



Εισαγωγή στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ)

Κεφάλαιο 5: Παράσταση ΣΗΕ

Μάθημα στις 30/10/2024

Πάυλος Σ. Γεωργιλάκης
Καθ. ΕΜΠ



Παράδοση Ασκήσεων

- Σύμφωνα με ανακοίνωση στην ιστοσελίδα του μαθήματος στο <https://helios.ntua.gr/>
- Οι ασκήσεις παραδίδονται στο κουτί έξω από το γραφείο 2.2.34 (του κ. Κιμουλάκη) που βρίσκεται στον δεύτερο όροφο του παλαιού κτιρίου Ηλεκτρολόγων.
- Η Α Ομάδα Ασκήσεων (σελίδα 25 επισυναπτόμενου αρχείου), θα παραδοθεί έως τις 10 Νοεμβρίου 2023, δηλαδή μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας του Κεφαλαίου 5 του μαθήματος.
- Η Β Ομάδα Ασκήσεων (σελίδα 25 επισυναπτόμενου αρχείου), θα παραδοθεί μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας του Κεφαλαίου 10 του μαθήματος.
- Για απορίες επί των ασκήσεων: Δρ. Νικόλαος Κιμουλάκης, Μέλος ΕΔΙΠ, e-mail: kimnikos@central.ntua.gr, Τηλέφωνο 210 772 3562, Γραφείο 2.2.34 στο Παλαιό Κτίριο Ηλεκτρολόγων.



Προβλήματα και Δυσκολίες στην Ανάλυση ΣΗΕ

1. Τα ΣΗΕ είναι τριφασικά, πράγμα που δυσκολεύει την παράστασή τους
2. Ένα τυπικό ΣΗΕ αποτελείται από εκατοντάδες ζυγούς. Ένα τυπικό συνδεδεμένο ΣΗΕ αποτελείται από αρκετές χιλιάδες ζυγούς
3. Οι Μ/Σ χωρίζουν το ΣΗΕ σε πολλά τμήματα με διαφορετικές τάσεις

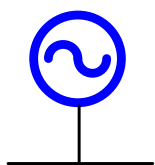


Η Παράσταση ΣΗΕ απλοποιείται με:

