

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1561

ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

**ΚΛΕΤΤΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ 6456
ΣΑΜΙΟΥ ΠΡΟΚΟΠΙΟΣ 6565**

ΕΠΟΠΤΕΥΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ / ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή θα σχοληθεί και θα αναλύσει την μελέτη σε έναν υποσταθμό μια γραμμής παραγωγής μια βιομηχανίας καθώς και τον υπολογισμό κάποιων στοιχείων.

Συγκεκριμένα θα οδηγηθούμε από μια υψηλή τάση 150 kV μέσω μετασχηματιστή σε μια μειωμένη τάση στα 0.4 kV. Στις μονάδες αυτές παραγωγής υπάρχουν στην κατάληξή τους κάποια φορτία τα οποία θα μελετηθούν και θα παρθούν κάποιες μετρήσεις από αυτά. Οι μετρήσεις που θα παρθούν θα έχουν ως δεδομένα το ονομαστικό ρεύμα, την ονομαστική τάση, την πραγματική ισχύ (σε kW).

Στην πορεία θα γίνει μια μελέτη πάνω σε αυτά τα στοιχεία πάνω σε μια γραμμή παραγωγής συνολικά.

Με τον όρο "γραμμή παραγωγής" εννοούμε ένα πλήθος στοιχείων ηλεκτρολογικού εξοπλισμού όπως μετασχηματιστής ισχύος, καλώδια χαμηλής και υψηλής τάσης, διακόπτες ισχύος, αποζεύκτες, γειωτές, όργανα ελέγχου και προστασίας, πυκνωτές, ασφάλειες, διακόπτες, εκκινητές, μετατροπείς κτλπ.

Έτσι με βάση τα στοιχεία που θα πάρουμε θα υπολογιστούν οι τιμές των ασφαλειών που πρέπει να βάλουμε και οι διατομές των καλωδίων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος/Περίληψη	ii
1 Εισαγωγή	1
2 Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις	2
2.1 Γενικά Στοιχεία Ηλεκτρολογικών Εγκαταστάσεων	2
2.2 Κανονισμός ΕΗΕ	2
2.3 Κριτήρια Σχεδίασης Εγκατάστασης	2
2.4 Συστήματα Σύνδεσης Γειώσεων	2
2.4.1 Σύστημα TN	3
2.4.2 Σύστημα TT	3
2.4.3 Σύστημα IT	3
2.5 Γειώσεις	4
2.5.1 Ορισμός	4
2.5.2 Είδη Γειώσεων	4
2.5.3 Ηλεκτρόδια Γείωσης	5
2.5.3.1 Κατηγορίες Ηλεκτροδίων Γείωσης	5
2.5.3.2 Προβλήματα Ηλεκτροδίων Γείωσης	5
2.5.4 Θεμελιακή Γείωση	5
2.6 Ηλεκτρολογικό Υλικό Χαμηλής Τάσης	5
2.6.1 Ορισμός	5
2.6.2 Εγκατάσταση Καλωδίων	6
2.6.3 Αγωγοί Καλώδια	7
2.6.4 Πίνακες Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας	8
2.6.5 Ασφάλειες Τήξεως	8
2.6.6 Μικροαυτόματοι Διακόπτες	9
2.6.7 Διατάξεις Προστασίας Διαφορικού Ρεύματος	10
2.6.8 Ρευματοδότες, Διακόπτες Και Λάμπες Φωτισμού	11
3 Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις	12
3.1 Γενικά Στοιχεία Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων	12
3.2 Συντελεστής Ισχύος	12
3.3 Αντιστάθμιση Άεργης Ισχύος – Διόρθωση $\cos\phi$	14
3.4 Ρελέ Ισχύος	16
3.4.1 Θερμικά Ρελέ Προστασίας Κινητήρων	17
3.4.2 Υλικά Αυτοματισμού	18
4 Όργανα Ζεύξης Και Προστασίας Μέσης Και Υψηλής Τάσης	20
4.1 Χρήση Ασφαλειών Μέσης Τάσης	20
4.2 Επιλογή Ασφαλειών	20
4.3 Τύποι Ασφαλειών	20
4.4 Είδη Ασφαλειών	21
4.4.1 Ασφάλειες Εκτόνωσης	21
4.4.2 Ασφάλειες Σκόνης	21
4.4.3 Ασφάλειες Εξαφθοριούχου Θείου	23
4.4.4 Ασφάλειες Κενού	24
4.5 Αποζεύκτες	25

5 Μετασχηματιστές	26
5.1 Ορισμός	26
5.2 Στοιχεία Μετασχηματιστών	26
5.3 Κατηγορίες Μετασχηματιστών	27
5.3.1 Μετασχηματιστές Τροφοδοσίας	27
5.3.2 Μετασχηματιστές Χαμηλών Συχνοτήτων	28
5.3.3 Μετασχηματιστές Ρεύματος	28
5.3.4 Αυτομετασχηματιστές	29
5.3.5 Μετασχηματιστές Υψηλής Τάσης	29
5.4 Τρόποι Σύνδεσης Τυλιγμάτων Μ/Σ	29
6 Κινητήρες	30
6.1 Ορισμός	30
6.2 Αρχή Λειτουργίας Κινητήρα	30
6.3 Κατηγορίες Κινητήρων	31
6.3.1 Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος	31
6.3.2 Κινητήρες Σειράς Εναλλασσόμενου Ρεύματος	31
6.3.3 Ασύγχρονοι Μονοφασικοί Κινητήρες	31
6.3.4 Ασύγχρονοι Τριφασικοί Κινητήρες	32
6.4 Τρόποι Σύμπλεξης Κινητήρα Με Φορτίο	33
6.5 Υπερφόρτιση Κινητήρων	33
6.6 Τρόποι Προστασίας Από Υπερφόρτιση	33
6.7 Τρόποι Προστασίας Από Βραχυκύκλωμα	33
6.8 Κινητήρες Υψηλής Τάσης	34
6.9 Κυριότερες Ιδιομορφίες Κινητήρων Υ.Τ.	34
6.10 Ψηφιακός Ηλεκτρονόμος	34
7 Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας	36
7.1 Ενότητες Προστασίας	36
7.2 Κατηγορίες Απαγωγών	38
8 Σύστημα Αποκοπής Φορτίων	39
8.1 Δυσκολίες Από Την Αποκοπή Φορτίου Με Βάση Την Τάση	40
8.2 Επαναφορά	40
9 Συστήματα Διαχείρισης Ισχύος	41
9.1 Σκοπός Του Συστήματος	41
9.2 Αρχιτεκτονική Συστήματος	41
9.3 Προστασίες Δικτύου	42
10 Κίνδυνοι Και Ατυχήματα Στις Εγκαταστάσεις	44
10.1 Πιθανοί Κίνδυνοι	44
10.1.1 Κίνδυνοι Για Τον Εξοπλισμό	44
10.1.2 Κίνδυνοι Για Το Προσωπικό	44
10.2 Άνθρωπος Και Ηλεκτρικό Ρεύμα	44
10.2.1 Επίδραση Του Ηλεκτρικού Ρεύματος Στον Άνθρωπο	44
10.2.2 Αντίσταση Ανθρώπινου Σώματος	45
10.2.3 Τάση Επαφής	45
10.3 Ηλεκτροπληξία	46
10.3.1 Προστασία Κατά Της Ηλεκτροπληξίας	46
10.3.2 Ενέργειες Σε Περίπτωση Ηλεκτροπληξίας	46
10.3.3 Μέσα Προστασίας	46
10.3.4 Συνθήκες Εφαρμογής Των Μέσων Βάση Του ΚΕΗΕ	47
10.4 Εργασία Υπό Τάση	47
10.4.1 Προϋποθέσεις Εκτέλεσης Εργασιών	47

10.4.2	Εξοπλισμός Εργασίας	48
10.4.3	Βασικοί Κανόνες Εργασιών	48
10.4.4	Έλεγχος Πριν Την Επανάζευξη	49
10.5	Ηλεκτρικό Τόξο	50
10.5.1	Ορισμός	50
10.5.2	Αίτια Δημιουργίας Τόξου	50
10.5.3	Ενέργειες Σε Ατυχήματα Από Ηλεκτρικό Τόξο	51
10.5.4	Πρώτες Βοήθειες	52
11	Μελέτη Ηλεκτρολογικής Εγκατάστασης	54
11.1	Σχέδιο Εγκατάστασης Βιομηχανίας	55
11.2	Πίνακες Για Επιλογή Στοιχείων	56
11.3	Υπολογισμοί	62
12	Βιβλιογραφία	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

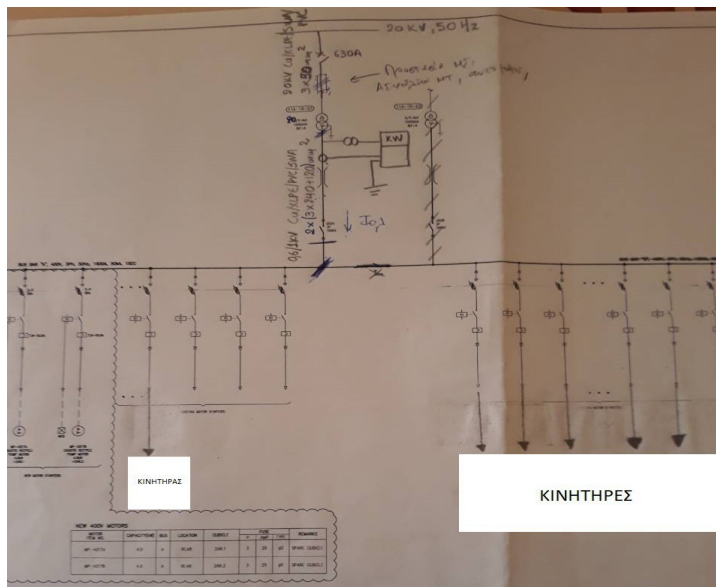
Εισαγωγή

Η παρούσα πτυχιακή θα σχοληθεί και θα αναλύσει την μελέτη σε έναν υποσταθμό μια γραμμής παραγωγής μια βιομηχανίας καθώς και τον υπολογισμό κάποιων στοιχείων.

Συγκεκριμένα θα οδηγηθούμε από μια υψηλή τάση 150 kV μέσω μετασχηματιστή σε μια μειωμένη τάση στα 0.4 kV. Στις μονάδες αυτές παραγωγής υπάρχουν στην κατάληξή τους κάποια φορτία τα οποία θα μελετηθούν και θα παρθούν κάποιες μετρήσεις από αυτά. Οι μετρήσεις που θα παρθούν θα έχουν ως δεδομένα το ονομαστικό ρεύμα, την ονομαστική τάση, την πραγματική ισχύ (σε kW). Στην πορεία θα γίνει μια μελέτη πάνω σε αυτά τα στοιχεία πάνω σε μια γραμμή παραγωγής συνολικά.

Με τον όρο "γραμμή παραγωγής" εννοούμε ένα πλήθος στοιχείων ηλεκτρολογικού εξοπλισμού όπως μετασχηματιστής ισχύος, καλώδια χαμηλής και υψηλής τάσης, διακόπτες ισχύος, αποζεύκτες, γειωτές, όργανα ελέγχου και προστασίας, πυκνωτές, ασφάλειες, διακόπτες, εκκινητές, μετατροπείς κτλπ.

Έτσι με βάση τα στοιχεία που θα πάρουμε θα υπολογιστούν οι τιμές των ασφαλειών που πρέπει να βάλουμε και οι διατομές των καλωδίων.



Πιο συγκεκριμένα με βάση το παρακάτω σχέδιο της εγκατάστασης έχουμε τα δεδομένα των κινητήρων, δηλαδή την ισχύ, τον συντελεστή ισχύος και τον συντελεστή απόδοσης. Έτσι θα υπολογίσουμε με κατάλληλους τύπους το ρεύμα.

Με τη βοήθεια κατάλληλων πινάκων και γνωρίζοντά πλέον το ρεύμα, θα είμαστε σε θέση να βρούμε το κατάλληλο καλώδιο, το θερμικό, τον ηλεκτρονόμο και τη διατομή.

Επίσης θα υπολογίσουμε το συνολικό ρεύμα των κινητήρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις

2.1 Γενικά στοιχεία ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων

Οι εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν σκοπό την συνεχή τροφοδότηση με ηλεκτρικό ρεύμα όλων των τμημάτων και μηχανημάτων μια εγκατάστασης. Η τάση λειτουργίας των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων με βάση το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 50160 είναι:

- 230V μεταξύ μια φάσης και του ουδέτερου. Η τροφοδοσία αυτή γίνεται με τρεις αγωγούς ένας ενεργός αγωγός L, γείωση PE και ουδέτερος N.
- 400V μεταξύ δυο αγωγών φάσης. Η τροφοδοσία αυτή γίνεται με πέντε αγωγούς τρεις ενεργοί αγωγοί L1, L2, L3, γείωση PE και ουδέτερος N.

Η συχνότητα των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων είναι 50HZ.

2.2 Κανονισμός εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Πριν το 2004 υπήρχε ένας κανονισμός εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων τον λεγόμενο ΚΕΗΕ, αλλά στις 5 Μαρτίου 2004 δημοσιεύθηκε η απόφαση του υπουργού ανάπτυξης (ΦΕΚ470B/5-3-04) με την οποία αντικαθίσταται ο παλαιός κανονισμός από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384. Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 είναι υποχρεωτική η εφαρμογή του από τις 28 Φεβρουαρίου 2006.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 περιλαμβάνει τους κανόνες που πρέπει να τηρούνται κατά τη μελέτη, την κατασκευή, την επιθεώρηση και την συντήρηση των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Οι απαιτήσεις οι οποίες πρέπει να ικανοποιούνται αποσκοπούν στην ασφαλή λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων με την προϋπόθεση βέβαια της ορθής χρησιμοποίησής τους.

2.3 Κριτήρια σχεδίασης εγκατάστασης

Μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση πρέπει να σχεδιάζεται με κριτήριο:

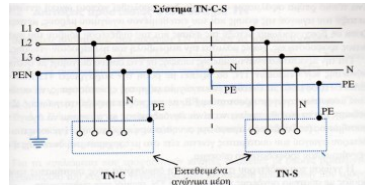
- την ασφάλεια των ατόμων και του εξοπλισμού
- την αξιοπιστία και τη λειτουργικότητα
- την επεκτασιμότητα και την εφεδρεία
- την οικονομική λειτουργία

2.4 Συστήματα σύνδεσης γειώσεων

Τα είδη των σφαλμάτων προς τη γη σε μια γραμμή τροφοδοσίας και οι συνέπειες μια πιθανής επαφής με τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη μιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης συναρτώνται άμεσα με το είδος του συστήματος γείωσης που εφαρμόζεται καθώς και με τη διευθέτηση του ουδέτερου αγωγού. Έχουμε 3 συστήματα σύνδεσης γείωσης σύστημα TN, σύστημα TT και σύστημα IT.

2.4.1 Σύστημα TN

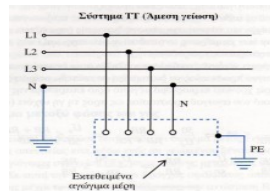
Στο σύστημα TN ο ουδέτερος αγωγός της εγκατάστασης είναι απευθείας γειωμένος στον υποσταθμό διανομής. Η σύνδεση του ουδέτερου αγωγού με τη γη γίνεται άμεσα χωρίς τη σκόπιμη παρεμβολή σύνθετης αντίστασης. Για το TN σύστημα μπορεί να έχουμε δυο επιμέρους παραλλαγές την περίπτωση που ο ουδέτερος αγωγός και ο αγωγός προστασίας είναι ξεχωριστοί σε όλο το σύστημα και την περίπτωση που ο ουδέτερος και ο αγωγός προστασίας συνδυάζονται σε ένα αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα.



Ως διατάξεις προστασίας στο σύστημα TN μπορούν να χρησιμοποιηθούν: διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων και διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος.

2.4.2 Σύστημα TT

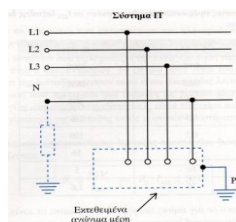
Στο σύστημα TT ο ουδέτερος αγωγός είναι συνδεδεμένος με τη γη. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ουδέτερος αγωγός μπορεί να είναι γειωμένο ένα άλλο σημείο του συστήματος όπως για παράδειγμα ένας αγωγός φάσης του μετασχηματιστή στον υποσταθμό διανομής. Επίσης από την πλευρά της κατανάλωσης όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη είναι συνδεδεμένα με τη γη μέσω ηλεκτροδίων γείωσης τα οποία όμως είναι ανεξάρτητα από την γείωση του συστήματος τροφοδοσίας.



Ως διατάξεις προστασίας στο σύστημα TT μπορούν να χρησιμοποιηθούν: διατάξεις προστασίας έναντι υπερεντάσεων και διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος.

2.4.3 Σύστημα IT

Στο σύστημα τροφοδοσίας με σύνδεση των γειώσεων IT δεν υπάρχουν ενεργά μέρη συνδεδεμένα με την γη ή στην περίπτωση που κάποιο σημείο γειώνεται αυτό γίνεται μέσω μια σύνθετης αντίστασης με πολύ μεγάλη τιμή. Αν γειώνεται κάποιο σημείο του συστήματος αυτό μπορεί να είναι ο ουδέτερος ή μια φάση ένας τεχνητός κόμβος ουδέτερου.



2.5 Γειώσεις

2.5.1 Ορισμός

Γείωση είναι η αγώγιμη σύνδεση κάποιου σημείου ενός κυκλώματος ή ενός εκτεθειμένου αγώγιμου μέρους μια ηλεκτρικής εγκατάστασης ή ενός αγώγιμου ξένου στοιχείου με την γη μέσω μια διάταξης γείωσης.

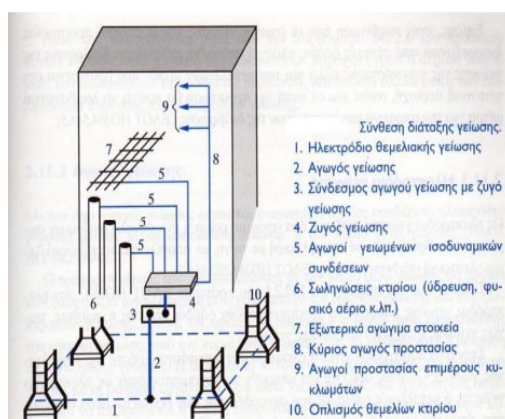


σύμβολο γείωσης

2.5.2 Είδη γειώσεων

- Γείωση λειτουργίας: πρόκειται για τη γείωση ενός σημείου της εγκατάστασης που ανήκει σε κάποιο κύκλωμα λειτουργίας της εγκατάστασης.
- Γείωση προστασίας: πρόκειται για την γείωση των εκτεθειμένων αγώγιμων τμημάτων της εγκατάστασης.
- Γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας: πρόκειται για τη γείωση που έχει σαν σκοπό τη διοχέτευση προς τη γη του ρεύματος από τους κεραυνούς.

Στη σύνθεση μια διάταξης γείωσης ανήκουν τα παρακάτω: το ηλεκτρόδιο γείωσης, ο αγωγός γείωσης, ο κύριος ακροδέκτης γείωσης, αγωγοί προστασίας, αγωγοί κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης και οι αγωγοί της γείωσης.



2.5.3 Ηλεκτρόδια γείωσης

2.5.3.1 Κατηγορίες ηλεκτροδίων γείωσης

Οι κυριότερες μορφές των ηλεκτροδίων γείωσης που χρησιμοποιούνται για γειώσεις είναι:

- Γειωτές ράβδου, δηλαδή σωλήνες ονομαστικής διαμέτρου μεγαλύτερης της μιας ίντσας, οι οποίοι καρφώνονται στο έδαφος. Το υλικό είναι γαλβανισμένος χάλυβας ή επικασσιτερώμενος χαλκό.
- Γειωτές ταινίας, οι οποίοι τοποθετούνται εντός τους εδάφους, γαλβανισμένοι ή επιχαλωμένοι.
- Γειωτής πλάκας ορθογωνίου παραλληλογράμμου, ο οποίος ενταφιάζεται κατακόρυφα.
- Γειωτής πλέγματος, που αποτελείται από ταινίες ή σύρματα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Το μεγάλο πλεονέκτημα του είναι ότι επάνω στο πλέγμα είναι αμελητέες οι τάσεις επαφής.

2.5.3.2 Προβλήματα ηλεκτροδίων γείωσης

Υπάρχουν δύο ειδών προβλήματα, τα οποία παρουσιάζονται στα ηλεκτρόδια γείωσης:

- Ιδιοδιάβρωση, όταν ένα μέταλλο βρίσκεται μόνο του στο έδαφος, αντιδρώντας με αυτό κάτι που μπορεί να του προκαλέσει οξείδωση.
- Δάβρωση επαφής, όταν δύο διαφορετικά μέταλλα βρίσκονται σε επαφή.

Καθένα από αυτά αναπτύσσει με τη γη ένα δυναμικό, το οποίο εξαρτάται από το μέταλλο. Αν δύο διαφορετικά μέταλλα έρθουν σε επαφή, τότε ρέει ένα ρεύμα ιόντων από το πιο αρνητικό στο πιο θετικό ηλεκτρόδιο. Έτσι αφαιρείται μέταλλο από τον ηλεκτραρνητικό γειωτή, ο οποίος φθείρεται.

2.5.4 Θεμελιακή γείωση

Προτείνεται από τους κανονισμούς και επιβάλλεται σε όλα τα νέα κτήρια. Αποτελείται από ένα γειωτή ταινίας, ο οποίος κατά τη διάρκεια της θεμελίωσης τοποθετείται εντός σκυροδέματος. Επειδή με αυτόν τον τρόπο βρίσκεται μέσα στη γη και το το σκυρόδεμα είναι υγρό, αυτό εξασφαλίζει χαμηλή αντίσταση γείωσης. Η τοποθέτησή του μέσα στο σκυρόδεμα εξασφαλίζει τη μηχανική αντοχή. Συνιστάται επίσης να συνδέεται στο γειωτή και ο οπλισμός τους σκυροδέματος. Στο γειωτή αφήνονται κάποιες απολήξεις, ώστε να συνδεθούν εκεί και οι αγωγοί καθόδου από αλεξικέραυνα.

2.6 Ηλεκτρολογικό υλικό χαμηλής τάσης

2.6.1 Ορισμός

Με τον όρο ηλεκτρολογικό υλικό εννοείται κάθε στοιχείο που χρησιμοποιείται για την παραγωγή το μετασχηματισμό τη μεταφορά τη διανομή ή τη χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το ηλεκτρολογικό υλικό θα πρέπει να είναι κατάλληλο για την λειτουργία υπό τάση ίση με την ενεργό τιμή της τάσης που θα εφαρμοστεί στην ηλεκτρική εγκατάσταση, να μπορεί να αντέξει το μέγιστο ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος, να μπορεί να αντέξει τα πιθανά ρεύματα υπερεντάσεων, η ονομαστική συχνότητα του υλικού να είναι σύμφωνη με αυτήν της τάσης, η ισχύς του υλικού λαμβάνοντας και το συντελεστή ετεροχρονισμού να είναι κατάλληλη για τις συνθήκες

κανονικής λειτουργίας και κατά την κανονική λειτουργία του να μην προκαλεί κανενός είδους βλαπτικές επιδράσεις τόσο στα γειτονικά με αυτό εγκατεστημένα υλικά όσο και στο σύνολο του συστήματος τροφοδοσίας του.

2.6.2 Εγκατάσταση καλωδίων

Γενικά στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις οι μονωμένοι αγωγοί πρέπει να τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες. Όταν οι μονωμένοι αγωγοί προστατεύονται με ένα ή περισσότερα επιπλέον εξωτερικά περιβλήματα μπορούμε να τους τοποθετήσουμε απ' ευθείας πάνω στους τοίχους ή στις οροφές με τη βοήθεια ειδικών στηριγμάτων.

Η εγκατάσταση των καλωδίων μπορεί να γίνει:

- εξωτερική εγκατάσταση μέσα σε διάτρητα μεταλλικά κανάλια
- εξωτερική με ειδικά στηρίγματα
- εξωτερική μέσα σε κλειστά πλαστικά κανάλια
- εναέρια με ιδιαίτερη μηχανική υποστήριξη
- χωνευτή στον τοίχο ή στο δάπεδο μέσα σε σωλήνες PVC ή σπιράλ ή απευθείας σε ορισμένες περιπτώσεις

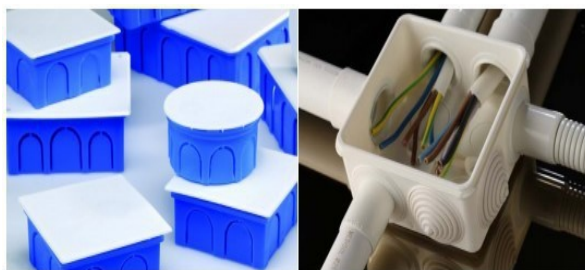
Ανάλογα με τον τρόπο που τοποθετούνται οι σωλήνες χωρίζονται σε δυο κατηγορίες χωνευτοί σωλήνες και εξωτερικοί σωλήνες. Με βάση τους κανονισμούς όταν τοποθετούνται πολλοί αγωγοί μέσα στον ίδιο σωλήνα πρέπει να προστατεύονται από την ίδια ομάδα ασφαλειών.

Τα είδη σωληνώσεων είναι:

- ευθύγραμμοι σωλήνες πλαστικοί βαρέως τύπου
- σπιράλ πλαστικό βαρέως τύπου
- σπιράλ βαρέως τύπου για μπετόν
- ευθύγραμμοι σωλήνες πλαστικοί ελαφρού τύπου
- σπιράλ πλαστικό ελαφρού τύπου



Ακόμα έχουμε κουτιά διακλαδώσεως σε διάφορα μεγέθη και κουτιά διακόπτου για να τοποθετούνται μέσα οι διακόπτες και οι πρίζες. Για ορατές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούμε πλαστικά κανάλια.



2.6.3 Αγωγοί καλώδια

Για την σωστή επιλογή του τύπου και του είδους ενός καλωδίου είναι απαραίτητο να προσδιοριστεί η διατομή του και να ληφθεί υπόψη ο τρόπος και το περιβάλλον εγκατάστασης.

Για την επιλογή του τύπου ενός καλωδίου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθοι παράμετροι σε σχέση με το αγωγίμο υλικό το μονωτικό περίβλημα και τον τύπο του καλωδίου. Το αγωγίμο υλικό είναι χαλκός ή αλουμίνιο η επιλογή γίνεται βάση το κόστος τις διαστάσεις και το βάρος. Ο χαλκός έχει περίπου 30% μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς ρεύματος από το αλουμίνιο επίσης το αλουμίνιο έχει 60% μεγαλύτερη ωμική αντίσταση από τον χαλκό στις ίδιες διατομής αγωγό. Μονωτικό υλικό PVC, XLPE, EPR το αν ένας αγωγός φέρει μόνωση ή όχι και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη επηρεάζει τη μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού σε συνθήκες πλήρους φόρτισης ή βραχυκυκλώματος και κατά συνέπεια παίζει σημαντικό ρόλο στην τελική επιλογή της διατομής του αγωγού. Ο τύπος του αγωγού γυμνός μονοπολικός πολύκλωνος επιλέγεται βάση τη μηχανική του αντίσταση το είδος της μόνωσης του αλλά και τις ιδιαιτερότητες που μπορεί να παρουσιάζει το σο ο χώρος όσο και η μέθοδος εγκατάστασης.

Η απόδοση μια ηλεκτρικής συσκευής μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά όταν η τάση τροφοδοσίας της είναι μικρότερη από την ονομαστική της τιμή. Σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η πτώση τάσης κατά μήκος της γραμμής τροφοδοσίας ενός κυκλώματος ιδιαίτερα όταν αυτή είναι μεγάλη σε μήκος. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD384 η αποδεκτή πτώση τάσης σε μια γραμμή τροφοδοσίας πρέπει να είναι μικρότερη ή και ίση με το 4% της ονομαστικής τάσης.

Σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση όλοι οι αγωγοί φάσεων θα πρέπει να έχουν μια ελάχιστη απαιτούμενη διατομή. Η διατομή αυτή εξαρτάται από το είδος της ηλεκτρικής γραμμής τη χρήση του κυκλώματος αλλά και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι οι αγωγοί. Η διατομή του ουδέτερου αγωγού είναι υποχρεωτικά η ίδια με τη διατομή των φάσεων στα μονοφασικά κυκλώματα. Το ίδιο ισχύει και στα τριφασικά κυκλώματα όταν η διατομή των 13 αγωγών της

γραμμής είναι μέχρι 16mm² χαλκού. Όταν η διατομή είναι πάνω από 16mm² χαλκού τότε η διατομή του ουδέτερου μπορεί να είναι μικρότερη εφόσον πληρούνται 3 συνθήκες :

- το ρεύμα φορτίου που πρόκειται να διαρρεύσει τον αγωγό δεν περιέχει αρμονικές συνιστώσες
- η διατομή του ουδέτερου αγωγού είναι τουλάχιστον 16mm² για χαλκό
- ο ουδέτερος αγωγός προστατεύεται έναντι υπερεντάσεων

Ως υπερένταση σε έναν αγωγό ορίζεται κάθε ρεύμα μεγαλύτερο από αυτό που καθορίζει με βάση τη μέγιστη ικανότητα μεταφοράς ρεύματος από τον αγωγό. Η προστασία των αγωγών από υπερεντάσεις μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση διατάξεων που προστατεύουν από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα συγχρόνως όπως για παράδειγμα, διακόπτες ισχύος στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μικροαυτόματοι οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι τόσο με θερμικό στοιχείο για την προστασία από υπερφορτίσεις, όσο και με μαγνητικό στοιχείο για την προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων, διακόπτες ισχύος σε συνδυασμό με ασφάλειες και από τηκτές ασφάλειες τύπου gG.

2.6.4 Πίνακες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

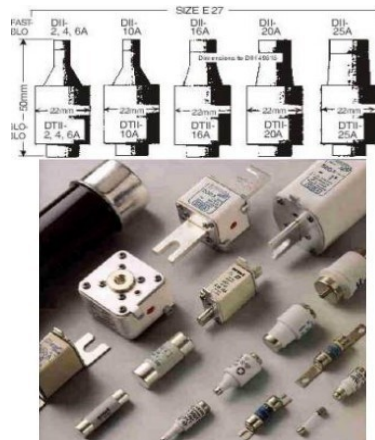
Ένα από τα βασικά δομικά στοιχεία μια ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι ο πίνακας διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας. Θα μπορούσαμε συμβολικά να πούμε ότι αποτελεί τον "εγκέφαλο" της ηλεκτρικής εγκατάστασης καθώς από τη δομή και τη σύνθεση του εξαρτώνται: ο έλεγχος όλων των κυκλωμάτων της εγκατάστασης, η προστασία του χρηστή της εγκατάστασης, η ασφάλεια των κυκλωμάτων και η επιτήρηση ή και η υλοποίηση κυκλωμάτων αυτοματισμού. Ένας πίνακας διανομής είτε αυτός είναι εντοιχισμένος είτε επιτοίχιος αποτελείται από: το κιβώτιο του πίνακα με την πόρτα, την πλάτη του πίνακα όπου στερεώνονται τα απαιτούμενα υλικά και την μετώπη η οποία καλύπτει τα υλικά που τοποθετηθήκαν στον πίνακα αφήνοντας ελεύθερα μόνο τα σημεία χειρισμού τους.



2.6.5 Ασφάλειες τήξεως

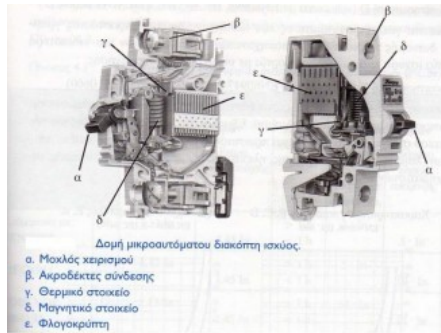
Μια συνηθισμένη ασφάλεια τήξης αποτελείται από ένα αγωγίμο στοιχείο τοποθετημένο στο εσωτερικό ενός μονωτικού περιβλήματος το οποίο είναι γεμισμένο με ειδικό άκαυστο υλικό σε μορφή σκόνης. Οι ασφάλειες τύπου DIAZED είναι κατάλληλες για την προστασία κυκλωμάτων με ονομαστική τάση τροφοδοσίας έως και 500V ενώ μπορεί να έχουν ικανότητα διακοπής ρεύματος

βραχυκύκλωσης έως και 7,5kA. Διατίθενται με ονομαστικές εντάσεις από 2A έως και 100A σε 4 διαφορετικά μεγέθη. Οι ασφάλειες τύπου DO (NEOZED) είναι κατάλληλες για χρήση σε κυκλώματα ονομαστικής τάσης τροφοδοσίας έως και 440V και έχουν ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης μέχρι και 100kA. Οι ασφάλειες NEOZED διατίθενται για τιμές ονομαστικής έντασης από 2 έως και 100A και σε τρία διαφορετικά μεγέθη σε συνάρτηση με την ονομαστική τους ένταση. Οι μαχαιρωτές τηκτές ασφάλειες χαμηλής τάσης διατίθενται συνήθως για ονομαστικές τάσεις λειτουργίας 500V και 690V και για ονομαστική ένταση από 40 έως και 1250A.



2.6.6 Μικροαυτόματοι διακόπτες

Η προστασία των αγωγών από υπερεντάσεις μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση διατάξεων που προστατεύουν από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα συγχρόνως. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μικροαυτόματοι διακόπτες οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι τόσο με θερμικό στοιχείο για την προστασία από υπερφορτίσεις όσο και με μαγνητικό στοιχείο για την προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων. Οι τυποποιημένες τιμές της ονομαστικής έντασης των μικροαυτόματων είναι 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 και 69A. Επίσης υπάρχουν μικροαυτόματοι με χαμηλότερη ονομαστική ένταση οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές. Οι μικροαυτόματοι είναι κατασκευασμένοι ώστε να μπορούν να διακόψουν πολύ μεγάλα ρεύματα βραχυκύκλωσης μέχρι και της τάξης των 25kA. Η συμπεριφορά ενός μικροαυτόματου διακόπτη ισχύος περιγράφεται από τις χαρακτηριστικές λειτουργίας ρεύματος χρόνου. Με βάση τα ισχύοντα πρότυπα οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ρεύματος χρόνου είναι: χαρακτηριστική B πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν ωμικά φορτία και γραμμές φωτισμού. Χαρακτηριστική C πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν ωμικά και ελαφρώς επαγωγικά φορτία. Χαρακτηριστική D πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν φορτία ισχυρά επαγωγικά και φορτία με υψηλά ρεύματα εκκίνησης. Χαρακτηριστική K πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν προστασία στην τροφοδοσία κινητήρων, λαμπτήρων χαμηλής τάσης, ηλεκτρονικών μπάλαστ, κλιματιστικών και μετασχηματιστών. Χαρακτηριστική Z οι μικροαυτόματοι αυτοί είναι κατάλληλοι για την προστασία διατάξεων ημιαγωγών και κυκλωμάτων μετασχηματισμού τάσης. Οι μικροαυτόματοι τοποθετούνται στον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Είναι σχεδιασμένοι για την στήριξη σε ράγα τυποποιημένης διατομής και διακρίνονται σε μονοπολικούς ή τριπολικούς ανάλογα με το αν προορίζονται για την προστασία μονοφασικού ή τριφασικού κυκλώματος.

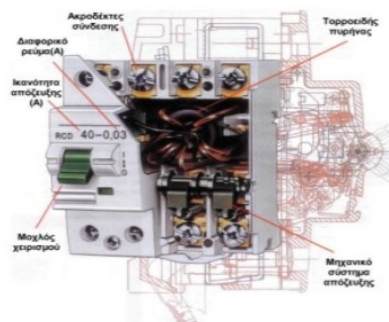


2.6.7 Διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος

Σκοπός των διατάξεων προστασίας διαφορικού ρεύματος είναι η προστασία ανθρώπων και ζώων από ηλεκτροπληξία. Ως διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος ορίζεται μια μηχανική συσκευή διακοπής που έχει σαν προορισμό το άνοιγμα των επαφών όταν το ρεύμα φτάσει ή υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή. Διαφορικό ρεύμα είναι το αλγεβρικό άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των ρευμάτων που διαρρέουν όλους τους ενεργούς αγωγούς ενός κυκλώματος σε ένα σημείο της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Ο διακόπτης διαρροής αποτελεί και αυτός μια διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος που οι απαραίτητες λειτουργίες είναι ενσωματωμένες και επιτελούνται από μια συσκευή. Μια διάταξη προστασίας διαφορικού ρεύματος με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας $I_{\Delta N}$ μικρότερο έως ίσο με 30mA μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διάταξη προστασίας έναντι της άμεσης επαφής.

Τύποι διατάξεων διαφορικού ρεύματος:

- Τύπος AC, για ημιτονικά εναλλασσόμενα ρεύματα
- Τύπος A για ημιτονικά ρεύματα ή παλμικά συνεχή ρεύματα και παλμικά ρεύματα με συνεχή συνιστώσα μέχρι 0,006A
- Τύπος B για ρεύματα ίδια με τον προηγούμενο τύπο αλλά και ανορθωμένα ρεύματα



Κάθε διάταξη διαφορικού ρεύματος αποτελείται από δυο βασικά δομικά στοιχεία: τον αισθητήρα ο οποίος παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα στην περίπτωση όπου το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων που διαρρέουν τους ενεργούς αγωγούς είναι διάφορο του μηδενός και τον ηλεκτρονόμο

μέτρησης ο οποίος συγκρίνει το σήμα που στέλνει ο αισθητήρας με μια προκαθορισμένη τιμή για το διαφορικό ρεύμα και στέλνει την εντολή στο σύστημα απόζευξης.

2.6.8 Ρευματοδότες, διακόπτες και λάμπες φωτισμού

Απαραίτητα στοιχεία κάθε ηλεκτρολογικής εγκατάστασης όσο απλή ή σύνθετη μπορεί να είναι αποτελούν οι διακόπτες φωτισμού και οι ρευματοδότες.

Οι διακόπτες φωτισμού χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των κυκλωμάτων που τροφοδοτούν τα σημεία φωτισμού ενώ οι ρευματοδότες αποτελούν τα σημεία λήψης ηλεκτρικής ενέργειας για την τροφοδότηση φορητών συσκευών. Ο τρόπος εγκατάστασης επηρεάζει άμεσα την σχεδίαση και την κατασκευή των διακόπτων φωτισμού και των ρευματοδοτών. Η εγκατάστασή τους μπορεί να είναι χωνευτή όταν ο διακόπτης ή ο ρευματοδότης στηρίζεται στο εσωτερικό πλαστικού κουτιού το οποίο έχει εντοιχιστεί κατά το αρχικό στάδιο κατασκευής της ηλεκτρικής εγκατάστασης ή επίτοιχη όταν η στήριξη του διακόπτη ή ρευματοδότη γίνεται εξωτερικά πάνω στον τοίχο.



Οι διακόπτες φωτισμού διακρίνονται ανάλογα με την λειτουργία τους σε διακόπτες απλούς για τον έλεγχο ενός φωτιστικού σημείου από μια μόνο θέση, τους διπλούς διακόπτες για τον έλεγχο δυο φωτιστικών σημείων, οι διακόπτες αλλη- ρετουρ για τον έλεγχο ενός φωτιστικού σημείου από περισσότερες από μια θέσεις, οι διακόπτες ρύθμισης έντασης φωτισμού για την δυνατότητα αυξομείωσης της έντασης φωτισμού που ένα φωτιστικό σώμα μπορεί να αποδώσει. Οι συνηθισμένοι ρευματοδότες που χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα φωτισμού είναι τύπου σούκο. Η συνήθης τιμή έντασης για τους πόλους των ρευματοδοτών φωτισμού είναι 16Α. Στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις έχουμε ακόμα ένα απαραίτητο εξάρτημα τους λαμπτήρες. Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται για τον τεχνητό φωτισμό είναι οι λαμπτήρες πυράκτωσης, λαμπτήρες εκκένωσης και λαμπτήρες L.E.D..



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Βιομηχανικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις

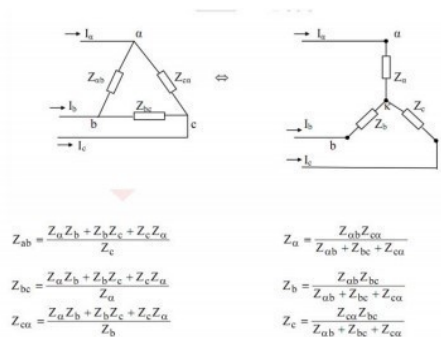
3.1 Γενικά στοιχεία βιομηχανικών εγκαταστάσεων

Στη βιομηχανία χρησιμοποιούμε μηχανές για μια συγκεκριμένη εργασία. Ανάλογα με τις απαιτήσεις επιλέγουμε τον ηλεκτροκινητήρα και ανάλογα με τις απαιτήσεις του ηλεκτροκινητήρα και της μηχανής σχεδιάζουμε και κατασκευάζουμε το σύστημα τροφοδοσίας και έλεγχου.

Σύστημα τροφοδοσίας: εννοούμε την ηλεκτρική εγκατάσταση κίνησης του κινητήρα ή της μηχανής και γενικότερα την ηλεκτρική εγκατάσταση τροφοδοσίας όλου του συγκροτήματος που περιλαμβάνει μηχανές και βοηθητικά εξαρτήματα.

Σύστημα έλεγχου. Όταν λέμε σύστημα έλεγχου εννοούμε τις διάφορες λειτουργίες όπως εκκίνηση επιτάχυνση ρύθμιση ταχύτητας προστασία αναστροφή σταμάτημα κλπ. Κάθε κομμάτι εξοπλισμού για να ρυθμίζουμε ή να ελέγχουμε της λειτουργίες μια μηχανής ή ενός κινητήρα ονομάζεται στοιχείο έλεγχου. Με βάση τον κάθε τύπο στοιχείο έλεγχου έχουμε: χειροκίνητο έλεγχο, ημιαυτόματο έλεγχο και αυτόματο έλεγχο. Όταν λέμε χειροκίνητο έλεγχο εννοούμε το ξεκίνημα ή το σταμάτημα ενός κινητήρα με την βοήθεια ενός διακόπτη. Ο διακόπτης βρίσκεται κοντά στο μηχανήματα οπότε ο χειρίστης μπορεί να ξεκινήσει και να σταματήσει την λειτουργία του μηχανήματος. Όταν λέμε ημιαυτόματο έλεγχο έχουμε το ξεκίνημα ή το σταμάτημα ενός κινητήρα με τη βοήθεια ενός μαγνητικού εκκινητή (ρελε) και ένα ή περισσότερα μπουτόν (start – stop). Όταν λέμε αυτόματο έλεγχο εννοούμε το ξεκίνημα ή το σταμάτημα ενός κινητήρα με την βοήθεια ενός μαγνητικού εκκινητή (ρελε) του οποίου οι λειτουργίες ελέγχονται από μια ή περισσότερες αυτόματες συσκευές (θερμοστάτης, πιεζοστάτης, υδροστάτης, πλωτεροδιακόπτης, διακόπτης ροής, χρονοδιακόπτης, τερματικός διακόπτης κλπ).

Στην περίπτωση που έχουμε τριφασικό φορτίο μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο τροφοδοσίας είτε κατά τρίγωνο είτε κατά αστέρα.



3.2 Συντελεστής ισχύος

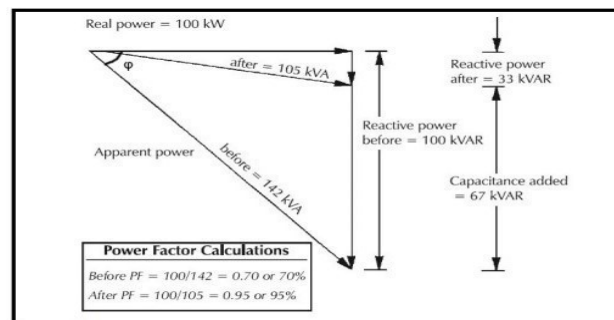
Η τιμή του συντελεστή ισχύος χαρακτηρίζει το βαθμό εκμετάλλευσης της απορροφούμενης ισχύος από ένα δίκτυο και τη μετατροπή της ως ωφέλιμη για τον καταναλωτή ενέργεια. Ένα από τα βασικά στοιχεία για τα οποία πρέπει να ληφθεί ιδιαίτερη μέριμνα κατά τη σχεδίαση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και ειδικότερα αν πρόκειται για βιομηχανική εγκατάσταση η οποία περιλαμβάνει πλήθος συσκευών και μηχανημάτων αφορά στο συντελεστή ισχύος που αυτή εμφανίζει όταν τροφοδοτηθεί με εναλλασσόμενο ρεύμα. Για τον ορισμό του συνφ θα μπορούσαμε να τον

περιγράψουμε σαν ένα παράγοντα η τιμή του οποίου δηλώνει τη συμπεριφορά ενός κυκλώματος (χωρητική, επαγωγική ή ωμική). Η προσέγγιση αυτή μπορεί να επεκταθεί λέγοντας ότι ο συντελεστής ισχύος μας δηλώνει το κλάσμα της απορροφούμενης ισχύος που μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια για τον καταναλωτή.

Σε ένα ηλεκτρικό σύστημα έχουμε 3 ισχύς. Την ενεργό, την άεργο και την φαινομένη.

- Η ενεργός ισχύς: είναι το ποσό της ισχύος το οποίο καταναλώνεται για την παραγωγή έργου. Η ενεργός ισχύς μετράται σε Watt.
- Η άεργος ισχύς: οι ηλεκτρικές μηχανές για την λειτουργία τους απαιτούν τη δημιουργία ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Η απαιτούμενη για την δημιουργία αυτού του πεδίου ισχύς δεν αποδίδει ωφέλιμο έργο και μετράται σε Var.
- Η φαινομένη ισχύς: είναι το γινόμενο της τάσης επί το ρεύμα. Πρόκειται ουσιαστικά για τη συνολικά απορροφημένη ισχύ από το δίκτυο τροφοδοσίας της οποίας ένα μέρος μετατρέπεται σε ενεργό ισχύ και το υπόλοιπο σε άεργο ισχύ που δεν παράγει ωφέλιμο έργο και η οποία κάποια στιγμή αποδίδεται πάλι στο δίκτυο τροφοδοσίας. Η φαινομένη ισχύς μετράται σε VA.

Η γωνία μεταξύ φαινομένης και ενεργού ισχύος συμβολίζεται με το γράμμα ϕ . το συνημίτονο της γωνίας ϕ ονομάζεται συντελεστής ισχύος. Με βάση το τρίγωνο παρατηρούμε ότι η ενεργός τιμή μεταβάλλεται ευθέως ανάλογα με το συντελεστή ισχύος. Όσο η τιμή του $\cos\phi$ πλησιάζει το 1 τόσο η τιμή της ενεργού ισχύος μεγαλώνει. Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία ϕ τόσο μεγαλύτερη είναι και η άεργος ισχύς που απορροφάται και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερο το συνολικό απορροφούμενο ρεύμα.



Σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση κύρια επιδίωξη μας είναι να κρατάμε τη τιμή του συντελεστή ισχύος όσο το δυνατόν κοντά στην μονάδα. Καθώς η συμπεριφορά των καταναλώσεων είναι κατά πλειοψηφία επαγωγική για την αντιστάθμιση χρησιμοποιούμε καταναλώσεις με χωρητική συμπεριφορά μεγιστοποιώντας με αυτό τον τρόπο την τιμή του συντελεστή ισχύος που παρουσιάζει η εγκατάσταση. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται διόρθωση του συντελεστή ισχύος. Όταν λοιπόν λέμε ότι θέλουμε να διορθώσουμε το συντελεστή ισχύος εννοούμε ότι επιδιώκουμε να μικρύνουμε όσο γίνεται περισσότερο την άεργο ισχύ και να μπορούμε συνεπώς να εκμεταλλευτούμε όλη την ισχύ που μπορεί η πηγή να μας προσφέρει. Επιτυγχάνοντας τιμή του συντελεστή ισχύος πλησίον της μονάδας περιορίζουμε το άεργο απορροφούμενο από την εγκατάσταση ρεύμα στο λιγότερο δυνατό και συνεπώς αποφεύγουμε την άσκοπη καταπόνηση της εγκατάστασης με ρεύμα το οποίο δεν παράγει ωφέλιμο έργο.

3.3 Αντιστάθμιση άεργης ισχύος – διόρθωση συνφ

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης άεργης ισχύος και η εκλογή του είδους των πυκνωτών και του τρόπου εγκατάστασής τους με σκοπό τη βελτίωση τους συνφ σε ένα δίκτυο τροφοδοσίας εξαρτάται άμεσα από το είδος των φορτίων και τη διαμόρφωση της εγκατάστασης. Είναι γνωστό ότι ηλεκτρικά φορτία όπως οι ηλεκτροκινητήρες, οι μετασχηματιστές, οι μηχανές συγκόλλησης, οι επαγωγικοί φούρνοι, τα κλιματιστικά μηχανήματα, οι κινητήρες, οι λαμπτήρες φθορισμού κ.λ.π. καταναλώνουν επαγωγική ισχύ. Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος αφορά στην τοποθέτηση πυκνωτών στην εγκατάσταση έτσι ώστε η απαιτούμενη άεργη ισχύς να παρέχεται από τους πυκνωτές αυτούς και όχι από το δίκτυο της ηλεκτρικής εταιρίας παραγωγής ενέργειας.



Οι απαιτήσεις για άεργη ισχύ μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κατηγορίες. Απαίτηση συνεχής: τα άεργα φορτία είναι σταθερά. Απαίτηση μεταβλητή: τα συνολικά φορτία μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στιγμιαία απαίτηση: είναι η περίπτωση στην οποία η απαίτηση είναι σημαντική σε μέγεθος για πολύ μικρό διάστημα.

Διακρίνουμε 4 μεθόδους αντιστάθμισης των οποίων τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα:

- Ανεξάρτητη αντιστάθμιση: εφαρμόζεται σε καταναλώσεις με σταθερές συνθήκες φόρτισης και όταν η ισχύς των φορτίων είναι αρκετά σημαντική σε σχέση με τη συνολική ισχύ της εγκατάστασης. Η κάθε κατανάλωση συνδέεται με μια διάταξη πυκνωτών κατάλληλης ισχύος.

Πλεονεκτήματα: Η άεργη ισχύς παράγεται ακριβώς στο σημείο που απαιτείται. Μειώνεται η πτώση τάσης και η απώλεια στις γραμμές διανομής της εγκατάστασης. Επιτυγχάνεται οικονομία στις διατάξεις ζεύξης.

Μειονεκτήματα: Πολλοί μικροί πυκνωτές κοστίζουν περισσότερο από μια μεγαλύτερη μονάδα με την ίδια συνολική ισχύ. Μικρός συντελεστής χρησιμοποίησης των εγκατεστημένων πυκνωτών σε καταναλώσεις που δεν χρησιμοποιούνται συχνά.

- Αντιστάθμιση κατά ομάδες: κάθε ομάδα επαγωγικών καταναλωτών με την ίδια κατά το δυνατό ισχύ και διάρκεια λειτουργίας αντισταθμίζεται από ένα κοινό πυκνωτή. Αυτού του είδους η αντιστάθμιση χρησιμοποιείται για παράδειγμα στην αντιστάθμιση λαμπτήρων φθορισμού.

Πλεονεκτήματα: Μείωση του κόστους επένδυσης για τους πυκνωτές. Μειώνεται η πτώση τάσης και η απώλεια στη γραμμή τροφοδοσίας της ομάδας.

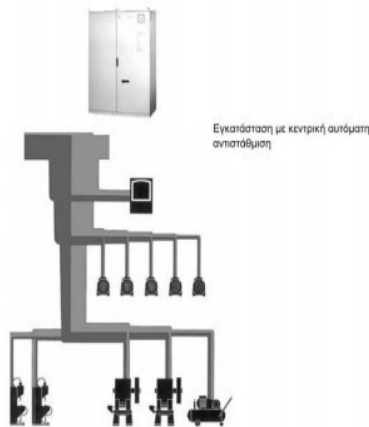
Μειονεκτήματα: Δεν μειώνεται το ρεύμα στις επιμέρους γραμμές διανομής προς τους καταναλωτές εντός μιας ομάδας.

- Κεντρική αντιστάθμιση: με βάση αυτή τη μέθοδο η παραγωγή της άεργης ισχύος γίνεται σε ένα μόνο σημείο της εγκατάστασης. Η άεργος ισχύς ενός πλήθους επαγωγικών καταναλωτών διαφορετικής ισχύος και διάρκειας λειτουργίας αντισταθμίζεται από μια ομάδα όμοιων μεταξύ τους πυκνωτών.

Πλεονεκτήματα: Καλύτερη χρήση της ικανότητας των πυκνωτών. Εύκολη επιτήρηση της εγκατάστασης. Υπάρχει η δυνατότητα υλοποίησης κυκλωμάτων αυτόματου ελέγχου.

Μειονεκτήματα: Δεν μειώνεται το ρεύμα στις επιμέρους γραμμές διανομής προς τους καταναλωτές εντός της εγκατάστασης.

- Συνδυασμένη αντιστάθμιση: με βάση τη μέθοδο αυτή για τους καταναλωτές μεγάλης ισχύος εφαρμόζεται ανεξάρτητη αντιστάθμιση ενώ για τους υπόλοιπους εφαρμόζεται ομαδική ή κεντρική αντιστάθμιση.



Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν η επιλογή της απαιτούμενης αντιστάθμισης γίνεται με βάση τα ακόλουθα βήματα:

1. Υπολογισμός της απαιτούμενης άεργης ισχύος της μονάδας πυκνωτών
2. Επιλογή της μεθόδου αντιστάθμισης
3. Επιλογή μεταξύ αυτόματης ή σταθερής αντιστάθμισης
4. Επιλογή του είδους των πυκνωτών ανάλογα με το επίπεδο μόλυνσης του δικτύου με αρμονικές.

3.4 Ρελέ ισχύος

Τα ρελε ανοίγουν και κλείνουν επαφές με τη βοήθεια ενός πηνίου με σπλισμό. Το άνοιγμα και το κλείσιμο του ρελε μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή να γίνει αυτόματα με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων και βοηθητικών συσκευών.

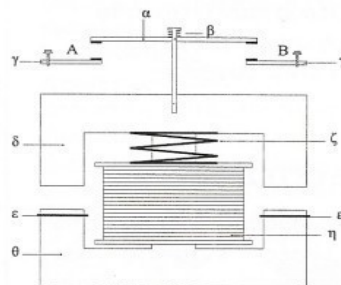


Τα κύρια μέρη ενός ρελε είναι:

- Το πηνίο
- Οι κύριες επαφές
- Οι βοηθητικές επαφές
- Το μαγνητικό κύκλωμα και ο μηχανισμός του
- Ο θάλαμος σβέσης τόξου

Τα ρελε χρησιμοποιούνται:

- Για έλεγχο μηχανημάτων από απόσταση
- Για προγραμματισμό μηχανημάτων
- Για εκκίνηση και έλεγχο λειτουργίας κινητήρων
- Για έλεγχο λειτουργίας δικτύων διανομής
- Για έλεγχο λειτουργίας αντιστάσεων πυκνωτών πηνίων κλπ.



- α) Κινητές επαφές
- β) Μηχανική σύνδεση
- γ) Σταθερές επαφές
- δ) Οπλισμός
- ε) Πηνίο σκιάσεως
- ζ) Ελατήριο
- η) Πηνίο
- θ) Μαγνήτης
- ι) Θάλαμος Απόσβεσης τόξου

Χαρακτηριστικά στοιχεία των ρελε ισχύος:

- Ονομαστική ισχύς σε KW
- Ονομαστική τάση λειτουργίας σε V
- Ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας
- Τάση λειτουργίας κυκλώματος ελέγχου
- Αριθμός βοηθητικών επαφών
- Διάρκεια ζωής επαφών

Όταν στο ρελε έχουμε το συμβολισμό N O σημαίνει ότι αυτή η επαφή είναι ανοιχτή όταν το ρελε δεν είναι οπλισμένο. Όταν το ρελε οπλίσει η επαφή αυτή θα κλείσει. Όταν στο ρελε έχουμε το συμβολισμό N C σημαίνει ότι αυτή η επαφή είναι κλειστή όταν το ρελε δεν είναι οπλισμένο. Όταν το ρελε οπλίσει η επαφή αυτή θα ανοίξει. Εκτός από τα ρελε ισχύος έχουμε και τα βοηθητικά ρελε τα οποία κατασκευάζονται συνήθως για ισχύ μικρότερη από 1 KW. Στα ρελε αυτά έχουμε τις επαφές τροφοδοσίας του πηνίου και της βοηθητικές επαφές. Στις βοηθητικές επαφές έχουμε δυο αριθμούς για κάθε επαφή από τους οποίους ο πρώτος συμβολίζει τη σειρά της βοηθητικής επαφής και ο δεύτερος σημαίνει ανοιχτή αν είναι 3 ή 4 και κλειστή αν είναι 1 ή 2.



Τα βοηθητικά ρελε χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα έλεγχου των εγκαταστάσεων των συσκευών και των μηχανημάτων. Στην πράξη οι κατασκευαστές μας δίνουν διάφορες κατηγορίες βοηθητικών ρελε με βάση την τάση λειτουργίας του πηνίου και την ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να περάσει από τις βοηθητικές επαφές.

3.4.1 Θερμικά ρελέ προστασίας κινητήρων

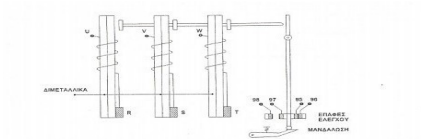
Τα θερμικά είναι μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται για την προστασία των κινητήρων από υπερφορτίσεις και όχι από βραχυκυκλώματα για τα οποία πρέπει να υπάρχουν ασφάλειες οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος. Τα θερμικά συνδέονται ηλεκτρικά με τα ρελε ισχύος των κινητήρων και ελέγχουν τη λειτουργία τους. Ο απλός τύπος θερμικού αποτελείται από τρεις επαφές εισόδου τρία διμεταλλικά ελάσματα τρεις επαφές εξόδου και τις επαφές ελέγχου 95- 96 κλειστή και 95-98 ανοικτή. Στο θερμικό επίσης υπάρχουν ο μηχανισμός για την περιοχή ρύθμισης του θερμικού και τα κομβία stop και reset.



Τα χαρακτηριστικά στοιχεία θερμικών ρελε είναι η κλάση με βάση το χρόνο διακοπής και η περιοχή ρύθμισης θερμικού σε (A).

Για να επιλέξουμε ένα θερμικό θα πρέπει να πάρουμε υπόψη τα παρακάτω:

- Το χρόνο διακοπής (κλάση)
- Την περιοχή ρύθμισης
- Την τάση του κυκλώματος ελέγχου
- Την τάση του κυκλώματος ισχύος
- Την προστασία του από βραχυκυκλώματα
- Το ρελε ισχύος με το οποίο μπορεί να συνδεθεί
- Τη θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Το θερμικό ρεύμα της κλειστής επαφής του βοηθητικού κυκλώματος
- Τη δυνατότητα για χειροκίνητο ή αυτόματο reset



Το Θερμικό αποτελείται από 3 διμεταλλικά στοιχεία γύρω από τα οποία περνούν οι φάσεις πριν τροφοδοτήσουν τον κινητήρα. Τα διμεταλλικά συνδέονται με ένα άξονα ο οποίος στην συνέχεια μπορεί να ενεργοποιήσει δύο επαφές μία ανοικτή (97-98) και μία κλειστή (95-96) έχοντας και ένα μηχανισμό μανδάλωσης ο οποίος δεν επιτρέπει στην επαφή να ξανακλείσει.

3.4.2 Υλικά αυτοματισμού

Υλικά αυτοματισμού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια βιομηχανική ηλεκτρική εγκατάσταση.

- Επιτηρητής τάσης: παρακολουθεί την τάση τροφοδοσίας ενός κυκλώματος ή ενός κινητήρα.



- Επιτηρητής έντασης: παρακολουθεί τη ροή του ρεύματος σε ένα κύκλωμα ή ένα κινητήρα.



- Επιτηρητής συχνότητας: παρακολουθεί τη συχνότητα του εναλλασσομένου ρεύματος σε ένα κύκλωμα τροφοδοσίας.



- Επιτηρητής απώλειας διαδοχής και ασυμμετρίας φάσεων: παρακολουθεί τη διάδοξη των φάσεων, τη συμμετρικότητα ανάμεσα στις φάσεις, την παρουσία των φάσεων και τη γωνία ανάμεσα στις φάσεις.



- Επιτηρητής στροφών: παρακολουθεί τη συχνότητα των παλμών του αισθητήριου και μας παρέχει έλεγχο σε ένα όριο ταχύτητας.

- Επιτηρητής αντιστροφής ισχύος: επιτηρεί το εναλλασσόμενο ρεύμα και ανιχνεύει την υπερφόρτιση που μπορεί να δημιουργηθεί σε περιπτώσεις αντίστροφης ισχύος.

- Επιτηρητής στάθμης



- Συσκευή εκκίνησης μηχανών: είναι σχεδιασμένη για να πραγματοποιεί επαναλαμβανόμενες προσπάθειες εκκίνησης.

- Μονάδα ελέγχου θερμοκρασίας: ανιχνεύει της υπέρβαση της τιμής της ρύθμισης της θερμοκρασίας.

- Χρονικό αυτόματου διακόπτη αστέρα –τρίγωνου.



- Χρονικό πολλαπλής λειτουργίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Όργανα Ζεύξης Και Προστασίας Μέσης Και Υψηλής Τάσης

4.1 Χρήση ασφαλειών μέσης τάσης

Χρησιμοποιούνται μόνο για προστασία σε βραχυκυκλώματα και όχι σε υπερφόρτιση ως φθηνή λύση. Καλό είναι να υπάρχει σε σειρά με τις ασφάλειες ένας διακόπτης φορτίου.

4.2 Επιλογή ασφαλειών

Οι ασφάλειες επιλέγονται σύμφωνα με τα εξής στοιχεία:

- Ονομαστική τάση 220/ 380 Volt.
- Ονομαστική ισχύς διακοπής ή ρεύμα διακοπής.
- Χαρακτηριστικές χρόνου - ρεύματος: I-t (εναλλακτικά μπορεί να δίνετε το μικρό και το μεγάλο ρεύμα δοκιμής. Το μικρό ρεύμα ($1,3 - 1,5 \cdot I_n$) δε λιώνει μπορεί την ασφάλεια να δίνονται σε ορισμένο χρόνο (1 h), ενώ αντίστοιχα το μεγάλο ρεύμα ($1,6 - 2,1 \cdot I_n$) λιώνει την ασφάλεια σε ορισμένο χρόνο (1 h).

4.3 Τύποι ασφαλειών

Οι κυριότεροι τύποι ασφαλειών είναι οι παρακάτω:

- ασφάλειες DO: είναι οι μικρές βιδωτές - κοχλιωτές (Neozed)
- ασφάλειες D: λέγονται Diazed και είναι οι μεγάλες κοχλιωτές
- ασφάλειες NH ή HRC - Fuses (High Rupture Capacity Fuses)
- ασφάλειες G: μικροασφάλειες σε κυλινδρικό σωλήνα για συσκευές

Οι ασφάλειες για προστασία γραμμών πρέπει να προστατεύουν τόσο σε υπερφόρτιση, όσο και σε βραχυκυκλώματα.

Η προστασία στους κινητήρες θα πρέπει να λειτουργεί σε υψηλά ρεύματα.

Οι ασφάλειες χαρακτηρίζονται από 2 γράμματα:

Πρώτο γράμμα:

- g πλήρης προστασία σε όλη την περιοχή ρευμάτων
- α μερική προστασία, μόνο σε υψηλά ρεύματα

Δεύτερο γράμμα:

- L για γραμμές - καλώδια
- M για θερμικά (κινητήρες)
- Tr για μετασχηματιστές

4.4 Είδη ασφαλειών

Οι ασφάλειες διακρίνονται σε:

- ασφάλειες εκτόνωσης
- ασφάλειες σκόνης
- ασφάλειες εξαφθοριούχου θείου
- ασφάλειες κενού

4.4.1 Ασφάλειες εκτόνωσης



Τις ασφάλειες εκτόνωσης τις συναντάμε στα σημεία διακλαδώσεων των εναέριων δικτύων της ΔΕΗ. Αποτελούνται από ένα κοίλο μονωτικό σωλήνα διαμέτρου 2-3 cm και μήκους 30-35 cm το εσωτερικό του οποίου είναι καλυμμένο με βορικό οξύ. Στο εσωτερικό του σωλήνα υπάρχει ένας αγωγός, το τηκτό, τανυσμένος με ελατήριο. Σε περίπτωση υπερέντασης, το τηκτό τήκεται (λιώνει), δημιουργείται τόξο στο εσωτερικό του σωλήνα, το οποίο παράγει υδρατμούς που βοηθούν στη σβέση του τόξου.

4.4.2 Ασφάλειες σκόνης (HRC)

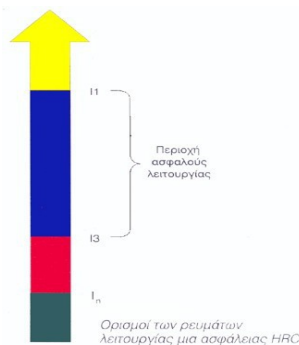


Ονομαστική τάση (U_n): Είναι η μέγιστη πολική τάση του δικτύου, στην οποία μπορεί να εργασθεί συνεχώς η ασφάλεια. Για το δίκτυο μέσης των 20 kV, είναι $U_n=24$ kV. Άλλες τυποποιημένες ονομαστικές τάσεις είναι 3.6, 7.2, 12 και 17.5 kV. Προφανώς μια ασφάλεια ονομαστικής τάσης 24 kV μπορεί να εργασθεί σε δίκτυο 15 kV, το αντίστροφο όμως δεν ισχύει.

Ονομαστικό ρεύμα (I_n): Είναι το ρεύμα που μπορεί να περνά συνεχώς μέσα από την ασφάλεια, χωρίς η θερμοκρασία της να ξεπεράσει τους 65°C. Οι τυποποιημένες ονομαστικές τιμές των ασφαλειών είναι: 6.3, 10, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80 και 100A. Το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας επιλέγεται από το μέγεθος του μετασχηματιστή ισχύος, όπως φαίνεται στον Πίνακα.

Ελάχιστο ονομαστικό ρεύμα διακοπής (I₃): Είναι το ελάχιστο ρεύμα που προκαλεί την τήξη και διακοπή της ασφάλειας. Η τιμή του I₃ είναι 3 ως 5 φορές το ρεύμα I_n. Σημειώνουμε ότι για να διακοπεί το ρεύμα δεν είναι αρκετό το τήξιμο της ασφάλειας. Αν το ρεύμα του σφάλματος είναι μικρότερο του I₃, η ασφάλεια τήκεται αλλά δεν διακόπτεται απαραίτητα και το ρεύμα. Γι' αυτό πρέπει να αποφεύγεται η λειτουργία της ασφάλειας στην περιοχή μεταξύ I_n και I₃.

Μέγιστο ονομαστικό ρεύμα διακοπής (I₁): Είναι το ρεύμα το οποίο μπορεί να διακόψει η ασφάλεια χωρίς κίνδυνο καταστροφής της (έκρηξη). Η τιμή του ρεύματος αυτού κυμαίνεται από 20 έως 80 kA.

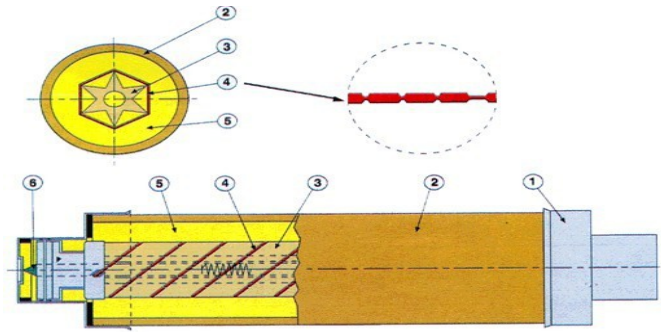


Τάση λειτουργίας (kV)	Ονομαστική ισχύς μετασχηματιστή (kVA)														Ονομαστική τάση (kV)	
	25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250		1600
3,3	16	25	40	50	50	80	80	100	125	125	160	200				7,2
5,5	10	16	31,5	31,5	40	50	50	63	80	100	125	125	160	160		7,2
6,6	10	16	25	31,5	40	50	50	63	80	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

Οι ασφάλειες σκόνης έχουν ένα πυρήνα από κεραμικό υλικό (3), πάνω στο οποίο είναι τυλιγμένο σε μορφή σπείρας το τηκτό (4). Το τηκτό είναι από κράμα αργύρου για να έχει όσο γίνεται μικρότερη αντίσταση. Ο τυλιγμένος αγωγός βρίσκεται σε σκόνη χαλαζία (5). Το εξωτερικό περίβλημα είναι από πορσελάνη (2). Όταν το ρεύμα ξεπεράσει μία κρίσιμη τιμή I, τότε τήκεται ο αγωγός σε ένα ή περισσότερα σημεία, με αποτέλεσμα η ενέργεια που εκλύει το τόξο να απορροφάται από τη χαλαζιακή άμμο που λιώνει και μετατρέπεται σε πορσελάνη. Η αντίσταση που παρεμβάλλεται στο δρόμο του βραχυκυκλώματος είναι τεράστια και το ρεύμα βραχυκυκλώματος περιορίζεται προτού φτάσει στη μέγιστη τιμή του (κορυφή). Αυτό έχει ως συνέπεια, πέρα από την διακοπή του σφάλματος, και το σημαντικό περιορισμό της κορυφής του ρεύματος βραχυκυκλώματος, που σε αντίθετη περίπτωση μπορεί να δημιουργήσει δυναμικές και θερμικές καταπονήσεις στον εξοπλισμό του υποσταθμού. Οι ασφάλειες HRC διαθέτουν και ένα δείκτη λειτουργίας (6) 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:

- 4.2.1. δείχνει ότι η ασφάλεια έχει λειτουργήσει και συνεπώς πρέπει να αντικατασταθεί
- 4.2.2. χτυπά με δύναμη την άκρη ενός πλαστικού μοχλού που με τη βοήθεια ενός μηχανισμού δίνει εντολή απόζευξης στο διακόπτη φορτίου



- 4.2.2.1. επαφές
- 4.2.2.2. εξωτερικός σωλήνας
- 4.2.2.3. πυρήνας από κεραμικό υλικό
- 4.2.2.4. τηκτό στοιχείο
- 4.2.2.5. χαλαζιακή άμμος
- 4.2.2.6. δείκτης λειτουργίας

τα μέρη μια ασφάλειας HRC

4.4.3 Ασφάλειες εξαφθοριούχου θείου (SF6)



Ο εξαφθοριούχος θείος συντέθηκε εργαστηριακά για πρώτη φορά στις αρχές του αιώνα μας και οι πρώτες έρευνες για τη βιομηχανική και ηλεκτρική χρήση του έγιναν από τη General Electric γύρω στα 1940. Η βιομηχανική παραγωγή του SF6 έγινε στις ΗΠΑ λίγα χρόνια μετά από την Allied Chemical Corporation. Από τη δεκαετία του 1960 χρησιμοποιείται σε εφαρμογές υψηλής και υπερυψηλής τάσης, ενώ τα τελευταία είκοσι χρόνια έχει επεκταθεί η χρήση του στη μέση τάση. Παράγεται βιομηχανικά από θείο (S) και φλορίνη (SF2) με ηλεκτρόλυση, σύμφωνα με την παρακάτω χημική αντίδραση $S + 3SF_2 > SF_6 + 262 \text{ kcal}$, μαζί με κάποια άλλα θειούχα φλωρίδια χαμηλότερου σθένους. Το SF6 είναι από τα βαρύτερα αέρια με πυκνότητα 6,139 kg/m³ στους 20 °C υπό πίεση 760 mmHg και το μοριακό του βάρος είναι 146. Είναι άχρωμο και άοσμο. Η ειδική του θερμότητα (Cp) είναι μεγαλύτερη από τον αέρα και αυτό έχει σαν συνέπεια τον περιορισμό της αύξησης θερμοκρασίας στα ηλεκτρικά φαινόμενα. Η θερμική του αγωγιμότητα είναι χαμηλότερη εκείνης του αέρα, αλλά ο συνολικός συντελεστής θερμικής μεταφοράς είναι ιδιαίτερα καλός. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα αποτελεσματική σβέση του τόξου, το οποίο κυριολεκτικά υποτάσσει με

δημιουργία ψύξης. Κατά τη δημιουργία του σφάλματος υπάρχει αποσύνθεση του μορίου του SF₆ στους 2100 – 25000 K και έτσι υποβοηθά την εύκολη μετάδοση θερμότητας, κάτι που έχει σα συνέπεια τη μείωση της θερμοκρασίας, ώστε να προκαλεί την ψύξη και τελικά τη σβέση του τόξου. Το μόριο του SF₆ είναι πολύ ευσταθές, μπορεί να ζεσταθεί χωρίς αποσύνθεση έως τους 773 K, δεν είναι εύφλεκτο, είναι αδιάλυτο στο νερό. Μπορεί να χαρακτηριστεί σαν ένα πολύ αδρανές αέριο που στην καθαρή του μορφή είναι αποδεδειγμένα εργαστηριακά μη τοξικό. Κατασκευαστικά ο διακόπτης αποτελείται από ένα περίβλημα για κάθε πόλο, στο οποίο περιέχονται τα στοιχεία διακοπής μέσα σε αέριο. Η πίεση του SF₆ είναι περίπου 600KPA στους 20 °C.

Κάθε πόλος αποτελείται από:

- κύριες επαφές
- επαφές τόξου
- θαλάμους σβέσης
- κινητήριο μηχανισμό

Η σωστή πίεση του αερίου εντός των θαλάμων επιτηρείται από ανάλογους πιεζοδιακόπτες, οι οποίοι σε περίπτωση μείωσης της πίεσης δίνουν alarm και trip. Στο κλείσιμο του διακόπτη ο άξονας περιστρέφεται, κινώντας τις επαφές με υψηλή ταχύτητα. Οι μονωτικές ιδιότητες του SF₆ καθυστερούν την ανάφλεξη τόξου έως ότου οι κινητές επαφές ακουμπήσουν στις σταθερές απόσβεσης του τόξου. Κατά την απόξευση δημιουργείται τόξο εντός του θαλάμου σβέσης μεταξύ των επαφών τόξου, οι οποίες ανοίγουν, αφού ανοίξουν οι κύριες επαφές. Η θερμική δράση του τόξου προκαλεί αύξηση της πίεσης στους θαλάμους. Αυτή η υπερπίεση προκαλεί ισχυρή κίνηση του αερίου στους θαλάμους. Το τόξο ψύχεται και σβήνει σε χιλιοστά του δευτερολέπτου. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται αποκατάσταση στη διηλεκτρική αντοχή του μονωτικού και αποτρέπεται η εκ νέου έναυση του τόξου (Restriking). Οι διακόπτες SF₆ έχουν σχεδόν παρόμοιο βοηθητικό εξοπλισμό με τους διακόπτες ελαίου και κενού.

4.4.4 Ασφάλειες κενού (Vacuum)

Η λειτουργία τους βασίζεται στην αρχή του Pashen. Σε ένα ομογενές ηλεκτρικό πεδίο με σταθερή την απόσταση των ηλεκτροδίων, η διηλεκτρική αντοχή του αέρα ελαττώνεται με την πτώση της πίεσης. Μετά από μία ελάχιστη τιμή η διηλεκτρική αντοχή αυξάνεται απότομα πάνω από 70 KV υπό πίεση 10 - 11 mbar. Το πλεονέκτημα των διακοπών στο δεδομένα επίπεδα διηλεκτρικής αντοχής απαιτείται μικρότερη απόσταση ηλεκτροδίων. Οι πόλοι του διακόπτη στηρίζονται μέσω μονωτήρων στο κινητήριο μηχανισμό. Οι επαφές του πόλου βρίσκονται εντός θαλάμου κενού. Κατά το άνοιγμα του διακόπτη μέσω του που πρέπει να διακοπεί, σχηματίζεται μία εκκένωση σε εξαερώμενο μέταλλο (ατμοί μετάλλου). Το ρεύμα περνά από αυτό το μεταλλικό πλάσμα μέχρι τον επόμενο μηδενισμό του. Η σβέση του τόξου γίνεται στην περιοχή μηδενισμού του ρεύματος, ενώ οι αγωγιμοί ατμοί μετάλλου συμπυκνώνεται εντός και επικαθύνονται στις μεταλλικές επιφάνειες. Έτσι αποκαθίσταται εκ νέου το κενό και το τόξο δεν ξανανάβει.

Για μικρές εντάσεις έως 10 KA το τόξο είναι διάχυτο, ενώ για μεγαλύτερες ακολουθεί οδεύσεις, με αποτέλεσμα οι επαφές να υπερθερμανθούν. Διαμορφώνοντας τις επαφές με ραβδώσεις, οπότε προκαλείται μαγνητικό πεδίο, το οποίο κάνει εκ νέου το τόξο διάχυτο, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και η φθορά των επαφών. Για τη διατήρηση του τόξου απαιτείται μία ελάχιστη ένταση. Σε χαμηλότερη ένταση το τόξο σβήνει πριν το φυσικό μηδενισμό του ρεύματος (chopping currents). Στους διακόπτες κενού δεν ψύχεται το τόξο. Οι ατμοί μετάλλου έχουν υψηλή αγωγιμότητα, κάτι το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα ιδιαίτερα χαμηλή τάση τόξου. Αυτό σε

συνδυασμό με το γεγονός ότι ο χρόνος τόξου είναι ιδιαίτερα μικρός, η απώλεια ενέργειας εντός του θαλάμου σβέσης είναι πολύ μικρή. Για το λόγο αυτό η ηλεκτρική ζωή του θαλάμου είναι ιδιαίτερα υψηλή. Η πίεση του αερίου εντός του θαλάμου είναι 10-9 bar.

Εξασφαλίζει υψηλή αξιοπιστία και από πλευράς συντηρήσεως ασίε στον κινητήριο μηχανισμό, στα πηνία και σπανιότερα στο θάλαμο κενού.

4.5 Αποζεύκτες



Είναι διακόπτες οι οποίοι ανοίγουν ένα κύκλωμα υπό ελάχιστο φορτίο και κλείνουν υπό ελάχιστη τάση.

Δηλαδή πρέπει να χειρίζονται χωρίς ρεύμα ή τάση στους πόλους τους, εκτός και εάν έχουν ειδική κατασκευή, είναι δηλαδή αποζεύκτες φορτίου. Χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουμε ορατή επαφή, ώστε να απομονωθεί ένα κύκλωμα και να γίνουν εργασίες πάνω σε αυτό. Σε κατάσταση κλειστή θα πρέπει να αντέχουν στα ρεύματα σφαλμάτων. Σε ανοιχτή κατάσταση θα πρέπει να αντέχουν στις υπερτάσεις της εγκατάστασης. Στα 150 KV και 20 KV υπάρχουν αποζεύκτες με ηλεκτροκίνητο μηχανισμό σε διαμερίσματα SF₆ (εξαφθοριούχου θείου). Οι αποζεύκτες μανδάλωνονται κατάλληλα με τους διακόπτες ισχύος. Το ίδιο ισχύει και για τους γειωτές, οι οποίοι είναι διακόπτες που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση ενός κυκλώματος με τη γη για την εκτέλεση εργασιών.

Η σειρά χειρισμού του ζεύγους διακόπτη ισχύος - αποζεύκτη είναι:

- στο άνοιγμα: πρώτα ανοίγει ο διακόπτης ισχύος και μετά ο αποζεύκτης
- στο κλείσιμο: πρώτα κλείνει ο αποζεύκτης και μετά ο διακόπτης

ισχύος Η σειρά χειρισμού μεταξύ αποζεύκτη και γειωτή είναι:

- στη γείωση πρώτα ανοίγει ο αποζεύκτης και μετά κλείνει ο γειωτής
- στην απογείωση πρώτα ανοίγει ο γειωτής και μετά κλείνει ο αποζεύκτης

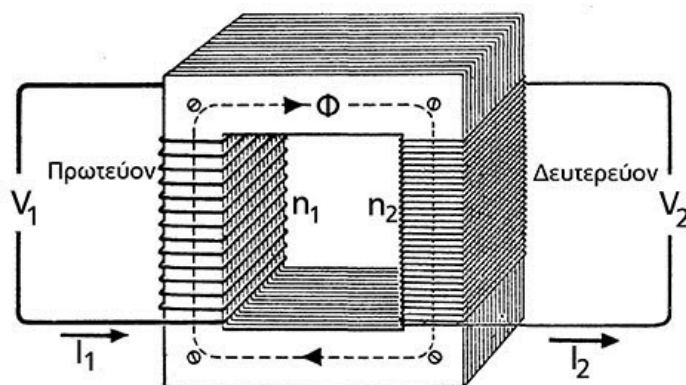
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Μετασχηματιστές

5.1 Ορισμός

Οι μετασχηματιστές είναι διατάξεις πηνίων, όπου με την ιδιότητα του φαινομένου της αυτεπαγωγής πετυχαίνουμε μετασχηματισμό της τάσης και του ρεύματος από μια εναλλασσόμενη πηγή τάσης. Ένας απλός μετασχηματιστής αποτελείται από δύο πηνία, όπου το ένα ονομάζεται πρωτεύον πηνίο και το άλλο δευτερεύον πηνίο. Στο πρωτεύον πηνίο οδηγείται η τάση που θέλουμε να μετασχηματίσουμε και στο δευτερεύον πηνίο λαμβάνουμε την επιθυμητή τάση. Ο σιδηροπυρήνας αποτελεί βασικό στοιχείο του μετασχηματιστή, καθώς αυξάνει την αυτεπαγωγή των πηνίων και κατά συνέπεια τον πολλαπλασιασμό της μαγνητικής ροής του πηνίου.

Εάν εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση στο πρωτεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή, η μεταβολή του ρεύματος έχει σαν συνέπεια την μεταβολή της μαγνητικής ροής στο δευτερεύον τύλιγμα, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ηλεκτρεγερτικής δύναμης στα άκρα του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή. Η τάση και το ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή εξαρτάται από το πάχος του σύρματος των πηνίων, τον αριθμό στροφών των πηνίων και το μέγεθος του σιδηροπυρήνα.



5.2 Στοιχεία Μετασχηματιστών

Ονομαστική Τάση Πρωτεύοντος [kV]: Είναι η Ονομαστική Τάση λειτουργίας του πρωτεύοντος τυλίγματος του Μ/Σ. Η τάση αυτή συμπίπτει με την ονομαστική τάση του Δικτύου Μέσης Τάσης της ΔΕΗ δηλ. 20kV. Σε πολύ λίγες περιοχές συναντάμε σήμερα διαφορετικές τάσεις (15kV ή 6.6kV) οι οποίες σταδιακά ευθυγραμμίζονται στα 20KV.

Ονομαστική Τάση Δευτερεύοντος [kV]: Είναι η Ονομαστική Τάση λειτουργίας του Δευτερεύοντος τυλίγματος του Μ/Σ. Η τάση αυτή συμπίπτει με την ονομαστική τάση του Δικτύου Χαμηλής Τάσης της ΔΕΗ δηλ. 0.4.

Ονομαστική Ισχύς [kVA]: Όπως κάθε ηλεκτρική συσκευή (αλλά και γενικότερα οποιαδήποτε μηχανή) έτσι και οι Μ/Σ ισχύος χαρακτηρίζονται από την ονομαστική ισχύ. Η ισχύς αυτή μετράται

πάντα σε kVA αντίθετα με τις υπόλοιπες μηχανές που μετράται σε kW. Είναι δηλαδή η φαινομενική ισχύς που μπορεί να «διέλθει» μέσα από τον Μ/Σ.

Τάση Βραχυκύκλωσης [%]: Η τάση αυτή μετράται από τον Κατασκευαστή του Μ/Σ ως εξής: Βραχυκυκλώνονται οι ακροδέκτες Χαμηλής Τάσης και μετράμε την τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στο πρωτεύον για να έχουμε στο δευτερεύον το ονομαστικό ρεύμα του Μ/Σ. Η τάση αυτή στην συνέχεια ανάγεται σε % στην ονομαστική τάση του πρωτεύοντος δηλ. στα 20KV. Πρακτικά μας δείχνει την ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (impedance) των τυλιγμάτων του Μ/Σ.

Απώλειες Κενού P₀ [W]: Είναι οι εσωτερικές απώλειες του Μ/Σ όταν λειτουργεί εν κενώ δηλ. υπάρχει τάση στο πρωτεύον (άρα και στο δευτερεύον) αλλά δεν κυκλοφορεί ρεύμα στο δευτερεύον. Οι απώλειες αυτές οφείλονται πρακτικά στα δινορεύματα του μαγνητικού κυκλώματος του Μ/Σ.

Απώλειες Χαλκού P_k [W]: Είναι οι εσωτερικές απώλειες του Μ/Σ όταν λειτουργεί σε πλήρες φορτίο δηλ. από τον Μ/Σ διέρχεται η ονομαστική Ισχύς του. Οι απώλειες αυτές οφείλονται πρακτικά σε απώλειες Joule των ρευμάτων στις Ωμικές αντιστάσεις των τυλιγμάτων του Μ/Σ.

Μήκος, Πλάτος, Ύψος [mm]: Είναι οι εξωτερικές διαστάσεις του Μ/Σ.

Βάρος Μετασηματιστή [kg]: Είναι το συνολικό βάρος του Μ/Σ μαζί με τους τροχούς και το μονωτικό λάδι (για Μ/Σ ελαίου).

5.3 Κατηγορίες Μετασηματιστών

Οι μετασηματιστές χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- μετασηματιστές τροφοδοσίας
- μετασηματιστές χαμηλών συχνοτήτων
- μετασηματιστές ρεύματος
- αυτομετασηματιστές
- μετασηματιστές υψηλής τάσης

5.3.1 Μετασηματιστές τροφοδοσίας

Οι μετασηματιστές τροφοδοσίας είναι διατάξεις οι οποίες παίρνουν την ηλεκτρική ενέργεια από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος και την αποδίδουν στην έξοδό τους μεταβάλλοντας του βασικούς παράγοντες που είναι η τάση και το ρεύμα. Όπως αναφέραμε και πιο πάνω ένας απλός μετασηματιστής τροφοδοσίας αποτελείται από δύο πηνία το πρωτεύον και το δευτερεύον τα οποία βρίσκονται σε μαγνητική ζεύξη μεταξύ τους, με την βοήθεια σιδηροπυρήνα. Επειδή ο σιδηροπυρήνας είναι καλό αγωγός του ηλεκτρισμού και διαρρέεται από μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή, αναπτύσσονται σε αυτόν επαγωγικά ρεύματα (ρεύματα φουκώ), τα οποία προκαλούν την θερμότητά του. Η θέρμανση αυτή σημαίνει απώλεια ενέργειας και θα πρέπει αυτή η ενέργεια που χάνεται να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Αν θεωρήσουμε έναν μετασηματιστή χωρίς απώλειες (ιδανικός μετασηματιστής), τότε το ρεύμα που κυκλοφορεί στο πρωτεύον αναπτύσσει στο δευτερεύον μια ηλεκτρεγερτική δύναμη E₂. Αν E₁ είναι η τάση του πρωτεύοντος τότε οι μεταβολές της κοινής ροής θα είναι ανάλογες προς τον αριθμό στροφών n₁ και n₂ του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος πηνίου. Δηλαδή θα ισχύει η σχέση: E₁/E₂=N₁/N₂. Ο λόγος N₁/N₂ ονομάζεται **λόγος μετασηματισμού**. Άρα λοιπόν αν N₁>N₂, τότε θα έχουμε E₁>E₂. Με άλλα

λόγια ο μετασχηματιστής θα είναι **μετασχηματιστής υποβιβασμού τάσης**. Αν η $E_2 > E_1$, τότε ο μετασχηματιστής ονομάζεται **μετασχηματιστής ανύψωσης τάσης**. Ο βαθός απόδοσης του μετασχηματιστή εκφράζει τις απώλειες ενέργειας ενός μετασχηματιστή τροφοδοσίας και δίνεται από την σχέση: $\eta = P_1/P_2$, όπου P_1 είναι η ισχύς εισόδου του μετασχηματιστή και P_2 η ισχύς εξόδου του. Σε έναν ιδανικό μετασχηματιστή θα έχουμε $\eta = 1$ που σημαίνει ότι η ισχύς εξόδου είναι ίση με την ισχύ εξόδου. Κάτι τέτοιο πρακτικά δεν συμβαίνει λόγω των απωλειών του μετασχηματιστή που θα αναφερθούμε παρακάτω.

Αν $P_1 = P_2$ τότε $E_1 I_1 = E_2 I_2$ οπότε $I_1/I_2 = E_2/E_1 = N_2/N_1$. Αυτό σημαίνει ότι το ρεύμα στο δευτερεύον ανυψώνεται, όταν η τάση στο δευτερεύον υποβιβάζεται και αντίστροφα.

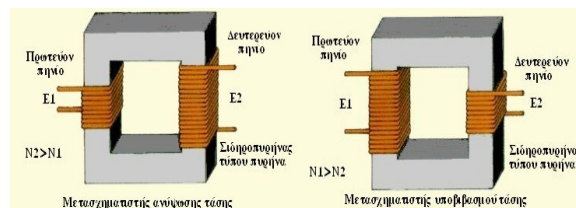
Ο λόγος E_1/I_1 εκφράζει την σύνθετη αντίσταση Z_1 του πρωτεύοντος οπότε θα έχουμε:

$$Z_1 = E_1/I_1 = (E_1/I_2) (I_2/I_1) = (E_2/I_2) = (N_1/N_2)^2 E_2/I_2 = (N_1/N_2)^2 Z_2.$$

Αυτό σημαίνει ότι η επαγωγική ή ωμική αντίσταση του δευτερεύοντος μπορεί να αναχθεί στο πρωτεύον με πολλαπλασιασμό επί το τετράγωνο του λόγου μετασχηματισμού.

Οι μετασχηματιστές τροφοδοσίας χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα τροφοδοτικών σε ηλεκτρονικές συσκευές, οι οποίοι υποβιβάζουν την υψηλή τάση του δικτύου σε χαμηλές τάσεις για τα κυκλώματα των συσκευών. Παράλληλα παρέχουν γαλβανική απομόνωση των κυκλωμάτων των συσκευών για προστασία από κινδύνους ηλεκτροπληξίας.

Πολλοί μετασχηματιστές χρησιμοποιούν περισσότερες από μία εξόδους για διάφορες τάσεις και ρεύματα σε ηλεκτρονικές συσκευές ενώ σε κυκλώματα παλμοτροφοδοτικών οι μετασχηματιστές είναι κατασκευασμένοι για υψηλότερες συχνότητες από τα 50Hz, με εντελώς διαφορετικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά από τους απλούς μετασχηματιστές των 50 - 60 Hz.



5.3.2 Μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων

Οι μετασχηματιστές χαμηλών συχνοτήτων χρησιμοποιούνται για να λειτουργούν σωστά σε όλο το ακουστικό φάσμα από 16Hz έως 16KHz. Χρησιμοποιούνται συνήθως ως μετασχηματιστές εξόδου σε ενισχυτές τάξης Α μεγάλης ισχύος, ενώ σε πολύ μικρές ισχύς μπορούμε να συναντήσουμε μικρούς μετασχηματιστές σε ραδιόφωνα με ενισχυτή push pull για προσαρμογή της χαμηλής αντίστασης του μεγαφώνου. Η κατασκευή ενός μετασχηματιστή ήχου είναι ιδιαίτερα δύσκολη, καθώς λαμβάνονται πολλοί παράγοντες, όπως όρια συχνοτήτων, παρασιτικές χωρητικότητες, μαγνητικές διαφυγές, κτλ.

5.3.3 Μετασχηματιστές ρεύματος

Οι μετασχηματιστές ρεύματος αποτελούνται από δύο πηνία, το πρωτεύον και το δευτερεύον και έναν σιδηροπυρήνα, όπως και οι μετασχηματιστές τάσης. Η διαφορά μεταξύ τους είναι ότι οι μετασχηματιστές ρεύματος έχουν λίγες σπείρες στο πρωτεύον τους και το χάλκινο σύρμα που χρησιμοποιείται είναι πολύ χοντρό. Το δευτερεύον πηνίο τους έχει περισσότερες σπείρες και το σύρμα που χρησιμοποιείται είναι ψιλότερης διατομής. Στο δευτερεύον πηνίο συνδέεται ένα αμπερόμετρο σαν φορτίο για την μέτρηση του ρεύματος. Η χρήση των μετασχηματιστών ρεύματος είναι στα αμπερόμετρα καθώς με αυτόν των τρόπο αυξάνεται η ευαισθησία τους.

5.3.4 Αυτομετασχηματιστές

Οι αυτομετασχηματιστές αποτελούνται από ένα πηνίο με σιδηροπυρήνα, το οποίο διαθέτει μία ή περισσότερες λήψεις. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η τάση που λαμβάνεται ανάμεσα σε μία λήψη και ένα κοινό σημείο να είναι μικρότερη από την τάση εισόδου. Έτσι πετυχαίνουμε υποβιβασμό τάσης. Για ανύψωση τάσης κάνουμε την αντίστροφη διαδικασία, τροφοδοτούμε τον αυτομετασχηματιστή από το τύλιγμα λήψης και ένα κοινό σημείο και παίρνουμε μεγαλύτερη τάση στα δύο άκρα του. Αν η λήψη του αυτομετασχηματιστή είναι μεταβλητή, τότε θα παίρνουμε διάφορες τάσεις στην έξοδό του. Το πλεονέκτημα που έχει αυτός ο μετασχηματιστής είναι ότι είναι φτηνότερος σε κόστος διότι διαθέτει μόνο ένα τύλιγμα άρα λιγότερος χαλκός, καθώς επίσης και λιγότερο σιδηρομαγνητικό υλικό. Επίσης ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματά του είναι ο υψηλός βαθμός απόδοσης που έχει. Η χρήση του όμως είναι πάρα πολύ περιορισμένη διότι δεν παρέχει γαλβανική απομόνωση και υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης της φάσης στην έξοδό του. Το μεγάλο αυτό μειονέκτημα που έχει καθιστά την χρήση του σε πολύ ειδικές εφαρμογές.

5.3.5 Μετασχηματιστές υψηλής τάσης

Οι μετασχηματιστές υψηλής τάσης είναι μικρής ισχύος και χρησιμοποιούνται στους δέκτες τηλεοράσεως για την τροφοδότηση των πηνίων απόκλισης του καθοδικού σωλήνα. Η κατασκευή αυτών των μετασχηματιστών έχει διαφορές καθώς απαιτούνται μονώσεις υψηλής ποιότητας και συμπαγής πυρήνας. Ο πυρήνας στους μετασχηματιστές υψηλής τάσης αποτελείται από δύο κομμάτια φερριτή σχήματος Π. Στο ένα σκέλος του πυρήνα περιελίσσονται το πρωτεύον και δύο άλλα δευτερεύοντα πηνία, ενώ στο άλλο σκέλος του περιελίσσετε το δευτερεύον, δηλαδή το τύλιγμα υψηλής τάσης. Κατά την περιέλιξη του δευτερεύοντος παρεμβάλλονται μεταξύ των στρωμάτων φύλλα από πλαστική ταινία μεγάλης μόνωσης και η όλη περιέλιξη γίνεται συμπαγής χωρίς να υπάρχουν κενά. Μετά τοποθετείται σε φούρνο με θερμοκρασία από 200 έως 300 C° και ψήνεται. Τέλος εμποτίζεται σε πολυεστέρα και τοποθετείται μέσα σε θήκη από πολυκαρβονικό υλικό. Στην τελική μορφή του καλύπτεται ξανά με πολυεστέρα. Η υπερυψηλή τάση που φτάνει τα 16KV επιτυγχάνεται με την βοήθεια διόδων (καταράκτης), που στους σύγχρονους μετασχηματιστές υψηλής τάσης περιέχεται και το κύκλωμα του καταράκτη.

5.4 Τρόποι Σύνδεσης Μετασχηματιστών

Σε κάθε μετασχηματιστή υπάρχει ένας τρόπος, με τον οποίο συνδέονται τα τυλίγματα υψηλής και χαμηλής τάσης.

Έτσι έχουμε τις παρακάτω συνδέσεις:

- Τρίγωνο (Delta)
- Αστέρας (Star)
- Τεθλασμένος αστέρας



παράδειγμα μετασχηματιστή λαδιού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Κινητήρες

6.1 Ορισμός

Ο κινητήρας είναι σύστημα μηχανημάτων που έχει την ικανότητα να μετατρέπει την κάθε μορφή ενέργειας που του προσφέρεται σε κινητική ενέργεια. Είναι δηλαδή μηχανήμα που χρησιμοποιείται για να βάλει σε κίνηση ένα άλλο μηχανικό συγκρότημα.



6.2 Αρχή λειτουργίας κινητήρα

Κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής μηχανής σαν κινητήρα παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια στο κύριο τύλιγμα της μηχανής, που λέγεται τύλιγμα τυμπάνου και αποδίδεται μηχανική ενέργεια εξόδου πάνω σε μια περιστρεφόμενη άτρακτο. Μια εξωτερικά επιβαλλόμενη ηλεκτρική τάση v οδηγεί ένα ρεύμα i μέσα στο τύλιγμα τυμπάνου ενάντια σε μια εσωτερικά επαγόμενη αντιηλεκτρεγερτική δύναμη e . Το τύλιγμα τυμπάνου γίνεται έτσι ικανό να απορροφά ηλεκτρική ενέργεια με ρυθμό $e \cdot i$. Το πεδίο ζεύξεως ασκεί μια στιγμιαία ηλεκτρομαγνητική ροπή $T_{πεδ}$ πάνω στο περιστρεφόμενο μέλος της μηχανής που λέγεται δρομέας (ρότορας). Αν ο δρομέας στρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ω τότε η στιγμιαία ισχύς εξόδου που αποδίδεται στην άτρακτο θα είναι $T_{πεδ} \cdot \omega$. Η εξωτερικά εφαρμοζόμενη ροπή φορτίου $T_{εξ}$ δρα με φορά αντίστροφη από εκείνη της περιστροφής και καθιστά το φορτίο ικανό ν' απορροφά μηχανική ενέργεια.

Ισχύει ότι: $T_{πεδ} - T_{εξ} = J \cdot d\omega/dt$ Όπου J είναι η ροπή αδρανείας του δρομέα και του μηχανικού του φορτίου (η κίνηση του οποίου είναι ο τελικός σκοπός της ύπαρξης του κινητήρα).

Όταν $T_{πεδ} = T_{εξ}$ τότε $d\omega/dt = 0$ και η μηχανή περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Στη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας έχουμε ότι: $(\omega \cdot T_{πεδ})_{μέση τιμή} = (e \cdot i)_{μέση τιμή}$

Δεδομένου ότι στο τύλιγμα τυμπάνου αναπτύσσεται μια ΗΕΔ (ηλεκτρεγερτική δύναμη), χρειαζόμαστε ένα μαγνητικό πεδίο διεγέρσεως που συνηθέστατα (εκτός από την περίπτωση μόνιμου μαγνήτη στις μικρές μηχανές), στην πράξη παρέχεται από τυλίγματα διεγέρσεως ή τυλίγματα πεδίου. Στη μόνιμη λειτουργία των συνήθων μηχανών της πράξης,

οι οποίες έχουν χωριστά τροφοδοτούμενο τύλιγμα διέγερσης, η μέση τιμή της ισχύος που τροφοδοτεί το τύλιγμα αυτό δαπανάται υπό μορφή θερμότητας. Κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής μηχανής σαν γεννήτριας παρέχεται ηλεκτρική ενέργεια στην άτρακτο της ηλεκτρικής μηχανής από μια πρωτεύουσα κινητήρια μηχανή (prime mover) και ηλεκτρική ενέργεια εξόδου είναι διαθέσιμη στους ακροδέκτες του τυλίγματος τυμπάνου. Η

πρωτεύουσα κινητήρια μηχανή μπορεί να είναι για παράδειγμα, είτε ένας ατμοστρόβιλος σ' ένα θερμικό σταθμό παραγωγής, είτε ένας υδροστρόβιλος σε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό παραγωγής, είτε μια εμβολοφόρα μηχανή εσωτερικής καύσεως σ' ένα απομονωμένο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Τέλος κατά τη λειτουργία μιας ηλεκτρικής μηχανής σαν πέδης, η μηχανή τροφοδοτείται και με μηχανική και με ηλεκτρική ενέργεια. Η ολική ενέργεια εισόδου χάνεται μέσα στη μηχανή με μορφή απωλειών και έτσι η μηχανή λειτουργεί σαν πέδη και φρενάρι.

6.3 Κατηγορίες κινητήρων

Οι κινητήρες χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- κινητήρες συνεχούς ρεύματος
- κινητήρες σειράς εναλλασσόμενου ρεύματος
- ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες
- ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες

6.3.1 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος έχουν μία πλατιά περιοχή σημείων λειτουργίας και ενδείκνυται η χρήση τους σε περιπτώσεις, όπου χρειάζεται να έχουμε ρύθμιση των στροφών στο φορτίο. Έχουν δύο κύρια τυλίγματα και ένα ή περισσότερα τυλίγματα αντιστάθμισης. Τα κύρια τυλίγματα βρίσκονται το ένα στο στάτη (ακίνητο μέρος της μηχανής) και το άλλο στο δρομέα (περιστρεφόμενο μέρος). Το τύλιγμα του στάτη επάγει το κυρίως μαγνητικό πεδίο της μηχανής, το τύλιγμα του δρομέα είναι τύλιγμα συνεχούς ρεύματος και είναι το τύλιγμα ισχύος, που φέρνει το ρεύμα του δικτύου και καταλήγει σε συλλέκτη με τη βοήθεια ψυκτρών. Οι κινητήρες αυτοί μπορούν να έχουν διέγερση σειράς ή παράλληλα ή μεικτή ανάλογα με τις χαρακτηριστικές που επιδιώκουμε. Η ρύθμιση της φοράς περιστροφής εξαρτάται από τη σχετική πολικότητα μεταξύ των ρευμάτων στο στάτη και το δρομέα. Πρέπει για την αλλαγή της φοράς της περιστροφής να αλλάξει ένα εκ των δύο ρευμάτων.

6.3.2 Κινητήρες σειράς εναλλασσόμενου ρεύματος

Είναι οι κινητήρες σειράς συνεχούς ρεύματος, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στο εναλλασσόμενο ρεύμα, αρκεί στο στάτη και στο δρομέα να χρησιμοποιηθούν δυναμοελάσματα για αποφυγή των δινορευμάτων. Οι κινητήρες αυτοί ονομάζονται αλλιώς και universal. Η ισχύς τους είναι μικρή και δεν ξεπερνά το 1 KW και χρησιμοποιούνται κυρίως για φορητά εργαλεία, ενώ οι στροφές τους μπορούν να φτάσουν τις 10.000 rpm / min. Οι κινητήρες universal μπορούν να αλλάξουν φορά περιστροφής, αν γίνει αλλαγή στους πόλους του τυλίγματος σειράς.

6.3.3 Ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες

Είναι οι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος με μικρές ισχύς μέχρι 1,5 KW και είναι ιδανικοί για οικιακή χρήση λόγω του ότι τροφοδοτούνται μονοφασικά. Έχουν δύο τυλίγματα, το κύριο και το βοηθητικό, τα οποία είναι συνδεδεμένα παράλληλα και το δε βοηθητικό τύλιγμα πάντα σε σειρά συνδεδεμένο με ένα πυκνωτή, έτσι ώστε να διευκολύνεται η εκκίνησή τους. Μετά την εκκίνηση το βοηθητικό τύλιγμα μπορεί να αποσυνδέεται. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε οικιακές καταναλώσεις. Η αλλαγή στη φορά περιστροφής γίνεται με αντιμετάθεση του βοηθητικού τυλίγματος.

6.3.4 Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες

Είναι οι πιο διαδεδομένοι κινητήρες σε παγκόσμια κλίμακα. Καλύπτουν πάνω από το 80% του συνόλου των εγκατεστημένων κινητήρων στη βιομηχανία. Είναι απλοί στη χρήση τους, ανθεκτικοί και αξιόπιστοι. Τυπικό παράδειγμα ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα - κλωβού δείχνεται στο παρακάτω σχήμα.



Ως μοναδικά μειονεκτήματά τους είναι η άεργος ισχύς που καταναλώνουν και η δύσκολη προσαρμογή τους στις στροφές του φορτίου, διότι έχουν σταθερές στροφές. Αποτελούνται από ένα ή περισσότερα τριφασικά τυλίγματα που βρίσκονται στο στάτη, τα οποία επάγουν ρεύματα στο δρομέα, που αλληλεπιδρούν με το μαγνητικό πεδίο του στάτη, εξασκώντας δυνάμεις Laplace στο δρομέα και έτσι τον θέτουν σε κίνηση. Ο δρομέας μπορεί να είναι βραχυκυκλωμένος ή να έχει τυλίγματα σε συνδυασμό με δακτύλιους για την πιο εύκολη εκκίνηση μέσω αντιστάσεων (KIM - 3201 A, FCC air blower). Οι ταχύτητες των κινητήρων αυτών είναι σταθερές και υπάρχει δυνατότητα χρήσης κινητήρων δύο ταχυτήτων με συνδεσμολογία κατά Dahlander ή κινητήρες με ρυθμιζόμενες στροφές με μετατροπέα συχνότητας. Η τάση των κινητήρων εξαρτάται από το δίκτυο που είμαστε συνδεδεμένοι και μέχρι 300 KW χρησιμοποιούμε δίκτυο χαμηλής τάσης (380 V), ενώ για μεγαλύτερες ισχύς δικτύου χρησιμοποιούμε κινητήρες των 6.000 V. Για να γίνει επιτυχής εκκίνηση, θα πρέπει η ροπή του κινητήρα να υπερνικήσει τη ροπή του φορτίου. Στην εκκίνηση το ρεύμα των κινητήρων αυξάνεται από 6 - 10 φορές του ονομαστικού. Αυτό σημαίνει ότι οι απώλειες στην εκκίνηση μπορεί να είναι 40 φορές μεγαλύτερες από την κανονική λειτουργία.

Οι κανονισμοί συνήθως επιτρέπουν:

- 2 εκκινήσεις από ψυχρή κατάσταση
- 1 εκκίνηση από θερμή κατάσταση

Η δυσκολότερη περίπτωση εκκίνησης είναι στους συμπιεστές (κομπρεσέρ), ενώ αντίθετα οι αντλίες και ανεμιστήρες έχουν σχετικά εύκολη εκκίνηση.

Οι κινητήρες κατασκευάζονται με κάποιες μονώσεις στα τυλίγματα, που μπορούν να αντέξουν μέχρι μία ορισμένη ανύψωση θερμοκρασίας. Συνηθέστερη κλάση μόνωσης είναι η F (1550C). Επίσης για ειδικές κατασκευές (φούρνους ή λέβητες) χρησιμοποιούνται κινητήρες κλάσης μόνωσης H (180 0 C). Όλοι οι κινητήρες που εγκαθίστανται θα πρέπει να συμφωνούν με τα κατά τόπους area classification. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται κατά την παραγγελία ενός κινητήρα, στον τρόπο με τον οποίο γίνεται η έδρασή του με βάση το IEC 37.4, το μέγεθός του με βάση το IEC - 72 και στον τρόπο ψύξης του με βάση το IEC 34. Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες

περιστρέφονται με μία ταχύτητα μικρότερη της σύγχρονης εξαιτίας του γεγονότος ότι υπάρχει ένα φαινόμενο που το ονομάζουμε ολίσθηση (slip). Οι κυριότερες σύγχρονες ταχύτητες περιστροφής είναι 3.000 rpm, 1500rpm, 1000 rpm, κτλ.

6.4 Τρόποι σύμπλεξης κινητήρα με φορτίο

Όσον αφορά τη σύμπλεξη τους με το φορτίο, στο οποίο αναφέρονται, υπάρχουν οι παρακάτω τρόποι :

- Απευθείας σύμπλεξη με ειδικό συμπλέκτη (koppler), ή με ειδικούς ηλεκτρομαγνητικούς συμπλέκτες.
- Σύμπλεξη με ιμάντες (λουριά). Η κίνηση αυτή δε μεταδίδει κραδασμούς και υπάρχει καλύτερη προσαρμογή στην ταχύτητα του φορτίου.
- Σύμπλεξη με γρανάζια (μειωτήρας). Χρησιμοποιείται για χαμηλές ταχύτητες και αυξημένη ροπή φορτίου.

6.5 Υπερφόρτιση κινητήρα

Η υπερφόρτιση ενός κινητήρα είναι κυρίως θερμική και οφείλεται σε αύξηση του ρεύματος. Καθώς αυξάνεται το φορτίο, ο κινητήρας ρυθμίζει από μόνος του το ρεύμα, ώστε να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του φορτίου. Εάν δεν επιτρέπεται από τον κατασκευαστή, ο κινητήρας θα πάψει να λειτουργεί μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα, όταν ενεργοποιηθεί η λειτουργία του θερμικού στοιχείου υπερφόρτισης σε κάποιον ηλεκτρονόμο προστασίας. Κινητήρες που εκ κατασκευής προβλέπεται να υπερφορτιζονται έχουν στην πινακίδα τους ένα S (service factor): 1 - 1,15. Για την εκλογή του καταλληλότερου κινητήρα για μία εφαρμογή είναι σημαντικό ο κινητήρας να προσαρμόζεται στο φορτίο του και να είναι λίγο μεγαλύτερος από αυτό. Σε ειδικές περιπτώσεις δύσκολων εκκινήσεων επιτρέπεται να εκλέγεται αρκετά μεγαλύτερος κινητήρας από το φορτίο.

6.6 Τρόποι Προστασίας Από Υπερφόρτιση

Η προστασία κατά της υπερφόρτισης γίνεται με:

- θερμικά στοιχεία, διμεταλλικά ή ηλεκτρονικά
- ψυχρούς αγωγούς ή θερμούς αγωγούς (θερμίστορες)
- θερμομετρικές αντιστάσεις (Pt 100)
- ηλεκτρονόμους κινητήρων (SEL 701 για τους κινητήρες 6KV της MOH)

6.7 Τρόποι Προστασίας Από Βραχυκύκλωμα

Η προστασία κατά των βραχυκυκλωμάτων γίνεται με:

- ασφάλειες ή αυτόματους ηλεκτρομαγνητικούς διακόπτες
- ενεργοποίηση του ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου στιγμιαίας λειτουργίας σε ηλεκτρονόμους προστασίας κινητήρων

6.8 Κινητήρες υψηλής τάσης

Επειδή οι κινητήρες χαμηλής τάσης που υπάρχουν στην αγορά είναι μέχρι 350 KW, από αυτήν την ισχύ και πάνω οι κινητήρες κατασκευάζονται για μεγαλύτερες τάσεις λόγω των πολύ υψηλών ρευμάτων στα 380V. Αφθονία υλικού υπάρχει στην κατηγορία των 6.000 V. Οι περισσότεροι από αυτούς τους κινητήρες ξεκινούν με απευθείας εκκίνηση, πράγμα το οποίο είναι αδιανόητο σε περιπτώσεις, όπου τέτοιοι κινητήρες ανήκουν σε ιδιώτη, ο οποίος δεν είναι αυτοπαραγωγός. Βέβαια, υπάρχουν και περιπτώσεις, όπου σε κινητήρες των 6 KV με ιδιαίτερα μεγάλη ισχύ υπάρχουν τρόποι εκκίνησης, οι οποίοι απαιτούνται, ώστε να περιοριστούν το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας. Έτσι έχουμε εκκίνηση με αυτομετασηματιστή ή εκκίνηση με τη βοήθεια αντιστάσεων συνδεδεμένων σε σειρά με το ρότορα, που μετά από την εκκίνηση αποσυνδέονται.

6.9 Κυριότερες ιδιομορφίες κινητήρων υψηλής τάσης

Οι κυριότερες ιδιομορφίες στους κινητήρες υψηλής τάσης είναι:

- ακροδέκτες: τα κιβώτια ακροδεκτών είναι πολύ ογκώδη, προσδιορισμένα για συγκεκριμένους τύπους και διατομές και τα τυλίγματα είναι κατά κανόνα σε αστέρα με γειωμένο ουδέτερο
- έδρανα: σε ορισμένες περιπτώσεις παρακολουθείται η θερμοκρασία τους και σε άλλες παρακολουθείται η θερμοκρασία του μέσου λίπανσης (λαδιού)
- ψύξη: η ψύξη σε αρκετές περιπτώσεις είναι βεβιασμένη
- περιέχουν αντιστάσεις εντός των τυλιγμάτων, για να μη δημιουργούνται συμπυκνώματα νερού σε περίπτωση που ο κινητήρας είναι σταματημένος

6.10 Ψηφιακός ηλεκτρονόμος



Οι ψηφιακοί ηλεκτρονόμοι προστατεύουν τους κινητήρες υψηλής τάσης αποκόβοντάς τον από το δίκτυο στις παρακάτω περιπτώσεις:

- ενεργοποίηση θερμικού στοιχείου
- υπερένταση φάσεων
- διαρροή με γη
- βραχυκύκλωμα
- υπέρταση, υπόταση
- σφάλμα αρνητικής συνιστώσας
- υποσυχνότητα
- ασυμμετρία φάσεων

Όλες οι παραπάνω συναρτήσεις εμπεριέχονται στους ψηφιακούς ηλεκτρονόμους SEL701. Οι ηλεκτρονόμοι μπορούν να καταγράφουν συμβάντα και αποτελούν μέρος του νέου PMS (power management system), αφού μπορούν να επικοινωνούν μέσω οπτικής ίνας με τον κεντρικούς υπολογιστές του δικτύου που βρίσκονται στον νέο S-0 και στον υποσταθμό του Power Plant. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν υπάρχουν κάποιοι ιδιαίτερα κρίσιμοι κινητήρες προβλέπεται και η διαφορική προστασία τους (KM- 1501-2 C, KM-3201 A/B). Η σύνδεση των κινητήρων με τους ζυγούς γίνεται σχεδόν αποκλειστικά με καλώδια δικτυωμένου πολυαιθυλενίου N2XSY και η σύνδεσή τους γίνεται μέσω ειδικών αυτομάτων διακοπών ισχύος λαδιού, κενού και εξαφθοριούχου θείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Συστήματα Αντικεραυνικής Προστασίας

Το σύνολο των μέτρων, που λαμβάνονται για την προστασία κατα των κεραυνών, ονομάζεται σύστημα αντικεραυνικής προστασίας (ΣΑΠ). Με τον όρο κεραυνός εννοούμε την ηλεκτρική εκκένωση φορτισμένων σύννεφων. Το κρουστικό ρεύμα που ρέει από τα σύννεφα προς τη γη είναι της τάξεως 5-40 kA. Η διάρκεια του φαινομένου είναι μερικά μs. Περισσότερο ενδιαφέρον είναι ότι οι κεραυνοί μπορούν να πλήξουν εγκαταστάσεις και κτήρια όχι μόνο κατακόρυφα, αλλά από οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Η δράση του κεραυνού μπορεί να πληξει άμεσα μια ηλεκτρική συσκευή ή έμμεσα να δημιουργήσει υπερτασεις σε γειτονικά κυκλώματα που οδηγούν σε διάσπαση των μονωτικών. Το ηλεκτρικό τόξο έχει θερμοκρασία περίπου 20000K. Έτσι, μπορούν να προκληθούν πυρκαγιές σε απόσταση αρκετών μέτρων. Επικίνδυνες υπερτάσεις και καταστροφές σε συσκευές έχουν παρατηρηθεί και σε αποστάσεις μέχρι και πάνω από 2 χιλιόμετρα από το σημείο πτώσης του κεραυνου. ειδικότερα όταν τα κεραυνικά ρεύματα μπορούν να μεταφερθούν μέσω υπογείων καλωδίων. Αποτελέσματα : πυρκαγιές, διάσπαση της μόνωσης (βραχυκυκλώματα), θάνατος ανθρώπων ή ζώων. Έτσι επιβάλλεται η προστασία κατά των κεραυνών, ειδικότερα σε περιοχές που εμφανίζουν μεγάλη συχνότητα με βάση τις ισοκεραυνικές καμπύλες VI πιθανότητα του να πληγεί ένα κτίριο από τον κεραυνό αυξάνεται ανάλογα με το ύψος του. Η αντικεραυνική προστασία διέπεται από ορισμένους διεθνείς κανονισμούς και ο εναρμονισμένος εθνικός κανονισμός είναι το πρότυπο ΕΛΟΤ – 1197.

7.1 Ενότητες προστασίας

Η προστασία αποτελείται από δύο ενότητες:

Εξωτερική: σκοπός της είναι να οδηγηθεί το κεραυνικό ρεύμα μακριά από τα υπό προστασία αντικείμενα και στη συνέχεια να διοχετευθεί στη γη μέσω του συστήματος γείωσης. Η εξωτερική προστασία περιλαμβάνει το συλλεκτήριο σύστημα, το οποίο κατασκευάζεται από πλέγμα αγωγίων (κλωβός) και τοποθετείται στην οροφή του κτιρίου. Βάση των προδιαγραφών του ΕΛΟΤ η μέγιστη διάσταση βρόγχου του συλλεκτήριου συστήματος είναι 5 μέτρα. Σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιούνται αλεξικέραυνα. οι αγωγοί καθόδου αναλαμβάνουν να μεταφέρουν το κεραυνικό ρεύμα από το συλλεκτήριο σύστημα στο σύστημα γείωσης του κτιρίου. Κυριότερα χρησιμοποιούμε γαλβανισμένο χάλυβα κυκλικής διατομής ή χαλκό κυκλικής διατομής. Επίσης είναι προτιμότερο το μήκος των αγωγών καθόδου να είναι το ελάχιστο. Οι αγωγοί καθόδου στερεώνονται εξωτερικά του κτιρίου με ειδικούς συνδέσμους. Όπου χρειάζεται να γίνει ένωση δύο αγωγών, αυτή γίνεται με συνδέσμους τύπου πρέσας. Όλοι οι αγωγοί καθόδου καταλήγουν στο σύστημα γείωσης του κτιρίου, το οποίο μπορεί να είναι θεμελιακή γείωση, δακτύλιος κλειστός γύρω από το κτίριο, κτλ. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στη σύνδεση μεταξύ διαφορετικών υλικών, για το φαινόμενο της ηλεκτρολυτικής διάβρωσης και ιδιαίτερα πρέπει να αποφεύγονται οι ηλεκτροσυγκολλήσεις και οξυγονοκολλήσεις μεταξύ των τμημάτων της εγκατάστασης. Η μέθοδος της αλουμινοθερμικής συγκόλλησης (Cadwhell) πραγματοποιείται με τήξη των υπό συγκόλληση αγωγών σε μία ενιαία μάζα και πρόκειται περί μοριακής ένωσης.

Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις συνένωσης συστημάτων γείωσης, διότι έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

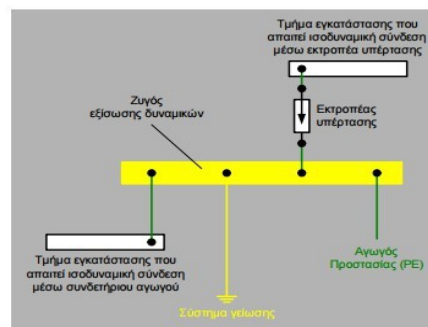
- μεγαλύτερη ικανότητα διέλευσης ρεύματος από συγκολλημένους αγωγούς
- δε διαβρώνεται
- δεν κόβεται ή χαλαρώνει
- εκτελείται με ελαφρύ εξοπλισμό

Η συγκόλληση γίνεται μέσα σε ειδικό καλούπι από γραφίτη. Σε αυτό τοποθετούνται οι αγωγοί και το υλικό συγκόλλησης (οξειδίο του χαλκού και αλουμινίου), το οποίο χωρίς εξωτερική πηγή ενέργειας, παρά μόνο με τη χρήση φορητού σπινθηρηστή μετατρέπεται με εξώθερμη χημική αντίδραση σε διάλυρο χαλκό, ο οποίος συγκολλή μοριακά τους αγωγούς και οξειδίο του αλουμινίου, που αποβάλλεται. Είναι ιδανική για συνδέσεις χαλκού - χαλκού, χαλκού - αλουμινίου, χαλκού - χάλυβα.

Εσωτερική : σκοπός της είναι να μειώσει τις τάσεις που αναπτύσσονται κατά την πτώση ενός κεραυνού σε ορισμένα σημεία μιας εγκατάστασης σε αποδεκτά επίπεδα χωρίς καταστροφικές συνέπειες.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συνδέσεις - γεφυρώσεις και με απαγωγούς κρουστικών υπερτάσεων.

- Ισοδυναμικές συνδέσεις: σκοπός τους είναι να μειωθούν οι διαφορές δυναμικού μεταξύ μεταλλικών μεριών των εγκαταστάσεων. Ο υπό προστασία χώρος χωρίζεται σε κάποιες ζώνες συνδυασμό με τη στάθμη ηλεκτρικής μόνωσης των εγκατεστημένων μηχανημάτων και οι ισοδυναμικές συνδέσεις πραγματοποιούνται μέσω των συσκευών μίας ζωνής πάνω σε ειδικούς ισοδυναμικούς ζυγούς.



- Απαγωγοί κρουστικών υπερτάσεων: χρησιμοποιούνται για να προστατεύουν υπό ειδικές συνθήκες εγκαταστάσεις και συσκευές σε περιπτώσεις κεραυνών, αστραπών, βραχυκυκλωμάτων. Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας πρέπει να διατηρεί μεγάλη την εσωτερική αντίστασή του, γιατί επηρεάζει τη λειτουργία του δικτύου. Σε περιπτώσεις

αποκατάστασης θα πρέπει να ανακτά την εσωτερική του αντίσταση και να λειτουργεί, όπως σε κανονικές συνθήκες. Η κλάση A είναι για εξωτερικούς χώρους (μέσης τάσης), ενώ οι κλάσεις B, C, D είναι για εσωτερικούς χώρους.



7.2 Κατηγορίες απαγωγών

Οι κυριότερες κατηγορίες απαγωγών είναι :

- οι βαρύστορες (μη γραμμικές αντιστάσεις οι οποίες κατασκευάζονται από οξείδια του πυριτίου και προστατεύουν τα κυκλώματα, μειώνοντας τις τιμές των κεραμικών ρευμάτων σε αποδεκτά επίπεδα)
- οι δίοδοι περιορισμού
- οι δίοδοι Zener

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Σύστημα Αποκοπής Φορτίων (Σ.Α.Φ : Load shedding system)

Η αποκοπή φορτίου από χαμηλή τάση παρέχει κάποια απάντηση στο πρόβλημα της αστάθειας τάσης, ανάλογη με την αποκοπή φορτίου λόγω υποσυχνότητας σε άλλες περιπτώσεις. Λόγω των αυξημένων αναγκών σε ενέργεια, τα φαινόμενα αστάθειας της τάσης είναι πολύ συχνά. Όπως με τη συχνότητα, έτσι και η αποκοπή φορτίου από χαμηλή τάση παρέχει προστασία για ασυνήθιστες διαταραχές οι οποίες δεν ήταν δυνατό να έχουν προβλεφθεί.

Η αποκοπή φορτίου από χαμηλή τάση έχει αποδειχθεί εμπειρικά μια από τις πιο οικονομικές και παράλληλα αποτελεσματικές μεθόδους προστασίας ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό που τη διακρίνει είναι η εύκολη και σχετικά ταχεία εφαρμογή. Ένα επιπλέον πλεονέκτημά της είναι ότι κατά τη διάρκεια μιας δυσμενούς κατάστασης σε ένα Σ.Η.Ε. η απώλεια φορτίου είναι ούτως ή άλλως αναπόφευκτη, αφού, λόγω χάρη, ίσως διακοπεί η ηλεκτρονική παροχή ισχύος, ή συμβεί κάτι παρόμοιο το οποίο θα οδηγήσει σε τυχαία απόρριψη. Είναι φυσικά προτιμότερο η αποκοπή φορτίου να είναι υπό έλεγχο, με γνωστές ρυθμίσεις και χρονικές καθυστερήσεις, παρά τυχαία και ανεξέλεγκτη.

Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου προϋποθέτει την παρουσία καταρτισμένων μηχανικών. Έτσι, για την υλοποίηση του σχήματος αποκοπής φορτίου από χαμηλή τάση κρίνεται αναγκαίο να υπάρχουν μηχανικοί με εμπειρία και γνώση πάνω σε θέματα προστασίας, χειρισμού συστημάτων, διανομής, χαρακτηριστικών φορτίων και προσομοίωσης μεγάλων συστημάτων. Άλλωστε η μελέτη ευστάθειας τάσεως απαιτεί την πλήρη απεικόνιση του δικτύου.

Κατά την αποκοπή φορτίου από χαμηλή τάση είναι ουσιώδης η γνώση του είδους των φορτίων που είναι συνδεδεμένα στο σύστημα. Όταν το μεγαλύτερο ποσοστό είναι επαγωγικά φορτία (συνήθως τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου συνδέονται κλιματιστικά), ένα μέρος της αποκοπής πρέπει να είναι ταχύτατο με χρονική καθυστέρηση της τάξεως των 1.5 δευτερολέπτων. Διαφορετικά ελλοχεύει ο κίνδυνος απώλειας ευσταθούς σημείου ισορροπίας. Από την άλλη μεριά, όταν τα φορτία του δικτύου είναι κυρίως αντιστάσεις (θέρμανση και φωτισμός) η αποκοπή φορτίου δεν χρειάζεται να έχει τόσο ευαίσθητες ρυθμίσεις όπως προηγουμένως.

Η παρακολούθηση της τάσης σε ένα Σ.Η.Ε. είναι μια μέθοδος ανίχνευσης τοπικής υπερφόρτισης, η οποία μπορεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, να προβλέψει ένα πρόβλημα που θα προκύψει και προληπτικά να αποκόψει φορτίο προτού καταρρεύσει το σύστημα. Στην περίπτωση αυτή κάποιος Η/Ν παρακολουθεί την τάση και αποκόπτει φορτίο όταν ανιχνεύσει τριφασική βύθιση τάσης για αρκετό χρόνο (από 2 δευτερόλεπτα ως 1 λεπτό), κατάσταση η οποία είναι ενδεικτική υπερφόρτισης.

Η αποκοπή φορτίου με βάση την τάση δε μπορεί να τεθεί σε λειτουργία τόσο γρήγορα όσο στην περίπτωση της συχνότητας, καθώς η υπόταση είναι δυνατόν να οφείλεται σε μεταβατική βύθιση τάσης, η οποία προκαλείται από σφάλματα και ενεργοποίηση φορτίων.

Ο Η/Ν σε αυτή την περίπτωση αποκοπής μετράει την τάση, συγκρίνοντας κάθε φάση με ένα σημείο λειτουργίας, και θέτει σε λειτουργία ένα μετρητή όταν η τάση και στις τρεις φάσεις βρεθεί χαμηλότερα από το παραπάνω σημείο. Αυτό σημαίνει ότι ο Η/Ν δεν θα ενεργοποιηθεί αν χαθεί μία ή δύο φάσεις. Δεν ενεργοποιείται, επίσης, αν η τάση πέσει πολύ χαμηλά προκειμένου να αποτρέψει τη λειτουργία όταν μία γραμμή είναι σκόπιμα απενεργοποιημένη ή και οι τρεις φάσεις είναι εκτός.

Η ρύθμιση διέγερσης του Η/Ν πρέπει να είναι αρκούντως υψηλή, ώστε να αποτρέψει την λειτουργία του Η/Ν για λίγο χαμηλότερη τάση από την ονομαστική τιμή, αλλά όχι τόσο χαμηλή που να μη λειτουργεί σε συνθήκες υπερφόρτισης. Χαρακτηριστικές ρυθμίσεις είναι στην περιοχή 85 – 90 % της ονομαστικής τάσης. Οι τιμές αυτές προέρχονται από μελέτη ευστάθειας και ροές φορτίων.

8.1 Δυσκολίες από την αποκοπή φορτίου με άσση την τάση

Οι δυσκολίες που συνδέονται με την κανονική λειτουργία της αποκοπής φορτίου με βάση την τάση είναι οι παρακάτω:

- Η ρύθμιση της υπότασης πρέπει να είναι πιο χαμηλή από τη μικρότερη τιμή τάσης κανονικής λειτουργίας της γραμμής που παρακολουθείται, προκειμένου να αποτραπεί λειτουργία για αποδεκτά, αλλά υψηλά επίπεδα φορτίου ή μεταβατικές καταστάσεις. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει η πιθανότητα ο H/N να μην ανιχνεύσει ασταθείς καταστάσεις, όπου η τάση δεν βρίσκεται κάτω από το σημείο λειτουργίας του.
- Υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί για το που θα τοποθετηθεί ένας H/N. Αν τοποθετηθεί σε γραμμή διανομής, οι επιδράσεις του ΣΑΦ αποκρύπτουν από τον H/N καταστάσεις υπερφόρτισης ή το ξεκίνημα από ένα μεγάλο βιομηχανικό φορτίο μπορεί να τον ξεγελάσει. Οι H/N είναι προτιμότερο να τοποθετούνται σε σημεία με αρκετά υψηλές τάσεις για όλες τις κανονικές λειτουργίες, έτσι ώστε μια κατάσταση χαμηλής τάσης θα υποδεικνύει αξιόπιστα μια δυσμενή κατάσταση υπερφόρτισης. Μεγάλοι σταθμοί μεταφοράς πρέπει να είναι απομακρυσμένοι από το φορτίο που θα αποκοπεί, περιπλέκοντας ακόμα περισσότερο την υλοποίηση.

8.2 Επαναφορά

Το σύστημα παραμένει σε αυτοσυγκράτηση και για να έχουμε επαναλειτουργία των μονάδων που τέθηκαν εκτός θα πρέπει να αποδεσμευτεί η αντίστοιχη ομάδα καταναλώσεων από τον θάλαμο ελέγχου του Power Plant.

Πάντα γίνεται συνεχής έλεγχος της συχνότητας η οποία πρέπει να διατηρείται στα 50 HZ, αυτό σημαίνει ότι πρέπει να περιοριστούν και κάποιες άλλες καταναλώσεις εκτός των προεπιλεγμένων.

Η επαναφορά των σταδίων ξεκινά από το 3ο προς το 1ο στάδιο.

Σε περιπτώσεις λειτουργικών ανωμαλιών προσπαθούμε να γίνει παραλληλισμός με το δίκτυο της ΔΕΗ το συντομότερο δυνατόν αν δεν υπάρχουν ιδιαίτεροι λόγοι που να το απαγορεύουν.

Τα ίδια ισχύουν και στην περίπτωση που έχουμε απώλεια αεριοστρόβιλου. Προσπαθούμε να γίνει ξεκίνημα αεριοστρόβιλου και συγχρονισμός με το δίκτυο.

Με την εγκατάσταση του Συστήματος Διαχείρισης Ισχύος (Power Management System PMS) θα υπάρξουν αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας του ΣΑΦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Σύστημα Διαχείρισης Ισχύος Power Management System (PMS)

Ένα μεγάλο και πολύπλοκο σύστημα διεργασιών αποτελείται από αρκετά στοιχεία (οντότητες), τα οποία λειτουργούν κάτω από ένα σύνολο συναρτήσεων (functions). Αυτός ο συνδυασμός περιπλέκει ιδιαίτερα ένα σύστημα, αυξάνοντας το βαθμό των παραμέτρων του. Για να γίνει ένα σύστημα πιο αξιόπιστο, απαιτείται να ελεγχθεί με κάποιο τρόπο. Τα προβλήματα του σχεδιασμού συστημάτων ελέγχου απασχόλησε τους μηχανικούς από τις αρχές του 20ου αιώνα. Η αρχική υλοποίηση κάθε σκέψης για έλεγχο κατέληγε πάντα στον έλεγχο μιας συγκεκριμένης διεργασίας ανεξάρτητα από άλλες. Τα τελευταία είκοσι χρόνια οι μηχανικοί και σχεδιαστές συστημάτων έχουν στραφεί στην αύξηση της ενοποίησης και στο συνδυασμό του ελέγχου των διεργασιών. Σήμερα η ενοποίηση του ελέγχου γίνεται με τη βοήθεια των συστημάτων SCADA (Supervisor of Control and Data Acquisition), με τη βοήθεια των Η/Υ και των ιδιοτήτων των δικτύων. Ο έλεγχος μεγάλης κλίμακας είναι ευκολότερος και η αξιοπιστία των συστημάτων μεγαλύτερη. Ένα τέτοιο σύστημα συλλογής, ελέγχου και επεξεργασίας δεδομένων είναι το Σύστημα Διαχείρισης Ισχύος (PMS), το οποίο αναπτύχθηκε και εγκαταστάθηκε από την εταιρία SEL (Schweitzer Engineering Laboratories).

9.1 Σκοπός του συστήματος

Ο σκοπός της εγκατάστασης του συστήματος είναι η συλλογή και επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η προστασία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (Υποσταθμοί, Γεννήτριες, Κινητήρες), η επιτήρηση του ηλεκτρικού δικτύου και η καταγραφή των σφαλμάτων. Η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων μετά από σχετική αξιολόγηση μπορεί να αποβεί χρήσιμη για τη συντήρηση του εξοπλισμού και την πιθανή αντιμετώπιση ανεπιθύμητων καταστάσεων. Μέχρι πριν την εγκατάσταση του συστήματος η εποπτεία των υποσταθμών μπορούσε να πραγματοποιηθεί μόνο από την επιτόπου επίσκεψη στο χώρο του υποσταθμού. Διασυνδέσεις και σημάσεις υπήρχαν μόνο μεταξύ των 20 KV και των ζυγών του Power Plant. Η αξιοπιστία ενός τέτοιου συστήματος ακόμη και εάν είναι αρκετά αυξημένη, σίγουρα δεν μπορεί να συγκριθεί με αυτή ενός δυναμικού συστήματος συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, ενός πραγματικά έξυπνου συστήματος, το οποίο θα εποπτεύει την παραγωγή, μεταφορά, διανομή και την ανταλλαγή ισχύος μεταξύ Μ.Ο.Η. και ηλεκτρικού δικτύου.

9.2 Αρχιτεκτονική συστήματος

Το δίκτυο του PMS περιλαμβάνει τα παρακάτω στοιχεία:

- Μονάδες ελέγχου και προστασίας (CM: Control Module) τύπου μικροεπεξεργαστή. Αυτές οι μονάδες για ένα ηλεκτρικό δίκτυο είναι οι ηλεκτρονόμοι προστασίας στους υποσταθμούς 150, 20, 6, 0.4 KV. Οι Η/Ν αυτοί ήταν ηλεκτρομηχανικού τύπου, χωρίς να είναι σε θέση να υποστηρίζουν επικοινωνία δικτύου και ανταλλαγή ψηφιακών δεδομένων. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος έγινε αντικατάσταση όλων των υπάρχοντων οργάνων ελέγχου και προστασίας στους υποσταθμούς του Δυλιστηρίου. Όλα τα όργανα είναι της Αμερικανικής εταιρίας S.E.L., η οποία ανέλαβε τη μελέτη, σχεδίαση εγκατάσταση του εξοπλισμού. Τα όργανα και η λειτουργία τους παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.
- Μονάδες ελέγχου Διασύνδεσης (ICU: Interface Control Units): υλοποιούν την αποστολή/λήψη δεδομένων από τους σταθμούς χειρισμού προς τους ηλεκτρονόμους

προστασίας. Τοποθετούνται σε κάθε υποσταθμό.

- Κεντρικοί υπολογιστές, οι οποίοι ελέγχουν τη λειτουργία όλου του συστήματος. Βρίσκονται στο νέο υποσταθμό S-0.
- Σύστημα επικοινωνίας, μεταξύ των διαφόρων μονάδων ελέγχου μέσω ειδικού λογισμικού.
- Ανεξάρτητο σύστημα επικοινωνίας για την καταγραφή συμβάντων και σφαλμάτων (Digital Fault Recorder System).
- Σταθμοί χειρισμού (Operators Stations) με οθόνες σε περιβάλλον Windows για εποπτεία και χειρισμό του συστήματος, οι οποίοι θα βρίσκονται στον υποσταθμό S-0 και Power Plant.
- Σύστημα χρονικού συγχρονισμού όλων των διεργασιών με δορυφορικό ρολόι IRIG-B.
- Ειδικό λογισμικό με χρήση, του οποίου γίνεται παρουσίαση όλων των αναφορών και υλοποιείται ο αλγόριθμος του νέου Συστήματος Αποκοπής φορτίων (Load shedding Systems: LSS).

Το σύστημα θα είναι σε θέση να παρακολουθεί να ελέγχει και να βελτιστοποιεί τη διανομή ισχύος σε όλο το ηλεκτρικό δίκτυο της Μ.Ο.Η., θα έχει την ικανότητα να παρουσιάζει σε πραγματικό χρόνο τα παρακάτω δεδομένα: τάση, ένταση, συχνότητα, ενεργό και άεργο ισχύ, συντελεστή ισχύος, παραγόμενη ενέργεια, ανταλλαγή ενέργειας με το δίκτυο.

9.3 Προστασίες δικτύου (Συναρτήσεις Ηλεκτρονόμων – Control Modules)

Σε αντίθεση με παλαιότερες γενιές Συστημάτων Διαχείρισης Ισχύος, τα οποία χρησιμοποιούσαν άλλα όργανα για την προστασία και άλλα για επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων δικτύου η S.E.L. ενσωματώνει εντός των οργάνων προστασίας όλο τον εξοπλισμό που απαιτείται, ώστε να χρησιμοποιηθούν σε περιβάλλον δικτύου. Έτσι, συνδυάζεται η προστασία και η επικοινωνία με ένα μόνο όργανο. Όργανα της S.E.L. δεν τοποθετήθηκαν, μόνο στις εισόδους των γραμμών στα 150 KV και στο διασυνδεδετικό διακόπτη, εφόσον υπήρξε συμφωνία μεταξύ ABB - ΜΟΗ - ΔΕΗ για προστασία του συστήματος με όργανα ABB, διότι θεωρήθηκε ότι υπάρχει καλύτερη συνεργασία τους με το Ψηφιακό Σύστημα Ελέγχου της ΔΕΗ.

A) Υποσταθμός 150 KV: Τοποθέτηση οργάνων SEL - 351 - 7 για την προστασία των μετασχηματιστών.

- Προστασία Υπερέντασης Φάσεων, Γης, Ουδετέρου και Αντίστροφης Συνιστώσας, στιγμιαίας ή με χρόνο (50P / 51P / 51G / 51N / 50Q / 51G)
- Στοιχεία Κατεύθυνσης (67)
- Προστασία Υπέρ / Υπό Συχνότητας (81)
- Προστασία Υπέρ / Υπό τάσεως (27/59)
- Προστασία αποτυχία ανοίγματος διακόπτη (86 BFR)
- Αυτόματη επανάκληση (79) [Δε χρησιμοποιείται]
- Ικανότητα Συγχρονισμού (25)
- Προστασία κατεύθυνσης Ισχύος (32)
- Μέτρηση (V, I, P, Q, W, f, cosφ)
- Καταγραφή Σφαλμάτων

B) Υποσταθμός 20KV

- Πεδία Μετασχηματιστών 150 / 20 KV (SEL – 351-7, SEL – 387 E)

- Διαφορική προστασία τριών τυλιγμάτων (87)
- Υπερένταση φάσεων και ουδετέρου (50P/51P/50 N/51 N)
- Προστασία Περιορισμού σφάλματος Γής (67 G)
- Προστασία Υπέρ / Υπό Συχνότητας (81)
- Προστασία Υπέρ / Υπό Τάσης (27/59)
- Προστασία έναντι αποτυχίας ανοίγματος Διακόπτη (86 BFR)
- Λόγος V/f (24)
- Μέτρηση (V,I,P,S,V/f,cosφ)
- Πεδία Γεννητριών
SEL – 387 E
- Διασυνδεδετικό πεδίο
SEL – 351 – 7
- Πεδία προς Υποσταθμούς 6KV
SEL – 351 – 7
- Διαφορική ζυγών 20 KV , SEL 387 Z Προστασία Υψηλής Εμπέδησης

Γ) Υποσταθμοί 6 KV: Τοποθετείται στις εισόδους SEL-387 E και στις αναχωρήσεις προς άλλους υποσταθμούς SEL 351 -7. Στο διασυνδεδετικό μπαίνει SEL – 351 – 7. Οι ηλεκτρονόμοι των εισόδων και της διασύνδεσης συνδυάζονται κατάλληλα και υλοποιούν σύστημα αυτόματης μεταγωγής (Automatic Transfer).

- Κινητήρες 6 KV (SEL – 701 Ηλεκτρονόμος Προστασίας Κινητήρων Υψηλής Τάσης)
- Προστασία Υπερεντάσης φάσεων,Ουδετέρου,Αρνητικής Συνιστώσας (50P ,50 N,50 Q)
- Ασυμμετρία Εντάσεων (46)
- Αντιστροφή φάσης (47)
- Υπέρ / Υπό Τάσης (27/59)
- Προστασία έναντι αποτυχίας ανοίγματος διακόπτη (86 BFR)
- Θερμική προστασία (49)
- Προστασία μπλοκαρίσματος δρομέα (51 LR)
- Αριθμός εκκινήσεων ανά ώρα (66)
- Διαρροή με γή (64)
- Συντελεστής ισχύος (55)
- Υπέρ / Υπό Συχνότητας (81)
- Απότομης αύξησης/απώλειας φορτίου
- Μειούμενης Ισχύος (37)
- Καταγραφή
- Μέτρηση (V,I,P,S,W,f,cosφ)
- Στους ίδιους κινητήρες χρησιμοποιείται και διαφορική προστασία τυλιγμάτων (K – 3201A,K – 3201B,K – 1501/2 C) με τη χρήση του SEL – 587.

Δ) Ζυγοί 0,4 KV

- Τοποθετούνται SEL – 351 – 7 στις εισόδους των ζυγών και συνεργαζόμενα υλοποιούν το σύστημα αυτόματης μεταγωγής.
- Lock out Relays : Είναι τύπου 7803 D

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Κίνδυνοι Και Ατυχήματα Στις Εγκαταστάσεις

10.1 Πιθανοί Κίνδυνοι

Πιθανοί κίνδυνοι σε ομαλή ή ανώμαλη λειτουργία είναι:

- η ηλεκτροπληξία
- η πυρκαγιά από βραχυκύκλωμα
- η έκρηξη λόγω σπινθήρων (ιδιαίτερα σε εκρηκτικό περιβάλλον)

Η τροφοδότηση ενός βιομηχανικού καταναλωτή γίνεται από το δίκτυο της ΔΕΗ (20 KV). Σε ορισμένες περιπτώσεις κάποιοι καταναλωτές μπορεί οι ίδιοι να είναι αυτοπαραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας με δικές τους εγκαταστάσεις (ατμοστρόβιλους ή αεριοστρόβιλους) και να είναι παραλληλισμένοι με το δίκτυο της ΔΕΗ.

10.1.1 Κίνδυνοι για τον εξοπλισμό

Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για τον εξοπλισμό είναι:

- καταπόνηση σε βραχυκύκλωμα
- πυρκαγιά λόγω τόξου σε βραχυκύκλωμα
- εκρήξεις λόγω σπινθήρων σε εκρηκτική ατμόσφαιρα (διωλιστήρια)
- πυρκαγιά λόγω καταστροφής της μόνωσης

10.1.2 Κίνδυνοι για το προσωπικό

Οι σημαντικότεροι κίνδυνοι για το προσωπικό είναι:

- εγκαύματα λόγω ηλεκτρικού τόξου σε υψηλή τάση
- επικίνδυνα ρεύματα δια μέσου του ανθρωπίνου σώματος που μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες ή ακόμα και τον θάνατο

10.2 Άνθρωπος και ηλεκτρικό ρεύμα

10.2.1 Οι επιδράσεις του ρεύματος στον άνθρωπο

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις κυριότερες επιδράσεις του ρεύματος με βάση την δημοσίευση IEC 479.

Ένταση Ρεύματος I (mA)	0.5 - 10	10 - 25	25 - 80	80 - 3000	> 3000
Όριο Αίσθησης					

Αδυναμία να ελευθερωθεί στο χέρι					
Σύσπαση μυών - Πόνος					
Κολπική Μαρμαρυγή - Θανατηφόρα					
Θανατηφόρα Εγκαύματα					

Η επίδραση του ρεύματος εξαρτάται και από μερικούς άλλους παράγοντες όπως :

- η χρονική διάρκεια διέλευσης μέσω του σώματος
- ο δρόμος διέλευσης
- αν είναι εναλλασσόμενο ή συνεχές
- Η περισσότερο επικίνδυνη ζώνη είναι η μαρμαρυγή πού είναι η καρδιακή αρρυθμία. Η καρδιά δεν είναι σε θέση να κυκλοφορήσει το αίμα και έτσι υπάρχει μειωμένη οξυγόνωση του εγκεφάλου.

Σε υψηλές εντάσεις υπάρχουν θανατηφόρα ατυχήματα εξαιτίας εσωτερικών εγχαυμάτων.

10.2.2 Αντίσταση ανθρωπίνου σώματος

Είναι κυρίως ωμική και ελλατώνεται με την αύξηση της τάσης.

Για την πλειονότητα των ανθρώπων είναι: $R = 3000 \Omega$ σε τάση $V_{επ} = 220 V$ ενώ $R = 2200 \Omega$ σε τάση $V_{επ} = 400 V$

Με βάση τις παραπάνω τιμές και τον νόμο του Ohm έχουμε: $I = V/R = 220/3000 = 73 \text{ mA}$ ή $I = 400/2200 = 180 \text{ mA}$

τιμές που αντιστοιχούν σε πολύ επικίνδυνες περιοχές. Με βάση αυτά τα δεδομένα μπορούμε να πούμε ότι και τάσεις 220 Volt μπορούν να προκαλέσουν το θάνατο.

10.2.3 Τάση επαφής

Με βάση πειραματικές μετρήσεις σαν ασφαλή τάση επαφής μπορεί να θεωρηθεί η $V_{ac} = 50 \text{ volt}$ (εναλλασσόμενο) και η $V_{dc} = 120 \text{ volt}$, τάσεις που σε περίπτωση σφαλμάτων επιτρέπονται για συγκεκριμένο χρόνο επαφής.

ΟΙ ΚΕΗΕ επιβάλλουν μέγιστους χρόνους απόζευξης 5 sec για σφάλματα γης σε συστήματα με ουδετερογείωση για τάση επαφής 50 Volt AC ή 120 Volt DC.

Για μεγαλύτερες τάσεις επαφής οι χρόνοι απόζευξης μειώνονται σημαντικά.

10.3 Ηλεκτροπληξία

10.3.1 Προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας

Η προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας εξαρτάται από τη δομή του δικτύου, από το αν το δίκτυο είναι οικιακής ή βιομηχανικής διανομής και από την περιβαλλοντική κατάσταση που επικρατεί στο χώρο που μας ενδιαφέρει. Το δίκτυο διανομής Χ.Τ της ΔΕΗ έχει γειωμένο τον ουδέτερο κόμβο και είναι ακτινικό. Ηλεκτροπληξία έχουμε σε έμμεση ή άμεση επαφή του ανθρώπου με ένα κύκλωμα. Επίσης μετά από ένα σφάλμα μπορεί να έχουμε επικίνδυνες βηματικές τάσεις στο έδαφος (έμμεση επαφή).

Σύμφωνα με ΚΕΗΕ ασφαλής είναι η εγκατάσταση όταν:

- η τάση λειτουργίας δεν υπερβαίνει τα 50 V
- το ρεύμα δεν υπερβαίνει τα 0,5 mA
- τάση πάνω από 50 Volt δεν διατηρείται για πάνω από 5 sec

Τα παραπάνω μέτρα μπορούν να υλοποιηθούν με:

- χαμηλή τάση λειτουργίας χειρισμού (50 V)
- διπλή μόνωση
- περιβλήματα
- μονωμένο δάπεδο
- γαλβανική απομόνωση
- άμεση γείωση
- ουδετέρωση
- διακόπτες διαφυγής τάσης-έντασης

10.3.2 Ενέργειες σε περίπτωση ηλεκτροπληξίας

- διακοπή της τάσης τροφοδοσίας
- απομάκρυνση από την περιοχή κινδύνου του παθόντα (χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε αυτούς που προσπαθούν να βοηθήσουν)
- Κλήση σταθμού πρώτων βοηθειών. Αν δεν διαπιστωθεί στον παθόντα αναπνοή ή σφυγμός να γίνει τεχνητή αναπνοή και μαλάξεις της καρδιάς με ρυθμικές συμπίεσεις στο στήθος.

10.3.3 Μέσα Προστασίας

- **Χαμηλή τάση χειρισμού:** Χρησιμοποιείται σε τηλεφωνικές εγκαταστάσεις, κυκλώματα ελέγχου, ηλεκτρικά παιχνίδια. Είναι σημαντικό οι μετασχηματιστές υποβιβασμού να έχουν πλήρη γαλβανική απομόνωση. Οι κυριότερες τάσεις χειρισμού είναι 24, 48 Vac ή 110 Vdc. Επίσης για ιατρικές συσκευές επαφής με το σώμα έχουμε χρήση 6V, για συσκευές μάνιου 12V και 24V για παιχνίδια.
- **Διπλή μόνωση:** Χρησιμοποιείται σε οικιακές συσκευές και ηλεκτρικά εργαλεία.. Πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη αντοχή σε διπλάσια τάση δοκιμής. Κυρίως έχουμε ενίσχυση του πάχους της απλής μόνωσης (καλώδια) και με επιπρόσθετο στρώμα μόνωσης.

- **Περίφραξη-Περίβλημα:** Περίφραξη ενός τμήματος της εγκατάστασης (κάγκελα-μπάρες) ώστε κάποιος να είναι αδύνατο να έρθει σε επαφή με τα υπό τάση μέρη. (IP 2X).
- **Εγκατάσταση σε μονωμένο δάπεδο:** Μόνωση άνω των 50KΩ για τάσεις έως 500 Volt. Πρέπει να γίνονται και ισοδυναμικές συνδέσεις.
- **Γαλβανική απομόνωση:** Το υπό προστασία κύκλωμα τροφοδοτείται μέσω Μ/Σ 1:1. Εφαρμογή έχουμε σε εργοτάξια και σε υπαίθριες εγκαταστάσεις. Το δευτερεύον δεν γειώνεται.
- **Άμεση γείωση:** Εφαρμόζεται σε ορισμένα δίκτυα στην Αττική. Έχει πλέον σαν μέθοδος εγκαταληφθεί.
- **Ουδετέρωση:** Σύνδεση των μεταλλικών μερών των συσκευών με τον αγωγό προστασίας PE ο οποίος συνδέεται με τον ουδέτερο στον πίνακα παροχής πριν τον μετρητή (3 αγωγοί L-N-PE για μονοφασική παροχή και 5 L1-L2-L3-N-PE για τριφασικά κυκλώματα). Είναι η μέθοδος που ευρέως χρησιμοποιείται από την ΔΕΗ.

10.3.4 Συνθήκες εφαρμογής των μέσων βάση του ΚΕΗΕ

Για την εφαρμογή τους ο ΚΕΗΕ αναφέρει ότι θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω συνθήκες:

- Για ιδανικό βραχυκύκλωμα φάσης και ουδέτερου πρέπει τα μέσα προστασίας να κόβουν το κύκλωμα σε 5 sec (ΚΕΗΕ). Με βάση διεθνή πρότυπα ο χρόνος μειώνεται σε 0.2 sec για πριζες και κυκλώματα με συσκευές χειρός.
- Πρέπει να εξασφαλίζεται η συνέχεια του ουδέτερου.
- Ο ουδέτερος Μ.Τ / Χ.Τ γειώνεται και εκεί συνδέονται τα μεταλλικά περιβλήματα καλωδίων. Επίσης γειώνεται και ανά 300m στη διαδρομή του. Καλό είναι να εφαρμόζονται μελέτες για γειώσεις ώστε να πετυχαίνεται χαμηλή αντίσταση γείωσης καθώς να ελέγχεται σε υποσταθμούς διανομής πότε υλοποιούνται συστήματα κοινής γείωσης Μ.Τ / Χ.Τ ή πότε αυτές διαχωρίζονται.
- Ο ουδέτερος ποτέ δεν αποζεύγεται μόνος. Μόνο σε ειδικές περιπτώσεις (εκρηκτικό περιβάλλον) επιτρέπεται η απόζευξή του. Το ίδιο μπορεί να συμβαίνει σε συσκευές που προστατεύονται με διακόπτες διαφυγής (ρελέ διαρροής RCDs).
- Ο αγωγός προστασίας PE (Protecting Earth) είναι μονωμένος και φέρει κιτρινοπράσινο χρώμα. Σε εκτεταμένα δίκτυα εσωτερικής διανομής π.χ. σε βιομηχανίες μπορεί να γειωθεί ο ουδέτερος όχι στο μετρητή αλλά σε γενικό πίνακα ή και στους μερικούς πίνακες διανομής.
- Σε κάθε σύνδεση N-PE τοποθετείται ιδιαίτερο ηλεκτρόδιο γείωσης.

10.4 Εργασία Υπό Τάση

10.4.1 Προϋποθέσεις εκτέλεσης εργασιών

- Λήψη σαφών εντολών για το τι περιλαμβάνει η εργασία (σχεδιασμός εκ των προτέρων).
- Το άτομο ή προσωπικό που θα εκτελέσει οποιαδήποτε εργασία θα πρέπει να έχει τα νομικά (άδειες Υπ. Βιομηχανίας) και ουσιαστικά (γνώση, εμπειρία) προσόντα, να έχει μελετήσει τα

σχετικά σχέδια και να έχει ενημερωθεί από υπεύθυνα πρόσωπα (Τμηματάρχης, Μηχανικός, Επόπτης, Εργοδηγός).

- Να υπάρχει στον χώρο εργασίας η «Συλλογή Εξοπλισμού Ασφαλείας».
- Να υπάρχουν όλα τα κατάλληλα, αναγκαία και σε καλή κατάσταση εργαλεία και όργανα μετρήσεων και δοκιμών, πιστοποιημένα, διακριβωμένα και να έχει επιβεβαιωθεί η σωστή τους λειτουργία.
- Για εργασίες σε υποσταθμούς 20/6 KV θα πρέπει να συμμετέχουν τουλάχιστον 2 άτομα.
- Θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι δεν θα εκτελεστούν χειρισμοί από τρίτα πρόσωπα άσχετα με τις εργασίες όπως π.χ. επανασύνδεση διακοπέισας τάσης, γείωση κ.λ.π. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει να μανδαλώνονται οι ηλεκτρικοί πίνακες που αποκόπτονται (τοποθέτηση λουκέτων) και να τοποθετούνται καρτέλλες ότι σε συγκεκριμένο εξοπλισμό εκτελούνται εργασίες.
- Αν στο χώρο εργασιών ευρίσκονται μη αρμόδια άτομα άλλων ειδικοτήτων (Εργολάβοι) που εκτελούν ηλεκτρολογικές εργασίες θα πρέπει ανάλογα με την σοβαρότητά τους να παρακολουθούνται από το Ηλεκτρολογικό Τμήμα της Μ.Ο.Η.
- Οι συμμετέχοντες σε εργασίες υπό Τάση θα πρέπει να έχουν την κατάλληλη στεγνή ένδυση και υπόδυση, κράνος πλαστικό, γυαλιά, φόρμα πάνινη, παπούτσια με σόλα από πλαστικό ή λάστιχο και όχι δερμάτινη.

10.4.2 Εξοπλισμός εργασίας

- ο παρακάτω εξοπλισμός κρίνεται ότι είναι απαραίτητος για την εκτέλεση εργασιών με χωρίς τάση σε ηλεκτρολογικό εξοπλισμό 20/6/0,4 KV
- ο εξοπλισμός θα πρέπει να υπάρχει εντός του χώρου των Υποσταθμών και όλο το προσωπικό να είναι εξοικειωμένο με την χρήση του
- δοκιμαστικό μπαστούνι Μ.Τ (4 - 30 KV)
- δοκιμαστικό δίπολο Χ.Τ
- αρματούρα γείωσης
- λαβή εξαγωγής ασφαλειών Μ.Τ / Χ.Τ
- γάντια ηλεκτρολόγου
- μονωτικοί τάπητες, κράνη, γυαλιά εργασίας (προσωπίδες) πυροσβεστήρα CO₂, φακό επαναφορτιζόμενο
- μάσκες καπναερίων, λουκέτα μανδάλωσης πινάκων, πινακίδες ασφαλείας
- πλαστική ταινία περιφραξής ασφαλείας, χαρτοταινία
- βασικό φαρμακείο

10.4.3 Βασικοί κανόνες εργασιών σε ηλεκτρολογική εγκατάσταση

Με βάση τους ηλεκτρολογικούς κανονισμούς VDE 0105 πριν την εργασία σε ηλεκτρολογική εγκατάσταση θα πρέπει να γίνονται απαραίτητα οι παρακάτω ενέργειες:

- Διακοπή τάσης
- Μόνωση, κάλυψη
- Επιβεβαίωση της απουσίας τάσεως
- Γείωση
- Εξασφάλιση ότι δεν υπάρξει επανερργοποίηση της ρευματοδότησης από τρίτους

- Θα πρέπει να τονιστεί ότι σε κάθε διακοπή είναι προτιμότερο να γίνεται οπτική επιβεβαίωση της διακοπής της τάσης και της εισαγωγής γείωσης. Αυτό σημαίνει ότι μόνο η φυσική ορατή θέση και κατάσταση των διακοπτικών στοιχείων μας εξασφαλίζει κάτι τέτοιο (π.χ. συρόμενος διακόπτης σε θέση εκτός - μαχαίρια ανοιχτά - ασφάλειες εκτός). Δεν θα πρέπει οι ενδεικτικές λυχνίες και τα LEDs των πινάκων να δηλώνουν από μόνα τους απουσία τάσεως.
- Επίσης μια εγκατάσταση είναι πιθανό να έχει περισσότερες από μια τροφοδοτήσεις (Δίκτυο ΔΕΗ - Γεννήτριες - Άλλοι Υποσταθμοί). Πρέπει πάντα να γίνεται επιβεβαίωση του σχήματος τροφοδότησης ώστε να γίνει σωστά η διακοπή και η απομόνωση των κυκλωμάτων.
- Επίσης θα πρέπει να είναι γνωστό ότι ακόμη και η διακοπή παροχής σε κάποιο κύκλωμα δεν σημαίνει ασφάλεια διότι, μεγάλες καλωδιακές γραμμές, μετασχηματιστές, πυκνωτές και μεγάλοι κινητήρες κρατούν χωρητικά κάποιες ποσότητες ενέργειας οι οποίες είναι επικίνδυνες αν δεν γειωθούν.

10.4.4 Έλεγχος πριν την επανάζευξη

Πάντοτε μετά την ολοκλήρωση των εργασιών θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικός έλεγχος ενός κυκλώματος ώστε να είναι σε θέση αυτό να τροφοδοτηθεί με τάση.

Θα πρέπει λοιπόν να γίνουν με ιδιαίτερη προσοχή τα παρακάτω:

- έλεγχος για ξεχασμένα εργαλεία εντός πινάκων
- έλεγχος για βγαλμένα εξαρτήματα, κακοβαλμένα ή ακατάλληλα
- έλεγχος για ξεχασμένες γέφυρες σε κλέμμες, φθαρμένα καλώδια
- έλεγχος για χαλαρές συσφίξεις καλωδίων ισχύος ή αστύριχτα καλώδια τα οποία μεταφέρουν τάσεις σε διακόπτες ή λοιπό εξοπλισμό (συσφίξεις ή δυναμόκλειδο)
- έλεγχος για μικρές αποστάσεις μερών υπό τάση
- έλεγχος για κακές μονώσεις - μονωτικά
- έλεγχος για ασφάλειες με αυτοσχέδια γεφύρωση, ακατάλληλες ασφαλειοθήκες
- έλεγχος για σωστή διαδοχή φάσεων
- έλεγχος για την αφαίρεση όλων των γειώσεων
- σωστή καθαριότητα του πίνακα και έλεγχος για την ύπαρξη υγρασίας
- έλεγχος πίεσης SF6 και στάθμης λαδιού στους διακόπτες
- έλεγχος μόνωσης καλωδίων και κινητήρων (με χρήση Megger όπου σαν αποδεκτή τιμή θα πρέπει να είναι ≥ 1000 V).
- ρύθμιση κυκλωμάτων προστασίας και έλεγχος CTs (δευτερογενής έγχυση) με την βοήθεια κατάλληλης γεννήτριας (Sverker, Omicron)
- έλεγχος μηχανικών μανδαλώσεων
- έλεγχος για την σωστή επιλογή εξοπλισμού (πιθανή υποδιαστασιολόγηση είναι επικίνδυνη)

Θα πρέπει να τονιστεί ότι κατά τον καθαρισμό των πινάκων είναι καλύτερο να χρησιμοποιείται αναρρόφηση και όχι αέρας. Αν πάραυτα χρησιμοποιείται αέρας θα πρέπει να είναι οργάνων ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος συσσώρευσης υγρασίας εντός του πίνακα. Κατά την ηλεκτροδότηση ενός πεδίου μετά την συντήρηση θα πρέπει να υπάρχει ετοιμότητα για διακοπή εάν προκύψει κάτι απρόσμενο κατά τα πρώτα λεπτά (Περίεργοι θόρυβοι-τσιτίρισμα κ.λ.π.). Καλό είναι να γίνει έλεγχος των κυκλωμάτων με θερμογραφική κάμερα ώστε να διαπιστωθούν σημεία με αυξημένη

θερμοκρασία και να γίνουν οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες. Με βάση πάλι τους κανονισμούς VDE θα πρέπει να τονισθεί ότι εφόσον επιβάλλεται να γίνουν εργασίες επάνω σε με παρούσες βοηθητικές τάσεις 110 V dc ή 220 V ac, θα πρέπει το προσωπικό να εργάζεται πατώντας πάνω σε μονωτικό τάπητα ο οποίος στρώνεται μπροστά από το χώρο εργασίας να φορά στεγνά παπούτσια με λαστιχένια σόλα. Θα πρέπει σε αυτές τις περιπτώσεις να αποφεύγεται ταυτόχρονη χρήση και των δύο χεριών τα οποία μπορούν να έρθουν σε επαφή με σημεία διαφορετικού δυναμικού. Η επαφή με τμήμα κυλώματος υπό χαμηλή τάση έχει σαν αποτέλεσμα οι μύες να σφίγγουν το κύκλωμα. Αντίθετα το τόξο που προκαλείται από απλό πλησίασμα και μόνο σε κύκλωμα 6 ή 20 KV απωθεί το θύμα μακριά από το υπό τάση σημείο.

10.5 Ηλεκτρικό Τόξο

10.5.1 Ορισμός

Ηλεκτρικό τόξο είναι η βίαιη και απότομη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τον αέρα. Αυτό οφείλεται στην διάσπαση της διηλεκτρικής αντοχής δηλαδή της μονωτικής ιδιότητας του αέρα.

Θα πρέπει δύο σημεία να βρεθούν σε τέτοια απόσταση και υπό τέτοιες συνθήκες ώστε η εφαρμοζόμενη τάση ή κάποια ενδεχόμενη υπέρταση να ανοίξει «δενδρίτες» δηλ. ιονισμένους διαδρόμους στον αέρα μέσω των οποίων διοχετεύεται κρουστικά το ηλεκτρικό ρεύμα. Το τόξο δημιουργείται ξαφνικά (π.χ. από πλησίασμα κάποιου εργαλείου, εξαγωγή μαχαιροπήης ασφάλειας) ή φτιάχνεται σταδιακά (π.χ. ηλεκτρική διαρροή Μ.Τ. (ερπισμός) πάνω σε επιφάνεια μονωτήρα). Στην τελευταία περίπτωση το φαινόμενο συνοδεύεται από χαρακτηριστικό ήχο, «ελαφρό τσιτσιρίσιμα». Η ηλεκτρική ένταση κατά την εξέλιξη του φαινομένου είναι μικρή και έτσι υπάρχει αδυναμία των ηλεκτρονόμων προστασίας να αναγνωρίσουν το σφάλμα. Το φαινόμενο βέβαια στην κορύφωσή του έχει τεράστιες εντάσεις της τάξεως των kA με ιδιαίτερα μεγάλη ταχύτητα (χρόνοι μικρότεροι των 10ms) γεγονός ιδιαίτερα δύσκολο στην αντιμετώπισή του από ηλεκτρονόμους προστασίας. Το βραχυκύκλωμα που εκδηλώνεται σε κάποιο σημείο ενός κυκλώματος έχει σαν αποτέλεσμα πολλές φορές στο σημείο επαφής να γίνεται τήξη των μετάλλων και το αποτέλεσμα του τόξου να μοιάζει με ηλεκτροκόλληση. Στις περιπτώσεις τόξου η διέλευση του ρεύματος μέσω του ιονισμένου αέρα μπορεί να πάρει γιγαντιαίες διαστάσεις και να θερμάνει απότομα τον αέρα, ανεβάζοντας κρουστικά την πίεση. Έτσι έχουμε σαν αποτέλεσμα έκρηξη η οποία είναι ισχυρότατη. Η ισχύς της μπορεί να φτάσει τα 50 MW. Από την εκτόνωση θα εκσφενδονιστούν μέρη του πίνακα και να φύγουν κάσες πορτών και παραθύρων. Η θερμοκρασία του τόξου μπορεί να φτάσει τους 20,000 C. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι ζυγοί και τα περιβλήματα να λιώσουν σε κάποια σημεία και το τόξο θα συνοδευτεί από ατμούς μετάλλου. Υπάρχει επίσης κίνδυνος από την εισπνοή των αερίων προϊόντων της καύσης λόγω της τοξικότητας των ατμών μετάλλου αλλά και της υψηλής θερμοκρασίας. Η μεγάλη ισχύς της ακτινοβολίας και η λάμψη μπορεί να προκαλέσουν από απλή φωτοπληξία έως τύφλωση ή σοβαρά εγκαύματα. Ο ήχος της έκρηξης φτάνει έως τα 180 db, πολύ παραπάνω από τα 100 db που είναι το όριο του πόνου και μπορεί να προκαλέσει έτσι την καταστροφή του τυμπάνου.

10.5.2 Αίτια δημιουργίας τόξου

- Διάφορα μικρά ζώα (γάτες, ποντίκια, πουλιά) που προτιμούν το χώρο του ηλεκτρικών πεδίων λόγω της ζέστης που επικρατεί σε αυτά. Πρέπει γι' αυτό το λόγο να κλείνονται καλά όλοι οι δίοδοι στους υποσταθμούς και να γίνεται συστηματική καταπολέμηση των τρωκτικών (δηλητήρια, συσκευές υπερήχων).

- Ασύνδετα μέρη ή ξεχασμένα εργαλεία και εξαρτήματα.
- Ρύπανση ή υγρασία: Σκονισμένοι μονωτήρες μπορούν να δημιουργήσουν έναν διάδρομο ερπυσμού προς το σώμα του πεδίου. Η αλμύρα της θάλασσας είναι επίσης πολύ επικίνδυνη ρύπανση.
- Μετακινήσεις υλικών: Ζυγοί που δεν σφίχτηκαν καλά και χαλάρωσαν,βίδες χωρίς ροδέλες,γκρόβερ ή βίδες που σφίχτηκαν χωρίς δυναμόκλειδο.
- Θραύση μονωτικών όπως π.χ θραύση μονωτήρων κατά την μεταφορά ή κατά το σφίξιμο που μερικές στιγμές είναι αφανή αλλά ικανά να προκαλέσουν δημιουργία τόξου.
- Οι ζυγοί των υποσταθμών δέχονται ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις (Laplace). Αν λοιπόν οι ζυγοί δεν έχουν υπολογιστεί σωστά ή δεν έχουν στηριχτεί με την σωστή πυκνότητα μονοπήρων στήριξης οι δυνάμεις αυτές μπορούν σε περίπτωση βραχυκυκλώματος να γίνουν ιδιαίτερα μεγάλες, κάνοντας τους αγωγούς να πλησιάσουν με συνέπεια να έχουμε την εμφάνιση τόξου.
- Χαλαρές συνδέσεις έχουν σαν αποτέλεσμα την υπερθέρμανση μιας επαφής από μεγάλη διαβατική αντίσταση η οποία εκτός από υπερθέρμανση μπορεί να δημιουργήσει και τόξο.
- Ιδιαίτερα μεγάλες υπερεντάσεις μπορούν να δημιουργήσουν καταστροφή των μονωτικών (π.χ. M/T μετρήσεων) και να είναι αιτία αρχής τόξου.
- Εξοπλισμός κακής ποιότητας από κατασκευή ο οποίος δεν ανιχνεύτηκε σε δοκιμές.
- Διακοπτικά μέσα με ακατάλληλο μέσο σβέσεως τόξου (λάδι, SF6).
- Προσέγγιση προσωπικού κοντά σε ενεργά τμήματα κυκλώματος από λάθος ή άγνοια. Σημειώνεται ότι στην Μέση Τάση (6 KV, 20 KV) μπορεί να υπάρχει τόξο από απόσταση χωρίς να έχει προηγηθεί επαφή.
- Λανθασμένοι χειρισμοί - παράβαση μανδαλώσεων (γείωση υπό τάση, με κοινό διακόπτη, διακοπή ή ζεύξη υπό φορτίο με διακοπτικά στοιχεία ακατάλληλα ώστε να άγουν ανάλογα ρεύματα).
- Υγρασία εντός πεδίων Υποσταθμών - Ζυγών.
- Μονωτικά τα οποία έχουν ήδη υποστεί κάποια ηλεκτρική διάσπαση από προγενέστερες υπερτάσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις μέσα στο μονωτικό ανοίγονται ευκολότερα διάδρομοι όδευσης ηλεκτρικού πεδίου (δενδρίτες) και έτσι είναι ευκολότερη η διάσπαση του μονωτικού στο μέλλον.
- