

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1717

**ΜΕΛΕΤΗ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΓΡΑΜΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΑΡΧΙΑ**

**STUDY OF VOLTAGE DROP IN A LOW VOLTAGE
POWER GRID IN THE PROVINCE**



ΤΣΙΟΓΚΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΧΟΙΝΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή εργασία θα μελετηθεί η εύρεση της πτώσης τάσης σε δύο γραμμές (αναχωρήσεις) δικτύου χαμηλής τάσης από έναν υποσταθμό σε ένα χωριό της Αρκαδίας, το οποίο τροφοδοτείται από δίκτυο μέσης τάσης, από το Υδροηλεκτρικό εργοστάσιο της λίμνης του Λάδωνα. Οι αγωγοί-καλώδια, οι στύλοι, οι αποστάσεις μεταξύ των στύλων, η ισχύς του Μ/Σ, οι ασφάλειες του και τα φορτία των παροχών θα ανταποκρίνονται σε πραγματικά στοιχεία και μεγέθη.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εισαγωγή γενικά για το θέμα της πτυχιακής εργασίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ξεκίνησε η Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα, πότε ιδρύθηκε η ΔΕΗ, ποια ύλη χρησιμοποιούν τα εργοστάσια αυτά για να λειτουργήσουν και πως γίνεται η μεταφορά και η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους αγωγούς, τους μονωτήρες, τα μέσα προστασίας, τους στύλους και τους υποσταθμούς. Επίσης αναφέρει το είδος των στοιχείων αυτών, το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένα και τον τρόπο λειτουργίας τους. Στη συνέχεια παραθέεται και ένα μικρό σχέδιο γραμμής χαμηλής τάσης το οποίο αναλύεται.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην πτώση τάσης. Τί είναι πτώση τάσης, με ποιο όργανο μετρείται και πως υπολογίζεται πρακτικά.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το μονογραμμικό αλλά και το λειτουργικό σχέδιο των γραμμών μεταφοράς και οι υπολογισμοί τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

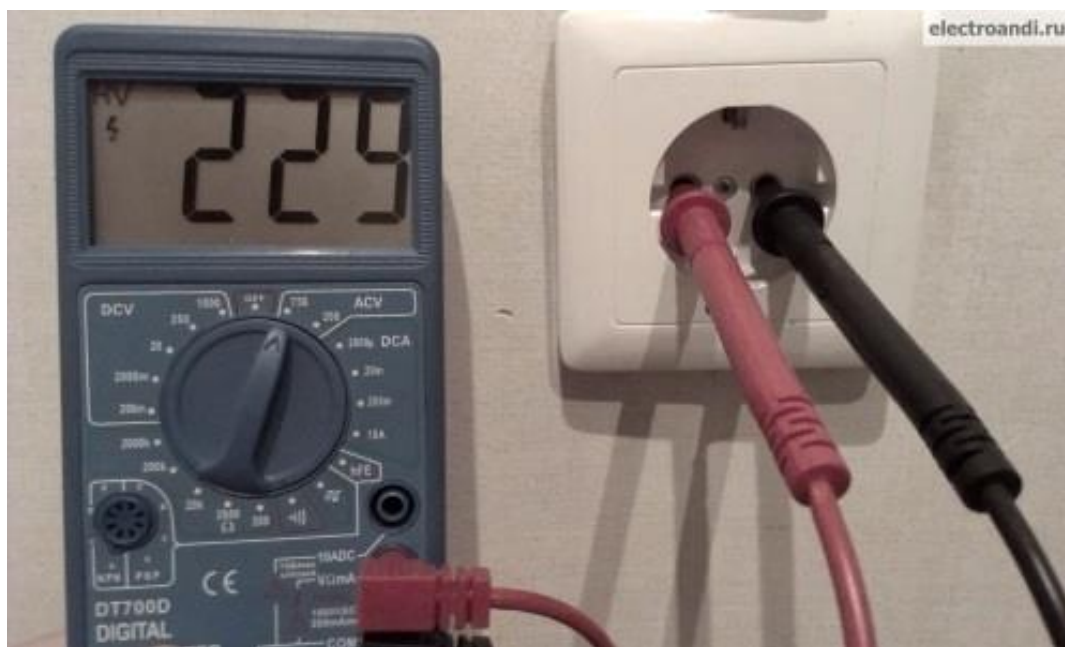
Περίληψη	iii
1 Εισαγωγή	1
2 Η Ηλεκτρική Ενέργεια	2
2.1 Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα και ΔΕΗ	2
2.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας	4
2.3 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας	6
2.4 Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας	7
3 Αγωγοί, μονωτήρες, στύλοι, μέσα προστασίας και υποσταθμοί	10
3.1 Αγωγοί – Καλώδια	10
3.2 Μονωτήρες	11
3.3 Κολώνες	14
3.4 Μέσα προστασίας	16
3.4.1 Μέσα προστασίας Μέσης Τάσης	16
3.4.1.1 Διακόπτες Ισχύος	16
3.4.1.2 Διακόπτες Φορτίου	17
3.4.1.3 Αποζεύκτες	18
3.4.1.4 Γειωτές	18
3.4.1.5 Ασφάλειες	19
3.4.1.6 Κυψέλες Μέσης Τάσης	19
3.4.1.7 Ακροκιβώτια Μέσης Τάσης	20
3.4.1.8 Μονωτήρες	20
3.4.1.9 Ζυγοί	20
3.4.1.10 Αλεξικέραυνα	20
3.4.1.11 Μετασχηματιστές Μέτρησης	21
3.4.1.12 Μετασχηματιστές Ισχύος	22

3.4.2 Μέσα προστασίας Χαμηλής Τάσης.....	23
3.4.2.1 Διακόπτες Ισχύος.....	23
3.4.2.2 Διακόπτες Φορτίου.....	25
3.4.2.3 Ασφαλειοαποζεύκτες.....	25
3.4.2.4 Καλώδια Ενέργειας Χαμηλής Τάσης	26
3.4.2.5 Μετασχηματιστές Έντασης.....	26
3.5 Υποσταθμοί	27
3.5.1 Κατασκευή του χώρου του Υ/Σ	27
3.5.2 Ο χώρος της Δ.Ε.Η.....	28
3.5.3 Χώρος Μετασχηματιστή.....	28
3.5.4 Υπόγειος Υ/Σ.....	29
3.5.5 Προκατασκευασμένοι Υ/Σ.....	29
3.6 Σχέδιο γραμμής χαμηλής τάσης	31
4 Η Πτώση Τάσης	33
4.1 Πτώση τάσης	33
4.2 Μέτρηση πτώσης τάσης.....	33
4.2.1 Μέτρηση πτώσης τάσης με την χρήση οργάνου	34
4.2.2 Πρακτικός Υπολογισμός	36
5 Γραμμή Μεταφοράς και Υπολογισμοί	41
5.1 Λειτουργικό σχέδιο.....	41
5.2 Μονογραμμικό σχέδιο και υπολογισμός πτώσης τάσης 1 ^{ης} γραμμής.....	43
5.3 Μονογραμμικό σχέδιο και υπολογισμός πτώσης τάσης 2 ^{ης} γραμμής.....	47
5.4 Υπολογισμός μετασχηματιστή.....	51
Βιβλιογραφία	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην πτυχιακή εργασία θα μελετηθεί η εύρεση της πτώσης τάσης σε δύο γραμμές (αναχωρήσεις) δικτύου χαμηλής τάσης από έναν υποσταθμό σε ένα χωριό της Αρκαδίας, το οποίο τροφοδοτείται από δίκτυο μέσης τάσης, από το Υδροηλεκτρικό εργοστάσιο της λίμνης του Λάδωνα. Οι αγωγοί-καλώδια, οι σύλτοι, οι αποστάσεις μεταξύ των σύλων, η ισχύς του Μ/Σ, οι ασφάλειες του και τα φορτία των παροχών θα ανταποκρίνονται σε πραγματικά στοιχεία και μεγέθη. Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο κάποιος μπορεί να υπολογίσει πρακτικά την πτώση τάσης.



Εικόνα 1: Ένδειξη τάσης ρευματοδότη με την χρήση πολυμέτρου

Στη συνέχεια αναφέρεται ο τρόπος με τον οποίο ξεκίνησε η Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα, τότε ιδρύθηκε η ΔΕΗ, ποια ύλη χρησιμοποιούν τα εργοστάσια αυτά για να λειτουργήσουν και πως γίνεται η μεταφορά και η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, γίνεται αναφορά στους αγωγούς, τους μονωτήρες, τα μέσα προστασίας, τους σύλους και τους υποσταθμούς γενικά. Αναφέρει το είδος των στοιχείων αυτών, το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένα, τον τρόπο λειτουργίας τους και παραθέτεται ένα μικρό σχέδιο γραμμής χαμηλής τάσης το οποίο αναλύεται.

Γίνεται αναφορά στην πτώση τάσης, τί είναι πτώση τάσης, με ποιο όργανο μετριέται, πως υπολογίζεται πρακτικά και παρουσιάζεται το μονογραμμικό αλλά και το λειτουργικό σχέδιο των γραμμών μεταφοράς και οι υπολογισμοί τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Η ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

2.1 Ηλεκτρική Ενέργεια στην Ελλάδα και ΔΕΗ

Στην Ελλάδα ο ηλεκτρισμός έφτασε το 1889 όπου σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία της ΔΕΗ Α.Ε., κατασκευάστηκε στην Αθήνα η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την << Γενική Εταιρεία Εργοληψιών>>.

Τον ίδιο χρόνο ηλεκτροδοτείται επίσης η Θεσσαλονίκη, η οποία ανήκει ακόμα στην Οθωμανική Αυτοκρατορία. Η <<Βελγική Εταιρεία>> αναλαμβάνει απ' τις τουρκικές αρχές το φωτισμό και την τροχοδρόμηση της πόλης με την κατασκευή εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Έπειτα από δέκα χρόνια κάνουν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα οι πολυεθνικές εταιρείες ηλεκτρισμού. Η αμερικανική εταιρεία Thomson - Houston με τη συμμετοχή της Εθνικής Τράπεζας ιδρύουν την <<Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρεία>> που αναλαμβάνει την ηλεκτροδότηση μεγάλων ελληνικών πόλεων.

Στις πιο απομακρυσμένες και αραιοκατοικημένες περιοχές ήταν οικονομικά ασύμφορο για τις μεγάλες εταιρείες να κατασκευάσουν μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας γι αυτόν τον λόγο αναλαμβάνουν ιδιώτες ή δημοτικές και κοινοτικές αρχές την ηλεκτροδότησή τους κατασκευάζοντας μικρά εργοστάσια. Το έτος 1950 υπήρχαν στην Ελλάδα περίπου 400 εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και ως πρωτογενή καύσιμα χρησιμοποιούσαν το πετρέλαιο και το γαιάνθρακα, τα οποία εισάγονταν από το εξωτερικό.

Η ηλεκτρική ενέργεια εκείνη την περίοδο ήταν ένα αγαθό πολυτελείας διότι η τιμή της ήταν στα ύψη αφού τα καύσιμα ήταν εισαγόμενα και επιπλέον η κατάτμηση της παραγωγής ήταν σε πολλές μικρές μονάδες.



Εικόνα 2: Ατμοηλεκτρικός σταθμός Φαλήρου, το πρώτο ατμοκίνητο εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα (Έτος ίδρυσης 1903)

Με την ίδρυση της ΔΕΗ τον Αύγουστο του 1950 οι δραστηριότητες παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας συγκεντρώθηκαν σε ένα δημόσιο φορέα. Η ΔΕΗ αμέσως στρέφεται προς την αξιοποίηση των εγχώριων πηγών ενέργειας ενώ ξεκινά και η ενοποίηση των δικτύων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα εθνικό διασυνδεδεμένο σύστημα. Τα πλούσια λιγνιτικά κοιτάσματα του ελληνικού υπεδάφους που είχαν νωρίτερα εντοπισθεί, άρχισαν να εξορύσσονται και να χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη στις λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής που δημιουργούσε η ΔΕΗ. Παράλληλα, η Επιχείρηση ξεκίνησε την αξιοποίηση της δύναμης των υδάτων με την κατασκευή υδροηλεκτρικών σταθμών στα μεγάλα ποτάμια της χώρας.

Η ΔΕΗ Α.Ε. (λειτουργεί ως ανώνυμη εταιρία από 1/1/2001) δραστηριοποιείται ως Παραγωγός και είναι ο κύριος Προμηθευτής ηλεκτρικής ενέργειας. Κατέχει (στοιχεία 2013) περίπου το 75% της εγκατεστημένης ισχύος των θερμοηλεκτρικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής στην ηπειρωτική Ελλάδα συμπεριλαμβάνοντας στο ενεργειακό της μείγμα λιγνιτικούς, υδροηλεκτρικούς και πετρελαϊκούς σταθμούς, καθώς και σταθμούς φυσικού αερίου, αλλά και μονάδες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ). Παράγοντας σχεδόν το 50% της ηλεκτρικής της παραγωγής από λιγνίτη, είναι ο 2ος μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Προμηθεύει περίπου το 98% (στοιχεία 2013) της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Τέλος, σύμφωνα με την πρόσφατη ελληνική νομοθεσία (ν. 4001/2011) παραμένει στην ιδιοκτησία της το δίκτυο διανομής συνολικού μήκους 217.000χλμ. (στοιχεία 2009), ενώ η

κυριότητα του εθνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μήκους 11.650χλμ. μεταβιβάζεται στον ΑΔΜΗΕ Α.Ε..

Μετά την απόσχιση από τη ΔΕΗ Α.Ε. των κλάδων Μεταφοράς και Διανομής, δημιουργήθηκαν δύο 100% θυγατρικές εταιρείες της ΔΕΗ Α.Ε., ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. (Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.) και ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας Α.Ε.). Ο ΑΔΜΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη της διαχείρισης, λειτουργίας, ανάπτυξης και συντήρησης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και των διασυνδέσεών του, ενώ ο ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε. έχει την ευθύνη για τη διαχείριση, ανάπτυξη, λειτουργία και συντήρηση του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας. Η ΔΕΗ Ανανεώσιμες Α.Ε. ως 100% θυγατρική εταιρεία της ΔΕΗ Α.Ε. έχει παραλάβει τη σκυτάλη της διαχείρισης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.) από τη μητρική εταιρεία, με στόχο την ανάπτυξη του κλάδου.

2.2 Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας επιτυγχάνεται με την εκμετάλλευση διαφόρων πρωτογενών πηγών ενέργειας και παρουσιάζει μεγάλες διαφοροποιήσεις από χώρα σε χώρα, ανάλογα με τους διαθέσιμους εγχώριους Ενεργειακούς Πόρους, την Ενεργειακή Πολιτική της χώρας, τις γεωλογικές, γεωφυσικές και κλιματολογικές ιδιαιτερότητες αυτής. Οι πηγές παραγωγής ενέργειας διακρίνονται στις συμβατικές που βασίζονται σε ορυκτά στερεά, υγρά ή αέρια καύσιμα και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) που χρησιμοποιούν ανεξάντλητες πηγές και δεν καταναλώνουν τα περιορισμένα ενεργειακά ορυκτά αποθέματα.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κυρίως από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, καθώς υπάρχουν τέσσερις περιοχές με σημαντικά αποθέματα λιγνίτη (Δράμα, Δυτική Μακεδονία, Ελασσόνα και Μεγαλόπολη).



Εικόνα 3: Λιγνιτική Μελίτης

Ο λιγνίτης ήταν η σημαντική εγχώρια ενεργειακή πηγή καθώς συνείσφερε το 53.15% της εγχώριας παραγωγής το 2011 και το φυσικό αέριο το 28.3%, ενώ τον Φεβρουάριο του 2019 ο λιγνίτης έχει πέσει στο 20% γιατί η ελληνική πολιτεία έχει ως στόχο υψηλής προτεραιότητας την προστασία του περιβάλλοντος και έχει προωθήσει τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας οι οποίες έχουν αγγίξει το 20% (Αύγουστος 2018). Στο ίδιο πλαίσιο δίνεται έμφαση στην επιτάχυνση της διείσδυσης του φυσικού αερίου στο ενεργειακό ισοζύγιο.

