



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ 1427

Μεταφορά και Διανομή του Ηλεκτρικού Ρεύματος και τις βιολογικές επιπτώσεις του Μαγνητικού Πεδίου στον άνθρωπο



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ. ΙΟΥΛΙΟΣ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κύριο Σχοινά Νικόλαο κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του τμήματος που πραγματικά μας δίδαξαν πολλά, με την ευχή να συνεχίζουν να προσπαθούν για την περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωση του τμήματος σε συνεργασία με τους φοιτητές, έτσι ώστε οι απόφοιτοι του τμήματος Ηλεκτρολογίας να αποτελούν χρήσιμο και απαραίτητο δυναμικό για την κοινωνία μας.

Θα θελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στις βασικές γνώσεις για τη φύση του ηλεκτρικού ρεύματος, του τρόπου παράγωγής του, τα Δίκτυα Μεταφοράς και τα Δίκτυα Διανομής ως τον καταναλωτή. Επίσης γίνεται ανάλυση του Μαγνητικού πεδίου και τις βιολογικές επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε επτά κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρεται στα συστήματα ηλεκτρικών δικτύων και γενικά περί ηλεκτρικού ρεύματος.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στους σταθμούς παράγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και στην διαχείριση δικτύου μεταφοράς στην Ελλάδα.

Το τρίτο κεφάλαιο μελετάται ο τρόπος διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα στην επιφόρτιση των αγωγών και φορέων, στους αγωγούς μεταφοράς, στις γειώσεις στην διανομή, στους στύλους-πυλώνες, αντηρίδες-επίτονοι καθώς και στα υλικά εναερίων γραμμών.

Το τέταρτο κεφάλαιο ασχολείται με τυποποιημένες κατασκευές δικτύων διανομής, όπου αναφέρονται οι ελάχιστες αποστάσεις δικτύων, οι καμπύλες ταχύσεως αγωγών, τα εξαρτήματα αγωγών και στύλων καθώς και την κατασκευή Χ.Τ, Μ.Τ, υποσταθμών διανομής και υπόγειων δικτύων.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται γενικά περί μετασχηματισμού ηλεκτρικής ενέργειας. Έπειτα στην μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας και στην δομή του μετασχηματιστή.

Το έκτο κεφάλαιο γίνεται θεωρητική ανάλυση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου καθώς στις ιδιότητες των χαμηλόσυχων ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων.

Το έβδομο κεφάλαιο περιγράφεται οι επιπτώσεις ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο, επίσης τον κανονισμό προστασία ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων.

Για την σύνταξη της παρούσας πτυχιακής εργασίας έγινε χρήση βιβλίων ηλεκτρολογίας, του Κανονισμού Κατασκευής Εξωτερικών Εγκαταστάσεων αλλά προ πάντων των εγχειριδίων των τυποποιημένων κατασκευών διανομής και των μόνιμων οδηγιών που αφορούν στη μελέτη, κατασκευή και συντήρηση των εγκαταστάσεων ΔΕΗ Α.Ε., καθώς και βιβλία ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και νομοθετικών πλαισίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
1.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	6
2.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Σ.Ρ.).....	9
3.ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Ε.Ρ.).....	10
4.ΤΥΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ.....	13
5.Η ΙΣΧΥΣ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
1.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	18
2.1.ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
2.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	21
2.2.ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ ΑΓΩΓΩΝ.....	22
2.3.ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ ΦΟΡΕΩΝ.....	23
2.4.ΑΓΩΓΟΙ.....	24
2.4.1.ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟ ΧΑΛΚΟ.....	25
2.4.2.ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ.....	26
2.4.3.ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ-ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ (ACSR).....	26
2.5.ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΑΝΟΜΗ.....	30
2.5.1.ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ.....	30
2.5.2.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΓΕΙΩΣΕΩΝ.....	30
2.5.3.ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ. ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΣΗ.....	31
2.5.4.ΓΕΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΑΜΟΝΗΣ.....	32
2.6.ΣΤΥΛΟΙ - ΠΥΛΩΝΕΣ. ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ – ΕΠΙΤΟΝΟΙ.....	34
2.6.1.ΞΥΛΙΝΟΙ ΣΤΥΛΟΙ.....	34
2.6.2.ΣΤΥΛΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ.....	34
2.6.3.ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΣΤΥΛΟΙ.....	35
2.6.4.ΠΥΛΩΝΕΣ.....	35
2.6.5.ΕΠΙΤΟΝΟΙ — ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ.....	36
2.7.ΥΛΙΚΑ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ.....	37
2.7.1.ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ.....	37
2.7.2.ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	38
2.7.3.ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	38
2.7.4.ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ.....	39
2.7.5.ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΓΩΓΩΝ.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ	
3.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	43
3.2.ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	44
3.3.ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΑΝΥΣΕΩΣ ΑΓΩΓΩΝ.....	47
3.4.ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΓΩΓΩΝ.....	50

3.5.ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΤΥΛΩΝ ΕΝ ΓΕΝΕΙ.....	54
3.6.ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ Χ.Τ., Μ.Τ., ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	
4.1.ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	65
4.2.ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ.....	66
4.3.ΔΟΜΗ.....	67
4.4.ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (ΓΜΗΕ)	
5.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	70
5.2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	71
5.3.ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΧΑΜΗΛΟΣΥΧΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	72
ΚΕΦΑΛΕΙΟ 6	
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ	
6.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	75
6.2.ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΡΚΙΝΟΣ.....	76
6.3.ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ.....	77
6.4.ΔΙΑΜΟΝΗ ΠΛΗΣΙΟΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΡΚΙΝΟΣ.....	79
6.5.ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ.....	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

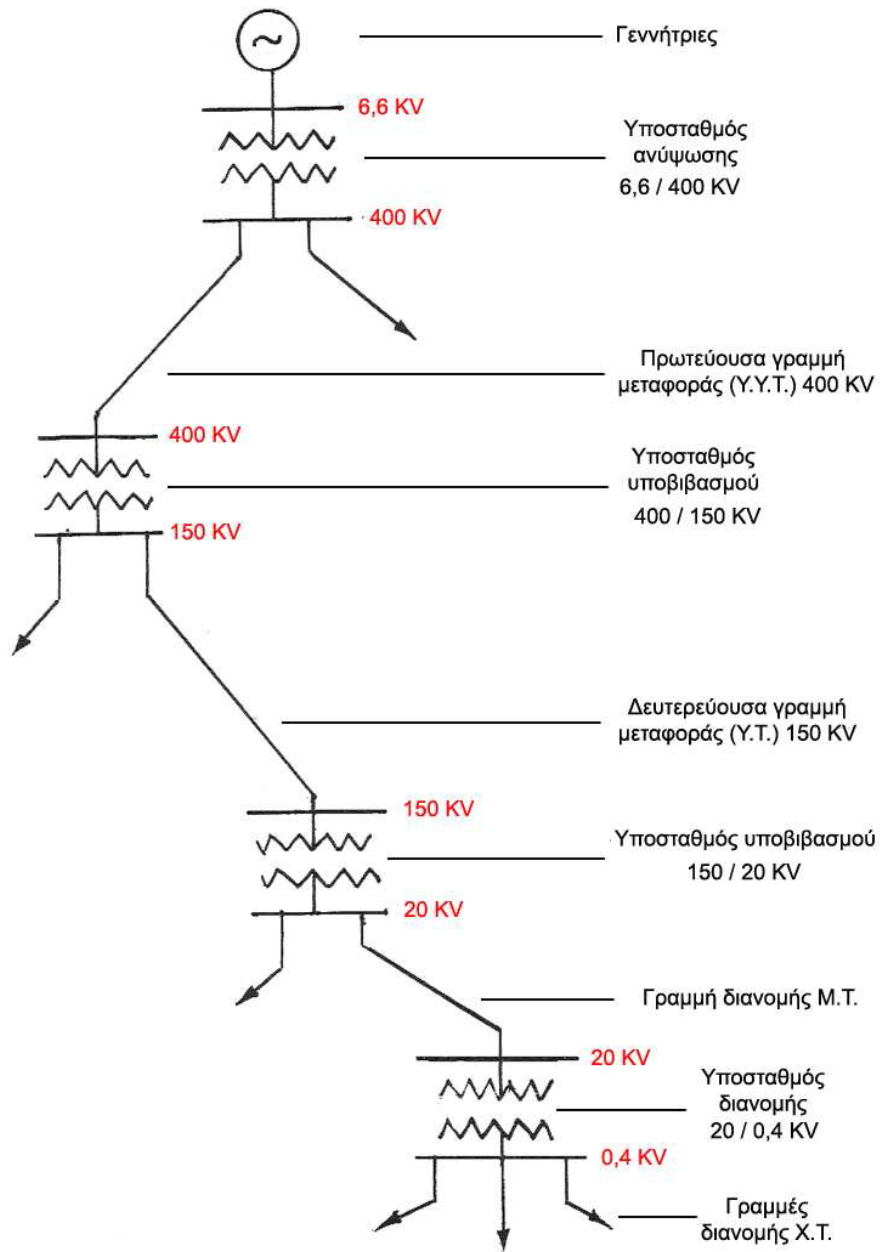
1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Το σύνολο των εγκαταστάσεων παραγωγής, μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας ονομάζεται **σύστημα**.

Ένα σύστημα περιλαμβάνει:

- Τους σταθμούς παραγωγής, όπου οι διάφορες μορφές ενέργειας (θερμική, υδραυλική, πυρηνική κλπ.) μετατρέπονται σε ηλεκτρική.
- Τις γραμμές μεταφοράς, δηλαδή τα δίκτυα υπέρ-υψηλής (Υ.Υ.Τ., 400KV) και υψηλής (Υ.Τ., 150KV) τάσης που μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς των κέντρων κατανάλωσης.
- Τους υποσταθμούς (Υ/Σ), δηλαδή τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις όπου ανυψώνεται ή υποβιβάζεται η τάση, κατανέμεται και διανέμεται η ηλεκτρική ενέργεια.
- Τις γραμμές διανομής, δηλαδή τα δίκτυα που έχουν σαν σκοπό τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές είτε με μέση τάση π.χ. 20 KV είτε με χαμηλή τάση (220/380 V) καθώς και τη μέτρησή της.

Στο παρακάτω μονογραμμικό διάγραμμα μπορούμε να διακρίνουμε όλα τα βασικά μέρη ενός συστήματος παραγωγής, μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικού ρεύματος:



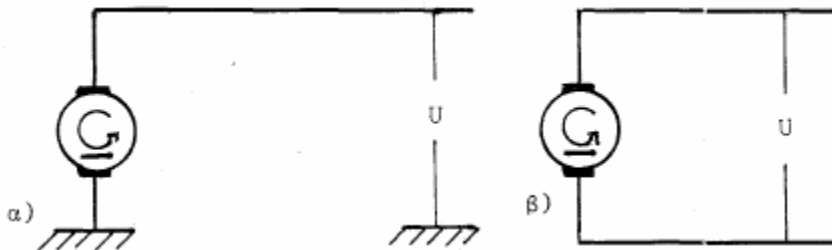
Παρατηρούμε τα ακόλουθα:

- Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με τάση **6,6 KV** από τις γεννήτριες.
- Ο υποσταθμός ανύψωσης της τάσης με μετασχηματιστές ανυψώνει την τάση στα **400 KV**. Εκτός από τους Μ/Σ υπάρχουν όργανα, διατάξεις προστασίας, διακόπτες, αλεξικέραυνα κτλ.
- Η πρωτεύουσα γραμμή μεταφοράς μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια με υπερυψηλή τάση (**Υ.Υ.Τ.**) **400 KV**, ώστε να υπάρχουν λιγότερες απώλειες. Οι αποστάσεις που συνήθως καλύπτονται είναι της τάξης των εκατοντάδων χιλιομέτρων.
- Ο ενδιάμεσος υποσταθμός υποβιβασμού μετασχηματίζει την τάση από 400 KV στα **150 KV**.
- Η δευτερεύουσα γραμμή μεταφοράς μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια με υψηλή τάση (**Υ.Τ.**) **150 KV**, ώστε να υπάρχουν ακόμα λιγότερες απώλειες. Οι αποστάσεις που συνήθως καλύπτονται είναι της τάξης των δεκάδων χιλιομέτρων.
- Από τον υποσταθμό υποβιβασμού **150 / 20 KV** αναχωρούν γραμμές διανομής με τάση **20 KV**. Με τις γραμμές αυτές τροφοδοτούνται οι πόλεις, οι περισσότερες βιομηχανίες που έχουν δικούς τους υποσταθμούς **20 / 0,4 KV** καθώς και οικισμοί και άλλες αγροτικές εγκαταστάσεις. Οι αποστάσεις που συνήθως καλύπτονται είναι της τάξης των χιλιομέτρων.
- Από τον υποσταθμό διανομής **20 / 0,4 KV** αναχωρούν οι γραμμές διανομής χαμηλής τάσης **220 / 380 V** που τροφοδοτούν όλους τους μικρούς καταναλωτές (σπίτια, καταστήματα, αγροτικές εκμεταλλεύσεις, βιοτεχνίες κλπ.). Οι αποστάσεις που συνήθως καλύπτονται είναι της τάξης των εκατοντάδων μέτρων.

2. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Σ.Ρ.)

Στην αρχή χρησιμοποιήθηκε το συνεχές ρεύμα για τη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα αυτά ήταν:

α) Σύστημα ενός ή δύο αγωγών



Συστήματα μεταφοράς και διανομής Σ.Ρ.

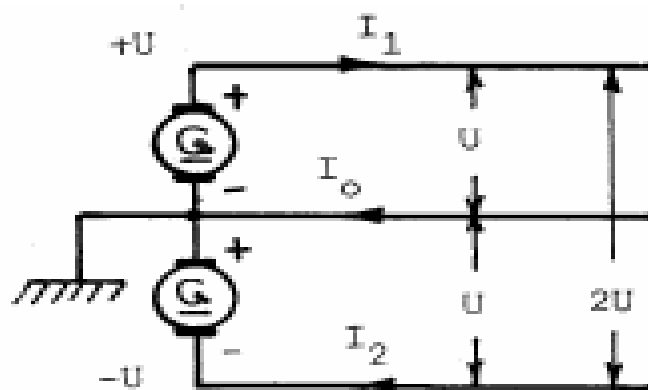
Στο α του παραπάνω σχήματος υπάρχει ένας αγωγός και η επιστροφή του ρεύματος γίνεται μέσω της γης. Στα ηλεκτρικά τρένα, ακόμη και τώρα χρησιμοποιείται αυτό το σύστημα. Μεγάλο μειονέκτημα είναι η αδυναμία για εξασφάλιση καλής γείωσης. Η ισχύς Σ.Ρ. δίνεται από τη σχέση:

$$P=U \cdot I$$

και το ρεύμα: $I = P / U$

Στο β του σχήματος δεν υπάρχει το προηγούμενο μειονέκτημα. Για την ισχύ και το ρεύμα ισχύουν οι ίδιες σχέσεις.

β) Συστήματα τριών αγωγών



Με αυτό το σύστημα έχουμε δύο τάσεις την U και την $2U$. Στην περίπτωση που ισχύει $I_1=I_2$, τότε έχουμε:

$$I_o = I_1 - I_2 = 0$$

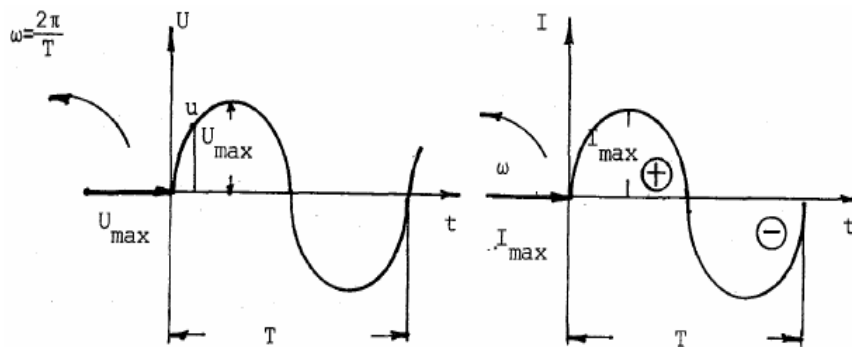
Έτσι οι μικροί καταναλωτές (φωτισμοί μικροί), μπορούν να συνδεθούν στην τάση U ενώ οι μεγάλοι καταναλωτές (κινήσεις) στη τάση $2U$. Επίσης γίνεται σημαντική οικονομία, γιατί μπορούμε να έχουμε μικρότερη διατομή αγωγών από ότι στα προηγούμενα συστήματα. Πρέπει να ξέρουμε ότι το κόστος των αγωγών είναι ένα μεγάλο ποσοστό της δαπάνης για την κατασκευή ενός δικτύου.

Συμπέρασμα: Όταν αυξάνει η τάση μειώνεται η διατομή των αγωγών, το βάρος τους άρα και το μέγεθος των στύλων.

3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Ε.Ρ.)

Εναλλασσόμενο ρεύμα ονομάζουμε το ρεύμα που εναλλάσσει φορά, δηλαδή λαμβάνει πότε θετικές και πότε αρνητικές τιμές περιοδικά, άρα είναι και μεταβαλλόμενο.

Αν ο τρόπος μεταβολής των τιμών του παρακολουθεί το τρόπο μεταβολής των τιμών του ημιτόνου μίας γωνίας, τότε έχουμε ένα εναλλασσόμενο ημιτονοειδές ρεύμα, δηλαδή σαν κι αυτό που μας τροφοδοτεί σήμερα η ΔΕΗ.



$$\text{Στιγμιαία τιμή τάσης: } u = U_{max} \eta \mu \omega t = U_{max} \eta \mu 2\pi f \cdot t = U_{max} \eta \mu \frac{2\pi}{T} t$$

$$\text{Στιγμιαία τιμή έντασης: } i = I_{max} \eta \mu \omega t = I_{max} \eta \mu 2\pi f \cdot t = I_{max} \eta \mu \frac{2\pi}{T} t$$

Χαρακτηριστικά μεγέθη Του Ε.Ρ.

- **Περίοδος:** Είναι ο χρόνος σε (s) που χρειάζεται το μεταβαλλόμενο μέγεθος για να κάνει μια πλήρη περιστροφή ή εναλλαγή.
- **Συχνότητα:** Είναι ο αριθμός των πλήρων εναλλαγών στη μονάδα του χρόνου(1sec) και μετριέται σε HZ (Hertz).
- **Ενεργή ή ενδεικνυόμενη τιμή:** Είναι αυτή που μας δείχνει ένα όργανο π.χ. ένα βολτόμετρο μας δείχνει 220V ενώ γνωρίζουμε ότι η τιμή της τάσης αυτής μεταβάλλεται συνεχώς, παίρνει μηδενικές, μέγιστες και ενδιάμεσες τιμές.
- **Ισχύς:** Ενδεικνυόμενη τιμή.

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 U_{\max}$$

$$I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} = 0,707 I_{\max}$$

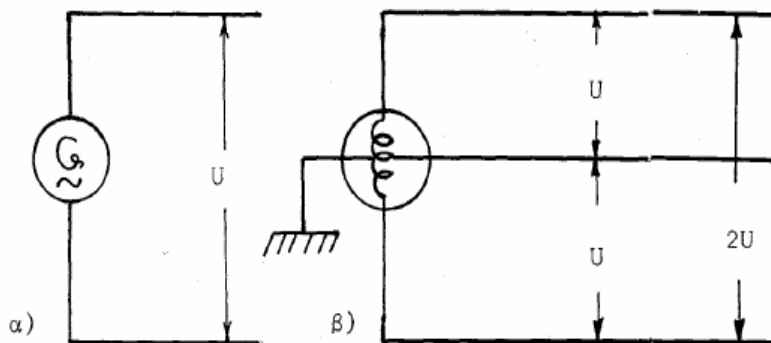
Στο Ε.Ρ. τα μεγέθη τάση, ένταση, αντίσταση και ισχύ είναι ανυσματικά, δηλαδή ορίζονται πλήρως με: το μέτρο τους, τη διεύθυνση και τη φορά τους.

Όταν επιβάλουμε μια εναλλασσόμενη τάση σε ένα καταναλωτή σαν αποτέλεσμα θα έχουμε την κυκλοφορία ενός εναλλασσόμενου ρεύματος μέσα στον καταναλωτή.

Ανάλογα με τη φύση ή συμπεριφορά του καταναλωτή, το άνυσμα της έντασης και της τάσης θα σχηματίζουν μεταξύ τους μια γωνία φ (από -90° μέχρι $+90^\circ$) ή θα βρίσκονται όπως λέμε σε φασική απόκλιση κατά γωνία φ .

Στα συστήματα Ε.Ρ. έχουμε:

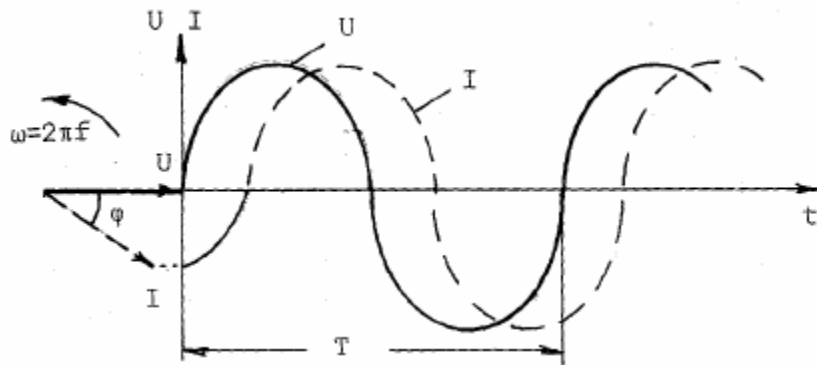
α) Μονοφασικά συστήματα δύο και τριών αγωγών



Είναι παρόμοια με του Σ.Ρ. αλλά η ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P = UI \cdot \cos\phi$$

Ο παράγοντας **συνφ** λέγεται και συντελεστής ισχύος. Η τάση και το ρεύμα είναι εναλλασσόμενα μεγέθη, δηλ. έχουν τη μορφή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



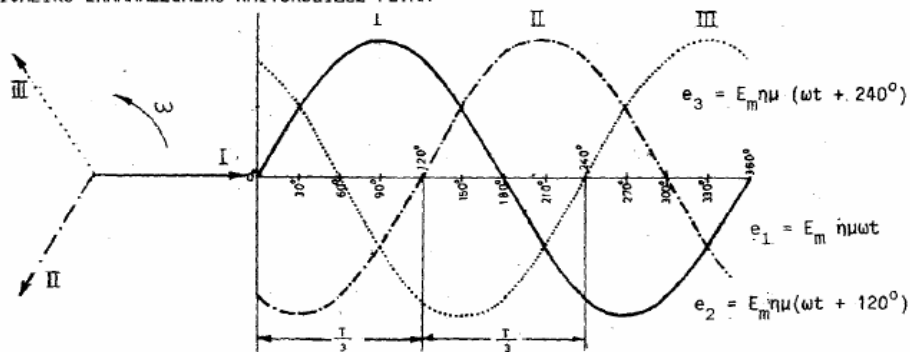
Τα μεγέθη τάσεως και εντάσεως σχηματίζουν μεταξύ τους μια γωνία ϕ ή όπως αλλιώς λέμε, βρίσκονται σε φασική απόκλιση κατά γωνία ϕ . Στο παράδειγμα, η ένταση επιπορεύεται (καθυστερεί) της τάσης κατά γωνία ϕ .

β) Τριφασικά συστήματα τριών και τεσσάρων αγωγών

Πιο πριν γνωρίσαμε βασικά στοιχεία για το εναλλασσόμενο ρεύμα που έχουμε στα σπίτια μας. Αυτό το ρεύμα μας το δίνει η ΔΕΗ, με έναν αγωγό φάσεως και έναν αγωγό που λέγεται ουδέτερος και μεταξύ τους η επικρατούσα διαφορά δυναμικού είναι 220V.

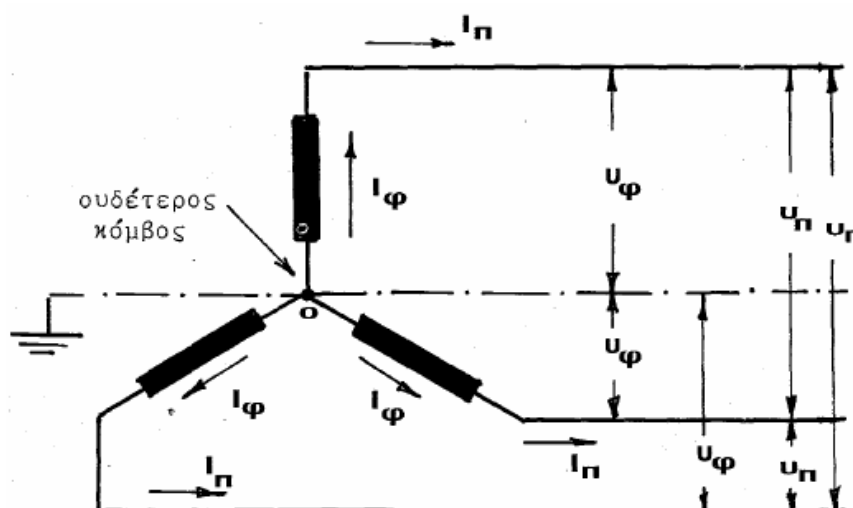
Οι γεννήτριες (εναλλακτήρες) που παράγουν το Ε.Ρ. στους σταθμούς παραγωγής έχουν τρία πηνία ή φάσεις και το παραγόμενο από αυτές ρεύμα λέγεται τριφασικό. Τα ανύσματα αυτών των φάσεων π.χ. των R,S και T βρίσκονται μεταξύ τους σε μια φασική απόκλιση κατά γωνία $\phi=120^\circ$. Τα τριφασικά αυτά συστήματα έχουν επικρατήσει στη πράξη.

ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΕΣ ΡΕΥΜΑ



4. ΤΥΠΟΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

α) Σύνδεση κατά Υ (αστέρα)



Τα μεγέθη τάσης ή έντασης που επικρατούν σε κάθε πηνίο, λέγονται φασικά. Π.χ. το ρεύμα που κυκλοφορεί μέσα σε ένα πηνίο το λέμε φασικό ρεύμα I_ϕ , το ρεύμα που κυκλοφορεί έξω από τον αγωγό αναχώρησης ή πόλο, το λέμε πολικό ρεύμα I_π .

Ισχύει:

$$I_{\pi} = I_{\phi} = I$$

Η φάση στα άκρα ενός πηνίου φάσεως λέγεται **φασική φάση U_{ϕ}** .

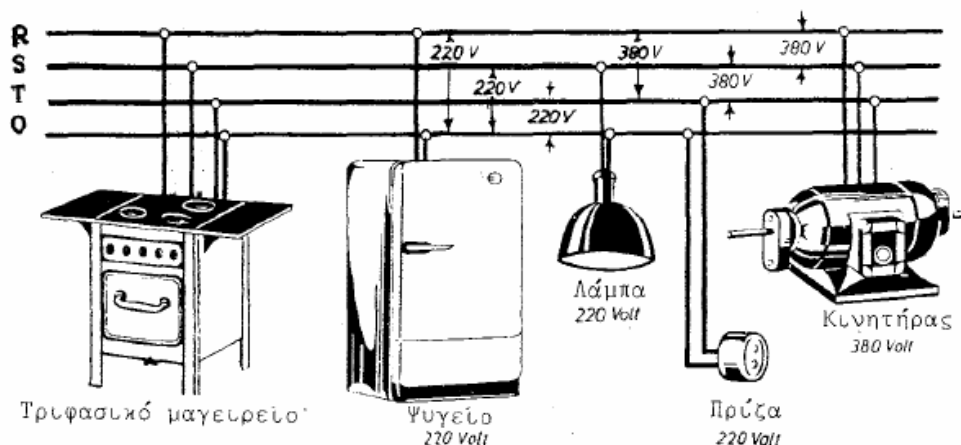
Η τάση που επικρατεί μεταξύ των πόλων ή φάσεων λέγεται **πολική φάση U_{π}**

Άρα στη σύνδεση κατά Y δεν υπάρχει λόγος να διακρίνουμε τα φασικά ρεύματα από τα πολικά μια και είναι ίδια, ενώ αντιθέτως κάνουμε διάκριση των τάσεων σε πολικές και φασικές.

Ισχύει:

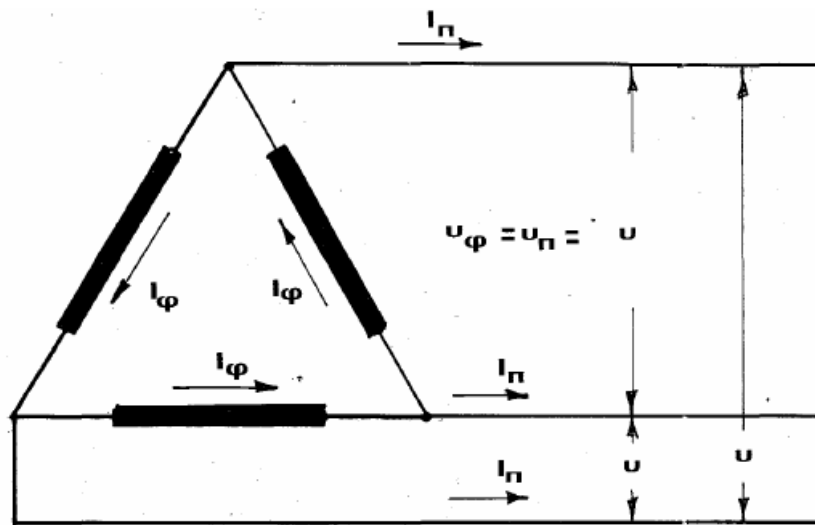
$$U_{\pi} = \sqrt{3} U_{\phi}$$
$$I_{\pi} = I_{\phi} = I$$

Το αστεροειδές σύστημα που γνωρίσαμε λέγεται και σύστημα 4 αγωγών, δηλαδή έχει τρεις αγωγούς φάσεων ή πόλους R,S,T και τον ουδέτερο. Οι καταναλωτές μπορούν να συνδεόνται είτε μεταξύ μίας των φάσεων (R,S,T) και του ουδέτερου, άρα να λειτουργούν με τη φασική τάση $U=220V$ (μονοφασικοί καταναλωτές π.χ. λαμπτήρες φωτισμού, μικροί κινητήρες ισχύος μικρότερης του 1 HP όπως ανεμιστήρες κλπ.), είτε μεταξύ των τριών φάσεων (τριφασικοί καταναλωτές όπως π.χ. κινητήρες ισχύος πάνω από 1 HP) και καμιά φορά μεταξύ των τριών φάσεων και του ουδέτερου.



