

Άσκηση 7

**Εναέρια τριφασική γραμμή μεταφοράς
εναλλασσομένου ρεύματος υψηλής
τάσης 220 kV
(3φ ΓΜ ΕΡ ΥΤ 220 kV)**

Σκοπός της άσκησης

- Περιγραφή του πάνελ.
- Πείραμα:
 - A) Γ.Μ. 200 km με μικρό φορτίο RL.
Ρύθμιση τάσης.
 - B) Γ.Μ. 200 km με μεγάλο φορτίο RL.
Ρύθμιση τάσης.
 - Γ) Στην ίδια γραμμή φαινόμενο Ferranti.

Όρια ηλεκτρικών στοιχείων εναέριων Γ.Μ.

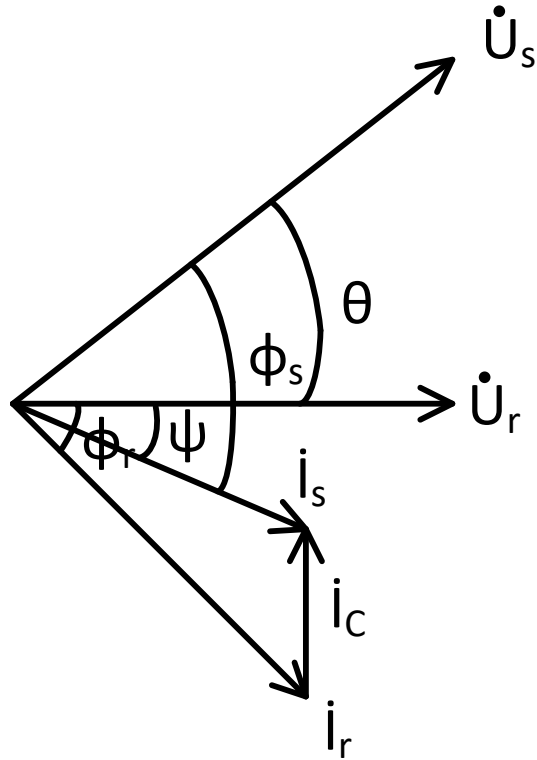
- R_0 (Ω/km και φάση): 0.01 \rightarrow 0.3
- L_0 (mH/km και φάση): 0.6 \rightarrow 1.6
- C_0 ($\mu\text{F}/\text{km}$ και φάση): 0.006 \rightarrow 0.02

Εύρεση φασικής γωνίας

- **Στο εργαστήριο** τη φασική γωνία θ τη μετράμε απευθείας με το γωνιόμετρο.
- **Στην πράξη** δεν είναι εφικτή απευθείας μέτρηση της θ όπως στο εργαστήριο. Η Επιχείρηση Ηλεκτρισμού χρειάζεται να υπολογίσει τη φασική γωνία θ μέσω άλλων μετρήσιμων γωνιών.

Ορισμοί γωνιών:

- Όταν ο συντελεστής ισχύος στο τέλος της γραμμής είναι **επαγωγικός**, το διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων έχει τη μορφή:



φ_s : γωνία μεταξύ \dot{U}_s, \dot{I}_s

φ_r : γωνία μεταξύ \dot{U}_r, \dot{I}_r

θ : γωνία μεταξύ \dot{U}_s, \dot{U}_r

ψ : γωνία μεταξύ \dot{U}_r, \dot{I}_s

Τότε το $|\dot{I}_s|$ είναι μικρότερο από το $|\dot{I}_r|$ λόγω του \dot{I}_c .

- Όταν ο συντελεστής ισχύος στο τέλος της γραμμής είναι **χωρητικός**, τότε τα ρεύματα προκύπτουν πάνω από τον οριζόντιο άξονα (\dot{U}_r) και το $|\dot{I}_s|$ είναι μεγαλύτερο από το $|\dot{I}_r|$.