Επειδή η χρονική διάρκεια ζωής των ήδη γνωστών εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων λιγνίτη δεν υπερβαίνει τα 35 χρόνια, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι θα πρέπει να μπου στο ελληνικό ισοζύγιο ηλεκτρισμού νέα καύσιμα, όπως ο λιθάνθρακας, ώστε να παραταθεί η διαθεσιμότητα και η χρήση του λιγνίτη σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου. Οι ανθρακικές μονάδες επιτυγχάνουν υψηλότερους βαθμούς απόδοσης από τις λιγνιτικές και κατά συνέπεια εκπέμπουν μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας. Όσον αφορά στις εκπομπές διοξειδίου του θείου, αυτές αντιμετωπίζονται με αντιρρυπαντικές εγκαταστάσεις όπως η αποθείωση καυσαερίων. Επιπλέον ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του άνθρακα είναι ότι, ενώ το φυσικό αέριο θα είναι διαθέσιμο για τα επόμενα 50 – 60 χρόνια, ο άνθρακας θα είναι διαθέσιμος τουλάχιστον για 200 χρόνια ακόμη. Ωστόσο η μελλοντική αξιοποίηση του άνθρακα θα εξαρτηθεί από τη δυνατότητα των ηλεκτροπαραγωγών μονάδων άνθρακα να υιοθετήσουν με χαμηλό κόστος καθαρές και αποδοτικές τεχνολογίες καύσης, ώστε να προσαρμοστούν στο

αυστηρό πλαίσιο των περιβαλλοντικών απαιτήσεων του <<Πρωτοκόλλου του Κιότο>> και των αυστηρών Ευρωπαϊκών προδιαγραφών για νέες εγκαταστάσεις καύσης.

2.3 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Για να λυθεί το πρόβλημα της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις, ο William Stanley κατασκεύασε το πρώτο επαγωγικό πηνίο, που αποτέλεσε τον προάγγελο του σύγχρονου (ηλεκτρικού) μετασχηματιστή καθώς και το πρώτο πλήρες σύστημα υψηλής τάσης μεταφοράς εναλλασσόμενου ρεύματος, το οποίο αποτελείται από γεννήτριες, μετασχηματιστές και υψηλής τάσης γραμμές μεταφοράς, που αποτέλεσε τη βάση της σύγχρονης διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι όλη η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στους σταθμούς παραγωγής, αρχικά μεταφέρεται σε κοντινούς μετασχηματιστές που μετατρέπουν τη χαμηλή τάση της ηλεκτρικής ενέργειας σε υψηλή. Με αυτόν τον τρόπο, η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται με τις γραμμές μεταφοράς σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με λιγότερες απώλειες, καθώς οι σταθμοί παραγωγής είναι συνήθως μακριά από μεγάλα αστικά κέντρα.

Το δίκτυο Μεταφοράς, μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς μεταφοράς. Η μεταφορά γίνεται σε υψηλή τάση, μέσω του δικτύου υψηλής τάσης (150kV) και υπερευψηλής (400kV) για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος, όταν οι αποστάσεις είναι μεγάλες. Οι γραμμές Μεταφοράς φθάνουν μέχρι ορισμένα σημεία, τους υποσταθμούς μεταφοράς, όπου γίνεται υποβιβασμός της τάσης στη μέση τάση, δηλαδή στα 20kV του δικτύου. Οι υποσταθμοί αποτελούν κόμβους στο δίκτυο του ηλεκτρισμού. Από αυτά τα σημεία όπου βρίσκονται οι υποσταθμοί μεταφοράς, αρχίζουν οι γραμμές διανομής, που καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής όπου γίνεται υποβιβασμός της μέσης τάσης στη χαμηλή τάση που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι καταναλωτές, προκειμένου με τη βοήθεια εναέριων ή υπόγειων γραμμών να διανεμηθεί σε βιομηχανίες που χρησιμοποιούν μέση τάση και σε σπίτια που χρησιμοποιούν χαμηλή τάση.



Εικόνα 4: Πυλώνες υψηλής τάσης

Τα συστατικά στοιχεία των γραμμών μεταφοράς είναι:

- Πυλώνες ή πύργοι, στους οποίους στηρίζονται οι αγωγοί των εναέριων γραμμών
- Μονωτήρες, μέσω των οποίων αναρτώνται στους πυλώνες οι αγωγοί γραμμών
- Αγωγοί, κυρίως από χαλκό και αλουμίνιο.

2.4 Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η Γενική Διεύθυνση Διανομής συνδέεται με τα περισσότερα θέματα που αφορούν τη χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας από τους καταναλωτές και οι εγκαταστάσεις της βρίσκονται σε <<επαφή>> με τις εγκαταστάσεις των καταναλωτών. Η επιχειρησιακή μονάδα της διανομής είναι υπεύθυνη για την διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη την Ελλάδα, στην περιοχή του διασυνδεδεμένου συστήματος αλλά και στα μη διασυνδεδεμένα νησιά.



Εικόνα 5: Μετασχηματιστής μέσης τάσης

Μέσω του δικτύου της διανομής, η ΔΕΗ Α.Ε. υλοποίησε το τεράστιο έργο του εξηλεκτρισμού της χώρας και κατάφερε ο ηλεκτρισμός να φτάσει σε κάθε γωνιά της. Με τον όρο «Γραμμές ή Δίκτυα Διανομής», εννοούμε τις εγκαταστάσεις που χρειάζονται για να τροφοδοτηθούν οι καταναλωτές (ή φορτία) με ηλεκτρική ενέργεια από τους Υποσταθμούς των Γραμμών μεταφοράς.



Εικόνα 6: Στύλος μέσης τάσης με μεικτή γραμμή μέση και χαμηλή

Το δίκτυο Διανομής, περιλαμβάνει:

- το δίκτυο διανομής μέσης τάσης (20kV) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής.
- το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης (220/380V) που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές.

Το σύστημα διανομής που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στους τελικούς καταναλωτές έχει γραμμές μήκους 160.000km και τροφοδοτεί περίπου 6.000.000 καταναλωτές μέσης (22 kV, 20 kV, 15 kV, 6,6 kV) και χαμηλής τάσης (380/220 V).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΑΓΩΓΟΙ ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΣΤΥΛΟΙ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ

3.1 Αγωγοί – Καλώδια

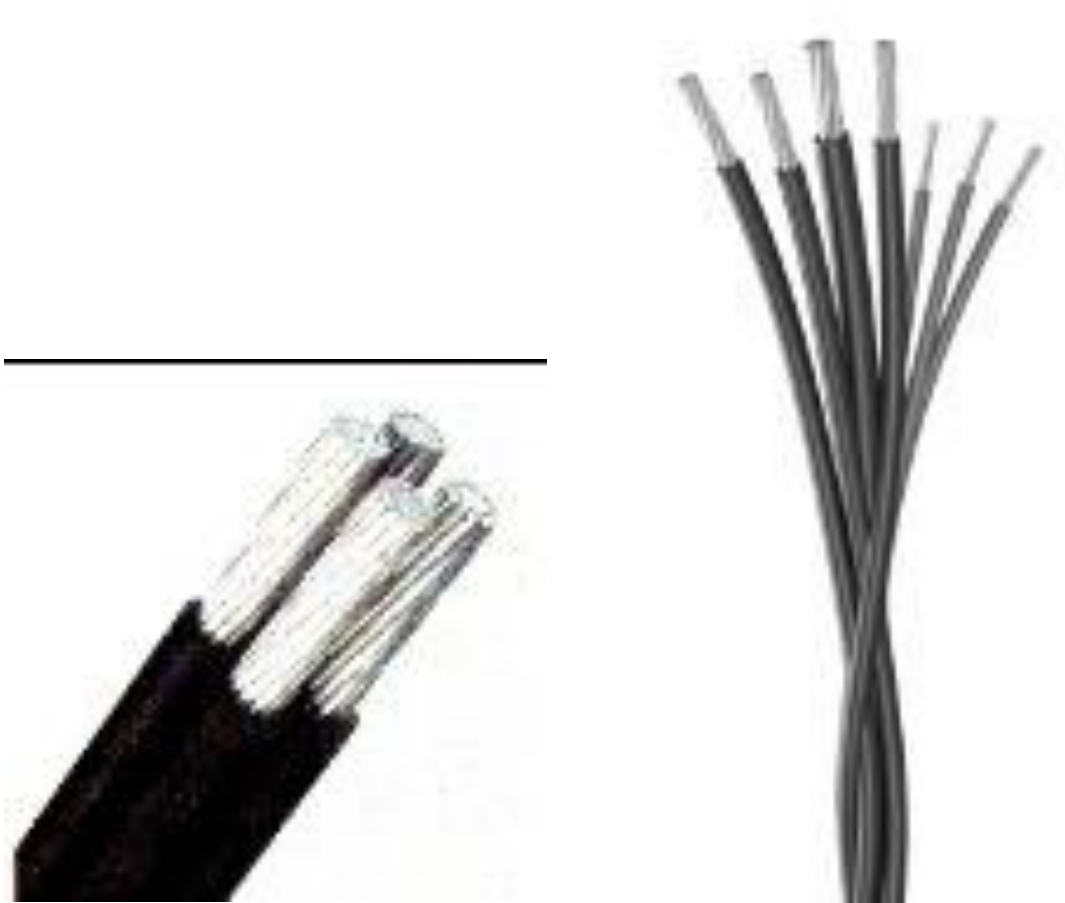
Με τους αγωγούς – καλώδια γίνεται η μεταφορά και η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας είτε με εναέρια είτε με υπόγεια δίκτυα. Υπάρχουν διάφορα είδη καλωδίων τα οποία χρησιμοποιούνται. Παλιά το δίκτυο διανομής αποτελούνταν από γυμνούς αγωγούς, οι οποίοι όμως είχαν απώλειες αλλά ήταν και πιο επιρρεπείς στο να υπάρξουν βλάβες στα δίκτυα.



Εικόνα 7: Αγωγός ACSR

Με δυνατούς ανέμους υπήρχε περίπτωση οι αγωγοί να έρθουν σε επαφή εάν δεν ήταν σωστά τανυσμένοι. Επίσης δεν ήταν και πολύ ασφαλές γιατί αν κάποιος ήταν απρόσεκτος και για οποιονδήποτε λόγο ερχόταν σε επαφή με τον αγωγό, με κάποιο αντικείμενο το οποίο ήταν καλός αγωγός ηλεκτρικής ενέργειας θα υπήρχε άμεσος κίνδυνος, για σοβαρό ατύχημα. Στις περισσότερες περιοχές της χώρας πλέον έχουν αντικατασταθεί οι γυμνοί αγωγοί με

συνεστραμμένο καλώδιο για καλύτερη απόδοση αλλά και για μεγαλύτερη ασφάλεια στους πολίτες.



Εικόνα 8: Συνεστραμμένο καλώδιο

3.2 Μονωτήρες

Οι μονωτήρες χρησιμοποιούνται για να μην βρίσκονται σε άμεση επαφή οι αγωγοί με την κολώνα και υπάρξει κάποιο βραχυκύκλωμα. Τα τρία βασικά μέρη ενός μονωτήρα είναι το διηλεκτρικό, οι ακροδέκτες, που συνδέουν το διηλεκτρικό με την υπόλοιπη μηχανολογική δομή και τα ενδιάμεσα υλικά στο εσωτερικό του μονωτήρα, όπως τσιμέντο, λιπαντικά ή βαφές.

Τα διηλεκτρικά είναι κυρίως κεραμικά (πορσελάνη, γυαλί) ή πολυμερή. Τα υλικά αυτά απαιτείται να διατηρούν την εφαρμοζόμενη διαφορά δυναμικού για αρκετές δεκαετίες χωρίς να αστοχήσουν. Πρέπει επίσης να αντέχουν σε καταπονήσεις κρουστικών τάσεων, που προκαλούνται από κεραυνούς ή χειρισμούς διακοπών του δικτύου, χωρίς να διασπώνται. Επειδή οι επιφάνειες των διηλεκτρικών είναι πάντα, στην πράξη, ηλεκτρικά αγώγιμες εξαιτίας της

υγρασίας και των επικαθίσεων, είναι απαραίτητη μία διαχρονική ανθεκτικότητα στις επιφανειακές ηλεκτρικές εκκενώσεις, τα ηλεκτροχημικά προϊόντα και τη διάβρωση.

Όλοι οι μονωτήρες πρέπει να καλύπτουν ηλεκτρικές και μηχανικές λειτουργικές ανάγκες, οι οποίες συνήθως εμφανίζουν αλληλοσυγκρουόμενες απαιτήσεις. Η αξιοπιστία είναι η σημαντικότερη ιδιότητα ενός μονωτήρα. Η μεγαλύτερη αστοχία σε έναν μονωτήρα γραμμής συμβαίνει, όταν αυτός σπάσει μηχανικά και “κοπεί” η γραμμή. Ωστόσο, ακόμα κι αν συμβεί αυτό, οι μονωτήρες στους γειτονικούς πυλώνες θα πρέπει να μπορούν, όχι μόνο να αναλάβουν το επιπλέον φορτίο, αλλά και να αντέξουν τη μηχανική καταπόνηση που σχετίζεται με ένα τέτοιο γεγονός, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα προβλήματα αποκατάστασης και το κόστος.

Οι μονωτήρες είναι δυνατόν να αστοχήσουν στον προορισμό τους για τους εξής λόγους:

1. Διάτρηση, δηλαδή υπερνίκηση της διηλεκτρικής αντοχής τους.
2. Υπερπήδηση, δηλαδή δημιουργία ηλεκτρικού τόξου που έρπει στην επιφάνεια του μονωτήρα.
3. Διάσπαση του αέρα γύρω από τον μονωτήρα.
4. Πτώση κεραυνού με μέτωπο μικρού χρόνου.



Εικόνα 9: Μονωτήρες πορσελάνινοι

Επειδή, όμως, η διηλεκτρική αντοχή του υλικού των μονωτήρων είναι μεγαλύτερη από αυτήν του αέρα, η αστοχία οφείλεται βασικά στους δύο τελευταίους λόγους, ενώ ο πρώτος λόγος είναι σπάνιος, αφού συμβαίνει μόνο σε περιπτώσεις εσωτερικών ατελειών του υλικού. Στην αστοχία συντελεί και η επικάλυψη σκόνης ή αλμύρας (σε παραθαλάσσιες περιοχές), διότι μειώνει σημαντικά τη διηλεκτρική αντοχή στην επιφάνεια του μονωτήρα σε συνδυασμό με την ατμοσφαιρική υγρασία. Για τη μείωση των αστοχιών, αυξάνεται το μήκος ερπυσμού, δηλαδή το μήκος της ημιπεριμέτρου της εγκάρσιας διατομής, με τη δημιουργία πτυχώσεων με χαρακτηριστική κλίση στο πάνω μέρος της επιφάνειας του μονωτήρα. Αυτή η μορφή διευκολύνει και τον αυτοκαθαρισμό της επιφάνειάς τους.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη μονωτική ικανότητα των μονωτικών υλικών, σε περίπτωση που είναι τοποθετημένα σε εξωτερικό χώρο, είναι η ρύπανση. Με τον όρο ρύπανση, προσδιορίζεται η επικάλυψη ακαθαρσιών που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα ή θαλάσσιας άλμης (καθαλάτωση) στην επιφάνειά τους. Η ρύπανση στην επιφάνεια ενός μονωτικού υλικού μπορεί να είναι είτε θαλάσσια, η οποία οφείλεται στο γεγονός ότι το μονωτικό βρίσκεται σε παραθαλάσσια περιοχή και οι άνεμοι μεταφέρουν θαλασσινό νερό υπό τη μορφή κατακλινομένου νερού στην επιφάνειά του, όπου επικάθεται και σχηματίζεται ένα λεπτό υγρό αλατούχο επίστρωμα, είτε βιομηχανική, η οποία προέρχεται από τα στερεά κατάλοιπα των βιομηχανιών που απορρίπτονται στην ατμόσφαιρα. Η συνύπαρξη ρύπανσης (θαλάσσιας, βιομηχανικής ή συνδυασμού τους) και δροσιάς, ομίχλης ή σιγανής βροχής, αποτελεί δυσμενέστατη συνθήκη λειτουργίας των μονωτικών υλικών και μπορεί να υποβιβάσει τη μονωτική τους ικανότητα σε μεγάλο βαθμό (40% έως 80%), με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου.