Τροφοδότηση μονοφασικών και τριφασικών καταναλωτών από σύστημα Χ.Τ. 220/380 V 50 Hz.

β) Σύνδεση κατά Δ (τρίγωνο)



Στη σύνδεση αυτή έχουμε τρεις αγωγούς φάσεως ή πόλους και δεν έχουμε ουδέτερο. Η τάση στα άκρα μιας φάσεως ή πηνίου U_ϕ είναι η ίδια με εκείνη που επικρατεί μεταξύ των πόλων $U_\pi = 380 \text{ V}$, άρα δεν χρειάζεται να γίνεται διάκριση.

Ισχύει:

$$U_\pi = U_\phi = U$$

μια τάση των 380 V

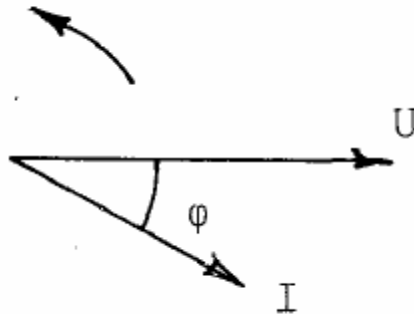
Το ρεύμα που κυκλοφορεί έξω στον πόλο δηλαδή στον αγωγό αναχώρησης, το I_π , είναι μεγαλύτερο από εκείνο που κυκλοφορεί μέσα στο πηνίο φάσεως, δηλαδή το I_ϕ .

Ισχύει:

$$I_\pi = \sqrt{3} I_\phi$$

5. Η ΙΣΧΥΣ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

α) Στο μονοφασικό σύστημα



Διακρίνουμε τρία είδη ισχύος:

Την πραγματική:

$$P = U \cdot I \cos\varphi$$

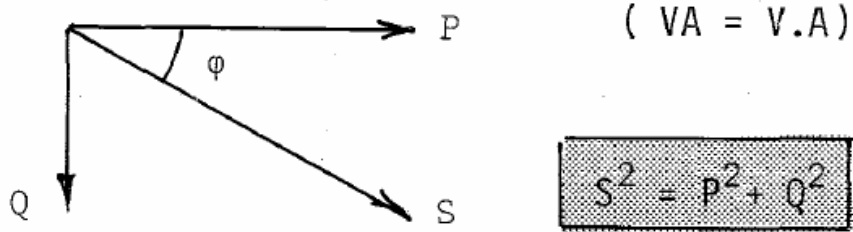
Την άεργη:

$$Q = U \cdot I \sin\varphi$$

Την φαινόμενη:

$$S = U \cdot I$$

Ισχύει:



β) Στο τριφασικό σύστημα

Σύνδεση κατά Υ

$$P = \sqrt{3} U_{\pi} I \cos\varphi \quad \text{ή} \quad P = 3 U_{\varphi} I \cos\varphi$$
$$Q = \sqrt{3} U_{\pi} I \sin\varphi \quad \text{ή} \quad Q = 3 U_{\varphi} I \sin\varphi$$
$$S = \sqrt{3} U_{\pi} I \quad \text{ή} \quad S = 3 U_{\varphi} I$$

Σύνδεση κατά Δ

$$P = \sqrt{3} U_{\pi} I_{\pi} \cos\varphi \quad \text{ή} \quad P = 3 U_{\varphi} I_{\varphi} \cos\varphi$$
$$Q = \sqrt{3} U_{\pi} I_{\pi} \sin\varphi \quad \text{ή} \quad Q = 3 U_{\varphi} I_{\varphi} \sin\varphi$$
$$S = \sqrt{3} U_{\pi} I_{\pi} \quad \text{ή} \quad S = 3 U_{\varphi} I_{\varphi}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

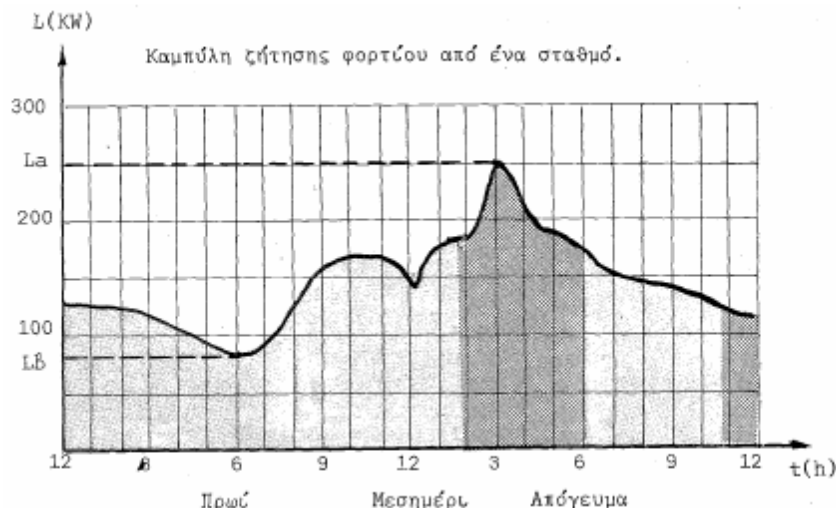
Η ηλεκτρική ενέργεια έχει, πέρα από τα πολλά πλεονεκτήματα, ένα βασικό μειονέκτημα. Δεν μπορεί να αποθηκευτεί παρά μόνο σε πολύ μικρές ποσότητες (σε συσσωρευτές). Έτσι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στους σταθμούς παραγωγής πρέπει να είναι ίση με αυτή που καταναλώνεται κάθε στιγμή. Μέσα στις καταναλώσεις πρέπει να υπολογισθούν και οι απώλειες όπως πχ. η θέρμανση των αγωγών των δικτύων, η λειτουργία των βοηθητικών μονάδων, οργάνων, διατάξεων κτλ.

Για την αποφυγή προβλημάτων και τη ρύθμιση της σχέσης μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας υπάρχει το Κέντρο Κατανομής Φορτίου, ή όπως λέγεται διεθνώς, Dispatching.

Η υπηρεσία αυτή μελετά τις μεταβολές του φορτίου και προβλέπει πως θα εξελιχθεί το φορτίο της επόμενης ημέρας. Η μελέτη γίνεται από τις καμπύλες που χαράζονται με βάση τις ενδείξεις ειδικών καταγραφικών οργάνων. Ακολουθώς γίνεται η κατανομή του φορτίου στους σταθμούς παραγωγής και στα δίκτυα.

Η κατανομή του φορτίου στους σταθμούς γίνεται με κριτήρια τεχνικά και οικονομικά. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε ότι μια μεγάλη ατμοηλεκτρική μονάδα πρέπει να λειτουργεί συνεχώς για αυτό χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση του φορτίου βάσης. Την αιχμή και το κυμαινόμενο φορτίο το εξυπηρετούν άλλοι σταθμοί κατάλληλοι για αυτό.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ανεξάρτητα συστήματα. Τότε κάθε σταθμός θα έπρεπε να μπορεί να εξυπηρετεί τους καταναλωτές συνεχώς όση ενέργεια κι αν ζητήσουν. Αν παρακολουθήσουμε την ισχύ που ζητούν οι καταναλωτές και που λέγεται φορτίο του σταθμού, θα δούμε ότι ακολουθεί τη καμπύλη του σχήματος:



Στον οριζόντιο άξονα βλέπουμε τις ώρες μιας ημέρας, ενώ στον κατακόρυφο την ισχύ σε KW. Η καμπύλη μας δείχνει π.χ. ότι στις 3μμ έχουμε φορτίο L_a που ονομάζεται φορτίο αιχμής ή απλά αιχμή. Στις 6 πμ έχουμε το μικρότερο φορτίο L_b που ονομάζεται φορτίο βάσης.

Αν π.χ. το L_a είναι 250 KW ενώ το L_b είναι 80 KW ο σταθμός ή θα έχει μια γεννήτρια των 250 KW ή περισσότερες που συνολικά θα δίνουν τα 250 KW.

Επειδή όλα τα μηχανήματα του σταθμού χρειάζονται συντήρηση και παθαίνουν και βλάβες θα πρέπει να υπάρχουν και εφεδρικές μονάδες. Στη περίπτωση της μιας γεννήτριας των 250 KW θα πρέπει να έχουμε και άλλη μια των 250 KW για τους παραπάνω λόγους. Αν έχουμε έστω 3 γεννήτριες, μια των 100 KW, μια των 80 KW και μια των 70 KW, πρέπει να έχουμε να εφεδρεία μια των 100 KW τουλάχιστον. Αυτό όμως πρέπει να συμβαίνει σε όλα τα ανεξάρτητα συστήματα, δηλαδή ο σταθμός θα πρέπει να έχει και την ανάλογη εφεδρεία.

Αν δια συνδέσουμε όλα τα συστήματα και έχουμε μόνο ένα σύστημα, μπορούμε να έχουμε λιγότερες μονάδες για εφεδρεία. Επειδή το κόστος κάθε μονάδας του σταθμού είναι πολύ υψηλό καταλαβαίνουμε το μέγεθος της οικονομίας που θα έχουμε.

Επίσης σε περίπτωση βλάβης σε κάποια γραμμή μεταφοράς οι καταναλωτές εξακολουθούν να τροφοδοτούνται με τις διασυνδέσεις από άλλη γραμμή μεταφοράς.

Εξάλλου υπάρχει και ένας ακόμη λόγος σημαντικός. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί, όταν πέσει η στάθμη της λίμνης κάτω από ένα όριο, σταματούν τη λειτουργία τους και τότε χρησιμοποιούνται μόνο για βοηθητικούς σκοπούς. Αν αυτός ο υδροηλεκτρικός σταθμός ήταν ενταγμένος σε ανεξάρτητο σύστημα, θα είχαμε πρόβλημα τροφοδότησης των καταναλωτών.

Έτσι οι σταθμοί που συνεργάζονται μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

- Σταθμούς παραγωγής ή βάσεως.
- Σταθμούς αιχμής

Τα είδη σταθμών ανάλογα με τον τρόπο που παράγουν την ηλεκτρική ενέργεια είναι:

- Ατμοηλεκτρικοί (ΑΗΣ)
- Ντιζελοηλεκτρικοί (ΝΗΣ)
- Αεριοστροβιλικί (ΑΕΗΣ)
- Πυρηνοληλεκτρικοί (ΠΗΣ)

- Υδροηλεκτρικοί (ΥΗΣ)

ΜΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ (ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ) ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι συμβατικές μορφές ενέργειας περιλαμβάνουν:

- Άνθρακα
- Πετρέλαιο
- Φυσικό αέριο
- Ραδιενεργά στοιχεία

1.2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) είναι ανώνυμη εταιρεία που έχει σκοπό τη λειτουργία, εκμετάλλευση, διασφάλιση της συντήρησης και μέριμνα για την ανάπτυξη του Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας κατά την έννοια του άρθρου 2 του Νόμου 2773/1999, σε ολόκληρη τη χώρα, καθώς και των διασυνδέσεών του με τα άλλα δίκτυα για να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια, κατά τρόπο επαρκή, ασφαλή, οικονομικά αποδοτικό και αξιόπιστο.

Σκοπός του είναι η βέλτιστη κατανομή του φορτίου στο δίκτυο. Ταυτόχρονα ο ΔΕΣΜΗΕ θα μεριμνά, όταν υπάρξουν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας περισσότεροι παραγωγοί και προμηθευτές, για την εκκαθάριση των μεταξύ του συναλλαγών. Επειδή η ακριβής κατανάλωση ρεύματος δεν μπορεί να προβλεφθεί, αναμένεται ότι κάποιοι παραγωγοί θα παράγουν περισσότερο ρεύμα απ' όσο μπορούν να διαθέσουν και το αντίθετο. Για την κάλυψη των αναγκών τους θα προβαίνουν σε αγοραπωλησία του πλεονάζοντος/ελλείποντος μεταξύ τους και ο ΔΕΣΜΗΕ θα καταγράφει ποιος οφείλει σε ποιον.

Ο ΔΕΣΜΗΕ είναι και ο φορέας του κράτους που αγοράζει την παραγόμενη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σε περιοχές της χώρας που είναι διασυνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο ηλεκτροδότησης. Στις μη-διασυνδεδεμένες περιοχές, ο αντίστοιχος φορέας είναι η ΔΕΗ. Και οι δυο περιπτώσεις αγοραπωλησίας ενέργειας διέπονται από το νόμο για τις ΑΠΕ.

Συστήθηκε με το Προεδρικό Διάταγμα 328/12-12-2000 και ανήκει κατά 51% στο κράτος. Το υπόλοιπο 49% ανήκει στις εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ως τώρα η μοναδική είναι η ΔΕΗ, αλλά αυτό αναμένεται να αλλάξει σύντομα. Η ίδρυσή του εντάσσεται στο πλαίσιο της απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της επιδίωξης να κυριαρχήσουν συνθήκες ανταγωνισμού στην παραγωγή και διάθεση του ρεύματος. Πριν τη σύστασή του την ευθύνη για το δίκτυο είχε η ΔΕΗ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΑΝΟΜΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα δίκτυα χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα περισσότερα δίκτυα είναι εναέρια. Τα υπόγεια και υποβρύχια δίκτυα κατασκευάζονται όταν το επιβάλλουν ειδικοί λόγοι (π.χ. όταν περνούν από πυκνοκατοικημένες περιοχές, όταν γίνεται σύνδεση ενός νησιού με το Εθνικό Σύστημα). Τα εναέρια δίκτυα πλεονεκτούν σε σχέση με τα άλλα γιατί έχουν μικρό κόστος κατασκευής, εύκολη επιθεώρηση και συντήρηση. Το κόστος τους φθάνει το 30% περίπου του κόστους ενός υπόγειου δικτύου.

Για να κατασκευαστεί ένα δίκτυο πρέπει να γνωρίζουμε την χρονολογική καμπύλη φορτίου. Η μελέτη της Χ.Κ.Φ μας δίνει πολλά στοιχεία οικονομικά και τεχνικά. Από αυτά τα στοιχεία καθορίζεται η ισχύς που θα μεταφέρεται ή θα διανέμεται στους καταναλωτές λαμβάνοντας υπόψη και την αύξηση του φορτίου που θα έχουμε στα επόμενα χρόνια.

Με τα προηγούμενα στοιχεία καθορίζονται οι θέσεις των υποσταθμών καθώς και η τάση του δικτύου. Χαρτογραφείται η περιοχή και καθορίζεται η διαδρομή του δικτύου. Πάνω στο χάρτη φαίνονται τα υψόμετρα και οι θέσεις των στύλων ή πυλώνων

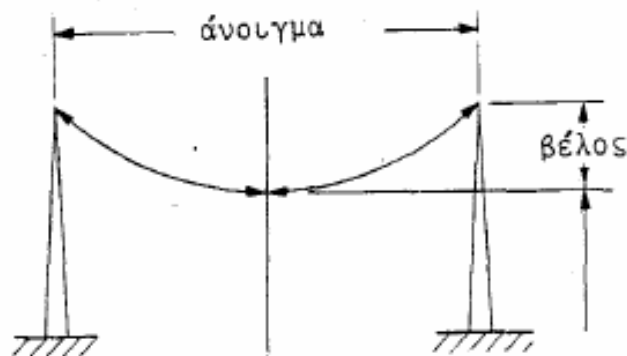
Η ΔΕΗ έχει τυποποιήσει σε κατηγορίες τα δίκτυα ώστε να υπάρχει ομοιομορφία υλικού και μικρότερο κόστος.

Κατά τη μελέτη ενός δικτύου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

1. Το δίκτυο να παρουσιάζει ευχέρεια συντήρησης και επισκευής.
2. Να έχει το μικρότερο δυνατό μήκος.
3. Η δαπάνη απαλλοτριώσεων για το διάδρομο εργασιών να μην είναι πολύ μεγάλη.

Παρακάτω θα γνωρίσουμε ορισμένα κατασκευαστικά στοιχεία των εναέριων δικτύων και τις δυνάμεις που επιδρούν στα διάφορα υλικά τους.

Άνοιγμα ονομάζουμε την απόσταση μεταξύ δύο στύλων ή πυλώνων



Το άνοιγμα μεταξύ δύο στύλων ή πυλώνων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Κατά κανόνα οι πυλώνες απέχουν πολύ μεταξύ τους. Η κατασκευή τους είναι ισχυρή για να μπορούν να δεχτούν το βάρος των αγωγών, του χιονιού που θα επικολλήσει, τις δυνάμεις του ανέμου και το δικό τους βάρος.

Οι αποστάσεις μεταξύ των στύλων Μ.Τ. είναι πολύ μικρότερες και ακόμη μικρότερες στις γραμμές Χ.Τ.

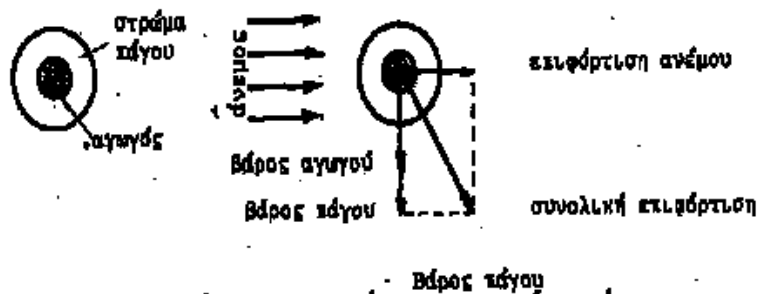
Άλλοι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στη μελέτη κατασκευής των εναέριων δικτύων είναι η σύσταση του εδάφους καθώς και οι καιρικές συνθήκες της περιοχής. Τα στοιχεία που αποτελούν ένα δίκτυο (στύλοι, αγωγοί, μονωτήρες κλπ) δέχονται ορισμένες δυνάμεις επιφόρτισης. Αυτές είναι διαμήκειες και εγκάρσιες.

2.2. ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ ΑΓΩΓΩΝ

Οι αγωγοί δέχονται δυνάμεις επιφόρτισης από:

- α) Το ίδιο βάρος τους
- β) Το στρώμα πάγου που τους καλύπτει κυλινδρικά και
- γ) Τη πίεση του ανέμου που δρα οριζόντια ως προς το έδαφος πάνω στον αγωγό με πάγο ή χωρίς πάγο.

Στη χώρα μας η ΔΕΗ υπολογίζει το βάρος του πάγου με ακτίνα μέχρι 14 cm. Η συνολική επιφόρτιση του αγωγού είναι η συνισταμένη των τριών επιφορτίσεων.

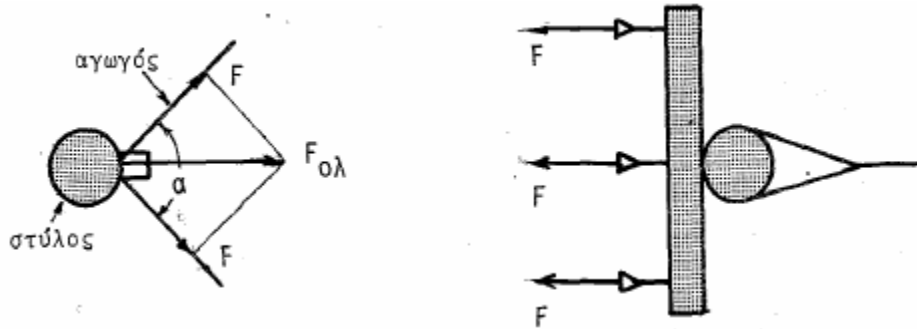


Οι διάφορες επιφορτίσεις των αγωγών εναέριων δικτύων

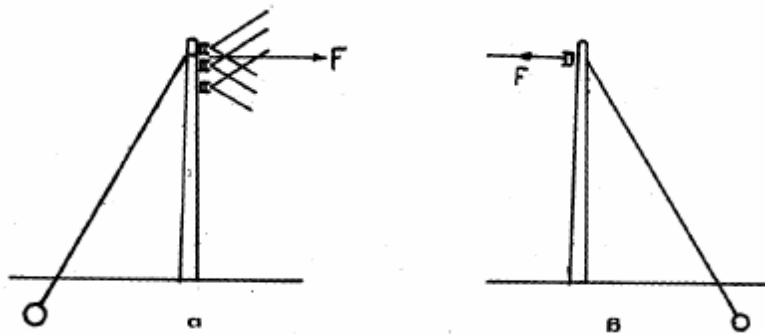
Επίσης πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η **τάνυση** των αγωγών που μεταβάλλεται αρκετά με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. (Το καλοκαίρι αυξάνεται το βέλος σε σύγκριση με τον χειμώνα).

2.3. ΕΠΙΦΟΡΤΙΣΗ ΦΟΡΕΩΝ

Οι φορείς (στύλοι, μονωτήρες βραχίονες κλπ) υπολογίζονται ώστε να αντέχουν στις διάφορες επιφορτίσεις που προέρχονται από τις συνολικές επιφορτίσεις των αγωγών και γίνονται ιδιαίτερα μεγάλες στις γωνίες και τα τέρματα.



Οι επιφορτίσεις των φορέων (στύλων) μιας γραμμής είναι ιδιαίτερα μεγάλες στις γωνίες και στα τέρματα.



Στα παραπάνω σχήματα έχουμε:

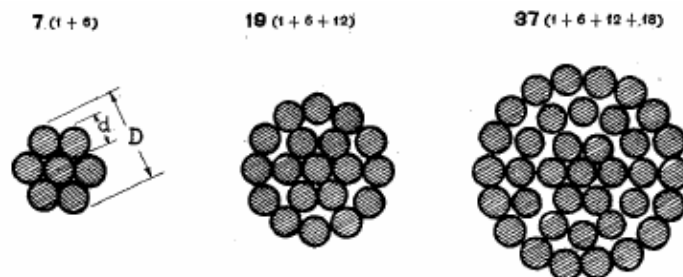
Στο σχέδιο α στροφή της διαδρομής του δικτύου ενώ στο σχέδιο β το τέρμα μιας γραμμής. Επειδή ο στύλος υφίσταται μεγάλες δυνάμεις τοποθετείται επίτονος. Σε άλλες περιπτώσεις τοποθετούνται αντηρίδες και στις στροφές με μικρή γωνία πολλές φορές δίδυμοι στύλοι.

Είναι αυτονόητο ότι οι στύλοι, οι μονωτήρες, οι βραχίονες, οι επίτονοι κλπ. εκλέγονται ώστε να έχουν την απαιτούμενη αντοχή.

2.4. ΑΓΩΓΟΙ

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται είναι χωρίς μόνωση και κατασκευάζονται από χαλκό, αλουμίνιο ή αλουμίνιο-χάλυβα (ACSR). Σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αγωγοί από άλλα υλικά και κράματα π.χ. από γαλβανισμένο χάλυβα, φωσφορούχο ορείχαλκο κλπ.

Οι αγωγοί κατασκευάζονται μονόκλωνοι ή πολύκλωνοι. Στα εναέρια δίκτυα σπάνια χρησιμοποιούνται μονόκλωνοι αγωγοί, γιατί έχουν πολύ μικρότερη μηχανική αντοχή από τους πολύκλωνους. Επίσης οι μονόκλωνοι είναι δύσκαμπτοι. Η διατομή των μονόκλωνων αγωγών είναι μέχρι 16mm^2 . Οι πολύκλωνοι αγωγοί έχουν τη μορφή του παρακάτω σχήματος.



Γυμνοί πολύκλωνοι αγωγοί αποτελούμενοι από 7, 19 και 37 κλώνους

Οι αγωγοί χαλκού και αλουμινίου, αποτελούνται από κλώνους της ίδιας διατομής. Γύρω από ένα κεντρικό αγωγό περιελίσσονται οι υπόλοιποι σε στρώσεις και οι αγωγοί παίρνουν τη μορφή των συρματόσχοινων. Οι αριθμοί των κλώνων είναι 7,19,37,61 κλπ

Αν κ = ο αριθμός των κλώνων και

η = ο αριθμός των στρώσεων γύρω από τον κεντρικό αγωγό

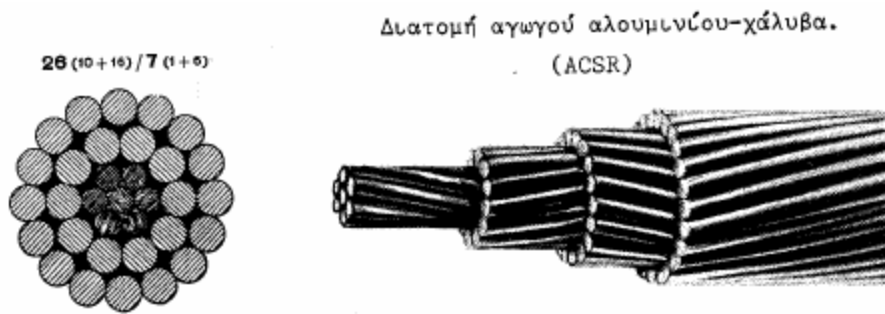
τότε

$$\kappa = 1+3\eta(\eta+1)$$

Αν κάθε κλώνος έχει διάμετρο d τότε ο αγωγός έχει διάμετρο D

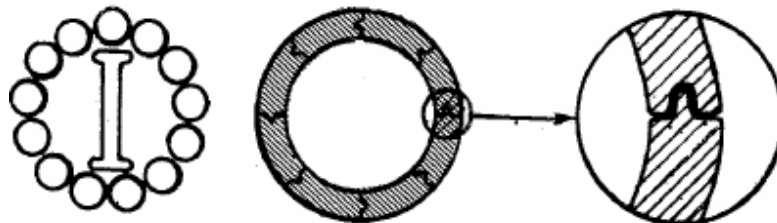
$$D = d(2\cdot\eta+1)$$

Οι αγωγοί αλουμινίου-χάλυβα Α51 έχουν τη μορφή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Γενικά η διάμετρος των χάλυβδινων συρμάτων είναι διαφορετική από την διατομή των συρμάτων αλουμινίου.

Σε γραμμές μεταφοράς πολύ υψηλής τάσης έχουν χρησιμοποιηθεί αγωγοί με ειδική διατομή.



Αγωγοί ειδικών διατομών για γραμμές μεταφοράς πολύ υψηλής τάσης.

2.4.1. ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟ ΧΑΛΚΟ

Ο χαλκός έχει μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα και καλή μηχανική αντοχή. Η αγωγιμότητά του μειώνεται όταν έχει ξένες προσμίξεις. Επίσης μειώνεται λίγο η αγωγιμότητά του όταν κατεργαστεί εν ψυχρώ. Αυτό όμως του δίνει μεγαλύτερη μηχανική αντοχή.

Ένα άλλο πλεονέκτημά του είναι ότι δεν διαβρώνεται εύκολα και για αυτό χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε δίκτυα που είναι κοντά στη θάλασσα.

Σήμερα, επειδή το αλουμίνιο έχει μικρότερο κόστος αντικαθιστά το χαλκό κυρίως στους αγωγούς των εναέριων δικτύων.

2.4.2. ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Το αλουμίνιο έχει, απέναντι στο χαλκό τα εξής πλεονεκτήματα:

- είναι τρεις φορές ελαφρύτερο
- είναι πιο φθηνό

Τα μειονεκτήματα είναι:

- Έχει το 1/2 της μηχανικής αντοχής του χαλκού.
- Έχει Το 60% περίπου της αγωγιμότητας του χαλκού.

Έτσι ένας αγωγός αλουμινίου με ισοδύναμη διατομή με αγωγό από χαλκό έχει το 1/2 του βάρους του και διάμετρο μεγαλύτερη 1,6 φορές (60% μεγαλύτερη).

Τα παραπάνω μας δείχνουν ότι ο αγωγός από αλουμίνιο δέχεται μεγαλύτερες επιφορτίσεις από τον άνεμο και τον πάγο λόγω της μεγαλύτερης επιφάνειάς του, αλλά συγχρόνως περιορίζονται σ' αυτόν οι απώλειες από το φαινόμενο corona.

Το αλουμίνιο με κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες οξειδώνεται επιφανειακά. Το στρώμα της οξείδωσης είναι πολύ λεπτό και προστατεύει τον αγωγό από την παραπέρα οξείδωση. Κοντά στη Θάλασσα όμως (σε απόσταση μέχρι 1Km περίπου) διαβρώνεται από το αλάτι που περιέχεται στον αέρα, σε βάθος μέχρι και 3mm.

Οι αγωγοί αλουμινίου χρησιμοποιούνται κύρια στις γραμμές χαμηλής τάσης και μακριά από τη θάλασσα.

Στις γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσης δεν χρησιμοποιούνται γιατί έχουν μικρή μηχανική αντοχή. (Οι πυλώνες απέχουν πολύ μεταξύ τους και οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις στους αγωγούς είναι πολύ μεγάλες).

2.4.3. ΑΓΩΓΟΙ ΑΠΟ ΧΑΛΥΒΑ-ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ (ACSR)

Το μειονέκτημα των αγωγών αλουμινίου αντιμετωπίζεται με επιτυχία με τους αγωγούς ACSR. Αυτοί έχουν **ψυχή** από κλώνους με γαλβανισμένο χάλυβα.

Ο χάλυβας αναλαμβάνει τη μηχανική αντοχή και το αλουμίνιο το μεγαλύτερο μέρος της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος.

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

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των αγωγών που αναφέρονται παραπάνω.

ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΦΑΣΗΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ

ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm ²) Cu	ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (mm)	ΜΕΣΗ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΑΓΩΓΟΥ ΦΑΣΗΣ(ΧΩΡΙΣ ΜΟΝΩΣΗ) (mm)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΦΑΣΗΣ (A)			
			ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ		ΣΕ ΣΩΛΗΝΕΣ ΜΗΚΟΥΣ > 6 m
				ΕΛΕΥΘΕΡΑ	ΕΠΙΤΟΝΙΑ	
2 X 6	9,00	2,8	74	41	36	53
2 X 16	11,20	4,5	129	72	64	92
4 X 6	15,87	2,8	62	37	33	46
4 X 16	19,54	4,5	108	66	58	80
4 X 25	22,88	5,6	140	87	77	104
4 X 35	25,46	6,7	169	106	93	126
4 X 50	29,63	8,0	200	129	113	151

Συνθήκες υπολογισμού : Μέγιστη θερμοκρασία αγωγών : 85^o C
 Θερμοκρασία εδάφους : 25^o C
 Ειδική θερμική αντίσταση εδάφους : 1 K*m/W
 Θερμοκρασία αέρα : 40^o C
 Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας : 1000 W/m²

ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΦΟΡΤΙΣΕΙΣ ΓΥΜΝΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

ΑΓΩΓΟΙ ACSR			ΑΓΩΓΟΙ AAAC		
ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Cu(mm ²)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (A)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Cu(mm ²)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (A)
16	29.5	127	16	35	145
35	65	197	35	70	215
50	93	266	50	95	270
95	175	400	95	185	415
16	65	133			
ΑΓΩΓΟΙ ΧΑΛΚΟΥ (Cu)			ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (AL)		
ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Cu(mm ²)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (A)	ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΣ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ Cu(mm ²)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (mm ²)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (A)
16	16	115	16	26,9	145
35	35	175	35	57	232
50	50	230	50	82,4	295
70	70	280	70	115,5	365
95	95	360			

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΥΜΝΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Διατομή Αγωγών mm ²	Βάρος Kg/m	Διάμετρος mm	Επίνοι mm	Φορτίο θραύσεως Kg
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΣΑΛΥΒΑΙΝΗ ΎΨΗ (ACSR)				
16	0,102	6,96	6Al/18t/2,32	950
35	0,224	10,32	6Al/18t/3,44	2000
50	0,321	12,35	6Al/18t/4,11	2800
95	0,609	17,24	26/2,72Al+7/2,12st	5650
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ ΜΕ ΕΠΙΣΤΡΩΣΗ ΣΑΛΥΒΑΙΝΗ ΎΨΗ (ACSR-R)				
16	0,372	10,32	3Al/48t/3,44	4675
ΑΓΩΓΟΙ ΕΚ ΚΡΑΜΑΤΟΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (AAAC)				
35	0,090	7,50	7/2,50	980
70	0,189	10,50	19/2,10	1880
95	0,269	12,50	19/2,50	2670
185	0,525	17,50	37/2,50	5170
ΑΓΩΓΟΙ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ (Al)				
16	0,074	6,63	7/2,21	470
35	0,158	9,66	7/3,22	940
50	0,229	11,75	19/2,35	1442
70	0,320	13,90	19/2,78	2018
ΑΓΩΓΟΙ ΣΙΔΗΡΟΥ (Cu)				
16	0,144	5,15	7/1,71	739
35	0,315	7,59	7/2,53	1566
50	0,453	9,20	19/1,83	2299
70	0,634	10,70	19/2,17	3162

Σημείωση:

Οι διατομές αγωγών ACSR, ACSR-R και Al είναι ισοδύναμοι Χαλκού. Οι διατομές των αγωγών Χαλκού και AAAC είναι πραγματικές. Η ανοχή του βάρους των αγωγών είναι +2%.

2.5. ΓΕΙΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΑΝΟΜΗ

2.5.1. ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ

Οι γειώσεις στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας βοηθούν στο να γίνουν ταχύτερα αντιληπτά Τα διάφορα σφάλματα των δικτύων και προστατεύουν τους ανθρώπους από ηλεκτροπληξίες. Διακρίνουμε τα παρακάτω είδη γειώσεων:

- Γείωση λειτουργίας. Γείωση λειτουργίας είναι η σύνδεση με τη γη ενός Τμήματος της εγκατάστασης που ανήκει στο κύκλωμα λειτουργίας, όπως είναι ο κόμβος αστέρα πηγής ρεύματος. Η γείωση λειτουργίας μπορεί είτε να μη περιλαμβάνει άλλες αντιστάσεις, εκτός της αντιστάσεως γειώσεως και της αντιστάσεως του αγωγού γειώσεως, είτε να περιλαμβάνει προσθέτους αντιστάσεις.
- Γείωση προστασίας. Γείωση Προστασίας είναι η σύνδεση των αγωγίμων τμημάτων της εγκατάστασης που δεν ανήκουν στο κύκλωμα λειτουργίας με τη γη, για προστασία των ανθρώπων από μεγάλες τάσεις επαφής.
- Γείωση ασφάλειας από κεραυνούς. Γείωση ασφάλειας από κεραυνούς είναι η σύνδεση με τη γη χωρίς παρεμβολή άλλων αντιστάσεων ή μπορεί να είναι σύνδεση ανοικτή με κατάλληλες διατάξεις διάσπασης από τους κεραυνούς.

2.5.2. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΩΝ ΓΕΙΩΣΕΩΝ

Για την κατασκευή γειώσεων χρησιμοποιούμε συνήθως τους παρακάτω τρόπους:

- Γείωση με τεχνητά ηλεκτρόδια: Ένας τρόπος είναι με ράβδους ή σωλήνες χαλύβδινους γαλβανισμένους ή ορειχάλκινους μήκους συνήθως 2 - 3 m μπηγμένους στο χώμα. Για να αυξήσουμε την αποδοτικότητά τους τοποθετούμε πολλές φορές τρεις ή και περισσότερους σωλήνες που συνδέονται μεταξύ τους. Άλλος τρόπος τεχνητής γείωσης είναι η πλάκα. Αυτή συνήθως είναι ορειχάλκινη και έχει επιφάνεια 0,5. Επίσης για τεχνητή γείωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σύρμα ή ράβδο χάλκινη ή από επιψευδαργυρωμένο χάλυβα τοποθετημένο οριζόντια μέσα στο έδαφος. Για να αυξήσουμε την απόδοση της γείωσης, σ αυτήν την τελευταία περίπτωση, κατασκευάζουμε πολλές φορές πλέγμα γείωσης. Πρέπει τέλος να σημειώσουμε ότι ο αγωγός που συνδέει τη γειωτέα συσκευή ή εξάρτημα με τον σωλήνα ύδρευσης ή το τεχνητό ηλεκτρόδιο πρέπει να είναι αρκετής διατομής ώστε να μπορεί να μεταφέρει τις εντάσεις βραχυκύκλωσης, που πιθανόν να περάσουν μέσα από αυτόν χωρίς να υπερθερμανθεί. Επίσης για το τμήμα των αγωγών γείωσης που βρίσκεται μέσα στο χώμα πρέπει να πούμε ότι οι αγωγοί αυτοί πρέπει να έχουν αρκετή διατομή ώστε να μην διαβρωθούν γρήγορα. Συνήθως χρησιμοποιούνται χάλκινοι αγωγοί διατομής τουλάχιστον 35 mm. Τέλος σημειώνεται ότι καλό είναι οι αγωγοί γείωσης να είναι μονοκόμματοι. Δηλαδή να αποφεύγονται οι συνδέσεις γιατί αποτελούν ασθενή σημεία γειώσεων.
- Γείωση στο δίκτυο ύδρευσης. Το μεταλλικό δίκτυο ύδρευσης αποτελεί έναν πολύ καλό γειωτή. Όμως δεν είναι διαθέσιμο επειδή τον τελευταίο καιρό άρχισε να γίνεται χρησιμοποίηση πλαστικών σωλήνων και επομένως είναι άχρηστο για γειωτής, αφού οι σωλήνες είναι μονωτικοί.

2.5.3. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΓΕΙΩΣΕΩΝ. ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΤΑΣΗ

Το ηλεκτρόδιο γείωσης ή ο σωλήνας ύδρευσης παρουσιάζει μια αντίσταση ως προς οποιοδήποτε σημείο της γης που βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τον σωλήνα ή τα ηλεκτρόδια.

Η αντίσταση αυτή λέγεται αντίσταση γείωσης και οφείλεται στην αντίσταση που παρουσιάζει το χώμα γύρω κυρίως από το ηλεκτρόδιο ή τον σωλήνα. Η αντίσταση γείωσης έχει μεγάλη σημασία στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Έτσι π.χ. όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση γείωσης του ουδέτερου κόμβου ενός μετασχηματιστή, τόσο μικρότερη θα είναι η ένταση μονοφασικού (προς γη) βραχυκυκλώματος, γιατί η αντίσταση γείωσης παρεμβάλλεται στο κύκλωμα μέσα από το οποίο περνάει η ένταση του σφάλματος. Επίσης όταν γειώνουμε ένα μεταλλικό περίβλημα μιας ηλεκτρικής συσκευής για λόγους ασφάλειας, η αντίσταση γείωσης πρέπει να έχει χαμηλή τιμή, διαφορετικά δεν προστατεύει τους ανθρώπους.

Η αντίσταση γείωσης εξαρτάται:

- από το είδος του ηλεκτροδίου (σωλήνας, κατακόρυφη ράβδος γείωσης, οριζόντιο σύρμα γείωσης, κλπ).
- από το βάθος που τοποθετούμε το ηλεκτρόδιο.
- από την ειδική αντίσταση του χώματος

Πολλές φορές για να μειώσουμε την αντίσταση γείωσης τοποθετούμε πολλές ράβδους ή σύρματα γείωσης. Σ' αυτή την περίπτωση, αν η απόσταση μεταξύ των δυο ή περισσότερων γειώσεων είναι σημαντική, η αντίσταση γείωσης υπολογίζεται σαν οι δυο ή περισσότερες αντιστάσεις των διαφόρων ηλεκτροδίων να είναι παράλληλες. Αυτό βέβαια ισχύει αν οι αποστάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων είναι μεγάλες, π.χ. για κατακόρυφες ράβδους γείωσης 2 m να είναι τουλάχιστο 20 m. Διαφορετικά αν βάλουμε πολύ κοντά τα ηλεκτρόδια γείωσης θα έχουμε πολύ μικρή μείωση της αντίστασης. Πολλές φορές, είτε γιατί η ένταση του σφάλματος είναι πολύ μεγάλη, είτε γιατί δεν μπορούμε να κατασκευάσουμε γείωση με μικρή αντίσταση, η τάση που παρουσιάζεται μεταξύ μεταλλικών περιβλημάτων και γης είναι επικίνδυνη. Στις περιπτώσεις αυτές, έκταση στην της γης που είναι δυνατόν να στέκεται ο άνθρωπος και να φθάνει ν' ακουμπά στο επικίνδυνο μεταλλικό περίβλημα, κατασκευάζεται ένα μεταλλικό πλέγμα που το συνδέετε με το περίβλημα. Σχηματίζεται έτσι στο τμήμα αυτό του εδάφους μια ισοδυναμική επιφάνεια, δηλαδή μια επιφάνεια που όλα τα σημεία της έχουν το ίδιο δυναμικό, που έχει το περίβλημα.

Έτσι η επαφή με το περίβλημα δεν δημιουργεί κανένα κίνδυνο. Το μεταλλικό πλέγμα κατασκευάζεται από αγωγούς χαλκού ή επιψευδαργυρωμένες λάμες χαλύβδινες. Μεταλλικά πλέγματα κατασκευάζονται για να αποφευχθεί και η λεγόμενη βηματική τάση. Όπως είπαμε παραπάνω η αντίσταση γείωσης οφείλεται κυρίως στην αντίσταση του χώματος που βρίσκεται γύρω από το ηλεκτρόδιο γείωσης. Έτσι μέσα σ' αυτή την αντίσταση έχουμε μια πτώση τάσης που συνολικά ισούται με την τάση γείωσης.

Η κατανομή αυτής της πτώσης τάσης πραγματοποιείται από το σημείο που είναι η ράβδος γείωσης μέχρι ένα πολύ απομακρυσμένο σημείο.

Έτσι σε μερικές περιπτώσεις όπως π.χ. σε Υ/Σ μέσης τάσης η τάση γείωσης μπορεί να είναι πολύ μεγάλη, π.χ. 3000 V.

Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατόν σημεία που απέχουν μεταξύ τους να έχουν διαφορά δυναμικού (βηματική τάση) επικίνδυνη, π.χ. 1000 V.

Βηματική τάση.

Η διαφορά δυναμικού που παρουσιάζεται μεταξύ 2 σημείων (1 m) της επιφάνειας του εδάφους λέγεται βηματική τάση, γιατί μπορεί ένας άνθρωπος που περπατάει (βηματίζει) εκεί, να βρεθεί σε αυτή την τάση.

Όταν έχουμε βηματική τάση επικίνδυνη εγκαθιστούμε ένα πλέγμα γείωσης και έτσι όπως είπαμε και παραπάνω Το έδαφος γίνεται ισοδυναμική επιφάνεια.

Σημειώνεται ότι η διαφορά δυναμικού αρχίζει να γίνεται επικίνδυνη για τον άνθρωπο όταν ξεπεράσει τα 50 V.

2.5.4. ΓΕΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Μέθοδοι γείωσης – προστασίας

Οι μέθοδοι γείωσης - προστασίας που εφαρμόζονται σαν γενικά μέτρα προστασίας είναι:

- Η ουδετέρωση. Στην ουδετέρωση ο αγωγός γείωσης των συσκευών συνδέεται (στο κιβώτιο μετρητή της ΔΕΗ) με τον ουδέτερο αγωγό του δικτύου ΧΤ και καταλήγει σε ηλεκτρόδιο γείωσης.
- Η άμεση γείωση. Στην άμεση γείωση ο αγωγός γείωσης των συσκευών καταλήγει σε ηλεκτρόδιο γείωσης, χωρίς να συνδέεται με τον ουδέτερο αγωγό του δικτύου ΧΤ.

Γείωση του ουδέτερου κόμβου στα δίκτυα ΜΤ.

Οι μετασχηματιστές ΥΤ/ΜΤ που τροφοδοτούν τα δίκτυα διανομής με ΜΤ έχουν το δευτερεύον τους τύλιγμα συνδεδεμένο σε αστέρα και ο ουδέτερος κόμβος του συνδέεται με τη γη. Αγωγός ουδέτερου δεν τοποθετείται στα δίκτυα ΜΤ. Η γείωση με τη γη δεν γίνεται απ' ευθείας αλλά παρεμβάλλεται μια αντίσταση. Η γείωση αυτή βοηθάει ώστε όταν γίνει ένα σφάλμα σ' ένα σημείο του δικτύου, τα όργανα προστασίας του δικτύου να το αντιληφθούν και να διακόψουν την τροφοδότηση της γραμμής. Λαμβάνεται σαν μέγιστη τιμή επιτρεπόμενου ρεύματος σφάλματος προς γη τα 1000 Α. Οι τιμές των αντιστάσεων καθορίζονται 12Ω για δίκτυο τάσεως 20 kV και 9 Ω για δίκτυο τάσεως 15 kV.

Γείωση του ουδέτερου κόμβου στα δίκτυα ΧΤ.

Στα δίκτυα χαμηλής τάσης έχουμε και αγωγό ουδέτερου. Ο αγωγός αυτός συνδέεται με τον κόμβο του δευτερεύοντος των τυλιγμάτων των Μ/Σ διανομής. Τα δευτερεύοντα τυλίγματα των Μ/Σ διανομής έχουν σύνδεση αστέρα. Στη μέθοδο προστασίας "ουδετέρωση", ο αγωγός του ουδέτερου γειώνεται σε κάθε δεύτερο στύλο, στις διακλαδώσεις και στα τέρματα των γραμμών. Στην ουδετέρωση πετυχαίνουμε χαμηλή αντίσταση γείωσης και μπορεί ο ουδέτερος να χρησιμοποιηθεί από τους καταναλωτές και σαν αγωγός γείωσης. Ο ουδέτερος αγωγός στη μέθοδο προστασίας "άμεση γείωση", γειώνεται σε λίγα σημεία (2-3) συνήθως στην αρχή στη μέση και στο τέλος του δικτύου.

Γείωση των μεταλλικών μερών.

Όλα τα μεταλλικά μέρη των δικτύων και κυρίως των υποσταθμών καθώς και τα μεταλλικά περιβλήματα των συσκευών κατανάλωσης γειώνονται, ώστε το δυναμικό τους να είναι περίπου ίσο με το δυναμικό της γης και να μην είναι επικίνδυνα, σε περίπτωση διαρροής, για όσους τα αγγίξουν. Η γείωση των μεταλλικών μερών σε έναν υποσταθμό περιλαμβάνει τη γείωση των μεταλλικών μερών της μέσης τάσης και της χαμηλής, που άλλοτε αποτελούν κοινή γείωση και άλλοτε ξεχωριστή. Το κριτήριο που καθορίζει την κοινή ή ξεχωριστή γείωση είναι η συνολική αντίσταση του ουδέτερου κόμβου.

Γείωση των αλεξικέραυνων.

Τα αλεξικέραυνα γειώνονται για να μπορούν να διοχετεύουν τους κεραυνούς που πέφτουν επάνω στη γραμμή προς τη γη.

Τα αλεξικέραυνα τοποθετούνται στην πλευρά της ΜΤ. Σε κάθε θέση που είναι τοποθετημένα αλεξικέραυνα, χρησιμοποιούνται τρία, ένα για κάθε φάση. Κάθε αλεξικέραυνο είναι συνδεδεμένο από τη μια πλευρά του με τον αγωγό φάσης και απ την άλλη πλευρά του με τον αγωγό γείωσης. Όταν ο αγωγός φάσης έχει την κανονική τάση λειτουργίας προς τη γη, το αλεξικέραυνο αποτελεί μόνωση και δεν υπάρχει καμιά διαρροή προς τη γη. Όταν όμως η τάση γίνει μεγαλύτερη από ένα καθορισμένο όριο, το αλεξικέραυνο παύει να αποτελεί μόνωση και γίνεται αγώγιμο, επιτρέποντας έτσι στο συγκεντρωμένο ηλεκτρικό φορτίο που προκαλεί την υπέρταση, να διαφύγει προς τη γη. Έτσι εξαφανίζεται η υπέρταση και αποφεύγεται η βλάβη που θα μπορούσε να προκληθεί στους μετασχηματιστές ή σε άλλες εγκαταστάσεις. Ειδικότερα η λειτουργία των αλεξικέραυνων βασίζεται στην ειδική κατασκευή τους που σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει δυο στοιχεία, το στοιχείο κενού και το στοιχείο βαλβίδας. Το στοιχείο κενού αποτελείται από μια σειρά διακένων που διασπώνται στις υπερτάσεις όχι όμως στην τάση λειτουργίας του δικτύου. Το στοιχείο βαλβίδας αποτελείται από σειρά μη γραμμικών αντιστάσεων (πλάκες) από πυρίτη, που εμφανίζουν μικρή αντίσταση στις υπερτάσεις και μεγάλη στο “ακόλουθο ρεύμα της βιομηχανικής συχνότητας των 50 Hz”, που ακολουθεί μια διάσπαση του αλεξικέραυνου. Έτσι περιορίζεται το “ακόλουθο ρεύμα” και διευκολύνεται το σβήσιμο του τόξου στα διάκενα.

2.6. ΣΤΥΛΟΙ - ΠΥΛΩΝΕΣ. ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ - ΕΠΙΤΟΝΟΙ

Για τη στήριξη των αγωγών σε ένα εναέριο δίκτυο χρησιμοποιούνται:

- Ξύλινοι στύλοι ή από οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν), για την Χ.Τ. και ΜΤ, (σπάνια χρησιμοποιούνται μεταλλικοί).
- Πυλώνες (χαλύβδινοι πύργοι) από γωνιακά ελάσματα για την Υψηλή και Υπερύψηλη τάση.

2.6.1. ΞΥΛΙΝΟΙ ΣΤΥΛΟΙ

Οι ξύλινοι στύλοι έχουν μικρή μηχανική αντοχή καθώς και μικρή διάρκεια ζωής, επειδή σαπίζουν κυρίως γύρω από την επιφάνεια επαφής τους με το έδαφος στο τμήμα θεμελίωσής τους.

Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται κορμοί κωνοφόρων δέντρων. Η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται από τη ποιότητα της ξυλείας, την προέλευσή της, το έδαφος που θα τοποθετηθούν, καθώς και από τη κατεργασία τους.

Το μήκος τους είναι από 5 μέχρι 15 μέτρα και πακτώνονται κατά το 1/6 του μήκους των.

Τα πλεονεκτήματα των ξύλινων στύλων είναι:

- Έχουν μικρό κόστος.
- Είναι ελαφροί (εύκολη μεταφορά και τοποθέτηση)

Τα μειονεκτήματά τους είναι:

- Έχουν μικρή διάρκεια ζωής
- Έχουν μικρή μηχανική αντοχή
- Είναι αντιαισθητικοί για τοποθέτηση μέσα στις πόλεις.

2.6.2. ΣΤΥΛΟΙ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Κατασκευάζονται κυρίως με φυγοκέντριση. Μέσα σε ειδικό καλούπι τοποθετούνται ο σιδερένιος οπλισμός και το σκυρόδεμα και μετά αρχίζει η φυγοκέντριση του καλουπιού. Η ποιότητά τους είναι ελεγχόμενη και παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τους ξύλινους. Μειονεκτούν στο ότι έχουν μεγαλύτερο βάρος από τους ξύλινους και παρουσιάζουν μεγαλύτερες δυσκολίες στη τοποθέτηση.

2.6.3. ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΣΤΥΛΟΙ

Σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο στις γραμμές των τρόλεϊ. Έχουν σχήμα κυλινδρικό ή πεντάγωνο. Πλεονεκτούν από τους προηγούμενους στη διάρκεια ζωής και στη εμφάνιση, αλλά μειονεκτούν στο κόστος που είναι ιδιαίτερα μεγαλύτερο.

2.6.4. ΠΥΛΩΝΕΣ

Στις γραμμές υψηλής και υπερύψηλης τάσης οι αγωγοί πρέπει να βρίσκονται σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση και σε πολύ μεγαλύτερη από τη γη. Επίσης για οικονομικούς λόγους τα **ανοίγματα** μεταξύ των σημείων στήριξης των αγωγών επιδιώκεται να είναι αρκετά μεγάλα. Έτσι η μόνη κατάλληλη λύση είναι η χρησιμοποίηση πυλώνων.

Οι πυλώνες είναι κατασκευασμένοι από γαλβανισμένα ελάσματα. Οι γραμμές μεταφοράς είναι τριών αγωγών (χωρίς ουδέτερο) και είναι απλού κυκλώματος με οριζόντια διάταξη των αγωγών ή διπλού κυκλώματος με κατακόρυφη διάταξη των αγωγών.

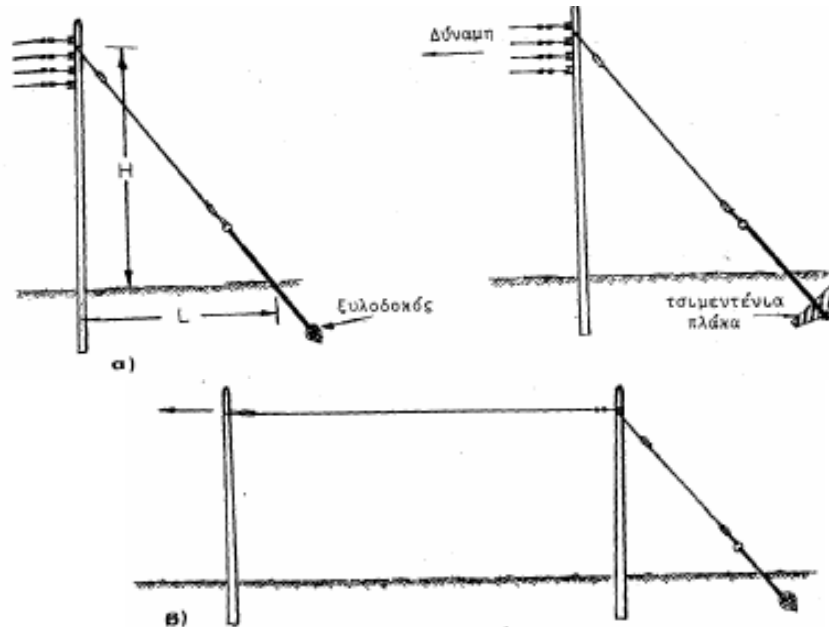
Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται οι συνηθισμένοι τύποι πυλώνων που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ.

E/66	E/150	B/150	2B/150	B'B'/400	2B'B'/400
αριθμός κυκλωμάτων	1	1	2	1	2
ελαφρού τύπου		βαρέος τύπου		πολύ βαρέος τύπου	
<p>1. Οι ονομαστικές τάσεις των γραμμών μεταφοράς είναι: 66KV, 150KV, 400KV.</p> <p>2. Οι γραμμές μεταφοράς είναι μονού ή διπλού κυκλώματος και χαρακτηρίζονται σαν ελαφρού τύπου, βαρέος και πολύ βαρέος τύπου.</p>					
Μήκους μέχρι 31.12.83 σε km					
E/66 ελαφρού τύπου - μονού κυκλώματος			Ονομαστικής τάσης μεταξύ φάσεων	66KV	171
E/150 " " " "			" " " "	150KV	3.234
B/150 βαρέος " " " "			" " " "	150KV	1.133
2B/150 " " διπλού " " " "			" " " "	150KV	2.061
B'B'/400 πολύ βαρ. " " " "			" " " "	400KV	94
2B'B'/400 " " διπλού " " " "			" " " "	400KV	827

Συνηθισμένοι τύποι πυλώνων που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ.

2.6.5. ΕΠΙΤΟΝΟΙ — ΑΝΤΗΡΙΔΕΣ

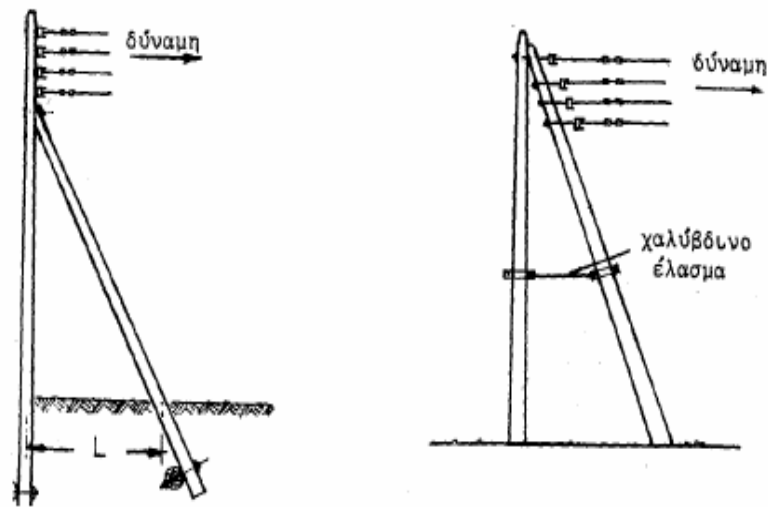
Στο τέλος μιας εναέριας γραμμής ή σε γωνίες του δικτύου τοποθετούνται επίτονοι ή αντηρίδες γιατί εκεί αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις στους στύλους.



Τρόποι τοποθέτησης επιτόνων

Οι επίτονοι είναι συρματόσχοινα που αγκυρώνονται είτε με ξυλοδοκό είτε με τσιμεντένια πλάκα. Τοποθετούνται πάντοτε εντατήρες ώστε το συρματόσχοινο να τανυστεί σωστά. Το συρματόσχοινο δένεται ψηλά στο στόλο. Όταν δεν υπάρχει αρκετός χώρος μπορούν να αγκυρωθούν και σε οικοδομές, όταν δεν μπορούμε να τοποθετήσουμε τον επίτονο κοντά αλλά μόνο σε μεγάλη απόσταση, βάζουμε επίτονο κεφαλής (Σχ. β).

Οι αντηρίδες είναι ξύλινοι στύλοι και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε να στηρίζουν τους κύριους στύλους.



2.7. ΥΛΙΚΑ ΕΝΑΕΡΙΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

2.7.1. ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ

Οι μονωτήρες χρησιμεύουν για να στηρίζουν τους αγωγούς και να τους απομονώνουν ηλεκτρικά. Με τους μονωτήρες επίσης στηρίζουμε και απομονώνουμε διάφορες διατάξεις βοηθητικές των γραμμών π.χ. αποδεικτής, διακόπτες κλπ.

Το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή των μονωτήρων είναι η πορσελάνη και το γυαλί.

Η **πορσελάνη** είναι καλό διηλεκτρικό (μονωτικό), έχει καλή μηχανική αντοχή αλλά επειδή έχει πόρους κατεργάζεται επιφανειακά και γίνεται λεία και αδιαπέραστη από την υγρασία. Η πορσελάνη είναι κεραμικό υλικό και ψήνεται σε φούρνους.

Το **γυαλί** είναι καλύτερο διηλεκτρικό και έχει μεγαλύτερη μηχανική αντοχή σε θλίψη και ίση σε εφελκυσμό με τη πορσελάνη. Παρουσιάζει το μειονέκτημα του σχηματισμού υγρασίας στην επιφάνειά του. Επίσης είναι δύσκολη η κατασκευή μεγάλων μονωτήρων απ' αυτό.

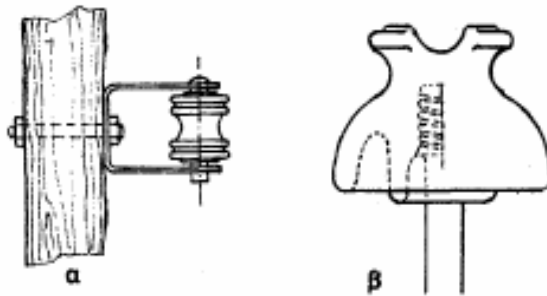
Πλεονεκτήματα των μονωτήρων γυαλιού απέναντι στους μονωτήρες πορσελάνης:

- Ελέγχονται ευκολότερα (φυσάλιδες - ομοιογένεια)
- Σε περίπτωση ηλεκτρικής εκκένωσης κομματιάζονται ενώ οι μονωτήρες πορσελάνης παθαίνουν μόνο ρωγμές (ευκολότερος εντοπισμός χαλασμένου μονωτήρα)
- Διαστέλλονται λιγότερο και ακτινοβολούν περισσότερη θερμότητα.

