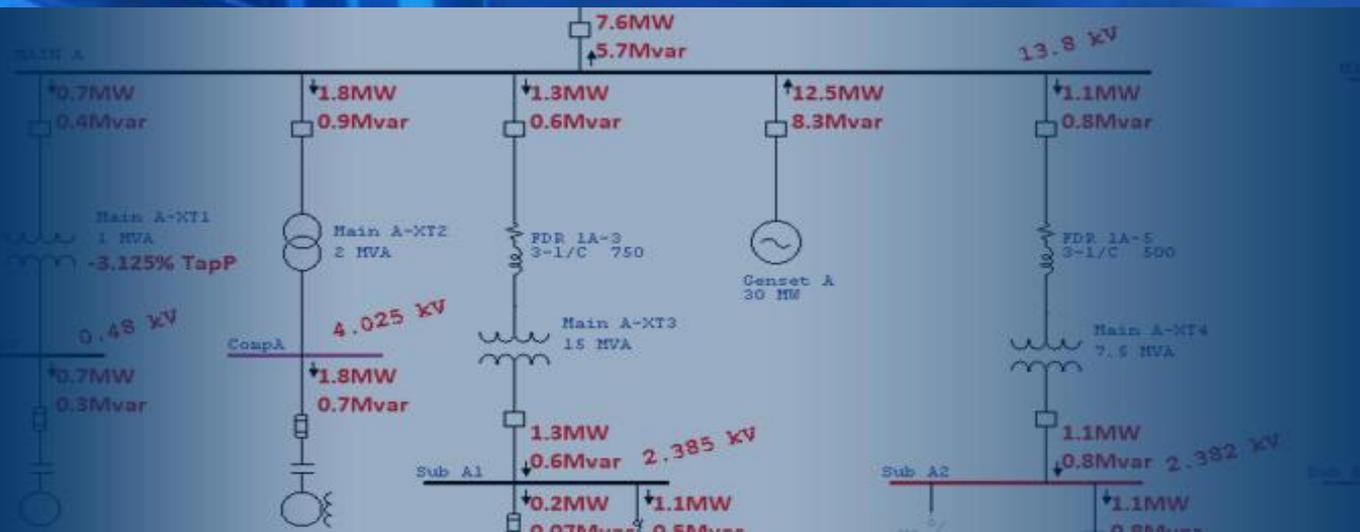


Ανάλυση Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (1^η ενότητα)

Παναγής Βοβός
Επικ. Καθηγητής

Εισαγωγή



Φόρτος μαθήματος

- 3 ώρες θεωρίας
- 2 ώρες εργαστήριο
- Ασκήσεις για λύση με βοήθεια βήμα προς βήμα στο eClass
- Λυμένες ασκήσεις στο eClass και το βιβλίο
- Γραπτή εξέταση στο τέλος του χρόνου

Γιατί γίνεται η Ανάλυση ΣΗΕ;

Γίνεται για να προκύψει όλη η απαραίτητη πληροφορία για ένα Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ), ώστε:

- Να σχεδιάσει σωστά
- Να λειτουργήσει αξιόπιστα
- Να βρεθούν λύσεις για μελλοντική του βελτίωση, επέκταση ή τροποποίηση
- Να εξοπλιστεί με τα κατάλληλα συστήματα προστασίας και έλεγχου

Τι είναι η Ανάλυση ΣΗΕ ;

- Είναι το σύνολο των μελετών μέσω των οποίων εκτιμάται η συμπεριφορά ενός ΣΗΕ τόσο στη μόνιμη όσο και σε μεταβατικές καταστάσεις λειτουργίας.
- Υπάρχουν οι εξής βασικές κατηγορίες μελετών :
 - Ροής φορτίου
 - Σφαλμάτων
 - Μεταβατικής ευστάθειας
 - Οικονομικής λειτουργίας