Συνεπώς, η παρατεταμένη ξηρασία, η περιβαλλοντική ρύπανση, καθώς και τα ακραία καιρικά φαινόμενα μεταβάλλουν τη συμπεριφορά των μονωτικών υλικών που εκτίθενται σε αυτές, με αποτέλεσμα να χρήζουν ιδιαίτερης μελέτης.

Στο πρότυπο IEC 815/1986, προκειμένου να υπάρχει μία κατηγοριοποίηση των περιοχών ανάλογα με το ποσοστό ρύπανσης, έχουν καθοριστεί, ποιοτικά, τέσσερα επίπεδα ρύπανσης.

Ελαφριά

1. Περιοχές χωρίς βιομηχανίες και με μικρή πυκνότητα κατοικιών εξοπλισμένων με εγκατάσταση θέρμανσης.
2. Περιοχές με μικρή πυκνότητα βιομηχανιών ή κατοικιών, αλλά εκτεθειμένες σε ισχυρούς ανέμους ή βροχοπτώσεις.
3. Αγροτικές περιοχές.
4. Ορεινές περιοχές.

Όλες αυτές οι περιοχές πρέπει να βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστον 10 έως 20 km από τη θάλασσα και δεν πρέπει να εκτίθενται σε ανέμους κατ' ευθείαν από αυτή.

Μεσαία

1. Περιοχές με βιομηχανίες, οι οποίες δεν παράγουν ιδιαίτερα ρυπασμένο καπνό, ή με μέση πυκνότητα κατοικιών εξοπλισμένων με εγκατάσταση θέρμανσης.
2. Περιοχές με υψηλή πυκνότητα κατοικιών ή βιομηχανιών, αλλά εκτεθειμένες σε συχνούς ανέμους ή βροχοπτώσεις.
3. Περιοχές εκτεθειμένες σε ανέμους από τη θάλασσα, αλλά όχι πολύ κοντά σε ακτή.

Βαριά

1. Περιοχές με υψηλή πυκνότητα βιομηχανιών και προάστια μεγάλων πόλεων με υψηλή πυκνότητα εγκαταστάσεων θέρμανσης, οι οποίες παράγουν ρύπανση.
2. Περιοχές κοντά στη θάλασσα ή κάθε περιοχή που εκτίθεται σε σχετικά ισχυρούς ανέμους από τη θάλασσα.

Πολύ βαριά

1. Περιοχές περιορισμένης έκτασης, εκτεθειμένες σε αγωγήμη σκόνη και βιομηχανικό καπνό που προκαλεί αγωγήμες εναποθέσεις σημαντικού πάχους.
2. Περιοχές περιορισμένης έκτασης, οι οποίες βρίσκονται πολύ κοντά σε ακτή και εκτίθενται σε ψεκασμό θαλασσινού νερού ή σε πολύ δυνατό και ρυπασμένο αέρα από τη θάλασσα.
3. Περιοχές ερήμου, οι οποίες χαρακτηρίζονται από έλλειψη βροχής για μεγάλες χρονικές περιόδους, εκτίθενται σε ισχυρούς ανέμους που μεταφέρουν άμμο και αλάτι και υποβάλλονται σε κανονική συμπύκνωση.

Η ρύπανση μπορεί να μειώσει την τάση υπερπήδησης του μονωτήρα, οδηγώντας έτσι σε μη προγραμματισμένες βλάβες και μειωμένη αξιοπιστία. Η υπερπήδηση σε έναν μονωτήρα εξαιτίας της ρύπανσης είναι μία περίπλοκη διαδικασία η οποία περνά από διάφορα στάδια. Αυτά ονομαστικά είναι τα εξής:

- Η δημιουργία στρώματος ρύπανσης στην επιφάνεια του μονωτήρα.
- Ο σχηματισμός ξηρών ζωνών.
- Οι μερικές εκκενώσεις.
- Η υπερπήδηση.

Αν κάποιο από τα προηγούμενα στάδια δεν πραγματοποιηθεί, το φαινόμενο της υπερπήδησης δεν είναι δυνατόν να εκδηλωθεί.

3.3 Κολώνες

Οι κολώνες ή στύλοι χρησιμοποιούνται για να στηριχτούν πάνω τους Μετασχηματιστές, Ασφαλειοκιβώτια και καλώδια – αγωγοί, έτσι ώστε να γίνει η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Στις γραμμές χαμηλής τάσης οι αγωγοί πιάνουν κάθετα στην κολώνα ο ένας κάτω από τον άλλον με μονωτήρες, συνήθως είναι πέντε αγωγοί (ουδέτερος, τρεις φάσεις και δημοτικός φωτισμός) ή ένα συνεστραμμένο καλώδιο (υπάρχουν και στύλοι στους οποίους έχουν στηριχθεί ακόμη και τρία συνεστραμμένα καλώδια, το ένα κάτω από το άλλο). Στις γραμμές μέσης τάσης οι αγωγοί στηρίζονται – δένονται ο ένας δίπλα στον άλλο σε οριζόντια διάταξη πάνω σε μονωτήρες οι οποίοι είναι βιδωμένοι – στερεωμένοι επάνω στις τραβέρσες ή τους στύλους, ανάλογα με την εκάστοτε κατασκευή.

Υπάρχουν ξύλινοι αλλά και τσιμεντένιοι στύλοι. Οι ξύλινοι είναι οι πιο συνηθισμένοι διότι είναι πιο φθηνοί αλλά και εύκολο να χρησιμοποιηθούν, αλλά οι τσιμεντένιοι είναι πιο ανθεκτικοί και αντέχουν περισσότερη δύναμη από το τράβηγμα των αγωγών. Πάνω στους στύλους που χρησιμοποιούνται για την μέση τάση στις περισσότερες κατασκευές υπάρχουν ξύλινες ή σιδερένιες τραβέρσες και πάνω σε αυτές οι μονωτήρες ώστε να εξασφαλίζεται η διηλεκτρική αντοχή μεταξύ αγωγών και αγωγών προς γη (ομοίως και στην χαμηλή τάση).

Όταν υπάρχει μεγάλο άνοιγμα και μετά μικρότερο ή αλλαγή κατεύθυνσης της γραμμής αλλάζει και η τάση των αγωγών με αποτέλεσμα να χρειαστεί να τοποθετηθεί επίτονο έτσι ώστε να μην πέσει η κολώνα. Σε περιπτώσεις όπου δεν γίνεται να τοποθετηθεί επίτονο στην θέση του βάζουμε αντηρίδα, είναι κολώνα που στηρίζει με κάποια κλίση την κολώνα που έχει το

τράβηγμα, προς την ίδια κατεύθυνση με τους αγωγούς που το προκαλούν, ή δίδυμους στύλους, δηλαδή τοποθετημένες δύο κολώνες μαζί συνδεδεμένες μεταξύ τους. Τα επίτονα, τα οποία αποτελούνται από συρματόσχοινο, αν είναι σε σημείο το οποίο είναι εύκολα προσβάσιμο και αποτελεί κίνδυνο για προξένηση ατυχήματος, τότε τοποθετείτε προφυλακτήρας, ο οποίος είναι ένα μεταλλικό κάλυμμα και μπαίνει στο σημείο όπου δένετε το επίτονο με το έδαφος. Στους στύλους μέσης τάσης τοποθετείτε μονωτήρας στα επίτονα έτσι ώστε για οποιοδήποτε λόγο βλάβης στην γραμμή ή δημιουργίας τόξου να μην υπάρξει τάση στον αγωγό του επιτόνου. Στους στύλους χαμηλής τάσης δεν χρειάζονται μονωτήρες στα επίτονα.



Εικόνα 10: Στύλοι Δ.Ε.Η.

3.4 Μέσα προστασίας – Όρια ασφαλείας

Μέσα προστασίας ενός υποσταθμού είναι οι ασφάλειες και επιλέγονται κάθε φορά ανάλογα με την ισχύ του. Ο ρόλος των ασφαλειών είναι να αποτελούν τα κυρίως όργανα προστασίας από τις υπερεντάσεις και υπερφορτίσεις. Η ασφάλεια χρησιμοποιείται εκεί γιατί είναι ένα πολύ οικονομικό όργανο προστασίας, αλλά και οι αγωγοί έχουν μεγάλα περιθώρια υπερφορτίσεως χωρίς ουσιαστική βλάβη στις μονώσεις τους.

3.4.1 Μέσα προστασίας Μέσης Τάσης

Τα συνηθέστερα μέσα ζεύξης και προστασίας σε υποσταθμούς μέσης τάσης είναι:

- Διακόπτες ισχύος.
- Διακόπτες φορτίου.
- Αποζεύκτες.
- Γειωτές.
- Ασφάλειες.

Οι στόχοι ενός μέσου προστασίας είναι:

- Να εξασφαλίζει την προστασία του προσωπικού από επικίνδυνες τάσεις επαφής.
- Να προλάβει την καταστροφή του εξοπλισμού.
- Να περιορίσει τις θερμικές, διηλεκτρικές και μηχανικές καταπονήσεις του εξοπλισμού.
- Να διατηρήσει την ευστάθεια και την αδιάκοπη παροχή ενέργειας στο σύστημα.

Τα όργανα προστασίας λειτουργούν σε δύο περιοχές: προστασία βραχυκύκλωσης και προστασία υπερφόρτισης. Στόχος της προστασίας βραχυκύκλωσης είναι να περιορίσει τα επικίνδυνα φαινόμενα του βραχυκυκλώματος στο ελάχιστο, να ανιχνεύσει και να διακόψει το βραχυκύκλωμα σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Στόχος της προστασίας υπερφόρτισης είναι να επιτρέπει τις φυσιολογικές υπερφορτίσεις και να ενεργοποιείται πριν περάσει ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος υπερφόρτισης.

3.4.1.1 Διακόπτες Ισχύος

Οι διακόπτες ισχύος ανοίγουν ή κλείνουν κυκλώματα τόσο σε κανονικές συνθήκες όσο και σε βραχυκυκλώματα. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται στην προστασία κατά των βραχυκυκλωμάτων. Παρέχουν πλήρη και ικανοποιητική προστασία έναντι υπερφόρτισης, βραχυκύκλωσης καθώς και υποτάσεων.

Οι διακόπτες ισχύος διακρίνονται ανάλογα με το μέσο σβέσης του τόξου που χρησιμοποιούν σε:

- Διακόπτες πτωχού ελαίου.
- Διακόπτες κενού.
- Διακόπτες εξαφθοριούχου θείου (SF₆).

Η επιλογή τους γίνεται με βάση τις προδιαγραφές που εμείς θέτουμε, οι κυριότερες των οποίων είναι:

- ο Ονομαστική τάση.
- ο Ονομαστικό ρεύμα.
- ο Ονομαστικό ρεύμα απόξευξης σε βραχυκύκλωμα.
- ο Τρόπος λειτουργίας (τοπικά ή με τηλεχειρισμό).

Χαρακτηριστικά μεγέθη των διακοπών ισχύος είναι:

- Ονομαστική τάση (rated voltage) συνήθως 24 KV.
- Ονομαστικό ρεύμα (rated current) συνήθως 630 A.
- Ονομαστικό ρεύμα ζεύξης σε βραχυκύκλωμα συνήθως 20 KA.
- Ονομαστική διάρκεια βραχυκυκλώματος συνήθως 3 sec.
- Ονομαστικό ρεύμα απόξευξης υπό ορισμένο συντελεστή ισχύος συνήθως 8 έως 20 KA για $\cos\phi=0,7$ επαγωγικό.
- Ισχύς απόξευξης συνήθως 350 έως 560 MVA.
- Αντοχή επαφών σε χειρισμούς στο ονομαστικό ρεύμα συνήθως 500 φορές.
- Αντοχή σε εναλλασσόμενη τάση συνήθως 50 KV για 1 min και 125 KV από πόλο σε πόλο και από πόλο προς γη.

3.4.1.2 Διακόπτες φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου είναι κατάλληλοι για ζεύξη - απόξευξη ρευμάτων μέχρι το ονομαστικό τους ρεύμα. Επίσης μπορούν να φέρουν ασφάλειες και γειωτή. Οι διακόπτες φορτίου αν δεν έχουν ορατές επαφές πρέπει να συνοδεύονται από αποζεύκτες προς την πλευρά του δικτύου. Συνήθως υπάρχουν στο εμπόριο σαν συνδυασμένη μονάδα.

Χαρακτηριστικά των διακοπών φορτίου είναι:

- Ονομαστική τάση.
- Ονομαστική ένταση.
- Ένταση διακοπής. Είναι η ένταση φορτίου που μπορεί να διακοπεί σε ορισμένο συντελεστή ισχύος και αριθμό κύκλων.
- Ένταση διακοπής ρευμάτων μαγνήτισης M/Σ.
- Ένταση ζεύξης. Είναι η ένταση που διαρρέει το κύκλωμα αμέσως μετά τη ζεύξη.
- Ένταση διακοπής χωρητικού φορτίου.
- Θερμική αντοχή 1 sec. Είναι το ρεύμα που αντέχει ο διακόπτης για χρόνο 1 sec.

- Ηλεκτροδυναμική αντοχή. Για μικρό αριθμό χειρισμού 500 φορές χρησιμοποιούνται διακόπτες φορτίου με αέρα ή μονωτικά τοιχώματα για τη σβέση του τόξου. Για μεγαλύτερο αριθμό χειρισμού χρησιμοποιούνται διακόπτες κενού ή εξαφθοριούχου θείου (SF6). Σε ζεύξεις κινητήρων υψηλής τάσης (high voltage constractors) με πολλούς κύκλους λειτουργίας το μέσο σβέσης του τόξου είναι το κενό ή το SF6. Οι διακόπτες φορτίου χειρίζονται χειροκίνητα ή με πηνίο εργασίας και σύστημα μοχλίσκων.

3.4.1.3 Αποζεύκτες

Οι αποζεύκτες προσφέρουν μια οπτική αναγνώριση της απόζευξης του δικτύου και δεν έχουν την ικανότητα ζεύξης - απόζευξης υπό φορτίο. Αποτελούνται από 3 μαχαίρια συνδεδεμένα με ένα κινητήριο μοχλό χειρισμού. Πρέπει να χειρίζονται χωρίς ρεύμα ή τάση στα άκρα τους. Τους χρησιμοποιούμε για να δημιουργήσουμε ορατές επαφές και να απομονώσουμε σίγουρα ένα κύκλωμα, για να γίνουν εργασίες. Σε κλειστή κατάσταση πρέπει να αντέχουν στα ρεύματα ασφαλιών και σε ανοικτή τις υπερτάσεις της εγκατάστασης. Επειδή δεν πρέπει να χειρίζονται υπό φορτίο, πρέπει να μανδαλώνονται μηχανικά με τους διακόπτες φορτίου ή ισχύος που συνεργάζονται.

Οι αποζεύκτες επιλέγονται με βάση:

- Την ονομαστική ισχύ.
- Το ονομαστικό ρεύμα.
- Την αντοχή σε ρεύμα βραχυκύκλωσης.

Οι αποζεύκτες χειρίζονται συνήθως χειροκίνητα, αλλά μπορεί να είναι και με κινητήρα. Επίσης μπορούν να είναι εξοπλισμένοι με ασφάλειες Μέσης Τάσης (Μ.Τ.). Η σειρά χειρισμών αποζεύκτη και γειωτή είναι: Στην απόζευξη πρώτα ανοίγει ο αποζεύκτης και μετά κλείνει ο γειωτής. Στη ζεύξη πρώτα ανοίγει ο γειωτής και μετά κλείνει ο αποζεύκτης.

3.4.1.4 Γειωτές

Οι γειωτές είναι σύστημα από τρεις πόλους βραχυκυκλωμένους μεταξύ τους και συνδεδεμένους με τη γείωση. Χρησιμοποιούνται για να γειώσουν τη γραμμή που βρίσκεται εκτός τάσης για εργασίες και σκοπό έχουν να προστατέψουν τους εργαζόμενους στη γραμμή από πιθανές τάσεις που θα δημιουργηθούν. Είναι πάντοτε μηχανικά μανδαλωμένοι με τους αποζεύκτες ή τους διακόπτες φορτίου που συνεργάζονται.