2.7.2. ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

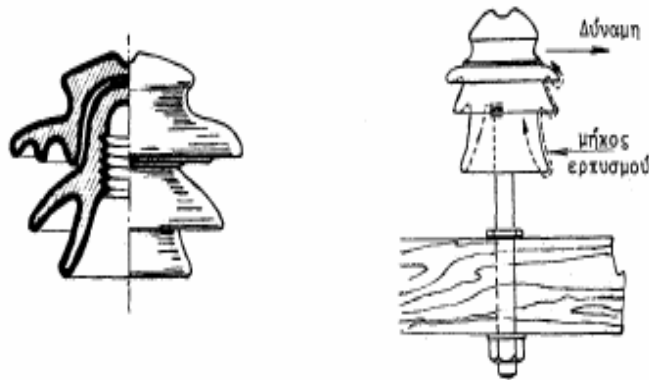
Είναι δύο τύπων:

- α) Κυλινδρικοί
- β) Τύπου κώδωνα



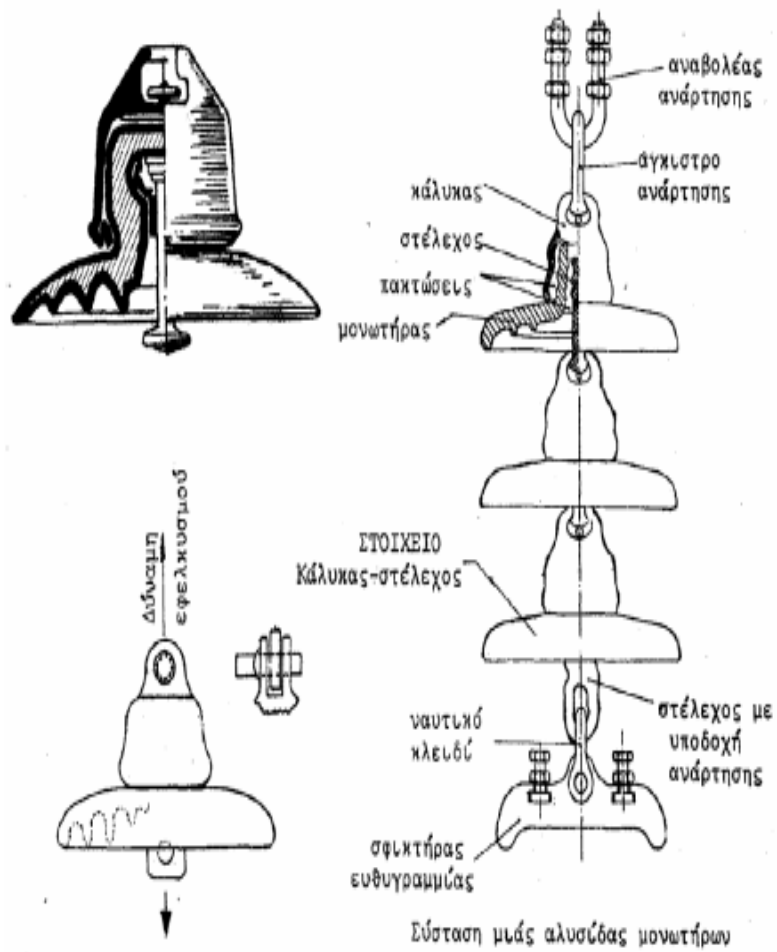
2.7.3. ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Μέχρι τα 33 KV χρησιμοποιούνται μονωτήρες με ίσιο στέλεχος.

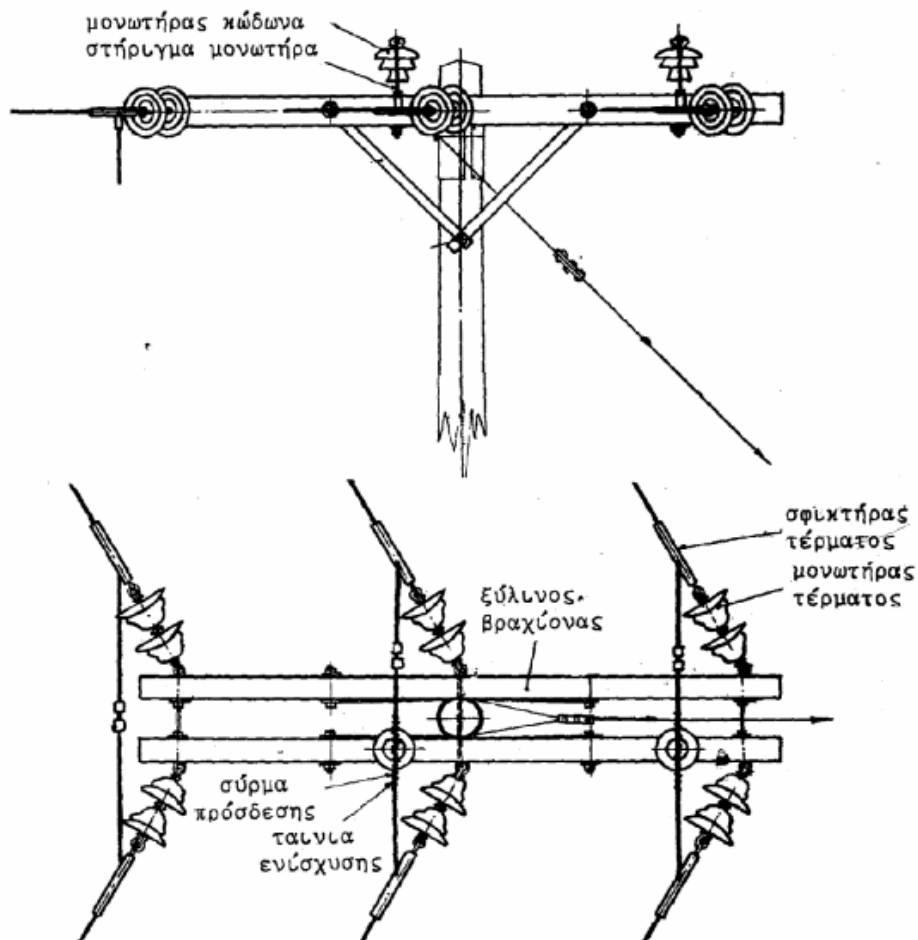


2.7.4. ΜΟΝΩΤΗΡΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

Χρησιμοποιούνται αποκλειστικά **μονωτήρες ανάρτησης**.



Οι μονωτήρες ανάρτησης χρησιμοποιούνται και στη Μ.Τ. κυρίως στις γωνίες των γραμμών ή στα τέρματα.



Γραμμή 15.000V. Κατασκευή για γωνίες μέχρι 45° (οριζόντια διάταξη)

Οι μονωτήρες ανάρτησης αποτελούνται από δίσκους. Όσο μεγαλύτερη είναι η τάση, τόσο περισσότεροι δίσκοι αποτελούν ένα μονωτήρα ανάρτησης. Η σύνδεση των δίσκων για τη δημιουργία των μονωτήρων είναι εύκολη. Παρατηρούμε ότι κάθε δίσκος έχει τις κατάλληλες υποδοχές ώστε να συνδέεται ο ένας με τον άλλο και συγχρόνως να αναρτάται από το πυλώνα. Το άκρο του τελευταίου συνδέεται το εξάρτημα ανάρτησης του αγωγού

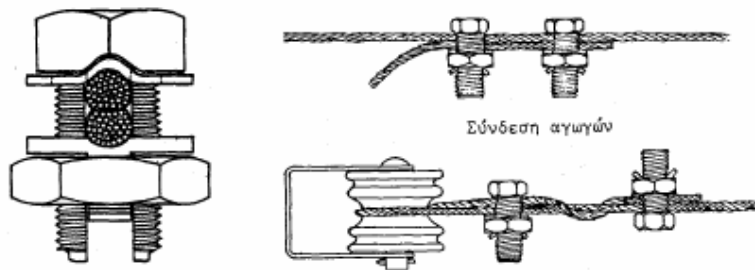
2.7.5. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΓΩΓΩΝ

Για τη σύνδεση των αγωγών, μεταξύ τους ή με τα στηρίγματά τους (μονωτήρες) υπάρχουν εξαρτήματα που τα κυριότερα είναι:

- Διάφοροι συνδετήρες, σφικτήρες και ενωτήρες που χρησιμεύουν για την ηλεκτρική ή μηχανική σύνδεση των αγωγών.
- Συνδετήρες είναι αυτοί που εξασφαλίζουν την ηλεκτρική σύνδεση των αγωγών.
- Σφικτήρες είναι αυτοί που εξασφαλίζουν τη μηχανική σύνδεση των αγωγών.
- Ενωτήρες είναι αυτοί που εξασφαλίζουν ταυτόχρονα την ηλεκτρική και την μηχανική σύνδεση.

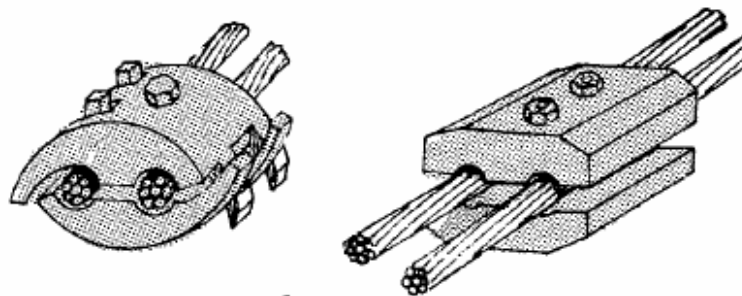
Για κάθε είδος αγωγού χρησιμοποιείται ο κατάλληλος σύνδεσμος.

Για τους χάλκινους αγωγούς:



Χάλκινος κοχλιοσυνδετήρας με εγκοπή και συνδέσεις αγωγών

Για τους αγωγούς αλουμινίου ή τους ACSR:

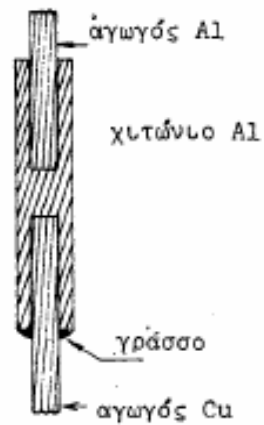


Συνδετήρας Universal από αλουμίνιο και συνδετήρας με παράλληλα αυλάκια

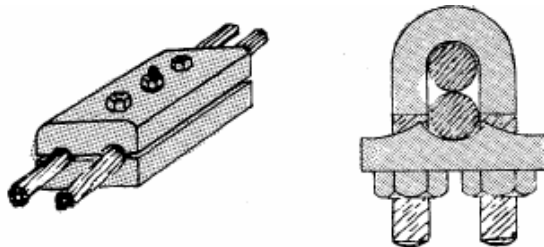
Σε περίπτωση που πρέπει να ενωθούν χάλκινοι αγωγοί με αγωγούς αλουμινίου, επειδή καταστρέφεται το αλουμίνιο γίνεται:

- Παρεμβολή μεταξύ τους άλλου μετάλλου
- Χρησιμοποιούνται διμεταλλικοί σωληνωτοί σύνδεσμοι

όπως φαίνεται παρακάτω:



Για τα συρματόσχοινα των επίτονων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω σφικτήρες:



Τα συνηθέστερα είδη σφικτήρων για χαλύβδινους αγωγούς και σύρματα επίτονων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

3.1. ΓΕΝΙΚΑ

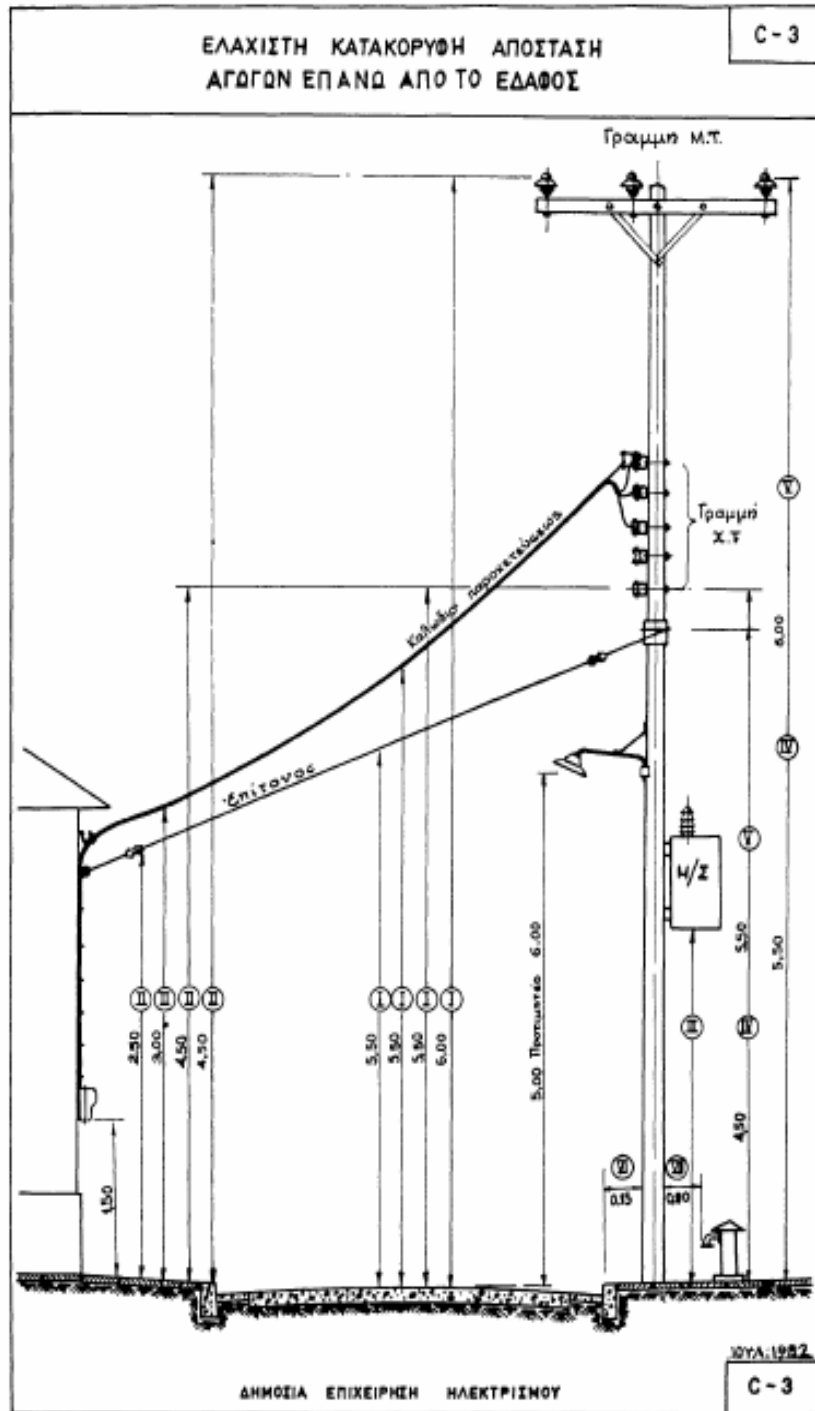
Προκειμένου να κατασκευαστούν τα δίκτυα εν γένει (εναέρια, υπόγεια, χαμηλής και μέσης τάσης, υποσταθμοί κλπ) της ΔΕΗ, για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους καταναλωτές χρησιμοποιούνται :

- α) ο Κανονισμός Εξωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε.)
- β) το εγχειρίδιο τυποποιημένων κατασκευών της ΔΕΗ (Standard)
- γ) οι οδηγίες κατά περίπτωση της ΔΕΗ

Ενδεικτικά παραδείγματα της τυποποίησης των δικτύων ΔΕΗ καθώς και των χρησιμοποιούμενων υλικών παρατίθενται στη συνέχεια:

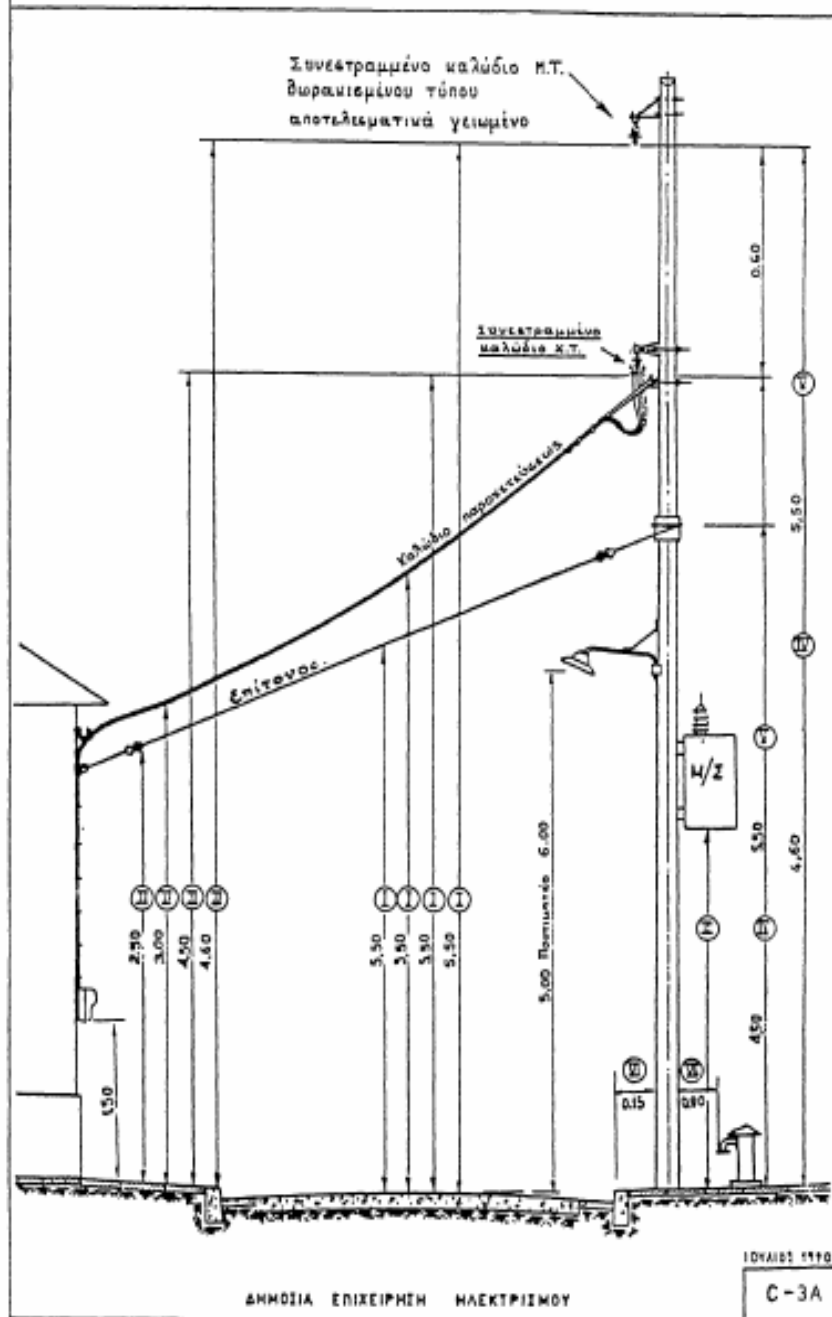
1. Ελάχιστες αποστάσεις δικτύων
2. Καμπύλες τανύσεως αγωγών
3. Εξαρτήματα αγωγών
4. Εξαρτήματα στύλων εν γένει
5. Κατασκευές Χ.Τ., Μ.Τ., υποσταθμών διανομής και υπογείων δικτύων.

3.2. ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ



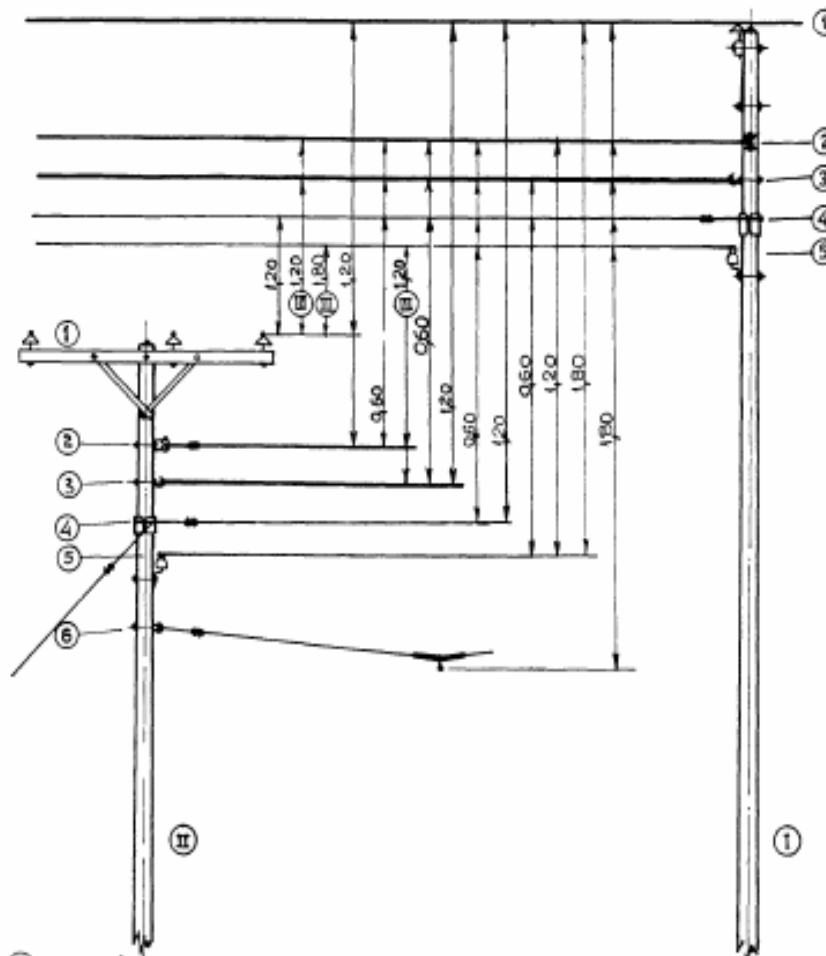
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ
ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

C-3A



ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ
ΣΕ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΙΣ ΑΓΩΓΩΝ

C-5



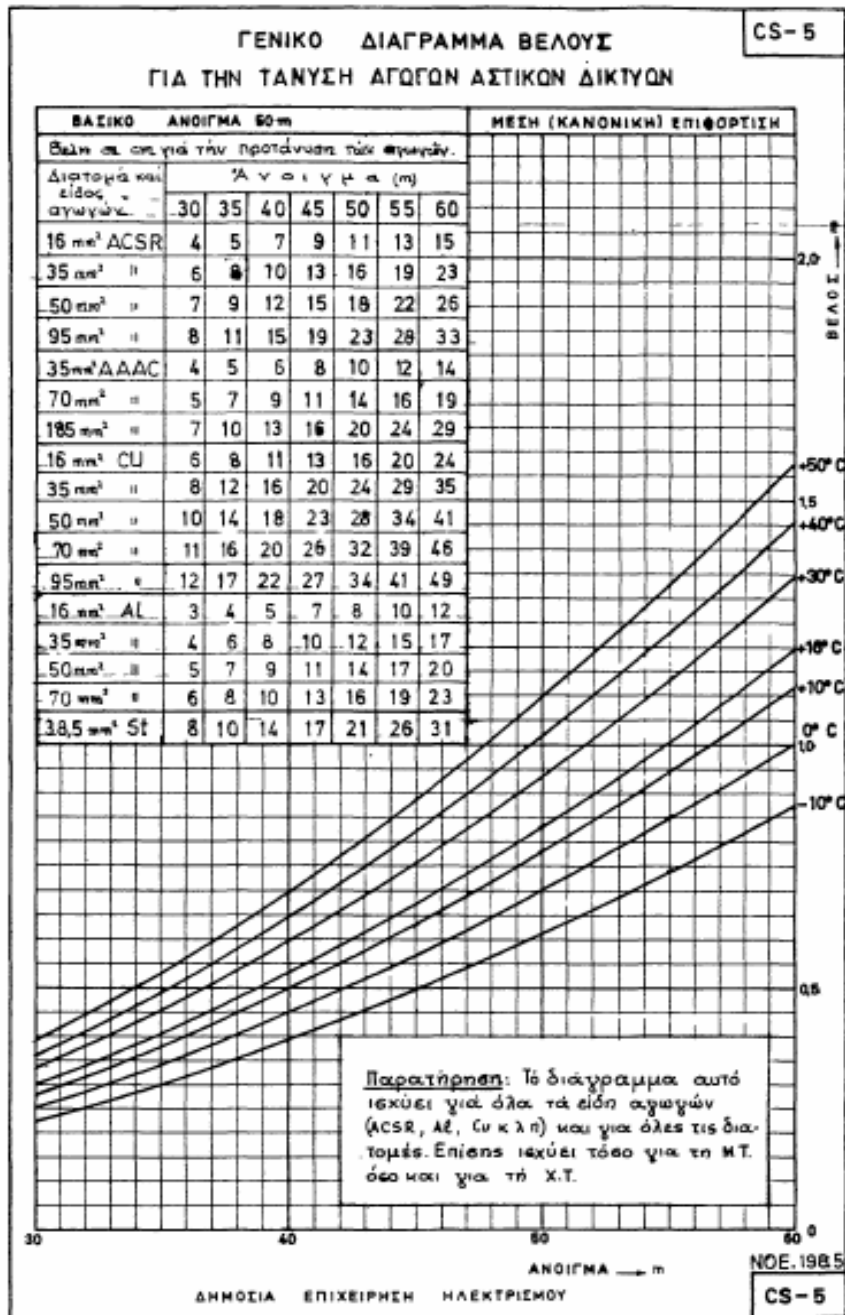
- ① Γραμμή Μ.Τ
- ② Γραμμή Χ.Τ.
- ③ Καλώδια ενέργειας οποιασδήποτε τάσεως με κανονικά γειωμένα μονεκτή επένδυση ή γειωμένο σύρμα ανάρτησεως, σύρμα ανάρτησεως καλωδίων.
- ④ Έπιπλα, σύρματα αναγκάτως αγωγοί προστασίας έναντι κεραυνών
- ⑤ Άγωγοι, καλώδια και σύρματα ανάρτησεως τηλεπικοινωνίας
- ⑥ Άγωγός έπαφής νεραίας ηλεκτρικών όχημάτων.