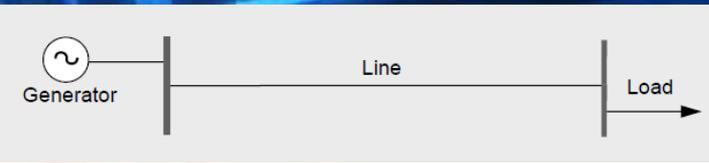
Ανάλυση ΣΗΕ: μελέτη ροής φορτίου

- Υπολογίζεται η συμπεριφορά ενός ΣΗΕ, που υφίσταται συγκεκριμένη φόρτιση, στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας.
- Χρησιμοποιείται για ένα ΣΗΕ:
 - στον προσδιορισμό της βέλτιστης λειτουργίας του
 - στον προσδιορισμό των βέλτιστων χειρισμών, όταν τεθούν εκτός λειτουργίας μία ή περισσότερες μονάδες παραγωγής ή γραμμές μεταφοράς
 - στη σχεδίαση της μελλοντικής ανάπτυξης του

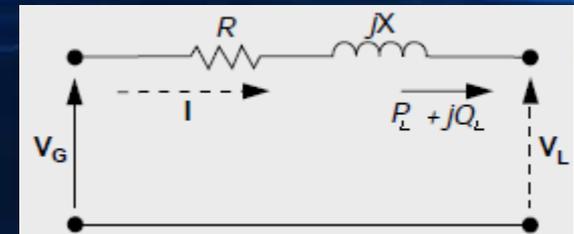
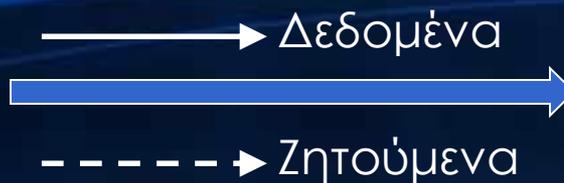
Ανάλυση κυκλωμάτων vs. ανάλυσης ροής φορτίου

- Στην ανάλυση κυκλωμάτων, δεδομένων των εμπεδήσεων και των πηγών ρεύματος ή τάσης, μπορώ να υπολογίσω απευθείας όλες τις τάσεις στους κόμβους και όλα τα ρεύματα στους βρόχους.
- Βασικό χαρακτηριστικό της είναι η γραμμική σχέση μεταξύ των τάσεων και των ρευμάτων: $V=Zi$
- Στην ανάλυση ροής φορτίου, οι πηγές και τα φορτία ορίζονται συναρτήσει των ισχύων τους.
- Όλοι οι κλάδοι του δικτύου (μετασχηματιστές, γραμμές μεταφοράς κλπ) ορίζονται ως εμπεδήσεις.
- Η σχέση μεταξύ τάσεων, ισχύος και εμπεδήσεων είναι μη γραμμική, επομένως ...
- χρησιμοποιούνται ειδικές μέθοδοι επίλυσης μη γραμμικών κυκλωμάτων.

Ανάλυση ροής φορτίου: παράδειγμα



Τυπική αναπαράσταση 3Φ ΣΗΕ με μονογραμμικό διάγραμμα



Μονοφασικό ισοδύναμο

Δύο άγνωστοι!

$$S_L = P_L + jQ_L = V_L I^*$$

$$V_L = V_G - (R + jX)I$$

$$V_L = V_G - (R + jX) \left[\frac{P_L - jQ_L}{V_L^*} \right]$$

V_L όχι σε κλειστή μορφή και μη γραμμική σχέση!



Επιλύεται με επαναληπτική μέθοδο για μία αρχική εκτίμηση της V_L .

Με το V_L γνωστό, μπορούμε να υπολογίσουμε και το ρεύμα από εδώ:

$$S_L = P_L + jQ_L = V_L I^*$$

Επίσης, μπορούμε να υπολογίσουμε ενεργές και «άεργες» απώλειες στη γραμμή, οπότε και να βρούμε την ισχύ της γεννήτριας:

$$P_G = P_L + I^2 R$$

και

$$Q_G = Q_L + I^2 X$$

Ανάλυση ΣΗΕ: μελέτη σφαλμάτων

- Υπολογίζονται τα ρεύματα που ρέουν στις γραμμές μεταφοράς και οι τάσεις που επικρατούν στους ζυγούς κατά τη διάρκεια διαφόρων τύπων σφαλμάτων.
- Χρησιμοποιείται για ένα ΣΗΕ:
 - στη σχεδίαση του συστήματος προστασίας (τοπολογία, τύπος εξοπλισμού κλπ.)
 - στη σωστή επιλογή των διακοπών του συστήματος προστασίας (ονομαστικά μεγέθη, ταχύτητα κλπ.)
 - στον προσδιορισμό των αναγκαίων διακοπτικών λειτουργιών καθενός διακόπτη του συστήματος (γιατί, πότε, πώς κλπ.)
 - στον καθορισμό των ρυθμίσεων των ηλεκτρονόμων που ελέγχουν τους διακόπτες

Μελέτη σφαλμάτων: ιδιαίτερα σημαντική

Causes of overhead-line faults, England and Wales system 66 kV and above

	Faults/160 km of line/year
Lightning	1.59
Dew, fog, frost	0.15
Snow, ice	0.01
Gales	0.24
Salt spray	0.01
Total	2 faults per 160 km, giving a total of 232 faults on system/year

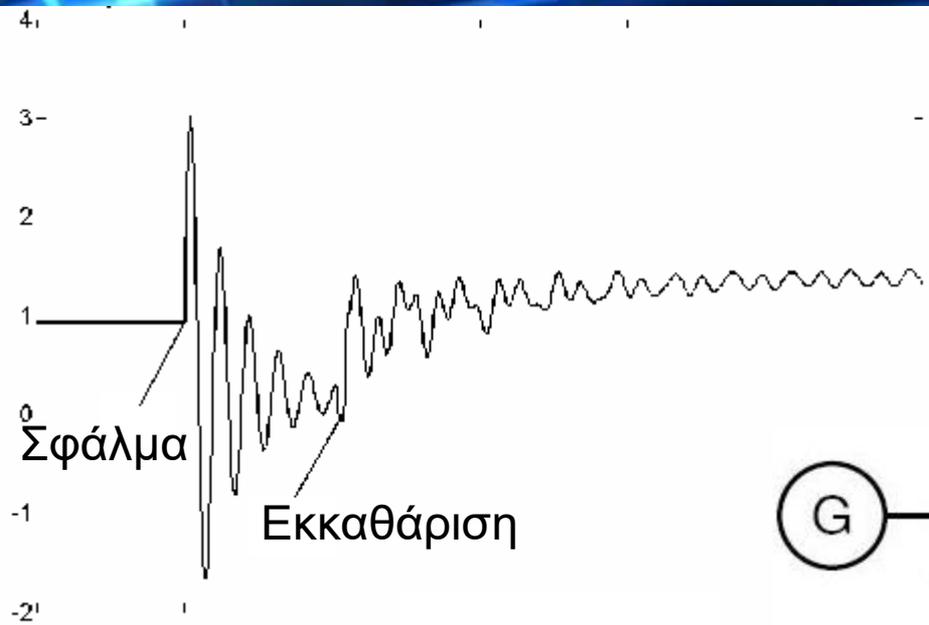
Distribution of faults, England and Wales Transmission system

Type	Number of faults/year
Overhead lines	289
Cables	67
Switchgear	56
Transformers	59
Total	471

