

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Δρ. Άγγελος Σ. Μπουχουράς

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Διασυνδεδεμένα Δίκτυα

- Τα διασυνδεδεμένα ΣΗΕ τόσο σε εθνικό όσο και διεθνές επίπεδο κρίθηκαν αναγκαία εκτός των άλλων για τους εξής λόγους:
 1. Συνεχή αύξηση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.
 2. Απομακρυσμένη θέση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος από τα κέντρα ηλεκτρικού φορτίου.
 3. Αξιοπιστία τροφοδοσίας καταναλωτών.
 4. Δυνατότητα περιορισμού των επιπλέον μονάδων παραγωγής που απαιτούνται για την κάλυψη του μέγιστου φορτίου ή των ξαφνικών, απροσδόκητων μεταβολών φορτίου (τη λεγόμενη θερμή ή στρεφόμενη εφεδρεία αντίστοιχα). Αυτό επιτυγχάνεται με τις ανταλλαγές ισχύος που πραγματοποιούν μεταξύ τους.
 5. Καλύτερη αξιοποίηση των αποδοτικότερων μονάδων των ΣΗΕ και αυτό μειώνει το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος. Αυτές οι ανταλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας στη σημερινή απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελούν το βασικότερο εργαλείο για την οικονομική και αξιόπιστη λειτουργία των ΣΗΕ.

Διασυνδεδεμένα Δίκτυα



Προστασία ΣΗΕ, Βραχυκυκλώματα και Αστάθεια Τάσης

- Τα κύρια μέρη που δομούν ένα σύστημα προστασίας είναι :
- οι συσκευές μετρήσεων με μετασχηματιστές ρεύματος ή/και τάσεως και άλλους αισθητήρες που επιμετρούν τις ανάλογες ποσότητες,
- οι συσκευές ανίχνευσης σφάλματος (ρελέ ή ηλεκτρονόμοι) οι οποίοι αποστέλλουν σήματα ενεργοποίησης στους διακόπτες ισχύος ή σε άλλου τύπου διακοπτικό υλικό, κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες,
- οι διακόπτες ισχύος που εκτελούν τη δοθείσα από τον ηλεκτρονόμο οδηγία, το σύστημα τροφοδοσίας ισχύος που εξασφαλίζουν την ασφαλή παροχή ισχύος στο σύστημα προστασίας, ακόμα και κατά την ύπαρξη σφάλματος στο σύστημα.
- χρόνος εκκαθάρισης (clearing time) T_c , και αφορά το χρόνο που απαιτείται για να εκτελεστεί μια απαραίτητη διορθωτική ενέργεια.

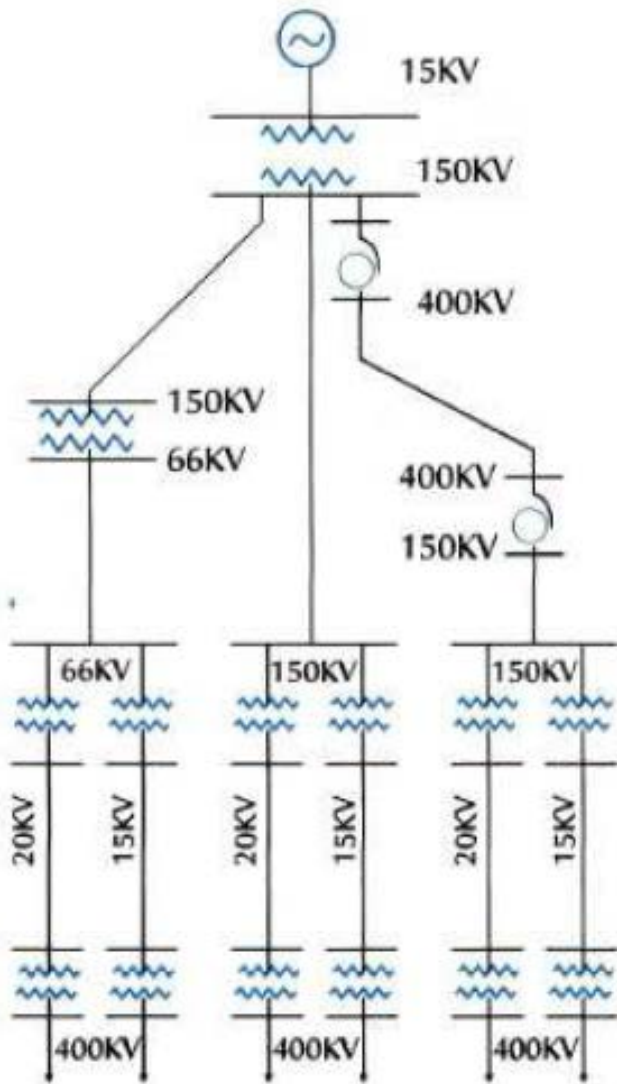
$$T_c = T_p + T_d + T_a$$

- όπου T_p ο χρόνος σύγκρισης, T_d ο χρόνος απόφασης και T_a ο χρόνος δράσης (συμπεριλαμβάνει και το χρόνο λειτουργίας του διακόπτη)

Προστασία ΣΗΕ, Βραχυκυκλώματα και Αστάθεια Τάσης

- Βραχυκύκλωμα συμβαίνει όταν διακοπεί η μόνωση του συστήματος σε κάποιο σημείο. Με τη διακοπή της μόνωσης προκύπτει μικρή αντίσταση προς τη Γη, η οποία επιτρέπει τη ροή ρευμάτων μεγάλων ισχύος από το ΣΗΕ στη Γη. Οι αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν βραχυκυκλώματα είναι πολλές, όπως κεραυνοί, δυνατοί άνεμοι, πτώσεις δένδρων σε γραμμές, καταστροφές στύλων από συγκρούσεις οχημάτων, διείσδυση μικρών ζώων σε διακοπτικούς μηχανισμούς κ.λπ.
- Όμως η έλλειψη αντίστοιχων δυνατοτήτων για την ικανοποίηση της αέργου ισχύος των φορτίων, οδηγεί σε αστάθεια τάσης, βαθμιαία ελάττωσή της και τελικά σε συσκότιση (black out) το ΣΗΕ, πριν εξαντλήσει τις δυνατότητές του σε πραγματική ισχύ.

Δομή του ΣΗΕ



→ Παραγωγή 15 KV

→ Υποσταθμοί ανυψώσεως 15/150 KV

Υποσταθμοί ανύψωσης 150/400 KV
(αυτομετασχηματιστής)

→ Πρωτεύουσα μεταφορά (Γραμμές ΥΥΤ 400 KV ή ΥΤ 150 KV)

→ Ενδιάμεσος υποσταθμός υποβιβασμού 150/66 ή 400/150 KV

→ Δευτερεύουσα μεταφορά (Γραμμές ΥΤ. 150 KV ή 66 KV)

→ Ενδιάμεσος υποσταθμός υποβιβασμού 66/20 ή 66/15, 150/20 ή 150/15 KV

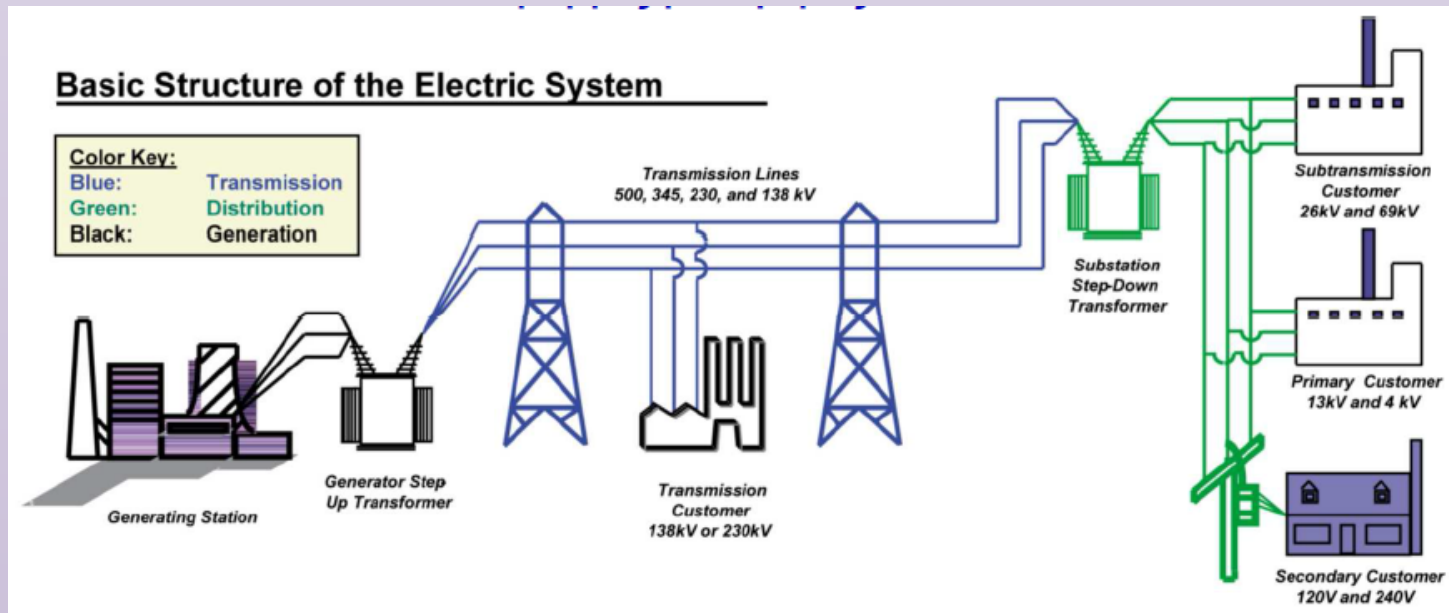
→ Πρωτεύουσα διανομή (Γραμμές ΜΤ 20 KV και 15 KV)

→ Υποσταθμοί διανομής 20/0,4 KV ή 15/0,4 KV

→ Δευτερεύουσα διανομή (Γραμμές Χ.Τ. 400V)

Γραμμές μεταφοράς

- Εναέρια δίκτυα μεταφοράς ή γραμμές μεταφοράς.
- Εναέρια δίκτυα διανομής ή γραμμές διανομής. Οι εναέρια γραμμές διανομής διακρίνονται σε δύο υποκατηγορίες:
- Γραμμές μέσης τάσης: Είναι οι γραμμές οι οποίες πραγματοποιούν την πρώτη διανομή της ηλεκτρικής ισχύος (πρωτεύουσα διανομή) που παραλαμβάνουν από τις γραμμές μεταφοράς προς τους τοπικούς υποσταθμούς.
- Γραμμές χαμηλής τάσης: Είναι οι γραμμές οι οποίες πραγματοποιούν τη δεύτερη διανομή της ηλεκτρικής ισχύος (δευτερεύουσα διανομή) που παραλαμβάνουν από τους υποσταθμούς διανομής χαμηλής τάσης προς τους καταναλωτές.

