

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1677

ΜΕΛΕΤΗ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ ΣΕ ΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

VOLTAGE DROP STUDY IN A POWER DISTRIBUTION LINE

ΒΕΤΟΥΛΑΚΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ΣΩΤΗΡΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

©2007 - All rights reserved

©2007, Copyright από Βετουλάκη Σταύρο Σωτήρη

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ΔΕΗ έχει γεννήτρια που παράγει τάση 6 KV ή 25 KV μέσω μετασχηματιστή ανυψώνει την τάση στα 150 KV ή 400 KV από εκεί μετά πηγαίνει σε άλλο μετασχηματιστή που υποβιβάζει την υψηλή τάση σε μέση τάση 20KV και τέλος σε μετασχηματιστή που την υποβιβάζει στη χαμηλή τάση στα 400V και έτσι συνδέονται οι καταναλωτές χαμηλής τάσης. Η γραμμή που μας ενδιαφέρει να ασχοληθούμε είναι της μέσης τάσης των 20 KV που εντάσσονται εγκαταστάσεις άνω των 1000 V και έως 35 KV με προβλεπόμενη μέγιστη ισχύ μεγαλύτερη από 135 KVA . Η εγκατάσταση μέσης τάσης της ΔΕΗ μπορεί να είναι υπαίθρια ή στεγασμένη σε εναέρια δίκτυα, ενώ είναι πάντα στεγασμένη σε υπόγεια δίκτυα.

Υπάρχουν τέσσερις τυποποιημένες παροχές μέσης τάσης που διαφέρουν ως προς την εγκατάσταση η Α1, Α2 που είναι για τις εναέριες και η Β1, Β2 στεγασμένη.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα ασχοληθούμε με την πτώση τάση σε γραμμή μέσης τάσης, θα μιλήσουμε για εναέριες γραμμές δικτύων, για τα καλώδια και τα μέσα προστασίας και θα κάνουμε τους απαραίτητους υπολογισμούς πτώσης τάσης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	III
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	VI
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
1.1 Γενικά στοιχεία γραμμών μεταφοράς.....	1
1.2 Αγωγοί.....	3
1.2.1 Εγκατάσταση καλωδίων στην μέση τάση μέσα στο έδαφος.....	3
1.2.2 Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης στον αέρα.....	4
1.2.3 Εναέρια και υπόγεια καλώδια σε δίκτυα μέσης τάσης.....	5
1.2.4 Χαρακτηριστικά και είδη αγωγών μέσης τάσης.....	7
1.2.5 Τερματισμός καλωδίων.....	11
1.3 Μονωτήρες.....	12
1.3.1 Είδη και βασικές κατηγορίες μονωτήρων.....	13
1.3.2 Κατηγορίες μονωτήρων σε σχέση με το υλικό κατασκευής.....	14
1.3.3 Κατηγορίες μονωτήρων ανάλογα την σύνδεση τους.....	15
1.3.4 Κατηγορίες μονωτήρων ανάλογα με τους χώρους χρήσης.....	15
1.4 Στύλοι ή πυλώνες.....	17
1.4.1 Κατηγορίες πυλώνων ανάλογα με την θέση τους.....	17
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
2	20

2.1	Τύποι	παροχών		μέσης
τάσης.....			20	
2.2	Παροχή	τύπου	A1	και
A2.....			21	
2.3	Παροχή	τύπου	B1	και
B2.....			21	
2.4				Ακτινικά
δίκτυα.....			24	
2.5	Βροχοειδή	δίκτυα.....	25	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....				
27				
3.1	Ασφάλειες	μέσης	τάσης.....	27
3.1.1	Ασφάλειες	σκόνης	υψηλής	ικανότητα
			διακοπής.....	28
3.2	Διακόπτες	ισχύος	μέσης	τάσης.....
				29
3.2.1	Διακόπτες	ισχύος	επί	φορείου.....
				32
3.2.2	Τα	μέρη	του	διακόπτη
			ισχύος.....	33
3.3	Διακόπτης	φορτίου	με	ασφάλειες
			HRC.....	34
3.3.1	Σβέση	τόξου	με	φύσημα
			αέρα	στο
			διακόπτη	φορτίου...35
3.4	Ηλεκτρονόμοι	προστασίας.....	36	
3.4.1	Πως	είναι	κατασκευασμένος	ένας
			ηλεκτρονόμος	προστασίας.....
				37
3.4.2	Ηλεκτρονόμος	υπερέντασης	σταθερού	χρόνου.....
				39
3.4.3	Ηλεκτρονόμος	υπερέντασης	αντίστροφου	χρόνου....38
3.5	Ορολογία	διακοπτικών	μέσων	στη
			μέση	τάση.....40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....				
42				
4.1	Σχέδιο.....			42

4.2 Υπολογισμοί.....	43
----------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64
--------------------------	-----------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις γραμμές μεταφοράς συναντάμε συχνά πτώση τάσης αυτό οφείλεται στο ότι όπου υπάρχουν αγωγοί που μεταφέρουν ρεύμα σε ένα φορτίο υπάρχει πτώση τάσης μεταξύ της πηγής του κυκλώματος και του φορτίου συνδέσεις. Η λειτουργία ενός φορτίου εξαρτάται από την τάση στα άκρα του η οποία πρέπει να είναι κοντά στην ονομαστική της τιμή η γραμμή πρέπει να μην προκαλεί μεγάλη πτώση τάσης για λόγους λειτουργικούς και για ενεργειακή κατανάλωση

Στις εγκαταστάσεις κίνησης η μεγάλη πτώση τάσης μπορεί να προκαλέσει μείωση της ισχύος και να μην έχουμε εκκίνηση του κινητήρα, στις εγκαταστάσεις φωτισμού ελαττώνεται η ένταση του φωτός. Η πτώση τάσης στην αρχή της ηλεκτρικής εγκατάστασης μέχρι το σημείο σύνδεσης οποιαδήποτε φορτίου να μην υπερβαίνει το 4% στη χαμηλή τάση και το 9% στη μέση τάση. Το κύκλωμα διακλάδωσης με το πιο μακρινό φορτίο είναι αυτό με το μεγαλύτερο γινόμενο μήκος γραμμής επί το ρεύμα φορτίου επί τη σύνθετη αντίσταση

$$\Delta V = I * Z * L$$

Όπου:

ΔV : είναι η πτώση τάσης της γραμμής (V)

I: είναι το ρεύμα που περνάει από την γραμμή (A)

Z: είναι η σύνθετη αντίσταση (Ω/km)

L: είναι το μήκος της γραμμής (km)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Γενικά στοιχεία γραμμών μεταφοράς

Ηλεκτρική ενέργεια παράγεται στους σταθμούς παραγωγής αρχικά μεταφέρεται σε κοντινούς μετασχηματιστές που μετατρέπουν τη χαμηλή τάση σε υψηλή έτσι ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από τις γραμμές μεταφοράς σε πολύ μεγάλες αποστάσεις με λιγότερες απώλειες.

Το δίκτυο μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια στους υποσταθμούς μέσης και χαμηλής τάσης όπου και μετατρέπεται η τάση από υψηλής σε μέση προκειμένου με τη βοήθεια των εναέριων γραμμών να διανεμηθεί σε βιομηχανίες που χρησιμοποιούν μέση τάση και σε σπίτια που χρησιμοποιούν τη χαμηλή.

Υπάρχουν δύο τύποι δικτύων το δίκτυο μεταφοράς και το δίκτυο διανομής ενέργειας. Το δίκτυο μεταφοράς μεταφέρει ηλεκτρική ισχύς από τους σταθμούς παραγωγής στους υποσταθμούς μεταφορά η μεταφορά γίνεται σε υψηλή τάση μέσω του δικτύου υψηλής τάσης και υπερύψηλης για να μειωθούν οι απώλειες ισχύος στις μεγάλες αποστάσεις οι γραμμές μεταφοράς δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν απευθείας στους καταναλωτές που χρησιμοποιούμε χαμηλή τάση αλλά φθάνουν ως ένα σημείο τους υποσταθμούς μεταφοράς που γίνεται υποβιβασμός της τάσης στη μέση τάση δηλαδή στα 20 kv από τα σημεία που βρίσκονται υποσταθμοί αρχίζουν οι γραμμές διανομής και καταλήγουν στους υποσταθμούς διανομής όπου γίνεται υποβιβασμός από τη μέση τάση στη χαμηλή τάση

Οι γραμμές μεταφοράς αποτελούνται:

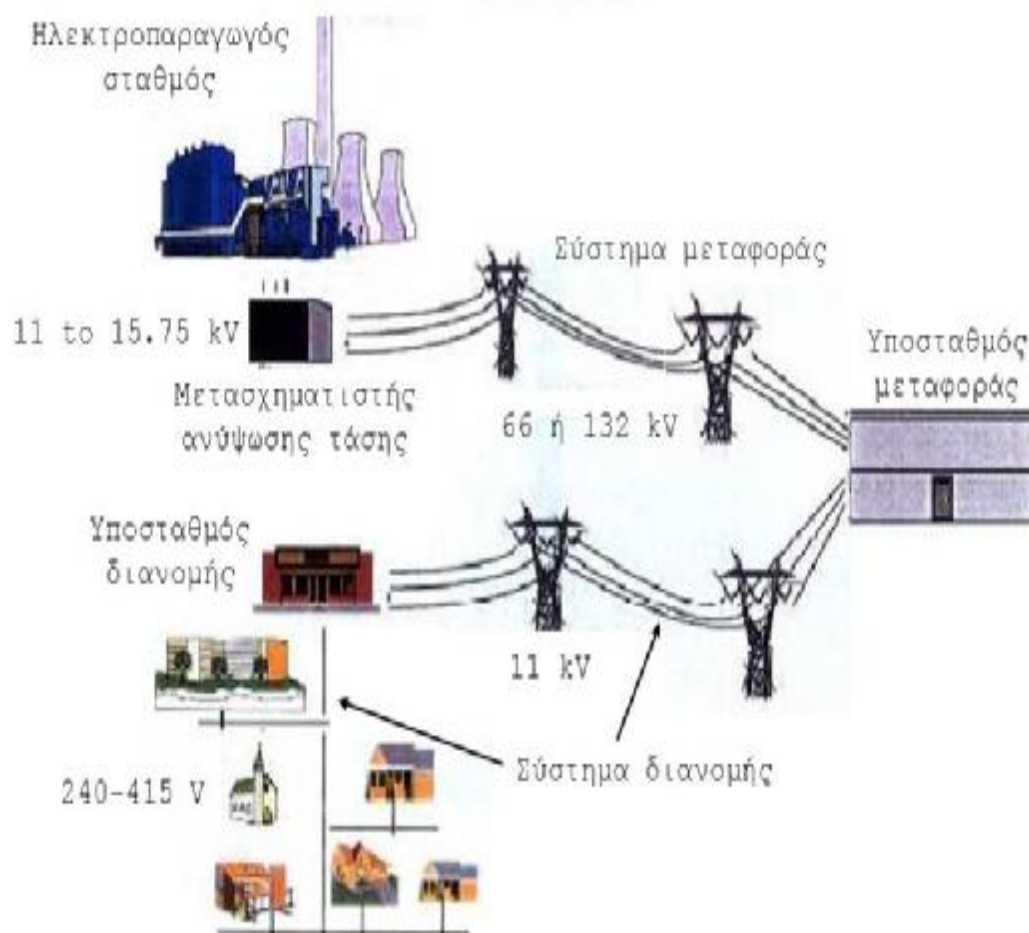
- Από πυλώνες οι πύργοι στους οποίους στηρίζονται οι αγωγοί των εναέριων γραμμών
- Μονωτήρες μέσω των οποίων αναρτώνται στους πυλώνες οι αγωγοί γραμμών
- Αγωγοί κυρίως από χαλκό και αλουμίνιο

Το δίκτυο διανομής περιλαμβάνει το δίκτυο διανομής μέσης τάσης που μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς μεταφοράς τους υποσταθμούς διανομής το δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης που μεταφέρεται η ηλεκτρική ενέργεια από τους υποσταθμούς διανομής στους καταναλωτές

Όλα τα δίκτυα είναι τριφασικά τριών αγωγών μειωμένο τον ουδέτερο οι εναέριες γραμμές προσφέρουν μικρότερο κόστος κατασκευής επισκευής μεγαλύτερη ευκολία και ταχύτητα Στην επισκευή

Τι είναι το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας;

Είναι το μεγαλύτερο και πιο σύνθετο δυναμικό σύστημα που κτίστηκε ποτέ από ανθρώπους



Εικόνα 1: Σύστημα παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας

1.2 Αγωγοί

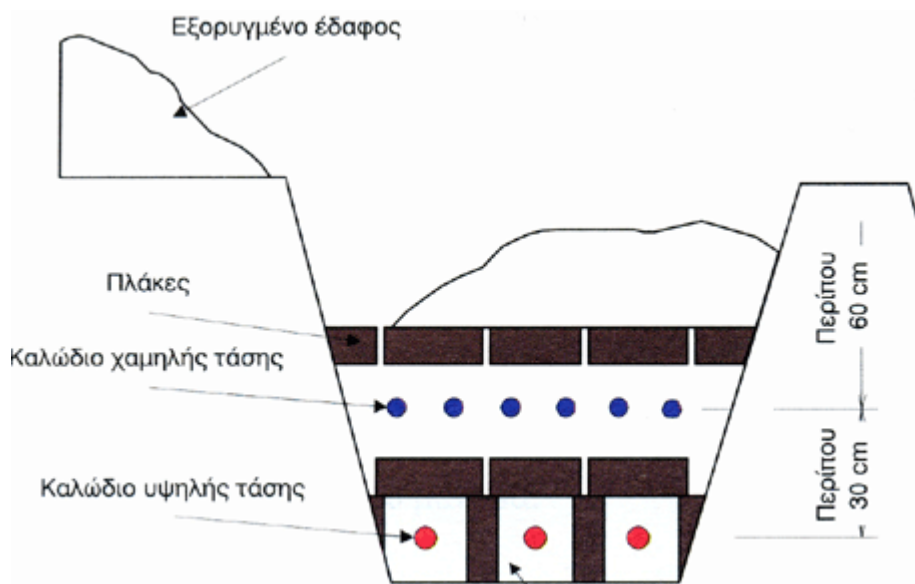
Σε αυτή την ενότητα θα μιλήσουμε για τους αγωγούς, για τα είδη αγωγών που υπάρχουν για τις εγκαταστάσεις καλωδίων στο έδαφος αλλά και στον αέρα, για τον τερματισμό καλωδίων. Για να επιλέξουμε τη διατομή των αγωγών μιας εναέριας γραμμής υπάρχουν κάποιοι τεχνικοί περιορισμοί που σχετίζονται με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση που είναι αποδεκτή για κάθε διατομή και είδος αγωγού, τη μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση τάσης, τη μηχανική αντοχή της γραμμής η επιλογή του είδους των αλλαγών που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από το κόστος όσο και τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και φυσικά από την επιφόρτιση.

1.2.1 Εγκατάσταση καλωδίων στην μέση τάση μέσα στο έδαφος

Η εγκατάσταση των καλωδίων στο έδαφος γίνεται μέσα σε ειδικά χαντάκια που ανοίγονται στο δρόμο. Τα καλώδια μέσης τάσης τοποθετούνται στο κάτω μέρος του χαντακιού και διαχωρίζονται από τα καλώδια χαμηλής τάσης με τσιμεντένιες πλάκες.

Τα καλώδια διανέμονται από το εργοστάσιο κατασκευής σε ξύλινα στροφεία. Για την τοποθέτηση των καλωδίων στο χαντάκι γίνεται με την βοήθεια από τα ράουλα που επιτρέπουν το τράβηγμα των καλωδίων χωρίς να χαλάει η μόνωση του.

Τα καλώδια μέσα στο χαντάκι καλύπτονται από άμμο ή κοσκινισμένο χώμα, όπου υπάρχει δρόμος σε χαντάκι τοποθετούνται σε πλαστικούς σωλήνες από PVC διαμέτρου D μεγαλύτερο 100 χιλιοστά ώστε σε περίπτωση ζημιάς δεν χρειάζεται να ξανά σκαφτεί ο δρόμος.

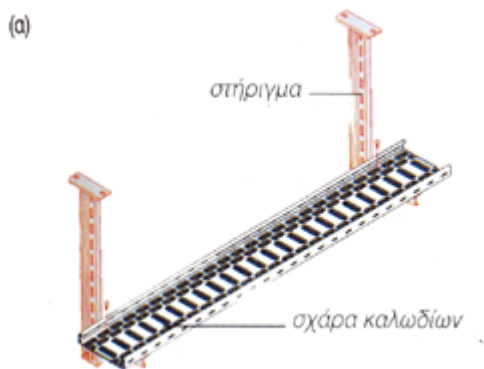


Εικόνα 2: Εγκατάσταση στο έδαφος

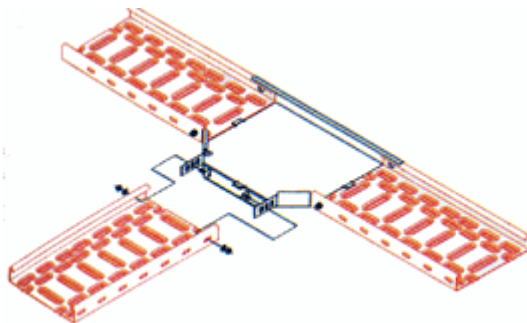
1.2.2 Εγκατάσταση καλωδίων μέσης τάσης στον αέρα

Η εγκατάσταση των καλωδίων στον αέρα γίνεται πάνω σε ειδικές μεταλλικές σχάρες, οι σχάρες αυτές είναι διάτρητες για να έχουν φυσικό αερισμό τα καλώδια. Οι σχάρες κατασκευάζονται από γαλβανική λαμαρίνα πάχους 0,5 έως 2 χιλιοστά και σε μήκη από 2 έως 4 μέτρα οι σχάρες μπορούν να στηρίζονται στον τοίχο ή στην οροφή ανά ενάμιση μέτρο περίπου με ειδικά μεταλλικά στηρίγματα, οι κατασκευαστές σχαρών καλωδίων κατασκεύασαν και μία σειρά από εξαρτήματα όπως γωνίες και άλλα και μας επιτρέπουν να συνδέσουμε τις σχάρες μεταξύ τους.