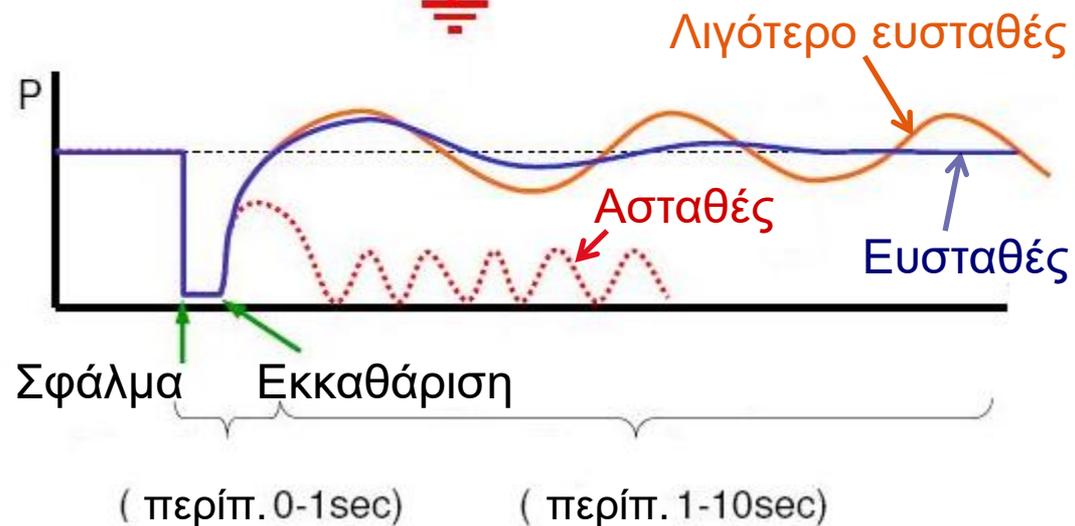
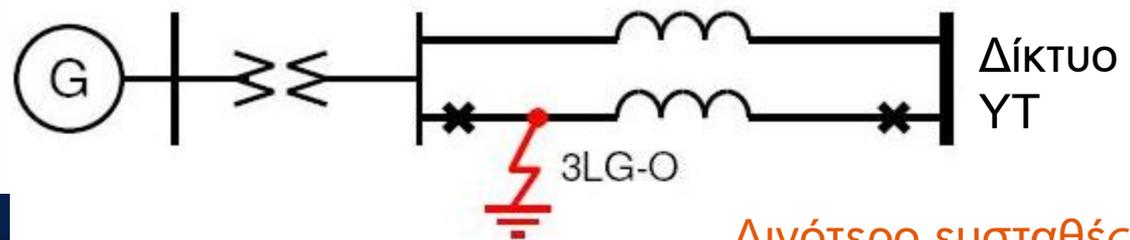
Ανάλυση ΣΗΕ: μελέτη μεταβατικής ευστάθειας

- Προσδιορίζεται η συμπεριφορά των γεννητριών ενός ΣΗΕ μετά από διαταραχές, όπως :
 - σφάλματα ζυγών
 - αιφνίδιες μεταβολές φορτίου
 - απώλειες παραγωγής
 - βραχυκυκλώματα σε γραμμές μεταφοράς κλπ.
- Χρησιμοποιείται για ένα ΣΗΕ :
 - στο σχεδιασμό, ώστε να παραμένει σε ευστάθεια μετά από αναμενόμενες (ή όχι;) διαταραχές
 - στον καθορισμό της ταχύτητας του συστήματος προστασίας, ώστε να απομονωθεί εγκαίρως το τμήμα του συστήματος που προκαλεί τη διαταραχή
 - Για να καθοριστούν οι χρόνοι ενεργοποίησης και επανακλεισίματος (;) των διακοπών

