

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΜΙΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΕΠΑΡΧΙΑΣ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΒΕΡΜΠΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ Α.Μ. 6484

ΠΑΠΑΔΟΥΔΗΣ ΗΛΙΑΣ Α.Μ. 6387

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΧΟΙΝΑΣ

ΔΠΛ. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ PhD

ΠΑΤΡΑ 2016

Πίνακας περιεχομένων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο	5
1.1 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας	5
1.2 Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	9
1.3 Στοιχεία Γραμμών Μεταφοράς.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο	14
2.1 Πτώση Τάσης.....	14
2.2 Πτώση τάσης με την μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος με τη βοήθεια οργάνου	16
2.3 Πτώση τάσης με την μέθοδο του διαγράμματος του ΕΛΟΤ HD 60364-6 .	17
2.4 Διαταραχές Τάσης	19
2.5 Μέτρα Αποφυγής Διαταραχών.....	20
2.6 Υποσταθμοί.....	22
2.7 Αναγκαιότητα Συντήρησης.....	26
2.8 Στρατηγική Συντήρησης	27
2.9 Περιοριστικοί Παράγοντες Μελέτης	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο	31
3.1 Γενικές παρατηρήσεις για τη μελέτη των φορτίων μιας περιοχής	31
3.2 Στύλοι και Κολώνες	33
3.3 Αποστάσεις Αγωγών Φάσεων Και Μεταξύ Πυλώνων Και Αγωγών.....	36
3.4 Ανάλυση Στύλων Σχεδίου	36
3.5 Αγωγοί.....	38
3.5.1 Ιστορία των Ηλεκτρικών Καλωδίων	38

3.5.2 Κατηγορίες Καλωδίων.....	38
3.5.3 Αγωγοί Γραμμών Μεταφοράς.....	39
3.5.4 Μόνωση.....	40
3.5.5 Τύποι Εναέριων Γραμμών Μεταφοράς	41
3.5.6 Αγωγοί Από Χάλυβα-Αλουμίνιο (ACSR)	43
3.6 Χαρακτηριστικά των Γραμμών	44
3.6.1 Ωμική Αντίσταση Αγωγού	44
3.6.2 Επαγωγική Αντίσταση Αγωγού.....	45
3.7 Συντήρηση.....	46
3.8 Διατομές και Είδη.....	47
3.9 Συνολικό Σχέδιο Μελέτης.....	49
3.10 Μέσα Προστασίας Υποσταθμού και ΧΤ	51
3.10.1 Ασφάλειες.....	51
3.10.2 Προσδιορισμός των ασφαλειών Μετασχηματιστών διανομής	53
3.10.3 Κριτήρια επιλογής ασφαλειών Χαμηλής Τάσης	54
3.10.4 Χρήσιμοι Ορισμοί	55
3.10.5 Μέσα Προστασίας ΧΤ.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο	59
4.1 Υπολογισμοί.....	59
4.2 Μονογραμμικό Σχέδιο Μελέτης.....	75
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	81
ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ	81

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας είναι, να παρουσιαστεί η μελέτη και ανάλυση της πτώσης τάσης που κάθε επαγγελματίας ηλεκτρολόγος πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν του σε μια μελέτη ώστε να είναι δυνατή η ηλεκτροδότηση περιοχών όπως αυτή της εργασίας. Η μελέτη που ακολουθεί, ασχολείται με την ηλεκτροδότηση μιας περιοχής της επαρχίας και βασίζεται σε πραγματικά στοιχεία, ελαφρώς παραλλαγμένα όμως, ώστε να καλύπτονται όλες οι πιθανές περιπτώσεις τις οποίες μπορεί να συναντήσει ο μελετητής.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια αρχική ανάλυση για τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η μεταφορά και διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος από τη στιγμή της παραγωγής του μέχρι να φτάσει στον εκάστοτε καταναλωτή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται λεπτομερής θεωρητική αναφορά για την μελέτη και ανάλυση της πτώσης τάσης που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν σε κάθε μελέτη δικτύου, δηλαδή ορισμοί, σημασίες, μαθηματικοί τύποι για τον ακριβή υπολογισμό αυτής καθώς και κανονισμοί που τη διέπουν για την ασφαλή λειτουργία και εργασία καθώς και ανάλυση του Υ/Σ που συμπεριλαμβάνεται σε αυτού τους είδους τις μελέτες.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται τα 4 επιμέρους κυκλώματα γραμμών με τα σχέδια τους, ανάλογα με τον αριθμό των αναχωρήσεων του Μ/Σ, κατά τρόπο που να διευκολύνει κατά το δυνατότερο τον ηλεκτρικό υπολογισμό της πτώσης τάσης για αυτό το δίκτυο Χ.Τ. Ακόμα επιλέγονται οι αγωγοί, οι στύλοι και τα υπόλοιπα μέσα μηχανικής στήριξης, αναγράφονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιούνται, δηλαδή των ασφαλειών, του Μ/Σ, των τύπων των εναέριων αγωγών, των γειώσεων και των ξύλινων στύλων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνεται έμφαση στον τρόπο υπολογισμού της πτώσης τάσης με την χρήση των τύπων που θα έχουν προαναφερθεί στο δεύτερο κεφάλαιο οι οποίοι θα μας βοηθήσουν σημαντικά στην πρακτική υλοποίηση του έργου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η συνεχόμενα αυξανόμενη ανάγκη του ανθρώπου σε συνδυασμό με την εκρηκτική ανάπτυξη της τεχνολογίας, οδήγησαν σε αύξηση και των απαιτήσεων μας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η επιβίωση του σύγχρονου κόσμου εξαρτάται πλέον σε πολύ μεγάλο βαθμό από αυτό το είδος ενέργειας, αφού η πλειοψηφία των συσκευών σήμερα λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα. Ένα Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων που απαιτούνται για να τροφοδοτηθεί με ηλεκτρική ενέργεια ένα σύνολο καταναλωτών και για να φέρει σε πέρας λοιπόν αυτή την αποστολή, θα πρέπει να διαθέτει τις παρακάτω μονάδες:

-Σταθμούς παραγωγής, οι οποίοι θα είναι εγκατεστημένοι στις πιο πρόσφορες περιοχές για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στις ζητούμενες ποσότητες. Μέσω της τεχνικο-οικονομικής μελέτης γίνεται η επιλογή της περιοχής που θα εγκατασταθεί ένας σταθμός παραγωγής.

-Γραμμές μεταφοράς, οι οποίες είναι χρήσιμες για τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας από τους σταθμούς παραγωγής στα κέντρα κατανάλωσης του ρεύματος.

-Γραμμές διανομής, οι οποίες αναλαμβάνουν το ρόλο της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας στον κάθε καταναλωτή, ώστε να χρησιμοποιηθεί μετατρεπόμενη σε άλλες, πιο εξυπηρετικές μορφές (π.χ. φως, θερμότητα, κίνηση κλπ.)

Ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας για να είναι πρακτικό πρέπει να έχει σχεδιασθεί και να λειτουργεί με τρόπο ώστε να είναι ασφαλές, αξιόπιστο, φιλικό προς το περιβάλλον και να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια άριστης ποιότητας στη χαμηλότερη δυνατή τιμή. Η εξασφαλισμένη και συνεχής τροφοδοσία με ηλεκτρική ισχύ, αποτελεί μια πολύ βασική προϋπόθεση για τη σύγχρονη ζωή. Μια πιθανή διακοπή παροχής ενέργειας (για παράδειγμα σφάλμα από κεραυνό) μπορεί να προκαλέσει οικονομικές αλλά και κοινωνικές ζημιές. Για το λόγο αυτό η κατασκευή, η επέκταση και η συντήρηση των ΣΗΕ

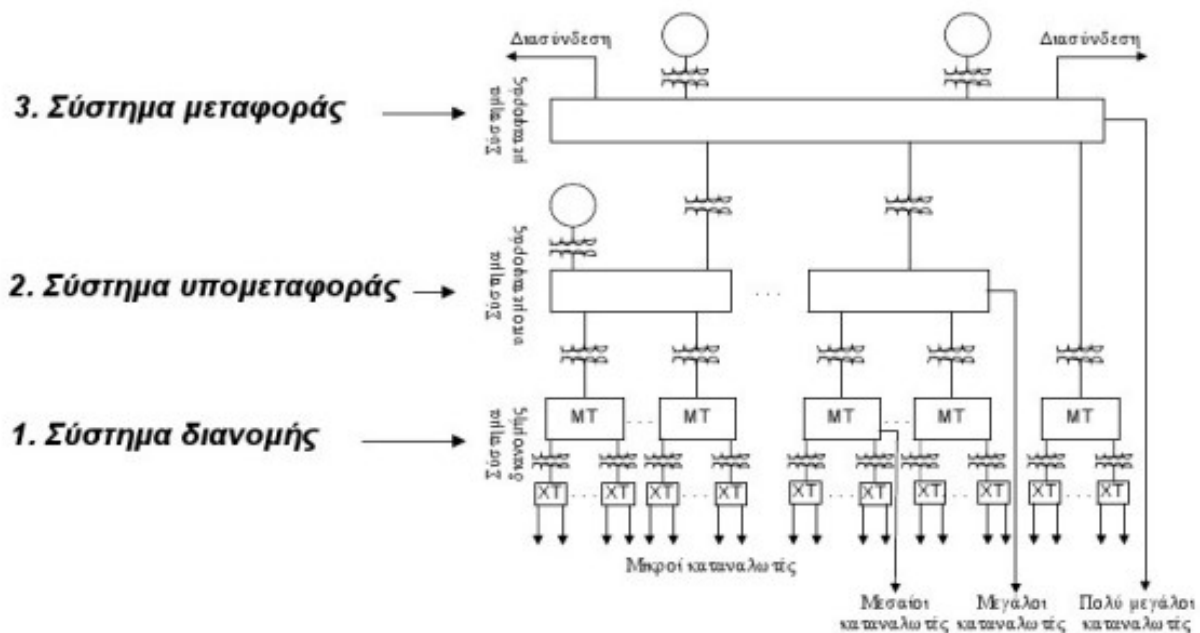
είναι ένα σημαντικό θέμα που απασχολεί μεγάλο ποσοστό του εργατικού και επιστημονικού προσωπικού.

Στην Ελλάδα, το έργο της παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας ανήκει στη ΔΕΗ (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού). Η ΔΕΗ ιδρύθηκε το 1950 με μοναδικό σκοπό να κάνει το ηλεκτρικό ρεύμα δικαίωμα για κάθε Έλληνα πολίτη, μέσα από την εκμετάλλευση των πόρων της χώρας (κυρίως λιγνίτη). Η ΔΕΗ πλέον σήμερα κατέχει περίπου το 93% της εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος στην Ελλάδα. Αυτή προέρχεται από λιγνιτικές, πετρελαϊκές, υδροηλεκτρικές μονάδες, μονάδες φυσικού αερίου αλλά και αιολικά και ηλιακά πάρκα. Μετά από την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και στη χώρα μας τον Φεβρουάριο του 2001 απέκτησαν δικαίωμα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος εκτός από τη ΔΕΗ και άλλες εταιρείες και ιδιώτες. Έτσι η ευθύνη της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας πέρασε σε μια ανεξάρτητη από τη ΔΕΗ εταιρεία, που σχηματίστηκε για τον σκοπό αυτό, τη ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε. (Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας) και την εποπτεία πλέον του Ελληνικού Ηλεκτρικού Συστήματος (Παραγωγή, Μεταφορά, Διανομή Η/Ε) ανέλαβε πλέον η ΡΑΕ (Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας).

Και το πιο μικρό και απλό ΣΗΕ είναι ένα δίκτυο με ιδιαίτερη πολυπλοκότητα. Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει τη δομή του συστήματος αυτού είναι το μέγεθος του. Άλλη είναι η δομή ενός μεγάλου ΣΗΕ που εξυπηρετεί μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή και άλλη η δομή ενός μικρού συστήματος που εξυπηρετεί μια μικρή περιοχή. Όλα τα συστήματα εργάζονται σε διάφορα επίπεδα τάσης τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους μέσω Μ/Σ. Έτσι λοιπόν, χωρίζουμε ένα ΣΗΕ, με βάση τα διαφορετικά επίπεδα τάσης που εμφανίζονται σε αυτό, σε τρία υποσυστήματα :

- Σύστημα διανομής
- Σύστημα υπομεταφοράς
- Σύστημα μεταφοράς

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ο τρόπος δόμησης ενός τυπικού ΣΗΕ:



Εικόνα 1: Δομή τυπικού ΣΗΕ

Στο σύστημα διανομής χρησιμοποιούνται 2 επίπεδα τάσης διανομής:

- Α) Η πρωτεύουσα τάση ή τάση τροφοδοσίας (π.χ. 15-20 kV) η οποία χαρακτηρίζεται και ως Μέση Τάση.
- Β) Η δευτερεύουσα τάση ή τάση κατανάλωσης (π.χ. 220 V) η οποία χαρακτηρίζεται και Χαμηλή Τάση.

Κάθε σύστημα διανομής περιλαμβάνει τα δίκτυα διανομής Μ.Τ. και Χ.Τ. και τους Μ/Σ διανομής, με τους οποίους η Μ.Τ. υποβιβάζεται σε Χ.Τ. Το δίκτυο διανομής Μ.Τ. μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους υποσταθμούς μεταφοράς στους υποσταθμούς διανομής και το δίκτυο διανομής Χ.Τ. μεταφέρει την ηλεκτρική ισχύ από τους υποσταθμούς διανομής στους επιμέρους καταναλωτές. Το σύστημα διανομής τροφοδοτείται από τους υποσταθμούς διανομής και είναι αυτό που παρέχει ενέργεια σε μικρούς οικιακούς καταναλωτές (υπό Χ.Τ. διανομής) ή ακόμα και σε μεσαίου μεγέθους καταναλωτές (υπό Μ.Τ. διανομής). Στις αστικές πυκνοκατοικημένες περιοχές

τα δίκτυα διανομής Μ.Τ. και Χ.Τ. είναι κατά κανόνα υπόγεια, ενώ στις άλλες περιοχές εναέρια. Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται σε νέες τεχνολογίες που καλύπτουν ποικίλα και σημαντικά τεχνικά προβλήματα, όπως είναι για παράδειγμα η εγκατάσταση και η συντήρηση εναέριων γραμμών και υπόγειων καλωδίων, οι μετρητικές διατάξεις, οι διακόπτες, οι ασφάλειες για την προστασία από υπερτάσεις (όπως σφάλματα από πλήγματα κεραυνών) και άλλα. Το σύστημα διανομής είναι το πιο δαπανηρό αλλά και πολύπλοκο μέρος ενός ΣΗΕ. Ένα τυπικό ΣΗΕ μπορεί να έχει μέχρι και το μισό του επενδυμένου κεφαλαίου του στο δίκτυο διανομής.

Το σύστημα υπομεταφοράς διανέμει ηλεκτρική ενέργεια σε ένα συγκεκριμένο αριθμό υποσταθμών διανομής, που βρίσκονται σε κάποια γεωγραφική περιοχή σε ένα επίπεδο τάσης που τυπικά κυμαίνεται μεταξύ 23 kV και 150 kV. Αυτό το σύστημα δέχεται την ενέργεια είτε από το σύστημα μεταφοράς μέσω υποσταθμών (ζεύξεως ή/και μετασχηματισμού) είτε κατευθείαν από σταθμούς παραγωγής. Οι μεγάλοι καταναλωτές είναι δυνατόν να εξυπηρετηθούν απευθείας από το σύστημα υπομεταφοράς.

Ο ρόλος ενός συστήματος υπομεταφοράς είναι κυρίως ο ίδιος με εκείνον ενός συστήματος διανομής με τη μόνη διαφορά ότι αυτό εξυπηρετεί μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή και διανέμει ενέργεια σε μεγαλύτερα επίπεδα τάσης και ισχύος. Θα πρέπει εδώ να τονισθεί ότι σε πολλά συστήματα δεν υπάρχει σαφής διάκριση μεταξύ δικτύων μεταφοράς και υπομεταφοράς. Καθώς λοιπόν οι απαιτήσεις μας σε ενέργεια αυξάνονται, αυξάνονται και τα απαραίτητα επίπεδα τάσης. Επομένως μπορούμε να πούμε ότι τα δίκτυα υπομεταφοράς του σήμερα είναι συνήθως τα δίκτυα μεταφοράς του χθες. Τέλος, το σύστημα μεταφοράς διαφέρει και ως προς τη λειτουργία και ως προς τα χαρακτηριστικά από τα συστήματα υπομεταφοράς και διανομής. Ενώ τα δύο τελευταία συστήματα μεταφέρουν ενέργεια από μια πηγή προς το κάθε φορτίο, το σύστημα μεταφοράς από τη μία χειρίζεται μεγαλύτερα ποσά ισχύος και από την άλλη διασυνδέει όλους τους σταθμούς παραγωγής αλλά και όλα τα σημεία μεγάλης κατανάλωσης του συστήματος.

Η ενέργεια μπορεί να διανεμηθεί προς κάθε επιθυμητή κατεύθυνση μέσω των γραμμών μεταφοράς του συστήματος και μάλιστα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη οικονομικά λειτουργία του συστήματος. Το σύστημα μεταφοράς δέχεται απευθείας την ενέργεια από

σταθμούς παραγωγής μέσω Μ/Σ ανύψωσης τάσης και είναι δυνατόν να εξυπηρετεί απευθείας πολύ μεγάλους καταναλωτές, αλλά και να ανταλλάσσει, ενέργεια με άλλα γειτονικά ενεργειακά συστήματα.

Η σημαντικότερη διαφορά στο σκοπό που εξυπηρετεί το σύστημα μεταφοράς, συγκρινόμενο με τα συστήματα διανομής και υπομεταφοράς, φαίνεται στον τρόπο δόμησης των δικτύων. Ενώ τα δύο τελευταία έχουν συνήθως ακτινική δομή, διότι σκοπεύουν στο να διοχετεύουν την ηλεκτρική ενέργεια σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις, το σύστημα μεταφοράς έχει δομή βρόγχου και γ' αυτό είναι σε θέση να διοχετεύει την ενέργεια σε μεγαλύτερο συνδυασμό κατευθύνσεων και να εξυπηρετεί έτσι καλύτερα το σκοπό μεταφοράς.

1.2 Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

Με τον όρο αυτό εννοούνται οι εγκαταστάσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την τροφοδοσία των καταναλωτών από τους υποσταθμούς μεταφοράς. Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνει σε πρώτο στάδιο τις γραμμές διανομής που ξεκινούν από τους υποσταθμούς μεταφοράς και καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής και είναι γνωστές σαν γραμμές Μ.Τ., τους υποσταθμούς διανομής στους οποίους μετασχηματίζεται η Μ.Τ. στην Χ.Τ. και τέλος έχουμε τις γραμμές διανομής Χ.Τ. οι οποίες ξεκινούν από τους υποσταθμούς διανομής και καταλήγουν στους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας των καταναλωτών. Οι γραμμές διανομής πρέπει να εξασφαλίζουν οικονομική αλλά και καλή λειτουργία και το χαρακτηριστικό εκείνο που επηρεάζει αυτή τη λειτουργία είναι η πτώση τάσης στην γραμμή διανομής που οφείλεται στην κατανεμημένη αντίσταση κατά μήκος της. Τόσο η αντίσταση όσο και η πτώση τάσης θα πρέπει να είναι ελάχιστες έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σχετικά σταθερή τάση για τους καταναλωτές. Παρακάτω έχουμε τη σχέση της ωμικής αντίστασης:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Από τη σχέση λοιπόν συμπεραίνουμε ότι μείωση της αντίστασης μπορεί να επιτευχθεί με αύξηση της διατομής των αγωγών, το οποίο όμως συνεπάγεται και μεγαλύτερο κόστος της εγκατάστασης. Η συνεχής τροφοδότηση των καταναλωτών είναι δυνατό να εξασφαλιστεί με τις πολλαπλές συνδέσεις φορτίων στο δίκτυο, ενώ η συνεχόμενη επίβλεψη του δικτύου γίνεται με τη χρήση κατάλληλων συσκευών-οργάνων και την εργασία ειδικευμένων συνεργείων για την άμεση επιδιόρθωση των βλαβών.

Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας, υπό Χ.Τ. είναι τυποποιημένη για την Ελλάδα και την Ευρώπη και γίνεται με τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα συχνότητας 50 Hz και τάσης 220/380 V. Στις γραμμές διανομής Μ.Τ. έχουμε τρεις αγωγούς και λειτουργούν με τάση πολική 20 kV, αν και υπάρχουν ακόμα γραμμές με τάση 22, 11, 15 και 6.6 kV. Στις γραμμές διανομής Χ.Τ. εκτός των τριών αγωγών των φάσεων, περιλαμβάνεται και ουδέτερος αγωγός. Οι υποσταθμοί διανομής έχουν το ρόλο του μετασχηματισμού της μέσης τάσης σε χαμηλή. Επειδή η ισχύς που τους παρέχεται είναι μικρή, κατασκευάζονται συνήθως μέσα στα αστικά κέντρα και σε σημεία που εξυπηρετούν καλύτερα τους καταναλωτές.

Είναι απαραίτητο για τα δίκτυα τα οποία μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια να λειτουργούν με υψηλή τάση, πολύ μεγαλύτερη από την παραγόμενη από τις γεννήτριες. Ο κύριος λόγος είναι να ελαττωθεί το ρεύμα μεταφοράς ώστε έτσι να ελαττωθούν οι απώλειες μεταφοράς και η πτώση τάσης στις γραμμές μεταφοράς. Για αυτό το λόγο οι γεννήτριες συνδέονται σε σειρά με Μ/Σ, συνήθως κάθε γεννήτρια συνδέεται σε ένα Μ/Σ ώστε να είναι δυνατή η ανεξάρτητη λειτουργία τους. Πριν από κάθε Μ/Σ τοποθετούνται οι αυτόματοι διακόπτες προστασίας οι οποίοι προστατεύουν την γεννήτρια σε περίπτωση βραχυκυκλώματος.

Μετά την ανύψωση της τάσης το μόνο που μένει είναι η σύνδεση του σταθμού στο δίκτυο και το κύριο πρόβλημα είναι ο παραλληλισμός των γεννητριών του σταθμού με το δίκτυο ώστε να αποδίδεται η ίδια τάση και συχνότητα με εκείνα του δικτύου. Κάθε γεννήτρια με τον Μ/Σ της συνδέεται σε ένα κοινό σύστημα ζυγών του σταθμού και αυτό με τη σειρά του συνδέεται με το εθνικό δίκτυο. Αμέσως μετά τους ζυγούς υπάρχει ένας αυτόματος διακόπτης με σκοπό να προστατεύεται ο σταθμός από κάθε μη ομαλή κατάσταση της γραμμής μεταφοράς.



Εικόνα 2: Ολοκληρωμένο ΣΗΕ

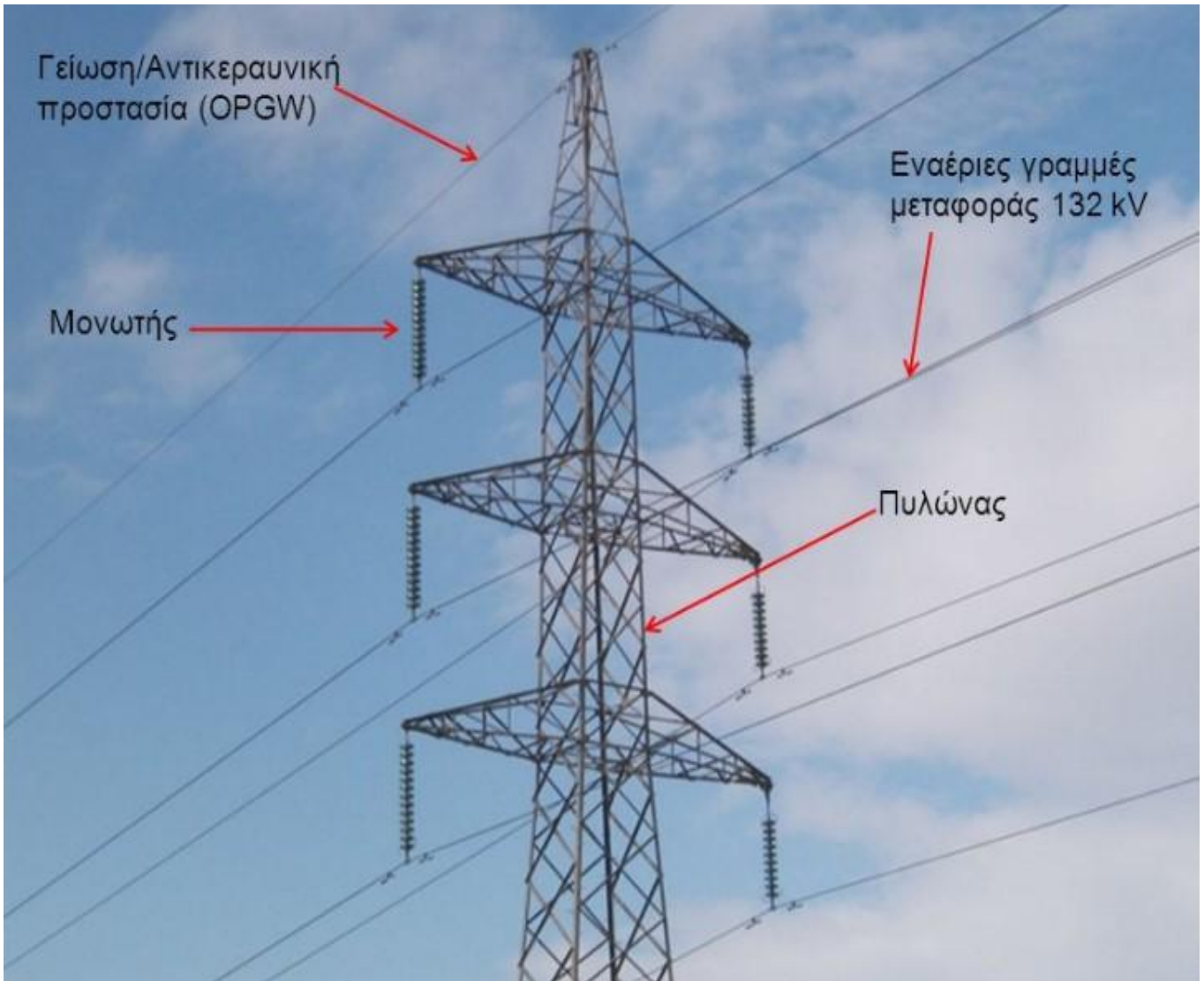
1.3 Στοιχεία Γραμμών Μεταφοράς

Το σύνολο των συσκευών και εγκαταστάσεων που απαιτούνται για την μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας στις κατάλληλες συνθήκες συνθέτουν ένα σύστημα γραμμών μεταφοράς.

Οι πιο βασικές από τις εγκαταστάσεις και συσκευές είναι:

- Οι αγωγοί είναι υπεύθυνοι για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Στις γραμμές υψηλής τάσης είναι συνήθως τρεις και στις διπλές γραμμές είναι έξι. Για λόγους οικονομίας δεν χρησιμοποιείται ουδέτερος αγωγός.
- Οι στύλοι ή πυλώνες στους οποίους στηρίζονται οι αγωγοί.
- Οι μονωτήρες που από τη μια συγκρατούν τους αγωγούς στους στύλους και από την άλλη εξασφαλίζουν την μόνωσή τους ως προς γη.
- Οι Μ/Σ που μετασχηματίζουν την τάση στους υποσταθμούς μεταφοράς και διανομής.
- Τα συστήματα ελέγχου και προστασίας τα οποία ελέγχουν τις τιμές των χαρακτηριστικών μεγεθών κατά μήκος των γραμμών και τις προστατεύουν από πιθανές βλάβες που προκαλούνται λόγω προβλημάτων στην λειτουργία τους

Μια άλλη διάκριση των γραμμών μεταφοράς θα μπορούσε να γίνει σε σχέση με τη θέση τους (εναέριες - αυτές που κρέμονται σε στύλους, και υπόγειες - αυτές που αποτελούνται από ένα καλώδιο και βρίσκονται μέσα στο έδαφος). Επειδή τα έξοδα κατασκευής μιας υπόγειας γραμμής είναι αρκετά μεγαλύτερα εκείνων μιας εναέριας (παρά το ότι οι τελευταίες χρειάζονται στύλους, μονωτήρες κλπ) οι γραμμές μεταφοράς είναι κατά κανόνα εναέριες.



Εικόνα 3: Εναέρια γραμμή μεταφοράς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Πτώση Τάσης

Η σύνθετη αντίσταση των αγωγών ενός κυκλώματος είναι χαμηλή δεν μπορεί όμως να θεωρηθεί αμελητέα. Στους αγωγούς που 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 ή φορτίου. Η σωστή λειτουργία ενός φορτίου (ένα μοτέρ, κύκλωμα φωτισμού και άλλα) εξαρτάται από την τάση στα άκρα του, που πρέπει να διατηρείται σε μία τιμή κοντά στην ονομαστική της τιμή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν - ελεγχθούν οι αγωγοί του κυκλώματος, έτσι ώστε σε πλήρες φορτίο η τάση στο σημείο σύνδεσης του φορτίου να κυμαίνεται εντός των ορίων που απαιτούνται για τη σωστή απόδοσή του.

Πτώση τάσης λοιπόν είναι η διαφορά μεταξύ της τάσης αναχώρησης και της τάσης αφίξεως η οποία εκφράζεται ως το ποσοστό της τάσης αφίξεως. Είναι πολύ βασικό για την μελέτη και τον υπολογισμό των δικτύων, να καθοριστούν τα όρια εντός των οποίων επιτρέπεται να μεταβάλλεται η τάση παροχής, ώστε να είναι δυνατή και ικανοποιητική η εξυπηρέτηση των καταναλωτών.

Ο έλεγχος της διατομής γραμμής σε πτώση τάσης γίνεται από το σημείο παροχής της ΔΕΗ (π.χ. μετρητής ή μετασχηματιστής ΜΤ/ΧΤ) έως το πιο δυσμενές φορτίο.

Ο περιορισμός της πτώσης τάσης επιβάλλεται για λόγους ενεργειακής κατανάλωσης αλλά και λειτουργικούς.

Μεγάλη πτώση τάσης στη γραμμή σημαίνει ότι υπάρχει μικρή τάση λειτουργίας στο φορτίο, με αποτέλεσμα την πρόκληση λειτουργικών προβλημάτων στο φορτίο (κίνησης, φωτισμού, ηλεκτρονικών διατάξεων, κυκλωμάτων ελέγχου και άλλα)

Χαμηλή τάση λειτουργίας σημαίνει: μείωση της ροπής εκκίνησης και του φορτίου των κινητήρων, μειωμένη φωτεινή απόδοση λαμπτήρων πυράκτωσης, αδυναμία σπλισμού ηλεκτρονόμων, δυσλειτουργία Η/Υ κλπ.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης από το μετασχηματιστή μέσης τάσης μέχρι το ρολόι της ΔΕΗ μπορεί να φτάσει μέχρι και 10% της ονομαστικής τάσης.

Η πτώση τάσης από την αρχή της Ηλεκτρικής εγκατάστασης (ρολόι ΔΕΗ) μέχρι το σημείο σύνδεσης οποιασδήποτε ηλεκτρικής συσκευής να μην υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης.

Το συνολικό νούμερο πτώσης τάσης 14% μπορεί να το επικαλεστεί κάποιος που θα αντιμετωπίσει το θέμα της πτώσης τάσης επιφανειακά, και προκύπτει αν προσθέσει κάποιος το μέγιστο ποσοστό επιτρεπόμενης πτώσης τάσης του δικτύου διανομής της ΔΕΗ που είναι 10% (όπως και σε όλα τα αντίστοιχα ευρωπαϊκά δίκτυα) και 4% από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.

Ωστόσο μια καλύτερη ματιά στο πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 , παράγραφος 525 (Πτώση τάσης στις εγκαταστάσεις των καταναλωτών) θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε γιατί ο παραπάνω συλλογισμός είναι λάθος:

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 είναι οι μεταβατικές τάσεις και η 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 πέραν του 90%, από την σειρά προτύπων CENELEC HD 60364 (την οποία σειρά ο ΕΛΟΤ την έχει ενσωματώσει στην Ελληνική Τυποποίηση μέσω του ΕΛΟΤ 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 όμοιων με εκείνο που παρατίθεται ως παράδειγμα στο Παράρτημα Δ».

Χρήσιμα Συμπεράσματα

- 1) Το 4% ισχύει **μόνο** όταν η εφαρμοζόμενη τάση δικτύου (μετρημένη στο μετρητή ΔΕΗ) είναι πολύ κοντά στα όρια της ονομαστικής της τιμής.
- 2) Το 4% αφορά όλες τις γραμμές (φώτα και κίνηση) και αντικατέστησε τα προηγούμενα 1% για φώτα και 3% για κίνηση που υπήρχαν στους ΚΕΗΕ.
- 3) Προβλήματα **προσωρινά** που μπορεί να δημιουργηθούν στην τάση του δικτύου και οφείλονται στο μετασχηματιστή δικτύου της ΔΕΗ (διφασική λειτουργία κ.τ.λ.) ή άλλους εξωγενείς παράγοντες δε λαμβάνονται υπόψη στην επιτρεπόμενη πτώση τάσης.

2.2 Πτώση τάσης με την μέτρηση της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος με τη βοήθεια οργάνου

Το όργανο που χρησιμοποιείται 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 Combo (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 $Z_{ΓΡΑΜΜΗΣ}$).

Η πτώση τάσης μίας γραμμής είναι δυνατό να υπολογιστεί από τη σύγκριση δύο μετρήσεων:

Πρώτον: με τον υπολογισμό της τιμής αναφοράς Z_{ref} της εμπέδησης (σύνθετη αντίσταση γραμμής) με αρχική μέτρηση στο σημείο τροφοδότησης της γραμμής προς έλεγχο ή κατανάλωσης για παράδειγμα του πίνακα ή της διανομής.

Δεύτερον: με τη μέτρηση της εμπέδησης (σύνθετη αντίσταση γραμμής) στο τερματικό σημείο της γραμμής, στην οποία θέλουμε να ελέγξουμε την πτώση τάσης (για παράδειγμα ρευματοδότης ή πρίζα) **χωρίς φορτίο**.

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

2.3 Πτώση τάσης με την μέθοδο του διαγράμματος του ΕΛΟΤ HD 60364-6

Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 60364-6 στην παράγραφο «31.3.11 Πτώση τάσης» αναφέρει ότι πέραν της μεθόδου μέτρησης, η πτώση τάσης μπορεί να αξιολογηθεί με χρήση διαγραμμάτων όμοιων με εκείνο που παρατίθεται ως παράδειγμα στο Παράρτημα Δ «Παράδειγμα ενός διαγράμματος κατάλληλου για την αξιολόγηση της πτώσης τάσης»

Η **ονομαστική τάση** διανομής για την Ελλάδα είναι 230 V φασική /400 V πολική . Αν βρισκόμαστε στο άκρο της γραμμής διανομής του δικτύου τότε ενδέχεται η τάση στο μετρητή μας να έχει "πέσει" αντίστοιχα στα 207 V /360 V. Σ' αυτή την περίπτωση δεν μπορούμε να "ρίξουμε" και άλλο την τάση στην εγκατάσταση μας γιατί τίθεται ασφαλώς θέμα σωστής λειτουργίας των επιμέρους φορτίων της.

Ο σύγχρονος ηλεκτρολογικός και ιδιαίτερα ο σύγχρονος ηλεκτρονικός εξοπλισμός συμβάλλει σε πολύ σημαντικό βαθμό στη βελτίωση του σημερινού επιπέδου ζωής, παράλληλα όμως μπορεί να είναι ευαίσθητος σε διαταραχές της ηλεκτρικής τάσης τροφοδότησης. Οι διαταραχές αυτές της

τάσης (στιγμιαίες διακοπές ή διακυμάνσεις της τάσης και άλλα) μπορούν να προκληθούν τόσο από το δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας όσο και, αρκετά συχνά, από μια εσωτερική ηλεκτρική εγκατάστασή ή από γειτονική εγκατάσταση άλλου καταναλωτή. Άλλωστε το κυριότερο χαρακτηριστικό του προϊόντος «ηλεκτρική ενέργεια» είναι ότι, η ποιότητά του δεν εξαρτάται μόνο από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων της ηλεκτρικής εταιρείας που το παρέχει αλλά και από τη λειτουργία του ηλεκτρικού εξοπλισμού του μεγάλου πλήθους των καταναλωτών και παραγωγών που το χρησιμοποιούν ταυτόχρονα κάθε στιγμή. Ένα μεγάλο πλήθος σύγχρονου ηλεκτρονικού εξοπλισμού μπορεί να επηρεαστεί από τέτοιες διαταραχές της τάσης όπως για παράδειγμα ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τηλεοράσεις, στερεοφωνικά συγκροτήματα, φούρνοι μικροκυμάτων, τηλεφωνικές συσκευές, συσκευές video, DVD's, fax κ.λπ.

Διαταραχές της ηλεκτρικής τάσης και αιτίες τους όπως είναι σύνηθες σε όλα τα δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως, έτσι και στα δίκτυα της ΔΕΗ εμφανίζονται αναπόφευκτες διαταραχές της τάσης τόσο υπό συνθήκες κανονικής λειτουργίας όσο και κατά τη διάρκεια έκτακτων συμβάντων. Κάποιες από αυτές τις διαταραχές της τάσης μπορεί να επηρεάσουν τη λειτουργία του ευαίσθητου ηλεκτρονικού εξοπλισμού σας. Στα εναέρια δίκτυα διανομής η συχνότητα εμφάνισής των διαταραχών αυτών είναι πιο έντονη λόγω της έκθεσης των δικτύων αυτών στην επίδραση εξωγενών παραγόντων και δυσμενών καιρικών συνθηκών.