3.4.1.5 Ασφάλειες

Σκοπό έχουν τη διακοπή του ρεύματος σε περίπτωση βραχυκυκλώματος και όχι σε υπερφόρτιση. Χρησιμοποιούνται σαν εναλλακτική φθηνή λύση αντί διακοπών ισχύος σε συνδυασμό με διακόπτες φορτίου ή αποζεύκτες. Ανάλογα με την αρχή πάνω στην οποία στηρίζονται διακρίνονται σε ασφάλειες εκτόνωσης και ασφάλειες σκόνης.

3.4.1.6 Κυψέλες Μέσης Τάσης

Τα όργανα ζεύξης και προστασίας, οι αφίξεις και αναχωρήσεις των καλωδίων του πίνακα Μ.Τ. ενός υποσταθμού τοποθετούνται σε μεταλλικά ερμάρια κατάλληλης διάταξης που ονομάζονται κυψέλες Μ.Τ. ή πεδία ή πίνακες Μ.Τ. Οι κυψέλες τοποθετούνται η μία πλάι στην άλλη δημιουργώντας έτσι ένα συγκρότημα. Για να είναι ασφαλής και εργονομική μια κυψέλη πρέπει:

- Να γίνονται χειρισμοί απ' έξω χωρίς κίνδυνο για το χειριστή.
- Σε σφάλματα, το τόξο να περιορίζεται μόνο σε αυτό το χώρο και να υπάρχει δυνατότητα εκτόνωσης των αερίων.
- Να υπάρχει αρκετός χώρος για εργασίες.
- Να έχουν μηχανική αντοχή και σχετικά εύκολη πρόσβαση.

Γι' αυτούς τους λόγους οι κυψέλες είναι κατασκευασμένες από χαλύβδινη λαμαρίνα πάχους συνήθως 2,5 ή 3 mm με πλαίσια από χαλύβδινο έλασμα. Είναι κλειστές από όλες τις πλευρές. Υπάρχει πόρτα στο εμπρός μέρος και στο πάνω μέρος της υπάρχει θυρίδα από διαφανές υλικό για την επίβλεψη του εσωτερικού της. Οι διαστάσεις των κυψελών εξαρτώνται από τις διαστάσεις των υλικών που θα φιλοξενήσουν και τις ελάχιστες αποστάσεις για μόνωση που πρέπει να πληρούν. Συνήθως για τάση 20 KV έχουν πλάτος 1,00 – 1,20 m, βάθος 1,2 m και ύψος 2,00 - 2,50m. Στο εμπρός μέρος της κυψέλης, πρέπει να υπάρχει το μονογραμμικό διάγραμμα των υλικών που περιέχει. Όταν υπάρχει μανδάλωση μεταξύ δύο συσκευών θα πρέπει να υπάρχει η σειρά χειρισμών που πρέπει να γίνονται.



Εικόνα 11: Κυψέλες μέσης τάσης με περιστροφικό διακόπτη

3.4.1.7 Ακροκιβώτια Μέσης Τάσης

Σκοπός των ακροκιβωτίων είναι να δώσουν ηλεκτρική αντοχή στην άκρη του καλωδίου και να απαγορεύσουν την είσοδο υγρασίας στο καλώδιο. Τα ακροκιβώτια διακρίνονται σε εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Τα εσωτερικού χώρου είναι από ελαστικό σιλικόνης ή από ρητίνες. Τα εξωτερικού χώρου είναι από πορσελάνη ή ρητίνες και σπανιότερα από ελαστικό σιλικόνης. Είναι πιο ακριβά από αυτά του εσωτερικού χώρου και απαιτούν λίγο προσοχή κατά τη διάρκεια της προσαρμογής τους.

3.4.1.8 Μονωτήρες

Μονωτήρες υπάρχουν στήριξης και διέλευσης (διαπεραστήρες). Αυτοί που χρησιμοποιούνται στους υποσταθμούς μέσης τάσης είναι εσωτερικού χώρου και κατασκευασμένοι από εποξειδική ρητίνη. Η Δ.Ε.Η. χρησιμοποιεί στα εναέρια δίκτυα της συνήθως μονωτήρες πορσελάνης εξωτερικού χώρου.

Σκοπός των μονωτήρων στήριξης είναι να μονώσουν και να στερεώσουν τα τμήματα μεταφοράς της τάσης έναντι της γης που είναι συνήθως οι ζυγοί.

3.4.1.9 Ζυγοί

Οι ζυγοί είναι χάλκινες μπάρες ορθογωνικής διατομής που σκοπό έχουν να οδηγήσουν την τάση από τον γενικό διακόπτη στους επιμέρους διακόπτες ή εξαρτήματα. Από τους ζυγούς με χάλκινες μπάρες ή καλώδια τροφοδοτούνται τα υπόλοιπα κυκλώματα. Οι ζυγοί στη μέση τάση χρησιμοποιούνται συνήθως σε παραλληλισμό μετασχηματιστών για να τροφοδοτήσουν τους μερικούς διακόπτες του κάθε μετασχηματιστή, ενώ στη χαμηλή τάση τροφοδοτούν τους γενικούς διακόπτες του κάθε κυκλώματος.

3.4.1.10 Αλεξικέραυνα

Τα αλεξικέραυνα (απαγωγείς τάσης) είναι διατάξεις προστασίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης από κρουστικές υπερτάσεις, που εμφανίζονται κυρίως όταν πέσει κεραυνός επάνω ή πολύ κοντά στα εναέρια δίκτυα. Η στάθμη των υπερτάσεων προσδιορίζεται από την αντοχή της μόνωσης των επιμέρους στοιχείων του δικτύου, που καλούνται να προστατέψουν.

Ο απαγωγέας χαρακτηρίζεται σε κανονικές συνθήκες από μια πολύ υψηλή μη γραμμική αντίσταση μεταξύ των άκρων του, 10 Ω περίπου. Όταν ένα κρουστικό κύμα υπερβεί την τάση αποκρίσεως (διασπάσεως) του απαγωγέα, η διάταξη βραχυκυκλώνει τα άκρα της σε χρόνο της τάξης nanosec και παραμένει έτσι μέχρι η τάση του δικτύου επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα και τότε επανέρχεται στη φυσιολογική του κατάσταση. Ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται

για την κατασκευή αυτής της αντίστασης, οι απαγωγείς χωρίζονται σε ανθρακούχου πυριτίου και μεταλλικών οξειδίων.

Ανάλογα με την τάση του δικτύου που προστατεύουν χωρίζονται σε:

- Δευτερεύοντες απαγωγείς για τάσεις λειτουργίας μέχρι 1 KV.
- Απαγωγείς διανομής για την διανομή μέσης τάσης μέχρι 37 KV.
- Απαγωγείς μεσαίας κλάσης για τάσεις λειτουργίας μέχρι 144 KV.
- Απαγωγείς σταθμού για εγκαταστάσεις μεταφοράς και τάσεις λειτουργίας μέχρι 468 KV.
-

Κύρια χαρακτηριστικά μεγέθη των απαγωγέων τάσης είναι:

- Ονομαστική τάση ή διαφορετικά τάση σβέσης. Είναι η τάση στην οποία απενεργοποιούνται με βεβαιότητα οι απαγωγείς. Καθορίζεται από την ονομαστική τάση της γραμμής που πρόκειται να προστατεύσει με απόκλιση $\pm 15\%$. Για δίκτυα τάσης 20 KV εκλέγεται ονομαστική τάση απαγωγέα 24 KV.
- Ονομαστικό κρουστικό ρεύμα ή μέγιστο ρεύμα εκφορτίσεως. Είναι η κορυφή του κρουστικού ρεύματος που διέρχεται διαμέσου του απαγωγέα χωρίς αυτός να καταστραφεί. Για τη μέση τάση είναι 5 KA ενώ για πολύ κεραυνόπληκτες περιοχές (πάνω από 20 κεραυνούς το χρόνο ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο) εκλέγεται 10 KA. Το μέγεθος αυτό μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή του κρουστικού κύματος.
- Παραμένουσα τάση. Είναι η τάση που εφαρμόζεται όταν περνά το κρουστικό ρεύμα και δίνεται συνήθως για ονομαστικό κρουστικό ρεύμα.
- Ελάχιστη διάρκεια ζωής. Είναι το πλήθος διελεύσεων ενός καθορισμένου μεγέθους ρεύματος εκφορτίσεως μορφής 8/10 μsec που διαπερνά τον απαγωγέα χωρίς να καταστραφεί.

Οι απαγωγείς τάσεως συνδέονται μεταξύ φάσεων και γης. Τοποθετείται ένας για κάθε φάση κοντά στον μετασχηματιστή σε απόσταση μικρότερη από 20 μέτρα ή μέσα στο κτήριο του υποσταθμού. Όταν καταστραφούν οι αντιστάσεις του απαγωγέα, λόγω της θερμότητας από τη διέλευση του κρουστικού ρεύματος, δημιουργούνται αέρια υπό πίεση. Οι απαγωγείς έχουν σύστημα ανακούφισης από την πίεση και έχουν ορατή ένδειξη όταν καταστραφεί ο απαγωγέας ώστε να αντικατασταθεί.

3.4.1.11 Μετασχηματιστές Μέτρησης

Χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές για να χωρίσουν γαλβανικά και να μονώσουν τα όργανα μέτρησης. Επειδή τα ονομαστικά μεγέθη είναι μεγάλα χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές για να ληφθούν μικρές τιμές για τα όργανα μέτρησης και προστασίας. Τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν είναι η τάση και η ένταση, και γι αυτόν τον λόγο έχουμε μετασχηματιστές τάσης και έντασης.

Οι μετασχηματιστές τάσης, είναι μετασχηματιστές μικρής ισχύος κατάλληλοι μόνο για να υποβιβάζουν κατά ένα γνωστό λόγο την τάση που θέλουμε να μετρήσουμε.

Οι μετασχηματιστές έντασης, είναι κατασκευασμένοι με ξηρή μόνωση από εποξειδικές ρητίνες. Τους χρησιμοποιεί η Δ.Ε.Η. για τους μετρητές ενέργειας και ισχύος, ενώ από πλευράς καταναλωτή χρησιμοποιούνται για τους ηλεκτρονόμους (ΗΝ) προστασίας και για μέτρηση.

3.4.1.12 Μετασχηματιστής Ισχύος

Μετασχηματιστές ισχύος είναι μια ηλεκτρική μηχανή χωρίς κινούμενα μέρη που μπορεί να μεταβιβάσει σημαντικές ισχύς από μια τιμή τάσης σε μια άλλη μεγαλύτερη (μετασχηματιστής ανύψωσης) ή μικρότερη (μετασχηματιστής υποβιβασμού). Ανάλογα με τον τρόπο ψύξης οι μετασχηματιστές ισχύος χωρίζονται σε μετασχηματιστές λαδιού και ξηρούς μετασχηματιστές.



Εικόνα 12: Μετασχηματιστής λαδιού

3.4.2 Μέσα Προστασίας Χαμηλής Τάσης

Ως μέσα προστασίας στην χαμηλή τάση χρησιμοποιούνται οι διακόπτες ισχύος, οι διακόπτες φορτίου και οι ασφαλειοαποζεύκτες έτσι ώστε να είναι ασφαλές η γραμμή διανομής.

3.4.2.1 Διακόπτες Ισχύος

Στους υποσταθμούς το συνηθέστερο μέσο προστασίας στη χαμηλή τάση είναι οι διακόπτες ισχύος οι οποίοι ονομάζονται και αυτόματοι. Χρησιμοποιούνται για προστασία από βραχυκύκλωμα, υπερφόρτιση και σαν γενικό μέσο ζεύξης. Κατασκευάζονται για εντάσεις από 20 έως 5000 A.

Εκτός από τις κύριες επαφές έχουν θερμικό στοιχείο για υπερφόρτιση, ηλεκτρομαγνητικό για βραχυκύκλωμα, στοιχείο έλλειψης τάσης, βοηθητικές επαφές σήμανσης και μανδάλωσης και στοιχεία καθυστέρησης της πτώσης. Οι κύριες επαφές λειτουργούν με ελατήριο, το οποίο χρειάζεται να οπλιστεί μετά την πτώση. Ο οπλισμός γίνεται είτε χειροκίνητα με κουμπί ή μοχλό είτε με κινητήρα.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος είναι:

- Η τάση.
- Ονομαστικό συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα.
- Το μέγιστο επιτρεπτό ρεύμα απόζευξης, που είναι το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να αποζεύξει ο διακόπτης σε βραχυκύκλωμα. Μερικές φορές δίνεται και η ισχύς απόζευξης.
- Το θερμικό ρεύμα είναι η αντοχή των επαφών τού για 1 sec.
- Η περιοχή ρύθμισης του θερμικού στοιχείου.
- Η περιοχή ρύθμισης του ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου.
- Η περιοχή ρύθμισης του ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου καθυστέρησης.
- Το ρελαί έλλειψης τάσης και η ρύθμιση του (αν υπάρχει).
- Το ρελαί υπέρτασης και η ρύθμιση του (αν υπάρχει).
- Τον μηχανισμό οπλισμού με κινητήρα (αν υπάρχει) και τάση λειτουργίας κινητήρα.
- Τις βοηθητικές επαφές για σήμανση και μανδάλωση.
- Το σύστημα ψύξης επαφών με ανεμιστήρα που υπάρχει κυρίως σε μεγάλους διακόπτες.
- Μερικοί διακόπτες μπορεί να απαιτούν βοηθητικές τάσεις 48 V ή 110 V, που πρέπει να προέρχονται από σύστημα αδιάλειπτης παροχής.



Εικόνα 13: Διακόπτης ισχύος

Οι επαφές ισχύος είναι κατασκευασμένες από κράμα χαλκού, ορείχαλκου και ασήμι. Ο διακόπτης μπορεί να τοποθετείται στέρα στον πίνακα της Χ.Τ. ή να είναι σε κυλιόμενο φορείο (συρταρωτός) για καλύτερη συντήρηση.

Σήμερα, με την πρόοδο της τεχνολογίας, υπάρχουν διακόπτες σε πολύ μικρό μέγεθος, σε σχέση με το ονομαστικό τους ρεύμα, και η θέση τοποθέτησης πρακτικά μπορεί να είναι οποιαδήποτε (κατακόρυφη, οριζόντια, κάθετη ή πλάγια).

Το θερμικό στοιχείο είναι ηλεκτρονικό (και όχι διμεταλλικό) με ψηφιακή επεξεργασία του σήματος. Αποτέλεσμα είναι η μεγάλη ακρίβεια που δεν αλλοιώνεται με το χρόνο. Τα θερμικά δεν παρουσιάζουν ευαισθησία σε μεγάλες αιχμές του ρεύματος ενώ η τροφοδοσία τους γίνεται μέσω μετασηματιστή οπότε δεν χρειάζονται βοηθητική τάση. Διατίθενται με τρεις ή τέσσερις πόλους, ώστε να συνδυάζονται με λειτουργία ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους. Επίσης διατίθενται διακόπτες με προστασία σφαλμάτων προς γη με ή χωρίς μανδάλωση καθώς και με οθόνη όπου εμφανίζονται μετρήσεις της τάσης, της συχνότητας, της ισχύος, του συντελεστή ισχύος και της ενέργειας.

3.4.2.2 Διακόπτες Φορτίου

Χρησιμοποιούνται σαν γενικό μέσο απόζευξης. Δεν έχουν προστασία για βραχυκύκλωμα και υπερφόρτιση γι' αυτό τοποθετούνται πάντα σε συνδυασμό με μαχαιρωτές ασφάλειες. Έχουν δυνατά ελατήρια ώστε να γίνεται ακαριαία η ζεύξη ή η διακοπή ανεξάρτητα από την ταχύτητα χειρισμού. Είναι μαχαιρωτοί διακόπτες και μπορεί να έχουν ορατό έλεγχο απόζευξης των επαφών. Η διακοπή πραγματοποιείται μέσα σε θαλάμους σβέσης του τόξου με ελάσματα αποϊονισμού, όπου υπάρχουν δύο σε κάθε φάση. Οι επαφές είναι από επάργυρο χαλκό και το πλαίσιο από πολυεστέρα και υαλοβάμβακα μεγάλης μηχανικής αντοχής και έχει αντοχή στο βολταϊκό τόξο. Στερεώνονται σε ράγα ή στην πλάτη του πίνακα.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι:

- Η τάση μόνωσης.
- Το ονομαστικό ρεύμα.
- Η συχνότητα διακοπής.
- Η διάρκεια ζωής.