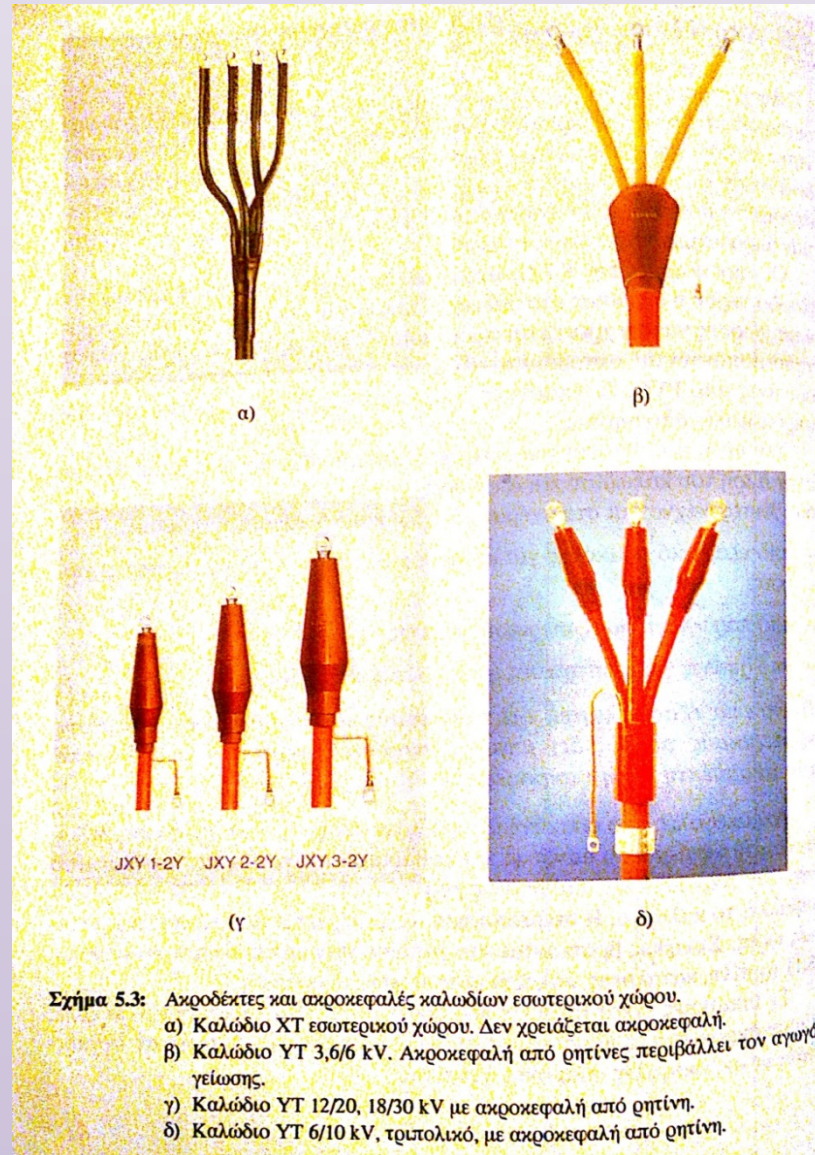


Γραμμές μεταφοράς

- Υπόγεια
- Τα υπόγεια δίκτυα χρησιμοποιούνται μέσα στις πόλεις για λόγους ασφαλείας και καλαισθησίας. Για την κατασκευή τους απαιτούνται ειδικά ακροκιβώτια και καλώδια, και γι' αυτό το λόγο, το κόστος κατασκευής τους είναι πολλαπλάσιο έναντι των εναερίων. Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις που η χρήση τους είναι επιβεβλημένη για μικρές αποστάσεις μέσα στις πόλεις κυρίως για λόγους ασφαλείας, αισθητικής, κόστους, περιβαλλοντικούς κ.λ.π
- Υποβρύχια
- Τα υποβρύχια δίκτυα χρησιμοποιούνται κυρίως για τη σύνδεση των νησιών με το εθνικό δίκτυο ή διακρατικές συνδέσεις χωρών που βρέχονται από την ίδια θάλασσα. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται ειδικά καλώδια, με αποτέλεσμα να έχουν αυξημένο κόστος κατασκευής και εγκατάστασης

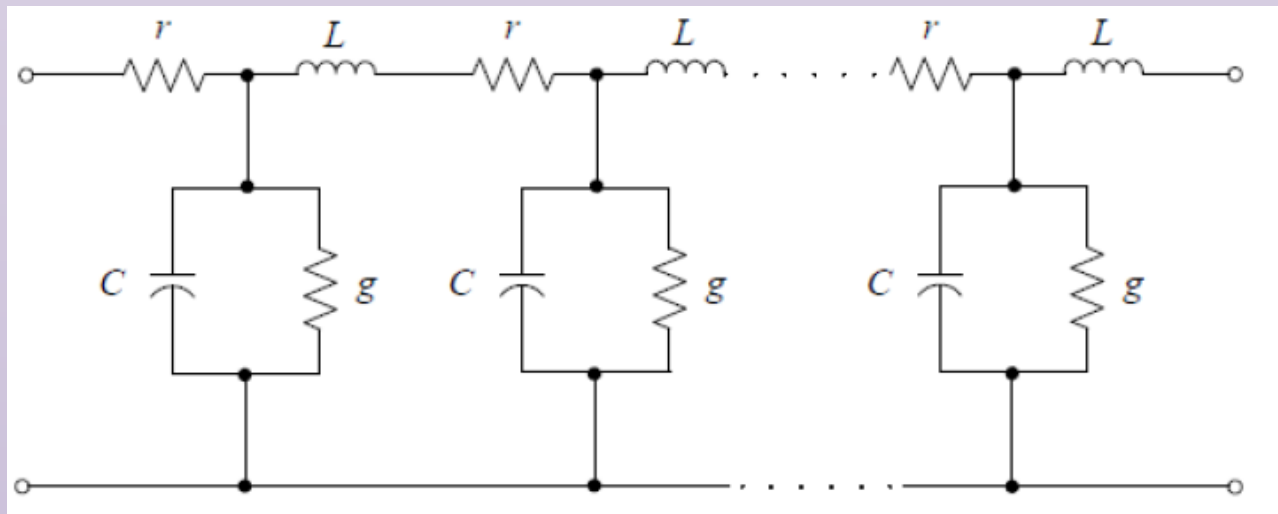
Κατηγορία	Χαμηλή Τάση (Χ.Τ.)	Μέση Τάση (Μ.Τ.)	Υψηλή Τάση (Υ.Τ.)	Υπερ-Υψηλή Τάση (Υ.Υ.Τ.)	Εξαιρετικά Υψηλή Τάση (Ε.Υ.Τ.)
Πολική Τάση (kV)	0.4*	1, 20, 30	66, 110, 132, 138, 150, 220, 275, 345	400, 500, 750,	1,100, 1500, 2,000

Γραμμές μεταφοράς



Γραμμές μεταφοράς

- Μία γραμμή μεταφοράς μπορεί να παρασταθεί με ένα μονοφασικό ισοδύναμο κύκλωμα με τέσσερις κατανεμημένες παραμέτρους.
- Οι τέσσερις αυτές ηλεκτρικές παράμετροι της γραμμής μεταφοράς, κατά σειρά σπουδαιότητας, είναι οι ακόλουθες:
 1. Η αυτεπαγωγή, L (σε H/m), της γραμμής ανά φάση και ανά μονάδα μήκους.
 2. Η εγκάρσια χωρητικότητα, C (σε F/m), της γραμμής ανά φάση και ανά μονάδα μήκους.
 3. Η ωμική αντίσταση, r (σε Ω /m), της γραμμής ανά φάση και ανά μονάδα μήκους.
 4. Η εγκάρσια ωμική αγωγιμότητα, g (σε Ω^{-1} /m), της γραμμής ανά φάση και ανά μονάδα μήκους.



Φαινόμενο Corona

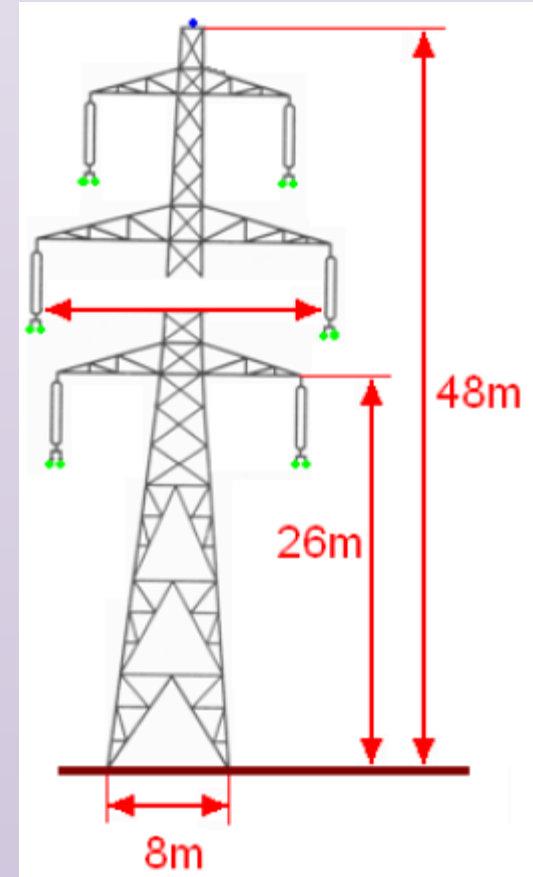
- Στις γραμμές μεταφοράς που επικρατεί υψηλή ή υπερ-υψηλή ή εξαιρετικά υψηλή τάση δημιουργείται ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο γύρω από την επιφάνεια των αγωγών, το οποίο μπορεί να επιταχύνει ορισμένα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στον αέρα (κοντά στον αγωγό), που με τη σειρά τους μπορούν να ιονίσουν τα μόρια του αέρα. Εάν η τάση υπερβεί μια ορισμένη τιμή, ο ιονισμός είναι αυξανόμενος, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικών εκκενώσεων, οι οποίες φαίνονται σαν μια αμυδρή λάμψη γύρω από τον αγωγό, χρώματος βιολετί. Αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο Corona
- Αποτέλεσμα:
- Απώλειες ενέργειας, που σε κανονικές συνθήκες κυμαίνονται από 1-2kW ανά km της γραμμής μεταφοράς.
- Ραδιοφωνικές παρεμβολές στην περιοχή συχνοτήτων 0.2-4MHz

