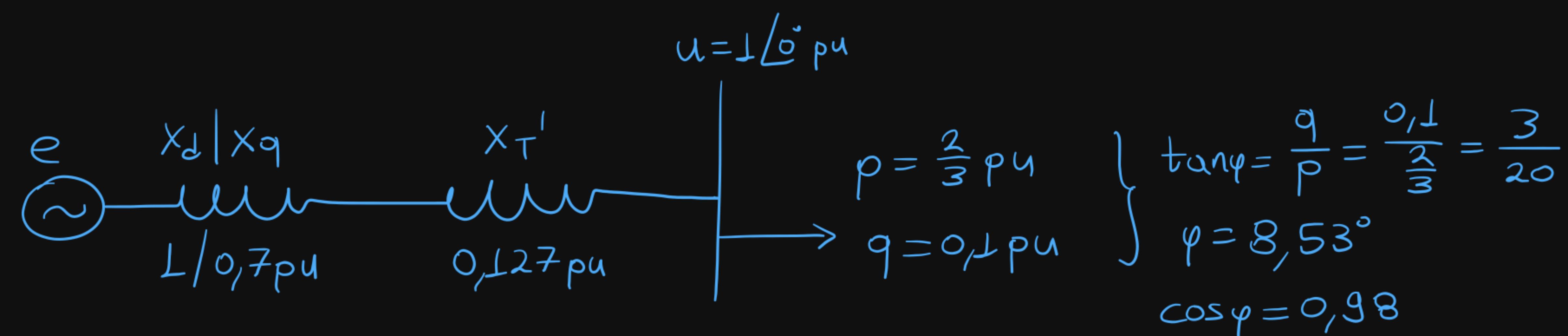
a) Ενιδέγουμε $S_b = 300 \text{ MVA}$, οπότε:

$$\cdot X_T' = X_T \left(\frac{300}{320} \right) \left(\frac{20}{21} \right)^2 = 0,15 \cdot 0,9375 \cdot 0,907 \Leftrightarrow X_T' = 0,127 \text{ pu}$$

$$\cdot U = \frac{V}{V_{b2}} = \frac{400}{400} \Leftrightarrow U = 1 \text{ pu}$$

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

$$\cdot q = \frac{Q}{S_b} = \frac{30}{300} \Leftrightarrow q = 0,1 \text{ pu}$$



$$\beta) \cdot i = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{\frac{2}{3}}{1 \cdot 0,98} \Leftrightarrow i = 0,68 \text{ pu} \quad \text{οπότε} \quad \bar{i} = 0,68 \angle -8,53^\circ \text{ pu}$$

$$\cdot X_q' = X_q + X_T' = 0,7 + 0,127 \Leftrightarrow X_q' = 0,827 \text{ pu}$$

$$\cdot X_d' = X_d + X_T' = 1 + 0,127 \Leftrightarrow X_d' = 1,127 \text{ pu}$$

$$\text{Οπότε} \quad \tan \theta = \frac{X_q' \cdot P}{U^2 + X_q' \cdot q} = \frac{0,827 \cdot \frac{2}{3}}{1^2 + 0,827 \cdot 0,1} = 0,5 \Leftrightarrow \theta = 26,56^\circ$$

$$\text{Και} \quad e = U \cdot \cos \theta + X_d' \cdot i \cdot \sin(\varphi + \theta) = 1 \cdot \cos(26,56^\circ) + 1,127 \cdot 0,68 \cdot \sin(8,53^\circ + 26,56^\circ) \Leftrightarrow \bar{e} = 1,335 \text{ pu}$$

$$\delta_1 \text{ λαδή} \quad \bar{e} = 1,335 \angle 26,56^\circ \text{ pu}$$

$$\cdot i_d = -i \sin(\theta + \varphi) = -0,68 \cdot \sin(8,53^\circ + 26,56^\circ) \Leftrightarrow i_d = -0,39 \text{ pu} \quad (\sigma \text{ cov Im αξονα})$$