Εικόνα 4: Κεραυνός πλήττει γραμμή μεταφοράς

2.4 Διαταραχές Τάσης

Η εμφάνιση διαταραχών τάσης μπορεί να οφείλεται σε διάφορες αιτίες, όπως για παράδειγμα:

- στην πτώση κεραυνού
- στην επίδραση ακραίου καιρικού φαινομένου (θύελλα κ.α.) σε εναέριο δίκτυο
- σε πουλιά ή ζώα που προκαλούν βραχυκυκλώματα στα δίκτυα
- στην πτώση στύλου εναερίου δικτύου της ΔΕΗ λόγω πρόσκρουσης οχήματος πάνω του
- στην κοπή υπογείου καλωδίου της ΔΕΗ από μηχάνημα εκσκαφών τρίτου
- στην κοπή αγωγού εναερίου δικτύου της ΔΕΗ λόγω πτώσης δένδρου πάνω του
- σε τυχαία αποκοπή του ουδετέρου αγωγού σε υπόγειο καλώδιο της ΔΕΗ, στα οποία δεν είναι δυνατή η επιθεώρηση
- στην επαναφορά του ρεύματος, κατά την επανηλέκτριση του δικτύου μετά από διακοπή
- σε μεγάλες και συχνές μεταβολές των ηλεκτρικών καταναλώσεων της εσωτερικής ηλεκτρικής εγκατάστασής σας ή άλλων γειτονικών εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων άλλων καταναλωτών (π.χ. ζεύξη/απόζευξη κινητήρων)
- στη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών άλλων καταναλωτών ή ακόμα και των δικών σας ηλεκτρικών συσκευών (π.χ. εμφάνιση συχνότητας πολλαπλάσιας της κανονικής συχνότητας των 50 Hz)

2.5 Μέτρα Αποφυγής Διαταραχών

Μέτρα τα οποία εφαρμόζει η ΔΕΗ για αποφυγή διαταραχών της τάσης Η ΔΕΗ μελετά και κατασκευάζει τα δίκτυά της σύμφωνα με Κανονισμούς και Πρότυπα ανάλογα με εκείνα που ισχύουν σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις ΗΠΑ και, ακολουθώντας και τη διεθνή πρακτική, επιθεωρεί, συντηρεί, ανακαινίζει, ενισχύει και επιτηρεί τη λειτουργία των δικτύων της, σε συνεχή βάση, για να εξασφαλίζει ένα αξιόπιστο και ασφαλές δίκτυο και για να παρέχει ηλεκτρική τάση, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50160 «Χαρακτηριστικά της τάσης που παρέχεται από τα δημόσια δίκτυα διανομής», το οποίο βρίσκεται σε συμφωνία με το αντίστοιχο Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 50160. Μερικά από τα μέτρα που λαμβάνει η ΔΕΗ σε σχέση με τα παραπάνω είναι :

- συστηματική επιθεώρηση των υπέργειων και επισκέψιμων εγκαταστάσεων, για τον έγκαιρο εντοπισμό τυχόν αποκλίσεων από τα προβλεπόμενα από τις εσωτερικές οδηγίες κατασκευής - συντήρησης της ΔΕΗ
- εντοπισμένη συντήρηση στα σημεία που, από την επιθεώρηση, προκύπτει ανάγκη διορθωτικής επέμβασης και προληπτική συντήρηση διακοπτικού εξοπλισμού και υποσταθμών, που συμβάλλουν στη μείωση του πλήθους των βλαβών των δικτύων και των διαταραχών της τάσης
- ανακαίνιση και αναβάθμιση (ενίσχυση) των δικτύων, που βελτιώνουν την αξιοπιστία των δικτύων (μείωση πλήθους βλαβών) και την ποιότητα της τάσης
- εγκατάσταση συσκευών ρύθμισης της τάσης στους υποσταθμούς και στα δίκτυα, με στόχο τη διατήρηση της τάσης εντός των προβλεπόμενων ορίων της
- κλάδεμα δένδρων για διατήρηση αποστάσεων ασφαλείας των κλάδων τους από τα δίκτυα, που συμβάλλουν στη μείωση των διακοπών και των βυθίσεων της τάσης
- εγκατάσταση αλεξικέραυνων, για την αποφυγή βλαβών σημαντικού εξοπλισμού της ΔΕΗ (μετασχηματιστών, διακοπτικού εξοπλισμού κ.λπ.) και διαταραχών της τάσης, εξαιτίας κεραυνικών πληγμάτων

- τηλεπιτήρηση και τηλεχειρισμός δικτύων μέσω Κέντρων Ελέγχου Δικτύων, με στόχο τη μείωση του χρόνου διακοπής των καταναλωτών, λόγω βλαβών ή προγραμματισμένων εργασιών στα δίκτυα
- εντοπισμένες διορθωτικές παρεμβάσεις στα δίκτυα (π.χ. ενίσχυση δικτύων, ισοκατανομή φορτίων), όπου και όποτε διαπιστώνεται από μετρήσεις ότι απαιτείται, για τη συμμόρφωση των χαρακτηριστικών της τάσης με τα προβλεπόμενα, από το πρότυπο EN 50160, όρια
- συνεργασία με καταναλωτές ή παραγωγούς για την από μέρους τους λήψη μέτρων (για παράδειγμα εγκατάσταση πυκνωτών, φίλτρων και άλλα) για την αρχική σύνδεση των εγκαταστάσεών τους στο δίκτυο ή σε όσες περιπτώσεις διαπιστώνονται ανεπίτρεπτες διαταραχές τάσης που οφείλονται στη λειτουργία ήδη συνδεδεμένων εγκαταστάσεών τους.

Η ΔΕΗ, στο στρατηγικό της σχέδιο για την περίοδο 2009 - 2014, έχει εντάξει πολύ μεγάλες επενδύσεις στα δίκτυα Διανομής, ύψους 3,1 δισ. €, που θα αναβαθμίσουν περαιτέρω την ποιότητα της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας ενώ παράλληλα θα βελτιώσουν το λειτουργικό κόστος της, προς όφελος των καταναλωτών.



Εικόνα 4: Συντήρηση στύλου ΔΕΗ

Ωστόσο παρά τη λήψη όλων των δυνατών μέτρων από τη ΔΕΗ είναι αντικειμενικά και πρακτικά αδύνατο να αποκλεισθεί παντελώς η εμφάνιση διαταραχών της τάσης (μειώσεις της τάσης, υπερτάσεις, διακοπές βραχείας ή μακράς διάρκειας κ.λπ.) που οφείλονται στις προαναφερόμενες αιτίες με αποτέλεσμα η τάση να αποκλίνει από την επιζητούμενη ιδανική μορφή της (σταθερή και απόλυτα ημιτονοειδή τάση). Η αναπόφευκτη αυτή εμφάνιση διαταραχών τάσης προβλέπεται από το Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ EN 50160.

2.6 Υποσταθμοί

Ένας υποσταθμός αποτελείται από τα παρακάτω τέσσερα τμήματα.

- Το τμήμα του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης (15-20 ΕΥ) της ΔΕΗ.
- Το τμήμα του ηλεκτρικού πίνακα μέσης τάσης (15-20 ΕΥ) του καταναλωτή.
- Τον μετασχηματιστές ισχύος.
- Το γενικό πίνακα Χ.Τ.



Εικόνα 5: Εσωτερικό μέρος υποσταθμού ΧΤ Νοσοκομείου

Το τμήμα που αφορά στη ΔΕΗ πρέπει να είναι στεγασμένο ανάλογα με τον τύπο παροχής. Όταν που αναφερόμαστε σε στεγασμένο τμήμα, ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να δώσει στη ΔΕΗ χώρο διαστάσεων περίπου 5x3 και ύψους 3m ώστε να εγκαταστήσει τους ηλεκτρικούς πίνακες όπου εγκαθιστά τα μέσα προστασίας και μέτρησης. Σε κάθε περίπτωση ο καταναλωτής υποχρεούται πρέπει να προβλέψει ιδιαίτερο χώρο για τη στέγαση του δικού του τμήματος του υποσταθμού. Είναι προτιμότερο ο καταναλωτής να προβλέψει τρεις ανεξάρτητους χώρους για την εγκατάσταση αντίστοιχα του τμήματος Μ.Τ. του Μ/Σ ισχύος και του γενικού πίνακα Χ.Τ.

Ο γενικός πίνακας Χ.Τ. πρέπει να είναι σε ανεξάρτητο χώρο. Οι διαστάσεις των παραπάνω χώρων καθορίζονται από τις διαστάσεις των μηχανημάτων που θα στεγάσουν, τη λειτουργικότητα των χώρων αυτών και φυσικά τις απαιτήσεις του Κτιριολογικού Κανονισμού.

Προκειμένου να εγκατασταθεί υποσταθμός Μ.Τ. σε εσωτερικό χώρο, πρέπει αρχικά να καθοριστεί η θέση του, τόσο σε σχέση με το κτίριο ή τα κτίρια που πρέπει να εξυπηρετήσει, όσο και με τις δυνατότητες τροφοδότησής του από το δίκτυο μέσης τάσης της ΔΕΗ. Ο τρόπος τροφοδότησης ενός υποσταθμού από την ΔΕΗ έχει ιδιαίτερη σημασία για τους παρακάτω λόγους.

Αν πρόκειται ο υποσταθμός να τροφοδοτηθεί από εναέριο δίκτυο Μ.Τ. είναι υποχρεωτικό να προηγηθεί μελέτη όδευσης του δικτύου ώστε να αποφευχθούν τυχών υπάρχοντα εμπόδια από κτίρια και άλλα δίκτυα ή δέντρα και να καταστεί εφικτή η μελλοντική κτιριακή επέκταση των εγκαταστάσεων οι οποίες βρίσκονται στο ακίνητο που θα ηλεκτροδοτηθεί.

Αν πρόκειται για υπόγεια τροφοδότηση που θα μεσολαβήσει από το εναέριο δίκτυο Μ.Τ. μέχρι τον υποσταθμό, πρέπει η όδευση να μην εμποδίσει την όλη μελλοντική κτιριακή επέκταση και να αποφευχθούν επικίνδυνες προσεγγίσεις με άλλες υπόγειες εγκαταστάσεις.

Αν πρόκειται για τροφοδότηση του υποσταθμού από υπόγειο Μ.Τ. της περιοχής, πρέπει να προβλεφθεί και το ενδεχόμενο να υπάρχει πέρα από το τροφοδοτικό καλώδιο Μ.Τ. και καλώδιο Μ.Τ. που θα αναχωρεί από το πεδίο άφιξης της ΔΕΗ προς άλλον καταναλωτή, κάτι που μόνο η ΔΕΗ μπορεί να καθορίσει ανάλογα με τις ανάγκες της. Για τους λόγους που αναφέρθηκαν όταν γίνεται η προμελέτη ενός υποσταθμού, πρέπει να γίνει απαραίτητα

συνεννόηση του ηλεκτρολόγου με την ΔΕΗ που πρόκειται να ηλεκτροδοτήσει τον υποσταθμό και να καθοριστεί με οδηγίες της η θέση αλλά και ο τρόπος της ηλεκτρικής παροχέτευσης ώστε να προσαρμοστεί το κτίριο του υποσταθμού στις πραγματικές ανάγκες για την απαραίτητη ηλεκτροδότηση.

Είναι σημαντικό ακόμα στα κύρια στοιχεία της προμελέτης να περιλαμβάνεται η προβλεπόμενη μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος και η ισχύς του μετασχηματιστή που θα εγκατασταθεί.

Αφού γίνει ο καθορισμός των στοιχείων της ηλεκτροδότησης και αποδεχθεί ότι η ΔΕΗ έχει καθορίσει τον τύπο ηλεκτροδότησης, ο ηλεκτρολόγος και μόνο αυτός, σχεδιάζει το κτίριο του υποσταθμού σε σκαρίφημα με διαστάσεις και το παραδίδει στον αρμόδιο μελετητή που μπορεί να είναι κάποιος πολιτικός μηχανικός ή αρχιτέκτονας, για την οριστική του αρχιτεκτονική σχεδίαση και τη στατική του μελέτη.



Εικόνα 6: Τυπικό κτίριο υποσταθμού

Ο τύπος ενός κτιρίου εξαρτάται από τον τύπο της παροχέτευσης Μ.Τ. και από τις δυνατότητές στην διαμόρφωση του υποσταθμού σε σχέση με ολόκληρο το κτιριακό συγκρότημα. Ανεξάρτητα όμως από τις δυνατότητες της διαμόρφωσης του χώρου, την κατασκευή του κτιρίου μπορούν να επηρεάσουν κατά κύριο λόγο οι εξής παράγοντες:

Το υλικό της ΔΕΗ το οποίο θα εγκατασταθεί στο κτίριο (πεδία Μ.Τ. της ΔΕΗ), ο ελάχιστος ελεύθερος χώρος προσπέλασης και χειρισμών στους πίνακες Μ.Τ. τόσο της επιχείρησης ηλεκτρισμού, όσο και του καταναλωτή, ο

απαραίτητος χώρος για τον μετασχηματιστή αφού λάβουμε υπόψη και τις πιθανές μελλοντικές ανάγκες του καταναλωτή.

Ο χώρος του Μ/Σ θα εξαρτηθεί τόσο από τις ελάχιστες αποστάσεις των στοιχείων του από τα κτιριακά στοιχεία (τοιίχους, οροφή και υπόλοιπες εγκαταστάσεις), όσο και από πλευράς ψύξης του μετασχηματιστή. Η διέλευση αλλά και η προστασία των καλωδίων Μ.Τ., τόσο της ΔΕΗ όσο και του καταναλωτή, οι απαραίτητοι χώροι για τον χειρισμό της Μ.Τ. και την πιθανή προστασία από πλευράς καταναλωτή, η δυνατότητα της ΔΕΗ να κλειδώνει τις δικές της εγκαταστάσεις (στεγασμένες ή υπαίθριες) που έχουν σχέση με την τροφοδότηση του καταναλωτή, την προστασία από την πλευρά της ΔΕΗ και την μέτρηση της κατανάλωσης και τέλος η ελεύθερη και εύκολη προσπέλαση των τεχνικών της ΔΕΗ προς τις εγκαταστάσεις της χωρίς την μεσολάβηση οποιονδήποτε κλειστών χώρων του καταναλωτή.

Αφού γίνει η απαραίτητη επικοινωνία με την ΔΕΗ και καθορισθεί ο τύπος της παροχής αλλά και ο τρόπος μέτρησης, ο μελετητής ηλεκτρολόγος οριστικοποιεί το προσχέδιο του κτιρίου του υποσταθμού. Τονίζεται ότι το προσχέδιο (σκαρίφημα με διαστάσεις) είναι έργο του μελετητή ηλεκτρολόγου αφού αυτός πρέπει να γνωρίζει τις διαστάσεις των διαφόρων πεδίων και του Μ/Σ, τις απαιτούμενες αποστάσεις τους από τα οικοδομικά στοιχεία (οροφή και τοίχοι), τους απαιτούμενους χώρους των χειρισμών, επισκέψεων και προσπελάσεων, τα απαιτούμενα ανοίγματα για φυσικό αερισμό του μετασχηματιστή, τις διαδρομές των καλωδίων Μ.Τ. και επίσης τον τρόπο προστασίας των καλωδίων Μ.Τ. της ΔΕΗ. Κατά την μελέτη αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη βασικότερα διάφοροι παράγοντες οι οποίοι έχουν σχέση με τον τύπο της παροχής.

2.7 Αναγκαιότητα Συντήρησης

Σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα κάθε εξοπλισμός είναι απαραίτητο να είναι αξιόπιστος αλλά και ανθεκτικός, αλλιώς η ζημιά που προκαλείται από μια βλάβη είναι πολύ σημαντική και στον εξοπλισμό όπως επίσης και στην ασφάλεια του προσωπικού. Η συντήρηση είναι απαραίτητη για την διατήρηση της αξιοπιστίας του συνολικού συστήματος.

Ο Υποσταθμός είναι ένα άκρως σημαντικό κομμάτι του εξοπλισμού παραγωγής για κάθε επιχείρηση, αφού χωρίς ρεύμα τίποτα δεν μπορεί να λειτουργήσει. Επομένως με μια πιθανή μελλοντική διακοπή, σταματάει η παραγωγή, η επιχείρηση με αυτό το τρόπο ζημιώνεται οικονομικά με το κόστος αλλά και το χρόνο αποκατάστασης της βλάβης.

Η φθορά του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ξεκινά από τη στιγμή που θα εγκατασταθεί ο εξοπλισμός. Αυτή επιταχύνεται μέσω των περιβαλλοντολογικών συνθηκών, τη λειτουργία του εξοπλισμού, καθώς επίσης και από τον αποδοτικό κύκλο λειτουργίας του. Χωρίς κάποιον έλεγχο, η διαδικασία της φυσιολογικής φθοράς μπορεί να προκαλέσει κάποια απρόσμενη ηλεκτρική βλάβη ή δυσλειτουργίες στον εξοπλισμό.

Οι βλάβες αυτές μπορούν να συμβούν επίσης και σε έναν καινούργιο υποσταθμό και να οφείλονται σε ελαττώματα κατασκευαστικού τύπου του εξοπλισμού. Παρόλο που και σε αυτή τη περίπτωση η βλάβη θα καλύπτεται από την εγγύηση του εξοπλισμού (άρα η αντικατάσταση δε θα κοστίζει) θα πρέπει να διακοπεί η παραγωγή για να αντικατασταθεί το ελαττωματικό μηχάνημα. Με τη βοήθεια των ελέγχων του εξοπλισμού μπορεί να διαγνωθεί έγκαιρα τέτοιου είδους πρόβλημα ώστε να αντιμετωπιστεί με μια προγραμματισμένη διακοπή.

2.8 Στρατηγική Συντήρησης

Κάποιες χρήσιμες στρατηγικές συντήρησης αναφέρονται παρακάτω:

Διορθωτική συντήρηση : Είναι η παρέμβαση των τεχνικών η οποία γίνεται μόνο σε περίπτωση σφάλματος και μόνο για την επιδιόρθωση-επισκευή του συγκεκριμένου σφάλματος που παρουσιάστηκε. Αυτή η στρατηγική

συντήρησης έχει το πλεονέκτημα του ότι ξοδεύονται χρήματα σε υπηρεσίες αλλά και ανταλλακτικά που χρειάζονται άμεσα και επίσης αποφεύγουμε περιττά έξοδα σε ελέγχους και περιοδική συντήρηση. Από την άλλη πλευρά όμως οι συνέπειες από μια βλάβη στον υπάρχων εξοπλισμό μπορεί να είναι καταστροφικές αλλά και να κοστίσουν ακριβά λόγω των διακοπών της παροχής και μιας πιθανής μελλοντικής καταστροφής του προβληματικού εξοπλισμού και του περιβάλλοντος του ακόμη και λόγω του κινδύνου στην ασφάλεια των ανθρώπων. Έτσι λοιπόν το οικονομικό κέρδος που προσφέρει αυτή η στρατηγική, πολύ γρήγορα εξανεμίζεται από το ιδιαίτερα υψηλό κόστος αποκατάστασης της βλάβης-ζημιάς και την απώλεια εσόδων λόγω του σταματήματος της παραγωγής.

Περιοδική συντήρηση : Αυτό το είδος συντήρησης αποτελείται από μια σειρά προκαθορισμένων ενεργειών οι οποίες εκτελούνται περιοδικά, άσχετα με την κατάσταση του εξοπλισμού.

Προληπτική συντήρηση : Αυτή βασίζεται στη συντήρηση σχετικά με την κατάσταση του εξοπλισμού. Η κατάσταση του εξοπλισμού διαπιστώνεται μέσα από μια σειρά ελέγχων και αναλύσεων που εκτελούνται περιοδικά και βασίζονται στην εμπειρία του προσωπικού συντήρησης. Αυτή βοηθά στο σχεδιασμό διορθωτικών επεμβάσεων όπου κρίνεται απαραίτητο.