Οι διακόπτες φορτίου που κυκλοφορούν σήμερα κατασκευάζονται για ονομαστικό ρεύμα μέχρι 800 ή 1000 A.

3.4.2.3 Ασφαλειοαποζεύκτες

Είναι διατάξεις ασφαλειών που παρέχουν εκτός από προστασία και ευχέρεια διακοπής υπό φορτίο. Στο κινητό μέρος με τη βοήθεια ελατηρίων είναι τα φυσίγγια, υπάρχει θυρίδα ελέγχου για να μπορεί να ελεγχθεί το φυσίγγιο χωρίς διακοπή του κυκλώματος. Έχουν θαλάμους σβέσης του τόξου και βοηθητικές επαφές που προφυλάσσουν τις κύριες από φθορά κατά την εκτέλεση χειρισμών υπό φορτίο.



Εικόνα 14: Ασφαλειοαποζεύκτης

3.4.2.4 Καλώδια Ενέργειας Χαμηλής Τάσης

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν την χαμηλή τάση του Μ/Σ με τον γενικό διακόπτη του πίνακα χαμηλής τάσης είναι τετραπολικά συνήθως αλλά για μεγάλες εντάσεις χρησιμοποιούνται τέσσερα μονοπολικά.

Οι αγωγοί των καλωδίων είναι χάλκινοι πολύκλωνοι κυκλικής μορφής, στα μονοπολικά, ή μορφής κυκλικού τομέα στα τετραπολικά. Η μόνωση των αγωγών είναι συνήθως θερμοπλαστική ύλη PVC. Έχουν εσωτερική επένδυση από ελαστικό ή από θερμοπλαστική ύλη PVC ελικοειδώς τυλιγμένη με επικάλυψη. Η εξωτερική τους επένδυση είναι θερμοπλαστική ύλη PVC. Συναντώνται επίσης καλώδια με μόνωση του αγωγού από εμποτισμένο χαρτί, ενίσχυση μολύβδου και μεταλλικό εξωτερικό περίβλημα. Τα καλώδια κατασκευάζονται για ονομαστική τάση 600/1000 V.

3.4.2.5 Μετασχηματιστές Έντασης

Είναι κυκλικοί με διάφορες διαμέτρους για χρήση σε καλώδια ή παραλληλόγραμμοι για χρήση σε μπάρες. Κατασκευάζονται σε τοροειδή πυρήνα με στερεά μόνωση από εποξειδικές ρητίνες. Χρησιμοποιούνται για μέτρηση ή για τη λειτουργία ρελαί διαρροής (αν υπάρχει).



Εικόνα 15: Μετασχηματιστής έντασης HAGER

3.5 Υποσταθμοί

Η διαμόρφωση του χώρου του υποσταθμού εξαρτάται από τον τύπο της παροχής μέσης τάσης καθώς και από τις δυνατότητες του χώρου σε σχέση με ολόκληρο το κτηριακό σύστημα. Στο σχεδιασμό του χώρου πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

1. Ο απαραίτητος χώρος για το μετασχηματιστή.
2. Ο απαιτούμενος χώρος για την εγκατάσταση και χειρισμό των μέσων προστασίας και απόζευξης του καταναλωτή.
3. Η διέλευση και προστασία των καλωδίων μέσης τάσης τόσο του καταναλωτή όσο και της Δ.Ε.Η.
4. Ο απαραίτητος χώρος που διατίθεται στη Δ.Ε.Η. (για παροχές τύπου Β). Η διαμόρφωση γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις και οδηγίες της.
5. Ο ελάχιστος χώρος προσπέλασης τόσο ατόμων όσο και υλικών που θα εγκατασταθούν.
6. Η δυνατότητα της Δ.Ε.Η. να κλειδώσει τις δικές της εγκαταστάσεις καθώς και την ελεύθερη προσπέλαση των τεχνικών της, χωρίς την παρουσία του καταναλωτή.

Πριν την τελική διαμόρφωση του χώρου πρέπει να έρθει σε επαφή ο καταναλωτής με τη Δ.Ε.Η. για να καθοριστούν βασικά στοιχεία όπως η θέση τοποθέτησης του σύλου τροφοδοσίας για παροχή τύπου Α ή ο απαραίτητος χώρος για την παροχή τύπου Β και το σημείο διέλευσης του καλωδίου τροφοδοσίας. Αφού έχει οριστεί ο τύπος της παροχής και ο τρόπος διέλευσης των καλωδίων, το μέγεθος του ή των μετασχηματιστών, το είδος της προστασίας και των μέσων απόζευξης προχωρούμε στη διαμόρφωση των χώρων του υποσταθμού.

3.5.1 Κατασκευή του χώρου του Υ/Σ

Ο Υ/Σ μπορεί να εγκατασταθεί σε ξεχωριστό χώρο ή στο ισόγειο ή υπόγειο του κτηρίου με είσοδο εύκολης πρόσβασης. Η οροφή πρέπει να είναι απόλυτα στεγανή και οι εξωτερικοί τοίχοι του Υ/Σ πρέπει να είναι επιχρισμένοι με τσιμεντοκονία ή μαρμαροκονία.

Όλες οι κτηριακές κατασκευές πρέπει να είναι από άκαυστο υλικό. Οι πόρτες εισόδου πρέπει να έχουν καλή εφαρμογή, να ανοίγουν προς τα έξω και να είναι κατασκευασμένες από λαμαρίνα πάχους τουλάχιστον 1,5mm.

Δεν πρέπει να περνάνε από το χώρο του Υ/Σ σωλήνες ή αγωγοί ξένοι προς τον Υ/Σ και δεν πρέπει να αποθηκεύονται στο χώρο υλικά μη σχετικά με τον Υ/Σ. Δεν πρέπει να αποθηκεύονται ή να συσσωρεύονται κοντά στο χώρο του Υ/Σ εύφλεκτες ύλες.

Η εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση φωτισμού πρέπει να είναι επαρκής και σύμφωνα με τους κανονισμούς. Τα ενδοδαπέδια κανάλια των καλωδίων πρέπει να καλύπτονται με ενισχυμένη λαμαρίνα, στηριγμένη σε σιδερογωνιές, ώστε να μην παραμορφώνεται από την διακίνηση βάρους και να μην μπορεί να ανοίξει χωρίς την επέμβαση κάποιου ατόμου.

Σε βάθος 5cm από την τελική επιφάνεια του δαπέδου πρέπει να υπάρχει δομικό πλέγμα από συγκολλημένα σίδερα τουλάχιστον 4mm διαμέτρου και τα ανοίγματα του πλέγματος να είναι

μικρότερα από 30cm. Σε περισσότερα από τέσσερα σημεία και σε συμμετρικές αποστάσεις στη συμβολή του δαπέδου και του τοίχου πρέπει να εξέρχεται σύρμα ή λάμα πάχους 3mm από το σώμα του πλέγματος και με ελάχιστο μήκος 50cm.

Όλες οι μεταλλικές κατασκευές πρέπει να βάφονται με μίνιο ή αντισκωριακό και χρώμα. Η βαφή πρέπει να επαναλαμβάνεται όταν χρειάζεται.

3.5.2 Ο χώρος της Δ.Ε.Η.

Ο χώρος αυτός παραχωρείται στη ΔΕΗ από το καταναλωτή και διαμορφώνεται από αυτόν σύμφωνα με σχέδια και οδηγίες της ΔΕΗ. Στο χώρο αυτό τοποθετούνται οι κυψέλες ζεύξεως και προστασίας καθώς και τα όργανα μέτρησης. Ο χώρος αυτός χρειάζεται μόνο για τις παροχές τύπου Β και οι διαστάσεις του είναι ανάλογες με τις κυψέλες που θα τοποθετηθούν.

Εκτός από τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά για τον Υ/Σ επιπλέον πρέπει να δωθεί προσοχή στα παρακάτω στοιχεία:

- Η οροφή πρέπει να είναι τελείως στεγανή και πρέπει να αποφεύγονται στηρίξεις ή κρεμάσματα από αυτήν.
- Από τον δρόμο μέχρι τον χώρο της ΔΕΗ πρέπει να υπάρχει διάδρομος προσπελάσιμος πλάτους 1,7m και ύψους 2,8m τουλάχιστον.
- Η πόρτα πρέπει να είναι από λαμαρίνα πάχους 1,5mm τουλάχιστον.
- Στο χώρο δεν πρέπει να υπάρχουν παράθυρα ή οποιαδήποτε άλλα ανοίγματα.
- Σύμφωνα με οδηγίες της Δ.Ε.Η. πρέπει να τοποθετηθούν σωλήνες για την διέλευση των καλωδίων Μ.Τ. και θα πρέπει να είναι στεγανές.
- Πρέπει να εξασφαλισθεί ο τρόπος στήριξης των πεδίων και των οποιωνδήποτε οργάνων της Δ.Ε.Η.
- Η συντήρηση του χώρου γίνεται με μέριμνα και δαπάνη του καταναλωτή.

3.5.3 Χώρος Μετασηματιστή

Για τη διαμόρφωση του χώρου του Μ/Σ πρέπει να έχουμε καθορίσει την ισχύ του και κατά συνέπεια το μέγεθος του, καθώς και αν είναι ξηρού τύπου ή λαδιού.

Το μήκος και το πλάτος του χώρου πρέπει να είναι τέτοιο, ώστε να υπάρχει διάδρομος γύρω από τον Μ/Σ πλάτους τουλάχιστον 0,7m. Αν υπάρχει δυνατότητα είναι προτιμότερο ο διάδρομος να είναι μεγαλύτερος ώστε να επιτρέπει την ασφαλή είσοδο ατόμων για οπτικό έλεγχο. Το ύψος πρέπει να είναι τουλάχιστο 0,5m πάνω από το μέγιστο ύψος του Μ/Σ. Συνιστάται να είναι το μεγαλύτερο δυνατό για την καλύτερη ψύξη του Μ/Σ. Ο μετασηματιστής πατάει πάνω σε σιδηροτροχιές κύλισης με κατάλληλο οδηγό ώστε να αποκλείεται η εκτροχίαση του.

3.5.4 Υπόγειος Υ/Σ

Στη περίπτωση υπόγειου Υ/Σ πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα για τον επαρκή αερισμό του και την προστασία από εισοδο νερού. Ο αερισμός γίνεται συνήθως με σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας του αέρα με αεραγωγούς. Η προστασία από την εισοδο νερού συνήθως πραγματοποιείται με στεγανοποίηση των τοίχων του δαπέδου και της οροφής, με κατασκευή δικτύου αποστράγγισης και τη τοποθέτηση αντλίας ακαθάρτων με διακόπτη στάθμης σε φρεάτιο. Συνιστάται να υπάρχει και δεύτερη αντλία με το διακόπτη στάθμης ρυθμισμένο λίγο υψηλότερα από την πρώτη, ώστε σε περίπτωση που δε λειτουργήσει η μία να λειτουργήσει η εφεδρική. Το μέγεθος από πλευράς παροχής και μονομετρικού ύψους καθορίζεται έτσι ώστε να υπερκαλύπτει τις ανάγκες σε άντληση.

3.5.5 Προκατασκευασμένοι Υ/Σ

Εδώ και αρκετό καιρό έχουν εξαπλωθεί στον τομέα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας οι Υ/Σ προκατασκευασμένου τύπου. Ο υποσταθμός είναι κατασκευασμένος στο εργοστάσιο και στο σημείο τοποθέτησης γίνονται μόνο οι ηλεκτρικές συνδέσεις εισόδου και εξόδου. Η διεθνής ηλεκτροτεχνική Επιτροπή εξέδωσε το 1995 την IEC 1330 (προκατασκευασμένοι υποσταθμοί μετασχηματισμού Μ.Τ./Χ.Τ.) η οποία στη συνέχεια υιοθετήθηκε από την Nanosec με τον κανονισμό EN 61330. Έτσι ο προκατασκευασμένος Υ/Σ παρουσιάζεται σαν βιομηχανικό προϊόν σειράς και με ευθύνη του κατασκευαστή γίνονται οι δοκιμές, δηλώνονται τα ονομαστικά στοιχεία και δίνεται κάθε πληροφορία για τη μεταφορά, την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση.

Η IEC 1330 θέτει μερικές συνθήκες για την εφαρμογής της:

- Ισχύ Μ/Σ μέχρι 1600 KVA.
- Μέση τάση εισόδου μικρότερη από 52 KV.
- Συνδέσεις στον Υ/Σ μόνο με καλώδια.
- Οι χειρισμοί μπορούν να γίνουν όλοι από το εξωτερικό ή από το εσωτερικό χώρο του Μ/Σ.
- Δεν υπάρχουν περιορισμοί στον χώρο της εγκατάστασης, αρκεί μόνο να γίνεται σε εξωτερικό χώρο.
- Η τοποθέτηση μπορεί να γίνει στο έδαφος ή υπόγεια.
- Ο βαθμός προστασίας δεν είναι μικρότερος από IP23 με όλα τα ανοίγματα κλειστά.
- Το περίβλημα κατασκευάζεται από σκυρόδεμα ή μεταλλικό σκελετό, ενώ οι συσκευές είναι με μόνωση εξαφθοριούχου θείου (SF6).

Ανάλογα με τον τρόπο πρόσβασης οι προκατασκευασμένοι Υ/Σ διακρίνονται:

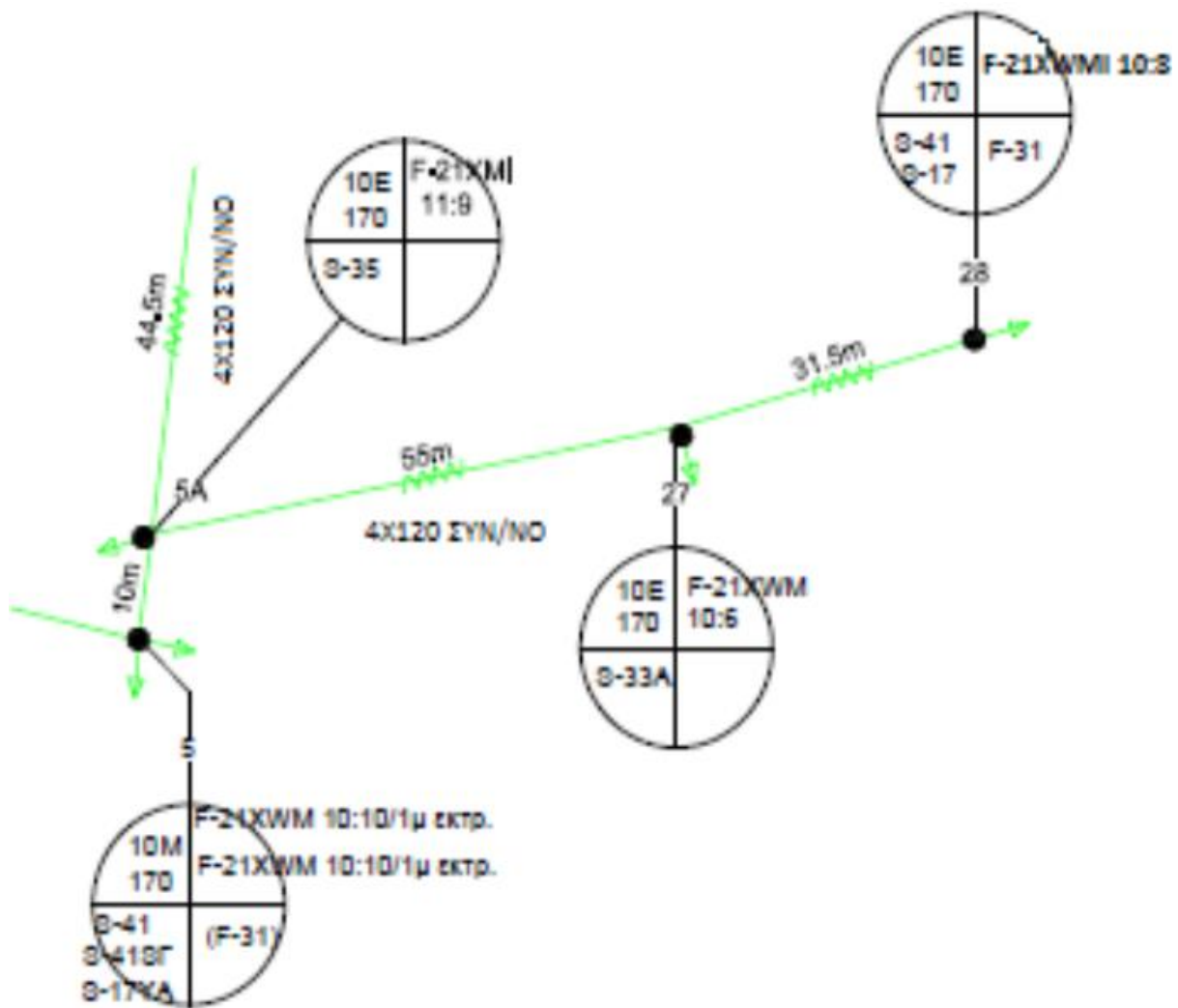
- Τύπου Α, όταν οι επεμβάσεις στις συσκευές γίνονται από το εξωτερικό με το άνοιγμα των θυρών. Η ισχύς του Μ/Σ δεν ξεπερνά τα 630 KVA.