Υπολογισμός φασικής γωνίας

Γ.Μ. μικρού μήκους:

$$R \neq 0, X_L \neq 0, C = 0$$

$$\dot{Z}_\gamma = R + jX_L \neq 0$$

$$\dot{Y}_\gamma = j\omega C = 0$$

$$\theta = \varphi_s - \varphi_r$$

Γ.Μ. μέσου και μεγάλου μήκους:

$$R \neq 0, X_L \neq 0, C \neq 0$$

$$\dot{Z}_\gamma = R + jX_L \neq 0,$$

$$\dot{Y}_\gamma = j\omega C \neq 0$$

$$\theta = \begin{cases} \varphi_s + \psi, & \text{PF στο τέλος της γραμμής} \\ & \text{χωρητικός} \\ \varphi_s - \psi, & \text{PF στο τέλος της γραμμής} \\ & \text{επαγωγικός} \end{cases}$$

όπου ψ το όρισμα του \dot{I}_s .

- Η φασική γωνία θ υπολογίζεται με βάση τους παραπάνω τύπους. Οι επιμέρους γωνίες που απαιτούνται για τον υπολογισμό προκύπτουν από μετρήσεις των αντίστοιχων συνημιτόνων.

Στοιχεία του εξομοιωτή

- Η τάση τροφοδοσίας της γραμμής είναι ρυθμιζόμενη.
- Δίνονται ως ηλεκτρικά στοιχεία γραμμής τα εξής:

$$R_0 = 0.12 \text{ } \Omega/\text{km} \text{ και φάση}$$

$$L_0 = 1.12 \text{ mH/km και φάση}$$

$$C_0 = 0.01 \text{ } \mu\text{F/km και φάση}$$

- Το μοντέλο της γραμμής που περιλαμβάνει ο εξομοιωτής αποτελείται από ένα ισοδύναμο T κύκλωμα για κάθε 50 km γραμμής. Με τη βοήθεια περιστροφικού διακόπτη εισάγουμε όσα τέτοια τμήματα απαιτούνται.
- Για γραμμή 200 km υπολογίζονται τα εξής:

$$\dot{Z}_\gamma = R + jX_L = R_0 l + j\omega L_0 l = 0.12 \cdot 200 + j314 \cdot 1.12 \cdot 10^{-3} \cdot 200 = 24 + j70.33 \text{ } \Omega \text{ ανά φάση}$$

$$\dot{Y}_\gamma = j\omega C = j\omega C_0 l = j314 \cdot 0.01 \cdot 10^{-6} \cdot 200 = j6.28 \cdot 10^{-4} \text{ S ανά φάση}$$

Στοιχεία του εξομοιωτή

- Στο τέλος της γραμμής μπορούν να συνδεθούν φορτία με τη βοήθεια διακοπών. Τα διαθέσιμα φορτία είναι τα εξής:

1. Μικρό φορτίο RL με $R_\varphi = 604 \Omega$, $L_\varphi = 2 H$ και επομένως:

$$\dot{Z}_\varphi = R_\varphi + jX_\varphi = 604 + j314 \cdot 2 = 604 + j628 \Omega \text{ ανά φάση}$$