Τα καλώδια δένονται με πλαστικά κολάρα πάνω στις χαρές ανά 20 εκατοστά μεταξύ των καλωδίων αφήνουμε απόσταση περίπου Όσο η διάμετρος της



Εικόνα 3: Σχάρα καλωδίων μέσης τάσης



Εικόνα 4: Συνδεσμολογία σχαρών μέσης τάσης

1.2.3 Εναέρια και υπόγεια καλώδια σε δίκτυα μέσης τάσης

Οι ονομαστικές τάσεις λειτουργίας για τα δίκτυα μέσης τάσης εναέριας γραμμής είναι τα 20, 15 και 6,6 KV Τα περισσότερα όμως είναι τον 20 KV οι τροποποιημένες διατομής των αγωγών είναι:

- Γυμνοί αγωγοί
 - 1) ACSR 16 mm²
 - 2) ACSR 35 mm²
 - 3) ACSR 95 mm²
 - 4) Cu 16 mm²
 - 5) Cu 35 mm²
 - 6) Cu 95 mm²

- Συνεστραμμένα καλώδια
 - 1) 3*50 mm² AL +50 mm² st
 - 2) 3*150 mm² AL +50 mm² st

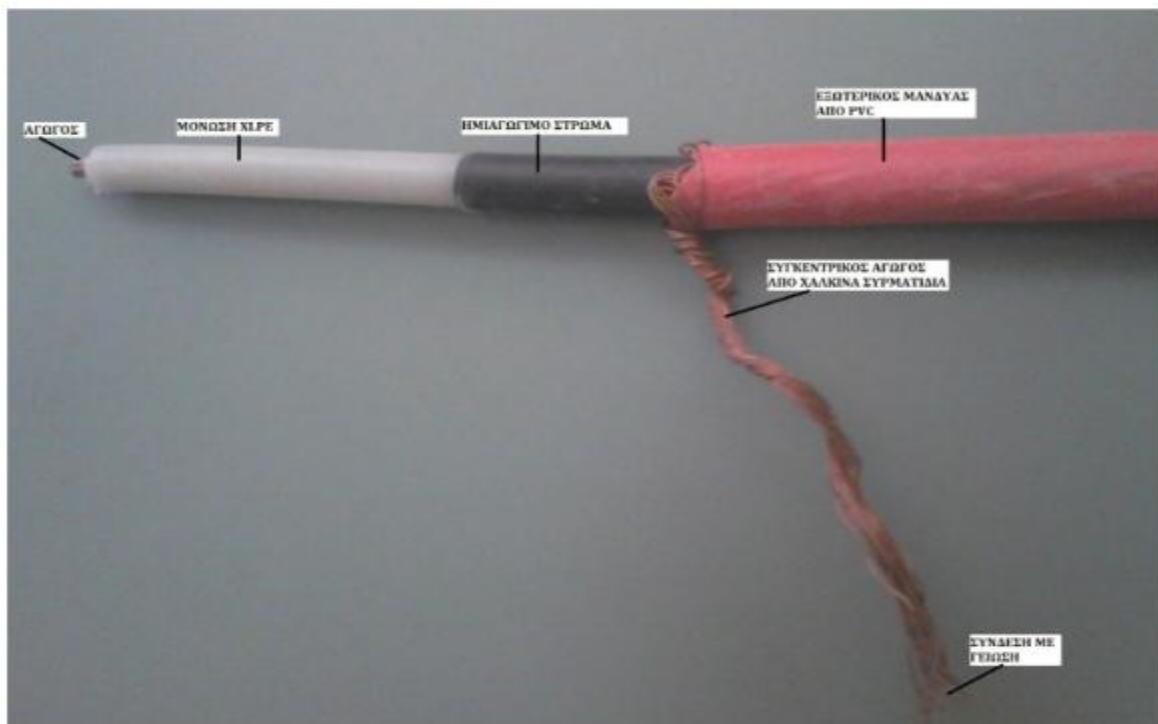
Η επιλογή του αγωγού που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το κόστος και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και από τις επιφορτίσεις. Οι αγωγοί ACSR χρησιμοποιούνται σε όλες τις περιπτώσεις τυποποιημένων επιφορτίσει σε περιοχές φυσιολογικής διαβρωτικότητας

Οι αγωγοί cu χρησιμοποιούνται σε παραθαλάσσιες περιοχές, σε περιοχές με βιομηχανική ρύπανση και γενικότερα σε περιοχές με έντονη διαβρωτικότητα

Τα συνεστραμμένα καλώδια υπάρχουν κυρίως σε δασώδεις περιοχές, σε ορεινές περιοχές με πάγο πάνω στις γραμμές και σε ειδικές περιπτώσεις όπου πρέπει να τηρούνται αποστάσεις ασφαλείας σε περιοχές εναέριου δικτύου

Στα υπόγεια δίκτυα μέσης τάσης χρησιμοποιούνται τα τυποποιημένα καλώδια είναι

- 1) 3*240 mm² NAEKBA
- 2) 3*240 mm² Al +-25 mm Al



Εικόνες 5, 6: Υπόγεια καλώδια

1.2.4 Χαρακτηριστικά και είδη αγωγών μέσης τάσης

Οι πρώτοι αγωγοί που θα ασχοληθούμε είναι οι γυμνοί αγωγοί από πολύκλιωνα συρματόσχοινα για λόγους ευκαμψίας και μηχανικής αντοχής.

Τα υλικά που μπορεί να έχουν αυτοί οι αγωγοί είναι

- Ø Χαλκός εφελκυσμένος εν ψυχρό
- Ø Μπρούντζος
- Ø Αλουμίνιο
- Ø Ατσάλι

Οι αγωγοί από χαλκό έχουν τα εξής πλεονεκτήματα

- Û Μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα από όλα τα μέταλλα εκτός από του άργυρο
- Û Καλή μηχανική αντοχή
- Û Δεν διαβρώνεται εύκολα

Μειονεκτήματα

- ο Μεγάλο ειδικό βάρος
- ο Υψηλό κόστος

Πλέον χρησιμοποιούνται σχεδόν μόνο σε γραμμές τροφοδότησης ηλεκτρικών τρένων



Εικόνα 7: Χάλκινος αγωγός

Οι αγωγοί από αλουμίνιο έχουν τα εξής πλεονεκτήματα

- Û Χαμηλότερο κόστος
- Û Μικρότερο ειδικό βάρος (3,3 φορές μικρότερη του χαλκού)
- Û Για ισοδύναμη ένταση ρεύματος σε σχέση με τον χαλκό θα έχει μικρότερο βάρος κατά 50%

Μειονεκτήματα αγωγού αλουμινίου

- ο Μικρή μηχανική αντοχή
- ο Διαβρώνεται εύκολα
- ο Αγωγιμότητα 61% αυτής του χαλκού
- ο Για ισοδύναμη ένταση ρεύματος σε σχέση με τον χαλκό θα έχει διατομή μεγαλύτερη κατά 65%

Σήμερα χρησιμοποιούνται σε γραμμές διανομής σε δίκτυα μέσης και χαμηλής τάσης



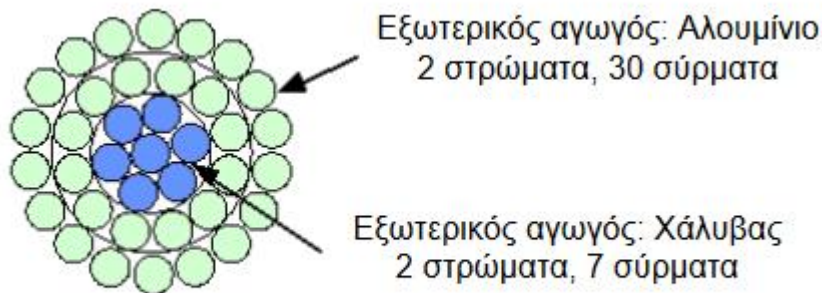
Εικόνα 8: Αγωγός αλουμινίου

Επίσης για εναέριους αγωγούς έχουμε τους ACSR που είναι σύνθετοι αγωγοί αλουμινίου με χαλύβδινη ενίσχυση. Το αλουμινίου χρησιμοποιείται για ηλεκτρική αγωγιμότητα και το χάλυβα για μηχανική αντοχή.

Τα πλεονεκτήματα του ACSR είναι

- Μεγάλη μηχανική αντοχή επειδή έχει το χαλύβδινο πυρήνα
- Για ισοδύναμη ένταση ρεύματος σε σχέση με τον χαλκό θα έχει καλύτερη μηχανική αντοχή με μικρότερο βάρος

Χρησιμοποιούνται πάντα σε γραμμές μεταφοράς σε δίκτυα υψηλής τάσης



Εικόνα 9: Δομή αγωγού ACSR



Εικόνα 10: Αγωγός ACSR



7 6 5 4 3 2 1

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ: XLPE / CWS / PVC (2XSY)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: 12/20 kV
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: IEC 60502-2

Α. Μονοπολικό καλώδιο με χάλκινους αγωγούς:

1. Πολυκλιμικός στρωγγυλός αγωγός αλουμινίου ή χαλκού.
2. Εσωτερικό ημιαγωγό στρώμα XLPE.
3. Μόνωση XLPE.
4. Εξωτερικό ημιαγωγό στρώμα XLPE.
5. Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς συγκροτούμενα από χάλκινη ταινία τυλιγμένη σε ανοχή ελίωσης.
6. Πλαστική ταινία.
7. Μονώδης PVC, MDPE, HDPE ή LSF.

Σημείωση:

Τα παραπάνω καλώδια μπορούν να κατασκευασθούν και απλισμένα με σύρματα Al.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ & ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΦΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΦΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20 °C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ
mm ²	mm	kg/km	Ω/km	A	A
1x35/16	25,5	935	0,524	191	198
1x50/16	26,8	1090	0,387	225	238
1x70/16	28,5	1320	0,268	275	296
1x95/16	30,1	1600	0,193	326	361
1x120/16	31,8	1865	0,153	371	417
1x150/25	33,3	2230	0,124	415	473
1x185/25	35,2	2620	0,0991	467	543
1x240/25	37,7	3215	0,0764	539	641
1x300/25	40,0	3825	0,0601	605	735
1x400/35	43,3	4770	0,0470	678	845

ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ: 90°C
 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αφορούν καλώδια με αγωγούς χαλκού.

Εικόνα 11: Καλώδιο μονοπολικό με χάλκινους αγωγούς τύπου (2XSY)



ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ: XLPE / CWS / PVC (2XSEY)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: 12/20 kV
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: IEC 60502-2

Β. Τριπολικό καλώδιο με χάλκινους αγωγούς:

1. Πολυάκωνος στρογγυλός αγωγός αλουμινίου ή χαλκού.
2. Εσωτερικό ημιαγωγό στρώμα XLPE.
3. Μόνωση XLPE.
4. Εξωτερικό ημιαγωγό στρώμα XLPE.
5. Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς συγκροτούμενα από χάλκινη ταινία τυλιγμένη σε ανοχή ελίκωση.
6. Γαζιόματα από πολυπροπυλένιο.
7. Πλαστική ταινία.
8. Μανδύας PVC, MDPE, HDPE ή LSF.

Σημείωση:
 Τα παραπάνω καλώδια μπορούν να κατασκευασθούν και σπλισμένα με χαλύβδινα σύρματα.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ & ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20 °C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ
mm ²	mm	kg/km	Ω/km	A	A
3x35/16	52,9	2870	0,524	182	170
3x50/16	55,4	3365	0,387	218	204
3x70/16	58,9	4135	0,268	271	253
3x95/16	62,6	5060	0,193	325	304
3x120/16	66,1	5905	0,153	375	351
3x150/25	69,7	6940	0,124	426	398
3x185/25	73,6	8175	0,0991	487	455
3x240/25	79,2	10140	0,0754	568	531

ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ: 90°C
 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αφορούν καλώδια με αγωγούς χαλκού.

Εικόνα 12: Καλώδιο τριπολικό τύπου με χάλκινους αγωγούς (2XSEY)



ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ: XLPE/CWS/PVC (A2XSY)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: 12/20 kV
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: IEC 60502-2

Α. Μονοπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου:

1. Πολυάκωνος στρογγυλός αγωγός αλουμινίου ή χαλκού.
2. Εσωτερικό ημιαγωγό στρώμα XLPE.
3. Μόνωση XLPE.
4. Εξωτερικό ημιαγωγό στρώμα XLPE.
5. Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς συγκροτούμενα από χάλκινη ταινία τυλιγμένη σε ανοχή ελίκωση.
6. Πλαστική ταινία.
7. Μανδύας PVC, MDPE, HDPE ή LSF.

Σημείωση:
 Τα παραπάνω καλώδια μπορούν να κατασκευασθούν και σπλισμένα με σύρματα Al.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ & ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20 °C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ
mm ²	mm	kg/km	Ω/km	A	A
1x35/16	25,5	725	0,868	148	154
1x50/16	26,8	785	0,641	175	184
1x70/16	28,5	895	0,443	214	230
1x95/16	30,1	1015	0,320	254	280
1x120/16	31,8	1135	0,253	290	324
1x150/25	33,3	1330	0,206	323	368
1x185/25	35,2	1485	0,164	364	424
1x240/25	37,7	1715	0,125	422	502
1x300/25	40,0	1950	0,100	476	577
1x400/35	43,3	2365	0,0776	540	673

ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ: 90°C
 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αφορούν καλώδια με αγωγούς αλουμινίου.

Εικόνα 13: Καλώδιο μονοπολικό με αγωγούς αλουμινίου τύπου (A2XSY)



ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ: XLPE/CWS/PVC (A2XSEY)
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: 12/20 kV
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: IEC 60502-2

B. Τριπολικό καλώδιο με αγωγούς αλουμινίου:

1. Πολύκλωνος στρογγυλός αγωγός αλουμινίου ή χαλκού.
2. Εσωτερικό ημιαγωγίο στρώμα XLPE.
3. Μόνωση XLPE.
4. Εξωτερικό ημιαγωγίο στρώμα XLPE.
5. Ηλεκτρική θωράκιση αποτελούμενη από σύρματα χαλκού τυλιγμένα ελικοειδώς συγκρατούμενα από χάλκινη ταινία τυλιγμένη σε ανοιχτή ελίκωση.
6. Γεμίσματα από πολυπροπυλένιο.
7. Πλαστικές ταινίες.
8. Μανδύας PVC, MDPE, HDPE ή LSF.

Σημείωση:

Τα παραπάνω καλώδια μπορούν να κατασκευασθούν και σπλισμένα με χαλύβδινα σύρματα.

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ & ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20 °C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ
mm ²	mm	kg/km	Ω/km	A	A
3x35/16	52,9	2235	0,868	127	132
3x50/16	55,4	2475	0,641	150	158
3x70/16	58,9	2845	0,443	183	196
3x95/16	62,6	3310	0,320	217	236
3x120/16	66,1	3710	0,253	248	273
3x150/25	69,7	4240	0,206	278	309
3x185/25	73,6	4750	0,164	314	355
3x240/25	79,2	5630	0,125	364	415

ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΠΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ: 90°C

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αφορούν καλώδια με αγωγούς αλουμινίου.

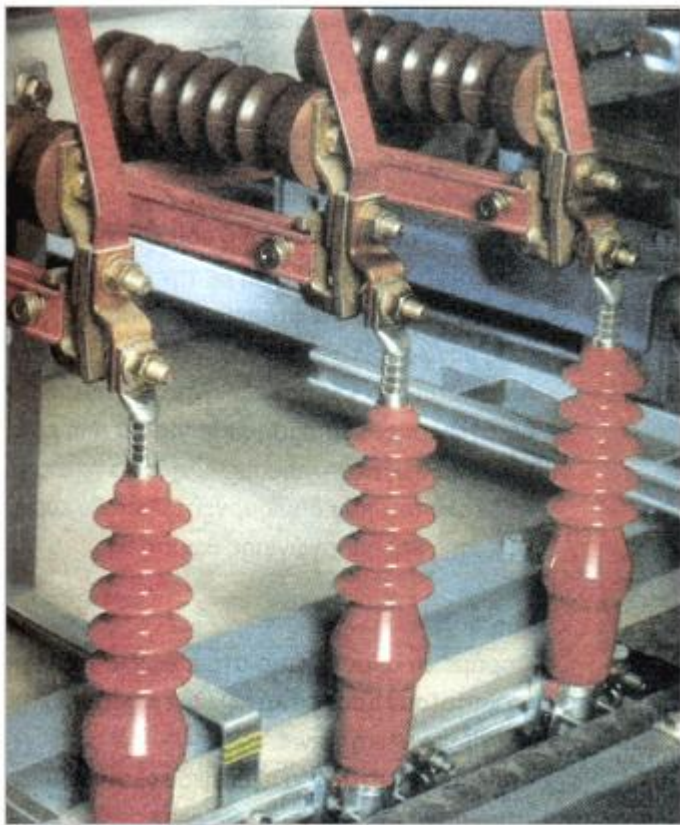
Εικόνα 14: Καλώδιο τριπολικό με αγωγούς αλουμινίου τύπου (A2XSEY)

1.2.5 Τερματισμός καλωδίων

Για να τερματίσουμε τα καλώδια μέσης τάσης πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί διότι στο σημείο που διακόπτεται η θωράκιση του, το ηλεκτρικό πεδίο γίνεται ανομοιογενές και πολύ ισχυρό, με αποτέλεσμα με την πρώτη καταπόνηση του καλωδίου η μόνωση του να καταστρέφεται και να έχουμε επαφή μεταξύ φάσης και της θωράκισης του αγωγού με αποτέλεσμα να έχουμε σφάλμα φάσης-γης.

Για να μην έχουμε τέτοια προβλήματα χρησιμοποιούμε στις δύο άκρες του καλωδίου ακροκέφαλές. Για να βάλουμε τις ακροκέφαλές πρέπει να κάνουμε τα εξής πράγματα

1. Αφαιρούμε την θωράκιση σε μήκος περίπου 200 χιλιοστά
2. Καθαρίζουμε την μόνωση από την ημιαγωγή στρώση
3. Την τοποθετούμε σε δαχτυλίδι
4. Την βάζουμε στο κώνο εξομάλυνσης



Εικόνα 15: Τερματισμός καλωδίων

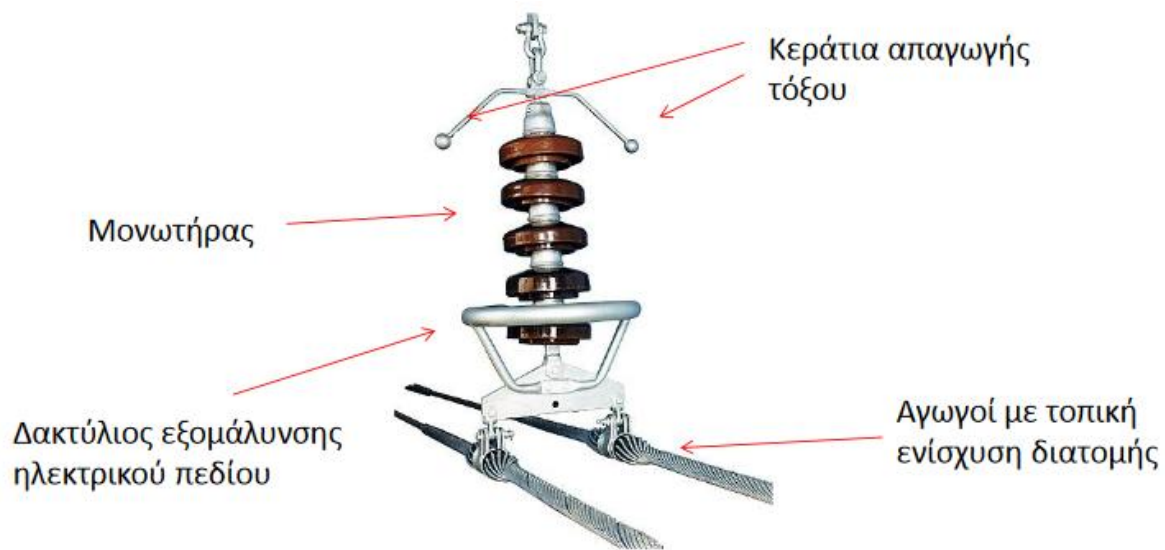
1.3 Μονωτήρες

Οι εγκαταστάσεις μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας είναι κυρίως υπαίθριες εγκαταστάσεις υψηλής και μέσης τάσης όπως και οι υποσταθμοί και η γραμμές μεταφοράς. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις βασική μόνωση είναι ο αέρας γιατί έχει μηδενικό κόστος χρήσης. Εκτός όμως από τον αέρα χρειάζεται και η χρήση μονωτήρων, οι μονωτήρες είναι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των ηλεκτροφόρων στοιχείων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης από τα μη ηλεκτροφόρα. Αν έχουμε αστοχία έστω και σε ένα μονωτήρα μπορεί να τεθεί εκτός ένα τμήμα δικτύου ή και ένα δίκτυο συνολικά. Η μόνωση μιας γραμμής μεταφοράς καθορίζεται από τις αποστάσεις μέσα στον αέρα μεταξύ των φάσεων ή μεταξύ των φάσεων και το δυναμικό της γης, αυτό εξασφαλίζεται εξαιτίας των μονωτήρων.

Οι καταπονήσεις που δέχεται η μόνωση του μονωτήρα μιας γραμμής μεταφοράς είναι:

- Εξωτερικές καταπονήσεις που οφείλονται στους κεραυνούς στην ηλεκτρική γραμμή
- Εσωτερικές καταπονήσεις που προέρχονται από την λειτουργία της γραμμής
- Στην τάση βιομηχανικής συχνότητας
- Στις παροδικές υπερτάσεις βιομηχανικής συχνότητας
- Στις υπερτάσεις χειρισμών

Οι μονωτήρες σε μια γραμμή μεταφοράς προσδιορίζονται από το μηχανικό φορτίο που φέρουν και την ηλεκτρική τους καταπόνηση. Ένα βασικό στοιχείο για να επιλέξουμε μονωτήρα είναι η υπό βροχή μέγιστη ηλεκτρική τάση αντοχής



Εικόνα 16: Μονωτήρας

1.3.1 Είδη και βασικές κατηγορίες μονωτήρων

Οι μονωτήρες διακρίνονται ανάλογα το υλικό κατασκευής τους, υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες:

1. Οι κεραμικοί έχουν κέλυφος κατασκευασμένο από πορσελάνη ή γυαλί
2. Οι συνθετικοί που το κέλυφος τους κατασκευάζεται από υλικά όπως το silicone rubber.

- Ø Οι κεραμικοί χρησιμοποιούνται από την αρχή της ανάπτυξης των δικτύων υψηλής τάσης και μέχρι την δεκαετία του 1990 αποτελούσε τη συνήθη επιλογή
- Ø Οι συνθετικοί διατέθηκαν στην αγορά τα τέλη της δεκαετίας του 1960 με σκοπό την μείωση του βάρους των μονωτήρων αλλά έγινε αποδεκτή από τις εταιρείες ηλεκτρισμού τα τελευταία δέκα με δεκαπέντε χρόνια, λόγω σημαντικής ερευνητικής δουλειάς σε παγκόσμιο επίπεδο σε σχέση με την διαχρονική απόδοση του και λόγω της καλύτερης συμπεριφοράς σε συνθήκες ρύπανσης

Κύριοι μονωτήρες σύμφωνα με το υλικό και το σχήμα τους:

1. Κεραμικοί
2. Γυαλιού
3. Cap and pin
4. Τύπου pin
5. Πορσελάνης
6. Στήριξης
7. Διέλευσης
8. Μεγάλου μήκους
9. Πολυμερείς
10. Σύνθετοι πολυμερείς
11. Χυτής κυκλοαλιφατικής εποξειδικής ρητίνης

1.3.2 Κατηγορίες μονωτήρων σε σχέση με το υλικό κατασκευής

- Πορσελάνη
- Γυαλιού
- Κεραμικών υψηλής συχνότητας
- Εποξειδικής ρητίνης

Ø Η πορσελάνη είναι σύνθετη ύλη από αργίλιο, πυρίτιο και μαγνήσιο. Για να πετύχουμε μείωση της επίδρασης του περιβάλλοντος, αύξηση της επιφανειακής αντίστασης και ομογενές ηλεκτρικό πεδίο στους μονωτήρες, η επιφάνεια του καλύπτεται από διηλεκτρικά υλικά κρυσταλλικής μορφής με σκοπό να ελαττώσουν τις απώλειες. Οι μονωτήρες πορσελάνης είναι κατάλληλοι για χρήση σε υψηλές τάσης αλλά σε χαμηλή συχνότητα

Ø Οι μονωτήρες γυαλιού έχουν σχετικά μεγάλη διηλεκτρική σταθερά και ειδική αντίσταση όπως και μικρό θερμικό συντελεστή. Είναι μίγμα διαφόρων πυριτικών αλάτων. Κατασκευάζονται σε λεπτά φύλλα πάχους μέχρι 10 μm. Η οριακή θερμοκρασία είναι άνω των 200 βαθμών κελσίου

Ø Κεραμικών υψηλής συχνότητας χρησιμοποιείται ο στεατίτης ανάλογα με την χρήση του διακρίνονται σε:

- Μονωτήρες για υψηλής συχνότητας κεραίες
- Εξαρτήματα στήριξης
- Κεραμικά πυκνωτών
- Πορώδη κεραμικά

∅ Τα εποξειδικής ρητίνης χρησιμοποιούνται γιατί είναι φθηνότερα από την πορσελάνη και δεν παρουσιάζουν τεχνικά προβλήματα στην κατασκευή μονωτήρων. Το μειονεκτήματά της είναι ότι όταν υπόκειται σε ηλεκτρικό πεδίο και λόγω των ατμοσφαιρικών συνθηκών δημιουργείται μια αποσύνδεση και απελευθέρωση άνθρακα κοντά στους οπλισμούς του μονωτήρα

1.3.3 Κατηγορίες μονωτήρων ανάλογα την σύνδεση τους

Οι μονωτήρες χωρίζονται ανάλογα το τρόπο σύνδεσής τους στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μονωτήρες ανάρτησης
- Μονωτήρες στήριξης
- Μονωτήρες γραμμής
- Μονωτήρες διέλευσης

∅ Οι μονωτήρες ανάρτησης χρησιμοποιούνται για την ανάρτηση των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης και αποτελούνται από μια με δύο σειρές δισκοειδών μονωτήρων σε μορφή αλυσίδας. Το πόσους μονωτήρες σε μορφή αλυσίδας θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από την τάση λειτουργίας της γραμμής και από την διηλεκτρική αντοχή του εκάστου δισκοειδή μονωτήρα

∅ Οι μονωτήρες στήριξης χρησιμοποιούνται για την στήριξη των αγωγών υψηλής τάσης και διακρίνονται σε μονωτήρες μεταφοράς και σε μονωτήρες σταθμών

∅ Οι μονωτήρες γραμμής χρησιμοποιούνται στις γραμμές διανομής ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι 70 kV

∅ Οι μονωτήρες διέλευσης χρησιμοποιούνται στις εξόδους των αγωγών από τους μετασχηματιστές

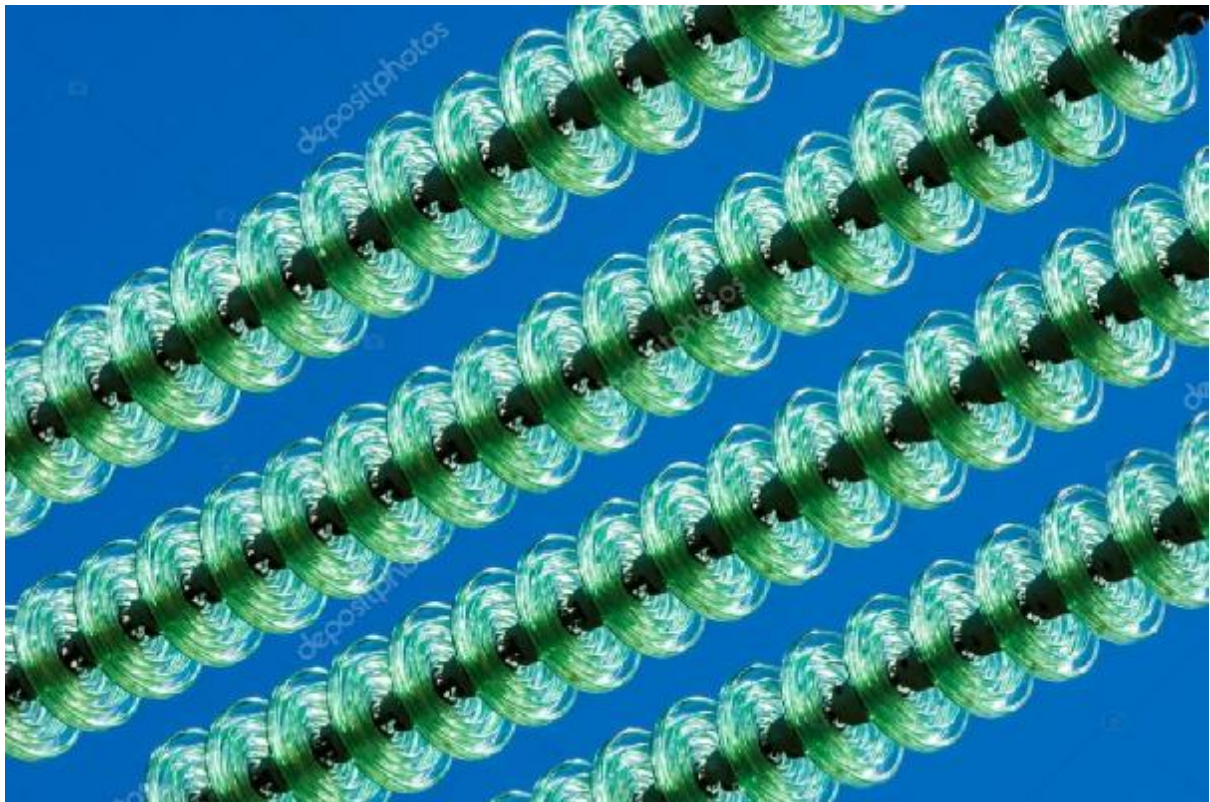
1.3.4 Κατηγορίες μονωτήρων ανάλογα με τους χώρους χρήσης

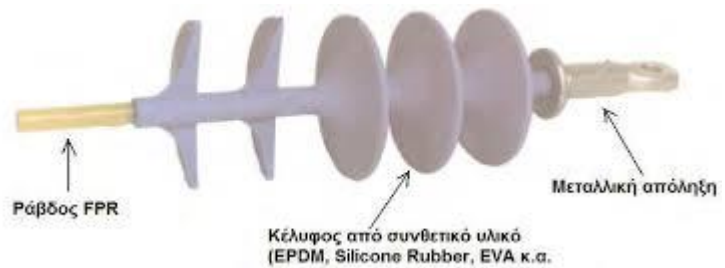
Οι μονωτήρες χρησιμοποιούνται σε διάφορους τύπους χώρου και έχουν ανάλογη σχεδίαση, ποιο συγκεκριμένα:

- Τύπου ομίχλης
- Κανονικού τύπου

- Εσωτερικού τύπου

- Ø Τον τύπου ομίχλης τον χρησιμοποιούμε σε περιοχές όπου έχει έντονη ρύπανση. Οι μονωτήρες αυτοί έχουν μεγάλο μήκος ερπυσμού και διαμόρφωση τέτοια εξωτερικής επιφάνειας ώστε να παρέχεται η καλύτερη δυνατή προστασία όταν κάθονται πάνω τους ακαθαρσίες
- Ø Κανονικού τύπου χρησιμοποιούνται σε συνηθισμένο περιβάλλον και έχουν μικρότερο μήκος ερπυσμού
- Ø Τέλος έχουμε του εσωτερικού τύπου που χρησιμοποιούνται σε εσωτερικούς χώρους κυρίως σε κλειστούς υποσταθμούς





Εικόνα 17, 18: μονωτήρες από πορσελάνη και γυαλί

1.4 Στύλοι ή πυλώνες

Οι στύλοι ή αλλιώς πυλώνες χρησιμοποιούνται για την στήριξη, το τέντωμα και την οδήγηση των αγωγών στην κατάλληλη πορεία. Οι στύλοι στα δίκτυα διανομής χαμηλής τάσης είναι ξύλινοι με εγκάρσιους βραχίονες κοντά στην κορυφή ώστε να στηρίζονται οι αγωγοί.

Στα δίκτυα μέσης και χαμηλής τάσης εκτός από τους ξύλινους στύλους χρησιμοποιούν και στύλοι με οπλισμένο σκυρόδεμα. Οι αγωγοί στα εναέρια δίκτυα μέση τάση είναι συνήθως γυμνοί αγωγοί ACSR οι αγωγοί αυτή αποτελούνται από κλώνους αλουμινίου και χάλυβα.

Η στήριξη τους γίνεται σε ανοίγματα 150 έως 500 μέτρων, στην περίπτωση όμως διασταύρωσης ποταμών, κοιλάδων, υπερθαλάσσιων ζωνών οι αποστάσεις μπορεί να φτάσουν τα 1200 μέτρα.

Όσο αυξάνεται το άνοιγμα πρέπει οι πύργοι να είναι ισχυρότεροι, υψηλότεροι, και με μεγαλύτερες εγκάρσιες αποστάσεις και οι αγωγοί του να είναι ανθεκτικότεροι

Οι μορφή των πύργων εξαρτάται από:

1. Την ονομαστική τάση της γραμμής
2. Τη μεταφερόμενη ισχύ
3. Τη διάταξη των αγωγών
4. Τις ατμοσφαιρικές συνθήκες
5. Τις μέγιστες μηχανικές καταπονήσεις και ταλαντώσεις των αγωγών
6. Την αυξημένη ροπή που ασκείται, αν ένας ή περισσότεροι αγωγοί κοπούν

Τα είδη των πύργων διακρίνονται ανάλογα με τα μηχανικά φορτία που έχουν:

- Πύργοι ανάρτησης: Έχουν κατακόρυφα φορτία
- Πύργοι τάνυσης: Έχουν οριζόντια φορτία και τεντώνουν τους αγωγούς στα ευθύγραμμα τμήματα των γραμμών μεταφοράς
- Πύργοι κάμψης: Έχουν οριζόντια και κατακόρυφα φορτία και χρησιμοποιούνται στα σημεία κάμψης (στροφών) των γραμμών μεταφοράς
- Πύλεις: Πύργοι που τερματίζουν τις γραμμές μεταφοράς στους υποσταθμούς υψηλής τάσης σε εξωτερικούς χώρους
- Πύργοι αντιστάθμισης αγωγών
- Πύργοι σύνδεσης εναέριων γραμμών μεταφοράς και καλωδίων

1.4.1 Κατηγορίες πυλώνων ανάλογα με την θέση τους

Οι πυλώνες ανάλογα με την θέση τους διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

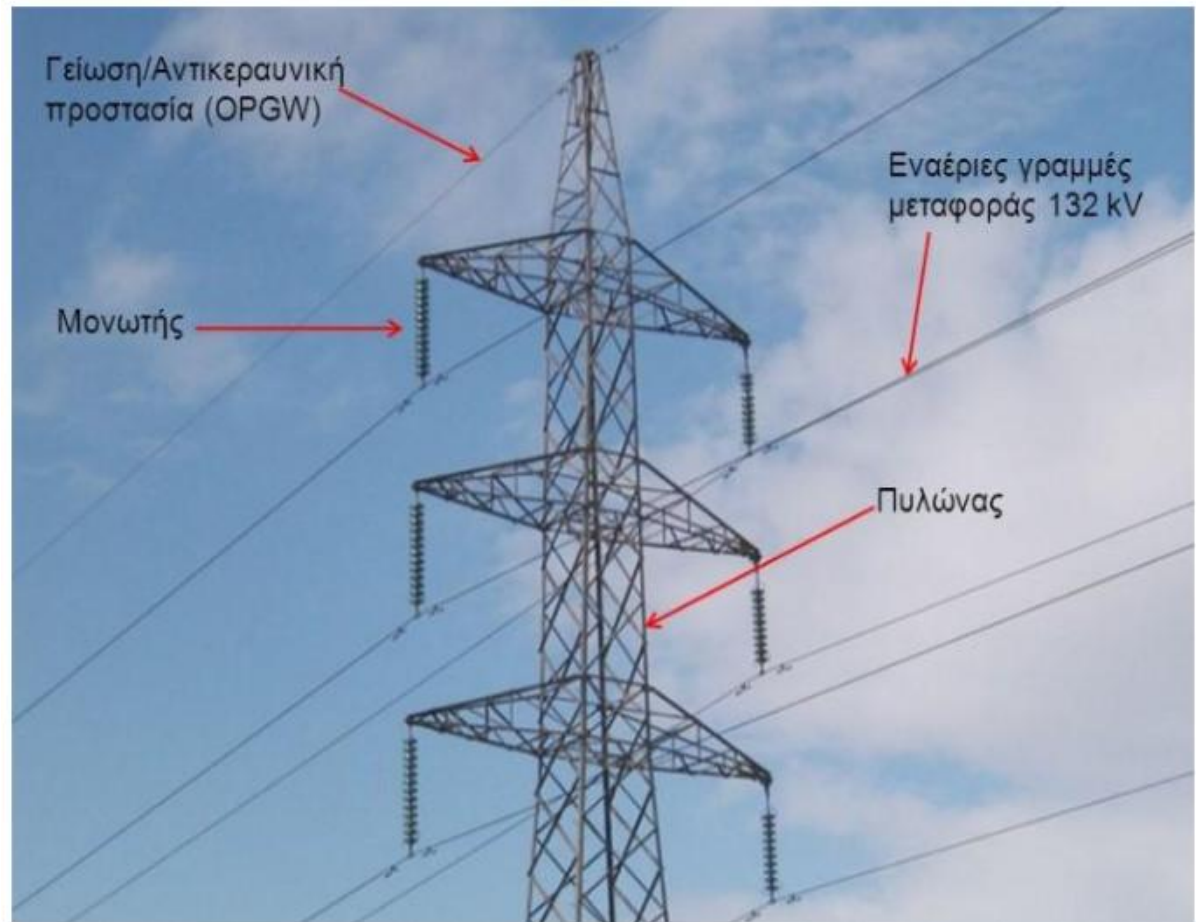
- Στηρίγματα ευθυγραμμίας
- Στηρίγματα ευθυγραμμίας –γωνίας
- Στηρίγματα γωνίας
- Στηρίγματα τομής και γωνίας –τομής
- Στηρίγματα τέρματος

Ø Τα στηρίγματα ευθυγραμμίας μεταφέρουν τους αγωγούς σε ευθεία γραμμή. Στην κανονική λειτουργία δεν μεταφέρουν δυνάμεις με τανύσεις των αγωγών τα στηρίγματα και μπορούν να σχεδιαστούν ελαφριόι. Επειδή έχουν τα πλεονεκτικότερα στηρίγματα αγωγών σε ότι έχει να κάνει με την επένδυση επιδιώκουμε να είναι τα τμήματα γραμμών εξοπλισμένα με τα στηρίγματα ευθυγραμμίας

Ø Τα στηρίγματα ευθυγραμμίας - γωνίας χρησιμοποιούνται ως στηρίγματα για την αλλαγή κατεύθυνσης των αγωγών κατά τις γωνίες εκτροπής της γραμμής. Χρησιμοποιούνται σε εκτροπές γραμμών μεταξύ 0 έως 20 μοίρες και έχουν μεγαλύτερη σημασία στις γραμμές με ένα ή δυο κυκλώματα και τάσεις μέχρι 110 kV. Η σύνδεση των αγωγών στις δομές ευθυγραμμίας – γωνίας είναι τεχνικά ασύμφορες

Ø Τα στηρίγματα γωνίας μεταφέρουν τις προκύπτουσες δυνάμεις τάνυσης των αγωγών εκεί που η γραμμή αλλάζει κατεύθυνση κατά τις γωνίες εκτροπής της γραμμής. Τα στηρίγματα αυτά χρησιμοποιούνται σε περιοχές που σχηματίζουν έντονο πάγο.

Ø Τα στηρίγματα τομής και γωνία – τομής μεταφέρουν τις δυνάμεις τάνυσης των αγωγών κατά την κατεύθυνση της γραμμής ή προς τη συνισταμένη κατεύθυνση και χρησιμεύουν επιπλέον ως άκαμπτα σημεία στη γραμμή. Σχεδιάζονται για δυνάμεις τάνυσης αγωγών που διαφέρουν στις δυο κατευθύνσεις της γραμμής και παρέχουν προστασία στην γραμμή σε περίπτωση αλυσιδωτών βλαβών. Χρησιμοποιούνται σε κάθε γωνία της γραμμής αυτό διευκολύνει την εγκατάσταση των αγωγών. Όταν υπάρχουν τμήματα γραμμής με μεγάλες ευθείες τα στηρίγματα θα πρέπει να μπου σε



αποστάσεις μεταξύ 5 και 10 χιλιομέτρων για να παρέχουν άκαμπτα σημεία στην γραμμή

- ∅ Τα στηρίγματα τέρματος μεταφέρουν τις συνολικές δυνάμεις τάνσης των αγωγών προς την κατεύθυνση της γραμμής στη μια πλευρά. Συχνά τα στηρίγματα τέρματος φορτίζονται παραπάνω από τους αγωγούς που οδηγούν στις εισόδους των υποσταθμών και από τις δυνάμεις τάνσης των αγωγών που προκαλούνται από τις μικρές αποστάσεις στην είσοδο

Εικόνα 19: Πυλώνας



Εικόνα 20: Πυλώνας μέσης τάσης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Τύποι παροχών μέσης τάσης

Η ΔΕΗ μας παρέχει τέσσερις τύπους παροχών μέσης τάσης και αυτοί είναι:

- 1) A1
- 2) A2
- 3) B1
- 4) B2

Ο τρόπος παροχής γίνεται με εναέριο δίκτυο των 20 kV , ποια παροχή θα δοθεί στον καταναλωτή εξαρτάται από την δομή και την τάση δικτύου της μέσης τάσης από την οποία πρόκειται να τροφοδοτηθεί ο καταναλωτής, από την σύνθεση του υποσταθμού, την συμφωνημένη ισχύ του καταναλωτή και γενικά από τις συνθήκες που ζητάει ο κάθε καταναλωτής.

Η παροχή τύπου A1 οι μετρητικές διατάξεις εγκαθίστανται εξωτερικά, υπαίθρια και είναι για μέγιστη ισχύ υποσταθμού έως τα 630 Kva.

Η παροχή τύπου A2 που και σε αυτή η εγκαταστάσεις της είναι υπαίθριες αλλά ο περιορισμός ελέγχεται από το συγκεκριμένο δίκτυο μέσης τάσης και πρέπει η ισχύς να είναι πάνω από

630 Kva και η ισχύς κάθε μετασχηματιστή να μην ξεπερνάει τα 830 Kva.

Η παροχή B1 οι μετρητικές διατάξεις εγκαθίστανται εσωτερικά σε στεγασμένο χώρο που κατασκευάζει ο καταναλωτής και είναι για μέγιστη ισχύ υποσταθμού 1250 Kva.

Τέλος έχουμε το τύπο Β2 οι μετρητικές διατάξεις εγκαθίστανται εσωτερικά σε στεγασμένο χώρο, αλλά η μέγιστη ισχύς εξαρτάται από το υπάρχων δίκτυο μέσης τάσης.

Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να ενημερώσει την ΔΕΗ για μελλοντικές επεκτάσεις διότι οι εκ των υστέρων αλλαγές στις εγκαταστάσεις μέσης τάσης πιθανόν να χρειάζονται αλλαγές στον τύπο παροχής

Τυποποιημένες παροχές μέσης τάσης της ΔΕΗ		
Τύπος	Εγκατάσταση μέτρησης	Μέγιστη ισχύς μετασχηματιστή
A1	Εξωτερικά (υπαίθρια)	630 kVA
A2	Εξωτερικά (υπαίθρια)	Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο ΜΤ
B1	Εσωτερικά (στεγασμένη)	1250 kVA
B2	Εσωτερικά (στεγασμένη)	Περιορισμένη μόνο από το δίκτυο ΜΤ

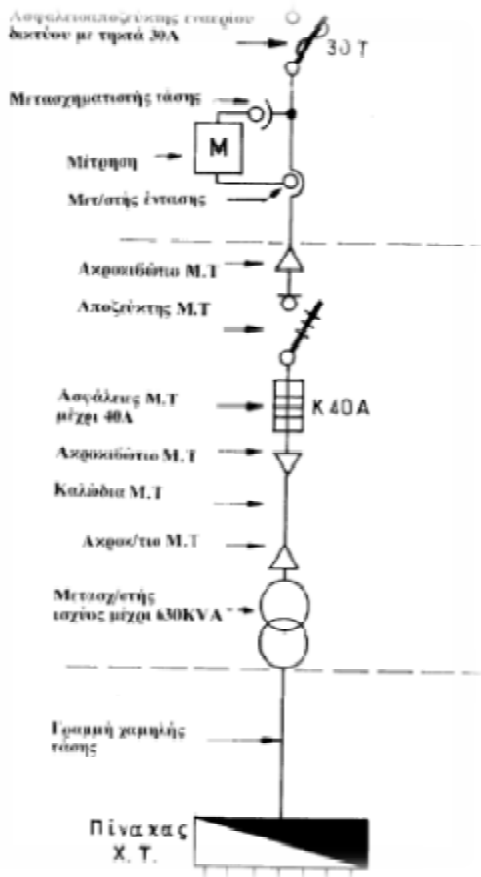
Εικόνα 21: Τύποι παροχών μέσης τάσης

2.2 Παροχή τύπου Α1 και Α2

Η παροχή τύπου Α1 γίνεται από εναέριο δίκτυο μέσης τάσης και είναι η απλούστερη σε διατάξεις. Τα μέσα προστασίας που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ όπως ασφαλειοδιακόπτες, μετασχηματιστές μέτρησης τάσης και μετασχηματιστές έντασης είναι τοποθετημένα πάνω στο στύλο δηλαδή είναι υπαίθρια. Οι μετρητές βρίσκονται σε ειδικό ερμάριο, ενώ όπου υπάρχουν περιοχές που έχουν συχνά κεραυνούς βάζουνε αλεξικέραυνο με δική του ξεχωριστή γείωση.

Η ΔΕΗ προστατεύει την παροχή με ασφαλειοποζεύκτες που έχουν ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης με ονομαστική ένταση μέχρι 30 Α . Από το στύλο αναχωρεί καλωδιακή γραμμή προς τον υποσταθμό του καταναλωτή την οποία κατασκευάζει ο καταναλωτής.

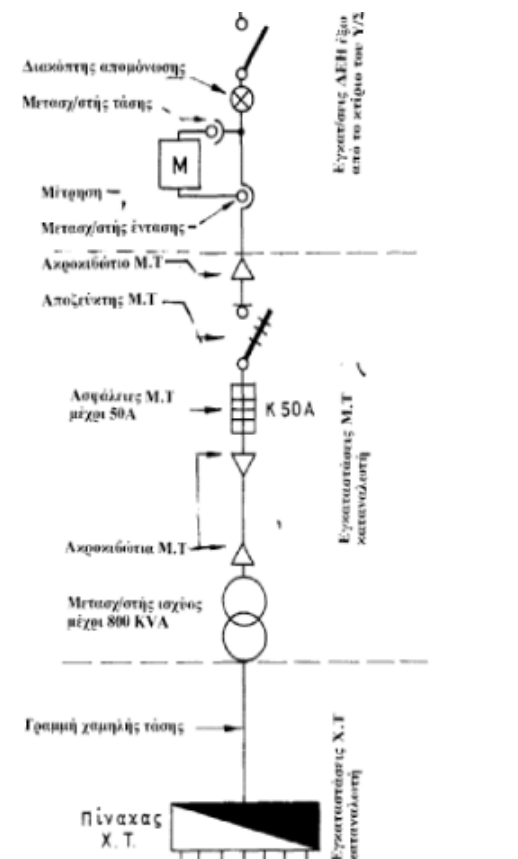
Η παροχή Α2 δεν διαφέρει σε τίποτα από την Α1 εκτός από ότι στην Α2 χρησιμοποιείται διακόπτης απομόνωσης αντί ασφαλειοαποζεύκτη



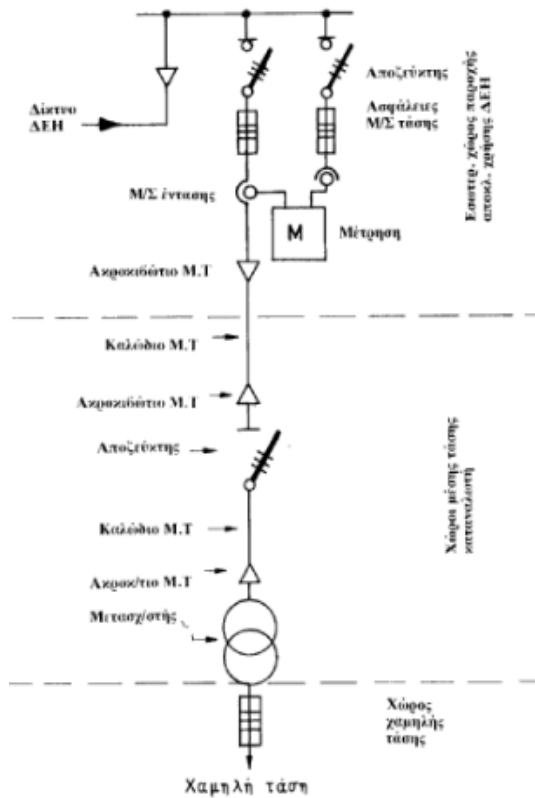
2.3 Παροχή τύπου B1 και B2

Η παροχή αυτή εγκαθίσταται σε καταναλωτές με αυξημένη ζήτηση ισχύος και η εγκατάσταση είναι εσωτερικού τύπου. Ο καταναλωτής είναι υποχρεωμένος να παρέχει στη ΔΕΗ ένα χώρο σύμφωνα με τις προδιαγραφές της ΔΕΗ. Στο χώρο αυτό η ΔΕΗ βάζει ένα προκατασκευασμένο πίνακα 20 kV και περιλαμβάνει τους διακόπτες, τους μετασχηματιστές μέτρησης και τους μετρητές ενέργειας. Η σύνδεση της ΔΕΗ γίνεται κατά κανόνα ακτινικά αν πρόκειται για εναέριο δίκτυο ή βροχοειδώς αν πρόκειται για υπόγειο δίκτυο.

Εικόνα 21: Παροχή A1

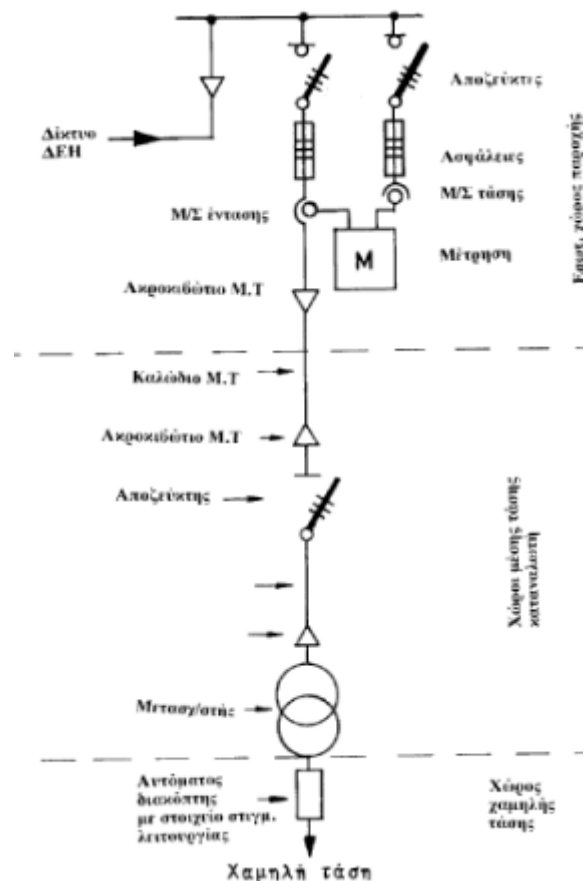


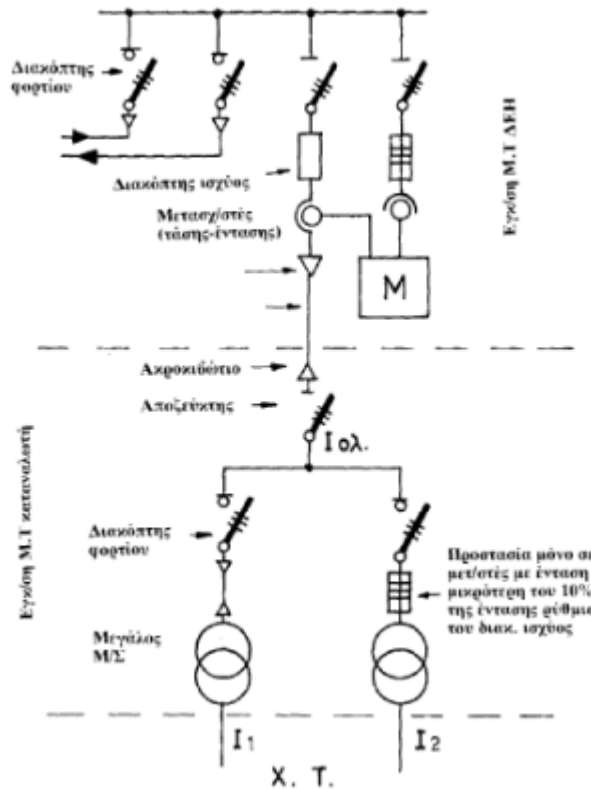
Εικόνα 22: Παροχή Α2



Εικόνα 23: Παροχή Β1 με ασφάλειες

Εικόνα 24: Παροχή Β1 με αυτόματο διακόπτη εφοδιασμένο με στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας



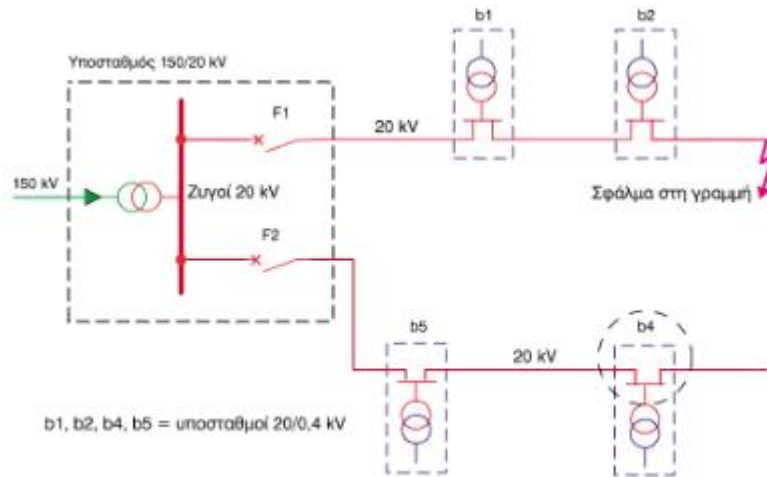


Εικόνα 25: Παροχή Β2

2.4 Ακτινικά δίκτυα

Τα ακτινικά δίκτυα είναι σε γραμμές των 20 kV φεύγουν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ και απλώνονται σαν τις ακτίνες ενός κύκλου. Κατά μήκος κάθε γραμμής συνδέονται οι καταναλωτές μέσης τάσης, ο κάθε καταναλωτής μέσης τάσης πρέπει να έχει το δικό του ιδιωτικό υποσταθμό για να μπορεί να συνδεθεί με ασφάλεια στο δίκτυο. Σημαντικό μειονέκτημα των ακτινικών δικτύων είναι ότι σε περίπτωση σφάλματος κατά μήκος της γραμμής ο διακόπτης ισχύος που είναι στην αρχή της γραμμής ανοίγει με αποτέλεσμα όλοι οι καταναλωτές που υπάρχουν κατά μήκος γραμμής να μείνουν χωρίς τάση.

Σε περίπτωση απώλειας της μέσης τάσης για τους καταναλωτές είναι πολλές φορές επικίνδυνη. Όταν υπάρχουν εγκαταστάσεις με ηλεκτρικά φορτία που δεν πρέπει να μείνουν πολύ χρόνο εκτός λειτουργίας όπως είναι για παράδειγμα τα νοσοκομεία, στρατιωτικές εγκαταστάσεις, ψυγεία και άλλα η απώλεια αντιμετωπίζεται με τοπικό ηλεκτροπαραγωγικό ζεύγος που είναι η νηξελομηχανή και η γεννήτρια 400 V που αναλαμβάνει να τροφοδοτήσει τα κρίσιμα φορτία της εγκατάστασης μέχρι την αποκατάσταση του σφάλματος και την επαναφορά στο δίκτυο της ΔΕΗ.

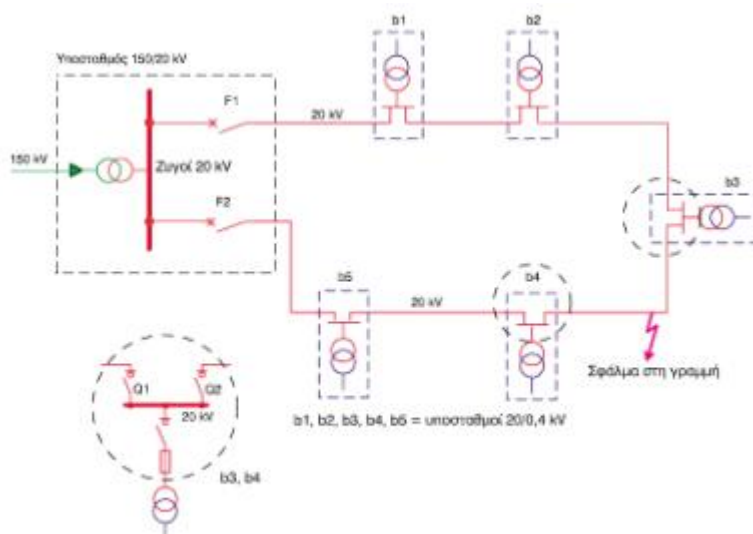


ΕικόνΑ 26: Ακτινικό δίκτυο

2.5 Βροχοειδή δίκτυα

Τα βροχοειδή δίκτυα μπορούν να ξεπεράσουν το μειονέκτημα των ακτινικών δικτύων διότι οι γραμμές των 20 kV που φεύγουν από τον κεντρικό υποσταθμό 150/20 kV της ΔΕΗ σχηματίζουν ένα κλειστό βρόχο που ξανά καταλήγει στους ζυγούς των 20 kV του υποσταθμού. Κατά μήκος του βρόχου συνδέονται οι καταναλωτές b1, b2, b3, b4, b5. Ο βρόχος προστατεύεται στις δυο άκρες του με τους διακόπτες ισχύος F1 F2. Σε περίπτωση σφάλματος σε κάποιο σημείο του βρόχου παραδείγματος χάριν στο τμήμα b3, b4 λειτουργούν οι προστασίες των διακοπών F1, F2 οι διακόπτες ανοίγουν και ο βρόχος μένει χωρίς τάση.

Όταν βρούμε που είναι το σφάλμα ανοίγουμε τους διακόπτες φορτίων Q1 στο b3 και Q2 στο b4 και απομονώνουμε το τμήμα b3 b4. Ξανακλείνουμε τους διακόπτες F1 F2 και επανέρχεται η τάση στο δίκτυο



Εικόνα 27: Βροχοειδής δίκτυο

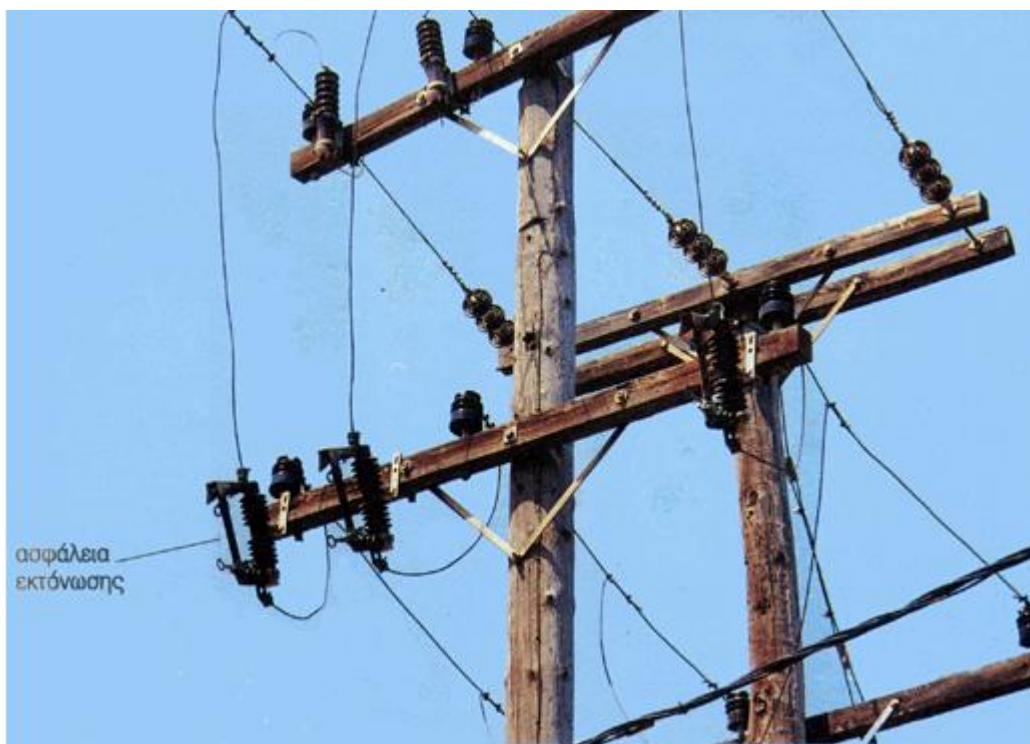
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Ασφάλειες μέσης τάσης

Ασφάλειες εκτόνωσης υπάρχουν στα σημεία διακλαδώσεων στα εναέρια δίκτυα της ΔΕΗ. Αποτελούνται από μονωτικό σωλήνα διαμέτρου 2-3 εκατοστών και μήκους 30-35 εκατοστά το εσωτερικό του οποίου είναι με βορικό οξύ. Εσωτερικά στο σωλήνα υπάρχει ένας αγωγός, το τηκτό τανυσμένο με ελατήριο. Σε περίπτωση υπερέντασης, το τηκτό λιώνει και δημιουργείται τόξο μέσα στο σωλήνα παράγοντας υδρατμούς που βοηθούν να σβήσει το τόξο.

Υπάρχουν δύο τύποι με διαφορετικές χαρακτηριστικές ρεύματος χρόνου στις ασφάλειες εκτόνωσης :

- Ασφάλεια εκτόνωσης βραδείας τήξης τύπου T
- Ασφάλεια εκτόνωσης ταχείας τήξης τύπου K



Εικόνα 28: Στύλος μέσης τάσης με ασφάλειες εκτόνωσης



Εικόνα 29: Ασφάλεια εκτόνωσης πάνω στην βάση



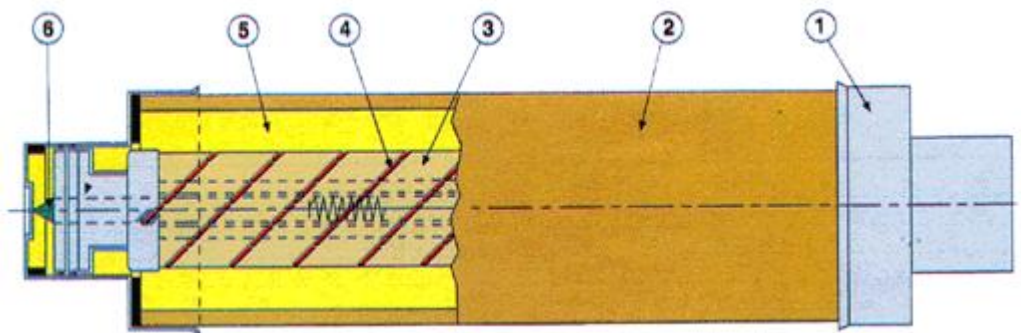
Εικόνα 30: Ασφάλεια σκόνης

3.1.1 Ασφάλειες σκόνης υψηλής ικανότητα διακοπής

Οι ασφάλειες σκόνης υψηλής ικανότητα διακοπής (HRC) έχουν πυρήνα από κεραμικό υλικό πάνω στο οποίο είναι τυλιγμένο σε μορφή σπείρας το τηκτό. Το τηκτό είναι φτιαγμένο από κράμα αργύρου για να έχει όσο πιο πολύ μικρότερη αντίσταση. Ο τυλιγμένος αγωγός βρίσκεται σε σκόνη χαλαζία, το εξωτερικό περίβλημα του είναι από πορσελάνη. Όταν το ρεύμα ξεπεράσει μια κρίσιμη τιμή I τότε τήκεται ο αγωγός σε ένα ή περισσότερα σημεία με αποτέλεσμα η ενέργεια που ελκύει το τόξο να απορροφάτε από τη χαλαζιακή άμμο που λιώνει και μετατρέπεται σε πορσελάνη. Η αντίσταση που έχει στο σημείο βραχυκυκλώματος είναι τεράστια με αποτέλεσμα το ρεύμα βραχυκυκλώματος να περιορίζεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την διακοπή του σφάλματος και το περιορισμό της κορυφής του ρεύματος βραχυκυκλώματος που σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να δημιουργήσει δυναμικές και θερμικές καταπονήσεις στον εξοπλισμό του υποσταθμού. Οι ασφάλειες αυτές έχουν ένα δείκτη λειτουργίας που συγκρατείται με ελατήριο. Όταν η ασφάλεια λειτουργήσει το ελατήριο απελευθερώνεται και ο δείκτης εξέρχεται από το σώμα της ασφάλειας.

Η λειτουργία του δείκτη είναι διπλή:

1. Δείχνει ότι η ασφάλεια έχει λειτουργήσει οπότε πρέπει να αντικατασταθεί
2. Χτυπά με δύναμη στην άκρη ενός πλαστικού μοχλού που με τη βοήθεια ενός μηχανισμού δίνει εντολή απόζευξης στο διακόπτη φορτίου



Τα μέρη μια ασφάλειας HRC

1. Επαφές
2. Εξωτερικός σωλήνας από πορσελάνη
3. Πυρήνας από κεραμικό υλικό
4. Τηκτό στοιχείο
5. Χαλαζιακή άμμος
6. Δείκτης λειτουργίας

Εικόνα 31: Ασφάλεια HRC

Τάση Λειτουργίας (kV)	Ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή (κVA)														Ονομαστική τάση (kV)	
	25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250		1600
3,3	16	25	40	50	50	80	80	100	125	125	160	200				7,2
5,5	10	16	31,5	31,5	40	50	50	63	80	100	125	125	160	160		7,2
6,6	10	16	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	125	125	160		7,2
10	6,3	10	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	100	125	12
13,8	6,3	10	16	16	20	25	31,5	31,5	40	50	50	63	80	80	100	17,5
15	6,3	10	10	16	16	20	25	31,5	40	50	50	63	80	80	100	17,5
20	6,3	6,3	10	10	16	16	25	25	31,5	40	40	50	50	63	80	24
22	6,3	6,3	10	10	10	16	20	25	25	31,5	40	40	50	50	80	24

Εικόνα 32: Πίνακας επιλογής ασφάλειας HRC με βάση την τάση λειτουργίας και την ονομαστική ισχύ του μετασχηματιστή

3.2 Διακόπτες ισχύος μέσης τάσης

Οι διακόπτες ισχύος μπορούν να ανοίγουν και να κλείνουν το κύκλωμα σε όποια κατάσταση λειτουργίας είναι δηλαδή σε κανονικές συνθήκες αλλά και σε βραχυκυκλώματα. Τα ρεύματα που μπορούν να διακόψουν είναι πάνω από 7 kA δηλαδή όσο το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκύκλωσης στη μέση τάση. Ο διακόπτης ισχύος αντέχει μετά το τέλος του τόξου, την επιβαλλόμενη τάση δικτύου. Οι διακόπτες ισχύος χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα το υλικό για την σβέση τους:

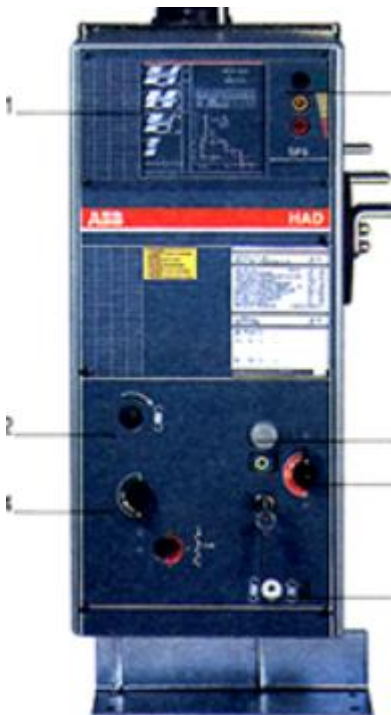
1. Πτωχού ελαίου (oil-minimum)
2. Εξα-φθοριούχου θείου (SF6)
3. Κενού (vacuum)

Ø Ο διακόπτης πτωχού ελαίου που πήρε την ονομασία του λόγω ότι στους ποιο παλιούς διακόπτες χρησιμοποιούσαν πολλαπλάσιες ποσότητες λάδι ενώ σε αυτόν όχι κυριαρχούσε από την δεκαετία του 1970 μέχρι 1990. Τα χαρακτηριστικά που έχουν οι διακόπτες αυτοί είναι ότι πρέπει να γίνεται έλεγχος της στάθμης και της ποιότητας του μονωτικού λαδιού που έχει στους πόλους. Αυτό μπορούμε να το κάνουμε εύκολα γιατί οι μπουκάλες των πόλων είναι διαφανείς, η συμπλήρωση με ειδικό λάδι γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η αντικατάσταση στο λάδι πρέπει να γίνεται μετά από 500 χειρισμούς και πρέπει πάντα να ελέγχονται μετά από κάθε διακοπή βραχυκυκλώματος



Εικόνα 33: Διακόπτης απομόνωσης με δοχείο λαδιού

- Ø Οι διακόπτες ισχύος SF6 χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία το αέριο SF6 που έχουν είναι αδρανές αέριο με άριστες μονωτικές ιδιότητες και βρίσκεται μέσα στους πόλους του διακόπτη. Το χαρακτηριστικό αυτού του διακόπτη είναι η πίεση του αερίου SF6 που υπάρχει μέσα στους πόλους. Η πίεση στο αέριο είναι 0,5 bar μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση, σε περίπτωση που έχουμε διαρροή σε κάποιο από τους τρεις πόλους ο διακόπτης ισχύος θα αστοχήσει στην επόμενη εντολή διακοπής. Οι διακόπτες έχουν ειδικό μηχανισμό που ελέγχει την πίεση του αερίου και σε περίπτωση που έχει ελαττωμένη πίεση κάποιος από τους πόλους το δείχνει με ένδειξη και ταυτόχρονα μπλοκάρει το κλείσιμο του διακόπτη



Εικόνα 34: Διακόπτης ισχύος SF6

- Ø Οι διακόπτες ισχύος με κενό χρησιμοποιούν σαν μονωτικό το κενό δηλαδή την έλλειψη οποιοδήποτε αερίου άλλωστε το τέλειο μονωτικό είναι το απόλυτο κενό



Εικόνα 35: Διακόπτες ισχύος

3.2.1 Διακόπτες ισχύος επί φορείου

Διακόπτες ισχύος επί φορείου η αλλιώς συρόμενοι ή συρταρωτοί είναι διακόπτες ισχύος πτωχού ελαίου τοποθετημένοι σε φορείο με ρόδες. Ο κάθε πόλος του διακόπτη έχει δύο βυσματωτές επαφές που επιτρέπει τη σύνδεση και την αποσύνδεση του κύριου κυκλώματος.

Μετά το άνοιγμα του διακόπτη μπορούμε να τον τραβήξουμε και να δημιουργήσουμε μια ικανή απόσταση περίπου 20 εκατοστά αυτή η απόσταση θεωρείται ασφαλείας για την δημιουργία απομόνωσης

Οι κυψέλες μέσης τάσης που έχουν τους διακόπτες δεν χρειάζεται να έχουν διακόπτες απομόνωσης τόσο στην πλευρά των ζυγών όσο και από την πλευρά του καλωδίου. Αυτοί οι διακόπτες είναι αρκετά πιο ακριβή από τους σταθερούς διακόπτες μαζί με τον αποξέυκτη φορτιού



Εικόνα 36: Διακόπτης ισχύος επί φορείου

3.2.2 Τα μέρη του διακόπτη ισχύος

Οι κατηγορίες που έχουν οι διακόπτες είναι ανάλογα με το μονωτικό μέσο για την σβέση του τόξο του δηλαδή αν είναι με λάδι, SF6, κενού όλοι οι διακόπτες ισχύος αποτελούνται από τα ίδια μέρη. Ο μηχανισμός λειτουργίας βασίζεται σε δύο ελατήρια που αποθηκεύουν μηχανική ενέργεια όταν τεντωθούν αυτά τα ελατήρια είναι:

- Το ελατήριο κλεισίματος
- Το ελατήριο ανοίγματος

Τα δύο ελατήρια ξεχωρίζουν από το μέγεθος τους, το ελατήριο κλεισίματος είναι μεγαλύτερο και ισχυρότερο από το ελατήριο του ανοίγματος διότι το ελατήριο κλεισίματος τανύζει το ελατήριο ανοίγματος. Η απελευθέρωση και των δυο ελατηρίων δίνει κίνηση στον

άξονα. Στον άξονα συνδέονται με μοχλούς από μονωτικό υλικό οι κινητές επαφές του διακόπτη. Όταν απελευθερωθεί το ελατήριο κλεισίματος περιστρέφει τον άξονα ώστε οι κινητές επαφές να έρθουν σε επαφή με τις ακίνητες και ο διακόπτης να κλείσει.

Η απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος περιστρέφει τον άξονα κατά την αντίθετη φορά έτσι ώστε οι κινητές επαφές να απομακρυνθούν από τις ακίνητες και ο διακόπτης να ανοίγει.

Η λειτουργία του αυτόματου διακόπτη ξεκινάει με την τάνυση του ελατηρίου κλεισίματος που μπορεί να γίνει είτε χειροκίνητα με ένα μοχλό είτε ηλεκτρικά με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού κινητήρα που λειτουργεί με συνεχές ρεύμα ή με εναλλασσόμενο.

Για να απελευθερώσουμε το ελατήριο κλεισίματος μπορούμε να το κάνουμε είτε χειροκίνητα με το κουμπί κλεισίματος είτε ηλεκτρικά στέλνοντας ρεύμα στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη κλεισίματος.

Για να απελευθερώσουμε το ελατήριο ανοίγματος μπορούμε να το κάνουμε είτε χειροκίνητα με το κουμπί ανοίγματος είτε ηλεκτρικά στέλνοντας ρεύμα στο πηνίο του ηλεκτρομαγνήτη ανοίγματος.



1	Ηλεκτρονόμος υπερέντασης	Overcurrent release
2	Μοχλός για τη μηχανική τάνυση του ελατηρίου κλεισίματος	Shaft for manual closing spring charging
3	Κουμπί ανοίγματος	Opening knob
4	Κουμπί κλεισίματος	Closing knob
5	Ένδειξη ότι το ελατήριο κλεισίματος είναι: - τανυσμένο (κίτρινο) - ατάνυστο (λευκό)	Signal for closing springs charged (yellow) and discharged (white)
6	Συσκευή μπλοκαρίσματος και ένδειξης της πίεσης του αερίου SF6	Device for locking and signalling the state of SF6 gas
7	Ένδειξη ανοικτός / κλειστός διακόπτης ισχύος	Circuit-breaker open/closed signalling device
8	Ακροδέκτες μέσης τάσης	Medium voltage terminals
9	Μετασχηματιστές έντασης για τον HN υπερένταση	Current sensor for overcurrent releases
10	Πόλος διακόπτη ισχύος	Circuit-breaker pole

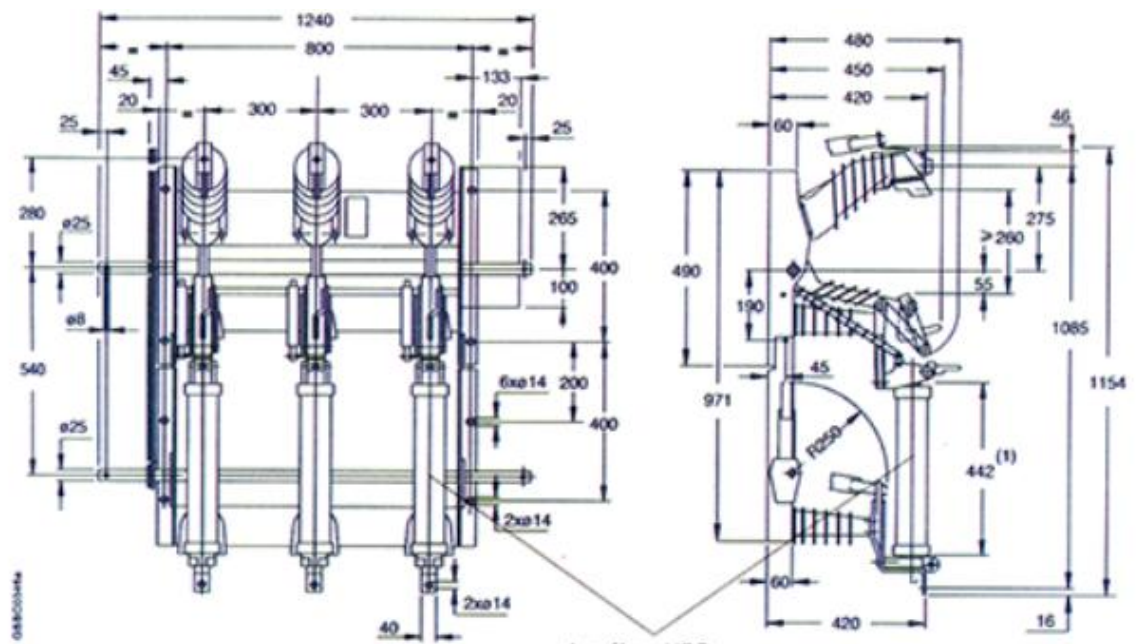
Εικόνα 37, 38: Μέρη διακόπτη ισχύος

3.3 Διακόπτης φορτίου με ασφάλειες HRC

Ο διακόπτης φορτίου δεν μπορεί να διακόψει το ρεύμα βραχυκυκλώματος από μόνος του οπότε δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο προστασίας. Όταν μαζί του χρησιμοποιηθεί και ασφάλεια HRC μπορεί να γίνει μέσο προστασίας για τα καλώδια ή τους μετασχηματιστές ισχύος, ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται ασφαλειο-διακόπτης ή ασφαλειο- αποζεύκτης φορτίου και τον βλέπουμε σαν μέτρο προστασίας στους μετασχηματιστές μέχρι 630 kVA.

Σε περίπτωση σφάλματος τήκεται κάποια από τις τρεις ασφάλειες και απελευθερώνεται ο δείκτης λειτουργίας. Ο δείκτης λειτουργίας χτυπά με δύναμη ένα μηχανισμό από μοχλούς και καταλήγει στην απελευθέρωση του ελατηρίου ανοίγματος και στο αυτόματο άνοιγμα του διακόπτη φορτίου.

Το ρεύμα σφάλματος έχει διακόψει η ασφάλεια αλλά για να ξαναλειτουργήσει η εγκατάσταση πρέπει να αλλάξουμε και τις τρεις ασφάλειες γιατί το ρεύμα σφάλματος μπορεί να έχει αλλοιώσει το τηκτό και σε κάποια άλλη φάση.

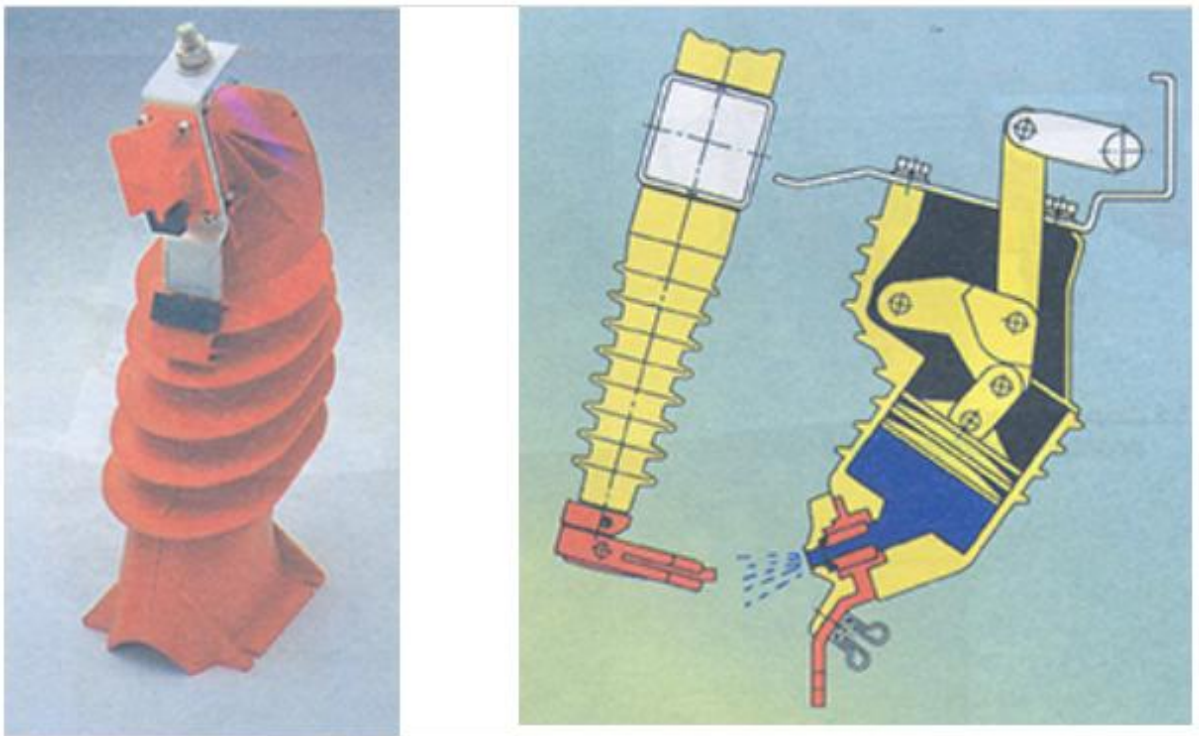


Εικόνα 39: Ασφαλειο- αποζεύκτης

3.3.1 Σβέση τόξου με φύσημα αέρα στο διακόπτη φορτίου

Την στιγμή της αποχώρησης των επαφών ενός διακόπτη δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο, πρέπει στο τόξο να έχουμε ασφαλή σβέση διότι είναι ένα κρίσιμο σημείο λειτουργίας του διακόπτη. Σε κάθε πόλο του διακόπτη υπάρχει ειδικός μονωτήρας που χρησιμοποιεί την τεχνική φυσήματος αέρα για την σβέση του τόξου.

Ο μονωτήρας είναι κούφιος και το εσωτερικό του σχηματίζει κύλινδρο, στο κύλινδρο υπάρχει ένα έμβολο που παίρνει κίνηση από τον άξονα του διακόπτη με τη βοήθεια ενός μηχανισμού μοχλών από μονωτικό υλικό. Όταν ανοίξει ο διακόπτης αρχίζει να συμπιέζεται ο αέρας με τη βοήθεια του εμβόλου, ο αέρας εξέρχεται από ειδικά ακροφύσια που υπάρχουν στην ακίνητη επαφή. Η κίνηση του εμβόλου συγχρονίζεται με την κίνηση των κύριων επαφών του διακόπτη, ώστε η παροχή του αέρα να είναι πολύ δυνατή, τη στιγμή που αποχωρίζονται οι επαφές και το ηλεκτρικό τόξο είναι πολύ έντονο. Ο δυνατός αέρας βοηθά στη διάχυση του τόξου και την ταυτόχρονη ψύξη του, με αποτέλεσμα να σβήνει γρήγορα.



Εικόνα 40: Εξωτερική όψη κούφιου μονωτήρα και τομή μονωτήρα και αρχή λειτουργίας

3.4 Ηλεκτρονόμοι προστασίας

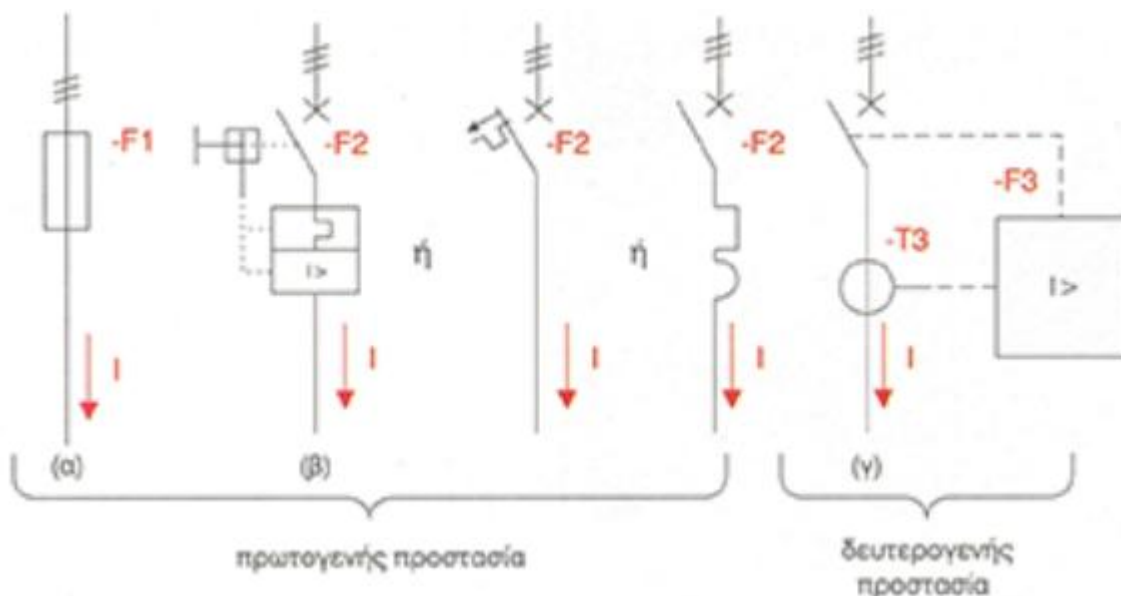
Οι ηλεκτρονόμοι προστασίας είναι συσκευές που έχουν συνεχή επιτήρηση ενός ηλεκτρικού μεγέθους σε κάποιο τμήμα της εγκατάστασης σε περίπτωση που το μέγεθος ξεπεράσει τα όρια επιτήρησης τότε δίνουν αυτόματα εντολές στις επαφές τους να ανοίξουν ή να κλείσουν ώστε να προστατέψουν τον εξοπλισμό.

Πρωτογενής προστασία είναι όταν το ρεύμα που διέρχεται μέσα από τον ηλεκτρονόμο είναι το ίδιο ρεύμα της γραμμής.

Στα δίκτυα μέσης τάσης το πρωτογενές ρεύμα δεν μπορεί να περάσει μέσα από τα όργανα προστασίας για αυτό μετασχηματίζεται με τη βοήθεια των μετασχηματιστών έντασης, έτσι στον ηλεκτρονόμο περνάει πολύ μικρότερο ρεύμα από το δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή για αυτό ονομάζεται δευτερογενής προστασία .

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλεκτρονόμων προστασίας αλλά οι πιο συνηθισμένοι στα δίκτυα μέσης τάσης είναι:

1. Ηλεκτρονόμος υπερέντασης
2. Ηλεκτρονόμος έλλειψης τάσης
3. Ηλεκτρονόμος σφάλματος προς γη
4. Ηλεκτρονόμος διαφορικής προστασίας



Εικόνα 41: Τα δύο βασικά είδη προστασίας: (α) πρωτογενής προστασία μιας τηκτής ασφάλειας, (β) πρωτογενής προστασία μιας αυτόματης ασφάλειας, (γ) δευτερογενής προστασία σε διακόπτη ισχύος

3.4.1 Πως είναι κατασκευασμένος ένας ηλεκτρονόμος προστασίας

Οι ηλεκτρονόμοι ήταν ηλεκτρομαγνητικοί, αποτελούνταν από γρανάζια, ελατήρια, βραχίονες τα οποία συνεργάζονταν με ηλεκτρομαγνήτες που διεγείρονταν από το δευτερεύον ρεύμα των μετασχηματιστών έντασης. Η έξοδος του αποτελούνταν από μια σειρά με βοηθητικές επαφές που όταν έκλειναν άνοιγε ο διακόπτης ισχύος.

Από το 1960 και μετά οι ηλεκτρονόμοι αντικαταστάθηκαν με ηλεκτρονικούς που αποτελούνται από ηλεκτρονικά στοιχεία όπως τρανζίστορ και ολοκληρωμένα κυκλώματα. Σήμερα οι ηλεκτρονόμοι είναι ψηφιακές συσκευές και περιέχουν τουλάχιστον ένα μικροεπεξεργαστή που κάνει το σύνολο των συμβατικών λειτουργιών του ηλεκτρονόμου προστασίας. Επίσης ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να επικοινωνεί με συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων τα λεγόμενα SCADA και είναι πολύ σημαντικό στα πολύπλοκα ηλεκτρικά δίκτυα που υπάρχουν σήμερα



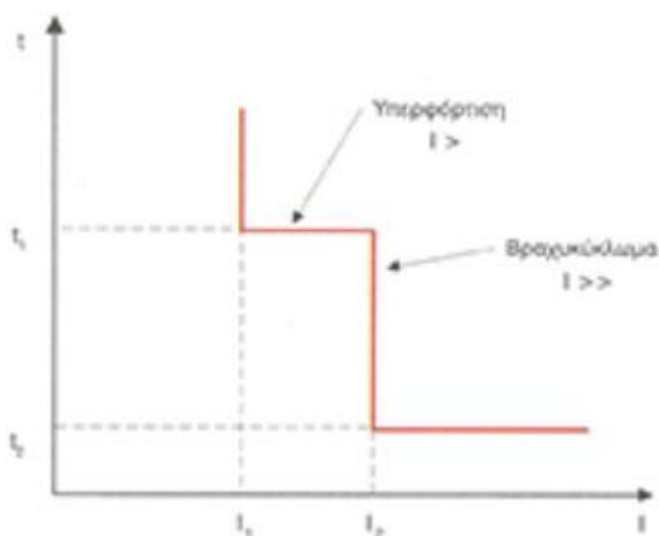
Εικόνα 42: Ψηφιακός ηλεκτρονόμος

3.4.2 Ηλεκτρονόμος υπερέντασης σταθερού χρόνου

Οι ηλεκτρονόμοι αυτοί για κάθε φάση έχουν δύο στοιχεία:

- Στοιχείο υπερφόρτισης με σταθερή χρονική καθυστέρηση
- Στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας

- ∅ Στο στοιχείο υπερφόρτισης αν το ρεύμα κάποιας φάσης ξεπεράσει το όριο του I_1 αλλά όχι του I_2 θα υπάρξει διέγερση και ανεξάρτητα από την τιμή του ρεύματος μετά την παρέλευση του σταθερού χρόνου t_1 ο ηλεκτρονόμος θα δώσει εντολή να ανοίξει ο διακόπτης ισχύος.
- ∅ Στο στοιχείο στιγμιαίας λειτουργίας όταν το ρεύμα περάσει το όριο του I_2 θα υπάρξει διέγερση και αμέσως θα δώσει εντολή να ανοίξει ο διακόπτης ισχύος
- ∅ Οι ηλεκτρονόμοι είναι συνήθως εφοδιασμένοι με στοιχείο σφάλματος προς γη, δηλαδή ελέγχουν αν το άθροισμα των τριών ρευμάτων είναι μηδέν. Αν υπάρξει κάποιο σφάλμα κάποιας φάσης προς την γη το άθροισμα των τριών ρευμάτων παύει να είναι μηδέν και ο ηλεκτρονόμος διεγείρεται αμέσως



Εικόνα 43: Χαρακτηριστική ρεύματος σταθερού χρόνου

3.4.3 Ηλεκτρονόμος υπερέντασης αντίστροφου χρόνου

Στα εναέρια δίκτυα και στα υπόγεια καλώδια χρησιμοποιούμε τους ηλεκτρονόμους αντίστροφου χρόνου δηλαδή όσο αυξάνεται το ρεύμα τόσο μειώνεται ο χρόνος διέγερσης στα άλλα στοιχεία είναι ίδιος με τον ηλεκτρονόμο σταθερού χρόνου.

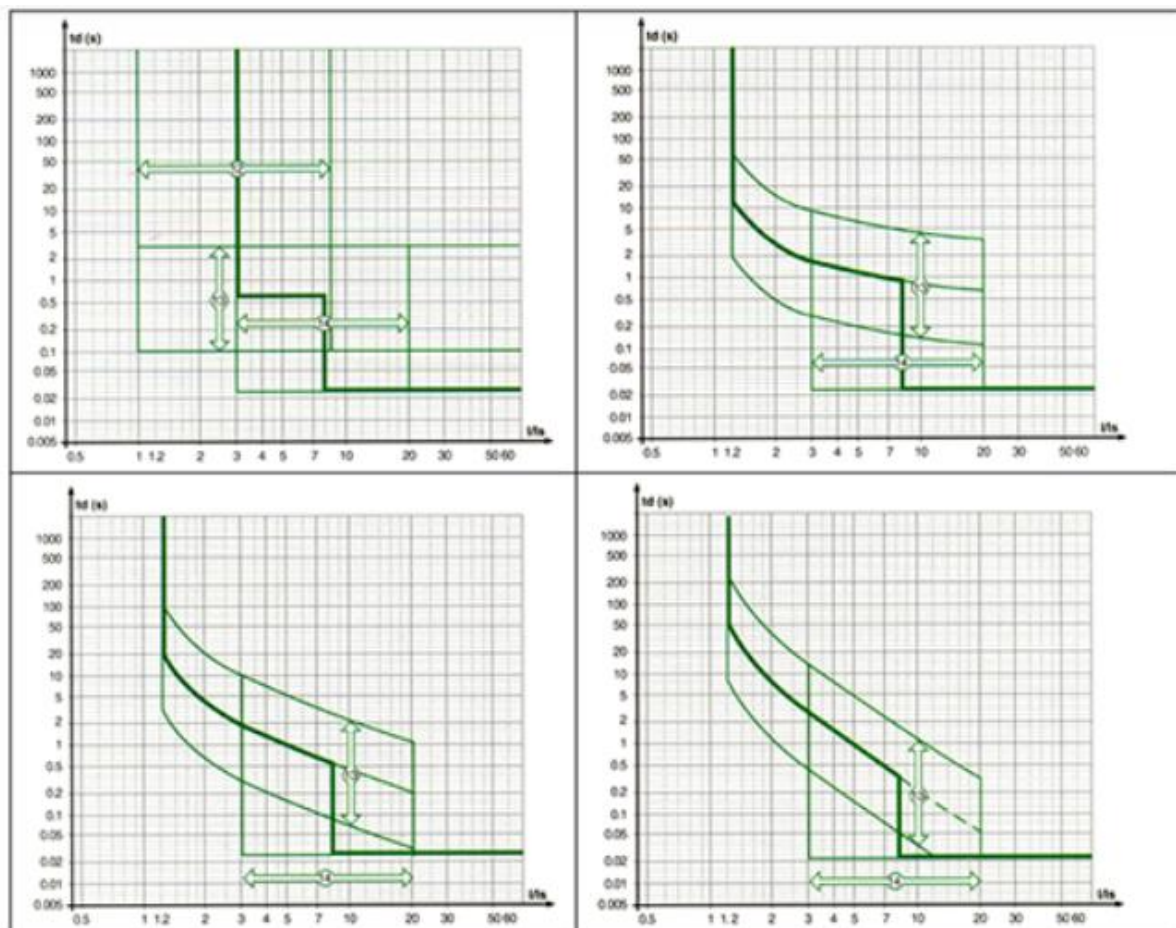
Όταν θέλουμε να ρυθμίσουμε τους ηλεκτρονόμους που υπάρχουν σε ένα δίκτυο ώστε το στοιχείο προστασίας που είναι πιο κοντά στο σφάλμα να ανοίγει πρώτο χρησιμοποιούμε ηλεκτρονόμο υπερέντασης:

1. Πολύ αντίστροφου χρόνου
2. Υπερβολικά αντίστροφο χρόνο

Οι διαφορές αυτών των ηλεκτρονόμων από τον ηλεκτρονόμο αντίστροφου χρόνου είναι στην κλίση χαρακτηριστικών καμπυλών που είναι πολύ πιο απότομες.

Σήμερα υπάρχει ένα μοντέλο υπερέντασης και μπορούμε να το προγραμματίσουμε και μας επιτρέπει:

- § να επιλέξουμε τον τρόπο λειτουργίας δηλαδή σταθερού, αντίστροφου χρόνου
- § την καμπύλη λειτουργίας από ένα σμήνος καμπυλών
- § τις ρυθμίσεις I , $I_{>>}$, t , $t_{>>}$



Εικόνα 44: Καμπύλες αντίστροφου χρόνου

3.5 Ορολογία διακοπτικών μέσων στη μέση τάση

Διακοπτικά μέσα ονομάζουμε τις συσκευές που προορίζονται να αποκαθιστούν και να διακόπτουν τα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Σήμερα χρησιμοποιούνται οι εξής:

- Διακόπτες ισχύος
- Διακόπτες φορτίου
- Αποζεύκτες
- Τριπολικοί αεροδιακόπτες
- Ασφαλειαποζεύκτες
- Διακόπτες φορτίου με ασφάλειες
- Διακόπτες απομόνωσης

∅ Διακόπτης ισχύος: Χρησιμοποιείται για να διακόπτει υπερεντάσεις αλλά και ρεύματα κανονικού φορτίου, αυτό γίνεται αυτόματα με εντολή του ηλεκτρονόμου και μπορεί να κάνει κύκλο προκαθορισμένου αριθμού διακοπών και αυτόματων επαναφορών μέχρι την τελική διακοπή εφόσον παραμείνει η υπερένταση

∅ Διακόπτης φορτίου: Χρησιμοποιείται για να διακόπτει ρεύματα κανονικού φορτίου ακόμη και όταν υπάρχει βραχυκύκλωμα στο δίκτυο δεν καταστρέφονται.

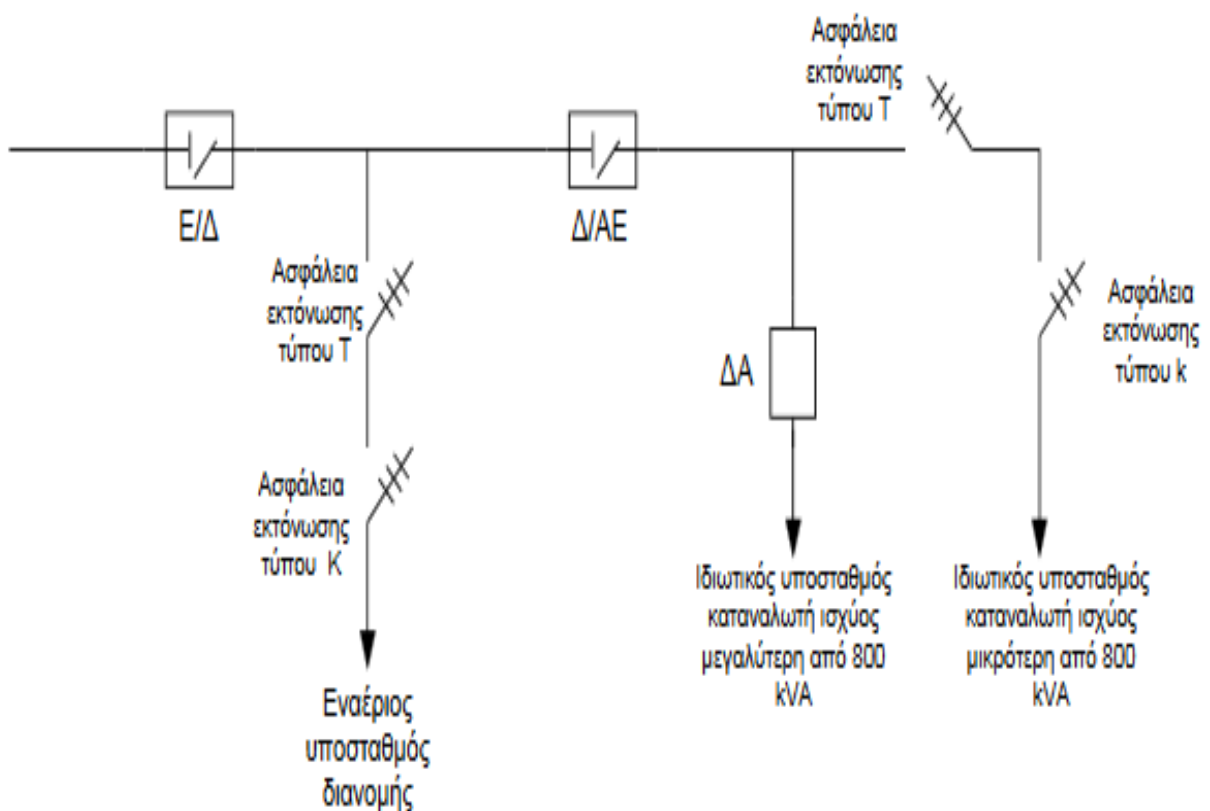
Ρυθμίζονται έτσι ώστε να διακόπτουν φορτία ίσα με την μέγιστη ένταση ρεύματος αλλά ο συντελεστής ισχύος του φορτίου είναι αρκετά υψηλός

∅ Αποζεύκτες: Χρησιμοποιείται για να διακόπτει την συνέχεια κυκλωμάτων χωρίς φορτίο ή διαρρέομενων από ρεύματα μικρού φορτίου. Είναι μαχαιρωτοί, τρίπολικοί, ή μονοπολικοί και αποτελούν σημείο εμφανούς διακοπής

∅ Τριπολικοί αεροδιακόπτες: Χρησιμοποιείται για να διακόπτει σχετικά μικρά φορτία. Είναι μαχαιρωτοί αποζεύκτες εφοδιασμένοι με κεράτια για τη σβέση του τόξου.

Έχουν ικανότητα διακοπής έντασης μέχρι 20Α και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον παραλληλισμό δυο υπό τάση γραμμών για οποιοδήποτε κανονικό φορτίο

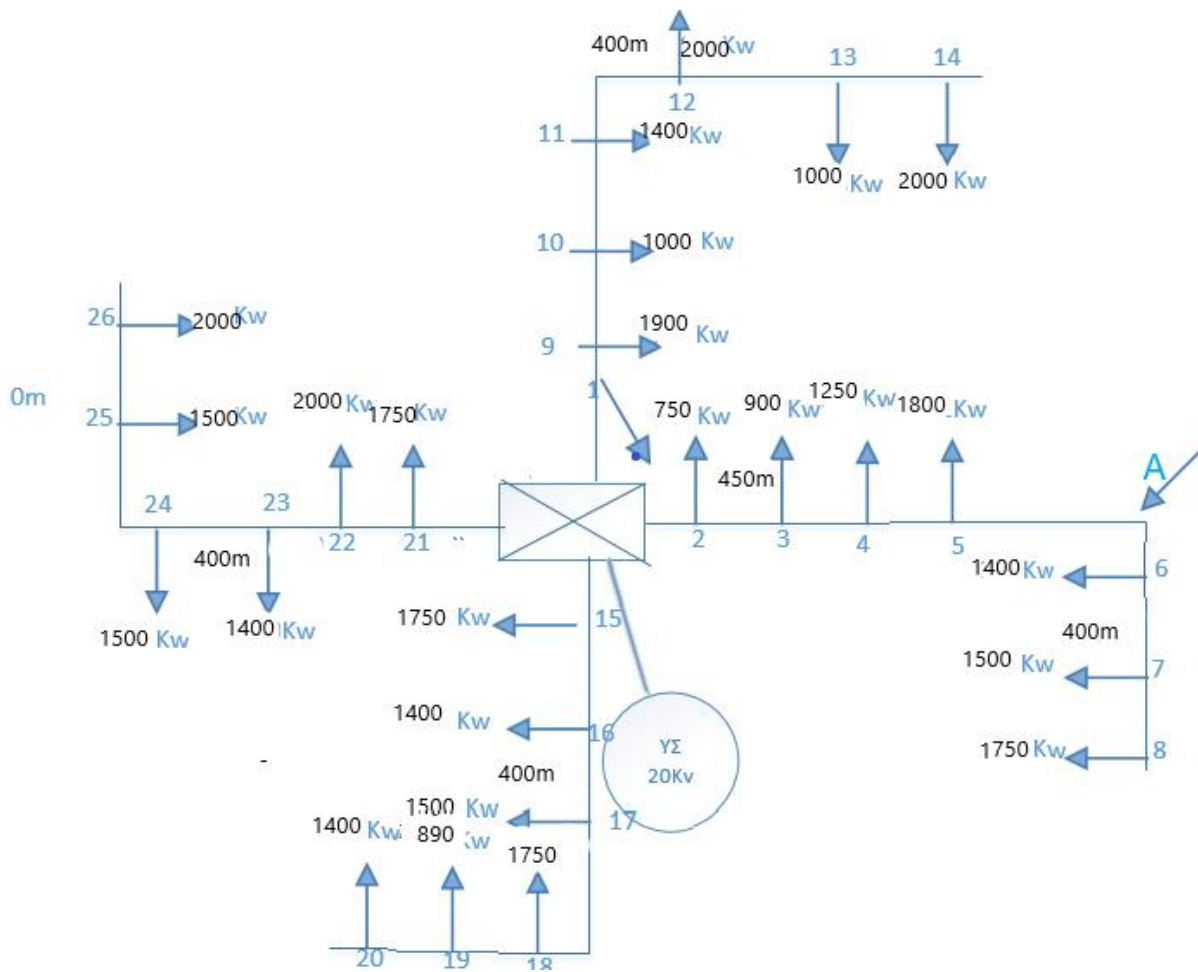
- ∅ Ασφαλειοαποζεύκτες: Χρησιμοποιείται για να διακόπτει κυκλώματα μικρού φορτίου και ως ασφάλεια διακόπτη ρεύματα βραχυκύκλωσης. Η μεγαλύτερη τιμή ασφάλειας μέσης τάσης είναι τα 30A
- ∅ Διακόπτες φορτίου με ασφάλειες: Είναι συνδυασμός ασφαλειών και διακόπτη φορτίου και κατασκευάζονται έτσι ώστε η τήξη μιας από τις τρεις ασφάλειες να προκαλεί το άνοιγμα του διακόπτη φορτίου. Λειτουργία τους είναι η προστασία, αλλά έχουν την δυνατότητα να κλείσουν σε περίπτωση σφάλματος
- ∅ Διακόπτες απομόνωσης (Δ/Α): Χρησιμοποιείται για να απομονώσουν τμήματα του δικτύου στα οποία υπάρχει μόνιμο σφάλμα. Η απομόνωση γίνεται την χρονική στιγμή που το ρεύμα σφάλματος έχει διακοπεί από τα άλλα μέσα ζεύξης.



Εικόνα 45: μονογραμμικό διάγραμμα εναέριας γραμμής μέσης τάσης με όλες τις προστασίες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Σχέδιο μελέτης



Στη μελέτη για την γραμμή μέση τάσης δικτύου έγινε χρήση των παρακάτω τύπων καλωδίων:

1. Για τους καταναλωτές 1 έως 8 συνολικής απόστασης 3450 m έχουμε καλώδιο 3* 35 ACSR
2. Για τους καταναλωτές 1 έως 14 συνολικής απόστασης 2400 m έχουμε καλώδιο 3* 95 ACSR
3. Για τους καταναλωτές 1 έως 20 συνολικής απόστασης 2400 m έχουμε καλώδιο 3* 95 ACSR
4. Για τους καταναλωτές 1 έως 26 συνολικής απόστασης 2400 m έχουμε καλώδιο 3* 95 ACSR

4.2 Υπολογισμοί

Σε πρώτη φάση θα υπολογίσουμε τα ρεύματα κάθε καταναλωτή ώστε μετά να βρούμε την μέγιστη πτώση τάση. Ο κάθε καταναλωτής έχει $\cos\phi=0,9$

$$I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3} * V_{\pi} * \cos\phi} \rightarrow$$

$$I_2 = \frac{750.000}{\sqrt{3} * 20.000 * 0,9} = 24,06 < 25,84 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{900.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 28,87 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_4 = \frac{1.250.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 40,09 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_5 = \frac{1.800.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 57,74 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_6 = \frac{1.400.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 44,91 < -28,84 \text{ A}$$

$$I_7 = \frac{1.500.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 48,11 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_8 = \frac{1.750.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 56,13 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_9 = \frac{1.900.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 60,94 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{10} = \frac{1.000.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 32,08 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{11} = \frac{1.400.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 44,91 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{12} = \frac{2.000.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 64,15 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{13} = \frac{1.000.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 32,08 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{14} = \frac{2.000.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 64,15 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{15} = \frac{1.750.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 56,13 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{16} = \frac{1.400.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 44,91 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{17} = \frac{1.500.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 48,11 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{18} = \frac{1.750.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 56,13 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{19} = \frac{890.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 28,55 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{20} = \frac{1.400.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 44,91 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{21} = \frac{1.750.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 56,13 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{22} = \frac{2.000.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 64,15 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{23} = \frac{1,400.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 44,91 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{24} = \frac{1,500.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 48,11 < -25,84 \text{ A}$$

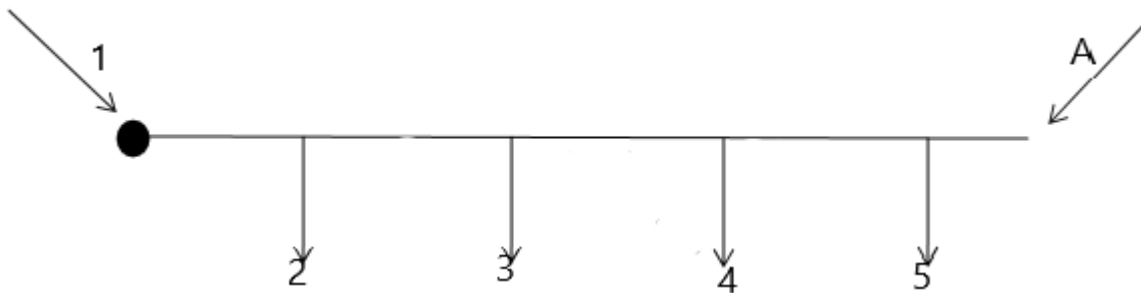
$$I_{25} = \frac{1,500.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 48,11 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{26} = \frac{2,000.000}{\sqrt{3} \cdot 20.000 \cdot 0,9} = 64,15 < -25,84 \text{ A}$$

Η πρώτη γραμμή από τους καταναλωτές 1 έως 5 είναι η μόνη γραμμή της εγκατάστασης που έχουμε τροφοδοσία και από τα δύο άκρα της γραμμής.

Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 450 m , το καλώδιο είναι 3*35 ACSR. Η πραγματική διατομή του είναι 56 mm² και μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση είναι 224 A και 7,76 MVA. Η αντίσταση του ανά χιλιόμετρο είναι R₀=0,576 Ω και η επαγωγική αντίδραση ανά χιλιόμετρο X₀=0,397 Ω.

Δυσμενέστερος καταναλωτής όπως θα δούμε και παρακάτω είναι ο 4



I2	24,06
I3	28,87
I4	40,09
I5	57,74

$$I_{12}=24,06 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{23}= 24,06+28,87 \rightarrow$$

$$I_{23}=52,93 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{34}=52,93+40,09 \rightarrow$$

$$I_{34}= 93,02 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{45}= 93,02+57,74 \rightarrow$$

$$I_{45}= 150,76 < -25,84 \text{ A}$$

$$\Delta v_{1 \rightarrow 2} \rightarrow A=0 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1 \rightarrow 2} + \Delta v_{2 \rightarrow 3} + \Delta v_{3 \rightarrow 4} + \Delta v_{4 \rightarrow 5} = 0$$

$$I-I_{12}+I-I_{23}+I-I_{34}+I-I_{45}=0 \rightarrow$$

$$I-24,06 < -25,84 + I-52,93 < -25,84 + I-93,02 < -25,84 + I-150,76 < -25,84 = 0 \rightarrow$$

$$4I=320,77 < -25,84 \text{ A} \rightarrow$$

$$I=80,19 < -25,84 \text{ A}$$

$$I=80,19 < -25,84$$

$$I_{23}= I-I_2 \rightarrow$$

$$I_{23}=80,19 < -25,84 - 24,06 < -25,84 \rightarrow$$

$$I_{23}=56,13 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{34}= I_{23}-I_3 \rightarrow$$

$$I_{34}=56,13 < -25,84 - 28,87 < -25,84 \rightarrow$$

$$I_{34}=27,26 < -25,84 \text{ A}$$

$$\Delta v_{\max} = \Delta v_{1 \rightarrow 2} + \Delta v_{2 \rightarrow 3} + \Delta v_{3 \rightarrow 4}$$

$$\Delta v_{\max} = I * Z * r \rightarrow$$

$$\Delta v_{\max} = I * Z * r + I_{23} * Z * r + I_{34} * Z * r \rightarrow$$

$$\Delta v_{\max} = 80,19 < -25,84 * 0,7 < 34,48 * 0,45 + 56,13 < -25,84 * 0,7 < 34,48 * 0,45 + 27,26 < -25,84 * 0,7 < 34,48 * 0,45$$

$$\Delta v_{\max} = 51,62 < 8.64 \text{ V}$$

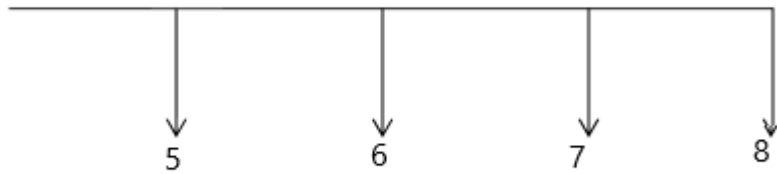
$$\% \Delta v_{\max} = 51,62 / 11.547 \rightarrow$$

$$\% \Delta v_{\max} = 0,45\%$$

Z: Σύνθετη αντίσταση

r: απόσταση

Η δεύτερη γραμμή αποτελείται από τους καταναλωτές 5 έως 8. Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 400 m , το καλώδιο είναι 3*35 ACSR. Η πραγματική διατομή του είναι 56 mm² και μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση είναι 224 A και 7,76 MVA. Η αντίσταση του ανά χιλιόμετρο είναι R0=0,576 Ω και η επαγωγική αντίδραση ανά χιλιόμετρο X0=0,397 Ω.



I5	57,74 < -25,84
I6	44,91 < -25,84
I7	48,11 < -25,84
I8	56,13 < -25,84

I78	56,13 < -25,84
I67	104,24 < -25,84
I56	149,15 < -25,84

Δv_{56}	41,74 < 8,64
Δv_{67}	29,17 < 8,64
Δv_{78}	15,71 < 8,64
Δv_{max}	86,62 < 8,64

$$I_{78} = 56,13 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{67} = 56,13 + 48,11 \rightarrow$$

$$I_{67} = 104,24 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{56} = 104,24 + 44,91 \rightarrow$$

$$I_{56} = 149,15 < -25,84 \text{ A}$$

$$\Delta v_{56} = I_{56} * Z * r \rightarrow$$

$$\Delta v_{56} = 149,15 < -25,84 * 0,7 < 34,48 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{56} = 41,74 < 8,64 \text{ V}$$

$$\Delta v_{67} = 104,24 < -25,84 * 0,7 < 34,48 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{67} = 29,17 < 8,64 \text{ V}$$

$$\Delta v_{78} = 56,13 < -25,84 * 0,7 < 34,48 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{78} = 15,71 \text{ V}$$

$$\Delta v_{\text{max}} = \Delta v_{56} + \Delta v_{67} + \Delta v_{78} \rightarrow$$

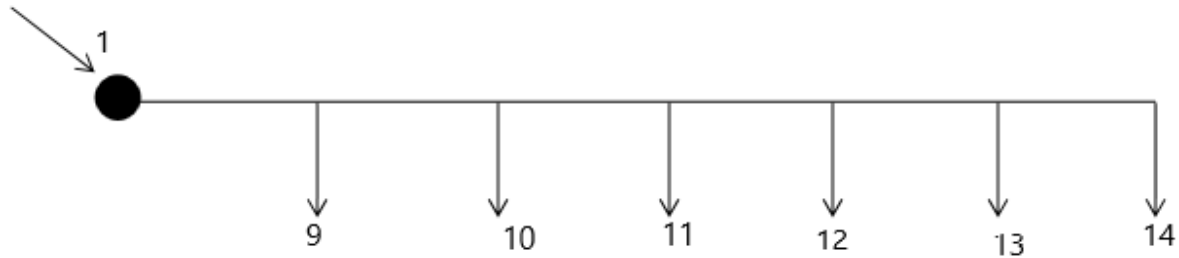
$$\Delta v_{\text{max}} = 41,74 + 29,17 + 15,71 \rightarrow$$

$$\Delta v_{\text{max}} = 86,62 < 8,64 \text{ V}$$

$$\% \Delta v_{\text{max}} = 86,62 / 11.547 \rightarrow$$

$$\% \Delta v_{\text{max}} = 0,75\%$$

Η τρίτη γραμμή αποτελείται από τους καταναλωτές 1 έως 14. Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 400 m , το καλώδιο είναι 3*95 ACSR. Η πραγματική διατομή του είναι 150 mm² και μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση είναι 448 A και 15,52 MVA. Η αντίσταση του ανά χιλιόμετρο είναι R0=0,215 Ω και η επαγωγική αντίδραση ανά χιλιόμετρο X0=0,334 Ω.



I9	60,94<-25,84
I10	32,08<-25,84
I11	44,91<-25,84
I12	64,15<-25,84
I13	32,08<-25,84
I14	64,15<-25,84

I1314	64,15<-25,84
I1213	96,23<-25,84
I1112	160,38<-25,84
I1011	205,29<-25,84
I910	237,37<-25,84
I19	298,31<-25,84

Δv19	47,4<31,39
Δv910	37,71<31,39
Δv1011	32,62<31,39
Δv1112	25,48<31,39
Δv1213	15,29<31,39
Δv1314	10,19<31,39
Δvmax	168,69<31,39

$$I_{1314} = 64,15 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{1213} = 64,15 + 32,08 \rightarrow$$

$$I_{1213} = 96,23 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{1112} = 96,23 + 64,15 \rightarrow$$

$$I_{1112} = 160,38 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{1011} = 160,38 + 44,91 \rightarrow$$

$$I_{1011} = 205,29 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{910} = 205,29 + 32,08 \rightarrow$$

$$I_{910} = 237,37 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{19} = 237,37 + 60,94 \rightarrow$$

$$I_{19} = 298,31 < -25,84 \text{ A}$$

$$\Delta v_{19} = I_{19} * Z * r \rightarrow$$

$$\Delta v_{19} = 298,31 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{19} = 47,4 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{910} = 237,37 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{910} = 37,31 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1011} = 205,29 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1011} = 32,62 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1112} = 160,38 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1112} = 25,48 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1213} = 96,23 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1213} = 15,29 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1314} = 64,15 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1314} = 10,19 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{\max} = \Delta v_{19} + \Delta v_{910} + \Delta v_{1011} + \Delta v_{1112} + \Delta v_{1213} + \Delta v_{1314} \rightarrow$$

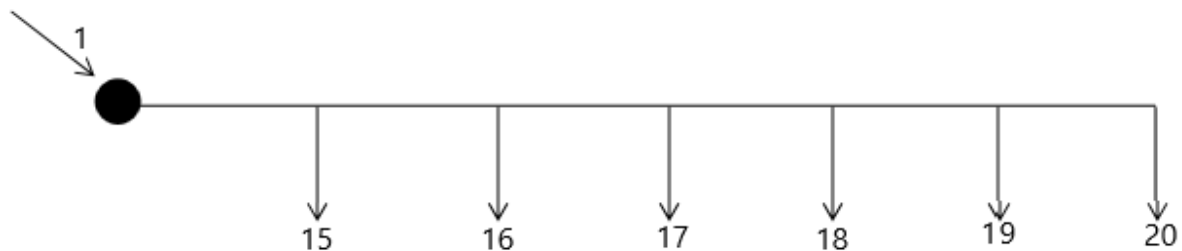
$$\Delta v_{\max} = 47,4 + 37,71 + 32,62 + 25,48 + 15,29 + 10,19 \rightarrow$$

$$\Delta v_{\max} = 168,9 < 31,39 \text{ V}$$

$$\% \Delta v_{\max} = 168,9 / 11.547 \rightarrow$$

$$\% \Delta v_{\max} = 1,46\%$$

Η τέταρτη γραμμή αποτελείται από τους καταναλωτές 1 έως 20. Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 400 m , το καλώδιο είναι 3*95 ACSR. Η πραγματική διατομή του είναι 150 mm² και μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση είναι 448 A και 15,52 MVA. Η αντίσταση του ανά χιλιόμετρο είναι R0=0,215 Ω και η επαγωγική αντίδραση ανά χιλιόμετρο X0=0,334 Ω.



I15	56,13<-25,84
I16	44,91<-25,84
I17	48,11<-25,84
I18	56,13<-25,84
I19	28,55<-25,84
I20	44,91 <-25,84

I1920	44,91<-25,84
I1819	73,46<-25,84
I1718	129,59<-25,84
I1617	177,7<-25,84
I1516	222,61<-25,84
I115	278,74<-25,84

Δv_{115}	44,6<31,39
Δv_{1516}	35,62<31,39
Δv_{1617}	28,43<31,39
Δv_{1718}	20,73<31,39
Δv_{1819}	11,75<31,39
Δv_{1920}	7,19<31,39
Δv_{max}	148,32<31,39

$$I_{1920} = 44,91 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{1819} = 44,91 + 28,55 \rightarrow$$

$$I_{1819} = 73,46 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{1718} = 73,46 + 56,13 \rightarrow$$

$$I_{1718} = 129,59 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{1617} = 129,59 + 48,11 \rightarrow$$

$$I_{1617} = 177,7 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{1516} = 177,7 + 44,91 \rightarrow$$

$$I_{1516} = 222,61 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{115} = 222,61 + 56,13 \rightarrow$$

$$I_{115} = 278,74 < -25,84 \text{ A}$$

$$\Delta v_{115} = I_{115} * Z * r \rightarrow$$

$$\Delta v_{115} = 278,74 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{115} = 44,6 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1516} = 222,61 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1516} = 35,62 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1617} = 177,7 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1617} = 28,43 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1718} = 129,59 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1718} = 20,73 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1819} = 73,46 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1819} = 11,75 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{1920} = 44,91 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{1920} = 7,19 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{\max} = \Delta v_{115} + \Delta v_{1516} + \Delta v_{1617} + \Delta v_{1718} + \Delta v_{1819} + \Delta v_{1920} \rightarrow$$

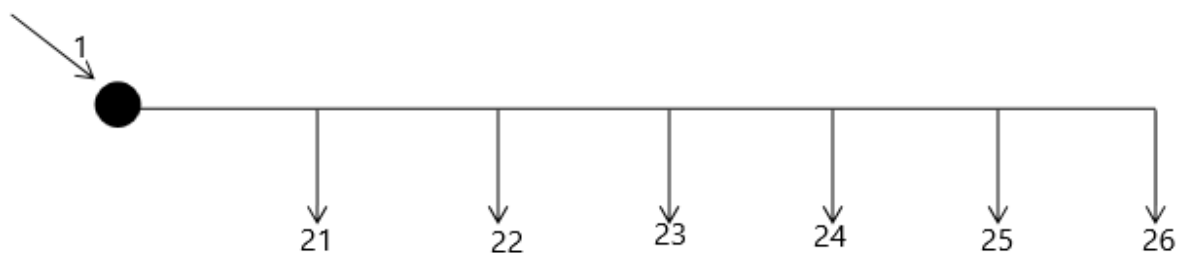
$$\Delta v_{\max} = 44,6 + 35,62 + 28,43 + 20,73 + 11,5 + 7,19 \rightarrow$$

$$\Delta v_{\max} = 148,32 < 31,39 \text{ V}$$

$$\% \Delta v_{\max} = 148,32 / 11.547 \rightarrow$$

$$\% \Delta v_{\max} = 1,28\%$$

Τέλος η γραμμή αποτελείται από τους καταναλωτές 1 έως 26. Οι αποστάσεις μεταξύ των καταναλωτών είναι 400 m , το καλώδιο είναι 3*95 ACSR. Η πραγματική διατομή του είναι 150 mm² και μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση είναι 448 A και 15,52 MVA. Η αντίσταση του ανά χιλιόμετρο είναι R0=0,215 Ω και η επαγωγική αντίδραση ανά χιλιόμετρο X0=0,334 Ω.



I21	56,13<-25,84
I22	64,15<-25,84
I23	44,91<-25,84
I24	48,11<-25,84
I25	48,11<-25,84
I26	64,15<-25,84

I2526	64,15<-25,84
I2425	112,26<-25,84
I2324	160,37<-25,84
I2223	205,28<-25,84
I2122	269,43<-25,84
I121	325,56<-25,84

Δv_{121}	52,09<31,39
Δv_{2122}	43,11<31,39
Δv_{2223}	32,84<31,39
Δv_{2324}	25,66<31,39
Δv_{2425}	17,86<31,39
Δv_{2526}	10,26<31,39
Δv_{max}	181,82<31,39

$$I_{2526} = 64,15 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{2425} = 64,15 + 48,11 \rightarrow$$

$$I_{2425} = 112,26 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{2324} = 112,26 + 48,11 \rightarrow$$

$$I_{2324} = 160,37 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{2223} = 160,37 + 44,91 \rightarrow$$

$$I_{2223} = 205,28 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{2122} = 205,28 + 64,15 \rightarrow$$

$$I_{2122} = 269,43 < -25,84 \text{ A}$$

$$I_{121} = 269,43 + 56,13 \rightarrow$$

$$I_{121} = 325,56 < -25,84 \text{ A}$$

$$\Delta v_{121} = I_{121} * Z * r \rightarrow$$

$$\Delta v_{121} = 325,56 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{121} = 52,09 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{2122} = 269,43 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{2121} = 43,11 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{2223} = 205,28 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{2223} = 32,84 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{2324} = 160,37 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{2324} = 25,66 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{2425} = 112,26 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{2425} = 17,96 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{2526} = 64,15 < -25,84 * 0,4 < 57,23 * 0,4 \rightarrow$$

$$\Delta v_{2526} = 10,26 < 31,39 \text{ V}$$

$$\Delta v_{\max} = \Delta v_{121} + \Delta v_{2122} + \Delta v_{2223} + \Delta v_{2324} + \Delta v_{2425} + \Delta v_{2526} \rightarrow$$

$$\Delta v_{\max} = 52,09 + 43,11 + 32,84 + 25,66 + 17,86 + 10,26 \rightarrow$$

$$\Delta v_{\max} = 181,82 < 31,39 \text{ V}$$

$$\% \Delta v_{\max} = 181,82 / 11.547 \rightarrow$$

$$\% \Delta v_{\max} = 1,57\%$$

Βιβλιογραφία

- ✓ Πέτρος Ντοκόπουλος, «Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις καταναλωτών» εκδόσεις ΖΗΤΗ
- ✓ Παντελής Β Μαλατέστας « Συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας» εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
- ✓ Σημειώσεις μαθήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, Σχοινάς Νικόλαος
- ✓ Σημειώσεις μαθήματος ηλεκτρικές εγκαταστάσεις , Σχοινάς Νικόλαος

Πηγές διαδικτύου

- ✓ http://www.rae.gr/site/categories_new/consumers/know_about/electricity/distribution.csp
- ✓ <https://electricalnews.gr/texnika-arthra/isxyra-reymata/mesi-tasi?limit=10&start=10>
- ✓ [http://www.nexans.gr/eservice/Greece-el GR/navigatepub_167387_-7221/_html](http://www.nexans.gr/eservice/Greece-el_GR/navigatepub_167387_-7221/_html)
- ✓ https://www.ti-soft.com/el/support/help/electrical/knowledgebase/middlevoltage/panelcad_kalwdia/panelcad_eidh_kalwdiwn_meshs_tashs
- ✓ https://electricalnews.gr/images/Arxeia_PDF/KALODIA_gr.pdf
- ✓ [https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwiIotW6ksDeAhUulIsKHfa4BeMQFjADegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.psdmh-
chania.gr%2Fattachments%2F011_%25CE%25A4%25CF%258D%25CF%2580%25CE%25BF%25CE%25B9%2520%25CF%2580%25CE%25B1%25CF%2581%25CE%25BF%25CF%2587%25CF%258E%25CE%25BD%2520%25CE%25BC%25CE%25AD%25CF%2583%25CE%25B7%25CF%2582%2520%25CF%2584%25CE%25AC%25CF%2583%25CE%25B7%25CF%2582.doc&usg=AOvVaw3gubdBjltuwwI4Ch7HGjnE](https://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwiIotW6ksDeAhUulIsKHfa4BeMQFjADegQIBBAC&url=http%3A%2F%2Fwww.psdmh-
chania.gr%2Fattachments%2F011_%25CE%25A4%25CF%258D%25CF%2580%25CE%25BF%25CE%25B9%2520%25CF%2580%25CE%25B1%25CF%2581%25CE%25BF%25CF%2587%25CF%258E%25CE%25BD%2520%25CE%25BC%25CE%25AD%25CF%2583%25CE%25B7%25CF%2582%2520%25CF%2584%25CE%25AC%25CF%2583%25CE%25B7%25CF%2582.doc&usg=AOvVaw3gubdBjltuwwI4Ch7HGjnE)
- ✓ <http://www.kmelkat.gr/domimeni-kalodiwsh/item/513-mesi-tasi-meros-8o-kalodia>

- ▼ <https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS315/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%82/SHE%20II%2002.pdf>

- ▼ <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/907/1/stavrakidispdf.pdf>

- ▼ <https://dspace.uowm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/68/PSATHAS%20ILIASO453.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- ▼ <http://www.electrologos.gr/news/112>