1874/1982

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

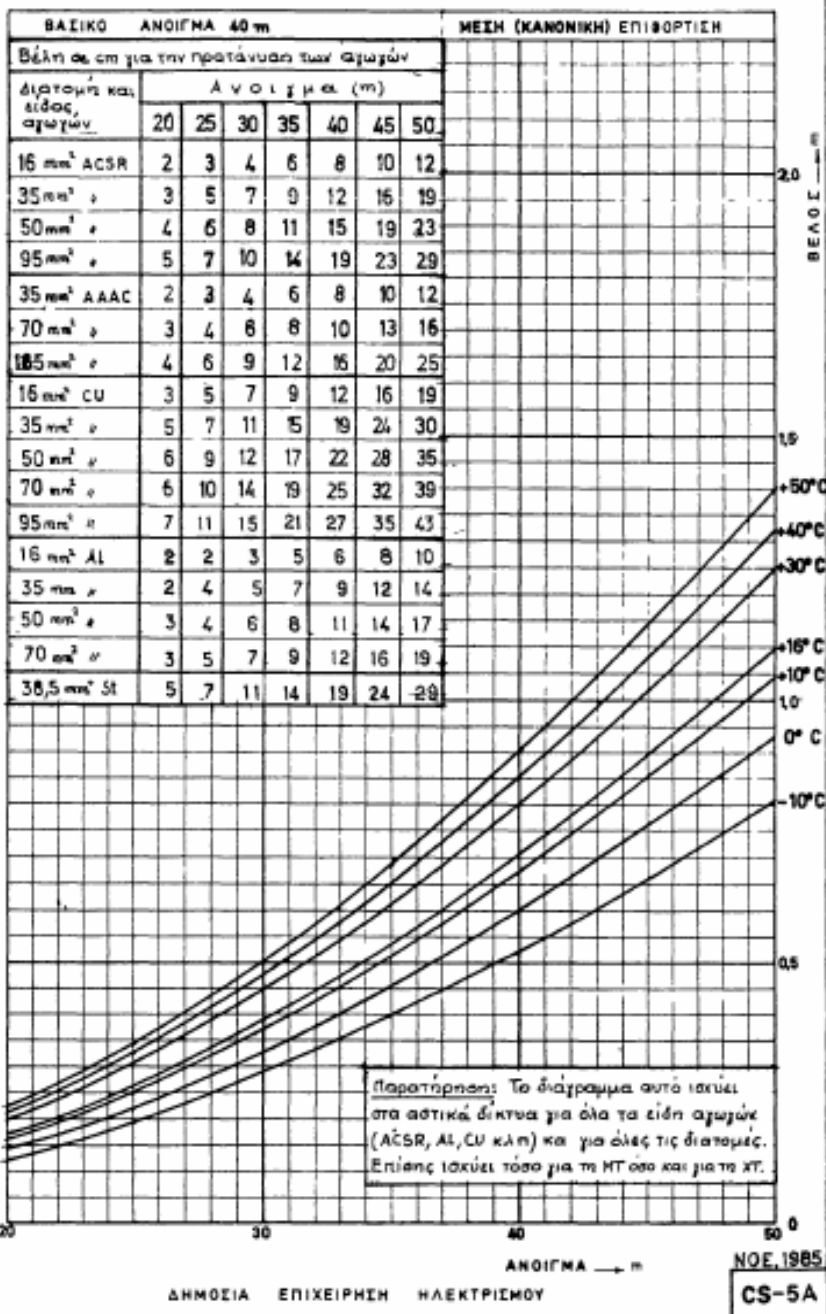
C-5

3.3. ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΑΝΥΣΕΩΣ ΑΓΩΓΩΝ



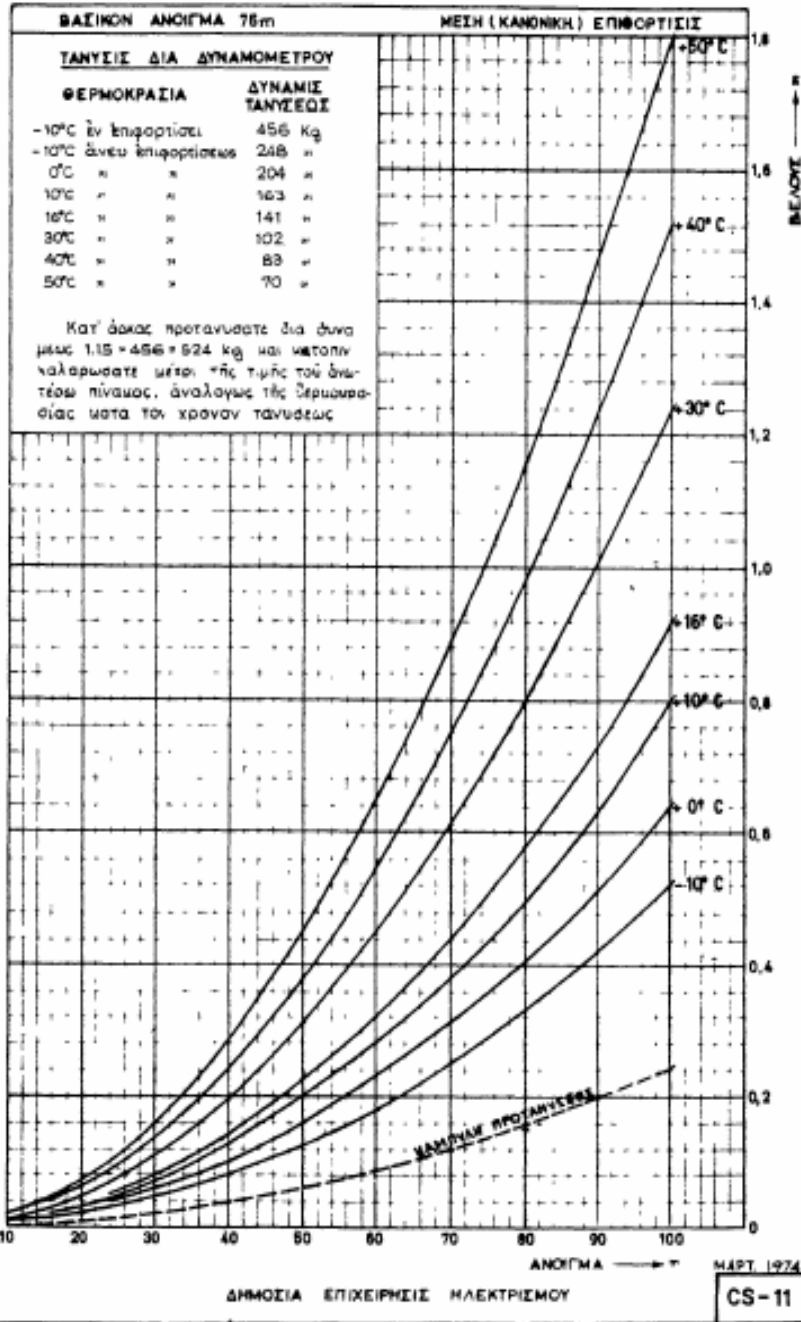
**ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΕΛΟΥΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΝΥΣΗ ΑΓΩΓΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ**

CS-5A

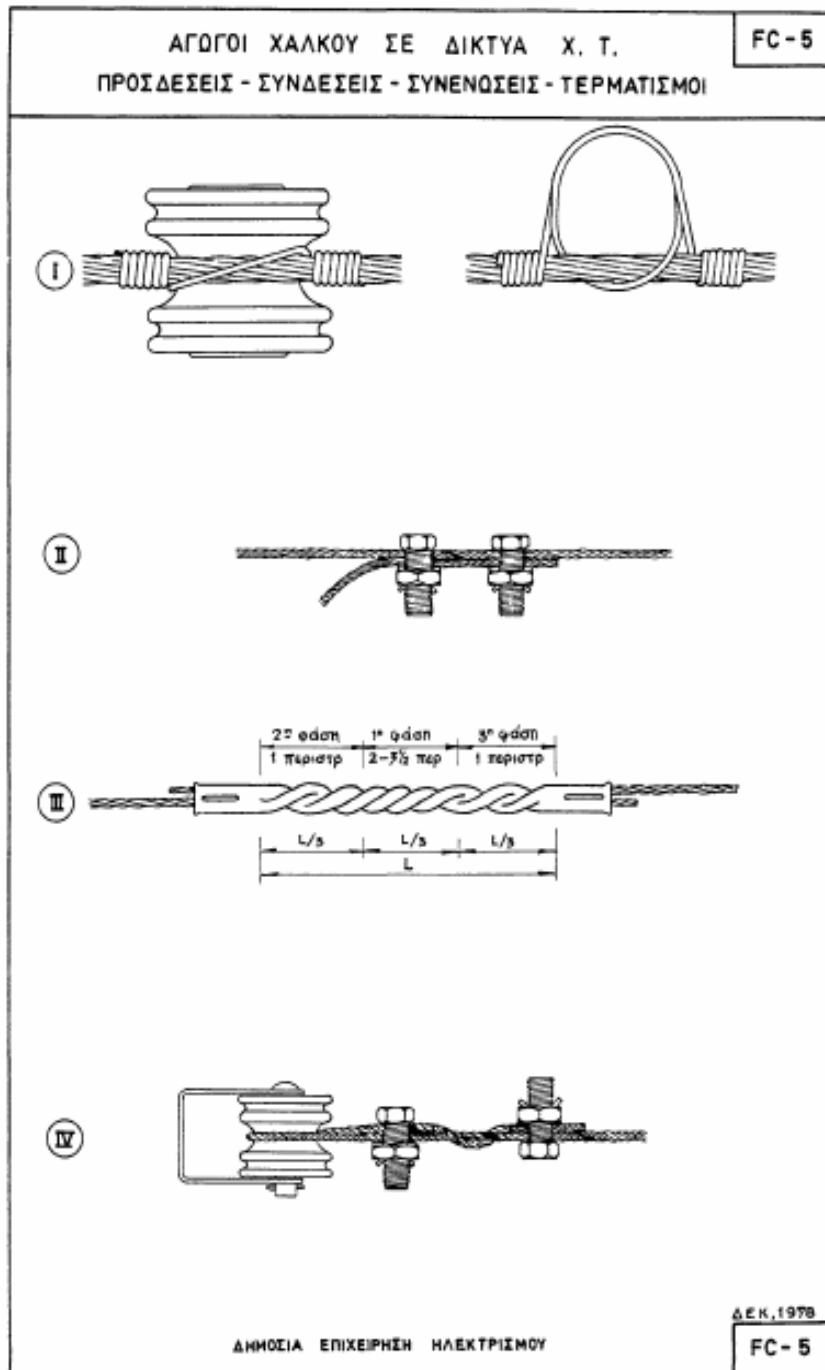


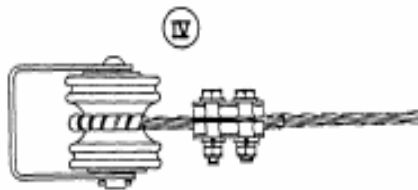
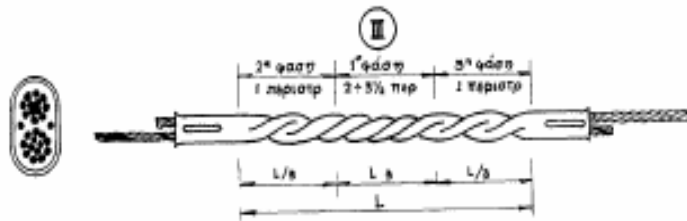
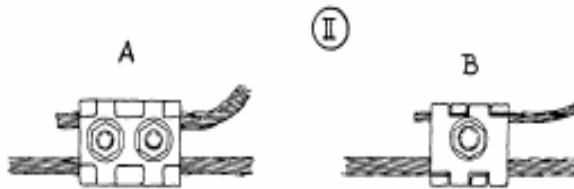
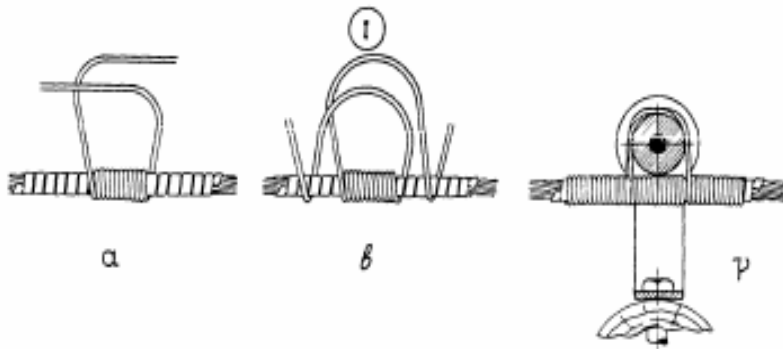
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΒΕΛΟΥΣ & ΠΙΝΑΞ ΔΥΝΑΜΕΩΝ
ΔΙΑ ΤΗΝ ΤΑΝΥΣΙΝ ΑΓΟΓΩΝ
ACSR 16²

CS-11



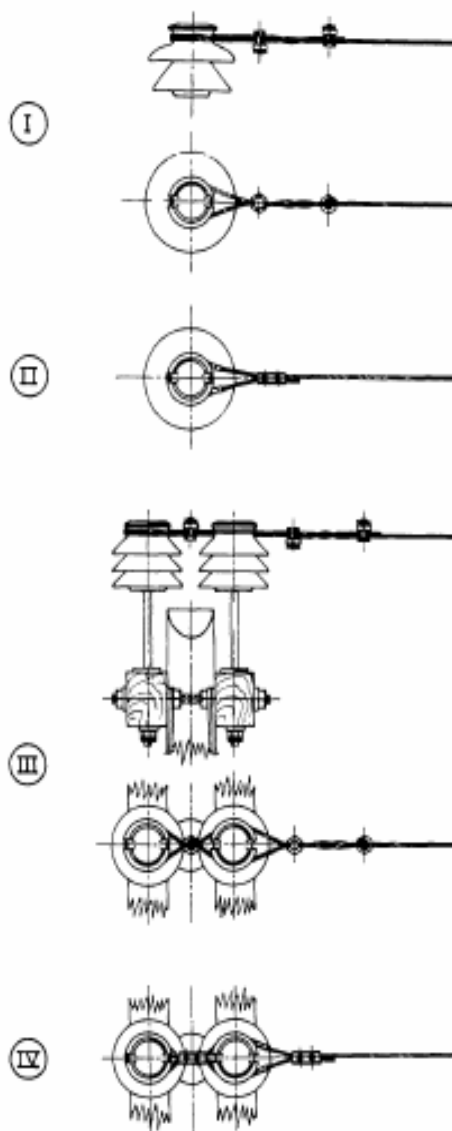
3.4. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΑΓΩΓΩΝ





ΑΓΩΓΟΙ ΧΑΛΚΟΥ, ΑCSR, ΑΑΑC
ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΜΟΝΩΤΗΡΑ Μ.Τ. ΤΥΠΟΥ ΚΟΔΩΝΑ

FC-9



ΙΟΥΛ. 1984

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

FC-9

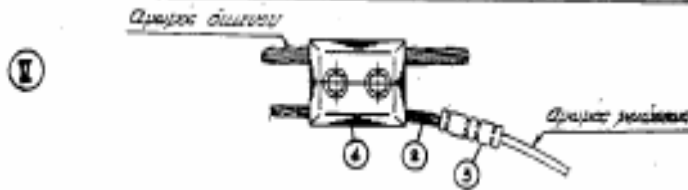
ΣΥΝΔΕΣΗ ΧΑΛΚΙΝΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΓΕΙΩΣΕΩΣ
ΜΕ ΕΝΑΕΡΙΟ ΔΙΚΤΟ

FC-35

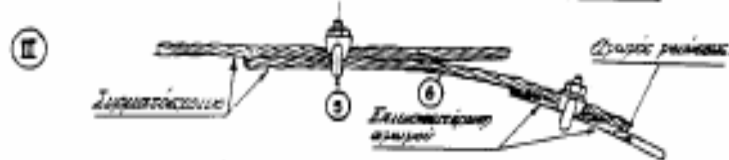
ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟ ΧΑΛΚΟΥ



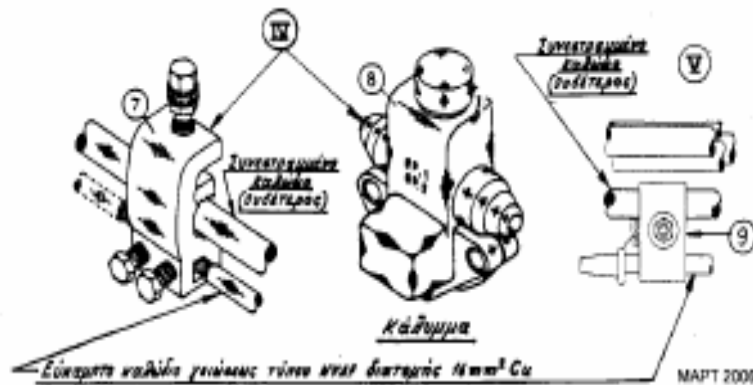
ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ Ή ΑCSR 16²



ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΜΕ ΑΓΩΓΟ ΓΥΣ (ΣΥΜΠΛΟΤΙΣΜΟΣ)



ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΓΕΙΩΣΕΩΣ ΜΕ ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟ ΚΑΒΔΙΟ

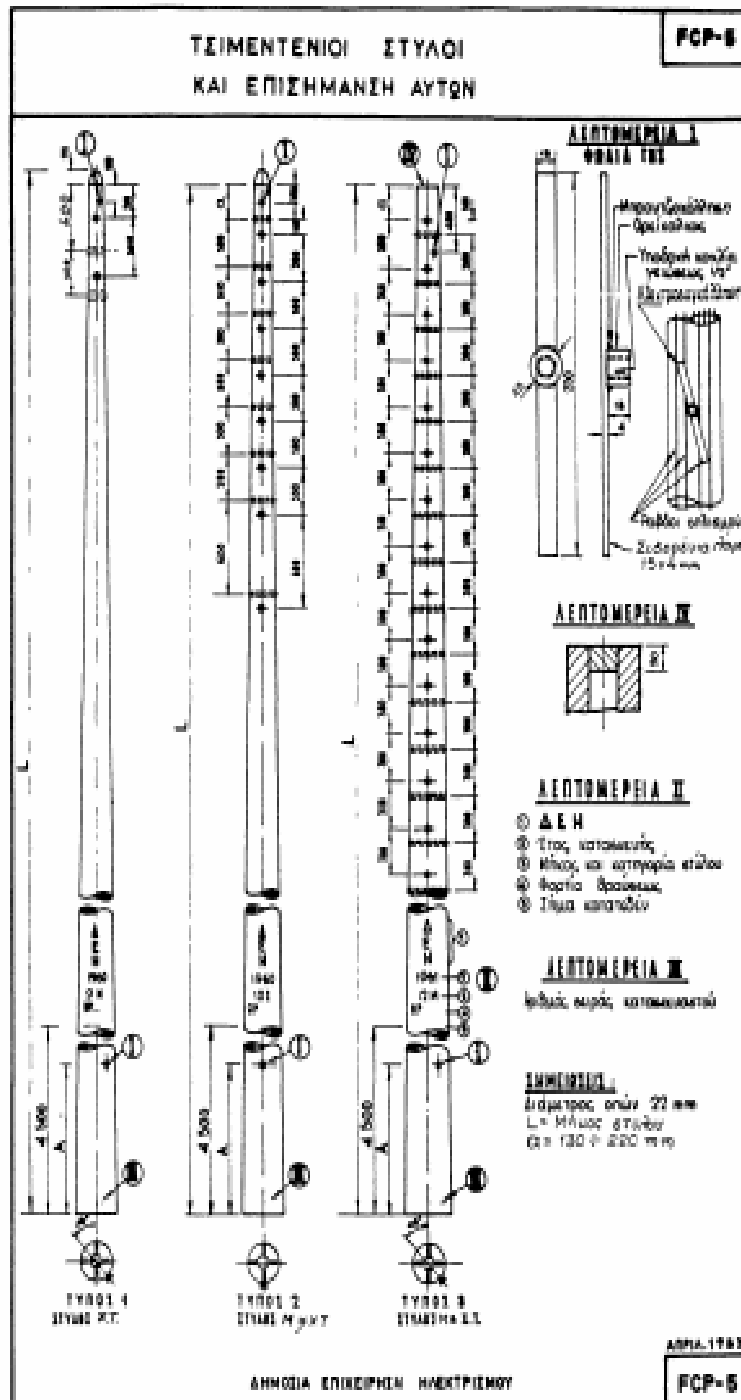


MAR 2008

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

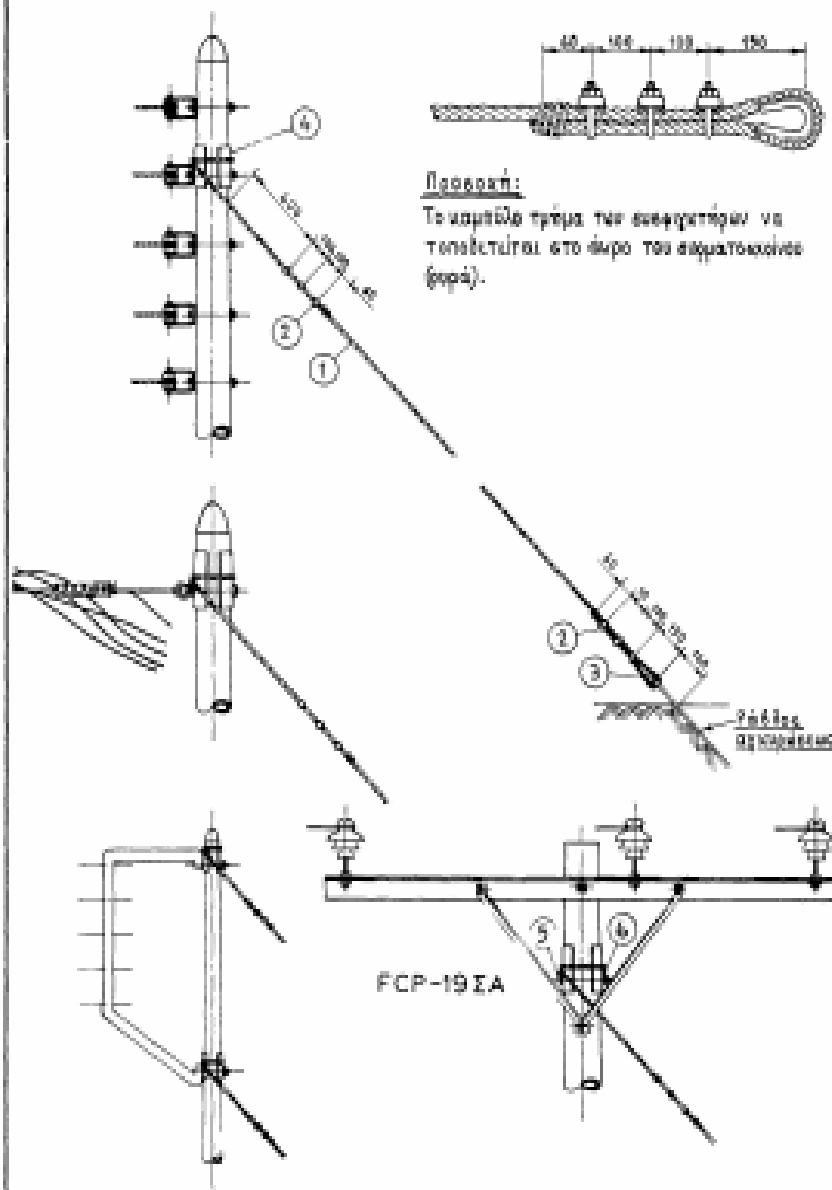
FC-35

3.5. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΤΥΛΩΝ ΕΝ ΓΕΝΕΙ



ΠΡΟΣΔΕΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΣ ΕΠΙΤΟΝΟΥ
ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΟΙ ΣΤΥΛΟΙ

FCP-19Σ



ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

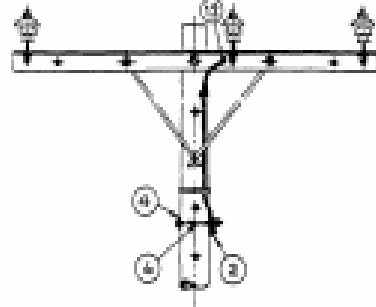
ΙΑΝ 1982
FCP-19Σ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΑΓΩΓΟΥ ΓΗΣ
ΤΣΙΜΕΝΤΗΝΟΙ ΣΤΥΛΟΙ

FCP-29

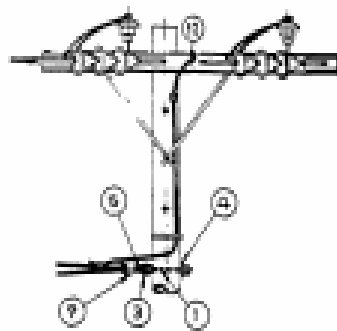
FCP-28A

ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΓΗΣ ΣΕ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑ



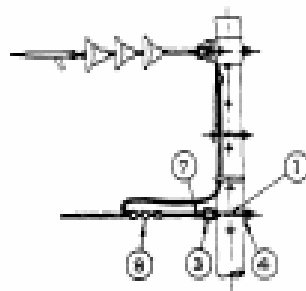
FCP-28B

ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΓΗΣ ΣΕ ΓΩΝΙΑ



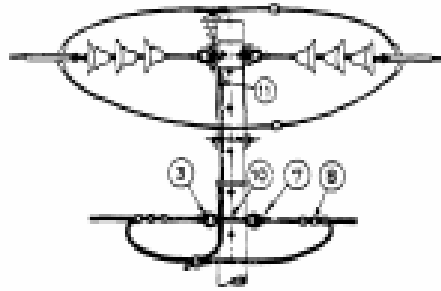
FCP-29C

ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΓΩΓΟΥ ΓΗΣ



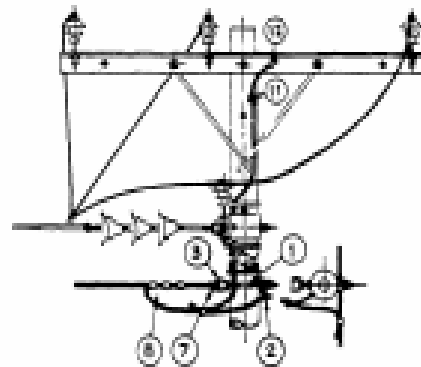
FCP-29D

ΔΙΠΛΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΓΩΓΟΥ ΓΗΣ



FCP-28F

ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΣΕ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑ & ΔΙΑΚΛΑΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΓΗΣ



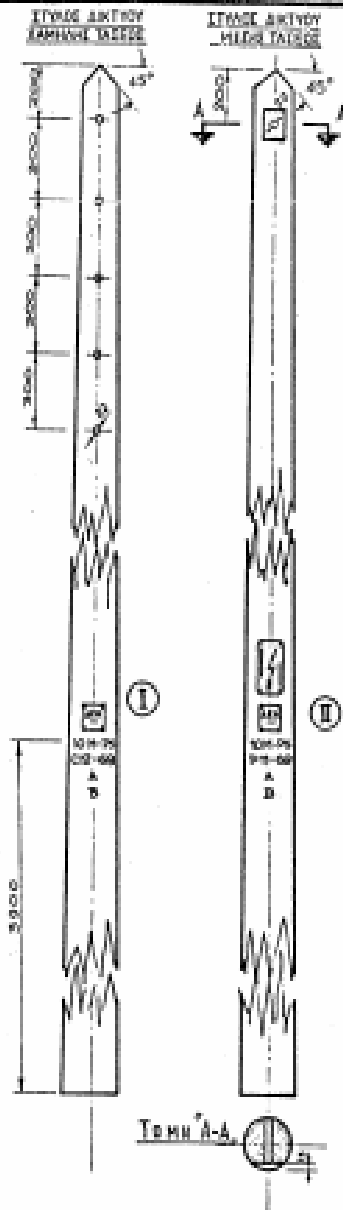
ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

104 1982

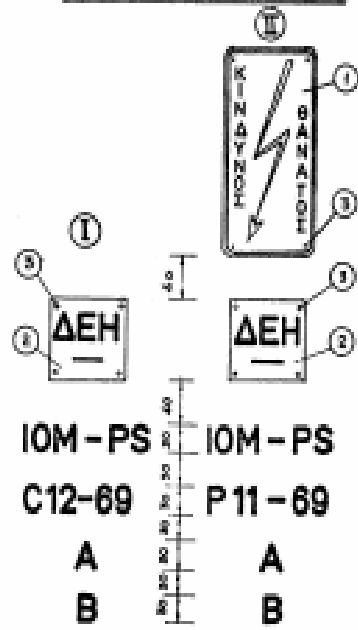
FCP-29

ΕΥΑΙΝΟΙ ΣΤΥΛΟΙ
ΚΑΙ ΕΠΙΣΗΜΑΝΗ ΑΥΤΩΝ

F - 5



ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΥΑΙΝΟΥ ΣΤ. m	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΤΥΛΩΝ		
	ΒΑΡΥΣ	ΜΕΣΟΣ	ΕΥΛΕΠΟΣ
0	16	16	12
1	16,1	16,2	12,0
2	22,2	17,1	12,0
3	27,3	18,1	14,0
4	22,4	18,2	16,0
5	23,5	20,2	18,0
6	24,7	21,2	19,0
7	26,8	22,3	19,0
8	26,8	23,3	19,0
9	27,8	24,3	20,0
10	28,8	25,3	21,0
11	28,8	26,3	22,0
12	30,8	27,3	22,0
13	31,8	28,3	24,0
14	32,8	29,3	25,0
15	33,8	30,3	26,0

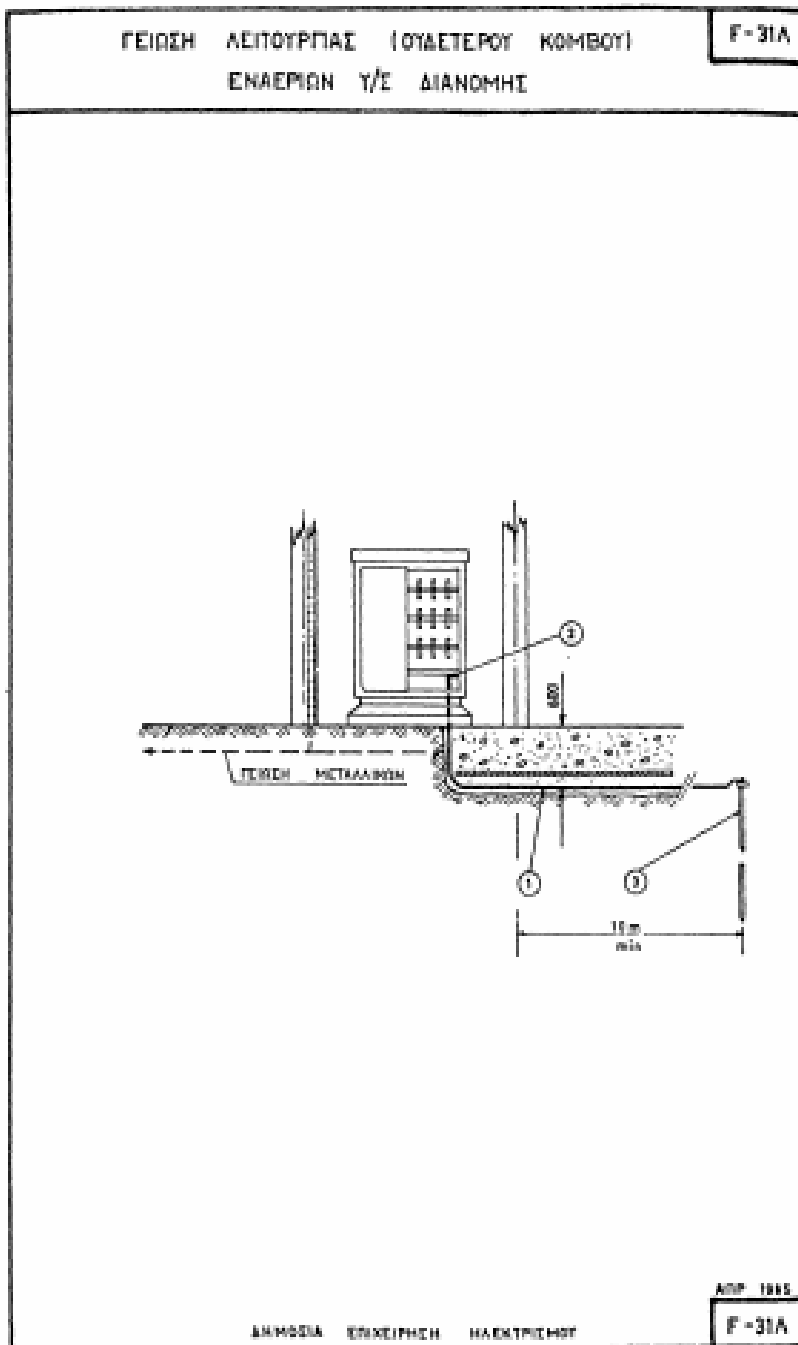


ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΟΚΤ. 1978

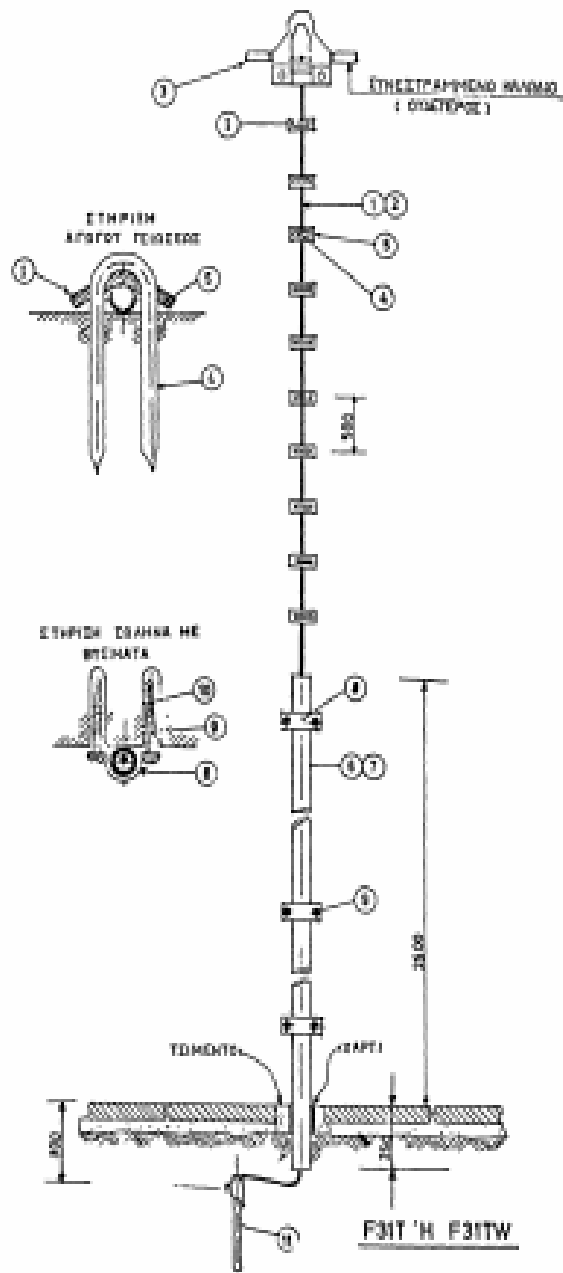
F - 5

3.6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ Χ.Τ., Μ.Τ., ΥΠΟΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ



ΧΑΜΗΛΗ ΤΑΣΗ
ΓΕΙΩΣΗ ΕΠΙΘΙΧΙΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

F-31T



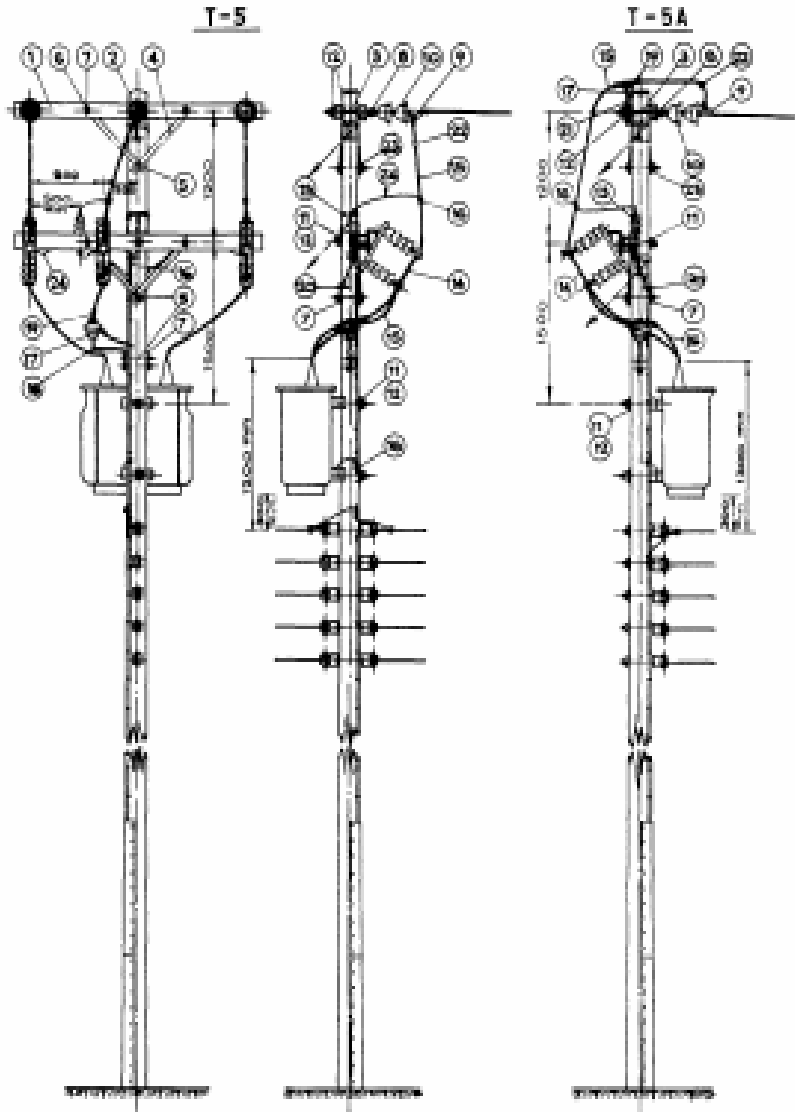
ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΡΓΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗΣ

08T 1984

F-31T

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ Μ.Τ. /Χ.Τ.
ΕΠΙ ΕΥΛΙΝΟΥ ΣΤΥΛΟΥ ΤΕΡΜΑΤΟΣ

T-5

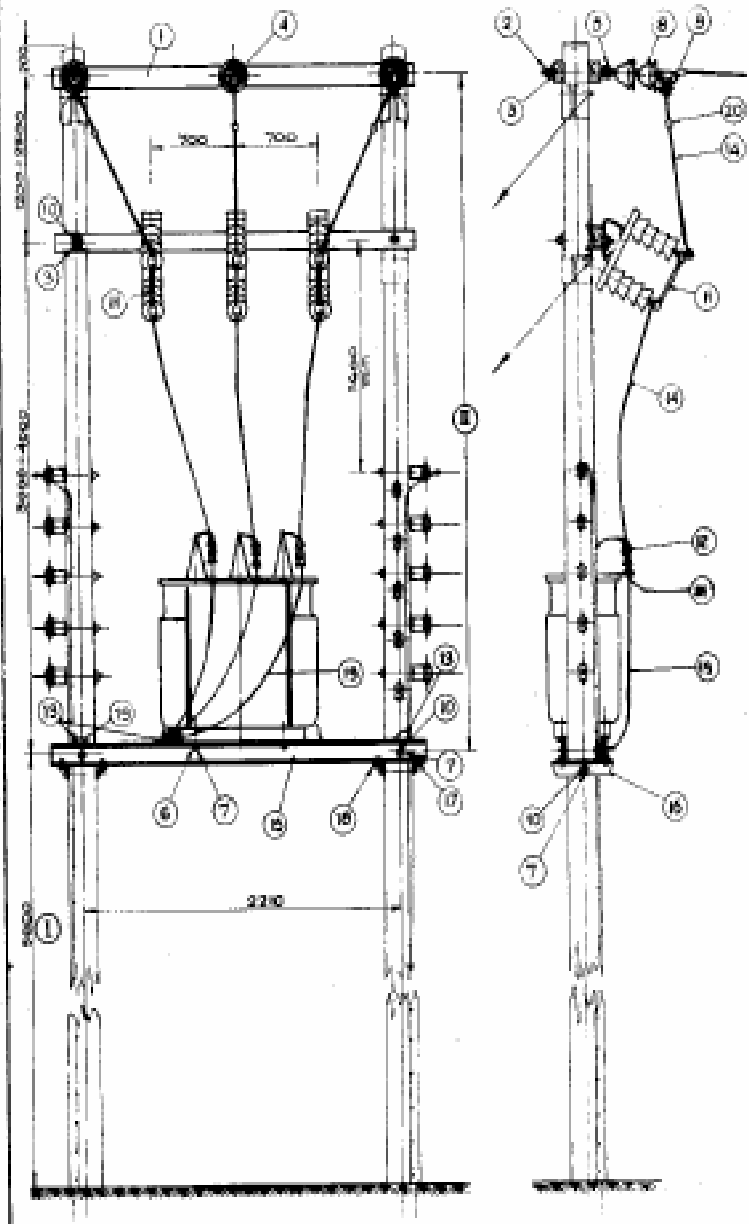


ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

T-5

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ ΜΤ./ΧΤ
 ΕΠΙ ΕΓΚΑΡΙΟΥ ΙΚΡΙΩΜΑΤΟΣ ΕΥΛΑΜΝΩΝ ΣΤΥΛΩΝ
 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΕΡΜΑΤΟΣ

T-9



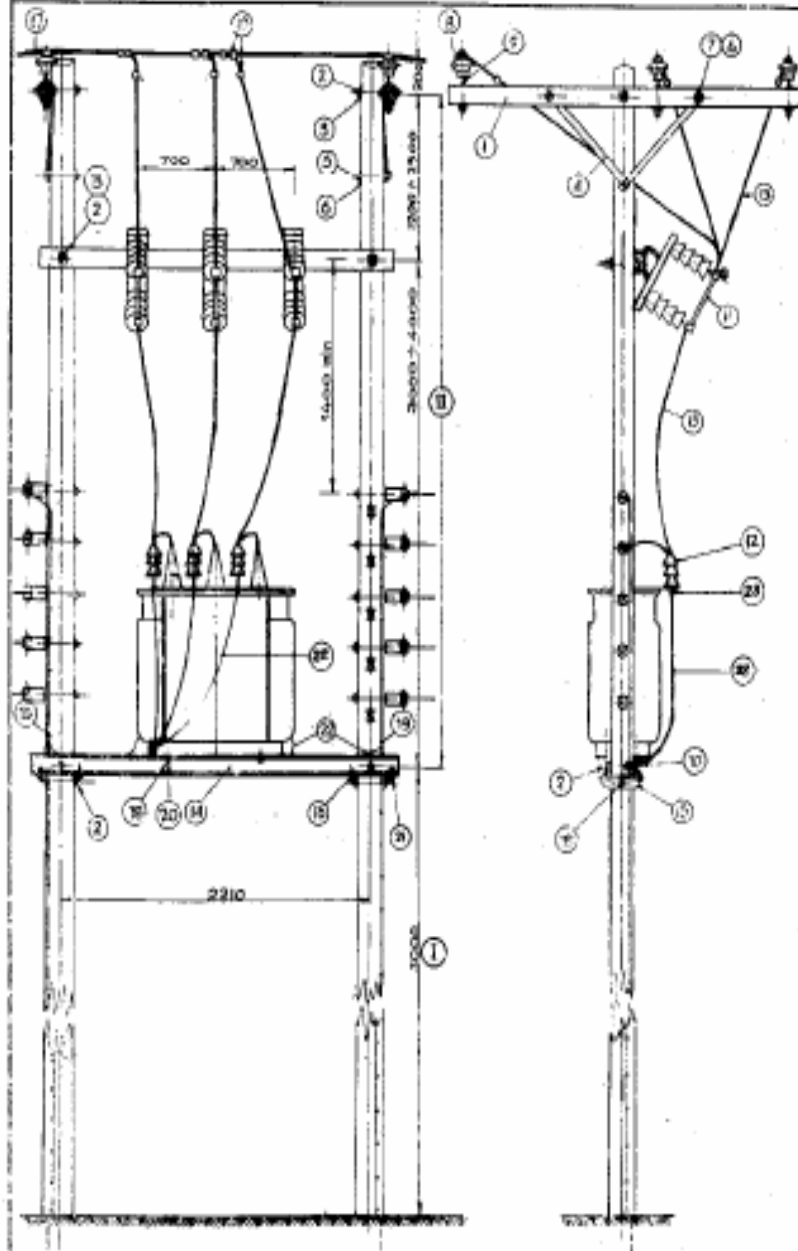
ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΔΙΑΡΤΗ

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

T-9

ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΣ Μ.Σ./Χ.Υ.
 ΕΠΙ ΚΡΙΘΜΑΤΟΣ ΞΥΛΙΝΩΝ ΣΤΥΛΩΝ
 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΑΣ Ή ΜΙΚΡΑΣ ΓΩΝΙΑΣ

T-II



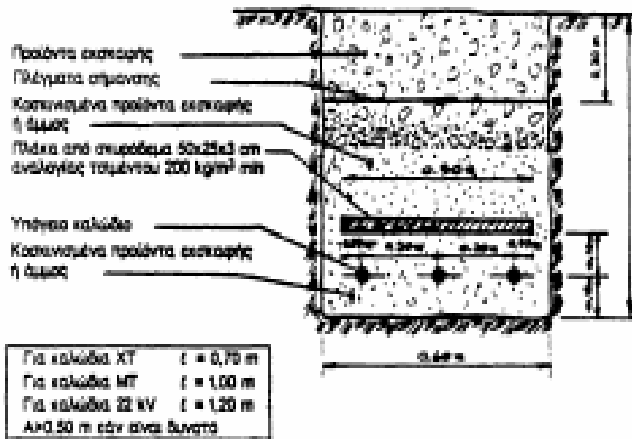
ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΙΣΧΥΕΣ 2007

T-II

U - 2

ΥΠΟΓΕΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ Μ.Τ & Χ.Τ



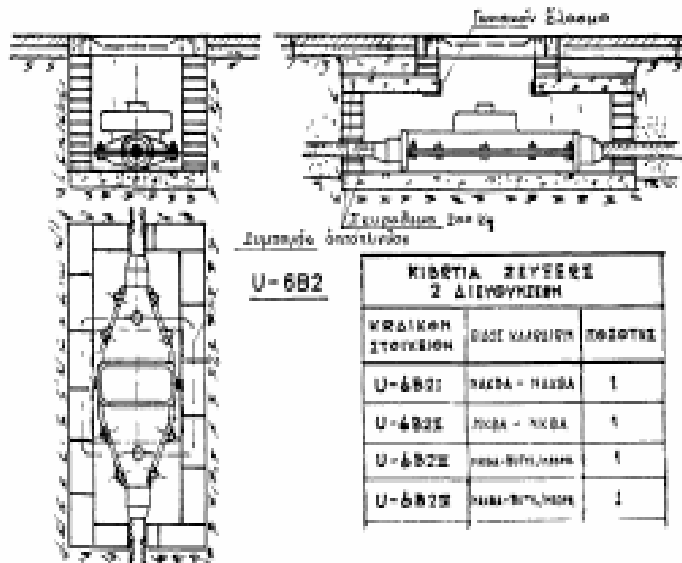
ΑΠΡΑ. 1968

U - 2

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

U-6B

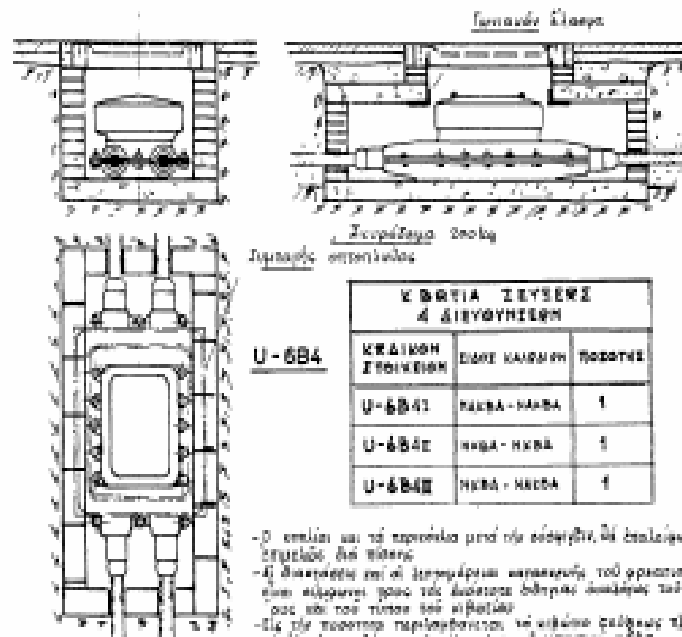
ΥΠΟΓΕΙΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Χ.Τ.
ΚΙΒΩΤΙΑ ΖΕΥΣΕΩΣ



Διαστάσεις: 300x300x100

U-6B2

ΚΙΒΩΤΙΑ ΖΕΥΣΕΩΣ 2 ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΔΙΑΤΜ. ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ
U-6B21	ΝΑΒΑ - ΝΑΒΑ	1
U-6B22	ΝΑΒΑ - ΝΑΒΑ	1
U-6B23	ΝΑΒΑ-ΝΑΒΑ/ΝΑΒΑ	1
U-6B24	ΝΑΒΑ-ΝΑΒΑ/ΝΑΒΑ	1



Διαστάσεις: 400x400x100

U-6B4

ΚΙΒΩΤΙΑ ΖΕΥΣΕΩΣ 4 ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ		
ΚΩΔΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΔΙΑΤΜ. ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ
U-6B41	ΝΑΒΑ - ΝΑΒΑ	1
U-6B42	ΝΑΒΑ - ΝΑΒΑ	1
U-6B43	ΝΑΒΑ - ΝΑΒΑ	1

- Ο κωδικός και τα ποσότητα μετά της σύστασης, δι' αναζήτησης σημειώσεως, δι' ετήσιου.
- Δι' αναζήτησε και οι διαστάσεις κατασκευής του φρεσινίου, δι' ετήσιου σημειώσεως, προς της διαστάσεως οδηγητικό σημειώσεως, το μέγεθος και τον τύπον της κλιμακίας.
- Δι' ετήσιου ποσότητα παραγωγής, δι' ετήσιου σημειώσεως, δι' ετήσιου σημειώσεως, δι' ετήσιου σημειώσεως, δι' ετήσιου σημειώσεως.

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΜΜ
U-6B

ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

4.1. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι μετασχηματιστές συνιστούν μια τεχνολογία που έχει βρει πολλαπλές και ποικίλες εφαρμογές εδώ και πολλές δεκαετίες. Καλύπτουν ανάγκες μιας ευρείας γκάμας εγκαταστάσεων, από τις πλέον μεγάλες είναι οι ηλεκτρικοί υποσταθμοί και από τις πλέον μικρές οι οικιακές ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές.

Καθοριστική είναι η ύπαρξη των μετασχηματιστών στην ανύψωση και στον υποβιβασμό της τάσης στα Συστήματα Μεταφοράς και διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας, τα οποία ως γνωστόν είναι εξαιρετικά εκτεταμένα και καλύπτουν τα Κέντρα Κατανάλωσης του εθνικού ηλεκτρικού δικτύου διανομής.

Σε Συστήματα Μεταφοράς Η.Ε με τάση μεγαλύτερη των 220 V χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι αυτό μετασχηματιστές. Εκτός όμως από τους Μετασχηματιστές και τους Αυτό μετασχηματιστές υπάρχει μια ιδιαίτερα μεγάλη γκάμα μετασχηματιστών. Τέτοιοι είναι οι Μετασχηματιστές Ανόρθωσης, οι Μετασχηματιστές Μεταλλουργίας, οι Μετασχηματιστές – Ρυθμιστές Τάσης, οι Μετασχηματιστές Δοκιμών, οι Μετασχηματιστές Έλξεως, οι Μετασχηματιστές Εξορύξεων και φυσικά στα ασθενή ρεύματα οι Μετασχηματιστές Οργάνων. Μένοντας στην τελευταία περίπτωση πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι πολλά είδη μετασχηματιστών βρίσκουν εφαρμογή σε εξοπλισμό τηλεπικοινωνιών, σε συστήματα τηλεελέγχου και τηλεχειρισμού αλλά και σε πληθώρα οικιακών συσκευών. Θα μπορούσε μάλιστα να πει κανείς ότι σήμερα δεν υπάρχει ούτε μια ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία να μην χρησιμοποιείται ένας μετασχηματιστής.

Πρέπει ωστόσο να τονιστεί ότι μολονότι η ύπαρξη των μετασχηματιστών ως μηχανήματα μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντική για τη λειτουργία όλης αυτής της γκάμας των εφαρμογών, η τεχνολογία των μετασχηματιστών σημείωσε πολύ μεγάλη εξέλιξη εδώ και πολλές δεκαετίες, κατά κύριο λόγο γιατί υποχρεώθηκε να υπερβεί τις ιδιαίτερες τεχνικές δυσκολίες, που προέκυψαν από τις ολοένα διευρυνόμενες ανάγκες μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

4.2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗ

Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να παράγεται είτε σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς, οι οποίοι κατασκευάζονται σε συγκεκριμένες περιοχές που πρέπει να είναι κοντά σε σημεία εξόρυξης στερεών καυσίμων, είτε σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς οι οποίοι επίσης κατασκευάζονται σε περιοχές με ιδιαίτερη γεωγραφική διαμόρφωση ικανή να αξιοποιήσει του πλησίον αυτής ευρισκόμενους υδάτινους πόρους. Και στις δύο περιπτώσεις η ενέργεια που παράγεται χρειάζεται να μεταφερθεί σε κόμβους του δικτύου διανομής που βρίσκονται είτε πλησίον αστικών κέντρων, είτε πλησίον βιομηχανικών περιοχών.

Είναι προφανές ότι αυτοί οι κόμβοι είναι πιθανό να βρίσκονται δεκάδες ή ακόμα και εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά από τους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό έχει σαν συνέπεια οι γραμμές μεταφοράς να έχουν αντιστοίχου μεγέθους μήκη. Από το βασικό όμως νόμο της ηλεκτροτεχνίας που διέπει τα ηλεκτρικά δίκτυα, δηλαδή το νόμο του Ohm είναι γνωστό πως η απώλεια ενέργειας σε έναν αγωγό διαρρέομενο από ρεύμα είναι ανάλογη της αντίστασης του αγωγού, η οποία με τη σειρά της είναι ανάλογη του μήκους του αγωγού.

Έτσι λοιπόν βλέπουμε πως η ηλεκτρική ενέργεια μεταφερόμενη από τους σταθμούς παραγωγής προς τους ευρισκόμενους σε απόσταση εκατοντάδων χιλιομέτρων κόμβους διανομής έχει πολύ μεγάλες απώλειες. Με δεδομένο το μήκος μιας γραμμής μεταφοράς η μείωση των απωλειών μπορεί να γίνει μόνο με την αύξηση της διατομής των αγωγών μεταφοράς. Αυτό θα είχε σαν συνέπεια πολύ μεγάλο κόστος κατασκευής των γραμμών μεταφοράς, αλλά και σημαντική δυσκολία στην εγκατάστασή τους καθώς το βάρος της κάθε γραμμής θα αυξανόταν πολύ. Οι μετασχηματιστές έδωσαν τη λύση στο πρόβλημα. Αυτοί επιτυγχάνουν να αφήσουν αμετάβλητη τη μεταφερόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ελαττώνουν την ένταση του ρεύματος και αυξάνουν την τάση του με συνέπεια οι θερμικές απώλειες πάνω στη γραμμή, οι οποίες είναι ανάλογες με το τετράγωνο της έντασης του ρεύματος να μειώνονται πάρα πολύ. Σε ένα μετασχηματιστή που παρεμβάλλεται σε μια γραμμή μεταφοράς ο δεκαπλασιασμός της τάσης θα έχει σαν συνέπεια τη μείωση της έντασης στο ένα δέκατο της αρχικής. Αυτό θα έχει σαν τελική συνέπεια τη μείωση των απωλειών στο ένα εκατοστό της αρχικής.

Στην αρχή των γραμμών μεταφοράς η τάση πολλαπλασιάζεται μέσω μετασχηματιστών ανύψωσης της τάσης και τούτο γιατί πρέπει να έχει ένα επαρκές μέγεθος ικανό να υπερκεράσει τις πολύ μεγάλες απώλειες τάσης κατά μήκος της τεραστίου μήκους γραμμής μεταφοράς. Αντιθέτως στο τέλος της γραμμής μεταφοράς η τάση υποβιβάζεται με τη βοήθεια μετασχηματιστών υποβιβασμού της τάσης και του το για να αποκτήσει μέγεθος κατάλληλο για τους καταναλωτές, δηλαδή από 220 Volt ως μερικά KV.

Οι μετασχηματιστές ισχύος είναι μηχανήματα πολύ σημαντικά για τα ηλεκτρικά δίκτυα τόσο λόγω της μεγάλης ισχύος τους, όσο και λόγω των υψηλών τάσεων λειτουργίας τους. Η γκάμα ισχύος και τάσης που καλύπτεται από τους μετασχηματιστές ισχύος είναι πολύ μεγάλη. Η ισχύς τους μπορεί να κυμανθεί από μερικά VA μέχρι μερικές χιλιάδες VA, ενώ η τάση τους μπορεί να κυμανθεί από ένα κλάμα του V μέχρι εκατοντάδες KV. Με τη χρήση μιας σειράς μετασχηματιστών στους υποσταθμούς των κόμβων των δικτύων μεταφοράς η ηλεκτρική ενέργεια μετασχηματίζεται 4 ή και 5 φορές μέχρι να φτάσει στα Κέντρα Κατανάλωσης.

Ακόμα πρέπει να σημειωθεί ότι στα Συστήματα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας η εγκατεστημένη ισχύς είναι 6-7 φορές μεγαλύτερη από την εγκατεστημένη ισχύ παραγωγής στους θερμοηλεκτρικούς ή υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής. Στα Συστήματα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας που λειτουργούν σε τάσεις μεγαλύτερες από 220 V γίνεται ευρεία χρήση των αυτομετασχηματιστών. Αυτοί έχουν 2 ή περισσότερα τυλίγματα που είναι

αγώγιμα συνδεδεμένα έτσι ώστε να υπάρχει κάποιο τμήμα τυλίγματος κοινό στο πρωτεύον και στο δευτερεύον.

4.3. ΔΟΜΗ

Ο μετασχηματιστής είναι μια ηλεκτρική μηχανή με σταθερά μέρη. Έχει δύο πηνία για κάθε φάση, τα οποία είναι μεταξύ τους ηλεκτρικά ανεξάρτητα και μαγνητικά συζευγμένα. Το τυλίγμα που τροφοδοτούμε το ονομάζουμε πρωτεύον και αυτό από το οποίο παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη τάση το ονομάζουμε δευτερεύον. Ας θεωρήσουμε τώρα ότι στο πρωτεύον κύκλωμα η τάση είναι U_1 , η ένταση είναι I_1 και ο αριθμός των σπειρών είναι N_1 και ότι αντίστοιχα στο δευτερεύον κύκλωμα η τάση είναι U_2 , η ένταση είναι I_2 και ο αριθμός των σπειρών είναι N_2 τότε ο λόγος μετασχηματισμού k ορίζεται ως εξής:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Σε μετασχηματιστές μέσης και υψηλής τάσης ο πυρήνας με τα τυλίγματα τοποθετούνται μέσα σε δοχείο που γεμίζεται με λάδι το οποίο είναι ειδικό λάδι μετασχηματιστών και συνήθως είναι ορυκτέλαιο ή συνθετικό λάδι.. Μπορούμε να πούμε ότι τα βασικά μέρη ενός μετασχηματιστή μεγάλης ισχύος είναι τα εξής:

4.3.1. Το δοχείο που περικλείει τον πυρήνα τα τυλίγματα και το λάδι ψύξης του μετασχηματιστή. Όταν τα τυλίγματα του μετασχηματιστή διαρρέονται από ρεύμα εκλύεται κατά το γνωστό φαινόμενο Joule θερμότητα. Έτσι έχουμε μια απώλεια ενέργεια από το χαλκό των τυλιγμάτων. Ωστόσο θερμότητα εκλύεται επίσης και από τον πυρήνα λόγω κυκλοφορίας μέσα σ' αυτόν των δινορευμάτων. Στην περίπτωση αυτή έχουμε μια απώλεια ενέργειας από το σίδηρο του πυρήνα; Η θερμότητα που εκλύεται πρέπει να αποβάλλεται στο περιβάλλον για να μην πλησιάζει η θερμοκρασία του μετασχηματιστή σε επικίνδυνα όρια. Το μονωτικό λάδι είναι αυτό που λειτουργεί σαν ψυκτικό μέσο. Τα τυλίγματα κατασκευάζονται από σύρματα μονωμένα.

Για διατομές συρμάτων μέχρι 3 τετραγωνικά χιλιοστά χρησιμοποιούνται συνήθως κυλινδρικά σύρματα ενώ για μεγαλύτερες διατομές χρησιμοποιούνται σύρματα ορθογωνικά ή τετράγωνα για εξοικονόμηση χώρου. Οι στρώσεις χωρίζονται μεταξύ τους με μονωτικό χαρτί ή άλλο κατάλληλο μονωτικό υλικό. Η τοποθέτηση και η στήριξη των σπειρών του τυλίγματος πρέπει να γίνεται κατά τρόπο ικανοποιητικό ώστε να αντέχουν στις ηλεκτροδυναμικές καταπονήσεις που εμφανίζονται σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Το σώμα του πυρήνα αποτελείται από λεπτά σιδερένια ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους ηλεκτρικά. Επειδή στον πυρήνα εμφανίζεται το φαινόμενο της ανάπτυξης δινορευμάτων με κατάλληλη κατεργασία των μετάλλων και με κατάλληλες προσμείξεις έχει επιτευχθεί η μείωση των απωλειών του πυρήνα στο ελάχιστο. Τα ελάσματα πρέπει να έχουν κατάλληλο σχήμα ώστε να μπαίνουν τα πηνία εύκολα στα ανοίγματα που σχηματίζουν κατά τη συναρμολόγησή τους.