Φαινόμενο Corona

- Οι απώλειες που δημιουργούνται από το φαινόμενο Corona επηρεάζονται πάρα πολύ από τις καιρικές συνθήκες. Η υγρασία και κυρίως η βροχή τις αυξάνουν πολύ, έως και 30kW ανά km γραμμής. Στην πράξη περιορίζονται σε ανεκτά επίπεδα με την αύξηση της διαμέτρου των αγωγών, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ηλεκτρικού πεδίου στην επιφάνεια αυτών. Στις υπερ-υψηλές και εξαιρετικά υψηλές όμως τάσεις η αύξηση της διαμέτρου των αγωγών, είναι πολλές φορές ασύμφορη. Γι' αυτό το λόγο προτιμάται η χρήση πολλαπλών αγωγών
- Στην πράξη, για επίπεδα τάσεων $>230\text{kV}$ είναι προτιμητέα η χρήση άνω του ενός αγωγού ανά φάση καθώς αυξάνεται η ακτίνα αποτελεσματικότητας του αγωγού της γραμμής και μειώνεται η ισχύς του ηλεκτρικού πεδίου κοντά στους αγωγούς, κατά επέκταση μειώνονται οι απώλειες Corona, ο ακουστικός θόρυβος και οι παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων

Δίκτυα Υψηλής Τάσης

- Υλικά αγωγών των γραμμών μεταφοράς είναι ο χαλκός και το αλουμίνιο.
- Ο χαλκός παρουσιάζει μεγαλύτερη ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (ως ποσοστό της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του χαλκού ελαφράς έλξης, η αγωγιμότητα του χαλκού ισχυρής έλξης είναι 97% και του αλουμινίου ~60%), σε σχέση με το αλουμίνιο (δηλαδή είναι καλύτερος αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος) και στην περίπτωση που είναι σκληρής όλξης, εμφανίζει και μεγάλη μηχανική αντοχή. Τα μειονεκτήματα της χρήσης του χαλκού έναντι των αγωγών του αλουμινίου, είναι το αυξημένο κόστος του και το μεγαλύτερο βάρος του.
- Σε σύγκριση με το χαλκό, βασικά πλεονεκτήματα του αλουμινίου είναι ότι είναι πολύ ελαφρύτερο, έχει μικρότερο κόστος και είναι ευκολότερα διαθέσιμο. Σε σύγκριση με το χαλκό, βασικά μειονεκτήματα του αλουμινίου είναι ότι έχει μικρότερη αγωγιμότητα και μικρότερη μηχανική αντοχή. Εξαιτίας της μικρής μηχανικής αντοχής, το αλουμίνιο δεν χρησιμοποιείται μόνο του σαν αγωγός των εναέριων γραμμών μεταφοράς.



Δίκτυα Μέσης Τάσης

- Στύλοι ή κολώνες
- Οι στύλοι ή κολώνες μέσης τάσης αλλά και διανομής είναι συνήθως ξύλινοι ή σε ειδικές περιπτώσεις κολώνες με οπλισμένο σκυρόδεμα

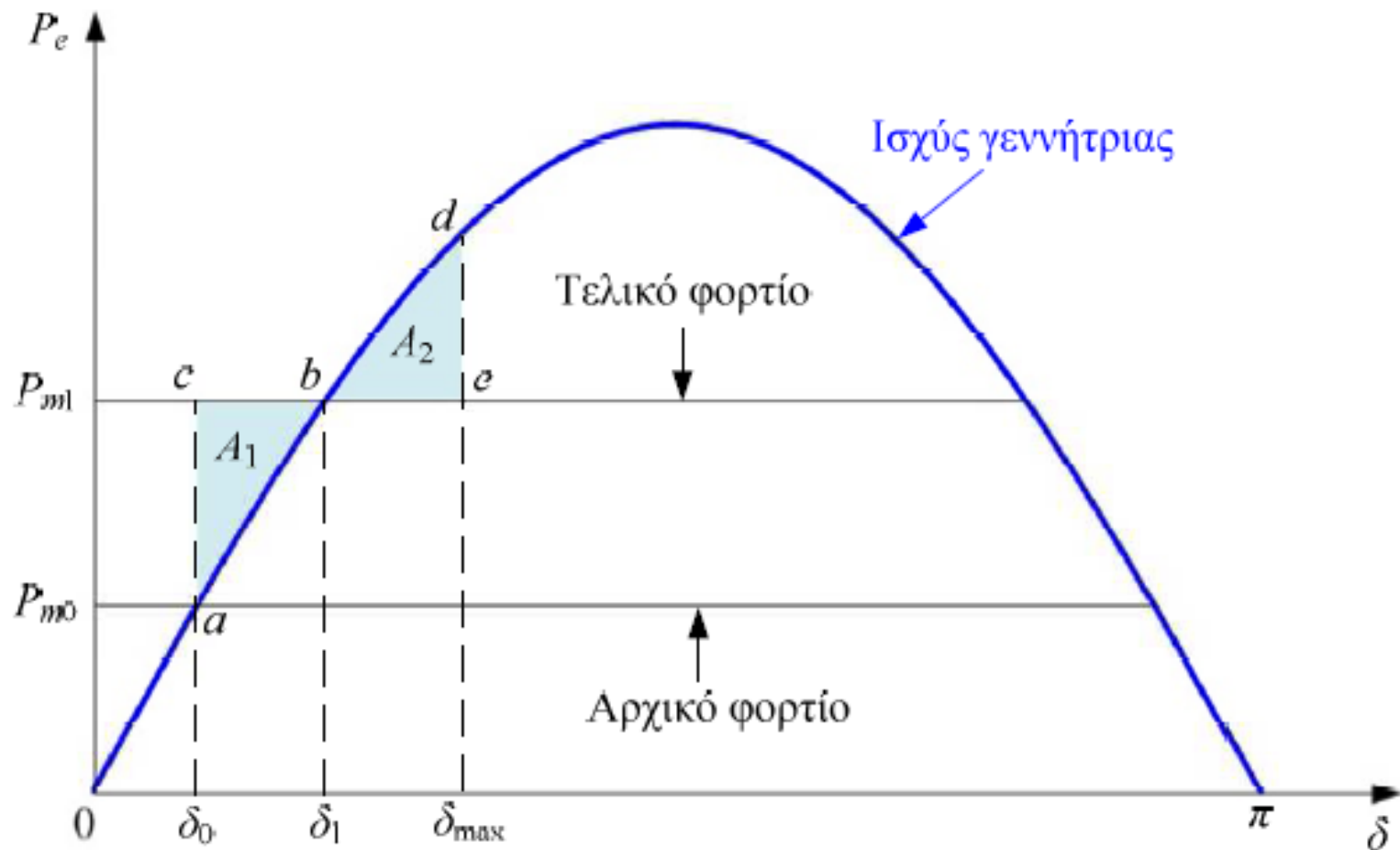


- Τα καλώδια μέσης τάσης που συναντάμε σήμερα είναι κατασκευασμένα από χαλκό και έχουν μόνωση από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE)

Μεταφορά με Συνεχές Ρεύμα

- Παρά τα αναμφισβήτητα πλεονεκτήματά του εναλλασσόμενου ρεύματος (ΕΡ), υπάρχουν ισχυροί τεχνικοί λόγοι για δυο τουλάχιστον περιπτώσεις οι οποίοι θέτουν περιορισμούς στη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις με εναλλασσόμενο ρεύμα:
- Α. Η ανάγκη για διατήρηση της ευστάθειας επιβάλλει έναν σημαντικό τεχνικό περιορισμό όσον αφορά την απόσταση στη οποία η ισχύς μπορεί να μεταφερθεί με εναλλασσόμενο ρεύμα. Είναι πιο δύσκολο να διατηρηθεί η ευστάθεια καθώς το μήκος, και συνεπώς η αντίδραση της γραμμής μεταφοράς, αυξάνεται.
- Β. Λόγω των μεγάλων ρευμάτων διαρροής, η μεταφορά με εναλλασσόμενο ρεύμα υπό υψηλή τάση με υπόγεια ή υποθαλάσσια καλώδια σε αποστάσεις >50km είναι απαγορευτική.
- Από την άλλη το συνεχές ρεύμα (ΣΡ), προσφέρει τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα:
- Α. Κατά τη μεταφορά με συνεχές ρεύμα δεν προκύπτει πρόβλημα ευστάθειας και συνεπώς δεν υπάρχει περιορισμός όσον αφορά την απόσταση μεταφοράς.
- Β. Η μεταφορά με συνεχές ρεύμα με υπόγεια ή υποθαλάσσια καλώδια δεν υπόκειται σε περιορισμούς όσον αφορά την απόσταση μεταφοράς αντίστοιχους με εκείνους της μεταφοράς με εναλλασσόμενο ρεύμα.
- Γ. Μπορεί να διασυνδέσει συστήματα εναλλασσόμενου που λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες ή έχουν διαφορετικά συστήματα έλεγχου (δηλαδή ασύγχρονα συστήματα).