- Τύπου Β, όταν οι χειρισμοί γίνονται μόνο από το εσωτερικό του Μ/Σ. Οι διαστάσεις του τύπου Β είναι μεγαλύτερες από τις διαστάσεις του τύπου Α. Ενδεικτικά οι διαστάσεις ενός προκατασκευασμένου Υ/Σ είναι 2,5 x 4 x 2,6m (τύπος Βox) και 2,5 x 2,1 x 2,6m (τύπος mini Βox). Η ΔΕΗ από το 1996 έχει εγκαταστήσει δοκιμαστικά περίπου 40 Υ/Σ συνεπτυγμένου τύπου, με διαστάσεις πολύ μικρότερες και καλύτερη αισθητική από τους προκατασκευασμένους Υ/Σ.



Εικόνα 16: Υπαίθριος Υποσταθμός μέσης τάσης

3.6 Σχέδιο Γραμμής Χαμηλής Τάσης



Σχέδιο 1: Απόσπασμα γραμμής δικτύου χαμηλής τάσης

Το Σχέδιο 1 παρουσιάζει ένα κομμάτι από την γραμμή διανομής στην οποία θα υπολογιστεί η πτώση τάσης. Στο σχήμα αυτό διακρίνονται τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται η γραμμή, δηλαδή η κατασκευή που δένεται το καλώδιο στον στύλο, το ύψος και το βάθος θεμελίωσης του στύλου, αν έχει φωτιστικό σώμα, το είδος του καλωδίου, αν έχει επίτονο ο στύλος και πόσα μέτρα μακριά και προς ποια κατεύθυνση είναι και αν έχει γείωση ή όχι ο στύλος.

Για παράδειγμα το καλώδιο είναι 4x120 συνεστραμμένο και γίνεται αντιληπτό, εκτός από το ότι αναγράφεται, και από την “κυματιστή” γραμμή επάνω στην γραμμή του δικτύου. Ο στύλος Νο 28 είναι ελαφρύς δέκα μέτρα(10 E) και έχει βάθος θεμελίωσης 1.70 μέτρα. Η κατασκευή με την οποία δένεται το καλώδιο ονομάζεται S-41, δηλαδή είναι κομμένο και τερματίζει πάνω στην κολώνα. Με τον κωδικό S-17 δηλώνετε πως υπάρχει φωτιστικό σώμα στον στύλο και νε το F-31 ότι υπάρχει και γείωση. Πάντα οι τερματικοί στύλοι έχουν γείωση, και επίσης γείωση τοποθετείτε εναλλάξ στους στύλους. Το F-21 ΧWMI 10:8 δηλώνει πως ο στύλος έχει επίτονο χαμηλής τάσης(X) χωρίς προφυλακτήρα(W) μεσαίο(M) με αγκύρωση(I), φαίνεται και με το βελάκι, το οποίο είναι στα δέκα μέτρα μακριά από τον στύλο και δύο μέτρα πιο ψηλά από το κάτω μέρος του στύλου.

Ο στύλος Νο 5 είναι μεσαίος δέκα μέτρα (10 M) με βάθος θεμελίωσης 1.70 μέτρα. Έχει φωτιστικό σώμα και γείωση. Οι κατασκευές που πιάνει το συνεστραμμένο καλώδιο είναι η S-41 και η S-41SΓ, η S-41SΓ σημαίνει ότι στον στύλο έχουμε διπλό τέρμα σε γωνία δηλαδή οι αγωγοί έχουν τομή και κάνουν γωνία. Τα επίτονα είναι στα δέκα μέτρα χωρίς υψομετρική διαφορά από τον στύλο αλλά έχουν και τα δύο εκτροπή ένα μέτρο από την ευθεία της γραμμής.

Η ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ

4.1 Πτώση τάσης

Πτώση τάσης είναι η διαφορά τάσης που υπάρχει μεταξύ των τάσεων αναχώρησης και αφίξεως και εκφράζεται ως το ποσοστό της τάσης αφίξεως. Όταν οι αγωγοί μεταφέρουν ρεύμα για την εξυπηρέτηση ενός φορτίου υπάρχει μια πτώση τάσης μεταξύ της αρχής της ηλεκτρικής πηγής του κυκλώματος και του σημείου σύνδεσης οποιασδήποτε ηλεκτρικής συσκευής - φορτίου. Η σωστή λειτουργία ενός φορτίου το οποίο μπορεί να είναι κάποιο μοτέρ ή κύκλωμα φωτισμού κ.λπ. εξαρτάται από την τάση στους ακροδέκτες του, η οποία πρέπει να διατηρείται σε μία τιμή κοντά στην ονομαστική της τιμή, χωρίς μεγάλη διακύμανση.

Οι αγωγοί ενός κυκλώματος έχουν κάποια σύνθετη αντίσταση η οποία μπορεί να είναι χαμηλή δεν θεωρείται όμως αμελητέα. Γι αυτόν τον λόγο είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν - ελεγχθούν οι αγωγοί του κυκλώματος, έτσι ώστε σε πλήρες φορτίο η τάση στο σημείο όπου συνδέεται το φορτίο να κυμαίνεται εντός των ορίων που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία αλλά και απόδοσή του.

Αν για κάποιο λόγο έχουμε μεγάλη πτώση τάσης στη γραμμή τότε το ηλεκτρικό μας φορτίο δεν θα λειτουργεί σωστά διότι θα έχει χαμηλότερη τάση από αυτή που έχει κατασκευαστεί για να δουλεύει με αποτέλεσμα να προκληθούν βλάβες.

Η επιτρεπόμενη πτώση τάσης από τον μετασχηματιστή μέσης τάσης 20 / 0.4 kV μέχρι το ρολόι της Δ.Ε.Η. μπορεί να είναι και $\pm 10\%$ της ονομαστικής τάσης, ενώ από το ρολόι της Δ.Ε.Η. από όπου και ξεκινάει η ηλεκτρική εγκατάσταση μέχρι το σημείο σύνδεσης οποιουδήποτε ηλεκτρικού φορτίου – συσκευής είναι $\pm 4\%$ της ονομαστικής τάσης.

4.2 Μέτρηση πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης μπορεί να υπολογιστεί μαθηματικά αλλά εδώ θα δοθεί μία άλλη διάσταση του υπολογισμού της, βασισμένη στο Ευρωπαϊκό πρότυπο CENELEC HD 60364-6:2007, το οποίο επικυρώθηκε ως Ελληνικό Πρότυπο (ΕΛΟΤ HD 60364-6 <<Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης – Μέρος 6: Έλεγχος προς επαλήθευση>>) στις 22/02/2007 και η έκδοσή του στην Ελληνική γλώσσα εγκρίθηκε στις 18/11/2008.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 αναφέρει και ορίζει την πτώση τάσης σύμφωνα με το άρθρο 525: 525 Πτώση τάσης στις εγκαταστάσεις των καταναλωτών.

525.1 Αν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις αναφορικά με τη λειτουργία των συσκευών ή ενδεχομένως ειδικών διατάξεων προστασίας, συνιστάται στην πράξη, η πτώση τάσης από την αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης μέχρι το σημείο σύνδεσης οποιασδήποτε ηλεκτρικής

συσκευής να μην υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης. Προσωρινές συνθήκες, όπως μεταβατικές τάσεις και μεταβολή τάσης λόγω αντικανονικής λειτουργίας μπορούν να μη λαμβάνονται υπόψη.

Στο Μέρος 6 <<Έλεγχος των Εγκαταστάσεων>> αναφέρει το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 στην παράγραφο 612.9 του άρθρου 612: 612.9 Διαπίστωση της πτώσεως τάσεως (Υπό εκπόνηση).

Γνωρίζοντας ότι το πρότυπο της σειράς HD 384, Ευρωπαϊκά μέσω της CENELEC, έχει αντικατασταθεί από την σειρά προτύπων CENELEC HD 60364 έχει ως αποτέλεσμα να έχει <<εκπονηθεί>> η διαπίστωση της πτώσης τάσης. Το πρότυπο κατά ΕΛΟΤ HD 60364-6 έκδοση Φεβρουαρίου 2007 <<Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χαμηλής τάσης – Μέρος 6: Έλεγχος προς επαλήθευση>> αναφέρεται στον έλεγχο και στην μέτρηση πτώσης τάσης στο άρθρο 31.3.11, ως εξής: 31.3.11 Πτώση τάσης

Εκεί όπου απαιτείται ο έλεγχος της συμμόρφωσης με το Κεφάλαιο 525 του Μέρους 5-52, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες επιλογές:

- Η πτώση τάσης μπορεί να αξιολογηθεί με τη μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος.
- Η πτώση τάσης μπορεί να αξιολογηθεί με χρήση διαγραμμάτων.

4.2.1 Μέτρηση πτώση τάσης με την χρήση οργάνου

Το όργανο που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να έχει την δυνατότητα μέτρησης της πτώσης τάσης μέσω μέτρησης της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος.

Για παράδειγμα, όργανα όπως τα Eurotest XA (MI3105), Eurotest Cos (MI3125B) καθώς και το Eurotest XE (MI3102BT) της Metrel, παρέχουν τη δυνατότητα της εκατοστιαίας μέτρησης της πτώσης τάσης ($\Delta U\%$) μέσω του πεδίου μέτρησης εμπέδησης γραμμής (σύνθετη αντίσταση γραμμής ή Z_{LINE} ή Z_{LN} ή $Z_{ΓΡΑΜΜΗΣ}$).



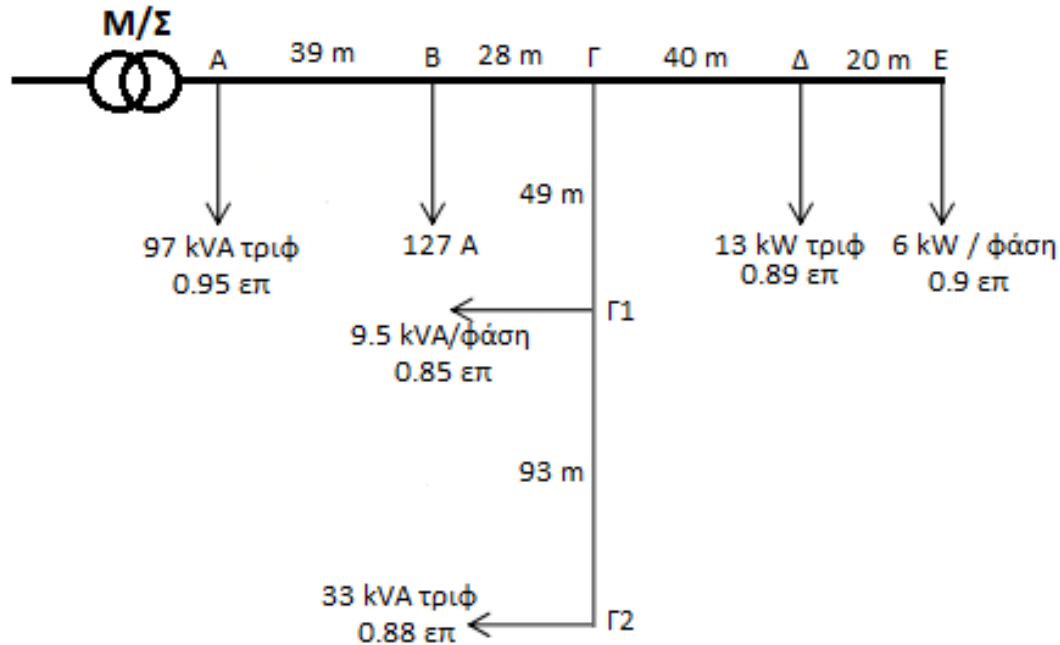
Εικόνα 17: Eurotest XA (MI 3105)

Η πτώση τάσης μίας γραμμής υπολογίζεται από τη σύγκριση δύο μετρήσεων:

1. Με υπολογισμό της τιμής αναφοράς (Z_{ref}) της εμπέδησης (σύνθετη αντίσταση γραμμής) με αρχική μέτρηση στο σημείο τροφοδότησης της προς ελέγχου γραμμής ή κατανάλωσης π.χ. του πίνακα ή της διανομής.
2. Με μέτρηση της εμπέδησης (σύνθετη αντίσταση γραμμής) στο τερματικό σημείο της γραμμής, που χρειάζεται να ελεγχθεί η πτώση τάσης (π.χ. ρευματοδότης – πρίζα) χωρίς φορτίο.

Πραγματοποιώντας τη συγκεκριμένη σειρά μετρήσεων, το όργανο δίνει την τιμή της πτώσης τάσης σε % ποσοστό.

4.2.2 Πρακτικός υπολογισμός



Σχέδιο 2: Μονογραμμικό διάγραμμα υπόγειας γραμμής διανομής χαμηλής τάσης

Στο παραπάνω σχέδιο παρουσιάζετε ένα διάγραμμα μιας υπόγειας γραμμής διανομής χαμηλής τάσης σε μία πόλη η οποία εκκινεί από M/Σ διανομής. Η γραμμή αποτελείται από υπόγειο καλώδιο 3x150 AL + 50 CU XLPE. Δίνεται το είδος των φορτίων αν είναι δηλαδή μονοφασικά ή τριφασικά. Επίσης έχουμε φορτία σε kVA, kW και Amperes και δίνεται το $\cos\phi$ τους πόσο είναι αλλά και τι είδους είναι (επαγωγικό - χωρητικό).

Για να βρεθεί η πτώση τάσης πρέπει πρώτα να υπολογιστεί το ρεύμα όλων των καταναλωτών συναρτήσει της αντίστασης και της επαγωγικής αντίδρασης του αγωγού που χρησιμοποιείτε ανά χιλιόμετρο.

Ο υπολογισμός της πτώσης τάσης γίνεται ως εξής πρακτικά:

- Το ρεύμα στον καταναλωτή E δίνεται σε kW και είναι μονοφασικό με $\cos\phi = 0.9$ επόπε:

$$I_E = \frac{P}{230 \cdot \cos\phi} = \frac{6000}{230 \cdot 0.9} = 28.98 \angle -25.84^\circ A$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0.9 = 25.84$$

- Το ρεύμα στον καταναλωτή Δ δίνεται kW είναι τριφασικό και έχει $\cos\varphi = 0.89$ επ και ισχύει:

$$I_{\Delta} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos\varphi} = \frac{13000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.89} = 21.08 \angle -27.12^{\circ} A$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0.89 = 27.12$$

- Το ρεύμα στον σημείο Γ είναι ίσο με το άθροισμα των ρευμάτων των καταναλωτών Γ1 και Γ2.