1. Μονογραμμικό διάγραμμα
2. Μονοφασικό ισοδύναμο κύκλωμα
3. Ανά μονάδα σύστημα



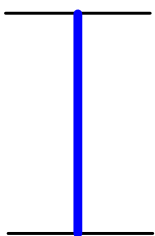
Μονογραμμικό Διάγραμμα – Σύμβολα



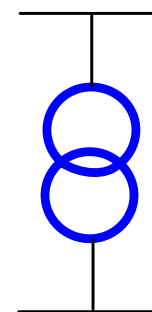
Γεννήτρια



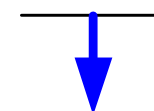
Ζυγός



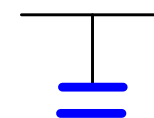
Γραμμή
μεταφοράς



Μ/Σ



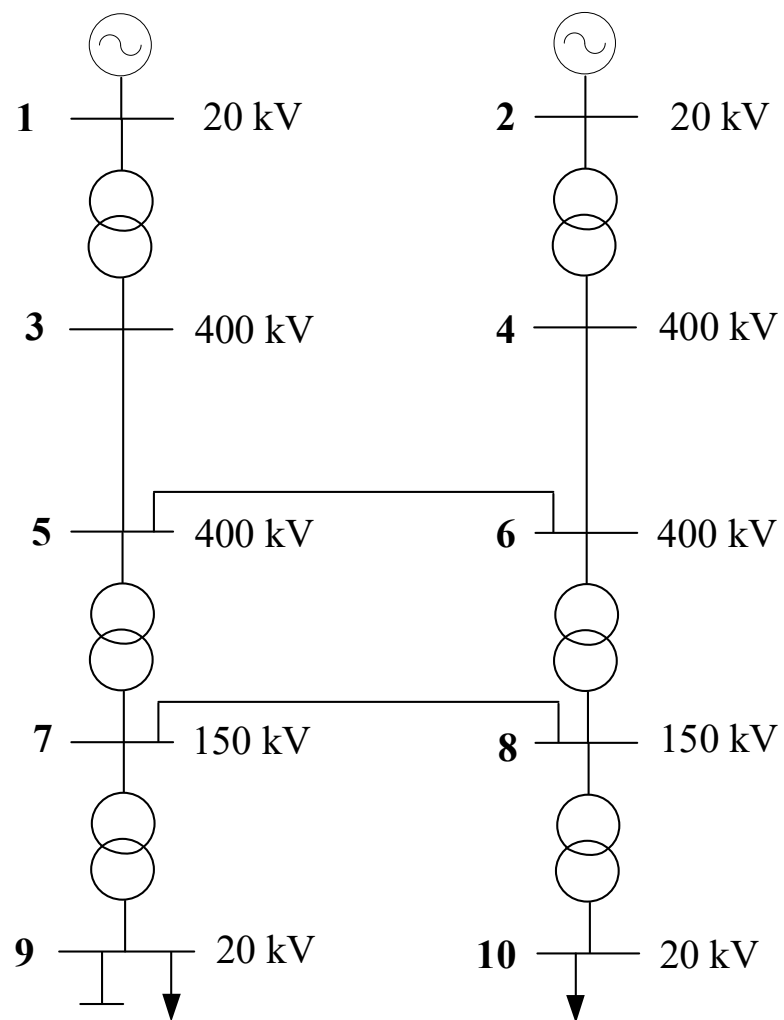
Φορτίο



Χωρητική
αντιστάθμιση

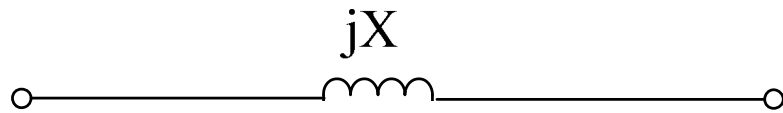


Μονογραμμικό Διάγραμμα – Παράδειγμα

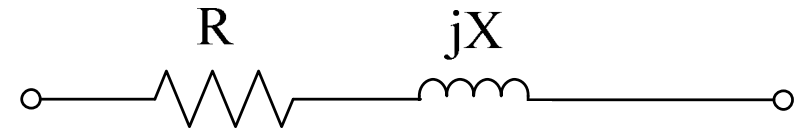




Μονοφασικό Ισοδύναμο Σύστημα



Μ/Σ



Γραμμή μεταφοράς



Ανά Μονάδα Σύστημα – Πλεονεκτήματα

1. Οι παράμετροι των συνιστωσών του ΣΗΕ κυμαίνονται σε μικρό εύρος τιμών. Πιθανό σφάλμα γίνεται αμέσως αντιληπτό
2. Δεν χρειάζεται αναγωγή στο ένα τύλιγμα των M/Σ
3. Η ανά μονάδα τιμή της τάσης είναι περίπου ίση με τη μονάδα σε όλο το ΣΗΕ



Ανά Μονάδα Σύστημα – Μειονεκτήματα

1. Αλλάζουν τα ισοδύναμα κυκλώματα των στοιχείων και χάνουν τη φυσική τους ιδιότητα
2. Μερικές εξισώσεις που ισχύουν στο αρχικό σύστημα (φυσικό σύστημα) αλλάζουν μορφή στο ανά μονάδα σύστημα



Ανά Μονάδα Σύστημα – Βασικές Σχέσεις

$$V_{\alpha\mu} = \frac{V}{V_B} \quad (5.1)$$

$$I_{\alpha\mu} = \frac{I}{I_B} \quad (5.2)$$

$$P_{\alpha\mu} = \frac{P}{S_B} \quad (5.3)$$

$$Q_{\alpha\mu} = \frac{Q}{S_B} \quad (5.4)$$

$$S_{\alpha\mu} = \frac{S}{S_B} \quad (5.5)$$



Ανά Μονάδα Σύστημα – Μονοφασικό Σύστημα

1. Βασικά μεγέθη είναι τα: $S_{B\varphi}$, $V_{B\varphi}$
2. Τα βασικά μεγέθη συνδέονται με τις σχέσεις:

$$I_{B\varphi} = \frac{S_{B\varphi}}{V_{B\varphi}} \quad (5.6)$$

$$Z_{B\varphi} = \frac{V_{B\varphi}}{I_{B\varphi}} \quad (5.7)$$

$$Z_{B\varphi} = \frac{V_{B\varphi}^2}{S_{B\varphi}} \quad (5.8)$$



Ανά Μονάδα Σύστημα – Μονοφασικό Σύστημα

Αποδεικνύεται ότι:

$$\hat{S}_{\varphi,\alpha\mu} = \hat{V}_{\varphi,\alpha\mu} \cdot \hat{I}_{\alpha\mu}^* \quad (5.9)$$

$$\hat{Z}_{\alpha\mu} = \frac{\hat{V}_{\varphi,\alpha\mu}}{\hat{I}_{\alpha\mu}} \quad (5.10)$$