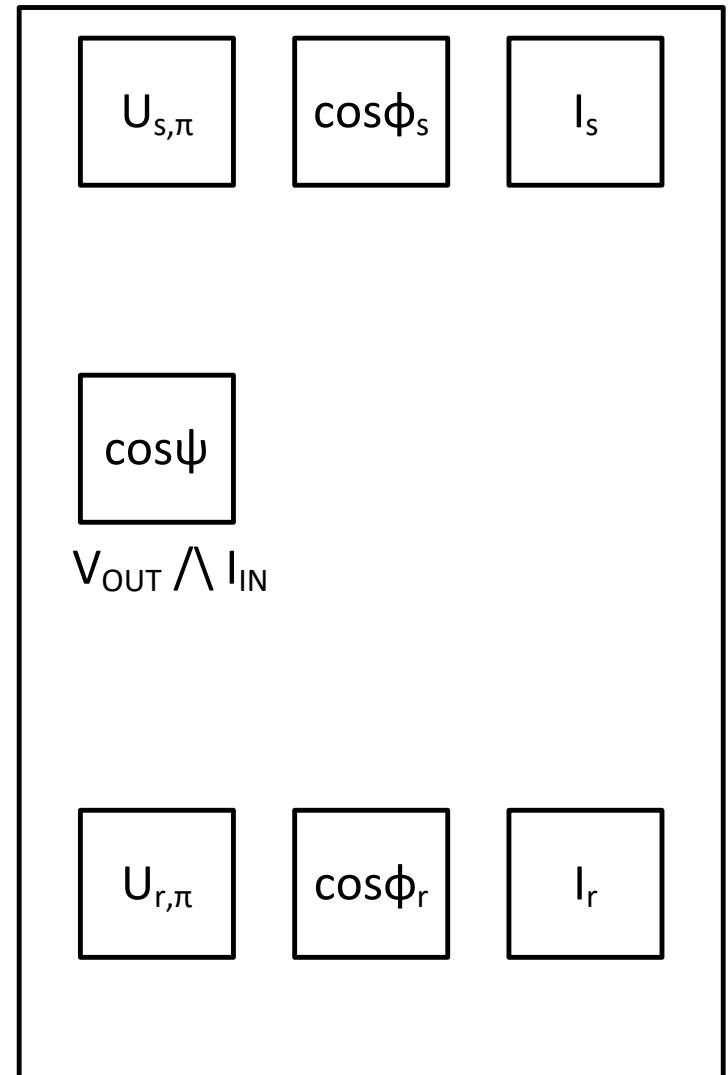
2. Μεγάλο φορτίο RL με:

$$\dot{Z}'_\varphi = \dot{Z}_\varphi / 2 = 302 + j314 \Omega \text{ ανά φάση}$$

- Επίσης στο τέλος της γραμμής μπορούν να συνδεθούν πυκνωτές παράλληλα για ρύθμιση της τάσης. Οι διαθέσιμες τιμές χωρητικοτήτων είναι από 0.5 έως 7.5 μF με βήμα 0.5 μF .

Στοιχεία του εξομοιωτή

Ο εξομοιωτής που χρησιμοποιείται για τη διεξαγωγή της άσκησης περιλαμβάνει μετρητές των μεγεθών που φαίνονται στο διπλανό σχήμα.



Πειραματική διαδικασία

- A) Επιλέγουμε τάση τροφοδοσίας 220 kV, γραμμή 200 km και μικρό φορτίο.
- Καταγράφουμε τις τιμές των $U_{S,\pi}, I_S, \cos\varphi_S, U_{r,\pi}, I_r, \cos\varphi_r, \cos\psi$.
 - Ρύθμιση τάσης: Μέσω διαδοχικών δοκιμών βρίσκουμε την απαραίτητη χωρητικότητα ώστε το $\cos\varphi_r$ να γίνει τουλάχιστον 0.85.
 - Καταγράφουμε τις νέες τιμές των $U_{S,\pi}, I_S, \cos\varphi_S, U_{r,\pi}, I_r, \cos\varphi_r, \cos\psi$.
- B) Επαναλαμβάνουμε τη παραπάνω διαδικασία για τάση τροφοδοσίας 220 kV, γραμμή 200 km και μεγάλο φορτίο.
- Γ) Παρατήρηση φαινομένου Ferranti για μεγάλο φορτίο χωρίς ρύθμιση τάσης.
- Μηδενίζουμε το φορτίο θέτοντας ταυτόχρονα και τους δύο διακόπτες του φορτίου στο OFF.
 - Καταγράφουμε τις τιμές των $U_{S,\pi}, I_S, \cos\varphi_S, U_{r,\pi}, I_r, \cos\varphi_r, \cos\psi$.