Για να μη δημιουργείται συγκεντρωμένη μαγνητική αντίσταση στο διάκενο αέρα των αρμών της συναρμολόγησης, τα ελάσματα τοποθετούνται κατά εναλλασσόμενες κατευθύνσεις. Η σχεδίαση της μορφής του πυρήνα πρέπει να είναι τέτοια ώστε η όλη κατασκευή να είναι συμπαγής και οι μαγνητικές γραμμές στον πυρήνα να έχουν το ελάχιστο δυνατό μήκος. Η ωφέλιμη διατομή ενός πυρήνα είναι περίπου το 90% της γεωμετρικής του διατομής γιατί την υπόλοιπη την καταλαμβάνουν οι μονώσεις των ελασμάτων. Το δοχείο μέσα στο οποίο τοποθετείται το συγκρότημα του πυρήνα μαζί με τα πηνία είναι ένα κατάλληλο χαλύβδινο δοχείο που είναι γεμάτο με μονωτικό λάδι το οποίο εκτός από την ψύξη του μετασχηματιστή χρησιμεύει και για τη μόνωσή του. Στο πάνω μέρος του δοχείου υπάρχει σιδερένιο καπάκι που στερεώνεται στο δοχείο περιφερειακά με βίδες. Η στεγανοποίηση του δοχείου γίνεται

κατάλληλη φλάντζα. Πάνω στο καπάκι τοποθετούνται οι μονωτήρες υψηλής και μέσης τάσης, ενώ στα πλευρικά βρίσκονται κατάλληλες υποδοχές για την τοποθέτηση των ψυγείων ψύξεως του λαδιού

4.3.2. Τους μονωτήρες υψηλής τάσης και μέσης τάσης που χρησιμεύουν για την ασφαλή διέλευση του ρεύματος υψηλής τάσης. Οι μονωτήρες διέλευσης υψηλής τάσης είναι συνήθως τύπου πυκνωτή. Το εσωτερικό του μονωτήρα αποτελείται από μονωτικό υλικό συνήθως χαρτί στο οποίο έχουν παρεμβληθεί κύλινδροι από φύλλα κασσιτέρου ή αλουμινίου. Με τον τρόπο αυτό από τον αγωγό διέλευσης μέχρι το σώμα του μετασχηματιστή παρεμβάλλεται μια σειρά από πυκνωτές ίσης χωρητικότητας. Σκοπός των πυκνωτών αυτών είναι η ομαλή κατανομή της τάσης σε όλο το πάχος του μονωτικού για να μην καταπονούνται ηλεκτρικά ορισμένα τμήματα της μόνωσης. Αναφορικά με τους μονωτήρες μέσης τάσης δύο είναι οι βασικοί τύποι που χρησιμοποιούνται. Ο ένας είναι όμοιος με τους μονωτήρες υψηλής τάσης και ο άλλος συνίσταται σε έναν μονωτήρα από πορσελάνη, ο οποίος είναι γεμάτος με λάδι το οποίο επικοινωνεί υδραυλικά με το λάδι ψύξης του μετασχηματιστή.

4.3.3. Το δοχείο διαστολής το οποίο χρησιμεύει για να δέχεται την αύξηση του όγκου του λαδιού όταν αυτό θερμαίνεται κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή. Στο δοχείο διαστολής υπάρχει δείκτης στάθμης λαδιού ώστε να ελέγχεται οπτικά η ποσότητα του λαδιού που υπάρχει μέσα σ' αυτό. Ο δείκτης στάθμης μπορεί είτε ένας απλός γυάλινος σωλήνας που δείχνει τη στάθμη με βάση την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, είτε ένας μαγνητικός δείκτης που καταγράφει τη στάθμη με μια κατακόρυφη σειρά από εξωτερικά διαταγμένα μαγνητάκια τα οποία ενεργοποιούνται από πλωτήρα με μεταλλικό στοιχείο που επιπλέει μέσα στο δοχείο. Η ελεύθερη στάθμη του λαδιού του δοχείου διαστολής δεν πρέπει να έρθει σε επαφή με τον αέρα της ατμόσφαιρας γιατί το λάδι θα απορροφήσει υγρασία. Για το λόγο αυτό φροντίζουμε να παρεμβάλλουμε κατάλληλα συσκευή με υγροσκοπικούς κρυστάλλους

4.3.4. Το ψυγείο του λαδιού που χρησιμεύει για την ψύξη του λαδιού. Για την καλύτερη απαγωγή της παραγόμενης θερμότητας τοποθετούνται εξωτερικά του δοχείου του μετασχηματιστή τα ψυγεία που διαθέτουν εκτεταμένες επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας. Στους μετασχηματιστές μεγάλης ισχύος με λάδι η ψύξη του λαδιού διευκολύνεται ακόμα περισσότερο με την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα χρησιμοποιώντας ανεμιστήρες.

4.3.5. Την ασφαλιστική διάταξη Buchholtz η οποία τοποθετείται μεταξύ δοχείου διαστολής και του σώματος του μετασχηματιστή. Αυτή φέρει έναν πλωτήρα οπτικής και ηχητικής σήμανσης, έναν πλωτήρα διακοπής, έναν εξαεριστικό κρουνό και έναν κρουνό αποστράγγισης και συνιστά μια διάταξη ευαίσθητη και αξιόπιστη για την προστασία ενός μετασχηματιστή από διαρροή λαδιού και υπερθέρμανση. Και τούτο γιατί αν εξαιτίας μιας διαρροής λαδιού αδειάσει το δοχείο διαστολής και κατέβει η στάθμη του λαδιού κάτω από τον πλωτήρα σήμανσης τότε θα κλείσουν οι επαφές της διάταξης Buchholtz θα ηχήσει η σειρήνα και θα αρχίσει να αναβοσβήνει μια λάμπα. Αν συνεχιστεί η διαρροή, ο μετασχηματιστής θα υπερθερμανθεί από έλλειψη λαδιού και από την υψηλή θερμοκρασία θα δημιουργηθούν φυσαλίδες στη μάζα του λαδιού οι οποίες και θα κινήσουν τον πλωτήρα διακοπής. Εδώ έχουμε το δεύτερο επίπεδο ασφάλειας γιατί μόλις κλείσουν οι επαφές του πλωτήρα ενεργοποιείται το σύστημα αυτόματων διακοπών και βγαίνει οριστικά εκτός λειτουργίας ο μετασχηματιστής. Αν το λάδι υπερθερμανθεί από βραχυκύκλωμα ή από υπερφόρτιση διαρκείας και πάλι η ασφαλιστική διάταξη θα ενεργοποιηθεί για την προστασία του μετασχηματιστή.

4.4. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η ιστορία των μετασχηματιστών ξεκινάει από το 19ο αιώνα. Μεταξύ 1883 και 1886 έγιναν οι πρώτες δοκιμές σε γραμμές με συνεχές ρεύμα έδειξαν ότι υπάρχουν εγγενείς δυσκολίες στο σύστημα Συνεχούς Ρεύματος υπό υψηλή τάση δεδομένου ότι στην πράξη το όριο στο συλλέκτη μιας μηχανής είναι τα 7000 V. Στη Γαλλία την περίοδο αυτή για να υπερβούν τον περιορισμό στην τάση του συνεχούς ρεύματος στο σταθμό παραγωγής συνέδεσαν εν σειρά μερικές γεννήτριες και στους υποσταθμούς της εποχής εν σειρά μερικοί κινητήρες για να τροφοδοτηθεί μια σύγχρονη γραμμή με συνεχές ρεύμα σε τάση 57,6 KV από τη Mautier στη Lyon σε μια απόσταση 180 km και συνολική ισχύ 4650 kW. Το 1886 ο πρώτος στοιχειώδης μετασχηματιστής λειτουργεί στη Μασαχουσέτη. Το 1891 ο πρώτος εμπορικής χρήσης μετασχηματιστής ξηρού τύπου κατασκευάζεται στη Ρωσία. Την ίδια χρονιά εντελώς ανεξάρτητα στην Ελβετία κατασκευάζεται ο πρώτος μετασχηματιστής με λάδι με τάση 330, ενώ στη διεθνή έκθεση Φρανκφούρτης δίνεται φορτίο 200 kV από υποσταθμό που βρίσκεται 170 χιλιόμετρα μακριά.

Στον εικοστό αιώνα το 1929 γίνεται η εφεύρεση του H. N. Buchholtz και στη δεκαετία του 1960 άρχισαν να κατασκευάζονται μεταλλοεπενδεδυμένοι μετασχηματιστές καθώς μετασχηματιστές τύπου GIS. Στη δεκαετία του 1970 εισάγονται οι Η/Υ. Τέλος στη δεκαετία του 1980 κατασκευάζονται υποσταθμοί 1200 kV. Στους υποσταθμούς επίσης χρησιμοποιούνται στατοί ηλεκτρονόμοι και Expert Systems στους υποσταθμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΓΜΗΕ)

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ταχύτερη επέκταση των ηλεκτρικών δικτύων είχε σαν αποτέλεσμα τη διαρκώς αυξανόμενη ανησυχία του κοινού, σχετικά με πιθανές επιπτώσεις από την έκθεση στα Ήλεκτρο Μαγνητικά Πεδία (ΗΜΠ). Ο προβληματισμός για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των συστημάτων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας που διαπερνούν μέσα από κατοικημένες περιοχές, είναι αδιαμφισβήτητος. Η σχέση συστημάτων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και περιβάλλοντος περιλαμβάνει ένα σύνολο θεμάτων τα οποία ποικίλλουν, από την αισθητική επιβάρυνση που προκαλούν τα ηλεκτροενεργειακά δίκτυα μέχρι την αυξανόμενη ανησυχία του κοινού για την ύπαρξη και επίδραση στον άνθρωπο των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων.

Σήμερα, όπου η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των δικτύων είναι δεδομένη, η χωροθέτηση των δικτύων μεταφοράς υψηλής τάσης αποκτά ιδιαίτερη σημασία. Τα κύρια περιβαλλοντικά θέματα που τίθενται σε σχέση με τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι τα ακόλουθα :

- οπτική ρύπανση,
- ηλεκτροχημική ρύπανση,
- ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία,
- ακουστική ρύπανση (για φορτία υψηλής και υπερυψηλής τάσης).

Το ενδιαφέρον και η έρευνα επικεντρώνονται στην εκτίμηση των τυχόν δυσμενών επιπτώσεων των γραμμών υψηλής τάσης στην υγεία του ανθρώπου. Κάτοικοι περιοχών κοντά ή και κάτω από τις γραμμές υψηλής τάσης, άρχισαν να “αισθάνονται” τα ΗΜΠ, ειδικά σε ότι αφορά ηλεκτρομαγνητικά πεδία υψηλής έντασης. Προς το παρόν, αν και έχει ήδη προηγηθεί σημαντική έρευνα πάνω σε ενδεχόμενες επιπτώσεις των ΗΜΠ στην υγεία, δεν έχουμε καταλήξει σε οριστικά συμπεράσματα περί κινδύνων σε ζώντες οργανισμούς. Υπάρχει όμως έντονη και ολοένα αυξανόμενη αρνητική στάση από την πλευρά διαφόρων περιβαλλοντικών οργανώσεων.

Εντούτοις, πρέπει να σημειωθεί ότι μέρος της διεθνούς επιστημονικής κοινότητα διατηρεί επιφυλάξεις ως προς τα πρότυπα ασφαλείας σε θέματα επιπτώσεων και ηλεκτρικών μαγνητικών πεδίων στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου. Πολλοί ερευνητές παρουσίασαν εργασίες που καθιστούν εμφανή την ανάγκη υιοθέτησης μιας προστατευτικής πολιτικής σε ότι αφορά τα αποδεκτά πρότυπα όρια. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει γνωστές αρκετές περιπτώσεις που η κοινή γνώμη ή οι άμεσα θιγόμενοι έχουν καταφέρει να καθυστερήσουν ή και να ακυρώσουν την κατασκευή νέων ή την αναβάθμιση παλαιών γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας με σοβαρές συνέπειες που οδήγησαν σε συνολική ή μερική διακοπή στην παροχή ενέργειας (π.χ. Νότια Ιταλία το Σεπτέμβριο του 1995, Αθήνα, Ελλάδα, το Μάρτιο του 1998). Με αυτά τα δεδομένα προβλέπεται να δημιουργηθούν περισσότερα προβλήματα στο μέλλον.

Για όλους τους παραπάνω λόγους, η πλήρης κατανόηση των δεδομένων και των προβλημάτων που σχετίζονται με τη μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας θα ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ανησυχία της κοινής γνώμης πάνω σε πιθανές επιπτώσεις της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας στη δημόσια υγεία.

5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία είναι πεδία δυνάμεων, δηλαδή χώροι, στους οποίους ασκούνται δυνάμεις επί καταλλήλων “υποθεμάτων”. Για το ηλεκτρικό πεδίο το υπόθεμα είναι ένα μη κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο, ενώ για το μαγνητικό πεδίο το υπόθεμα είναι ένα κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο (ηλεκτρικό ρεύμα).

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ανεξαρτήτως συχνότητας περιγράφονται με τις εξισώσεις του Maxwell.

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \mathbf{E} &= -\mu \frac{d\mathbf{H}}{dt} \\ \operatorname{rot} \mathbf{H} &= \sigma \mathbf{E} + \varepsilon \frac{d\mathbf{E}}{dt} \end{aligned}$$

Στις εξισώσεις αυτές η μαγνητική επαγωγή \mathbf{B} και η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου \mathbf{E} εμφανίζονται ως αλληλένδετα μεγέθη. Στις χαμηλές όμως συχνότητες, όπως είναι η συχνότητα των 50Hz, δεν υπάρχει πρακτικά ζεύξη μεταξύ των πεδριακών μεγεθών \mathbf{B} και \mathbf{E} . Στις συχνότητες αυτές, με το πολύ μεγάλο μήκος κύματος (6000km για τη συχνότητα των 50Hz), δεν υπάρχει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, αλλά δύο ανεξάρτητα πεδία, το μαγνητικό και το ηλεκτρικό πεδίο. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στην περιοχή συχνοτήτων από 0-300 Hz ονομάζονται στη διεθνή βιβλιογραφία Extra Low Frequency Electromagnetic Fields (ELFEMF) και την Ελληνική βιβλιογραφία Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία Εξαιρετικά Χαμηλής Συχνότητας (ΗΜΠ ΕΧΣ).

Το ηλεκτρικό πεδίο προκαλείται από την ύπαρξη διαφοράς δυναμικού-τάσης, ενώ χαρακτηριστικό του μέγεθος είναι η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου \mathbf{E} , με μονάδα μέτρησης το V/m (Volt ανά μέτρο) ή το πολλαπλάσιό του kV/m (1kV/m=1000V/m). Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος προκαλεί το μαγνητικό πεδίο, χαρακτηριστικό μέγεθος του οποίου είναι η μαγνητική επαγωγή \mathbf{B} , με μονάδα μετρήσεως το μT (μίκρο-Tesla) ή το mG (μίλι-Gauss, $1\mu\text{T}=10\text{mG}$).

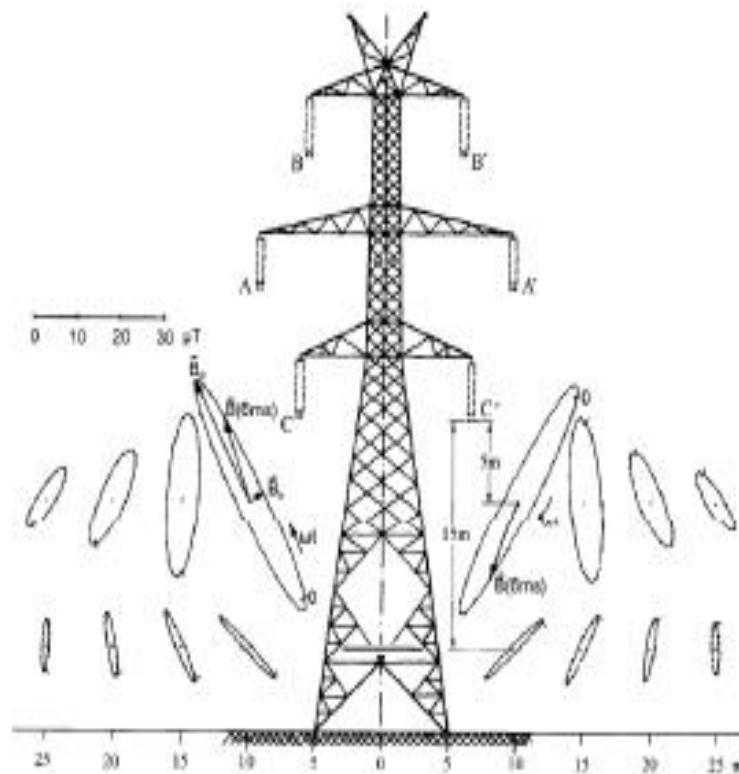
Δεν είναι η υψηλή τάση ή η μεγάλη ένταση του ρεύματος τα μεγέθη που θα μπορούσαν να έχουν επίπτωση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο. Τα δύο αυτά πεδία εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους. Μικρές εντάσεις ρεύματος σε συνδυασμό με μικρές αποστάσεις, όπως είναι οι αποστάσεις μεταξύ ηλεκτρικών συσκευών και ανθρώπων στα σπίτια, προκαλούν μαγνητικά πεδία, τα οποία είναι πολλές φορές μεγαλύτερα από εκείνα που οφείλονται στις εναέριες γραμμές, όπου υπάρχουν μεγάλες εντάσεις αλλά και μεγάλες αποστάσεις.

Από τα μονοφασικά συστήματα δημιουργούνται εναλλασσόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Ένα ή περισσότερα τριφασικά συστήματα δημιουργούν ένα στρεφόμενο ελλειπτικό ηλεκτρικό πεδίο και ένα στρεφόμενο ελλειπτικό μαγνητικό πεδίο. Τα στρεφόμενα ανύσματα των πεδριακών εντάσεων μεταξύ κέντρων και περιφερειών των ελλείψεων διαγράφουν μία πλήρη τροχιά σε χρονικό διάστημα μιας περιόδου (20ms για τη συχνότητα των 50Hz), σχήμα 1.1.

Από τους μεγάλους ημιάξονες \mathbf{B}_a και \mathbf{E}_a και τους μικρούς ημιάξονες \mathbf{B}_b και \mathbf{E}_b προκύπτουν τα χαρακτηριστικά μεγέθη των πεδίων:

$$\begin{aligned} B &= \sqrt{B_a + B_b} & E &= \sqrt{E_a + E_b} \end{aligned}$$

Τα μεγέθη αυτά προκύπτουν από υπολογισμούς ή μετρήσεις και χρησιμοποιούνται για την σύγκριση με τα επιτρεπόμενα όρια των κανονισμών.



Σχήμα 1.1: Γεωμετρικοί τύποι στρεφομένων ανυσμάτων μαγνητικής επαγωγής γραμμής 400 kV διπλού κυκλώματος με φορτίο 1000 A ανά κύκλωμα και φάση

5.3. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΧΑΜΗΛΟΣΥΧΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

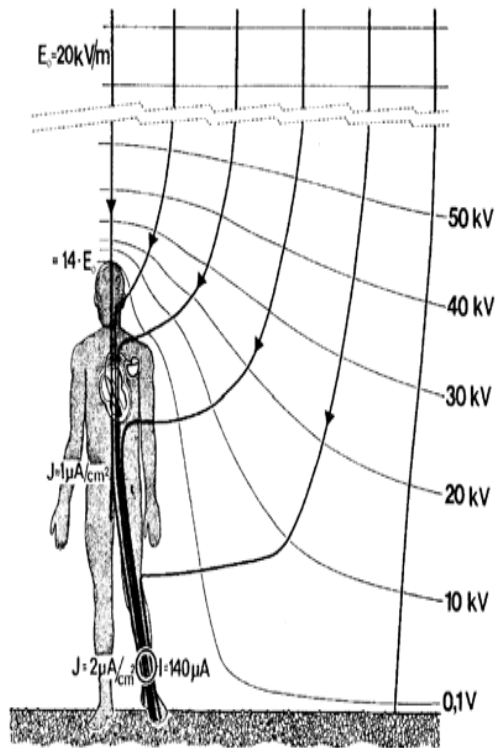
Τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία των γραμμών μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, σε θέσεις προσιτές για τον άνθρωπο, μπορούν να θεωρηθούν ως ομογενή πεδία. Η επίδραση των ηλεκτρικών και των μαγνητικών πεδίων μπορεί να περιγραφεί καλύτερα, εάν τα πεδία αυτά είναι ομογενή. Τα ομογενή πεδία προσφέρονται επίσης για τη διεξαγωγή εργαστηριακών μελετών, δεδομένου ότι αυτά μπορούν να αναπαραχθούν και να εξασφαλισθεί έτσι η δυνατότητα συνέχειας και ελέγχου των αποτελεσμάτων.

Το ομογενές ΗΠ ΕΧΣ παραμορφώνεται με την είσοδο σ' αυτό αγωγίμων διατάξεων. Το εσωτερικό ενός ηλεκτρικά αγωγίμου σώματος είναι πρακτικά ελεύθερο από ηλεκτρικό πεδίο, δηλαδή αποτελεί έναν κλωβό Faraday. Έτσι, μπορεί να επιτευχθεί με αγωγή επένδυση η θωράκιση ενός χώρου έναντι ηλεκτρικού πεδίου. Η αγωγιμότητα των συνήθων δομικών υλικών είναι επαρκής, ώστε να επέρχεται μέσα στα σύγχρονα κτίσματα (κατοικίες και χώρους εργασίας) δραστική εξασθένηση των ηλεκτρικών πεδίων, που προέρχονται από εξωτερικές πηγές. Εξασθένηση των ΗΠ ΕΧΣ επιφέρουν, επίσης, και οι διάφορες μεταλλικές κατασκευές, τα οχήματα, τα δένδρα, ο ρουχισμός, ακόμα και οι ζώντες οργανισμοί που βρίσκονται στην περιοχή, λόγω της ηλεκτρικής τους αγωγιμότητας. Για το λόγο αυτό, τα ΗΠ ΕΧΣ είναι εξαιρετικά δύσκολο να μετρηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια, αφού υφίστανται

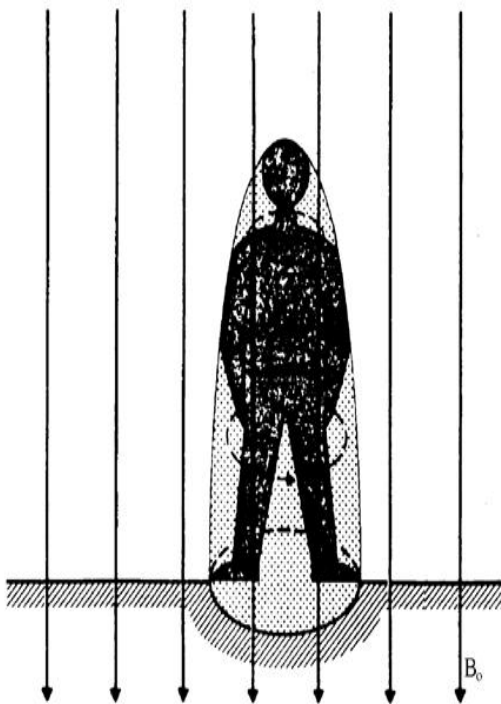
εξασθένιση και παραμόρφωση ακόμα και από την ίδια τη συσκευή μέτρησης.. Επειδή όμως τα ΗΠ ΕΧΣ των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται από την τάση των αγωγών, η οποία είναι σταθερή (μέσα σε ικανοποιητικά όρια) κατά τη χρονική διάρκεια λειτουργίας των γραμμών αυτών, είναι προτιμότερος ο υπολογισμός των πεδίων αυτών με αριθμητικές μεθόδους.

Αντίθετα, τα ΜΠ ΕΧΣ διαπερνούν πρακτικά χωρίς παραμόρφωση τα μη μαγνητικά υλικά. Η αποτελεσματική θωράκιση είναι πολύ δυσχερής και συνεπώς τα ΜΠΕΧΣ εξασθενίζουν πολύ δύσκολα. Η θωράκιση μπορεί να γίνει μόνο με τη χρησιμοποίηση ειδικών και ιδιαίτερα ακριβών μαγνητικών υλικών σε κατάλληλη διάταξη, χωρίς πάντοτε ικανοποιητικά αποτελέσματα. Το καλύτερο υλικό θωράκισης είναι ένα ειδικό κράμα που αποτελείται από 80% νικέλιο και 20% σίδηρο και ονομάζεται *mu metal*, λόγω της μεγάλης τιμής της σχετικής μαγνητικής του διαπερατότητας μ (από 350000 έως 500000). Ένα φύλλο από *mu metal* διαστάσεων 80 x 300 cm και πάχους 1 mm κοστίζει περίπου 1500 €. Επειδή ακριβώς δεν είναι εύκολη η θωράκιση, τα ΜΠΕΧΣ είναι δυνατό να μετρηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια, αφού πρακτικά δεν υφίστανται εξασθένιση και παραμόρφωση από συνήθη αντικείμενα και από ζώντες οργανισμούς. Όμως, τα ΜΠ ΕΧΣ των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτώνται από την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους αγωγούς, η οποία είναι ιδιαίτερα μεταβαλλόμενη κατά τη χρονική διάρκεια λειτουργίας των γραμμών αυτών. Κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου η ένταση του ρεύματος μιας γραμμής μπορεί να μεταβάλλεται από πρακτικά μηδενικές τιμές (γραμμή υποφορτιζόμενη) έως και τιμές μεγαλύτερες της ονομαστικής της φόρτισης (γραμμή υπερφορτιζόμενη). Πρέπει να γίνουν λοιπόν μετρήσεις των ΜΠ ΕΧΣ κάθε γραμμής και στη συνέχεια οι τιμές των μετρήσεων να αναχθούν κατάλληλα στις μέγιστες τιμές που θα προκύψουν, αν εκτιμηθούν σωστά οι αντίστοιχες μέγιστες εντάσεις των αγωγών της υπό διερεύνηση γραμμής.

Το σχήμα 1.2 δείχνει την παραμόρφωση ομογενούς ηλεκτρικού πεδίου εντάσεως 20 kV/ m λόγω της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του ανθρώπινου σώματος. Στην κεφαλή του ανθρώπου εμφανίζεται η μέγιστη ένταση ηλεκτρικού πεδίου $E_{max} \approx 14 E_0$, όπου E_0 η ένταση του ομογενούς πεδίου. Παραμόρφωση εμφανίζεται επίσης στις ισοδυναμικές γραμμές, έτσι ώστε η διαφορά δυναμικού μεταξύ της κεφαλής και των ποδιών να είναι περίπου 0,1V. Σε αντίθεση προς το ηλεκτρικό πεδίο, το μαγνητικό πεδίο διαπερνά τον ανθρώπινο οργανισμό χωρίς παραμόρφωση. Το σχήμα 1.3 δείχνει τον άνθρωπο σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.



Σχήμα 1.2: Άνθρωπος σε ομογενές ηλεκτρικό πεδίο



Σχήμα 1.3: Άνθρωπος σε ομογενές μαγνητικό πεδίο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

6.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το θέμα των ενδεχόμενων επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου χαμηλής συχνότητας, έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τη διεθνή εδω και αρκετά χρόνια. Έχουν γίνει δεκάδες μελέτες και δημοσιεύσεις και η εξαγωγή συμπερασμάτων από μεμονωμένους επιστήμονες είναι εξαιρετικά δύσκολη. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 70', μεγάλη προσοχή δόθηκε στις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από την έκθεσή τους σε ηλεκτρικά πεδία. Οι δεκάδες λεπτομερείς ερευνητικές εργασίες που έγιναν δεν μπόρεσαν να προσδιορίσουν τις επικίνδυνες συνέπειες των πεδίων αυτών στην υγεία του ανθρώπου από την έκθεσή του σε ηλεκτρικά πεδία της έντασης που υπάρχει στις περιοχές κάτω από τις γραμμές μεταφοράς.

Τη δεκαετία του 80' το επιστημονικό ενδιαφέρον στράφηκε κυρίως στις επιπτώσεις των μαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο. Ιδιαίτερα δόθηκε προσοχή στη σχέση τους με την ανάπτυξη καρκινικών όγκων, επειδή ένας αριθμός επιδημιολογικών μελετών παρουσίασε στοιχεία αύξησης εμφάνισης όγκων σε ενήλικες και παιδιά που ζούσαν κοντά σε γραμμές μεταφοράς ηλεκτρισμού. Μετά από αυτό, ένας αριθμός διεθνών οργανισμών επανεξέτασε λεπτομερώς τα αποτελέσματα των προαναφερόμενων μελετών. Όλες οι επανεξετάσεις κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα προαναφερόμενα αποτελέσματα ήταν απλώς αρκετά για να δικαιολογήσουν περισσότερες μελέτες των επιπτώσεων των μαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο, και, επομένως, δεν συντρέχει λόγος αλλαγών στις τρέχουσες πρακτικές που ακολουθούνται για την προστασία του ανθρώπου από τα μαγνητικά πεδία.

Οι κίνδυνοι από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία εκφράζονται σε βιολογικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό οι οποίες μπορεί να είναι είτε θερμικές είτε μη θερμικές.

Βιολογικές επιδράσεις

Οι βιολογικές επιδράσεις σχετίζονται με τις επιδράσεις των ακτινοβολιών στους πιο ευαίσθητους και επιρρεπείς σε βλάβες ιστούς, όπως στον εγκέφαλο, στα μάτια, και στις γεννητικές περιοχές. Συγκεκριμένα, υπάρχουν αρκετές έρευνες που συσχετίζουν την έκθεση σε εξαιρετικά χαμηλές συχνότητες (ELF) με τον επιπολασμό του καρκίνου και την ανάπτυξη εγκεφαλικών όγκων. Ήδη, η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CENELEC) έχουν προωθήσει πολυετή προγράμματα πολυκεντρικών ερευνών μέσω των οποίων θα οριστικοποιηθούν οι απαντήσεις στα θέματα αυτά.

Θερμικές επιδράσεις

Οι θερμικές επιδράσεις είναι πλήρως κατανοητές, έχουν μελετηθεί εκτενώς και αφορούν την υπερθέρμανση του σώματος που βρίσκεται στο εγγύς πεδίο της ακτινοβολίας. Τα περισσότερα βιολογικά μόρια απορροφούν ενέργεια από τα μεταβαλλόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία την οποία μετατρέπουν σε κινητική ενέργεια και δονούνται. Η δόνηση αυτή δημιουργεί θερμότητα και αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος. Οι θερμικές αυτές επιδράσεις μπορεί να είναι αξιοποιήσιμες, ευχάριστες, αλλά και επικίνδυνες για την

υγεία και την ασφάλεια. Η υπερθέρμανση αυτή των μορίων πρέπει να αποφεύγεται και οι κίνδυνοι που συνεπάγεται εξαρτώνται από την ένταση της ακτινοβολίας, και όχι από τη συχνότητά της. Δηλαδή, το κρίσιμο μέγεθος είναι η πυκνότητα της προσπίπτουσας ισχύος.

Ο καθορισμός του αποδεκτού ορίου ακτινοβολίας που θα απέκλειε κάθε κίνδυνο για την ασφάλεια του ανθρώπου, είναι μία πολύπλοκη διαδικασία που πρέπει να συνυπολογίζει και συντελεστές ασφαλείας. Έτσι τα όρια ασφαλείας διατυπωμένα ως " μέγιστη επιτρεπόμενη έκθεση", δεν αποτελούν μαγικές τομές που χωρίζουν την απόλυτη ασφάλεια από το βέβαιο κίνδυνο. Είναι όρια που καλό είναι να μην υπερβαίνουμε και προέρχονται από πολλά στάδια αξιολόγησης της παγκόσμιας ερευνητικής προσπάθειας.