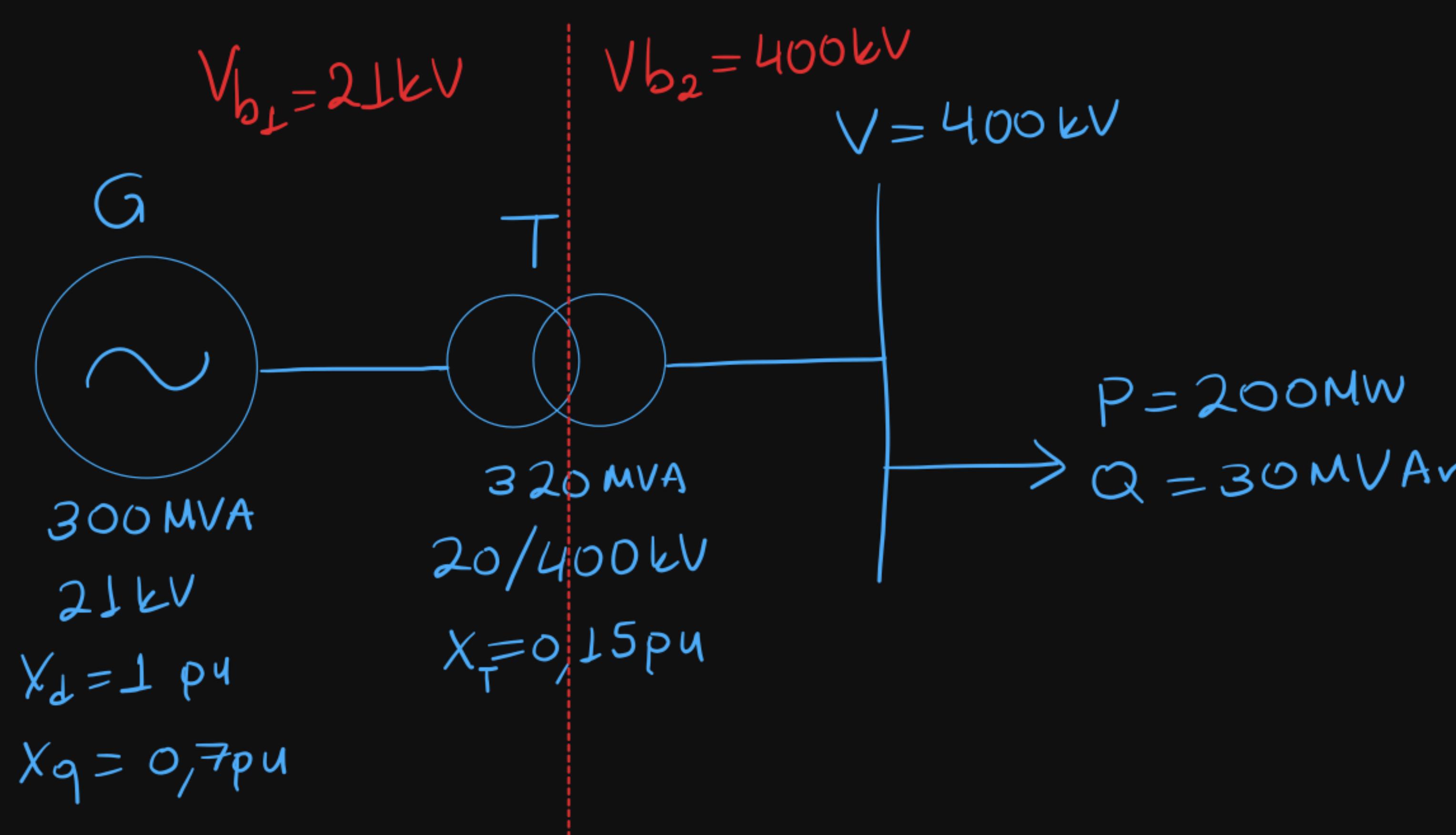
$$\cdot i_q = i \cos(\theta + \varphi) = 0,68 \cdot \cos(8,53^\circ + 26,56^\circ) \Leftrightarrow i_q = 0,556 \text{ pu} \quad (\sigma \text{ cov Re αξονα})$$