Ανά Μονάδα Σύστημα – Τριφασικό Σύστημα

1. Βασικά μεγέθη είναι τα: S_B (τριφασική φαινόμενη ισχύς) και V_B (πολική τάση)
2. Τα βασικά μεγέθη του τριφασικού και του μονοφασικού συστήματος συνδέονται με τις σχέσεις:

$$S_B = 3 \cdot S_{B\varphi} \quad (5.11)$$

$$V_B = \sqrt{3} \cdot V_{B\varphi} \quad (5.12)$$



Ανά Μονάδα Σύστημα – Τριφασικό Σύστημα

Αποδεικνύεται ότι:

$$V_{\pi,\alpha\mu} = V_{\varphi,\alpha\mu} = V_{\alpha\mu} \quad (5.13)$$

$$S_{\alpha\mu} = S_{\varphi,\alpha\mu} \quad (5.14)$$

$$\hat{S}_{\alpha\mu} = \hat{V}_{\alpha\mu} \cdot \hat{I}_{\alpha\mu}^* \quad (5.15)$$

$$Z_B = \frac{V_B^2}{S_B}$$

$$\hat{Y}_{\alpha\mu} = \frac{1}{\hat{Z}_{\alpha\mu}} = \hat{Y} \cdot Z_B \quad (5.16)$$



Ανά Μονάδα Σύστημα – Παράσταση Μ/Σ

$$a = \frac{V_{B1}}{V_{B2}}$$

πρωτεύον

δευτερεύον

1

S_B

2

V_{B1}

V_{B2}

$$Z_{B1} = \frac{V_{B1}^2}{S_B}$$

$$Z_{B2} = \frac{V_{B2}^2}{S_B}$$



Ανά Μονάδα Σύστημα – Παράσταση Μ/Σ

$$Z_{B1} = \frac{V_{B1}^2}{S_B} = \left(\frac{V_{B1}}{V_{B2}} \right)^2 \cdot \frac{V_{B2}^2}{S_B} = a^2 \cdot Z_{B2} \Rightarrow \boxed{Z_{B1} = a^2 \cdot Z_{B2} \quad (5.17)}$$

$$\boxed{\hat{Z}' = a^2 \cdot \hat{Z}'' \quad (5.18)}$$

$$\hat{Z}'_{\alpha\mu} = \frac{\hat{Z}'}{Z_{B1}} = \frac{a^2 \cdot \hat{Z}''}{a^2 \cdot Z_{B2}} = \frac{\hat{Z}''}{Z_{B2}} = \hat{Z}''_{\alpha\mu} \Rightarrow \boxed{\hat{Z}'_{\alpha\mu} = \hat{Z}''_{\alpha\mu} \quad (5.19)}$$



Μεθοδολογία Επίλυσης στο Ανά Μονάδα Σύστημα

1. Επιλέγεται μία κοινή βάση ισχύος (S_B) για όλο το ΣΗΕ
2. Επιλέγεται η βασική τάση σε ένα τμήμα του ΣΗΕ. Συνήθως η τάση αυτή λαμβάνεται ίση με την ονομαστική τάση του ενός τυλίγματος κάποιου μετασχηματιστή
3. Προσδιορίζονται οι βασικές τάσεις σε όλα τα τμήματα του ΣΗΕ σύμφωνα με τους λόγους μετασχηματισμού των Μ/Σ
4. Υπολογίζονται οι βασικές αντιστάσεις σε όλα τα τμήματα του ΣΗΕ



Μεθοδολογία Επίλυσης στο Ανά Μονάδα Σύστημα

5. Προσδιορίζονται οι ανά μονάδα τιμές όλων των αντιστάσεων, ρευμάτων και τάσεων
6. Επιλύεται το ανά μονάδα ισοδύναμο κύκλωμα και βρίσκονται τα ανά μονάδα ζητούμενα μεγέθη
7. Πολλαπλασιάζονται τα ανά μονάδα μεγέθη με τα βασικά μεγέθη και υπολογίζονται τα ζητούμενα μεγέθη



Ανά Μονάδα Σύστημα – Αλλαγή Βάσεων Ισχύος και Τάσης

$$\hat{Z}_{new} = \hat{Z}_{old} \cdot \left(\frac{V_{old}}{V_{new}} \right)^2 \cdot \left(\frac{S_{new}}{S_{old}} \right) \quad (5.20)$$

- Παλιά βάση: S_{old} , V_{old}
- Νέα βάση: S_{new} , V_{new}
- Αντίσταση στην παλιά βάση: Z_{old}
- Αντίσταση στη νέα βάση: Z_{new}