Μεταφορά με Συνεχές Ρεύμα



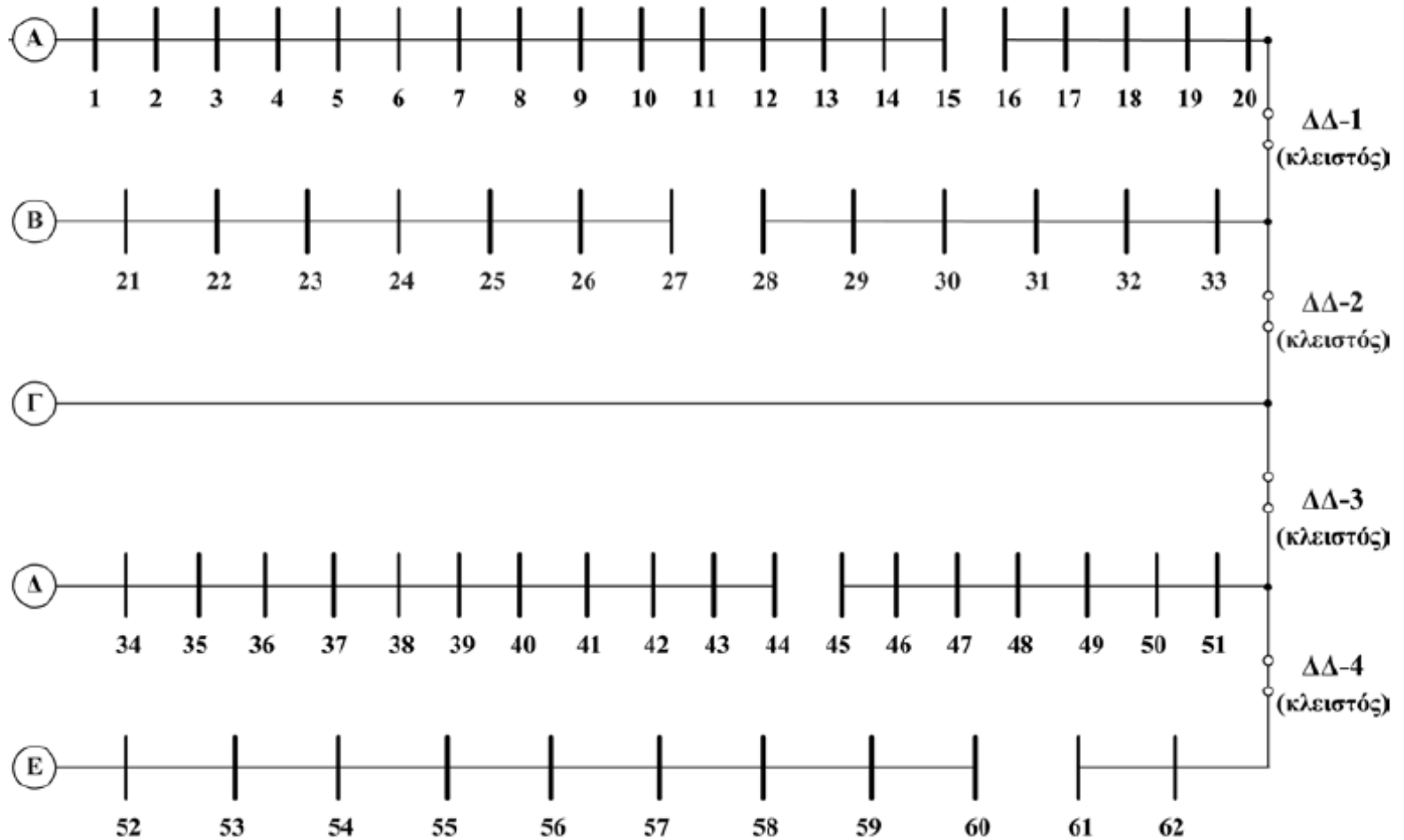
Μεταφορά με Συνεχές Ρεύμα

- Η μεταφορά ισχύος με συνεχές ρεύμα υψηλής τάσης (High Voltage Direct Current – HVDC) χρησιμοποιείται στις παρακάτω εφαρμογές:
- Σύνδεση με χρήση υποβρύχιων καλωδίων μήκους $>30\text{km}$. Η μεταφορά με εναλλασσόμενο ρεύμα δεν είναι πρακτική για αυτές τις αποστάσεις εξαιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του καλωδίου που απαιτεί ενδιάμεσους σταθμούς αντιστάθμισης.
- Ασύγχρονη σύνδεση ανάμεσα σε δύο συστήματα εναλλασσόμενου ρεύματος όπου η σύνδεση με γραμμές εναλλασσόμενου ρεύματος δεν θα ήταν εφικτή εξαιτίας προβλημάτων ευστάθειας του συστήματος ή λόγω της διαφοράς στην ονομαστική συχνότητα των δύο συστημάτων.
- Μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ισχύος σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με εναέριες γραμμές μεταφοράς. Η μεταφορά με συνεχές ρεύμα υψηλής τάσης είναι ανταγωνιστική της μεταφοράς με εναλλασσόμενο ρεύμα για αποστάσεις $>600\text{km}$.

Υποσταθμοί

- Υποσταθμός (Υ/Σ) γενικά ονομάζεται η ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία γίνεται μετασχηματισμός τάσης, ή/και κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας
- Οι υποσταθμοί στους οποίους συνδέονται απλώς γραμμές μεταφοράς (υψηλής τάσης), χωρίς απαραίτητα να γίνεται μετασχηματισμός τάσεως, λέγονται υποσταθμοί ζεύξεως ή διασυνδέσεως. Τα κύρια μηχανήματα που περιλαμβάνουν αυτοί οι υποσταθμοί είναι αποζεύκτες και ζυγοί. Εάν γίνεται επιπλέον και μετασχηματισμός τάσεως από μια βαθμίδα τάσεως μεταφοράς σε άλλη υψηλότερη τότε ονομάζονται υποσταθμοί ανόρθωσης. Αντίθετα, όταν γίνεται επιπλέον και μετασχηματισμός τάσεως από μια βαθμίδα τάσεως μεταφοράς σε άλλη χαμηλότερη, τότε πρόκειται για υποσταθμό μετασχηματισμού ή υποβιβασμού ή μεταφοράς. Συνήθως όμως οι υποσταθμοί είναι μικτοί, δηλαδή ανυψώσεως και ζεύξεως συγχρόνως ή υποβιβασμού και ζεύξεως συγχρόνως

Υποσταθμοί



Υποσταθμοί

- Κύρια μηχανήματα ενός Υ/Σ ανύψωσης είναι:
- Ο Μ/Σ που ανυψώνει την τάση παραγωγής στη τάση μεταφοράς (συνήθως 15 ή 20kV σε 150 ή 380kV). Οι Μ/Σ αυτοί μετασχηματίζουν την τάση των 20kV (ή 15kV) σε 400kV ή 150kV και είναι τα σπουδαιότερα και ακριβότερα μηχανήματα κάθε Υ/Σ
- Οι διακόπτες ισχύος και οι αποζεύκτες που χρειάζονται για τη διακοπή της ηλεκτρικής συνέχειας των γραμμών
- Οι ζυγοί (μπάρες) για τη σύνδεση ή διακλάδωση των γραμμών. Σε αυτούς οι γραμμές συνδέονται μέσω των διακοπτών
- Διάφορα βοηθητικά μηχανήματα (Μ/Σ τάσεως και εντάσεως, αλεξικέραυνα κ.λπ.)
Η ισχύς των ΥΣ ανυψώσεως εξαρτάται από τη παραγόμενη ενέργεια στο σταθμό

Υποσταθμοί

- Οι Υ/Σ Μεταφοράς διακρίνονται σε:
- Υπαίθριους ή εξωτερικού χώρου. Το μεγαλύτερο μέρος των εγκαταστάσεων ενός υποσταθμού είναι υπαίθριο, ενώ υπάρχει πάντα και ένας στεγασμένος χώρος για την τοποθέτηση οργάνων που παθαίνουν ζημιές από καιρικές συνθήκες, π.χ. όργανα ελέγχου
- Εγκιβωτισμένοι. Η έλλειψη χώρου, το κόστος κτήσης Γης στις μεγάλες πόλεις, και η ρύπανση στα βιομηχανικά κέντρα και παράκτιες περιοχές και τέλος λόγοι αισθητικοί, ώθησαν τους κατασκευαστές σε νέους, αποτελεσματικούς, ασφαείς και οικονομικούς τρόπους κατασκευής Υ/Σ. Έτσι αναπτύχθηκαν οι εγκιβωτισμένοι Υ/Σ όπου όλα τα υπό υψηλή τάση τμήματα (αγωγοί σύνδεσης, μετασχηματιστές τάσης-έντασης, διακόπτες, αποζεύκτες κ.λπ.) βρίσκονται εγκιβωτισμένα μέσα σε στεγανά, γειωμένα, μεταλλικά δοχεία τα οποία περιέχουν σαν μονωτικό αέριο εξαφθοριούχο θείο (SF₆), υπό πίεση
- Υπόγειοι. Είναι η τελευταία τάση της τεχνολογίας, και ουσιαστικά πρόκειται για εγκιβωτισμένους Υ/Σ (GIS) οι οποίοι έχουν υπογειοποιηθεί, μεγιστοποιώντας έτσι την εκμετάλλευση χώρου καθώς και το αισθητικό αποτέλεσμα στις μεγάλες πόλεις.

Υποσταθμοί

- Οι υποσταθμοί διανομής ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής τους διακρίνονται σε:
- Εναέριοι Υποσταθμοί διανομής. Οι εναέριοι υποσταθμοί διανομής εγκαθίστανται πάνω σε στύλους και σκοπός τους είναι ο μετασχηματισμός της μέσης τάσης σε χαμηλή 380/220V (ή 400/230V), για να οδηγηθεί στη συνέχεια στους καταναλωτές.
- Επίγειοι υποσταθμοί διανομής. Είναι υποσταθμοί διανομής μεγάλης ηλεκτρικής ισχύος και κατά συνέπεια το βάρος τους και ο όγκος τους καθιστούν απαγορευτική τη στήριξη σε στύλους.
- Διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:
- Κλειστοί. Κύριο χαρακτηριστικό των υποσταθμών κλειστού τύπου είναι ότι όλες οι εγκαταστάσεις τους είναι τοποθετημένες μέσα σε ειδικά διαμορφωμένα κτίρια, τα οποία εσωτερικά χωρίζονται με μεταλλικά πλέγματα σε δύο συνήθως μέρη, την κυψέλη μέσης τάσης και την κυψέλη χαμηλής τάσης.
- Υπαίθριοι υποσταθμοί. Διαθέτουν μετασχηματιστή ισχύος και δυο κυψέλες οργάνων ελέγχου, μία για τη μέση και μία για τη χαμηλή τάση. Όλα κατασκευασμένα, ώστε να αντέχουν σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, επειδή τοποθετούνται στο ύπαιθρο χωρίς κανένα προστατευτικό κάλυμμα. Για την προστασία όμως των ανθρώπων όλη η εγκατάσταση περιφράσσεται με μεταλλικό πλέγμα.
- Υπόγειους. Οι υπόγειοι υποσταθμοί είναι τοποθετημένοι κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ιδιαίτερα στις μεγάλες πόλεις όπου δεν είναι εύκολη η διάθεση χώρου για επίγειες κατασκευές και ταυτόχρονα μπορούν να συνδυαστούν άμεσα με τα υπόγεια δίκτυα μέσης τάσης

Μετασχηματιστές Ισχύος

- Οι μετασχηματιστές είναι τριφασικοί και το πρωτεύον τύλιγμά τους συνδέεται στην υψηλή τάση, ενώ το δευτερεύον στη μέση τάση. Η συνήθης συνδεσμολογία τους είναι τρίγωνο στο πρωτεύον και αστέρας στο δευτερεύον
- Χαρακτηριστικά μεγέθη του Μ/Σ
- Το μέγεθος του Μ/Σ προσδιορίζεται από την προβλεπόμενη μέγιστη ζήτηση ισχύος σε kVA για τα επόμενα πέντε έως δέκα χρόνια από την ημέρα μελέτης - σχεδίασης του υποσταθμού.
- Η ονομαστική ισχύς (S_n) των Μ/Σ κυμαίνεται από 25kVA μέχρι 2,500kVA. Λέγοντας ονομαστική ισχύ (rated power) εννοούμε την ισχύ για την οποία έχει κατασκευαστεί ο Μ/Σ να λειτουργεί συνεχώς, εφόσον ισχύουν μια σειρά από συγκεκριμένες συνθήκες,
- Αν οι συνθήκες λειτουργίας είναι διαφορετικές, τότε χρησιμοποιείται η επιτρεπόμενη φόρτιση S , η οποία διαφέρει από την ονομαστική S_n .