Μεταβατική ευστάθεια: παράδειγμα

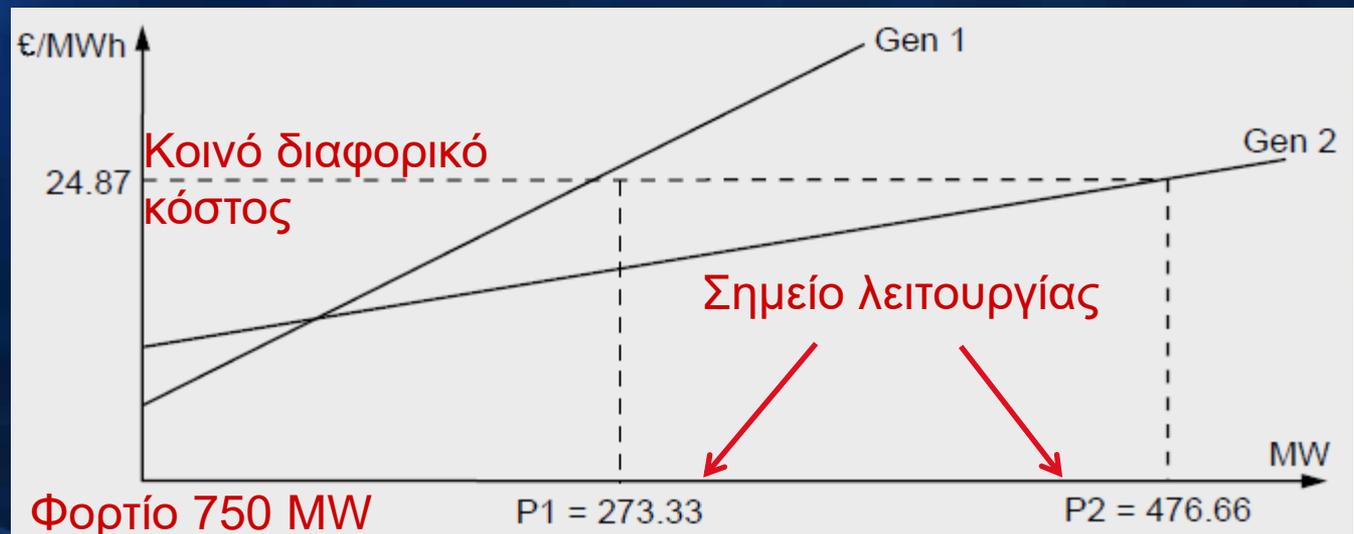


Ταλάντωση ηλεκτρικής ροπής γεννήτριας (Υ άξονας = πολ. ονομ.) συναρτήσεως του χρόνου για 3Φ βραχυκύκλωμα διάρκειας 0.1s στην έξοδό της



Ανάλυση ΣΗΕ: μελέτη οικονομικής λειτουργίας

- Καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να κατανεμηθεί η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των διαφόρων μονάδων παραγωγής ώστε το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας να λειτουργεί κατά τον βέλτιστο οικονομικά τρόπο.

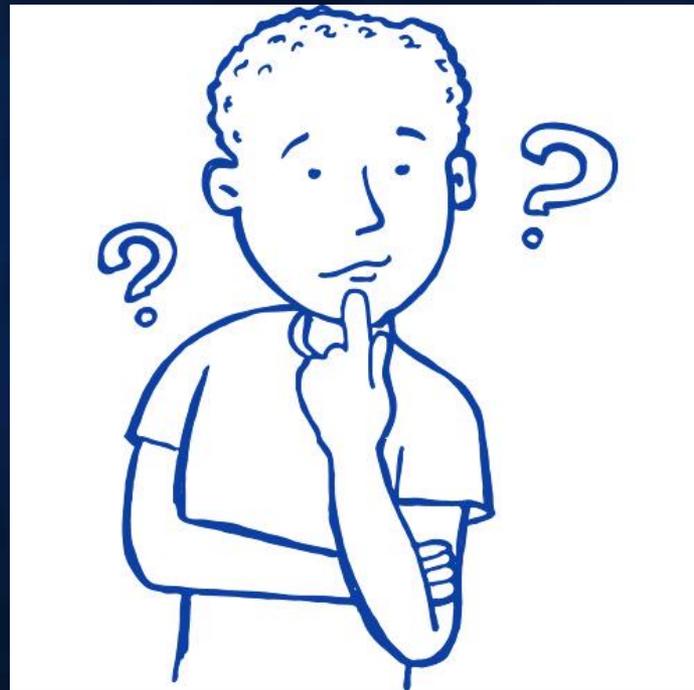


Με τι θα ασχοληθούμε σε αυτό το μάθημα;

- Η μελέτη μεταβατικής ευστάθειας θα μας απασχολήσει στην «Ευστάθεια ΣΗΕ».
- Η μελέτη οικονομικής λειτουργίας θα μας απασχολήσει στην «Ηλεκτρική Οικονομία».
- Θα ασχοληθούμε με τη μελέτη ροής φορτίου και την μελέτη βραχυκυκλωμάτων ... μόνο!



Ευχαριστώ για την προσοχή σας !



Ερωτήσεις ;