Το άμεσο σημαντικό πρόβλημα του μελετητή έγκειται στο να μελετήσει τις γραμμές Χ.Τ. οι οποίες θα μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια από τον υποσταθμό προς τον καταναλωτή. Τα περισσότερα των απαιτούμενων υλικών και συσκευών είναι τυποποιημένα, υπάρχει εν τούτοις ελευθερία στην επιλογή της διατομής των αγωγών και του μεγέθους και της απόστασης των μετασχηματιστών. Η μέγιστη απόσταση ανάμεσα σε έναν Μ/Σ διανομής και τον περισσότερο απομακρυσμένο καταναλωτή, περιορίζεται σημαντικά από τεχνικής φύσεως λόγους, γι' αυτό οι γραμμές διανομής πρέπει να βρίσκονται κοντά σε κάθε φορτίο.

2.9 Περιοριστικοί παράγοντες μελέτης

Κατά τον υπολογισμό δικτύων, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν οι εξής περιοριστικοί παράγοντες:

- α) Η επιτρεπόμενη μεταβολή της τάσης στην κατανάλωση.
- β) Η θέρμανση, η οποία επηρεάζει την φόρτιση του υλικού και των μηχανημάτων.
- γ) Η σπουδαιότητα του εξυπηρετούμενου φορτίου και η απαιτούμενη βεβαιότητα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας,
- δ) Οικονομικής φύσεως παράγοντες.

Έχοντας υπ' όψιν τον αριθμό αναχωρήσεων Χ.Τ. των Υ/Σ διανομής ότι:

Οι Μ/Σ μέχρι και 50 KVA βγάζουν 2 αναχωρήσεις

Οι Μ/Σ μέχρι και 250 KVA βγάζουν 4 αναχωρήσεις

Οι Μ/Σ μέχρι και 630 KVA βγάζουν 6-8 αναχωρήσεις

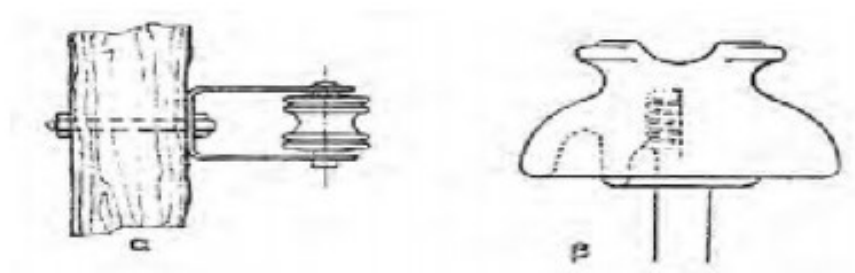
Έτσι λοιπόν συμπεραίνουμε, πως ο τοποθετούμενος Μ/Σ θα έχει 4 αναχωρήσεις γραμμών Χ.Τ. Ενδεικνύεται γι' αυτόν το λόγο η επιλογή της θέσης του σε διασταύρωση. Γενικά, όταν χρησιμοποιείται Μ/Σ για τροφοδότηση κανονικού οικιακού φορτίου ή μικρού βιομηχανικού, απαιτούνται περισσότερες της μιας κύριες γραμμές διανομής, ώστε από τη μια οι ασφάλειες αναχωρήσεων να είναι μικρότερες και οι διατομές μικρότερες και τα μήκη μεγαλύτερα, και από την άλλη η εξυπηρέτηση του καταναλωτή είναι καλύτερη, αφού καθίσταται δυνατή η απομόνωση της βλάβης κύριας γραμμής, χωρίς τη διακοπή της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας προς τις υγιείς γραμμές. Οι υποσταθμοί διανομής πρέπει να τοποθετούνται σε θέση τέτοια ώστε να μην είναι πιθανή μια μελλοντική μετατόπισή τους από οποιαδήποτε αιτία (π.χ. σε ανέγερση οικοδομής λόγω τήρησης της απόστασης ασφαλείας).

Παράλληλα, πρέπει να τοποθετούνται στο κέντρο βάρους των φορτίων και σημαντικό ρόλο έχουν τα μεγάλα φορτία. Σημαντικός παράγοντας για την επιλογή της θέσης του Μ/Σ, είναι και η μελλοντική εξέλιξη της περιοχής και η επέκταση του δικτύου (συνήθως προς δημόσιες οδούς, πλατείες). Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω, επιλέγεται η θέση του μετασχηματιστή ώστε να πληροί κατά τον καλύτερο τρόπο τις παραπάνω προϋποθέσεις.

Το δίκτυο Χ.Τ. της συγκεκριμένης περιοχής οφείλει να τροφοδοτήσει 25 ομοιόμορφα κατανεμημένες οικίες. Από την μελέτη των φορτίων της περιοχής, συμπεραίνουμε, πως ο τοποθετούμενος Μ/Σ θα έχει 4 αναχωρήσεις γραμμών Χ.Τ. Ενδείκνυται γι' αυτόν το λόγο η επιλογή της θέσης του σε διασταύρωση.



Εικόνα 7: Συντήρηση κολώνας
ΔΕΗ



Εικόνα 8: Μονωτήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Γενικές παρατηρήσεις για τη μελέτη των φορτίων μιας περιοχής

Για την μελέτη του δικτύου τροφοδότησής η εκτίμηση των φορτίων μιας περιοχής είναι απαραίτητη.

Όταν η Δ.Ε.Η. ξεκίνησε αυτή τη μελέτη το 1958, η εκτίμηση βασιζόταν στα στοιχεία των παλαιών τοπικών ηλεκτρικών εταιριών που υπήρχαν στα διάφορα μέρη της Ελλάδας λαμβάνοντας υπ' όψιν και το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων των περιοχών που ηλεκτροδοτούσε. Μέχρι και το 1966 εκτιμούσε 0,2 KVA ανά μονοφασική παροχή, για κάθε ένα καταναλωτή ενός μικρού χωριού.

Αργότερα με το πέρασμα των χρόνων και την συνεχώς αυξανόμενη χρήση νέων συσκευών με την αύξηση των καταναλώσεων διαπιστώθηκε ότι τα 0,2 KVA ανά παροχή ήταν λίγα. Σήμερα που έχει ηλεκτροδοτηθεί όλη η Ελλάδα στο σύνολο της, υπάρχουν πολλά στοιχεία για όλες τις περιοχές. Η έννοια φορτίο και βιοτικό επίπεδο έχει πλέον σχεδόν εκλείψει.

Στην πράξη κάθε χρόνο και συγκεκριμένα τον μήνα Δεκέμβριο, τότε που παρατηρείται και η μέγιστη ζήτηση, γίνονται αμπερομετρήσεις με καταγραφικά όργανα. Το μέγιστο φορτίο που μετράται διαιρείται δια του πλήθους των παροχών και έτσι βρίσκεται το φορτίο του καταναλωτή. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της Δ.Ε.Η. για μικρά χωριά εκτιμούνται περίπου 2,5 KVA ανά μονοφασική παροχή για κάθε οικία. Πρακτικά, άξιο αναφοράς είναι ότι πολλές περιοχές που περιλαμβάνουν κυρίως οικιακούς καταναλωτές το συνολικό φορτίο τους δεν ξεπερνά το 50% αυτού που είχε αρχικά εκτιμηθεί, ενώ σε περιοχές που περιέχουν έναν σημαντικό αριθμό καταναλώσεων όπως για παράδειγμα εστιατόρια και ξενοδοχεία, το συνολικό φορτίο τους, φτάνει το 90% αυτού που είχε αρχικά υπολογιστεί.

Τα χαρακτηριστικά των φορτίων των καταναλωτών είναι απαραίτητα:

- i) Για τον υπολογισμό των ηλεκτρικών δικτύων.
- ii) Για την ανάλυση του κόστους εκμετάλλευσης σε διάφορες κατηγορίες καταναλωτών και είδη παροχής.
- iii) Για την καθιέρωση τιμολογίων.

Τα στοιχεία που απαιτούνται για τον καθορισμό των χαρακτηριστικών ενός φορτίου σε ορισμένες περιόδους είναι:

- Η μέση ζήτηση ισχύος ανά πελάτη,
- Το ποσό καταναλισκόμενης ενέργειας ανά πελάτη.
- Ο συντελεστής φορτίου (είναι ο λόγος του μέσου φορτίου μιας περιόδου προς το μέγιστο φορτίο της περιόδου εκείνης),
- Ο συντελεστής ετεροχρονισμού (είναι ο λόγος του αθροίσματος των μέγιστων ζητήσεων ισχύος τμημάτων δικτύου ή μέρους αυτού προς την μέγιστη ζήτηση του όλου δικτύου ή μέρους αυτού, όπως αυτή μετράται στο σημείο τροφοδοτήσεως).
- Ο συντελεστής ταυτοχρονισμού (είναι ο αντίστροφος του συντελεστή ετεροχρονισμού).
- Ο συντελεστής ισχύος (είναι ο λόγος της πραγματικής ισχύος του καταναλωτή προς την φαινόμενη αυτού).

3.2 Στύλοι και κολώνες

Η παροχή ΧΤ (400V, 230V) σε πελάτες που κάνουν χρήση της χαμηλής τάσης γίνεται μέσω γραμμών ΧΤ (από γυμνούς αγωγούς ή συνεστραμμένα καλώδια) οι οποίες ξεκινούν από τον πίνακα χαμηλής τάσης (το ασφαλειοκιβώτιο) του υποσταθμού. Μπορούν να βρίσκονται και σχετικά κοντά στις κατοικίες λόγω του ότι η χρησιμοποιούμενη τάση είναι χαμηλή, με την χρήση ειδικών στυλίσκων που στερεώνονται στους τοίχους των κτιρίων. Η παροχή ΜΤ σε καταναλωτές αφορά απορροφημένες εντάσεις ρεύματος άνω των 200Α ανά φάση, όπως συμβαίνει για παράδειγμα συνήθως σε βιομηχανίες, νοσοκομεία, μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες, κτήρια ΑΕΙ κλπ. Στη μέση τάση αλλά και στη χαμηλή χρησιμοποιούνται ξύλινοι στύλοι και μερικές φορές στις πόλεις, στύλοι κατασκευασμένοι από τσιμέντο (και σπανιότερα μεταλλικοί). Η εγκατάσταση και τα υλικά κάθε ξύλινου στύλου είναι τυποποιημένα. Οι γυμνοί αγωγοί των εναέριων δίκτυα ΧΤ είναι από κλώνους αλουμινίου (ή χαλκού). Στη μέση τάση στα εναέρια δίκτυα χρησιμοποιούνται γυμνοί αγωγοί ACSR, δηλαδή αγωγοί οι οποίοι αποτελούνται από κλώνους αλουμινίου και χάλυβα.



Εικόνα 9: Γραμμή μέσης τάσης στη περιοχή της Πάτρας, στον ίδιο στύλο είναι αναρτημένη και η γραμμή χαμηλής τάσης

Η στήριξη των αγωγών πάνω στις ξύλινες τραβέρσες γίνεται με τη χρήση μονωτήρων οι οποίοι εξασφαλίζουν τη διηλεκτρική αντοχή μεταξύ αγωγών και αγωγών προς γη. Στο τέλος μιας εναέριας γραμμής ή σε αλλαγή της κατεύθυνσης της τοποθετούνται επίτονα για το λόγο ότι εκεί αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις που οι στύλοι δεν αντέχουν.

Τα επίτονα είναι συρμάτινα σχοινιά από ατσάλι που αγκυρώνονται εντός του εδάφους κατά τον κανονισμό για παράδειγμα της ΔΕΗ F-25B. Τοποθετούνται πάντοτε εντατήρες ώστε το συρμάτινο αυτό σχοινί να τανυστεί σωστά και επίσης δένεται ψηλά στο στύλο. Οι αντηρίδες είναι ξύλινοι στύλοι οι οποίοι τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να στηρίζουν τους κύριους στύλους.

Ο επίτονος σε στύλους ΜΤ έχει μονωτήρα στην πάνω μεριά του (δηλαδή προς το σημείο πρόσδεσής του στο στύλο), προς αποφυγή σπινθηρισμών (εκκενώσεων) από τους αγωγούς προς τον επίτονο. Έχει συνήθως και προφυλακτήρα (είναι ένα προστατευτικό μεταλλικό κάλυμμα) προς τη μεριά πρόσδεσής του στο έδαφος. Οι επίτονοι σε στύλους ΧΤ δεν διαθέτουν τον μονωτήρα που αναφέρθηκε νωρίτερα γιατί δεν υφίσταται πρόβλημα σπινθηρισμών στους αγωγούς και στους μονωτήρες χαμηλής τάσης.



Εικόνα 10: Ξύλινος πυλώνας με ξύλινη τραβέρσα. Με μονωτήρες για την στήριξη των γυμνών αγωγών μιας γραμμής μέσης τάσης. Διακρίνεται και η πρόσδεση του επιτόνου στο στύλο.

Σημειώνεται ακόμα ότι στη βιβλιογραφία αλλά και τους διεθνείς κανονισμούς, δεν προβλέπεται γείωση των επιτόνων αφού πρόκειται για συρμάτινα σχοινιά που χρησιμοποιούνται μόνο για την ορθή στήριξη των στύλων. Τέλος, σημαντικό είναι πολλές φορές να γίνεται χρήση των δίδυμων στύλων, δηλαδή 2 στύλων μαζί οι οποίοι συνδέονται με κοχλίες, εκεί που είναι αδύνατη η χρησιμοποίηση επιτόνου ή αντηρίδας.

3.3 Αποστάσεις Αγωγών Φάσεων και Μεταξύ Πυλώνων και Αγωγών

Η απόσταση a , μεταξύ των αγωγών σε περιοχές με κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες δίνεται κατά τους διεθνείς κανονισμούς VDE0210 στο μέσο δυο σημείων ανάρτησης από την παρακάτω σχέση:

$$a \geq k \sqrt{f + I_K} + \frac{U_N}{150 \text{ kV}} \quad \text{σε (m)}$$

Όπου:

a = η απόσταση δύο φάσεων

f = το μέγιστο βέλος του αγωγού

I_K = το μήκος ερπυσμού των μονωτήρων

U_N = η ονομαστική τάση λειτουργίας

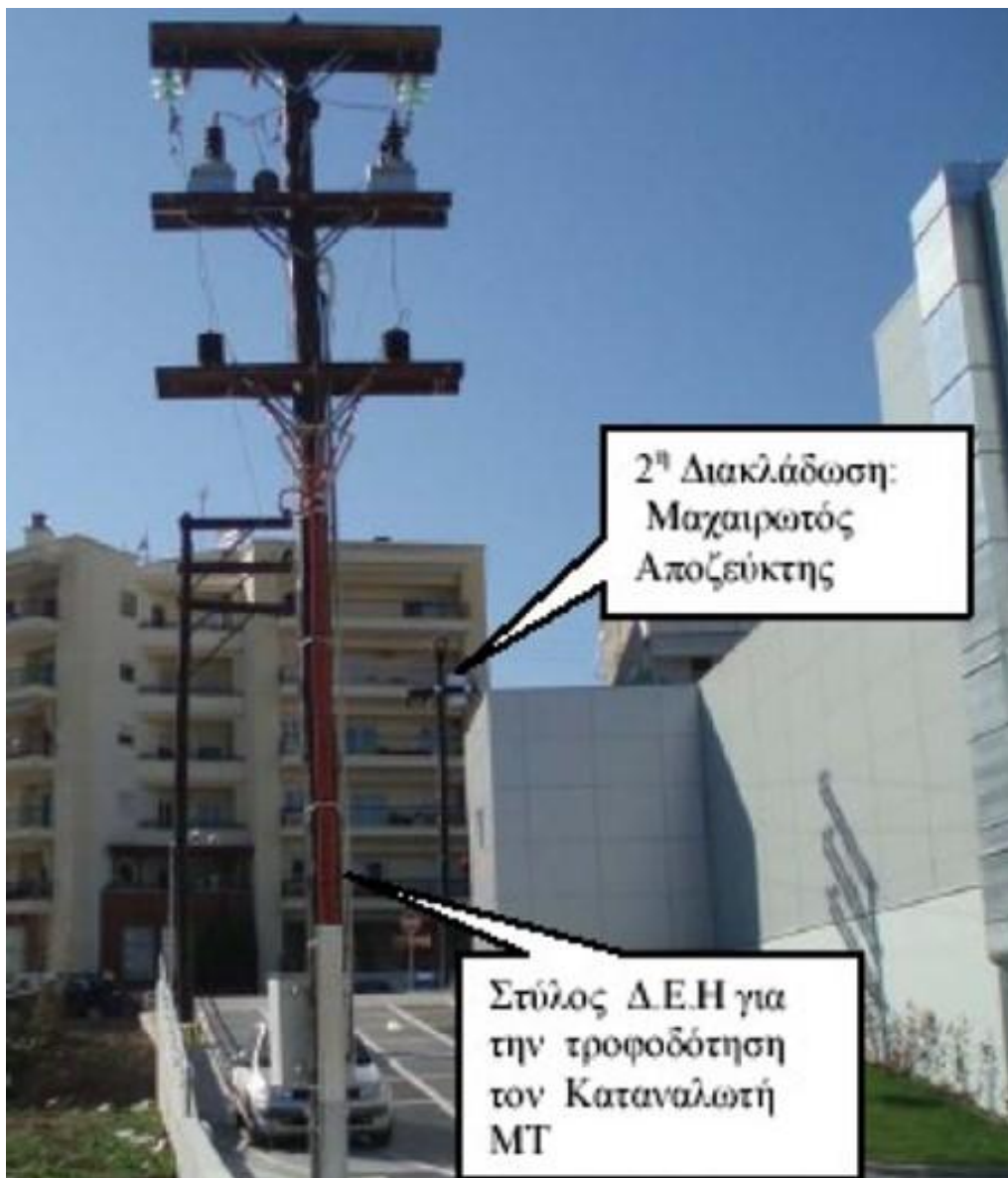
3.4 Ανάλυση Στύλων Σχεδίου

Στο σχέδιο μας η Δ.Ε.Η έχει χρησιμοποιήσει στύλους στους οποίους τα χαρακτηριστικά αναγράφονται μέσα σε ένα κύκλο. Κάθε στύλος αποτελείται κυρίως από πέντε χαρακτηριστικά:

- Το ύψος
- Την κατηγορία κλών του στύλου
- Το είδος κατασκευής του στύλου
- Το επίτονο (αν υπάρχει) και το συρματόσκοινο
- Η γείωση

Δηλαδή σε ένα στύλο εναέριας μεταφοράς με χαρακτηριστικά 11M, F21X, S11, F31 έχουμε

- 11μετρα ύψος
- τύπου κατασκευής S11
- F21x επιτονο κολόνας
- Μ6Μ τα μέτρα του συρματόσκοινου και η ευλυγισία του και F31 η γείωση.



Εικόνα 11: Στόλος εντός αστικής περιοχής

3.5 Αγωγοί

3.5.1 Ιστορία των ηλεκτρικών καλωδίων

Αμέσως μετά την ανακάλυψη του συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος εμφανίστηκαν τα καλώδια. Η ανάγκη μεταφοράς του μέχρι τότε δεν ήταν σημαντική. Μόνο το ηλεκτρικό φορτίο το οποίο παραγόταν από χημικές ουσίες ή άλλες διαδικασίες μεταφερόταν σε δοχεία Leaden μέσω χάλκινων συρμάτων. Μετά την ανακάλυψή τους άρχισαν να διαδίδονται σιγά σιγά σε ορισμένες βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες.

Όπως ανακαλύφθηκε μετά από καιρό το ηλεκτρικό ρεύμα είναι ένας πολύ καλός φορέας ενέργειας και η κατασκευή και χρήση των καλωδίων συστηματοποιήθηκε.

Άρχισαν λοιπόν, να εμφανίζονται τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και δημιουργήθηκαν έτσι τα πρώτα εκτεταμένα δίκτυα καλωδίων για τη διανομή του ρεύματος που παραγόταν.