Μη θερμικές επιδράσεις

Τελευταία, γίνεται πολύ λόγος για τις μη θερμικές επιδράσεις. Ήδη έχουν δημοσιευθεί πολλά πορίσματα ερευνών, εκ των οποίων όμως ελάχιστα δείχνουν κάποιες μικρές επιδράσεις στα κύτταρα. Παράλληλα, υπάρχουν άλλες μελέτες παρόμοιες ή ακόμα και επαναληπτικές αυτών των ελάχιστων που δεν διαπίστωσαν καμία επίδραση. Δεν υπάρχει κάποιος σαφής μηχανισμός που να παράγει μη θερμικές βιολογικές επιδράσεις, ως εκ τούτου όλα τα υπάρχοντα στοιχεία είναι έμμεσα. Η έρευνα των μη θερμικών επιδράσεων θεωρείται πολύ δύσκολη, και ακόμη πιο δύσκολη είναι η αξιολόγηση των επιδημιολογικών ερευνών, λόγω της παρουσίας πολλών ανατρεπτικών παραγόντων. Μέχρι σήμερα η διεθνής επιστημονική κοινότητα θεωρεί ότι δεν υπάρχουνε κείνα τα σοβαρά και επιβεβαιωμένα στοιχεία που θα επέτρεπαν ή θα επέβαλλαν τη θέσπιση ορίων ασφαλείας με βάση τις μη θερμικές επιδράσεις.

6.2. ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΚΑΡΚΙΝΟΣ

Το ενδιαφέρον για τις γραμμές μεταφοράς και τον καρκίνο προέρχεται κυρίως από μελέτες ανθρώπων, που κατοικούν πλησίον γραμμών μεταφοράς και ανθρώπων, που εργάζονται σε "ηλεκτρικά" επαγγέλματα. Μερικές απ' αυτές τις μελέτες εμφανίζονται να δείχνουν μια αδύναμη σχέση μεταξύ της έκθεσης σε μαγνητικά πεδία βιομηχανικής συχνότητας και μερικών περιστατικών ανάπτυξης καρκίνου.

Ωστόσο:

- Οι πιο πρόσφατες επιδημιολογικές έρευνες δείχνουν λίγα στοιχεία ότι είτε οι γραμμές μεταφοράς, είτε τα "ηλεκτρικά επαγγέλματα" συνδέονται με μια αύξηση καρκίνου.
- Οι εργαστηριακές έρευνες έχουν παρουσιάσει λίγα στοιχεία συσχέτισης μεταξύ των πεδίων βιομηχανικής συχνότητας και του καρκίνου.
- Μία εκτενής σειρά μελετών έχει παρουσιάσει ποια έκθεση, κατά την διάρκεια της ζωής ζώων, σε μαγνητικά πεδία βιομηχανικής συχνότητας, δεν προκαλεί τον καρκίνο.
- Μια συσχέτιση μεταξύ των πεδίων γραμμών μεταφοράς ΗΕ και του καρκίνου είναι φυσικά αδικαιολόγητη.

Η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από την Μη Ιονίζουσα Ακτινοβολία (ICNIRP) , 2001:

- "Ελλείπει στοιχεία από κυτταρικές ή ζωικές έρευνες, και λαμβάνοντας υπόψη μεθοδολογικές αβεβαιότητες και σε πολλές περιπτώσεις ασυνέπειες της υπάρχουσας επιδημιολογικής βιβλιογραφίας, δεν υπάρχει ουδεμία χρόνια πάθηση, για την οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι επαληθεύεται μια αιτιώδης σχέση με πεδία βιομηχανικής συχνότητας".

Η Διεθνής Αντιπροσωπεία Ερευνών Καρκίνου (IARC), 2001:

- "Υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία στους ανθρώπους για την καρκινογένεση των εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας μαγνητικών πεδίων, σε σχέση με την λευχαιμία παιδικής ηλικίας. Υπάρχουν ανεπαρκή στοιχεία στους ανθρώπους για την καρκινογένεση των εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας μαγνητικών πεδίων, σε σχέση με όλους τους άλλους καρκίνους [και] υπάρχουν ανεπαρκή στοιχεία στους ανθρώπους για την καρκινογένεση των εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικών πεδίων."

Το Εθνικό Ίδρυμα Υγείας των ΗΠΑ, 2002:

- "Τα επιστημονικά στοιχεία που υποδηλώνουν ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο βιομηχανικής συχνότητας θέτει οποιοδήποτε κίνδυνο υγείας, είναι αδύναμα. Κανένα συνεπές σχήμα βιολογικών αποτελεσμάτων από έκθεση σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας δεν έχει προκύψει από τις εργαστηριακές μελέτες ζώων ή κυττάρων. Ωστόσο, οι επιδημιολογικές μελέτες είχαν παρουσιάσει αρκετά συνεπές σχήμα σχετικής δυνατότητας της έκθεσης σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας για έναν μικρό αυξημένο κίνδυνο λευχαιμίας σε παιδιά και χρόνιας λεμφοκυτταρικής λευχαιμίας σε ενήλικες. Για την λευχαιμία, είτε παιδικής ηλικίας είτε ενηλίκων, η ερμηνεία των επιδημιολογικών συμπερασμάτων είναι δύσκολη, λόγω της απουσίας υποστήριξης των εργαστηριακών στοιχείων ή μιας επιστημονικής εξήγησης σύνδεσης της έκθεσης σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας με λευχαιμία."

Το Βρετανικό Εθνικό Συμβούλιο Προστασίας από την Ραδιενέργεια (NRPB), 2004:

- "Τα επιδημιολογικά στοιχεία δείχνουν ότι η έκθεση στα μαγνητικά πεδία βιομηχανικής συχνότητας, άνω των 0,4 μT (4 mG), συνδέεται με έναν απόλυτα μικρό αυξημένο κίνδυνο λευχαιμίας στα παιδιά. Ωστόσο, τα επιδημιολογικά στοιχεία δεν είναι αρκετά ισχυρά να δικαιολογήσουν ένα σταθερό συμπέρασμα ότι τα πεδία μαγνητικά, βιομηχανικής συχνότητας προκαλούν λευχαιμία στα παιδιά. Υπάρχουν λίγα στοιχεία για να αποδείξουν ότι οι κίνδυνοι εμφάνισης καρκίνου άλλων τύπων, σε παιδιά και ενήλικες, προκύπτουν από την έκθεση σε πεδία μαγνητικά, βιομηχανικής συχνότητας. Τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών μελετών, τα οποία ανασκοποούνται από ομάδες εμπειρογνομόνων ξεχωριστά ή συγκεντρωτικά, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για να θεσπισθούν ποσοτικοί περιορισμοί έκθεσης σε πεδία [μαγνητικά, βιομηχανικής συχνότητας]."

Γενικά, οι περισσότεροι επιστήμονες θεωρούν τα στοιχεία, ότι τα πεδία γραμμών μεταφοράς προκαλούν ή συμβάλλουν στον καρκίνο, είναι από αδύναμα έως ανύπαρκτα.

6.3. ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Οι μελέτες, που παρουσιάζουν μια συσχέτιση μεταξύ του καρκίνου και των γραμμών μεταφοράς δεν παρέχουν οποιοσδήποτε συνεπείς οδηγίες ως προς ποια απόσταση ή επίπεδο έκθεσης πρέπει να συσχετισθεί με την αυξημένη εμφάνιση καρκίνου. Οι μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει μια μεγάλη ποικιλία τεχνικών μέτρησης έκθεσης και διαφέρουν στον τύπο γραμμών, που ερευνώνται. Οι αμερικανικές έρευνες έχουν βασιστεί κυρίως στις γειτονικές γραμμές διανομής, ενώ οι ευρωπαϊκές έρευνες έχουν βασιστεί αυστηρά στις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσεως και τους μετασχηματιστές.

Δεδομένου ότι έχει αποδειχθεί ότι δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος ανθρώπινης υγείας από την οικιστική έκθεση σε πεδία βιομηχανικής συχνότητας, είναι αδύνατο να καθοριστεί λογικά μια ασφαλής απόσταση ή ένα ασφαλές επίπεδο έκθεσης. Για να αναπτυχθούν λογικά βασισμένα σε επιστημονικά δεδομένα ανθρώπινα πρότυπα ασφάλειας, είναι απαραίτητο να υπάρξει ένας συγκεκριμένος επιβεβαιωμένος ή έντονα πιθανός κίνδυνος, για να

προστατευθεί ο άνθρωπος απ' αυτόν. Είναι επίσης απαραίτητο να υπάρξει κάποια έννοια της μηχανιστικής βάσης για τον κίνδυνο, έτσι ώστε να υπάρχει μια λογική βάση για το τι να μετρήσει κανείς.

Μετρήσεις πεδίων: Διάφορες έρευνες έχουν μετρήσει πεδία βιομηχανικής συχνότητας σε κατοικίες. Έχουν γίνει μετρήσεις στιγμιαίες, μεγίστου, μέσες 24-ωρες και 48-ωρες. Δύο από τις έρευνες, που χρησιμοποιούν μετρηθέντα πεδία, έχουν παρουσιάσει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ της έκθεσης και της λευχαιμίας παιδικής ηλικίας. Κανένας άλλος τύπος καρκίνων είτε σε ενήλικες ή παιδιά δεν έδειξε σύνδεση με τα μετρηθέντα πεδία.

Μια αναφορά (2000) του Ahlbom, αναφέρει ότι εάν συνεξετασθούν όλες οι έρευνες που περιέλαβαν μακροχρόνιες μετρήσεις μαγνητικών πεδίων, θα μπορούσε να βρεθεί μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση για τα παιδιά με 24-ωρες ή 48-ωρες μέσες εκθέσεις μεγαλύτερες των 0,4 μT . Μια δεύτερη έρευνα του Greenland(2000) αναφέρει ότι εάν συνεξετασθούν όλες οι έρευνες, που περιλαμβάνουν υπολογισμό ή μέτρηση των μαγνητικών πεδίων, θα μπορούσε να βρεθεί μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση για τα παιδιά με εκθέσεις μεγαλύτερες των 0,3 μT . Μια ανάλυση του Greenland(2004) δείχνει ότι η αναφερόμενη το 2000 συσχέτιση δεν είναι στατιστικά σημαντική. Ουδεμία σημαντικά αυξημένη λευχαιμία παιδικής ηλικίας δεν βρέθηκε, σε κάθε ανάλυση των συνεξεταζομένων ερευνών, για παιδιά με μέση έκθεση χαμηλότερη από 3 μT .

Μια έκθεση(2002) διαπίστωσε ότι μετρημένα ηλεκτρικά πεδία δεν είχαν ουδεμία σημαντική συσχέτιση με καθολικό καρκίνο παιδικής ηλικίας ή με οποιαδήποτε υποκατηγορία καρκίνου παιδικής ηλικίας, συμπεριλαμβανομένης της λευχαιμίας, του λεμφώματος ή του καρκίνου εγκεφάλου.

Απόσταση από τις γραμμές: Πολλές έρευνες έχουν χρησιμοποιήσει ως μέτρο των πεδίων βιομηχανικής συχνότητας την απόσταση της κατοικίας από την γραμμή μεταφοράς. Τρεις απ' αυτές τις μελέτες, έχουν παρουσιάσει μια σχέση απόστασης και ρυθμού αύξησης καρκίνου. Μια έρευνα παιδικής ηλικίας, παρουσίασε αυξημένη λευχαιμία για απόσταση της κατοικίας 50 μ από γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσεως και μια έρευνα ενηλίκων παρουσίασε αυξημένη λευχαιμία, για απόσταση της κατοικίας 100 μ απ' αυτές. Η μεγαλύτερη μελέτη αποστάσεως από τις γραμμές μεταφοράς και καρκίνου παιδικής ηλικίας, δεν βρήκε ουδεμία συσχέτιση με οποιοδήποτε είδος καρκίνου στα παιδιά, που διαβιούν σε απόσταση 50 μ από γραμμές μεταφοράς ή υποσταθμούς.

Εάν υπάρχει ένας κίνδυνος ανθρώπινης υγείας από την έκθεση σε οικιστικά πεδία βιομηχανικής συχνότητας, είναι εξαιρετικά απίθανο να εξαρτηθεί από κάτι τόσο απλό, όσο η απόσταση της κατοικίας από την γειτονική γραμμή μεταφοράς.

Αναλόγως του τύπου της γραμμής και του ρεύματος, τα μαγνητικά πεδία των γραμμών μεταφοράς σε απόσταση 20-70 μ , γίνονται μικρότερα από εκείνα, που παράγονται μέσα σε τυπική κατοικία.

Κώδικες αγωγών: Οι αρχικές μελέτες γραμμών μεταφοράς στις ΗΠΑ, χρησιμοποίησαν έναν συνδυασμό του τύπου συρμάτωσης (διανομή έναντι μεταφοράς, αριθμού και διατομής αγωγών) και της απόστασης γραμμής – κατοικίας, ως υποκατάστατο μέτρο.

Αυτή η τεχνική είναι γνωστή ως "κώδικας αγωγών". Τρεις έρευνες, που χρησιμοποιούν τους κώδικες αγωγών έχουν αναφέρει μια σχέση μεταξύ καρκίνου παιδικής ηλικίας και κώδικα αγωγών "της κατηγορίας μεγάλου ρεύματος". Δύο από αυτές τις έρευνες, απέτυχαν να παρουσιάσουν μια σχέση μεταξύ έκθεσης και καρκίνου, όταν έγιναν πραγματικές μετρήσεις, η τρίτη έρευνα δεν έκανε ουδεμία πραγματική μέτρηση. Οι πιο πρόσφατες έρευνες κωδίκων αγωγών και καρκίνου παιδικής ηλικίας δεν έχουν διαπιστώσει ουδεμία σημαντική συσχέτιση. Οι κώδικες αγωγών είναι σταθεροί χρονικά, αλλά κακώς συσχετίζονται με τα μετρημένα πεδία. Το σχήμα κώδικα αγωγών αναπτύχθηκε για τις αστικές περιοχές στις ΗΠΑ, και δεν ισχύει εύκολα αλλού. Οι κώδικες αγωγών συσχετίζονται έντονα με πράγματα, που δεν έχουν

ουδεμία σχέση με τα μαγνητικά πεδία, όπως η ηλικία των κατοικιών, η πυκνότητα κυκλοφορίας και η κοινωνικοοικονομική τάξη.

Εκτιμώμενα ιστορικά πεδία: Μερικές μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει τα αρχεία και τους χάρτες των επιχειρήσεων δημόσιας ωφελείας, για να υπολογίσουν ποια πεδία είχαν παραχθεί από τις γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης στο παρελθόν. Αυτές οι υπολογισμένες εκθέσεις αποκλείουν ρητά τις συνεισφορές από άλλες πηγές, όπως οι γραμμές διανομής, η οικιακή καλωδίωση, ή οι συσκευές. Δεν υπάρχει τρόπος να ελεγχθεί η ακρίβεια αυτών των εκτιμωμένων ιστορικών πεδίων. Δείτε την έρευνα See Jaffa για την ακρίβεια αυτών των υπολογισμών.

6.4. ΔΙΑΜΟΝΗ ΠΛΗΣΙΟΝ ΓΡΑΜΜΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΑΡΚΙΝΟΣ

Παιδικός Καρκίνος.

1993: Τρεις Ευρωπαϊκές μελέτες διαμονής πλησίον γραμμών μεταφοράς διαπίστωσαν μερική συσχέτιση με παιδική λευχαιμία. Μελέτη στην Σουηδία παρουσίασε την υψηλότερη σχετική επικινδυνότητα και επέστησε περισσότερη προσοχή. Σε αντίθεση με τις προγενέστερες αμερικανικές έρευνες, που αξιολόγησαν την έκθεση και σε γραμμές διανομής και μεταφοράς, αυτές οι νέες έρευνες περιορίστηκαν στις γραμμές μεταφοράς και τους υποσταθμούς υψηλής τάσης. Η έκθεση αξιολογήθηκε από τις σημειακές μετρήσεις, τις υπολογισμένες ανακεφαλαιωτικές αξιολογήσεις και την απόσταση από τις γραμμές μεταφοράς. Οι συντάκτες των τριών Σκανδιναβικών ερευνών παρήγαγαν μια συνδυασμένη ανάλυση των στοιχείων τους. Εκείνη η ανάλυση βασίστηκε σε ανακεφαλαιωτικά εκτιμώμενα πεδία, το μόνο κοινό μέτρο της έκθεσης και για τις τρεις έρευνες. Η περιοχή του σχετικής επικινδυνότητας (RR) από αυτήν την μετανάλυση παρουσιάζεται κατωτέρω:

Μετανάλυση των Σκανδιναβικών μελετών παιδικού καρκίνου ^[B4]	
Τύπος καρκίνου	Περιοχή RR
Παιδική λευχαιμία	1,0–3,9
Παιδικό λέμφωμα	0,3–3,7
Παιδικός καρκίνος CNS	0,7–3,2
Καθολικός παιδικός καρκίνος	0,9–2,1

1996: Δύο έρευνες παιδικού καρκίνου εγκεφάλου και διαμονής πλησίον γραμμών μεταφοράς, δεν παρουσιάζουν κανένα στοιχείο για συσχέτιση είτε με μετρημένα πεδία είτε τους κώδικες αγωγών.

1997: Μια ευρωπαϊκή έρευνα λευχαιμίας παιδικής ηλικίας, λεμφώματος, καρκίνου εγκεφάλου και ολικού καρκίνου, δεν παρουσιάζει κανένα στοιχείο για μια συσχέτιση με είτε την απόσταση από τις γραμμές μετάδοσης, είτε τα εκτιμώμενα πεδία.

1997: Μια ευρωπαϊκή έρευνα βρήκε μια ασήμαντη έξαρση λευχαιμίας σε παιδιά, των οποίων το υπνοδωμάτιο είχε μέσο πεδίο άνω των 0,2 μ T.

1997: Μια έρευνα στις ΗΠΑ, δεν βρήκε ουδεμία συσχέτιση της λευχαιμίας παιδικής ηλικίας είτε με τα μετρημένα πεδία είτε τους κώδικες αγωγών.

1999: Δύο Καναδικές έρευνες, δεν διαπίστωσαν ουδεμία συσχέτιση της λευχαιμίας παιδικής ηλικίας με είτε τα μετρημένα πεδία είτε τους κώδικες αγωγών.

1999-2000: Μελέτες στην Βρετανία και Ν. Ζηλανδία δεν διαπίστωσαν σημαντική συσχέτιση καθολικού παιδικού καρκίνου (ή λευχαιμίας ή καρκίνου εγκεφάλου) με την έκθεση σε πεδία γραμμών μεταφοράς (συμπεριλαμβανομένων των πεδίων υποσταθμών και γραμμών διανομής). Οι εκτιμήσεις βασίστηκαν στα μετρημένα πεδία και την απόσταση από τις γραμμές.

2001: Μια γερμανική έρευνα δεν βρήκε ουδεμία σημαντική συσχέτιση των 24ωρων μέσων μαγνητικών πεδίων και της λευχαιμίας παιδικής ηλικίας· αλλά όταν συνεξετάσθηκε με τις προηγούμενες γερμανικές έρευνες, φάνηκε μια στατιστικά-σημαντική συσχέτιση για τα 24ωρα μέσα μαγνητικά πεδία άνω των 0,4 μT .

2004: Υπάρχουν επί του πιεστηρίου αναφορές τον Νοέμβριο 2004, οι οποίες ως αδημοσίευτες προς το παρόν Βρετανικές μελέτες, δείχνουν μια συσχέτιση μεταξύ της διαμονής πλησίον γραμμών μεταφοράς και αυξημένης παιδικής λευχαιμίας, αλλά μέχρι τώρα οι λεπτομέρειες της μελέτης δεν είναι ευρέως γνωστές. Σε μία απ' αυτές διαβάζουμε: "οι επιστήμονες δηλώνουν ότι διαμονή πλησίον γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης διπλασιάζει τον κίνδυνο παιδικών καρκίνων, όπως λευχαιμίας", αλλά μετά ο συγγραφέας αναφέρει επί λέξει: "η συσχέτιση με παιδικό καρκίνο είναι αδύναμη". Σήμερα, καμία απ' αυτές τις αναφορές δεν δείχνει ότι στηρίζεται σε από πρώτο χέρι γνώση της πραγματικής μελέτης.

2004: Μία Ιαπωνική μελέτη δεν βρήκε καμία σημαντική σχέση μεταξύ της διαμονής σε απόσταση 300 μ από γραμμή μεταφοράς και του ρυθμού ανάπτυξης περιστατικών αιματολογικής κακοήθειας (λευχαιμία και λέμφωμα)

Καρκίνος ενηλίκων:

1993-1996: Οι Σκανδιναβικές έρευνες οικιστικής έκθεσης δεν παρουσιάζουν ουδεμία αύξηση καθολικού καρκίνου, λευχαιμίας, ή καρκίνου εγκεφάλου. Η έκθεση καθορίσθηκε με σημειακές μετρήσεις, αναδρομικά μετρημένη αποτίμηση, ή απόσταση από την γραμμή μεταφοράς

1997: Μία μελέτη στην Ταϊβάν παρουσίασε μερικές μαρτυρίες για συσχέτιση μεταξύ διαμονής πλησίον γραμμών υψηλής τάσης και λευχαιμίας ενηλίκων, αλλά όχι με καρκίνο εγκεφάλου ή καρκίνο στήθους γυναικών.

6.5. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Το 1977 η Διεθνής Εταιρεία Προστασίας έναντι Ακτινοβολίας (IRPA) σχημάτισε τη Διεθνή Επιτροπή Προστασίας έναντι μη Ιονίζουσας Ακτινοβολίας (INIRC). Η Επιτροπή αυτή, σε συνεργασία με το Περιβαλλοντικό Τμήμα Υγείας της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (WHO), δημοσίευσε τον Ιανουάριο 1990 την εργασία «Προσωρινές οδηγίες ορίων για την έκθεση σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία 50/60Hz». Στις εργασίες αυτές, με διάρκεια εκπόνησης άνω των 10 ετών, είχαν σταθμισθεί και ληφθεί υπόψη όλες οι σχετικές επιστημονικές δημοσιεύσεις.

Το 1997 ολοκληρώθηκαν οι οδηγίες της ICNIRP «Οδηγίες για όρια εκθέσεως σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία», οι οποίες δημοσιεύθηκαν τον Δεκέμβριο 1998. Για την εκπόνηση των οδηγιών αυτών εξετάσθηκαν και σταθμίστηκαν επιπρόσθετα και όλες οι νεότερες σχετικές ερευνητικές εργασίες. Στις οδηγίες αυτές, χωρίς τον περιορισμό «προσωρινές οδηγίες», παραμένουν αμετάβλητα τα όρια των

προσωρινών οδηγιών του 1990 (5kV/m και 100μT για συνεχή έκθεση κοινού και 10kV/m και 500μT για την επαγγελματική απασχόληση).

Τον Νοέμβριο 1993 δημοσιεύθηκε ο βρετανικός κανονισμός με σημαντικά υψηλότερα όρια έναντι των ορίων της ICNIRP. Με την δημοσίευση όμως υιοθετήθηκαν το 2004 τα όρια της ICNIRP. Τον Ιανουάριο 1995 δημοσιεύθηκε το Προσωρινό Ευρωπαϊκό Πρότυπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Ηλεκτροτεχνικής Τυποποίησης(CENELEC).

Τον Δεκέμβριο 1996 δημοσιεύθηκε το γερμανικό ομοσπονδιακό διάταγμα, στο οποίο θεσμοθετούνται τα επιτρεπόμενα όρια για τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία για τη συνεχή έκθεση του κοινού. Τα όρια αυτά συμπίπτουν με τα όρια της ICNIRP.

Τον Ιούλιο 1999 δημοσιεύτηκε η Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Στη Σύσταση αυτή το Συμβούλιο υιοθέτησε τα όρια των οδηγιών της ICNIRP μετά την επικύρωσή τους από την Επιστημονική Συντονιστική Επιτροπή της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Τον Απρίλιο 2002 δημοσιεύθηκε η Κοινή Υπουργική Απόφαση στην οποία υιοθετούνται τα όρια της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Τον Απρίλιο 2004 δημοσιεύτηκε η Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου, στην οποία ορίζονται τα επιτρεπόμενα όρια κατά την επαγγελματική απασχόληση.

Στα πλαίσια των περιβαλλοντικών μελετών γίνεται σύγκριση των επιτρεπόμενων οριακών τιμών των κανονισμών με τις μέγιστες τιμές που εμφανίζονται ή που θα εμφανιστούν. Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει η ικανοποίηση ή μη της απαίτησης για την προστασία των ανθρώπων.

Ο πίνακας 1.2 περιλαμβάνει τα όρια των πεδιακών εντάσεων για την προστασία των ανθρώπων έναντι πεδίων συχνότητας 50Hz, τα οποία δίδονται σε διάφορες οδηγίες και κανονισμούς.

Κανονισμοί προστασίας	Όρια πεδιακών εντάσεων			
	Περιοχή			
	μη ελεγχόμενη, παραμονή κοινού		ελεγχόμενη, επαγγ. απασχόληση	
	E kV/m	B μT	E kV/m	B μT
Προσωρινές οδηγίες IRPA/INIRC, 1990 Οδηγίες ICNIRP, 1998	5	100	10	500
Βρετανικός κανονισμός NRPB, 1993	12	1600	12	1600
Επισκόπηση NRPB, 2004	5	100	10	500
CENELEC ENV 50166-1, 1995	10	640	30	1600
Γερμανικό διάταγμα 26.BIMSchV 1996	5	100	-	-
Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 1999	5	100	-	-
ΚΥΑ 3060 (ΦΟΡ) 238, ΦΕΚ 512 / Β / 25.04.02	5	100	-	-
Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την επαγγελματική έκθεση, 2004	-	-	10	500

Πίνακας 1.2: Όρια πεδιακών εντάσεων για την προστασία των ανθρώπων έναντι ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων συχνότητας 50Hz κατά τη συνεχή έκθεση του κοινού και κατά την επαγγελματική απασχόληση.

Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO) ορίζει την υγεία ως κατάσταση πλήρους φυσικής και πνευματικής ευεξίας και όχι μόνο ως την απουσία ασθένειας ή αδυναμίας. Τα όρια των πεδιακών εντάσεων για την προστασία της υγείας πρέπει να βασίζονται σε εξασφαλισμένες επιστημονικές γνώσεις και να μην επηρεάζονται από οικονομικά και πολιτικά κριτήρια. Τα όρια αυτά προκύπτουν από την κριτική θεώρηση όλων των σχετικών επιστημονικών εργασιών από φορείς με διεπιστημονική σύνθεση όπως είναι η ICNIRP, βάσει ποιοτικών κριτηρίων. Η ICNIRP είναι ένας μη κρατικός οργανισμός για την προστασία από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που είναι αναγνωρισμένος από την WHO, την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Διεθνές Γραφείο Εργασίας. Η ICNIRP προβαίνει στην εξέταση όλων των νεώτερων επιστημονικών εργασιών. Από την τελευταία αυτή εξέταση που περιλαμβάνεται στο βιβλίο, έκτασης 500 περίπου σελίδων, δεν προέκυψε η ανάγκη αλλαγής των ορίων.

Τα όρια εντάσεων των ηλεκτρικών και των μαγνητικών πεδίων στους κανονισμούς δεν είναι και όρια επικινδυνότητας, αλλά εμπεριέχουν πολύ μεγάλους συντελεστές ασφαλείας, ώστε να καλύπτονται οι ασάφειες από την περιορισμένη γνώση σχετικά με την επίδραση των πεδίων και να πληροῦται η απαίτηση για την πρόληψη δυσμενών επιδράσεων. Εμφανίζονται έτσι αποκλίσεις μεταξύ των οριακών τιμών των κανονισμών, επειδή οι συντελεστές ασφαλείας δεν είναι κοινοί για όλους τους κανονισμούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.Κολλιόπουλος Νίκος, Βασική Ηλεκτρολογία, Ίων, 2001
- 2.Mid Russell, Κύκλωμα Συνεχούς και Εναλλασσόμενου Ρεύματος, Ίων, 1999
- 3.Γιαννακόπουλος Γαβριήλ, Βοβός Νικόλαος, Εισαγωγή Στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Ζήτη,2008
- 4.Βουρνάς Κωνσταντίνος, Κονταξής Γεώργιος, Εισαγωγή Στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας, Συμμετρία,2010
- 5.Δ.Ε.Η., 'Τυποποιημένες Κατασκευές Διανομής', Τόμος 2, 3η έκδοση, 1984
- 6.Δ.Ε.Η., 'Εγχειρίδιο Λειτουργίας και Προστασίας Δικτύων Διανομής', Θεσσαλονίκη 1987
- 7.ΦΕΚ 687/Β/24-8-1971. 'Κανονισμοί δια την Εγκατάσταση και Συντήρηση Υπαίθριων Γραμμών Ηλεκτρικής Ενέργειας',1971
- 8.Δ. Κ. Τσανάκας, 'Το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο γραμμών και υποσταθμών ηλεκτρικής ενέργειας, Ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία 50 Hz – Πιθανές βιολογικές επιδράσεις', Ημερίδα ΤΕΕ, Αθήνα 26 Μαΐου 1993
- 9.Δ. Κ. Τσανάκας, 'Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία γραμμών, υποσταθμών και συσκευών ηλεκτρικής ενέργειας ως περιβαλλοντικοί παράγοντες', Πρακτικά ημερίδας: Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία, Τετάρτη 1η Ιουνίου, 2005
- 10.Δ. Ευθύμιος Καραμπέτσος, 'Ηλεκτρομαγνητικά πεδία, Νομοθετικό πλαίσιο, Όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού, Αποτελέσματα ελέγχων', Πρακτικά ημερίδας: Επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία, Τετάρτη 1η Ιουνίου, 2005
- 11.Βασίλειος Πασχαλίδης, 'Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και καρκίνος', Αθήνα, Απρίλιος 2005