$$\gamma) \cdot \text{Ισχύς αντίδρασης: } P_r = \frac{U^2}{2} \sin(2\theta) \left(\frac{1}{X_q'} - \frac{1}{X_d'} \right) = \frac{1^2}{2} \sin(2 \cdot 26,56^\circ) \left(\frac{1}{0,827} - \frac{1}{1,127} \right) \Leftrightarrow P_r = 0,128 \text{ pu}$$

$$\text{Οπότε} \quad P_r = P_r \cdot S_b = 0,128 \cdot 300 \text{ M} \Leftrightarrow P_r = 38,4 \text{ MW}$$

$$\cdot \text{Ισχύς συγχρονισμού: } \frac{\partial P}{\partial \theta} = \frac{U \cdot e}{X_d'} \cos \theta + U^2 \left(\frac{1}{X_q'} - \frac{1}{X_d'} \right) \cos(2\theta) \Leftrightarrow \frac{\partial P}{\partial \theta} = 1,252 \text{ pu/rad}$$

$$\text{Οπότε} \quad \frac{\partial P}{\partial \theta} = \frac{\partial P}{\partial \theta} \cdot S_b = 1,252 \cdot 300 \text{ M} \Leftrightarrow \frac{\partial P}{\partial \theta} = 375,6 \text{ MW/rad}$$



ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ
1. (6 μονάδες, διάρκεια 90 min, επιτρέπονται όλα τα βοηθήματα)
 Μία σύγχρονη γεννήτρια έκτυπων πόλων τροφοδοτεί μέσω ενός ΜΣ ανύψωσης ένα
 ζυγό δικτύου 400kV με ισχύ P=200MW και Q=30MVar.
 Τα ονομαστικά στοιχεία της γεννήτριας και του ΜΣ είναι:
 Γεννήτρια: S=300MVA V=21kV x_d=1pu, x_q=0.7pu
 ΜΣ: S=320MVA 20/400kV x=0.15 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 φόρτισης (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)

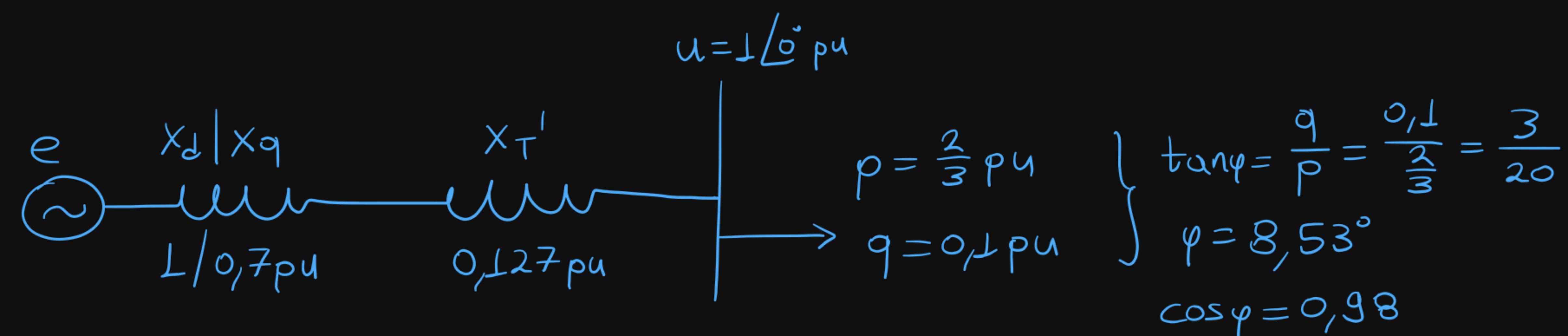
a) Ενιδέγουμε $S_b = 300 \text{ MVA}$, οπότε:

$$\cdot X_T' = X_T \left(\frac{300}{320} \right) \left(\frac{20}{21} \right)^2 = 0,15 \cdot 0,9375 \cdot 0,907 \Leftrightarrow X_T' = 0,127 \text{ pu}$$

$$\cdot U = \frac{V}{V_{b2}} = \frac{400}{400} \Leftrightarrow U = 1 \text{ pu}$$

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

$$\cdot q = \frac{Q}{S_b} = \frac{30}{300} \Leftrightarrow q = 0,1 \text{ pu}$$



$$\beta) \cdot i = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} = \frac{\frac{2}{3}}{1 \cdot 0,98} \Leftrightarrow i = 0,68 \text{ pu} \quad \text{οπότε} \quad \bar{i} = 0,68 \angle -8,53^\circ \text{ pu}$$

$$\cdot X_q' = X_q + X_T' = 0,7 + 0,127 \Leftrightarrow X_q' = 0,827 \text{ pu}$$

$$\cdot X_d' = X_d + X_T' = 1 + 0,127 \Leftrightarrow X_d' = 1,127 \text{ pu}$$

$$\text{Οπότε} \quad \tan \theta = \frac{X_q' \cdot P}{U^2 + X_q' \cdot q} = \frac{0,827 \cdot \frac{2}{3}}{1^2 + 0,827 \cdot 0,1} = 0,5 \Leftrightarrow \theta = 26,56^\circ$$

$$\text{Και} \quad e = U \cdot \cos \theta + X_d' \cdot i \cdot \sin(\varphi + \theta) = 1 \cdot \cos(26,56^\circ) + 1,127 \cdot 0,68 \cdot \sin(8,53^\circ + 26,56^\circ) \Leftrightarrow \bar{e} = 1,335 \text{ pu}$$

$$\delta_1 \text{ λαδή} \quad \bar{e} = 1,335 \angle 26,56^\circ \text{ pu}$$

$$\cdot i_d = -i \sin(\theta + \varphi) = -0,68 \cdot \sin(8,53^\circ + 26,56^\circ) \Leftrightarrow i_d = -0,39 \text{ pu} \quad (\sigma \text{ cov Im αξονα})$$

$$\cdot i_q = i \cos(\theta + \varphi) = 0,68 \cdot \cos(8,53^\circ + 26,56^\circ) \Leftrightarrow i_q = 0,556 \text{ pu} \quad (\sigma \text{ cov Re αξονα})$$

$$\gamma) \cdot \text{Ισχύς αντίδρασης: } P_r = \frac{U^2}{2} \sin(2\theta) \left(\frac{1}{X_q'} - \frac{1}{X_d'} \right) = \frac{1^2}{2} \sin(2 \cdot 26,56^\circ) \left(\frac{1}{0,827} - \frac{1}{1,127} \right) \Leftrightarrow P_r = 0,128 \text{ pu}$$

$$\text{Οπότε} \quad P_r = P_r \cdot S_b = 0,128 \cdot 300 \text{ M} \Leftrightarrow P_r = 38,4 \text{ MW}$$

$$\cdot \text{Ισχύς συγχρονισμού: } \frac{\partial P}{\partial \theta} = \frac{U \cdot e}{X_d'} \cos \theta + U^2 \left(\frac{1}{X_q'} - \frac{1}{X_d'} \right) \cos(2\theta) \Leftrightarrow \frac{\partial P}{\partial \theta} = 1,252 \text{ pu/rad}$$

$$\text{Οπότε} \quad \frac{\partial P}{\partial \theta} = \frac{\partial P}{\partial \theta} \cdot S_b = 1,252 \cdot 300 \text{ M} \Leftrightarrow \frac{\partial P}{\partial \theta} = 375,6 \text{ MW/rad}$$