3.5.2 Κατηγορίες Καλωδίων

Υπάρχουν πολλών ειδών καλώδια τα οποία εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς:

- Καλώδια υψηλής τάσης: Για τη μεταφορά ρεύματος από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος στις εγκαταστάσεις.
- Καλώδια χαμηλής τάσης: Για τη διανομή του ρεύματος σε κτίρια.
- Καλώδια για εντοιχισμό: Για τη μεταφορά ρεύματος εντός των κτηρίων ως μόνιμη ηλεκτρολογική εγκατάσταση.
- Υπόγεια καλώδια: Για την υπόγεια μεταφορά ρεύματος.
- Υποθαλάσσια καλώδια.
- Καλώδια συσκευών: Μεταφέρουν ρεύμα από την πρίζα στη συσκευή.

3.5.3 Αγωγοί γραμμών μεταφοράς

Οι αγωγοί αποτελούν το μοναδικό μέσο μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτοί ανάλογα με την κατασκευή τους διακρίνονται σε μονόκλωνους (από ένα σύρμα) και σε πολύκλωνους (από περισσότερα του ενός συνεστραμμένα σύρματα με συνολική διατομή μεγαλύτερη από 6 mm^2). Οι πολύκλωνοι αγωγοί είναι σαφώς πιο ακριβοί όμως χρησιμοποιούνται περισσότερο λόγω της μεγαλύτερης ευκαμψίας τους αλλά και της μεγαλύτερης μηχανικής αντοχής τους. Τα σημαντικότερα υλικά κατασκευής των αγωγών είναι ο χαλκός και το αλουμίνιο.

Ο χαλκός παρουσιάζει μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και αρκετά μεγάλη μηχανική αντοχή, έχει όμως ιδιαίτερα μεγάλο κόστος και μεγάλο βάρος. Έτσι χάλκινοι αγωγοί χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στις γραμμές διανομής.

Το αλουμίνιο με την μορφή κραμάτων έχει πολύ μικρό βάρος και παρά την μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητά του χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στις γραμμές μεταφοράς λόγω του χαμηλού κόστους. Για να αυξηθεί η μηχανική αντοχή οι πολύκλωνοι αγωγοί από αλουμίνιο έχουν ένα εσωτερικό αγωγό από χάλυβα υψηλής αντοχής γύρω από τον οποίο είναι συνεστραμμένοι οι αγωγοί από αλουμίνιο. Οι αγωγοί κατασκευάζονται σε κομμάτια ορισμένου μήκους και για να σχηματισθεί γραμμή μήκους πολλών χιλιομέτρων και πολλά τέτοια κομμάτια ενώνονται μεταξύ τους με την βοήθεια συνδετήρων ή σφιγκτήρων.

Ανάλογα με την τάση του δικτύου διακρίνουμε τα παρακάτω είδη καλωδίων :

- Καλώδια Χαμηλής Τάσης : $UN < 1 \text{ kV}$
- Καλώδια Μέσης Τάσης : $1 \text{ kV} < UN < 45 \text{ kV}$
- Καλώδια Υψηλής Τάσης : $UN > 60 \text{ kV}$

Υλικό: Οι αγωγοί των καλωδίων κατασκευάζονται από ηλεκτροτεχνικό χαλκό E-Cu ή ηλεκτροτεχνικό αλουμίνιο E-Al. Ο όρος ηλεκτροτεχνικός (E) φανερώνει ότι πρόκειται για τεχνικό υλικό υψηλής αγωγιμότητας. Ακόμη τα μέταλλα αυτά είναι κατεργασμένα θερμικά ώστε να είναι εύκαμπτα. Ο χαλκός έχει υψηλή αγωγιμότητα και όταν είναι σκληρής ολκήσεως, εμφανίζει μεγάλη μηχανική αντοχή. Το βασικό τεχνικό μειονέκτημα είναι το βάρος του. Το αλουμίνιο είναι κατώτερο του χαλκού σε αγωγιμότητα και αντοχή, αλλά είναι φθηνότερο και πολύ ελαφρύτερο από το χαλκό. Ένα ακόμα μειονέκτημά του είναι επίσης ότι δε συγκολλείται με μαλακή κόλληση χαμηλού σημείου τήξεως (π.χ. κασιτεροκόλληση) και ότι διαβρώνεται ευκολότερα λόγω ηλεκτροχημικών δράσεων.

Διατομή: Η μορφή της διατομής είναι κυκλική.

3.5.4 Μόνωση

Το μονωτικό υλικό και το πάχος του προσδιορίζει την ηλεκτρική αντοχή του καλωδίου σε τάση, αλλά και την μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος φόρτισης του αγωγού, γιατί αυτή είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας στην οποία αντέχει το μονωτικό. Το είδος της μόνωσης είναι αυτό που καθορίζει τόσο τη μέγιστη συνεχή όσο και την παροδικά επιτρεπόμενη θερμοκρασία. Η επιλογή της μόνωσης γίνεται ανάλογα με την εφαρμογή, στην οποία λαμβάνονται υπόψη οι ηλεκτρικές, θερμικές και μηχανικές ιδιότητες, καθώς και η δυνατότητα εύκολης εγκατάστασης του καλωδίου, σε σχέση με την ευκαμψία του ή τη μηχανική αντοχή του. Οι ιδιότητες μόνωσης στα καλώδια χαρακτηρίζονται κυρίως από τη διηλεκτρική αντοχή σε kV/mm, την ωμική αντίσταση του υλικού, το συντελεστή απωλειών και το μέγεθος των μικρο-εκκενώσεων (μη αυτοσυντηρούμενες εκκενώσεις στο διηλεκτρικό). Οι μικρο-εκκενώσεις είναι υπεύθυνες για τη βαθμιαία διάβρωση του υλικού και καταστροφή του. Η μονωτική ικανότητα ενός καλωδίου δίνεται κατά VDE 0271 από τις ονομαστικές τάσεις του U_0 και U_N . Συγκεκριμένα, η ονομαστική τάση U_0 είναι η τάση μεταξύ αγωγού και γης (ή μεταξύ αγωγού και μεταλλικής επένδυσης του καλωδίου), ενώ η ονομαστική τάση U_N είναι η τάση μεταξύ αγωγών και φάσεων.

3.5.5 Τύποι εναέριων Γραμμών Μεταφοράς

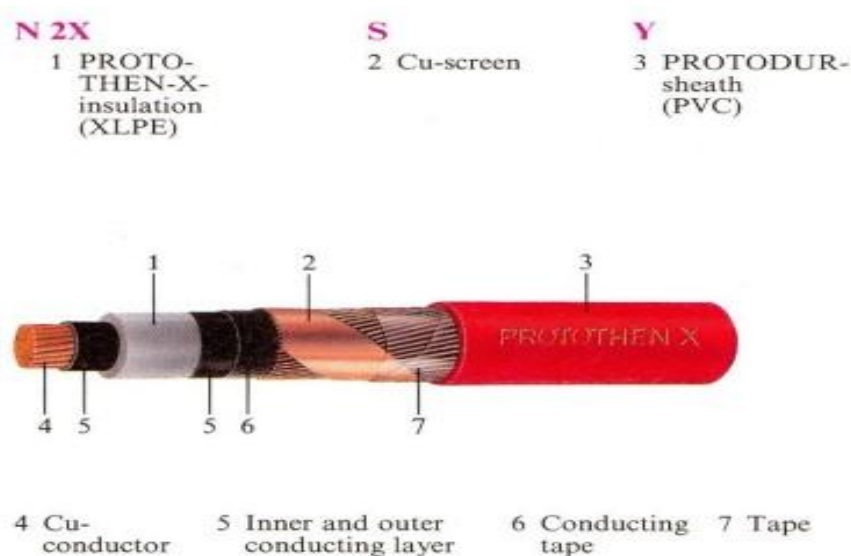
Ο χαρακτηρισμός μίας γραμμής αφορά τον τύπο της γραμμής (ελαφρού (E) ή βαρέως (B) ή υπερβαρέως (B') τύπου), τον αριθμό των κυκλωμάτων (το 2 υποδηλώνει γραμμή διπλού κυκλώματος) ενώ το B'B' στον χαρακτηρισμό των γραμμών 400kV αναφέρεται στη χρήση 2 αγωγών, στερεωμένων σε μικρή απόσταση μεταξύ τους ανά φάση (και κύκλωμα). Όλοι οι αγωγοί είναι τύπου ACSR, οι διατομές των αγωγών μεταφοράς εκφράζονται σε mil circular mils (MCM) σύμφωνα με την αμερικανική τυποποίηση και αναφέρονται στην επιφάνεια του Al της σύνθετης διατομής ACSR ($1 \text{ MCM} = 0,5067 \text{ mm}^2$).

Εμείς στην μελέτη μας θα αναφερθούμε μόνο στα καλώδια χαμηλής τάσης.

Οι γραμμές XT είναι αυτές που μεταφέρουν ηλεκτρική ενέργεια από τους Υποσταθμούς Διανομής μέχρι τους καταναλωτές. Η τροφοδότηση λοιπόν των καταναλωτών με ηλεκτρικό ρεύμα γίνεται με ηλεκτρικούς αγωγούς. Οι ηλεκτρικοί αγωγοί, ανάλογα με την περίπτωση μπορεί να είναι γυμνοί, μονωμένοι και καλυμμένοι με προστατευτικό μανδύα.

Για την κατασκευή των αγωγών στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως δύο αγώγιμα υλικά:

A) Ο χαλκός ο οποίος έχει πολύ μεγάλη ειδική αγωγιμότητα, έχει υψηλή μηχανική αντοχή, είναι ανθεκτικός στη διάβρωση και κατεργάζεται εύκολα.

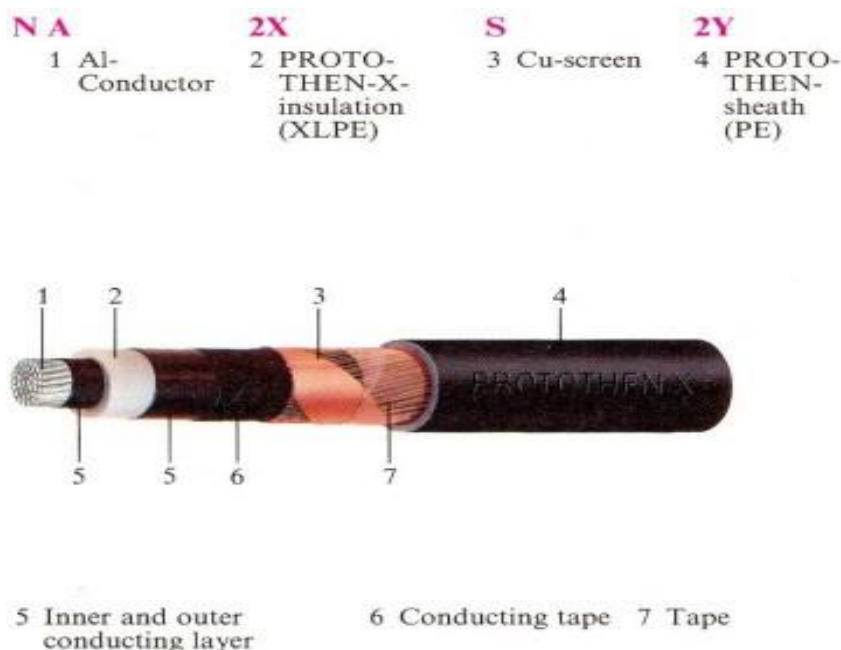


Εικόνα 12: Αγωγός χαλκού

B) Το αλουμίνιο που έχει μικρότερη ειδική αγωγιμότητα από το χαλκό είναι όμως πάρα πολύ ελαφρύτερο. Ένας αγωγός αλουμινίου για να έχει την ίδια αγωγιμότητα με έναν χάλκινο, πρέπει η διατομή του να είναι κατά 60% μεγαλύτερη. Το βάρος του στην περίπτωση αυτή είναι ίσο με το 50% του βάρους του χάλκινου αγωγού. Οι αγωγοί αλουμινίου είναι φθηνότεροι από τους χάλκινους.

Αγωγοί αλουμινίου χρησιμοποιούνται στα εναέρια δίκτυα διότι εμφανίζουν κάποια μειονεκτήματα σε σχέση με τους χάλκινους όπως τα παρακάτω:

- Σχηματίζει επιφανειακό στρώμα οξειδίου, όταν ενώνεται με το οξυγόνο του αέρα, που είναι κακός αγωγός.
- Σχηματίζει, όταν υπάρχει υγρασία, στην ένωσή του με τους συνηθισμένους χάλκινους ή ορειχάλκινους ακροδέκτες, κλειστό γαλβανικό στοιχείο με αποτέλεσμα να προκαλείται ηλεκτρολυτική διάβρωση του αλουμινίου.
- Είναι πολύ μαλακό υλικό και τραυματίζεται εύκολα από τους κοχλίες των ακροδεκτών στις συνδέσεις.
- Δεν αντέχει σε πολλές κάμψεις.
- Όταν βρίσκεται σε πίεση, παραμορφώνεται με την πάροδο του χρόνου και χαλαρώνονται οι συνδέσεις.



Εικόνα 13: Αγωγός αλουμινίου

Για αυτούς τους λόγους χρησιμοποιείται στις εξωτερικές εναέρια εγκαταστάσεις, ενώ για τις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ο χάλκινος αγωγός.

Οι αγωγοί κατασκευάζονται σε κομμάτια ορισμένου μήκους και για να σχηματισθεί γραμμή μήκους πολλών χιλιομέτρων πολλά τέτοια κομμάτια ενώνονται μεταξύ τους με την βοήθεια συνδετήρων ή σφιγκτήρων.

Οι αγωγοί των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και τα καλώδια, τυποποιούνται από τις διάφορες χώρες και ως προς το μέγεθος και ως προς τη μορφή. Στην Ελλάδα κυκλοφορούν συνήθως στο εμπόριο ηλεκτρικοί αγωγοί της γερμανικής τυποποίησης V.D.E.(Verband Deutscher Electrotechniker), ο οποίος ακολουθεί γενικά τη διεθνή τυποποίηση I.E.C.(International Electrotechnical Commission) προς την οποία προσαρμόζονται και οι τυποποιήσεις όλων των άλλων κρατών.

Οι διάφοροι τύποι μονωμένων αγωγών και καλωδίων έχουν διάφορες ονομασίες που αποτελούνται από ορισμένα γράμματα και αριθμούς.

Οι κανονισμοί που έχουν σχέση με τα καλώδια χαμηλής τάσης είναι:

- Κανονισμοί VDE
- Κανονισμοί ΕΛΟΤ
- Κανονισμοί IEC

Στην παρούσα μελέτη γίνεται χρήση αγωγών ACSR οι οποίοι θα αναλυθούν εκτενέστερα στη συνέχεια.

3.5.6 Αγωγοί από Χάλυβα-Αλουμίνιο (ACSR)

Το πλεονέκτημα των αγωγών αλουμινίου αντιμετωπίζεται με επιτυχία με τους αγωγούς ACSR. Αυτοί οι αγωγοί έχουν ψυχή από κλώνους με γαλβανισμένο χάλυβα. Τα κενά των εσωτερικών στρώσεων του αγωγού, προστατεύονται με ειδικό γράσο, κατάλληλο για τις συνθήκες λειτουργίας του αγωγού. Ο χάλυβας αναλαμβάνει τη μηχανική αντοχή και το αλουμίνιο το μεγαλύτερο μέρος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

Οι αγωγοί ACSR έχουν σχεδόν 50% μεγαλύτερη αντοχή από τους αγωγούς χαλκού και είναι περίπου 20% ελαφρύτεροι για ισοδύναμη διατομή με το χαλκό. Χρησιμοποιούνται στις γραμμές υψηλής τάσης γιατί μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερο άνοιγμα των πυλώνων (απόσταση μεταξύ πυλώνων). Ακόμη είναι πιο φθηνοί και παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες λόγω του φαινομένου Corona.

Ο εναέριος αγωγός ACSR προορίζεται αποκλειστικά για χρήση σε εναέρια δίκτυα μεταφοράς ισχύος και είναι κατάλληλος για εναέρια εγκατάσταση μεταξύ πυλώνων.

3.6 Χαρακτηριστικά των Γραμμών

3.6.1 Ωμική αντίσταση αγωγού

Οι αγωγοί των εναέριων γραμμών παρουσιάζουν ωμική αντίσταση η οποία δεν είναι σταθερή, αλλά επηρεάζεται από τρεις βασικούς παράγοντες:

- I. Τη θερμοκρασία
- II. Τη συχνότητα
- III. Τη πυκνότητα του ρεύματος

Η ωμική αντίσταση των αγωγών στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

Στο Ε.Ρ. παρατηρείται μεγαλύτερη πυκνότητα του ρεύματος στην επιφάνεια των αγωγών σε σχέση με το κέντρο τους. Η πυκνότητα του ρεύματος κοντά στην επιφάνεια των αγωγών γίνεται ακόμα μεγαλύτερη όσο αυξάνει η συχνότητα. Αυτό το φαινόμενο το οποίο ονομάζεται επιδερμικό φαινόμενο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών επειδή μειώνεται η διατομή την οποία διαρρέει το ηλεκτρικό ρεύμα.

Η ωμική αντίσταση του αγωγού στο Ε.Ρ. μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση :

$$R_{ε.ρ.} = κ * R_{σ.ρ.}$$

Όπου:

$R_{ε.ρ.}$: η ωμική αντίσταση του αγωγού στη καθορισμένη συχνότητα (Ω/km)

$R_{σ.ρ.}$: η ωμική αντίσταση του αγωγού στο Σ.Ρ. (Ω/km)

κ : συντελεστής που εξαρτάται από τη συχνότητα.

Για συχνότητα 50HZ η αύξηση της ωμικής αντίστασης των αγωγών είναι πάρα πολύ μικρή (μικρότερη του 1%) για τις συνηθισμένες διατομές. Όταν η μεγάλη ακρίβεια δεν είναι αναγκαία μπορεί να παραληφθεί η αύξηση της ωμικής αντίστασης λόγω του επιδερμικού φαινομένου.

Τέλος για τον υπολογισμό της αντίστασης των αγωγών λαμβάνεται υπόψη το μήκος του ανοίγματος μεταξύ των σημείων στήριξής τους και όχι το πραγματικό μήκος που εξαρτάται από το βέλος των γραμμών. Η σχετική διαφορά μήκους είναι περίπου της τάξης του 0,4-0,8%.

3.6.2 Επαγωγική αντίσταση αγωγού

Όταν ένας αγωγός διαρρέεται από Ε.Ρ. δημιουργεί γύρω του ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο αντιδρά στην αιτία που το προκάλεσε δηλαδή το ρεύμα. Επίσης επιδρά και στα ρεύματα των αγωγών που βρίσκονται κοντά. Η αντίδραση αυτή του μαγνητικού πεδίου έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μιας αδράνειας στην κίνηση των ηλεκτρονίων και σ' αυτήν οφείλεται η επαγωγική αντίσταση των γραμμών.

Η επαγωγική αντίσταση των αγωγών X_L δίνεται από τη σχέση:

$$X_L = \omega L = 2\pi fL \text{ σε } \Omega.$$

Όπου

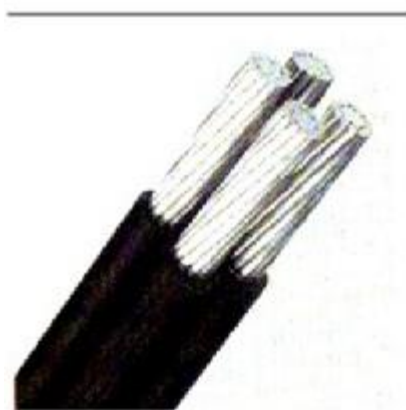
ω : κυκλική συχνότητα

f : η συχνότητα (Hz)

L : ο συντελεστής αυτεπαγωγής (H)

3.7 Συντήρηση

Οι αγωγοί πρέπει συχνά να ελέγχονται για υπερθέρμανση στα σημεία σύνδεσης. Η υπερθέρμανση αυτή δημιουργείται στις κοχλιωμένες συνδέσεις όταν δεν είναι καλά σφιγμένες οπότε και δημιουργούνται κηλίδες, ιδιαίτερα σε χάλκινους αγωγούς. Για τον έλεγχο αυτής της υπερθέρμανσης όταν ο υποσταθμός είναι σε λειτουργία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανιχνευτές υπερύθρων. Κατά την διάρκεια μιας προληπτικής συντήρησης (τη στιγμή που ο υποσταθμός είναι εκτός λειτουργίας) είναι ανάγκη να γίνεται ένας έλεγχος για την σωστή σύσφιξη των συνδέσεων.



Εικόνα 14: Εναέριο καλώδιο ΧΤ με συνεστραμμένους πόλους. Ονομαστική τάση 0.6/1 kV

3.8 Διατομές και Είδη

Σύμφωνα λοιπόν με τους κανονισμούς της Δ.Ε.Η. οι διατομές και τα είδη των αγωγών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εναερίων δικτύων διανομής Χ.Τ. είναι οι εξής:

- Αγωγοί αλουμινίου ισοδύναμης διατομής χαλκού 16 mm^2 , 35 mm^2 και 50 mm^2 εσωτερικά γρασαρισμένοι.
- Αγωγοί ACSR ισοδύναμης διατομής χαλκού 16 mm^2 εσωτερικά γρασαρισμένοι.
- Αγωγοί AAAC διατομής 35 mm^2 . εσωτερικά γρασαρισμένοι. Συνεστραμμένα καλώδια διατομής $3 \times 35 \text{ mm}^2 + 54,6 \text{ mm}^2 \text{ Al AAAC} + 25 \text{ mm}^2$, $3 \times 70 \text{ mm}^2 + 54,6 \text{ mm}^2 \text{ Al AAAC} + 25 \text{ mm}^2$.

Στα δίκτυα Χ.Τ. η διατομή των αγωγών καθορίζεται με βάση τα φορτία τα οποία πρέπει να εξυπηρετηθούν και με υπολογισμό της πτώσης τάσης σε κάθε αναχώρηση Χ.Τ. από τον Υ/Σ διανομής. Ακόμα, ελέγχεται ώστε να είναι επαρκής, για την τήρηση της συνθήκης ουδετέρωσης, την θερμική αντοχή των αγωγών και την βύθιση τάσης, εφ' όσον το δίκτυο τροφοδοτεί σημαντικά φορτία κίνησης (κινητήρες, ηλεκτροσυγκολλήσεις κλπ.).

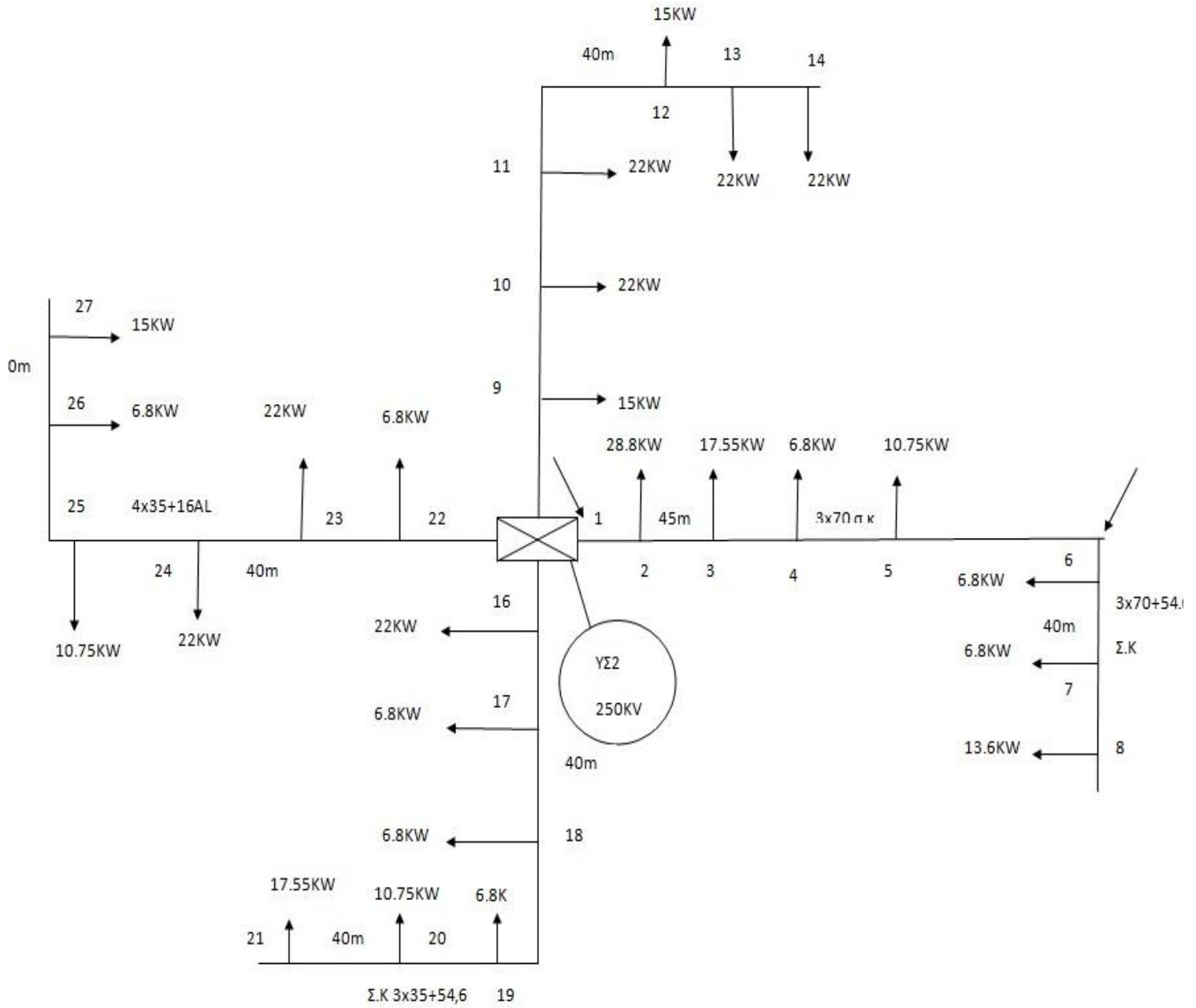
Η συνένωση των αγρασάριστων αγωγών ACSR διατομής 16, 35 και 50 mm^2 , γίνεται με χιτώνια συστροφής.

Ο τερματισμός σε γραμμές Μ.Τ. των αγωγών ACSR μικρότερων διατομών, καθώς και των αγωγών χαλκού, γίνεται με σφιγκτήρες συσφίξεως μέσω κοχλιών. Αν οι αγωγοί ACSR είναι γρασαρισμένοι τότε πρέπει να αφαιρεθεί το γράσο τελείως με κατάλληλο απολυμαντικό, σε όλο το μήκος του αγωγού προς σύσφιξη.



Εικόνα 15: Συνεστραμμένο καλώδιο Χαμηλής τάσης

3.9 Συνολικό Σχέδιο Μελέτης



Στην παρούσα μελέτη για τις γραμμές του δικτύου έγινε χρήση των παρακάτω τύπων καλωδίων:

3x95 mm² ACSR ΜΤ

3x70 mm² AL + 54,6 AAAC Στην γραμμή για τους καταναλωτές των σημείων 1 έως 8 και συνολικής απόστασης 345 m.

4x50 mm² AL Στην γραμμή για τους καταναλωτές των σημείων 1 έως 14 συνολικής απόστασης 240 m.

3x70 mm² AL + 54,6 AAAC Στην γραμμή για τους καταναλωτές των σημείων 15 έως 21 συνολικής απόστασης 240 m.

4x35 mm² AL Στην γραμμή για τους καταναλωτές των σημείων 15 έως 27 συνολικής απόστασης 240 m.



Εικόνα 16: Τομή καλωδίου ACSR

3.10 Μέσα Προστασίας Υποσταθμού και ΧΤ

3.10.1 Ασφάλειες

Ο όρος μέγεθος ασφάλειας χρησιμοποιείται ευρέως για να εκφράσει την ονομαστική ένταση του τηκτού ή του φυσιγγίου της ασφάλειας.

Ο ρόλος των ασφαλειών είναι να αποτελούν τα κυρίως όργανα προστασίας από τις υπερεντάσεις (δηλαδή εντάσεις που οφείλονται σε βραχυκυκλώματα και οι οποίες είναι πολλαπλάσιες των εντάσεων κανονικής λειτουργίας) και υπερφορτίσεις. Η χρήση τους αυτή, οφείλεται στο ότι η ασφάλεια είναι ένα ιδιαίτερα οικονομικό όργανο προστασίας, αλλά και στο ότι οι αγωγοί έχουν μεγάλα περιθώρια υπερφορτίσεως χωρίς ουσιαστική βλάβη των μονώσεών τους.

Η προστασία ενός στοιχείου από υπερένταση, σημαίνει ότι ο χρόνος διακοπής της ασφάλειας, (χρόνος από την στιγμή εμφανίσεως της υπερεντάσεως έως και τη στιγμή πλήρους διακοπής της από την ασφάλεια, αφού δηλαδή σβύσει και το τόξο που δημιουργείται μετά την τήξη του εύτηκτου στοιχείου), είναι μικρότερος από τον χρόνο, στον οποίο η υπερένταση θα μπορούσε να προκαλέσει ανύψωση της θερμοκρασίας του προστατευόμενου στοιχείου πάνω από ένα συγκεκριμένο επιτρεπόμενο όριο. Για τα καλώδια, η επιτρεπόμενη μέγιστη θερμοκρασία καθορίζεται από το είδος της μονώσεως, έτσι ώστε να μην προκληθεί αξιόλογη βλάβη της (πρόωρη γήρανση), κατά την περιοδική υπερθέρμανσή της από την υπερένταση του βραχυκυκλώματος.

Μια σημαντική απαίτηση που τίθεται κατά την εκλογή του μεγέθους μιας ασφάλειας είναι η συνεργασία της με άλλες ασφάλειες.

Συνεργασία μπορεί να υπάρχει, όταν βραχυκύκλωμα μετά από μια ασφάλεια, προκαλεί την τήξη της συγκεκριμένης ασφάλειας και καμιάς άλλης προηγούμενης. Αυτό γίνεται δυνατό, όταν ο χρόνος διακοπής t_e της ασφάλειας που πρέπει να λειτουργήσει, είναι μικρότερος από τον χρόνο τήξεως t_f της ασφάλειας που δεν πρέπει να λειτουργήσει (χρόνος τήξεως είναι ο χρόνος από τη στιγμή που εμφανίζεται η υπερένταση μέχρι τη στιγμή που διακόπτεται το εύτηκτο στοιχείο και αρχίζει το τόξο).



Εικόνα 17: Ασφάλεια εκτόνωσης σε κατάσταση λειτουργίας



Εικόνα 18: Ασφάλεια καμένη αποσυνδεδεμένη από τη βάση

Κατά την επιλογή των μεγεθών των ασφαλειών πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη και οι ανοχές, οι οποίες καθορίζονται από τους κανονισμούς κατασκευής των ασφαλειών. Πλήρης συνεργασία μεταξύ δύο ασφαλειών μπορεί να υπάρχει γενικά, όταν οι ονομαστικές εντάσεις τους διαφέρουν τουλάχιστον κατά δύο βαθμίδες. Μερική συνεργασία υπάρχει, όταν οι ονομαστικές εντάσεις διαφέρουν κατά μία βαθμίδα. Μερική συνεργασία σημαίνει, ότι η επιθυμητή λειτουργία είναι πιθανή αλλά όχι και βέβαια.

3.10.2 Προσδιορισμός των ασφαλειών Μετασχηματιστών διανομής.

Οι ασφάλειες Μ.Τ. προστατεύουν τους Μ/Σ από υπερεντάσεις που οφείλονται σε βραχυκυκλώματα Χ.Τ., μόνο στην περίπτωση που αυτά τα βραχυκυκλώματα συμβούν σε μικρή απόσταση από τον μετασχηματιστή. Γι' αυτό οι ασφάλειες Μ.Τ. επιλέγονται έτσι, ώστε να εξασφαλίζουν την προστασία του Μ/Σ από βραχυκυκλώματα Χ.Τ. που θα συμβούν πριν από τις ασφάλειες Χ.Τ. Η προστασία των Μ/Σ από τις υπερεντάσεις που οφείλονται σε βραχυκυκλώματα του δικτύου χαμηλής τάσης, επιτυγχάνεται με τις ασφάλειες Χ.Τ.

Στους Μ/Σ ονομαστικής ισχύος μέχρι και 25 KVA, τοποθετούνται μόνο οι κεντρικές ασφάλειες (δηλ. μια σειρά ασφαλειών, από την οποία τροφοδοτείται όλο το φορτίο της Χ.Τ.). Στους μεγαλύτερους Μ/Σ, τοποθετούνται μόνο ασφάλειες ανά αναχώρηση Χ.Τ. (στην περίπτωση που υπάρχει μια μόνο αναχώρηση για την τροφοδότηση δικτύου Χ.Τ. ή ενός συγκεκριμένου καταναλωτή Χ.Τ. οι ασφάλειες αναχωρήσεως είναι συγχρόνως και κεντρικές).

Αξίζει να αναφερθεί, ότι οι ασφάλειες Χ.Τ., ακόμα και οι κεντρικές, δεν προστατεύουν τον Μ/Σ από υπερφόρτιση. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των φορτίων, ώστε να εξασφαλιστεί ότι ο μετασχηματιστής δεν θα υπερφορτιστεί περισσότερο από τα επιτρεπόμενα όρια.

Οι ασφάλειες Χ.Τ. πρέπει να συνεργάζονται επιλεκτικά με τις ασφάλειες Μ.Τ. του Μ/Σ, δηλαδή πρέπει να καίγονται αυτές, πριν να λειτουργήσουν οι ασφάλειες Μ.Τ., για κάθε βραχυκύκλωμα, μονοφασικό, διφασικό ή τριφασικό του δικτύου Χ.Τ.



Εικόνα 19: Ασφάλειες

3.10.3 Κριτήρια επιλογής ασφαλειών Χαμηλής Τάσης

Οι ασφάλειες Χ.Τ. πρέπει να πληρούν τις συνθήκες που ακολουθούν και σχετίζονται με το δίκτυο Χ.Τ.:

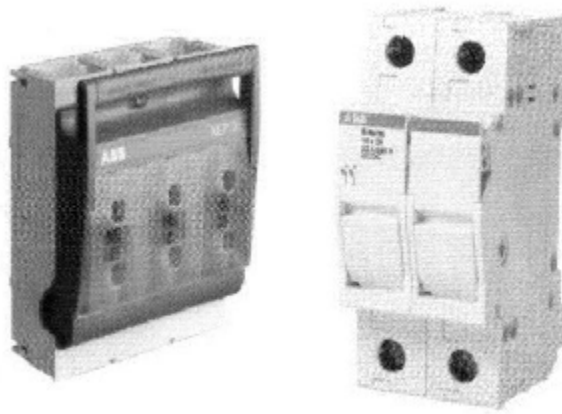
1. Οι ασφάλειες Χ.Τ. πρέπει να είναι αρκετά μεγάλες, έτσι ώστε να μην καίγονται από το ρεύμα του φορτίου. Γενικότερα η ονομαστική τους ένταση πρέπει να είναι μεγαλύτερη κατά 30% τουλάχιστον από την μέγιστη ένταση φορτίου.
2. Οι ασφάλειες Χ.Τ. πρέπει να συνεργάζονται με τις ασφάλειες ή τους μικροαυτόματους των μετρητών, ή ακόμα και σε όσες περιπτώσεις δεν υπάρχει όργανο προστασίας στον μετρητή, με τις γενικές ασφάλειες των εσωτερικών εγκαταστάσεων των καταναλωτών.
3. Η ονομαστική ένταση των ασφαλειών δεν πρέπει, όσο αυτό είναι εφικτό, να υπερβαίνει σημαντικά την μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης του πρώτου τμήματος της γραμμής Χ.Τ., (αυτό δε σημαίνει ότι με τις ασφάλειες επιδιώκεται ή είναι δυνατόν να προστατευτούν από υπερφόρτιση οι αγωγοί του δικτύου).

Το ρεύμα μονοφασικού βραχυκυκλώματος προς ουδέτερο στο άκρο του δικτύου Χ.Τ., (στο οποίο στην συγκεκριμένη περίπτωση περιλαμβάνονται και οι παροχές), πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο προς το τριπλάσιο του ονομαστικού ρεύματος της ασφάλειας Χ.Τ. Η απαίτηση αυτή, (η οποία ονομάζεται και συνθήκη ουδέτέρωσης), αναφέρεται στον Κ.Ε.Η.Ε. σαν προϋπόθεση για να επιτρέπεται να εφαρμοστεί η ουδετέρωση, πρέπει όμως να τηρείται πάντα, ανεξάρτητα από την μέθοδο προστασίας που εφαρμόζεται, ώστε να εξασφαλίζεται η πολύ γρήγορη τήξη της ασφάλειας σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Αν υπάρχουν περισσότερα από ένα μεγέθη ασφαλειών τα οποία πληρούν τις απαιτήσεις αυτές, προτιμάται συνήθως το μεγαλύτερο, ώστε να υπάρχει μελλοντικά μεγαλύτερη ευχέρεια και άνεση στην τροφοδότηση αυξημένων φορτίων.

3.10.4 Χρήσιμοι ορισμοί

Οι αποζεύκτες και γειωτές είναι διακόπτες που ανοίγουν ένα κύκλωμα υπό ελάχιστο φορτίο και με ελάχιστη τάση. Δηλαδή πρέπει να τους χειριζόμαστε χωρίς ρεύμα ή τάση στους πόλους του. Γι' αυτό ονομάζονται και διακόπτες χωρίς φορτίο (*off-load switch*). Χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν ορατές διακοπές στα κυκλώματα μέσης τάσης. Έτσι είμαστε σίγουροι ότι το κύκλωμα είναι απομονωμένο και μπορούμε να αρχίσουμε τις εργασίες σε αυτό. Γι' αυτό ονομάζονται και απομονωτές (*isolator switch*). Επίσης χρησιμοποιούνται για να γειώσουμε ένα κύκλωμα.

Αποζεύκτης: Διακόπτης ο οποίος ελέγχει την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε μία ηλεκτρική εγκατάσταση ή σε ένα μέρος της από το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Ελέγχει ταυτόχρονα όλες τις φάσεις που χρησιμοποιούνται σε αυτό το μέρος της εγκατάστασης. Συνήθως αμέσως μετά τον αποζεύκτη τοποθετείται η ασφάλεια. Υπάρχουν και περιπτώσεις όπου αυτά τα δύο εξαρτήματα είναι συνενωμένα σε έναν ασφαλειοαποζεύκτη, ή για σχετικά μικρότερες τάσεις σε μικροαυτόματο.



Εικόνα 20: Ασφαλειοαποζεύκτης

Οι γειωτές (earthing switch) είναι πρακτικά αποζεύκτες με τη διαφορά ότι η μια τους πλευρά συνδέεται πάντα στη γείωση.

Χρησιμοποιούνται:

α) για να μηδενίσουν τα ηλεκτρικά φορτία που παραμένουν στα κυκλώματα μέσης τάσης και οφείλονται στους παρασιτικούς πυκνωτές που υπάρχουν κυρίως στα καλώδια,

β) για να γειώσουν το τμήμα του δικτύου στο οποίο θα εργαστούμε (συντήρηση ή επιδιόρθωση).

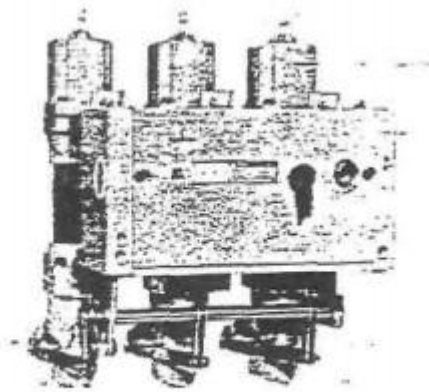
Διακόπτες φορτίου (load switches) ονομάζονται οι συσκευές που έχουν την ικανότητα να διακόπτουν ή να αποκαθιστούν εντάσεις υπό φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος καθώς επίσης και να αποκαθιστούν αλλά όχι να διακόπτουν εντάσεις ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Υπάρχουν διακόπτες φορτίου που διαθέτουν ορατό σύστημα επαφών για να ελέγχεται η κατάσταση λειτουργίας τους και άλλοι κλειστού τύπου, στους οποίους όμως πρέπει να προτάσσεται αποζεύκτης προς την πλευρά των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής και να φέρουν αλληλομανδάλωση.

3.10.5 Μέσα προστασίας Χ.Τ.

Οι διακόπτες μπορούν να κλείνουν ή να ανοίγουν ένα ή περισσότερα κυκλώματα, αφού τους δοθεί μια εντολή λειτουργίας. Η εντολή αυτή μπορεί να προέρχεται από τον άνθρωπο ή να είναι και ένα σήμα, μια τάση από έναν ηλεκτρονόμο ή από ένα βοηθητικό μέσο ελέγχου. Οι διακόπτες διακρίνονται σε διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος, όπως για παράδειγμα οι μικροαυτόματοι και σε διακόπτες βοηθητικών κυκλωμάτων, οι οποίοι ονομάζονται και διακόπτες ελέγχου ή διακόπτες εντολών και φέρουν συνήθως μικρά ρεύματα τάξης μεγέθους 1-5Α.

Οι διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος διακρίνονται, ανάλογα με την ισχύ ή το ρεύμα διακοπής στις εξής κατηγορίες:

- Αποζεύκτες, ανοίγουν και κλείνουν υπό αμελητέα ρεύματα και τάσεις.
- Διακόπτες φορτίου, οι οποίοι συνδέουν και αποσυνδέουν φορτία σε ομαλή λειτουργία, όχι όμως σε βραχυκυκλώματα. Αυτό γίνεται μηχανικά ή ηλεκτρομαγνητικά με ρελαί
- Διακόπτες ισχύος, οι οποίοι κλείνουν ή ανοίγουν κυκλώματα σε συνθήκες σφαλμάτων, δηλαδή και σε βραχυκυκλώματα. Ονομάζονται και αυτόματοι και χρησιμοποιούνται για προστασία
- Διακόπτες εκκινήτες κινητήρων, οι οποίοι είναι μια ειδική κατηγορία διακοπτών φορτίου, κατάλληλη για τις βαριές συνθήκες εκκίνησης, σταματήματος και αλλαγής φοράς περιστροφής κινητήρων, όπου τα ρεύματα είναι πολλαπλάσια του κανονικού



Εικόνα 21:
Αυτόματος διακόπτης ελαίου



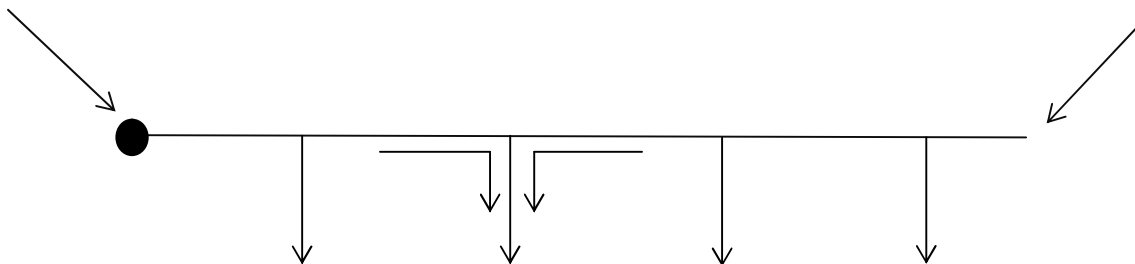
Εικόνα 22: Αποζεύκτης (αριστερά) και γειωτής (δεξιά)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 Υπολογισμοί

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει εφαρμογή της προαναφερθείσας θεωρίας ώστε να δούμε και στην πράξη τη λειτουργικότητα του δικτύου μας με βάση τους κανονισμούς που έχουν τεθεί κατά τα πρότυπα του ΕΛΟΤ HD384, μέσα από μαθηματικούς υπολογισμούς, φτάνοντας στη συνέχεια στα τελικά συμπεράσματα της λεπτομερώς ολοκληρωμένης αυτής μελέτης. Οι μαθηματικοί αυτοί υπολογισμοί για την πτώση τάσης φαίνονται παρακάτω αναλυτικά για κάθε γραμμή ξεχωριστά μαζί με το μονογραμμικό σχέδιο της καθεμιάς.

Αρχικά φαίνονται οι υπολογισμοί για την πρώτη γραμμή για τους καταναλωτές των σημείων 1 έως 5 η οποία γραμμή είναι και η μοναδική της εγκατάστασης όπου έχουμε τροφοδοσία και από τα δύο άκρα αυτής. Όλες οι υπόλοιπες τροφοδοτούνται από το ένα άκρο μόνο.



Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 45 μέτρα. Έχουμε συνεστραμμένο καλώδιο γραμμής τύπου 3x70 AL÷54,6 AAAC. Η διατομή του είναι 70 mm² και η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση αυτού είναι 194 Amps και 134 KVA. Η αντίστασή του ανά χιλιόμετρο είναι $R_0=0.497 \Omega$ και η επαγωγική του αντίδραση ανά χιλιόμετρο είναι $X_0=0.100 \Omega$.

Δυσμενέστερος καταναλωτής είναι ο 3 όπως φαίνεται και παρακάτω από τους υπολογισμούς.

$$I_x + I_y = 25,33 \text{ A} \quad (1)$$

$$\Delta V_{13} = \Delta V_{03} \quad (2)$$

$$\Delta V_{12} = 0,497 * 0,045 * (41,57 * 1 + I_x * 1) + 0,1 * 0,045 * (41,57 * 0 + I_x * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{12} = 0,022 * (41,57 + I_x) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{12} = 0,91 + 0,022 * I_x \quad V$$

$$\Delta V_{23} = 0,497 * 0,045 * (I_x * 1) + 0,1 * 0,045 * (I_x * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{23} = 0,022 * I_x \quad V$$

$$\Delta V_{13} = \Delta V_{12} + \Delta V_{23} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{13} = 0,91 + 0,022 * I_x + 0,022 * I_x \Rightarrow$$

$$\Delta V_{13} = 0,91 + 0,044 * I_x \quad V \quad (3)$$

$$\Delta V_{05} = 0,497 * 0,045 * (15,515 * 1 + 9,815 * 1 + I_y * 1) + 0,1 * 0,045 * (15,515 * 0 + 9,815 * 0 + I_y * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{05} = 0,022 * (15,515 + 9,815 + I_y) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{05} = 0,022 * (25,33 + I_y) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{05} = 0,557 + 0,022 * I_y \quad V$$

$$\Delta V_{54} = 0,497 * 0,045 * (9,815 * 1 + I_y * 1) + 0,1 * 0,045 * (9,815 * 0 + I_y * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{54} = 0,022 * (9,815 + I_y) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{54} = 0,215 + 0,022 * I_y \quad V$$

$$\Delta V_{43} = 0,497 * 0,045 * (I_y * 1) + 0,1 * 0,045 * (I_y * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{43} = 0,022 * I_y \quad V$$

$$\Delta V_{03} = \Delta V_{05} + \Delta V_{54} + \Delta V_{43} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{03} = 0,557 + 0,022 \cdot I_y + 0,215 + 0,022 \cdot I_y + 0,022 \cdot I_y \Rightarrow$$

$$\Delta V_{03} = 0,772 + 0,066 \cdot I_y \quad \text{V} \quad (4)$$

$$\text{Έχουμε: } I_x = 25,33 - I_y$$

$$(3) = (4) \Rightarrow$$

$$0,91 + 0,044 \cdot I_x = 0,772 + 0,066 \cdot I_y \Rightarrow$$

$$0,91 + 0,044 \cdot (25,33 - I_y) = 0,772 + 0,066 \cdot I_y \Rightarrow$$

$$0,91 + 1,114 - 0,044 \cdot I_y = 0,772 + 0,066 \cdot I_y \Rightarrow$$

$$0,91 + 1,114 - 0,772 = 0,044 \cdot I_y + 0,066 \cdot I_y \Rightarrow$$

$$1,252 = 0,11 \cdot I_y \Rightarrow$$

$$I_y = 11,38 \quad \text{A}$$

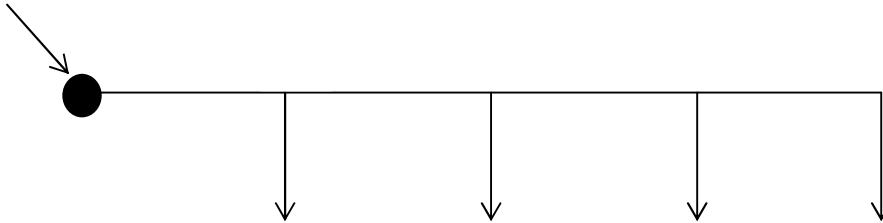
$$\text{Άρα } I_x = 25,33 - 11,38 = 13,95 \quad \text{A}$$

Και πτώση τάσης:

$$\Delta_{\max} = \Delta V_{13} = \Delta V_{03} = 0,91 + 0,044 \cdot 13,95 = 1,5 \quad \text{V}$$

$$\% \Delta V = 1,5 / 230 = 0,6 \quad \%$$

Συνεχίζουμε αναλύοντας τη δεύτερη γραμμή η οποία αναφέρεται στους καταναλωτές 5 έως 8.



Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 40 μέτρα. Έχουμε συνεστραμμένο καλώδιο γραμμής τύπου 3x70 AL÷54,6 AAAC. Η διατομή του είναι 70 mm² και η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση αυτού είναι 194 Amps και 134 KVA. Η αντίστασή του ανά χιλιόμετρο είναι R₀= 0.497 Ω και η επαγωγική του αντίδραση ανά χιλιόμετρο είναι X₀=0.100 Ω.

$$\Delta V_{56} = 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 19,63 * 1) + 0,04 * 0,1 * (9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 19,63 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{56} = 0,0198 * 39,26 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{56} = 0,77 \text{ V}$$

$$\Delta V_{67} = 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 19,63 * 1) + 0,04 * 0,1 * (9,815 * 0 + 19,63 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{67} = 0,0198 * 29,445 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{67} = 0,58 \text{ V}$$

$$\Delta V_{78} = 0,04 * 0,497 * (19,63 * 1) + 0,04 * 0,1 * (19,63 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{78} = 0,0198 * 19,63 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{78} = 0,388 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης της γραμμής:

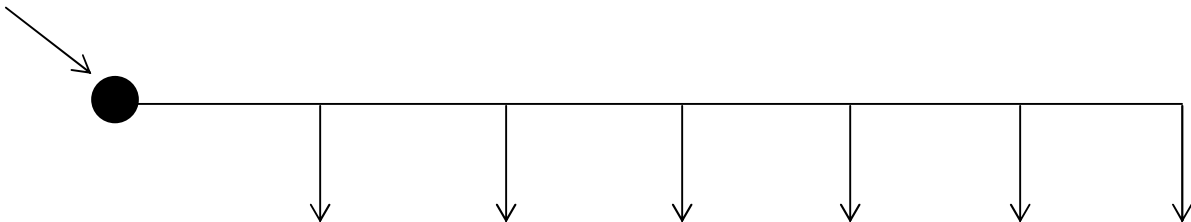
$$\Delta V_{58} = \Delta V_{56} + \Delta V_{67} + \Delta V_{78} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{58} = 0,77 + 0,58 + 0,388 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{58} = 1,738 \text{ V}$$

$$\% \Delta V_{58} = 1,738/230 = 0,75\%$$

Στην επόμενη τρίτη γραμμή θα ασχοληθούμε με την ανάλυση της πτώσης τάσης για τους καταναλωτές στα σημεία 1 έως 14.



Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 40 μέτρα. Έχουμε συνεστραμμένο καλώδιο γραμμής τύπου 4x50 AL. Η πραγματική διατομή του είναι 82 mm² και η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση αυτού είναι 295 Amps και 204 KVA. Η αντίστασή του ανά χιλιόμετρο είναι R₀= 0.397 Ω και η επαγωγική του αντίδραση ανά χιλιόμετρο είναι X₀=0.279 Ω.

$$\Delta V_{19} = 0,04 * 0,397 * (21,65 * 1 + 31,75 * 1 + 31,75 * 1 + 21,65 * 1 + 31,75 * 1 + 31,75 * 1) + 0,04 * 0,279 * (21,65 * 0 + 31,75 * 0 + 31,75 * 0 + 21,65 * 0 + 31,75 * 0 + 31,75 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{19} = 0,0159 * 170,3 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{19} = 2,69 \text{ V}$$

$$\Delta V_{910} = 0,04 * 0,397 * (31,75 * 1 + 31,75 * 1 + 21,65 * 1 + 31,75 * 1 + 31,75 * 1) + 0,04 * 0,279 * (31,75 * 0 + 31,75 * 0 + 31,65 * 0 + 31,75 * 0 + 31,75 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{910} = 0,0159 * 148,65 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{910} = 2,36 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1011} = 0,04 * 0,397 * (31,75 * 1 + 21,65 * 1 + 31,75 * 1 + 31,75 * 1) + 0,04 * 0,279 * (31,75 * 0 + 21,65 * 0 + 31,75 * 0 + 31,75 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1011} = 0,0159 * 116,9 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1011} = 1,85 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1112} = 0,04 * 0,397 * (21,65 * 1 + 31,75 * 1 + 31,75 * 1) + 0,04 * 0,279 * (21,65 * 0 + 31,75 * 0 + 31,75 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1112} = 0,0159 * 85,15 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1112} = 1,35 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1213} = 0,04 * 0,397 * (31,75 * 1 + 31,75 * 1) + 0,04 * 0,279 * (31,75 * 0 + 31,75 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1213} = 0,0159 * 63,5 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1213} = 1,009 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1314} = 0,04 * 0,397 * (31,75 * 1) + 0,04 * 0,279 * (31,75 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1314} = 0,0159 * 31,75 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1314} = 0,5 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης της γραμμής είναι:

$$\Delta V_{114} = \Delta V_{19} + \Delta V_{910} + \Delta V_{1011} + \Delta V_{1112} + \Delta V_{1213} + \Delta V_{1314} \Rightarrow$$

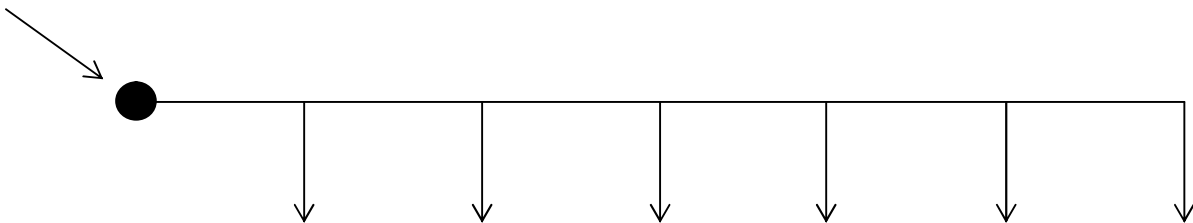
$$\Delta V_{114} = 2,69 + 2,36 + 1,85 + 1,35 + 1,009 + 0,5 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{114} = 9,76 \text{ V}$$

$$\% \Delta V_{114} = 9,76 / 230 = 4,2\%$$

Οριακά πάνω από το όριο του 4% για τις γραμμές ΧΤ. Επειδή όμως ποτέ τα φορτία τους δεν φτάνουν στις ονομαστικές τους τιμές είμαστε καλυμμένοι. Άρα αυτή η υπέρβαση του ορίου κρίνεται απειροελάχιστη.

Στην τέταρτη γραμμή του σχεδίου που μελετήσαμε θα υπολογίσουμε την πτώση τάσης για τους καταναλωτές των σημείων 15 έως 21.



Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 40 μέτρα. Έχουμε συνεστραμμένο καλώδιο γραμμής τύπου 3x70 AL÷54,6 AAAC. Η διατομή του είναι 70 mm² και η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση αυτού είναι 194 Amps και 134 KVA. Η αντίστασή του ανά χιλιόμετρο είναι R₀= 0.497 Ω και η επαγωγική του αντίδραση ανά χιλιόμετρο είναι X₀=0.100 Ω.

$$\Delta V_{1516} = 0,04 * 0,497 * (31,75 * 1 + 9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1) + 0,04 * 0,100 * (31,75 * 0 + 9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 0)$$

$$\Rightarrow$$

$$\Delta V_{1516} = 0,0198 * 102,04 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1516} = 2,02 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1617} = 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1) + 0,04 * 0,100 * (9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1617} = 0,0198 * 70,29 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1617} = 1,39 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1718} = 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1) + 0,04 * 0,100 * (9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1718} = 0,0198 * 60,775 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1718} = 1,19 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1819} = 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1)$$

$$+ 0,04 * 0,100 * (9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 1) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1819} = 0,0198 * 50,96 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1819} = 1,009 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1920} = 0,04 * 0,497 * (15,515 * 1 + 25,33 * 1) + 0,04 * 0,100 * (15,515 * 0 + 25,33 * 0)$$

\Rightarrow

$$\Delta V_{1920} = 0,0198 * 41,147 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1920} = 0,81 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2021} = 0,04 * 0,497 * (25,33 * 1) + 0,04 * 0,100 * (25,33 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2021} = 0,0198 * 25,33 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2021} = 0,5 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης της γραμμής είναι:

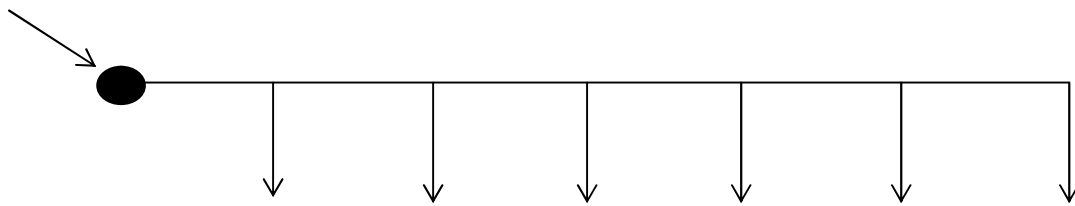
$$\Delta V_{1521} = \Delta V_{1516} + \Delta V_{1617} + \Delta V_{1718} + \Delta V_{1819} + \Delta V_{1920} + \Delta V_{2021} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1521} = 2,02 + 1,39 + 1,19 + 1,009 + 0,81 + 0,5 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1521} = 6,92 \text{ V}$$

$$\% \Delta V_{1521} = 6,92 / 230 = 3\%$$

Τέλος υπολογίσαμε και την πτώση τάσης της παρακάτω πέμπτης γραμμής της μελέτης για τους καταναλωτές στα σημεία 15 έως 27.



Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 40 μέτρα. Έχουμε καλώδιο γραμμής τύπου 4x35 AL. Η πραγματική διατομή του είναι 57 mm² και η μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση αυτού είναι 232 Amps και 161 KVA. Η αντίστασή του ανά χιλιόμετρο είναι R₀= 0.574 Ω και η επαγωγική του αντίδραση ανά χιλιόμετρο είναι X₀=0.294 Ω.

$$\begin{aligned} \Delta V_{1522} &= 0,04 * 0,574 * (9,815 * 1 + 31,75 * 1 + 31,75 * 1 + 15,515 * 1 + 9,815 * 1 + \\ &\quad 21,65 * 1) \\ &+ 0,04 * 0,294 * (9,815 * 0 + 31,75 * 0 + 31,75 * 0 + 15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \\ &\Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Delta V_{1522} = 0,023 * 120,28 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1522} = 2,76 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{2223} &= 0,04 * 0,574 * (31,75 * 1 + 31,75 * 1 + 15,515 * 1 + 9,815 * 1 + 21,65 * 1) \\ &+ 0,04 * 0,294 * (31,75 * 0 + 31,75 * 0 + 15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Delta V_{2223} = 0,023 * 110,46 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2223} = 2,54 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2324} = 0,04 * 0,574 * (31,75 * 1 + 15,515 * 1 + 9,815 * 1 + 21,65 * 1) \\ + 0,04 * 0,294 * (31,75 * 0 + 15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2324} = 0,023 * 78,7 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2324} = 1,81 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2425} = 0,04 * 0,574 * (15,515 * 1 + 9,815 * 1 + 21,65 * 1) \\ + 0,04 * 0,294 * (15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2425} = 0,023 * 46,95 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2425} = 1,08 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2526} = 0,04 * 0,574 * (9,815 * 1 + 21,65 * 1) + 0,04 * 0,294 * (9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2526} = 0,023 * 31,435 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2526} = 0,72 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2627} = 0,04 * 0,574 * (21,65 * 1) + 0,04 * 0,294 * (21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2627} = 0,023 * 21,65 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2627} = 0,49 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης της γραμμής είναι:

$$\Delta V_{1527} = \Delta V_{1522} + \Delta V_{2223} + \Delta V_{2324} + \Delta V_{2425} + \Delta V_{2526} + \Delta V_{2627} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1527} = 2,76 + 2,54 + 1,81 + 1,08 + 0,72 + 0,49 \Rightarrow$$

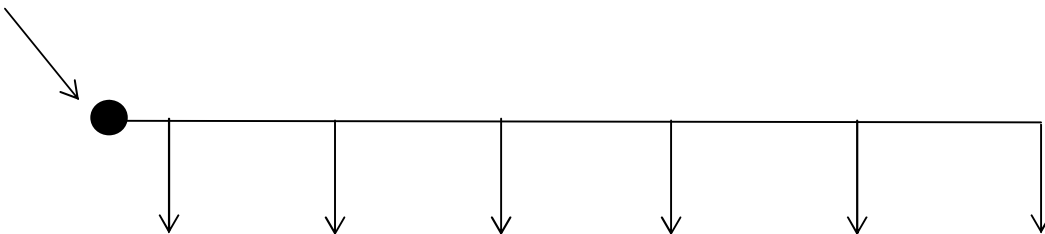
$$\Delta V_{1527} = 9,4 \text{ V}$$

$$\% \Delta V_{1527} = 9,4/230 = 4\%$$

Σύμφωνα λοιπόν με τους παραπάνω υπολογισμούς κάθε γραμμή πληροί τους κανονισμούς για την πτώση τάσης όπου σε κάθε περίπτωση βρίσκεται οριακά ή κάτω από το όριο του 4% που πρέπει να ισχύει για τις γραμμές χαμηλής τάσης. Άρα το δίκτυο θα λειτουργεί κανονικά χωρίς κανένα πρόβλημα.

Στη συνέχεια θα γίνουν εκ νέου υπολογισμοί με μία αλλαγή για καθεμιά από τις δύο τελευταίες γραμμές 4 και 5. Η αλλαγή αυτή θα είναι η μετατροπή ενός από τους καταναλωτές όπου από ωμικό φορτίο θα έχουμε επαγωγικό, και φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Αρχικά υπολογίσαμε τις διαφορές για την τέταρτη γραμμή του σχεδίου και τους καταναλωτές των σημείων 15 έως 21.



Οι αποστάσεις ανάμεσα στους καταναλωτές είναι ίδιες με πριν όπως και τα καλώδια ΧΤ που χρησιμοποιήθηκαν άρα και ίδια χαρακτηριστικά.

$$\Delta V_{1516} = 0,04 * 0,497 * (35,28 * 0,9 + 9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1)$$

$$+ 0,04 * 0,100 * (35,28 * 0,43 + 9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1516} = 0,0198 * 102,04 + 0,004 * 15,17 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1516} = 2,08 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{1617} &= 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1) \\ &+ 0,04 * 0,100 * (9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 0) \Rightarrow \\ \Delta V_{1617} &= 1,39 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{1718} &= 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1) \\ &+ 0,04 * 0,100 * (9,815 * 0 + 9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 0) \Rightarrow \\ \Delta V_{1718} &= 1,19 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{1819} &= 0,04 * 0,497 * (9,815 * 1 + 15,515 * 1 + 25,33 * 1) \\ &+ 0,04 * 0,100 * (9,815 * 0 + 15,515 * 0 + 25,33 * 0) \Rightarrow \\ \Delta V_{1819} &= 1,009 \text{ V}\end{aligned}$$

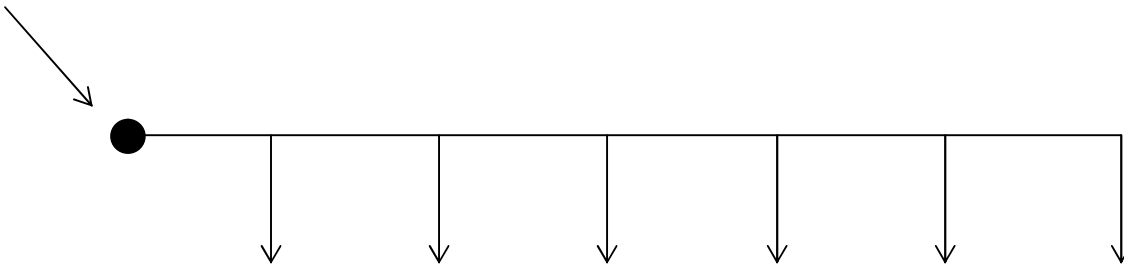
$$\begin{aligned}\Delta V_{1920} &= 0,04 * 0,497 * (15,515 * 1 + 25,33 * 1) + 0,04 * 0,100 * (15,515 * 0 + 25,33 * 0) \\ &\Rightarrow \\ \Delta V_{1920} &= 0,81 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{2021} &= 0,04 * 0,497 * (25,33 * 1) + 0,04 * 0,100 * (25,33 * 0) \Rightarrow \\ \Delta V_{2021} &= 0,5 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V_{1521} &= \Delta V_{1516} + \Delta V_{1617} + \Delta V_{1718} + \Delta V_{1819} + \Delta V_{1920} + \Delta V_{2021} \Rightarrow \\ \Delta V_{1521} &= 2,08 + 1,39 + 1,19 + 1,009 + 0,81 + 0,5 \Rightarrow \\ \Delta V_{1521} &= 6,98 \text{ V}\end{aligned}$$

$$\% \Delta V_{1521} = 6,98/230 = 3\%$$

Στο τέλος του μέρους των υπολογισμών έχουμε την πτώση τάσης με την αλλαγή ενός ωμικού φορτίου σε επαγωγικό για να παρατηρήσουμε τη μεταβολή στη πέμπτη και τελευταία γραμμή αυτή του δικτύου.



Οι αποστάσεις ανάμεσα στους καταναλωτές είναι ίδιες με πριν όπως και τα καλώδια ΧΤ που χρησιμοποιήθηκαν άρα και ίδια χαρακτηριστικά.

$$\Delta V_{1522} = 0,04 * 0,574 * (9,815 * 1 + 35,28 * 0,9 + 31,75 * 1 + 15,515 * 1 + 9,815 * 1 + 21,65 * 1)$$

$$+ 0,04 * 0,294 * (9,815 * 0 + 35,28 * 0,43 + 31,75 * 0 + 15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1522} = 0,023 * 120,29 + 0,012 * 15,17 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1522} = 2,94 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2223} = 0,04 * 0,574 * (35,28 * 0,9 + 31,75 * 1 + 15,515 * 1 + 9,815 * 1 + 21,65 * 1)$$

$$+ 0,04 * 0,294 * (35,28 * 0,43 + 31,75 * 0 + 15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2223} = 0,023 * 110,475 + 0,012 * 15,17 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2223} = 2,72 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2324} = 0,04 * 0,574 * (31,75 * 1 + 15,515 * 1 + 9,815 * 1 + 21,65 * 1)$$

$$+ 0,04 * 0,294 * (31,75 * 0 + 15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2324} = 0,023 * 78,723 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2324} = 1,81 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2425} = 0,04 * 0,574 * (15,515 * 1 + 9,815 * 1 + 21,65 * 1)$$

$$+ 0,04 * 0,294 * (15,515 * 0 + 9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2425} = 0,023 * 46,973 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2425} = 1,08 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2526} = 0,04 * 0,574 * (9,815 * 1 + 21,65 * 1) + 0,04 * 0,294 * (9,815 * 0 + 21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2526} = 0,023 * 31,458 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2526} = 0,72 \text{ V}$$

$$\Delta V_{2627} = 0,04 * 0,574 * (21,65 * 1) + 0,04 * 0,294 * (21,65 * 0) \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2627} = 0,023 * 21,65 \Rightarrow$$

$$\Delta V_{2627} = 0,49 \text{ V}$$

$$\Delta V_{1527} = \Delta V_{1522} + \Delta V_{2223} + \Delta V_{2324} + \Delta V_{2425} + \Delta V_{2526} + \Delta V_{2627} \Rightarrow$$

$$\Delta V_{1527} = 2,94 + 2,72 + 1,81 + 1,08 + 0,72 + 0,49 \Rightarrow$$

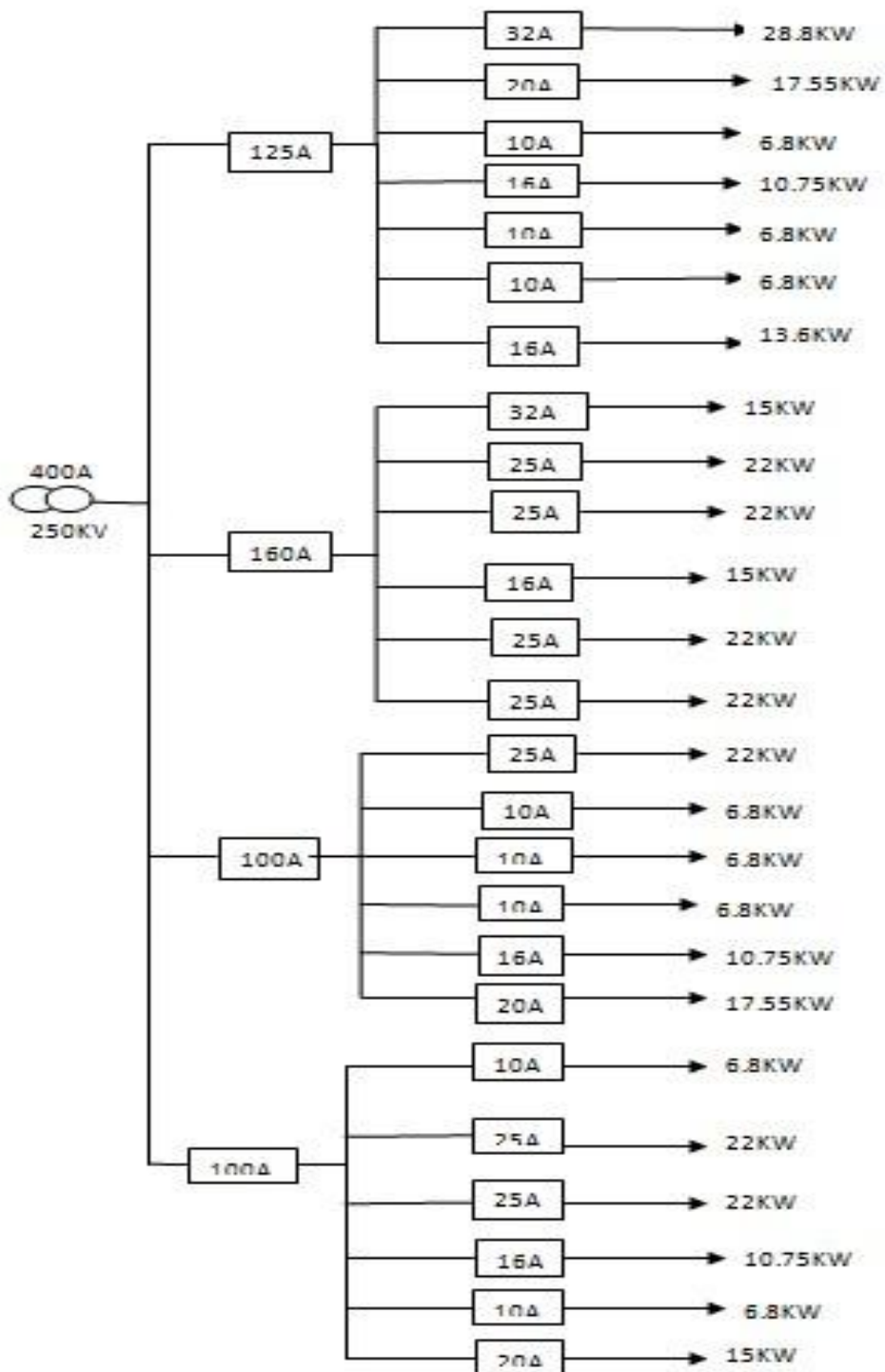
$$\Delta V_{1527} = 9,76 \text{ V}$$



$$\% \Delta V_{1527} = 9,76/230 = 4,2\%$$

Οριακά πάνω από το όριο του 4% για τις γραμμές ΧΤ. Επειδή όμως ποτέ τα φορτία τους δεν φτάνουν στις ονομαστικές τους τιμές είμαστε καλυμμένοι. Άρα αυτή η υπέρβαση του ορίου κρίνεται απειροελάχιστη.

Από τους παραπάνω υπολογισμούς διαπιστώνουμε ότι οι μεταβολές των τιμών της πτώσης τάσης είναι απειροελάχιστες. Η πτώση τάσης και η ποσοστιαία μεταβολή της παραμένουν αμετάβλητες. Οι αλλαγές λοιπόν των φορτίων από ωμικά σε επαγωγικά δεν ήταν ικανές να δημιουργήσουν κάποια περαιτέρω αλλαγή-μεταβολή στους υπολογισμούς μας και στο σύνολο της μελέτης.

Μονογραμμικό σχέδιο μελέτης





ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Αποστολή:

- **Λειτουργία** του Δικτύου Μέσης και Χαμηλής Τάσης, με στόχο την καλύτερη δυνατή
- **Συντήρηση** εξυπηρέτηση των Χρηστών του Δικτύου, την παροχή
- **Ανάπτυξη** υψηλής ποιότητας ενέργειας με το χαμηλότερο δυνατό κόστος

Εικόνα 23: Αποστολή της Γενικής Διεύθυνσης Διανομής



Προγράμματα ανάπτυξης & εκσυγχρονισμού του Δικτύου Επιχειρησιακό Σχέδιο 2009 - 2014

Κατηγορίες δράσεων 2009 - 2014	Εκτιμώμενες δαπάνες
Έργα ενίσχυσης – αναβάθμισης – ανάπτυξης δικτύου	600 εκ. €
Έργα αισθητικής αναβάθμισης δικτύου	100 εκ. €
Εισαγωγή νέων τεχνολογιών στρατηγικού χαρακτήρα: ·Γενίκευση – αναβάθμιση συστημάτων τηλεχειρισμών ·Παρακολούθηση ποιότητας τροφοδότησης ·Εισαγωγή συστημάτων τηλεμέτρησης ·Εισαγωγή συστήματος Γεωγραφικών πληροφοριών ·Εφαρμογή νέου συστήματος διαχείρισης αιτημάτων χρηστών	200 εκ. €
Συνήθη έργα Διανομής (ηλεκτροδοτήσεις, μετατοπίσεις δικτύου, συνήθη έργα ενισχύσεων)	2100 εκ. €
Σύνολο	3000 εκ. €

Εικόνα 24: Προγράμματα Ανάπτυξης & Εκσυγχρονισμού του Δικτύου 2009-2014



Βασικά μεγέθη 2008 της Διανομής ΔΕΗ:

- **7,5 εκ. Καταναλωτές (σημεία μέτρησης κατανάλωσης) 9.400 στη ΜΤ & οι υπόλοιποι στη ΧΤ**
- **Διανομή 49.000 GWh/έτος (13.000 ΜΤ & 36.000 ΧΤ)**
- **102.000 χλμ. Δίκτυο Μέσης Τάσης**
- **115.000 χλμ. Δίκτυο Χαμηλής Τάσης**
- **146.000 Υποσταθμοί ΜΤ/ΧΤ**
- **196 χλμ. Δίκτυο ΥΤ & 14 Υ/Σ ΥΤ/ΜΤ σε Αττική.**



Εικόνα 25: Βασικά Στατιστικά Μεγέθη της Διανομής ΔΕΗ 2008

**Δίκτυο με γυμνούς
αγωγούς**



**Δίκτυο με συνεστραμμένα
καλώδια**



Εικόνα 26: Αγωγοί

ΠΙΝΑΚΑΣ Η2 -3

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΧΤ
ΗΛΕΚ Β2. XLS (Φύλλο 2)

ΑΓΩΓΟΙ	ΟΝΟΜ. ΔΙΑΤΟΜΗ	ΠΡΑΓΜ. ΔΙΑΤΟΜΗ	ΜΕΓ.ΕΠΙΤΡ. ΦΟΡΤΙΣΗ		R	X	R _{ε₀₆} (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 AAAC	70	70	194	134	0,497	0,100	0,630
ΣΚ 4X120+25 AL	120	120	280	194	0,284	0,083	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΜΑΘΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΚΑΒΑΛΑΣ

ΜΑΘΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΠΑΤΡΑΣ

Βιβλίο "Βιομηχανικές εγκαταστάσεις" Β. Μπιτζιώνης ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

ΔΕΗ, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Διαδικτυακός τόπος

Ποιότητα των υπηρεσιών Δικτύου της ΔΕΗ Α.Ε., Λαθούρης Δημήτριος

ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%80%CF%84%CE%B7%CF%82>

<http://www.electrologos.gr/news/419>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CE%BB%CF%8E%CE%B4%CE%B9%CE%BF>