Μετασχηματιστές Ισχύος

- Τάση βραχυκύκλωσης (V_k) την τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στο πρωτεύον τύλιγμα του Μ/Σ ώστε να έχουμε, με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον, το ονομαστικό ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα. Η τάση αυτή δίνεται ως ποσοστό επί τοις εκατό (%) της ονομαστικής τάσης του πρωτεύοντος, και έτσι έχουμε την ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης
- Η τάση βραχυκύκλωσης μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την εσωτερική σύνθετη (ωμική + επαγωγική) αντίσταση του Μ/Σ που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της στάθμης του ρεύματος βραχυκυκλώματος (I_k) στην πλευρά χαμηλής τάσης Μ/Σ, το οποίο δίνεται από τη σχέση:

$$I_k = \frac{100 \cdot S_n}{1.732 \cdot V_k \cdot V_2}$$

Μετασχηματιστές Ισχύος

- Οι απώλειες στο εσωτερικό του Μ/Σ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:
- Μαγνητικές απώλειες. Οι μαγνητικές απώλειες οφείλονται στη μαγνητική υστέρηση και τα δινορρέυματα που εμφανίζονται στον σιδερένιο πυρήνα του Μ/Σ. Γι' αυτό και ονομάζονται και απώλειες σιδήρου (P_{Fe}) ή απώλειες κενού, διότι υπάρχουν όσο ο Μ/Σ είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο μέσης τάσης, ανεξάρτητα από το φορτίο που υπάρχει στην πλευρά της χαμηλής τάσης
- Ηλεκτρικές απώλειες. Οι ωμικές αντιστάσεις στα χάλκινα τυλίγματα της μέσης και της χαμηλής τάσης του Μ/Σ δημιουργούν ηλεκτρικές απώλειες που αυξάνονται με το τετράγωνο του ρεύματος ($P_{Cu}=I^2 \times R$). Οι απώλειες αυτές ονομάζονται και απώλειες χαλκού και είναι συνάρτηση του φορτίου, δηλαδή, όταν ο Μ/Σ λειτουργεί εν κενό είναι μηδενικές, ενώ σε πλήρες φορτίο φτάνουν την μέγιστη τιμή τους. Το σύνολο των απωλειών χαλκού και σιδήρου φτάνει για μικρούς Μ/Σ μέχρι το 5% και για μεγάλους μέχρι 2.5% του ονομαστικού φορτίου

Σύγχρονες Γεννήτριες

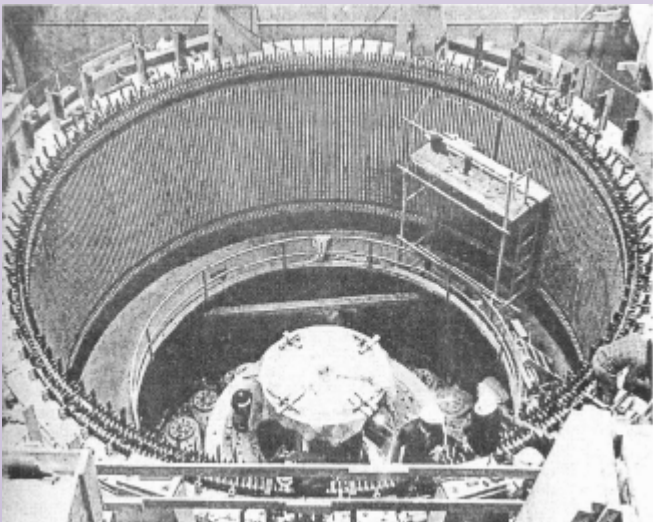
- Οι σύγχρονες γεννήτριες (synchronous generators) είναι σύγχρονες μηχανές που μετατρέπουν μηχανική ενέργεια σε εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια. Επειδή η θεωρία για τη σύγχρονη γεννήτρια και το σύγχρονο κινητήρα είναι η ίδια, χρησιμοποιούμε συχνά τον όρο «σύγχρονη μηχανή» για να καλύψουμε τόσο τη γεννήτρια όσο και τον κινητήρα.
- Βασικό χαρακτηριστικό της σύγχρονης μηχανής, ανεξάρτητα από το είδος της λειτουργίας της ως κινητήρα ή γεννήτρια και τις συνθήκες φόρτισης είναι ότι, στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας στρέφεται πάντα με σταθερό αριθμό στροφών (γνωστό ως σύγχρονο αριθμό στροφών) και στην ιδιότητα αυτή οφείλει και την ονομασία της. Η ηλεκτρομηχανική μετατροπή της ενέργειας στη συγκεκριμένη κατηγορία μηχανών, γίνεται σε μια ορισμένη ταχύτητα περιστροφής, τη σύγχρονη ταχύτητα (synchronous speed), η οποία εξαρτάται από τον αριθμό των μαγνητικών πόλων των τυλιγμάτων και από τη συχνότητα των ρευμάτων του τυλίγματος τυμπάνου

Σύγχρονες Γεννήτριες

- Βασικά πλεονεκτήματα της σύγχρονης γεννήτριας είναι:
- Εύκολη παραγωγή ισχύος AC ρεύματος.
- Οικονομική και απλή κατασκευή μηχανής.
- Εύκολη ρύθμιση της ενεργού και της άεργης ισχύος.
- Με κατάλληλη ρύθμιση της διέγερσης, για τις ίδιες συνθήκες φόρτισης μπορεί να εμφανίζουν χωρητική, επαγωγική ή ωμική συμπεριφορά.
- Στην πράξη, οι σύγχρονες μηχανές χρησιμοποιούνται κυρίως ως γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος, οπότε ονομάζονται και εναλλακτήρες, (alternators). Τέτοιες μηχανές χρησιμοποιούνται στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος, οπότε μπορούν να παράγουν μεγάλες τάσεις και ισχείς

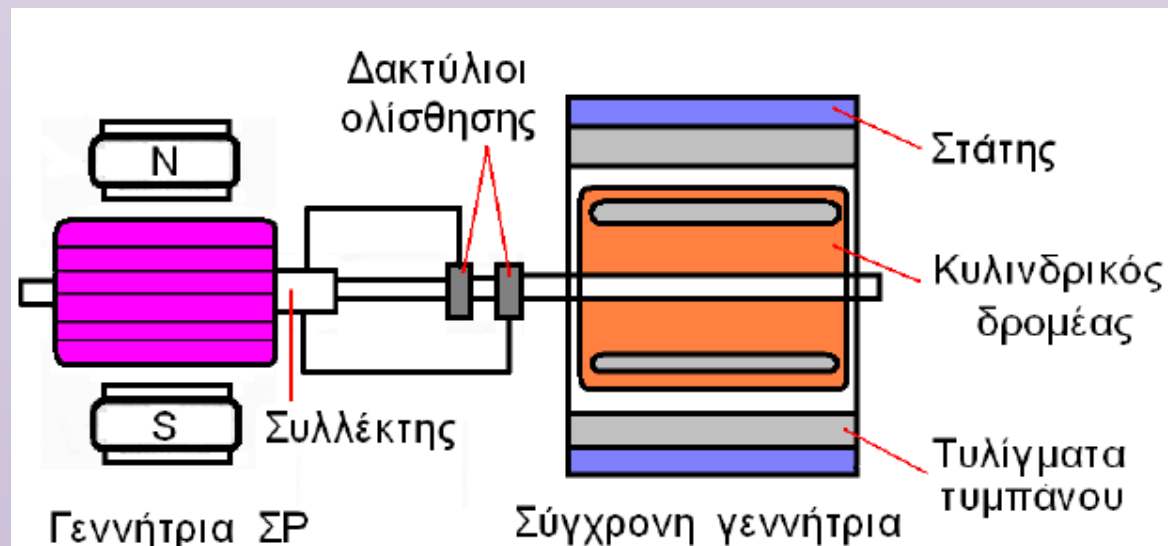
Δομή και Αρχή Λειτουργίας Σύγχρονης Γεννήτριας

- Στάτης και τύμπανο: Ο στάτης κατασκευάζεται από ένα κυλινδρικό πυρήνα αποτελούμενο από μονωμένα ελάσματα. Τα ελάσματα αυτά φέρουν αυλάκια (slots) στα οποία τοποθετούνται τριφασικά (3Φ) τυλίγματα. Τα τρία τυλίγματα έχουν απόσταση 120° , λέγονται φάσεις και αποτελούν το τύμπανο (armature)
- Δρομέας και Πεδίο
- Ο δρομέας μπορεί να έχει έκτυπους πόλους (salient salient) ή να είναι κυλινδρικής ή λείας μορφής (cylindrical rotor)



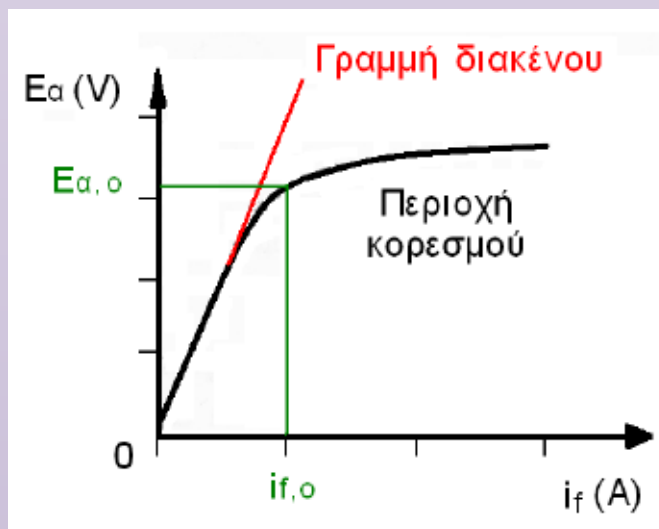
Δομή και Αρχή Λειτουργίας Σύγχρονης Γεννήτριας

- Διέγερση
- Απαραίτητη προϋπόθεση για να λειτουργήσει μια σύγχρονη γεννήτρια είναι η τροφοδοσία του τυλίγματος του δρομέα της με συνεχές ρεύμα. Αυτό το ρεύμα δημιουργεί μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό της γεννήτριας και καθώς ο δρομέας περιστρέφεται παίρνοντας κίνηση από κάποια εξωτερική κινητήρια μηχανή, το πεδίο περιστρέφεται μαζί του. Τελικά, το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει τριφασική τάση στα τυλίγματα του στάτη, η οποία εμφανίζεται στην έξοδο της μηχανής.
- Το τύλιγμα του δρομέα στις σύγχρονες γεννήτριες θα πρέπει να τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα



Ανάπτυξη Τάσης Γεννήτριας

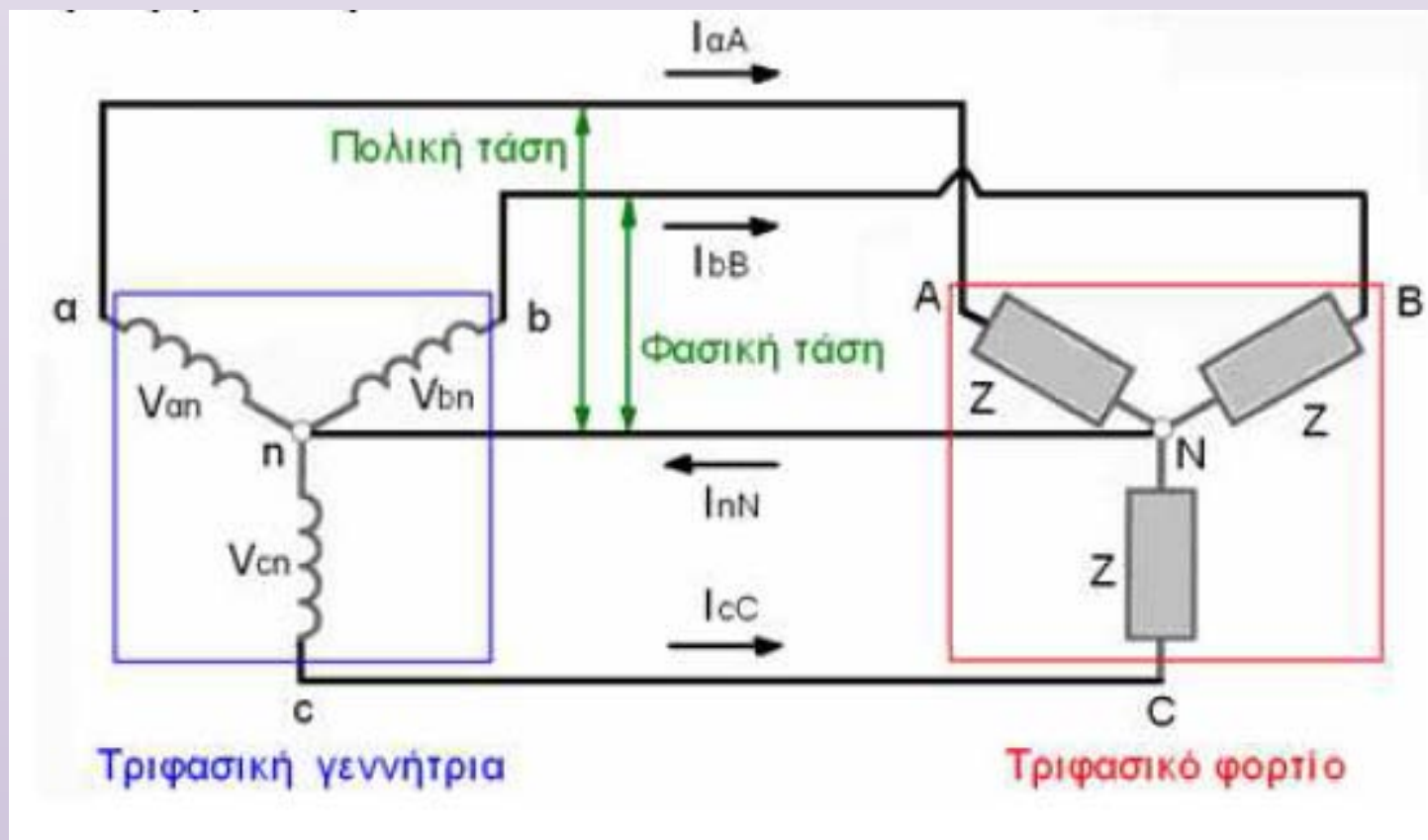
- Η χαρακτηριστική της γεννήτριας χωρίς φορτίο ή στατική χαρακτηριστική μοιάζει με αυτή μιας γεννήτριας ΣΡ ξένης διέγερσης και περιγράφει τη μεταβολή της ΗΕΔ σαν συνάρτηση του ρεύματος διέγερσης
- Η σχέση αυτή είναι γραμμική και η ηλεκτρεγερτική δύναμη είναι περίπου ανάλογη προς το ρεύμα διεγέρσεως μέχρι το σημείο όπου ο πυρήνας παρουσιάζει κορεσμό.
- Στο σημείο αυτό, η καμπύλη εμφανίζει ένα γόνατο και η τάση δεν αυξάνει πλέον γραμμικά με τη διέγερση. Μετά το «γόνατο», η ηλεκτρεγερτική της δύναμη αυξάνεται πολύ λίγο, έστω και αν η ένταση διεγέρσεως αυξηθεί σημαντικά. Οι γεννήτριες συνήθως εργάζονται αμέσως μετά το γόνατο της καμπύλης



Λειτουργία Γεννήτριας με Φορτίο

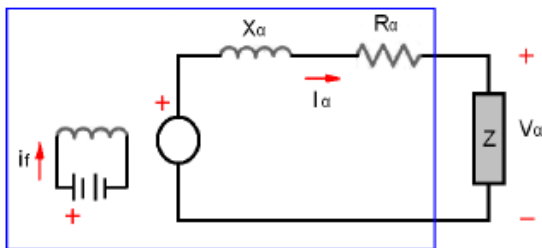
- Η συμπεριφορά της γεννήτριας με φορτίο, εξαρτάται από τον τύπο του φορτίου. Διακρίνουμε δύο είδη φορτίων:
- Α. Το άπειρο ηλεκτρικό δίκτυο ή ζυγός (infinite bus). Αυτό παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα ότι η τάση και η συχνότητά του είναι πλήρως καθορισμένη και μία γεννήτρια δεν μπορεί να τα μεταβάλλει. Έτσι, είναι ένα φορτίο που απορροφά μεν ισχύ αλλά με ειδικό τρόπο.
- Β. Το απομονωμένο ηλεκτρικό φορτίο. Στην περίπτωση του απομονωμένου ηλεκτρικού συμμετρικού τριφασικού (3Φ) φορτίου με σύνθετη αντίσταση ανά φάση Z , ο ουδέτερος ακροδέκτης της γεννήτριας και του φορτίου βρίσκονται σε μηδενική τάση. Αυτό μας επιτρέπει να αναλύσουμε το 3Φ κύκλωμα με τη βοήθεια μιας φάσης μόνο. Τα στοιχεία των υπολοίπων φάσεων βρίσκονται με την προσθήκη των κατάλληλων γωνιών φάσης. Φυσικά, τα μέτρα όλων των μεγεθών είναι τα ίδια σε όλες τις φάσεις.

Λειτουργία Γεννήτριας με Φορτίο

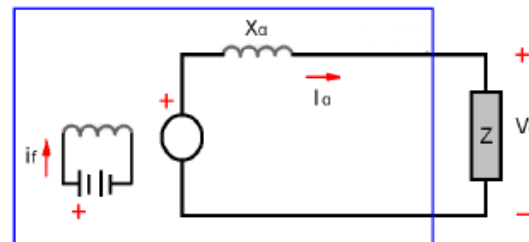


Ισοδύναμο Κύκλωμα Γεννήτριας Κυλινδρικού Δρομέα

- Ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση σύγχρονης γεννήτριας με φορτίο

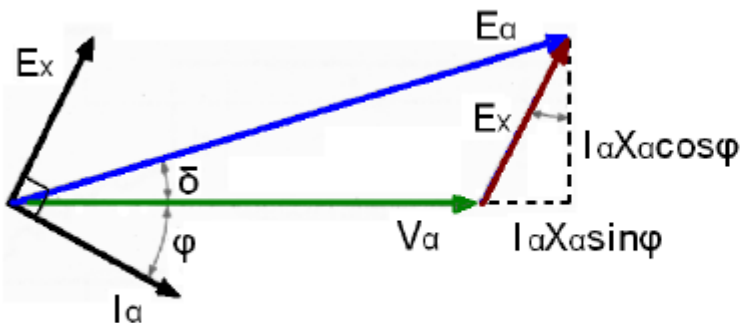


Κύκλωμα με αντίσταση τυμπάνου

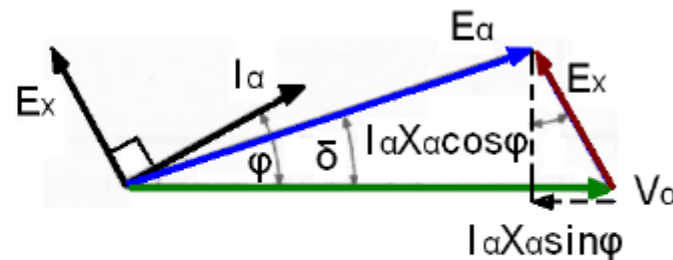


Η αντίσταση τυμπάνου παραλείπεται ως αμελητέα σε σχέση με την αντίδραση του.

- Διανυσματικό διάγραμμα φασιδεικτών σύγχρονης γεννήτριας για:



επαγωγικό φορτίο



χωρητικό φορτίο

Ισχύς

- Η τάση ακροδεκτών υπολείπεται της ΗΕΔ κατά μία γωνία δ . Η γωνία αυτή λέγεται γωνία ισχύος ή γωνία ροπής (power angle, torque angle) και παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη αντιτιθέμενης στην περιστροφή ροπής και στη μετατροπή ισχύος.
- Η ανά φάση ισχύς (φασική) που αποδίδεται από τη γεννήτρια στο φορτίο, είναι:

$$V_a I_a \cos\varphi = \frac{V_a E_a}{X_a} \sin\delta$$

- δηλαδή είναι αντιστρόφως ανάλογη της αντίδρασης ανά φάση και ανάλογη της φασικής τάσης, της ΗΕΔ και του ημιτόνου της γωνίας δ
- Η ισχύς αυτή γίνεται μέγιστη όταν η γωνία δ είναι 90° και μηδέν όταν η γωνία είναι 0° ή 180° . Συνήθως, η ονομαστική ισχύς μιας γεννήτριας παρέχεται όταν η γωνία δ είναι μεταξύ 20° - 30° .

Παραλληλισμός Γεννήτριας

- Προτού όμως συνδεθεί μία γεννήτρια με το δίκτυο, πρέπει να ισχύουν οι εξής τέσσερις συνθήκες:
- Η συχνότητα της γεννήτριας να ισούται με τη συχνότητα του δικτύου (50Hz για την Ελλάδα).
- Η τάση της γεννήτριας να ισούται με τη τάση του δικτύου.
- Η φάση της τάσης της γεννήτριας να ισούται με τη φάση της τάσης του δικτύου.
- Η διαδοχή φάσεων της γεννήτριας να είναι ίδια μ' αυτή του δικτύου.
- Όταν όλες αυτές οι συνθήκες ισχύουν, τότε στα άκρα του 3Φ διακόπτη που αποσυνδέει τη γεννήτρια από το δίκτυο, υπάρχουν διαρκώς μηδενικές διαφορές τάσης. Σε αυτή την περίπτωση, ο διακόπτης μπορεί να κλείσει ομαλά

Παραλληλισμός Γεννήτριας

- Προκειμένου να συγχρονίσουμε ή παραλληλίσουμε μία γεννήτρια με το δίκτυο, ακολουθούμε τα εξής βήματα:
- 1. Ρυθμίζουμε τις στροφές της κινητήριας μηχανής, έτσι ώστε η συχνότητα της γεννήτριας να είναι κοντά στη συχνότητα του δικτύου.
- 2. Ρυθμίζουμε τη διέγερση της γεννήτριας έτσι ώστε η τάση ξ να είναι ίση με την τάση v'' του δικτύου.
- 3. Χρησιμοποιούμε το συγχρονοσκόπιο (synchroscope) που μετρά τη σχετική γωνία φάσης μεταξύ της τάσης της γεννήτριας και του δικτύου. Εάν η συχνότητα της γεννήτριας είναι υψηλότερη από αυτή του δικτύου, ο δείκτης στρέφεται δεξιά, αλλιώς στρέφεται αριστερά. Ρυθμίζουμε την κινητήρια μηχανή, έτσι ώστε ο δείκτης του συγχρονοσκοπίου να είναι στο μέσο. Στο σημείο αυτό, ελέγχουμε την τάση και αν είναι ίση με την τάση του δικτύου, κλείνουμε το διακόπτη και συνδέουμε τη γεννήτρια στο δίκτυο

Απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) θεσπίστηκε η Ευρωπαϊκή Οδηγία για την ενέργεια στις 19-2-1997, που έπρεπε να υιοθετηθεί από τις εθνικές νομοθεσίες μέσα σε δύο χρόνια. Οι βασικές αρχές της είναι:
- Κάθετα οργανωμένες εταιρίες ηλεκτρισμού, δηλαδή εταιρείες που καλύπτουν και τους τρεις τομείς παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας να καταστήσουν ανεξάρτητους αυτούς τους τομείς (unbundling)
- Αποκλειστικά δικαιώματα εταιρειών να καταργηθούν
- Όλοι οι πελάτες, οι ανεξάρτητοι παραγωγοί ηλεκτρικής ισχύος και οποιοσδήποτε παράγει ή εμπορεύεται ηλεκτρική ενέργεια να έχει πρόσβαση στο δίκτυο μεταφοράς ή τροφοδοσίας ηλεκτρικής ενέργειας (third - party access).

Απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

- Για τη λειτουργία της απελευθερωμένης αγοράς ενέργειας δημιουργήθηκαν δυο βασικοί φορείς:
- Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) που είναι μια ανεξάρτητη αρχή που φροντίζει, εισηγείται και προωθεί την ύπαρξη συνθηκών ίσων ευκαιριών, και υγιούς ανταγωνισμού και παρέχει την άδεια λειτουργίας σε παραγωγούς, προμηθευτές και λοιπούς φορείς της αγοράς
- Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) που είναι μια εταιρεία που είχε ένα διπλό ρόλο:
 - Α. Να διαχειρίζεται το ελληνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και να έχει την ευθύνη για τη λειτουργία, τη συντήρηση και την ανάπτυξή του, καθώς και για την πρόσβαση τρίτων στο δίκτυο.
 - Β. Να εκκαθαρίζει την αγορά, να λειτουργεί δηλαδή σαν ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε ημέρα ποιος οφείλει σε ποιον.

Απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

- Ο Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του διαχειριστή του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ). Έχει ρόλο γνωμοδοτικό-εισηγητικό και εποπτικό στον τομέα της ενέργειας. Έργο του ΑΔΜΗΕ είναι η λειτουργία, η συντήρηση και η ανάπτυξη του ΕΣΜΗΕ ώστε να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια με τρόπο ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο, προωθώντας την ανάπτυξη του ελεύθερου ανταγωνισμού στην ελληνική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και εξασφαλίζοντας την ισότιμη μεταχείριση των χρηστών του ΕΣΜΗΕ.
- Ο Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) με σκοπό να αναλάβει τα καθήκοντα του διαχειριστή του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ). Έργο του ΔΕΔΔΗΕ είναι η λειτουργία, η συντήρηση και η ανάπτυξη του ΕΔΔΗΕ και των συστημάτων ηλεκτρισμού των μη διασυνδεδεμένων νησιών και η διασφάλιση ισότιμης πρόσβασης σε αυτά, όλων των καταναλωτών, παραγωγών και προμηθευτών, με διαφάνεια και αντικειμενικότητα.

Απελευθέρωση της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στην Ελλάδα

- Λειτουργός Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ) ασκεί, στα πλαίσια του σκοπού του, τις ακόλουθες αρμοδιότητες:
- Α. Ο ΛΑΓΗΕ ασκεί τις δραστηριότητες που ασκούνταν από το Διαχειριστή Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ), πλην εκείνων που κατά το άρθρο 99 του Ν.4001/2011 μεταφέρονται στον ΑΔΜΗΕ
- Β.Ο ΛΑΓΗΕ ασκεί, στα πλαίσια του σκοπού του, τις ακόλουθες αρμοδιότητες όπως:
- Διενεργεί τον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό

Πολιτική Ανταλλαγών Ενέργειας

- Δύο ηλεκτρικά δίκτυα μπορούν να ανταλλάξουν ηλεκτρική ενέργεια με:
- ασύγχρονη διασύνδεση, με την οποία δύο ηλεκτρικά συστήματα που έχουν πολύ διαφορετικά επίπεδα ανάπτυξης και αξιοπιστίας ανταλλάσσουν ηλεκτρική ενέργεια. Η ασύγχρονη διασύνδεση απαιτεί την (ακριβή) κατασκευή διασυνδετικής γραμμής συνεχούς ρεύματος και επιτρέπει την ανταλλαγή ηλεκτρισμού ενώ τα συνδεόμενα συστήματα λειτουργούν ανεξάρτητα (ασύγχρονα, χωρίς να έχουν την ίδια συχνότητα) μεταξύ τους.
- σύγχρονη διασύνδεση, που προϋποθέτει ένα ορισμένο επίπεδο συμβατότητας στην αξιοπιστία λειτουργίας των δύο συστημάτων. Η σύγχρονη διασύνδεση απαιτεί τη βελτίωση των ρυθμιστών και των διατάξεων προστασίας του λιγότερο αναπτυγμένου ηλεκτρικού συστήματος.
- Οι λόγοι για τους οποίους συμφέρει η διασύνδεση των ΣΗΕ είναι πολλοί και θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες.
- Α. Λειτουργικοί λόγοι.
- Β. Οικονομικοί λόγοι: Οικονομικές ανταλλαγές ενέργειας. Ανταλλαγές Ισχύος. Ανταλλαγές λόγω ανομοιομορφίας φορτίου
- Γ. Περιβαλλοντικοί λόγοι

Οικονομία Λειτουργίας

- Τρόποι κάλυψης του μεταβαλλόμενου φορτίου είναι:
- Σύμφωνα με τις προβλέψεις εντάσσουμε την επόμενη ημέρα ή εβδομάδα αρκετές μονάδες στο δίκτυο ώστε να ικανοποιείται το μέγιστο αναμενόμενο φορτίο. Αυτός είναι ένας αντιοικονομικός τρόπος κάλυψης του φορτίου, επειδή οι μονάδες θα είναι υποφορτισμένες, όταν το φορτίο είναι χαμηλό και θα αυξάνουν απaráδεκτα το κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ονομάζουμε ένταξη των θερμικών μονάδων την κατάρτιση ενός προγράμματος ένταξης/κράτησης των θερμικών μονάδων παραγωγής για μια δεδομένη μελλοντική χρονική περίοδο λειτουργίας του ΣΗΕ με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας του συστήματος. Ένταξη μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο συγχρονισμός της και η σύνδεση της με το δίκτυο ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει με ηλεκτρική ισχύ το σύστημα.
- Υδροθερμική συνεργασία. Στόχος της υδροθερμικής συνεργασίας είναι ο προσδιορισμός του προγράμματος λειτουργίας των θερμικών και υδροηλεκτρικών σταθμών ενός ΣΗΕ, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το συνολικό κόστος λειτουργίας του ΣΗΕ κατά τη διάρκεια μιας δεδομένης χρονικής περιόδου. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί δεν έχουν κόστος καυσίμου, έτσι ο προγραμματισμός συνεργασίας τους με τους θερμικούς σταθμούς μειώνει το κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ισχύος.
- Ο προγραμματισμός των ανταλλαγών ή αγορών/πωλήσεων ηλεκτρικής ενέργειας με τα γειτονικά διασυνδεδεμένα ΣΗΕ.

Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

- Η αξιοπιστία (reliability, R) εκφράζει τη συχνότητα με την οποία εμφανίζονται βλάβες (μη προγραμματισμένα γεγονότα) ή πρέπει να γίνονται μη προγραμματισμένες συντηρήσεις. Μ' άλλα λόγια ένας κινητήρας όσο λιγότερο συχνά βγαίνει εκτός λειτουργίας (εκτάκτως), τόσο πιο αξιόπιστος είναι

$$\frac{\text{συνολικός χρόνος} - \text{μη προγραμματισμένος χρόνος που δεν λειτουργεί}}{\text{συνολικός χρόνος}} \Rightarrow R = 1 - \frac{\text{FOH}}{\text{PH}}$$

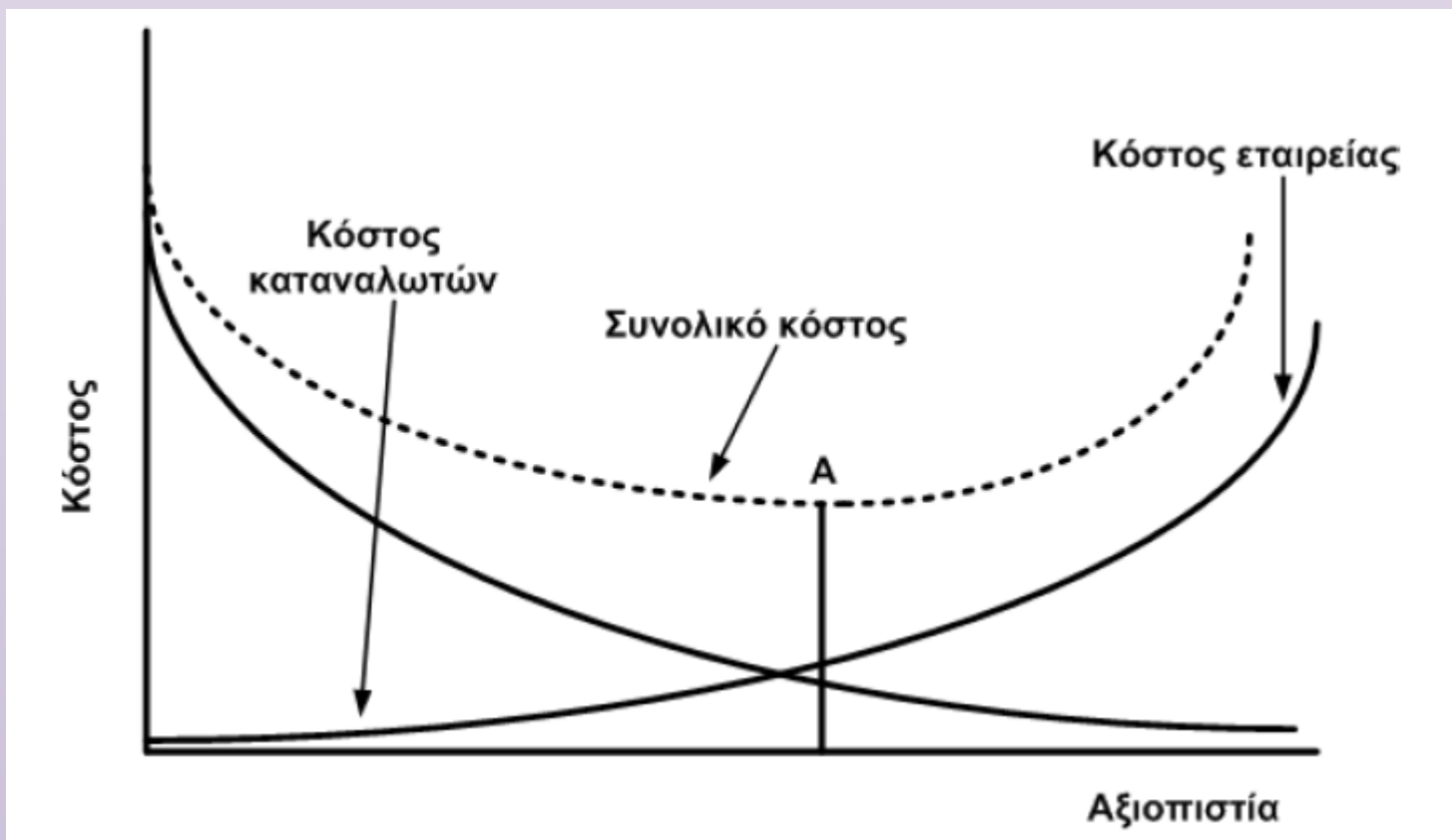
- όπου FOH (Forced Outage Hours) είναι οι μη προγραμματισμένες ώρες που μένει εκτός λειτουργίας και PH (Period Hours) είναι η περίοδος αναφοράς σε ώρες.
- Η διαθεσιμότητα (availability, A) είναι συνάρτηση του χρόνου ανάμεσα σε συντηρήσεις προγραμματισμένες και μη (Time Between Maintenance Action, TBMA) ή του μέσου χρόνου ανάμεσα σε βλάβες (Mean Time Between Failure, MTBF) ή αλλιώς του χρόνου μεταξύ την εμφάνιση βλαβών (Time Between Failure, TBF=TBMA) που καθορίζεται από την αξιοπιστία και το χρόνο μη λειτουργίας λόγω επισκευών (down-time) που με τη σειρά του καθορίζεται από την ευκολία και την καλή οργάνωση των εργασιών συντήρησης του αεριοστρόβιλου

Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

- Κόστος αξιοπιστίας για μια εταιρεία ορίζεται το κόστος της επένδυσης που χρειάζεται στο σύστημα για την επίτευξη συγκεκριμένου επιπέδου αξιοπιστίας
- Αξία αξιοπιστίας ορίζεται το όφελος που αποκομίζει από την επένδυση ο πελάτης και φυσικά η ίδια η εταιρεία
- Για την αποτίμηση της αξιοπιστίας με οικονομικούς όρους, συχνά αναφερόμαστε με τον όρο αποτίμηση αναξιοπιστίας, όπου η αξία της αξιοπιστίας όπως ορίστηκε πιο πάνω ταυτίζεται με τη ζημία που υφίστανται οι καταναλωτές κατά τη διάρκεια των σφαλμάτων στα ΔΔΗΕ
- Μια εταιρεία θεωρείται ότι κερδίζει από τη βελτίωση της αξιοπιστίας ακριβώς αυτό που χάνουν οι πελάτες της εξαιτίας του χαμηλού της επιπέδου

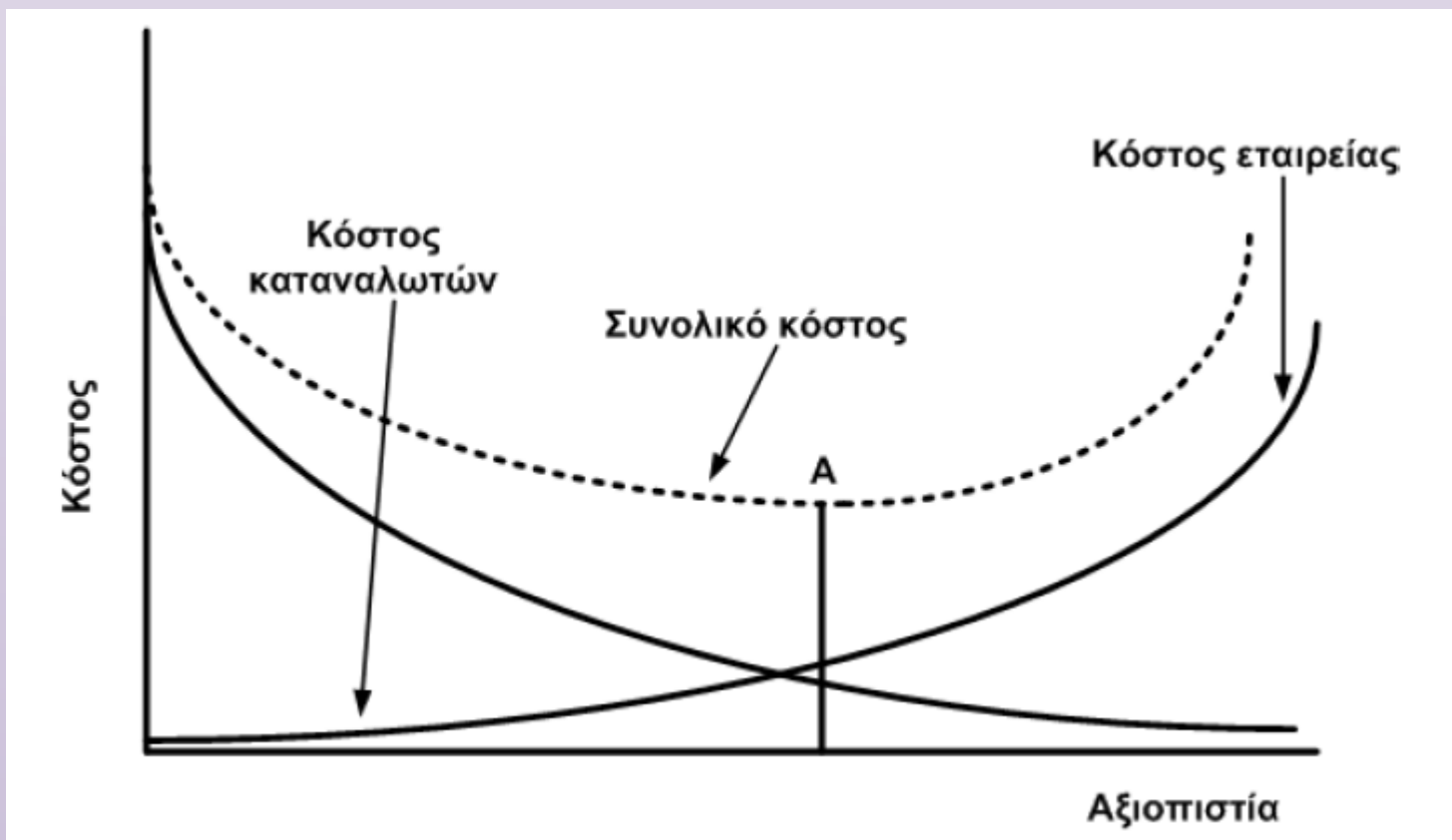
Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

- Η υπέρθεση των δύο καμπυλών παρέχει την καμπύλη συνολικού κόστους σε συνάρτηση με την αξιοπιστία, με το ελάχιστο της να ορίζει τη βέλτιστη τιμή αξιοπιστίας για τη βέλτιστη λύση επένδυσης, με το ελάχιστο δυνατό ύψος ζημίας για τους καταναλωτές



Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

- Η υπέρθεση των δύο καμπυλών παρέχει την καμπύλη συνολικού κόστους σε συνάρτηση με την αξιοπιστία, με το ελάχιστο της να ορίζει τη βέλτιστη τιμή αξιοπιστίας για τη βέλτιστη λύση επένδυσης, με το ελάχιστο δυνατό ύψος ζημίας για τους καταναλωτές



Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

- Αξιοπιστία ενός δικτύου σύμφωνα με τον ορισμό που παρέχει το λεξικό της IEEE ορίζεται “η ικανότητα του δικτύου να εκτελεί τη λειτουργία του κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες για καθορισμένο χρονικό διάστημα χωρίς διαταραχές”
- Δείκτης Μέσης Συχνότητας Διακοπών Συστήματος ΔΜΣΔΣ (System Average Interruption Frequency Index –SAIFI)

$$SAIFI = \frac{\sum \text{Συνολικός αριθμός καταναλωτών που υφίστανται διακοπή}}{\sum \text{Συνολικός αριθμός καταναλωτών που εξυπηρετούνται}}$$

- Δείκτης Μέσης Διάρκειας Διακοπών Συστήματος ΔΜΔΔΣ (System Average Interruption Duration Index – SAIDI)

$$SAIDI = \frac{\sum \text{Διάρκεια διακοπών καταναλωτών}}{\sum \text{Συνολικός αριθμός καταναλωτών που εξυπηρετούνται}}$$

Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

- Δείκτης Μέσης Διάρκειας Διακοπών Πελατών ΔΜΔΔΚ (Customer Average Interruption Duration Index – CAIDI)

$$\text{CAIDI} = \frac{\sum \text{Διάρκεια διακοπών καταναλωτών}}{\text{Συνολικός αριθμός καταναλωτών που υπέστησαν διακοπή}}$$

- Δείκτης Μέσης Μη Τροφοδοτούμενης Ενεργείας Συστήματος ΔΜΜΤΕΣ (Average Energy Not Supplied Index – AENS ή Expected Energy not Supplied – EENS)
- Ο δείκτης αυτός εκφράζει το ποσό ενέργειας που θα στερηθεί ο καταναλωτής κατά τη διάρκεια της θεωρούμενης διακοπής. Συνήθως υπολογίζεται ως το γινόμενο της μέσης φόρτισης του καταναλωτή κατά τη διάρκεια της διακοπής με τη χρονική διάρκεια αυτής και μετράται σε μονάδα ενέργειας (kWh/έτος)

Αξιοπιστία και Διαθεσιμότητα

- Οι δύο πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι δείκτες αναξιοπιστίας είναι:
- Ο δείκτης VLL (Value of Lost Load) που εκφράζει την αξία που χάνεται για την οικονομία μιας χώρας από την περικοπή μιας κιλοβατώρας. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιείται η εξίσωση:

$$VLL = \frac{\text{ΑΕΠ (δισ. ευρώ)}}{\text{Συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (GWh)}}$$

- Θεωρείται πως η τιμή του δείκτη είναι ισοδύναμη με το μέγιστο ποσό το οποίο οι καταναλωτές θα ήταν διατεθειμένοι να πληρώσουν προκειμένου να αποφευχθεί μια ενδεχόμενη διακοπή (Willingness To Pay – WTP), ή με το ελάχιστο ποσό που θα αποδεχόντουσαν ως αποζημίωση για κάθε ενόχληση που προκάλεσε η διαταραχή (Willingness To Accept – WTA)