- Το ρεύμα στον καταναλωτή Γ1 δίνεται kVA/φάση με $\cos\varphi = 0.85$ επ και ισχύει:

$$I_{\Gamma 1} = \frac{S}{230} = \frac{9500}{230} = 41.3 \angle -31.79^{\circ} A$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0.85 = 31.79$$

- Το ρεύμα στον καταναλωτή Γ2 δίνεται kVA είναι τριφασικό με $\cos\varphi = 0.88$ επ οπότε:

$$I_{\Gamma 2} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{33000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 47.63 \angle -28.36^{\circ} A$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0.88 = 28.36$$

$$I_{\Gamma} = I_{\Gamma 1} + I_{\Gamma 2} = 41.3 \angle -31.79^{\circ} + 47.63 \angle -28.36^{\circ} \Rightarrow$$

$$I_{\Gamma} = 88.88 \angle -29.95^{\circ} A$$

- Το ρεύμα στον καταναλωτή Β είναι ίσο με 127 Α.

$$\varphi = \cos^{-1} 0.95 = 18.19$$

- Το ρεύμα στον καταναλωτή Α δίνεται kVA και είναι τριφασικό με $\cos\varphi = 0.95$ επ , άρα:

$$I_A = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{97000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 140 \angle -18.19^\circ \text{ A}$$

$$\varphi = \cos^{-1} 0.95 = 18.19$$

$$I_{\Delta E} = I_E = 28.98 \angle -25.84^\circ \text{ A}$$

$$I_{\Gamma \Delta} = I_{\Delta E} + I_{\Delta} = 28.98 \angle -25.84^\circ + 21.08 \angle -27.12^\circ \Rightarrow$$

$$I_{\Gamma \Delta} = 50.05 \angle -26.37^\circ \text{ A}$$

$$I_{B\Gamma} = I_{\Gamma \Delta} + I_{\Gamma} = 50.05 \angle -26.37^\circ + 88.88 \angle -29.95^\circ \Rightarrow$$

$$I_{B\Gamma} = 138.87 \angle -28.65^\circ \text{ A}$$

$$I_{AB} = I_{B\Gamma} + I_B + I_A \Rightarrow$$

$$I_{AB} = 138.87 \angle -28.65^\circ + 127 \angle 0^\circ + 140 \angle -18.19^\circ \Rightarrow$$

$$I_{AB} = 121.867 - j66.58 + 127 + j0 + 133 - j43.7 \Rightarrow$$

$$I_{AB} = 381.867 - j110.28 = 397.47 \angle -16.11^\circ \text{ A}$$

Ο δυσμενέστερος καταναλωτής είναι ο Γ2 και είναι ο καταναλωτής για τον οποίο θα βρεθεί η πτώση τάσης. Το καλώδιο που χρησιμοποιείτε είναι το 3x150 AL + 50 CU XLPE έχει αντίσταση $R = 0.264 \Omega/\text{km}$ και επαγωγική αντίδραση $X = 0.071 \Omega/\text{km}$. Η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση του καλωδίου είναι 270 A και 187 kVA.

	ΜΕΓ. ΕΠΙΤΡ. ΦΟΡΤΙΣΗ		R	X	R _{20°C}
	A	τριφ. kVA			
3X150 AL + 50 CU XLPE	270	187	0,264	0,071	0,387
3X95 AL + 35 CU XLPE	210	145	0,410	0,071	0,524
3X150 AL +70 AL ΝΑΚΒΑ	259	179	0,243	0,084	0,443
3X95 AL +50AL ΝΑΚΒΑ	202	140	0,378	0,084	0,641

Πίνακας 1: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά υπόγειων δικτύων Χ.Τ.

Ο τύπος πτώσης τάσης δίνεται:

$$\Delta V [V] = (R + jX) \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right] * \frac{l}{1000} * I \angle \varphi [A]$$

$$\Delta V_{A-G2} = \Delta V_{AB} + \Delta V_{BG} + \Delta V_{GG1} + \Delta V_{G1G2}$$

$$\Delta V_{AB} = (0.264 + j 0.071) \frac{39}{1000} * 397.47 \angle -16.11^\circ = 4.23 \angle -1.06^\circ A$$

$$\Delta V_{BG} = (0.264 + j 0.071) \frac{28}{1000} * 138.87 \angle -28.65^\circ = 1.06 \angle -13.6^\circ V$$

$$\Delta V_{GG1} = (0.264 + j 0.071) \frac{49}{1000} * 88.88 \angle -29.95^\circ = 1.19 \angle -14.9^\circ V$$

$$\Delta V_{G1G2} = (0.264 + j 0.071) \frac{93}{1000} * 47.63 \angle -28.36^\circ = 1.21 \angle -13.31^\circ V$$

$$\Delta V_{\text{ΑΓ2}} = 4.23 \angle -1.06^\circ + 1.06 \angle -13.6^\circ + 1.19 \angle -14.9^\circ + 1.21 \angle -13.31^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{\text{ΑΓ2}} = 4.23 - j 0.078 + 1.03 - j 0.249 + 1.15 - j 0.306 + 1.177 - j 0.278 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{\text{ΑΓ2}} = 7.587 - j 0.911 = 7.64 \angle -6.847^\circ V$$

$$\Delta V_{\text{ΑΓ2}} = 7.64 \angle -6.847^\circ V$$

Η πτώση τάσης της γραμμής θα πρέπει να είναι μικρότερη από 9 V έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα στους καταναλωτές που τροφοδοτούνται και να λειτουργούν σωστά οι συσκευές. Θα πρέπει δηλαδή να είναι μικρότερη του 4% της ονομαστικής τάσης της συσκευής όπως αναφέρετε στο υποκεφάλαιο 4.1.

$$\Delta V_{\text{ΑΓ2}} = 7.64 \angle -6.847^\circ V < 9 V$$

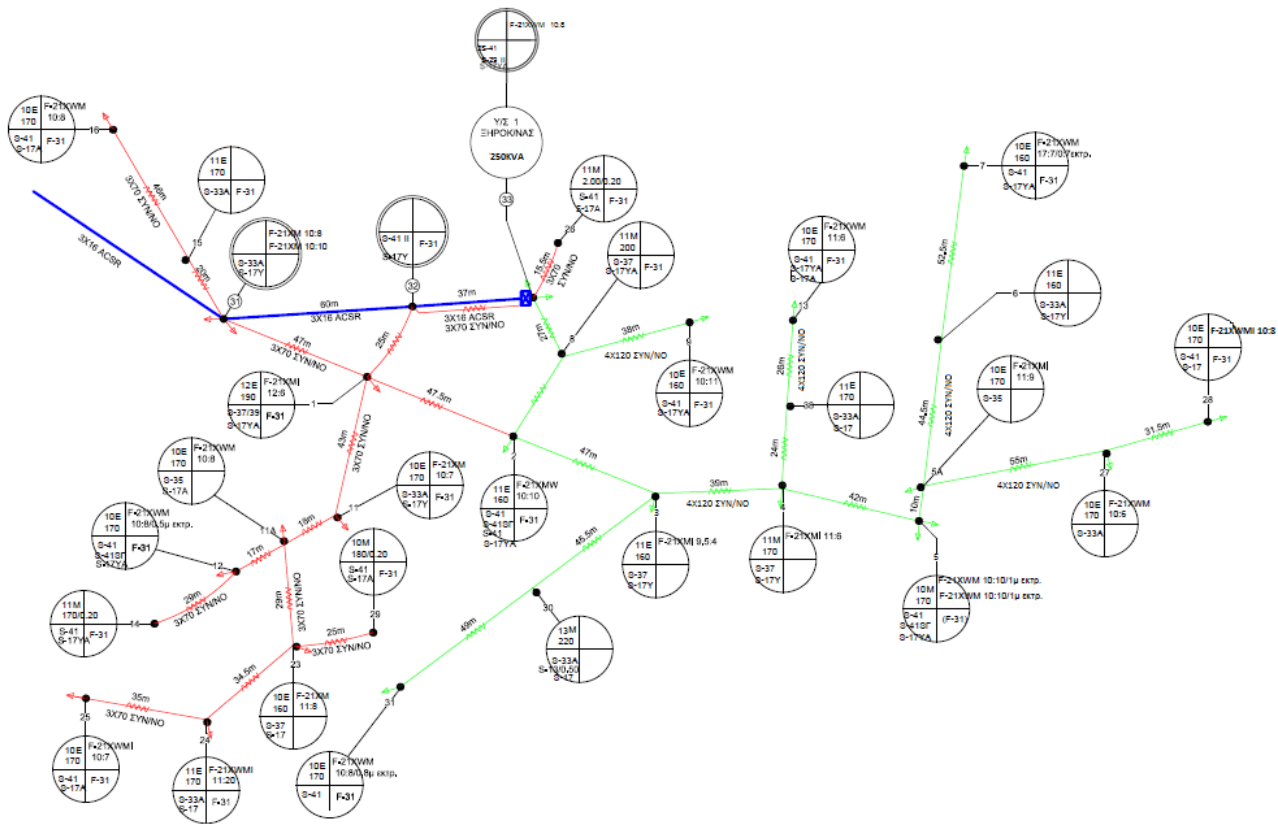
$$\% \Delta V_{\text{ΑΓ2}} = \frac{7.64}{230} * 100 = 3.32\%$$

$$\% \Delta V_{\text{ΑΓ2}} = 3.32\% < 4\%$$

ΓΡΑΜΜΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΜΟΙ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η εφαρμογή της θεωρίας η οποία αναπτύχθηκε παραπάνω με σκοπό να εξεταστεί αν όλα αυτά ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και μπορούν να γίνουν πράξη. Με βάση τους κανονισμούς στα πρότυπα του ΕΛΟΤ HD384 και μέσα από μαθηματικούς υπολογισμούς οδηγούμαστε στα τελικά αποτελέσματα και συμπεράσματα για την πτώση τάσης της εργασίας μας. Παραθέτοντας το λειτουργικό σχέδιο αλλά και το μονογραμμικό για κάθε γραμμή ξεχωριστά πραγματοποιούμε τους υπολογισμούς μας.

5.1 Λειτουργικό σχέδιο



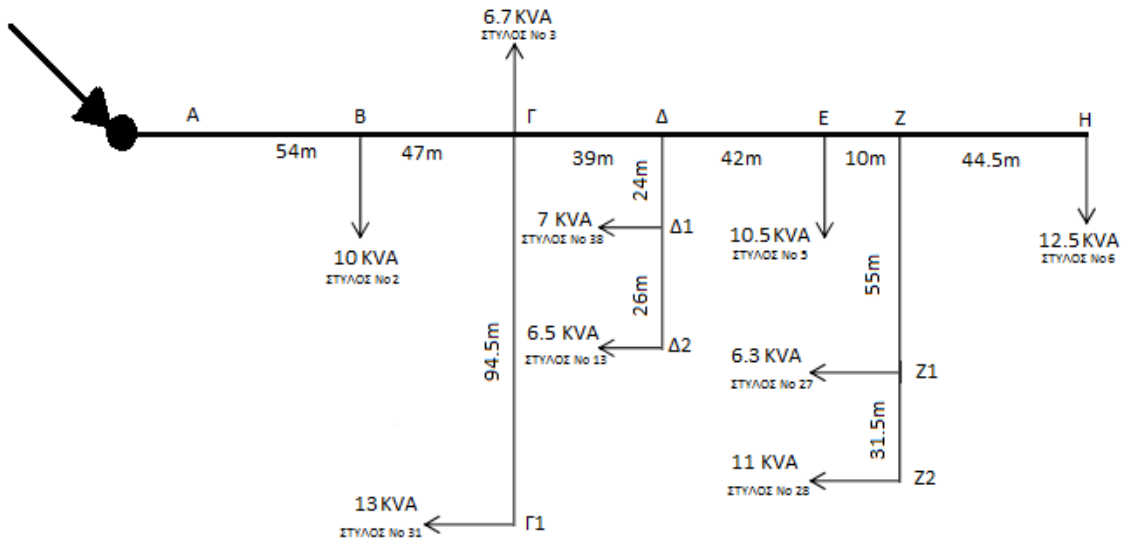
Σχέδιο 3: Λειτουργικό σχέδιο Υ/Σ 1 250 kVA Ξηροκαρύταινας με δύο αναχωρήσεις

Στο παραπάνω σχέδιο φαίνεται ο Υ/Σ Μέσης Τάσης από τον οποίο ξεκινούν δύο αναχωρήσεις χαμηλής τάσης και τροφοδοτούν ένα χωριό. Πάνω στο σχέδιο μπορεί εύκολα κάποιος να διακρίνει το είδος των σύλων, των κατασκευών, των επιτόνων, των φωτιστικών σωμάτων, σε ποιους σύλους υπάρχουν, αλλά και το είδος του καλωδίου της γραμμής.

ΠΑΡΟΧΗ		ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ				ΜΕΤΡΗΤΗΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ		ΕΛΑΧ ΔΙΑΤΟΜΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΙΝΑΚΑ-ΜΕΤΡΗΤΗ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΕΤΑΙ ΑΠΟ ΥΠΕΡΦΟΡΤΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΞΕΧΥΣ ΜΩΣ
		Γενική εστια. εγκατάσταση	Μετρητής		Ελάχιστη Ανοχή δικτύου ΧΤ		Συγκινητήριό θ.Ν (Cu)	X - LPE		
			Λοφ.	Μικρ.						
No	kVA	A	A	A	A	A	mm ²	mm ²	mm ²	kVA
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ										
03	8	35	35	40	63	10/40 15/60	2 x 6	-	3 x 10	50
05	12	50	63	63	80	15/60	2 x 16	-	3 x 16	50
ΤΡΙΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ										
1	15	25	25	25	63	3 x 10/40 3 x 10/60	4 x 6	-	5 x 6	50
2	25	35	35	40	63	3 x 10/40 3 x 10/60	4 x 6	-	5 x 10	50
3	35	50	63	63	100	3 x 20/60 3 x 10/60	4 x 16	-	5 x 16	100 (75)
4	55	80	100	-	160	3 x 50/100 3 x 20/100	4 x 25	-	3x25+16+16 ⁽⁵⁾	100
5	85	125	160	-	250	3 x 1.5/6 3 x 1/6	4 x 50	3x95 Al + 35 Cu	3x50+25+25 ⁽⁵⁾	160
6	135	200	250	-	400	3 x 1.5/6 3 x 1/6	Μονοπολ. 95 Cu	3x150 Al + 50 Cu	3x120+70+70 ⁽⁵⁾	250

Πίνακας 2: Τυποποιημένες παροχές Χ.Τ. ΔΕΗ

5.2 Μονογραμμικό σχέδιο και υπολογισμός πτώσης τάσης 1ης γραμμής



Σχέδιο 4: Μονογραμμικό σχέδιο της πράσινης (όπως φαίνεται) αναχώρησης του μετασχηματιστή

Το σχέδιο 4 παρουσιάζει την μία αναχώρηση του μετασχηματιστή σε μονογραμμικό σχέδιο στο οποίο φαίνονται τα φορτία σε kVA οι αποστάσεις αλλά και το ποιος στύλος και τι φορτία τροφοδοτεί. Για να υπολογιστεί η πτώση τάσης πρέπει πρώτα να βρεθούν τα ρεύματα των φορτίων.

$$I_H = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{12500}{\sqrt{3} \cdot 400} = 18.04 \angle 0^\circ A$$

$$I_{Z1} = \frac{S}{230} = \frac{6300}{230} = 27.39 \angle 0^\circ A$$

$$I_{Z2} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{11000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 15.88 \angle 0^\circ A$$

$$I_Z = I_{Z1} + I_{Z2} = 27.39 \angle 0^\circ + 15.88 \angle 0^\circ = 43.27 \angle 0^\circ A$$

$$I_E = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 400} = 15.16 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Delta 1} = \frac{S}{230} = \frac{7000}{230} = 30.43 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Delta 2} = \frac{S}{230} = \frac{6500}{230} = 28.26 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Delta} = I_{\Delta 1} + I_{\Delta 2} = 30.43 \angle 0^\circ + 28.26 \angle 0^\circ = 58.69 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Gamma 1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{13000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 18.76 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Gamma} = \frac{S}{230} + I_{\Gamma 1} = \frac{6700}{230} + 18.76 \angle 0^\circ = 47.89 \angle 0^\circ A$$

$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 14.43 \angle 0^\circ A$$

$$I_{ZH} = I_H = 18.04 \angle 0^\circ A$$

$$I_{EZ} = I_{ZH} + I_Z = 18.04 \angle 0^\circ + 43.27 \angle 0^\circ = 61.31 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Delta E} = I_{EZ} + I_E = 61.31 \angle 0^\circ + 15.16 \angle 0^\circ = 76.47 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Gamma \Delta} = I_{\Delta E} + I_{\Delta} = 76.47 \angle 0^\circ + 58.69 \angle 0^\circ = 135.16 \angle 0^\circ A$$

$$I_{B\Gamma} = I_{\Gamma \Delta} + I_{\Gamma} = 135.16 \angle 0^\circ + 47.89 \angle 0^\circ = 183.05 \angle 0^\circ A$$

$$I_{AB} = I_{B\Gamma} + I_B = 183.05 \angle 0^\circ + 14.43 \angle 0^\circ = 197.48 \angle 0^\circ A$$

Εφόσον υπολογίστηκαν τα ρεύματα βρίσκετε με τι καλώδιο τροφοδοτείτε η γραμμή έτσι ώστε να βρεθεί η πτώσης τάσης. Το καλώδιο το οποίο χρησιμοποιείτε είναι το συνεστραμμένο καλώδιο 4X120 +25 AL με ονομαστική διατομή 120 mm², πραγματική διατομή 120 mm² με μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση 280 A και 194 kVA. Το καλώδιο έχει ονομαστική αντίσταση R=0.284 Ω/km και επαγωγική αντίδραση X=0.083 Ω/km.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΧΤ ΗΛΕΚ Β2. XLS (Φύλλο 2)							
ΑΓΩΓΟΙ	ΟΝΟΜ. ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΡΑΓΜ. ΔΙΑΤΟΜΗ	ΜΕΓ.ΕΠΙΤΡ. ΦΟΡΤΙΣΗ		R	X	R _{συβ} (20°C)
	mm ²	mm ²	A	τριφ.ΚVA	Ω/km	Ω/km	Ω/km
4X16 AL	16	27	145	100	1,218	0,318	
4X35 AL	35	57	232	161	0,574	0,294	
4X50 AL	50	82	295	204	0,397	0,279	
4X16 CU	16	16	115	80	1,274	0,334	
4X35 CU	35	35	185	128	0,596	0,309	
4X50 CU	50	50	232	161	0,426	0,294	
ΣΚ 3X70 AL+54,6 ΑΑΑC	70	70	194	134	0,497	0,100	0,630
ΣΚ 4X120+25 AL	120	120	280	194	0,284	0,083	

Πίνακας 3: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά εναέριων δικτύων Χ.Τ.

$$\Delta V_{AB} = (0.284 + j0.083) * \frac{54}{1000} * 197.48 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AB} = 0.296 \angle 16.29^\circ * 0.054 * 197.48 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AB} = 3.156 \angle 16.29^\circ V$$

$$\Delta V_{BG} = (0.284 + j0.083) * \frac{47}{1000} * 183.05 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{BG} = 0.296 \angle 16.29^\circ * 0.047 * 183.05 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{BG} = 2.546 \angle 16.29^\circ V$$

$$\Delta V_{GD} = (0.284 + j0.083) * \frac{39}{1000} * 135.16 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{GD} = 0.296 \angle 16.29^\circ * 0.039 * 135.16 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{GD} = 1.56 \angle 16.29^\circ V$$

$$\Delta V_{DE} = (0.284 + j0.083) * \frac{42}{1000} * 76.47 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{DE} = 0.296 \angle 16.29^\circ * 0.042 * 76.47 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{DE} = 0.95 \angle 16.29^\circ V$$

$$\Delta V_{EZ} = (0.284 + j0.083) * \frac{10}{1000} * 61.31 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{EZ} = 0.296 \angle 16.29^\circ * 0.010 * 61.31 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{EZ} = 0.18 \angle 16.29^\circ V$$

$$\Delta V_{ZH} = (0.284 + j0.083) * \frac{44.5}{1000} * 18.04 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{ZH} = 0.296 \angle 16.29^\circ * 0.0445 * 18.04 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{ZH} = 0.24 \angle 16.29^\circ V$$

Η πτώση τάσης της γραμμής ισούται με το άθροισμα όλων των πτώσεων πτώσης των καταναλωτών που εμπλέκονται μέχρι τον δυσμενέστερο καταναλωτή της γραμμής. Ο δυσμενέστερος καταναλωτής είναι ο Η ο οποίος τροφοδοτείται από τον στύλο Ν^ο 6 όπως φαίνεται και στο λειτουργικό αλλά και το μονογραμμικό σχέδιο.

$$\Delta V_{AH} = \Delta V_{AB} + \Delta V_{BG} + \Delta V_{GD} + \Delta V_{DE} + \Delta V_{EZ} + \Delta V_{ZH} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AH} = 3.156 \angle 16.29^\circ + 2.546 \angle 16.29^\circ + 1.56 \angle 16.29^\circ + 0.95 \angle 16.29^\circ + 0.18 \angle 16.29^\circ + 0.24 \angle 16.29^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AH} = 3.029 + j0.885 + 2.444 + j0.714 + 1.497 + j0.437 + 0.91 + j0.266 + 0.173 + j0.05 + 0.2 + j0.067 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AH} = 8.253 + j2.419 V$$

Η πτώση τάσης της γραμμής είναι:

$$\Delta V_{AH} = 8.6 \angle 16.336^\circ V$$

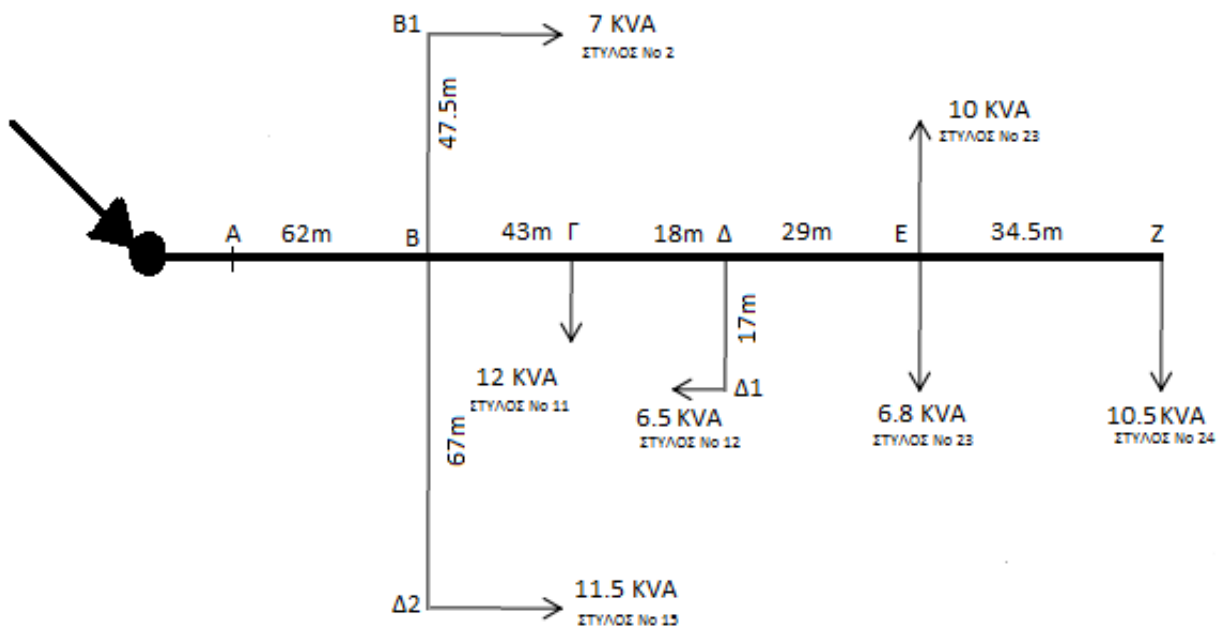
$$\Delta V_{AH} = 8.6 \text{ V} < 16.336 \text{ V} < 9 \text{ V}$$

Είναι μικρότερη από 9V οπότε δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα στους καταναλωτές.

$$\% \Delta V_{ZH} = \frac{8.6}{230} * 100 = 3.739\% < 4\%$$

5.3 Μονογραμμικό σχέδιο και υπολογισμός πτώσης τάσης 2^{ης} γραμμής

Στο Σχέδιο 5 παρουσιάζετε η δεύτερη αναχώρηση του μετασχηματιστή και με τον ίδιο τρόπο όπως και στην προηγούμενη γραμμή υπολογίζετε η πτώση τάσης.



Σχέδιο 5: Μονογραμμικό σχέδιο της κόκκινης (όπως φαίνεται) αναχώρησης του μετασχηματιστή

$$I_Z = \frac{S}{\sqrt{3} * 400} = \frac{10500}{\sqrt{3} * 400} = 15.16 \text{ A} \angle 0^\circ$$

$$I_E = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} + \frac{S}{230} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 400} + \frac{6800}{230} \Rightarrow$$

$$I_E = 14.43 \angle 0^\circ + 29.565 \angle 0^\circ = 43.995 \angle 0^\circ A$$

$$I_\Delta = I_{\Delta 1} = \frac{S}{230} = \frac{6500}{230} = 28.26 \angle 0^\circ A$$

$$I_\Gamma = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 17.32 \angle 0^\circ A$$

$$I_{B1} = \frac{S}{230} = \frac{7000}{230} = 30.43 \angle 0^\circ A$$

$$I_{B2} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{11500}{\sqrt{3} \cdot 400} = 16.6 \angle 0^\circ A$$

$$I_B = I_{B1} + I_{B2} = 30.43 \angle 0^\circ + 16.6 \angle 0^\circ = 47.03 \angle 0^\circ A$$

$$I_{EZ} = I_Z = 15.16 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Delta E} = I_{EZ} + I_E = 15.16 \angle 0^\circ + 43.995 \angle 0^\circ = 59.155 \angle 0^\circ A$$

$$I_{\Gamma \Delta} = I_{\Delta E} + I_\Delta = 59.155 \angle 0^\circ + 28.26 \angle 0^\circ = 87.415 \angle 0^\circ A$$

$$I_{B\Gamma} = I_{\Gamma \Delta} + I_\Gamma = 87.415 \angle 0^\circ + 17.32 \angle 0^\circ = 104.735 \angle 0^\circ A$$

$$I_{AB} = I_{B\Gamma} + I_B = 104.735 \angle 0^\circ + 47.03 \angle 0^\circ = 151.765 \angle 0^\circ A$$

Το καλώδιο το οποίο χρησιμοποιείτε σε αυτήν την γραμμή είναι το συνεστραμμένο καλώδιο 3Χ70 AL + 54.6 AAAC με ονομαστική διατομή 70 mm², πραγματική διατομή 70 mm² με μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση 194 A και 134 kVA. Το καλώδιο έχει ονομαστική αντίσταση R=0.497 Ω/km και επαγωγική αντίδραση X=0.100 Ω/km. Ο δυσμενέστερος καταναλωτής είναι ο Z και τροφοδοτείται από τον στύλο N^ο 24.

$$\begin{aligned}\Delta V_{AB} &= (0.497 + j0.100) * \frac{62}{1000} * I_{AB} \Rightarrow \\ \Delta V_{AB} &= (0.497 + j0.100) * \frac{62}{1000} * 151.765 \angle 0^\circ \Rightarrow \\ \Delta V_{AB} &= 0.296 \angle 16.29^\circ * 0.062 * 151.765 \angle 0^\circ \Rightarrow \\ \Delta V_{AB} &= 4.77 \angle 11.376^\circ V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{BG} &= (0.497 + j0.100) * \frac{43}{1000} * I_{BG} \Rightarrow \\ \Delta V_{BG} &= 0.296 \angle 16.29^\circ * \frac{43}{1000} * 104.735 \angle 0^\circ \Rightarrow \\ \Delta V_{BG} &= 2.28 \angle 11.376^\circ V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{GD} &= (0.497 + j0.100) * \frac{18}{1000} * I_{GD} \Rightarrow \\ \Delta V_{GD} &= 0.296 \angle 16.29^\circ * \frac{18}{1000} * 87.415 \angle 0^\circ \Rightarrow \\ \Delta V_{GD} &= 0.8 \angle 11.376^\circ V\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{DE} &= (0.497 + j0.100) * \frac{29}{1000} * I_{DE} \Rightarrow \\ \Delta V_{DE} &= 0.296 \angle 16.29^\circ * \frac{29}{1000} * 59.155 \angle 0^\circ \Rightarrow \\ \Delta V_{DE} &= 0.87 \angle 11.376^\circ V\end{aligned}$$

$$\Delta V_{EZ} = (0.497 + j0.100) * \frac{34.5}{1000} * I_{EZ} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{EZ} = 0.296 \angle 16.29^\circ * \frac{34.5}{1000} * 15.16 \angle 0^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{EZ} = 0.26 \angle 11.376^\circ V$$

$$\Delta V_{AZ} = \Delta V_{AB} + \Delta V_{BF} + \Delta V_{FD} + \Delta V_{DE} + \Delta V_{EZ} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AZ} = 4.77 \angle 11.376^\circ + 2.28 \angle 11.376^\circ + 0.8 \angle 11.376^\circ + 0.87 \angle 11.376^\circ + 0.26 \angle 11.376^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AZ} = 4.676 + j0.94 + 2.235 + j0.45 + 0.784 + j0.16 + 0.853 + j0.17 + 0.255 + j0.05 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AZ} = 8.803 + j1.77 V \Rightarrow$$

$$\Delta V_{AZ} = 8.979 \angle 11.37^\circ V < 9 V$$

$$\% \Delta V_{AZ} = \frac{8.979}{230} 100 = 3.9\% < 4\%$$

Όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς και η δεύτερη αναχώρηση πληροί το κριτήριο της πτώσης τάσης οπότε και εδώ δεν υπάρχει πρόβλημα στους καταναλωτές. Και οι δύο γραμμές είναι κάτω από το όριο του 4% οπότε το δίκτυο λειτουργεί κανονικά χωρίς κανένα πρόβλημα.

5.4 Υπολογισμός μετασχηματιστή

Εφόσον έχουν βρεθεί η πτώση τάσης στις γραμμές και τα συνολικά ρεύματα κάθε γραμμής, τότε είναι εύκολο να βρεθεί και η ισχύς του μετασχηματιστή ώστε να βρεθεί αν είναι κατάλληλος να αντέξει τα φορτία. Τα kVA του μετασχηματιστή υπολογίζονται από το συνολικό ρεύμα σύμφωνα με τις ανάγκες των γραμμών και από την τάση.

$$\text{Ρεύμα πρώτης γραμμής: } I_1 = 197.48 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\text{Ρεύμα δεύτερης γραμμής: } I_2 = 151.765 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2 = 197.48 \angle 0^\circ + 151.765 \angle 0^\circ = 349.245 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} * 400 * 349.245 = 241,964.0337 \text{ VA} = 241.96 \text{ kVA}$$

Η ισχύς που χρειάζονται και οι δύο γραμμές μαζί είναι 241.96 kVA οπότε η ελάχιστη ισχύς του μετασχηματιστή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί όπως φαίνεται από τον πίνακα 4 είναι 250 kVA. Στο λειτουργικό σχέδιο αναγράφει πως ο μετασχηματιστής είναι 250 kVA άρα αντέχει αυτά τα φορτία.

ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΜΤ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ Μ/Σ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΧΤ						
Μ/Σ ΜΤ/ΧΤ	ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΕΚΤΟΝΩΣΗΣ			ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΚΟΝΕΩΣ		ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΧΤ
	6,6 kV	15 kV	20 kV	6,6 kV	15 ή 20 kV	
KVA	A	A	A	A	A	A
15	-	3	-	-	-	32
25	-	3	3	-	-	40
50	12	6	3	-	-	80
75	15	8	6	-	-	125
100	25	12	8	-	-	160
150-160	-	15	12	-	15 ή 16	250
200	40	0	15	40	15 ή 16	250
250	-	25	15	-	25 ή 31,5	400
400	80	40	25	63	40 ή 43	400
500	-	-	40	-	40 ή 43	500
630	-	-	-	100	40 ή 43	500
750	-	-	-	-	40 ή 43	500

Πίνακας 4: Ισχύς Μ/Σ και ασφάλειες

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΔΕΗ – ΔΕΔΔΗΕ πληροφορίες από τους υπαλλήλους και από το βιβλίο Standard του Αγγελόπουλου
- [2] ΕΛΟΤ HD384, 2^η έκδοση, 2004 <http://1epal-serron.ser.sch.gr/yliko/elothd384.pdf>
- [3] Μαλατέστας Π., Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, 2^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, 2016
- [4] Μπιτζιώνης Βασίλειος Δ., Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, 2^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, 2015
- [5] <https://slideplayer.gr/slide/2927855/>
- [6] <https://electricalnews.gr/tehnika-arthra/ilektrikes-egkatastaseis/yde/item/409-elot-hd-60364-6-kai-elegxos-ptosis-tasis>
- [7] <http://www.electrologos.gr/news/113>
- [8] http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/distribution.csp
- [9] http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/history.csp
- [10] http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/production.csp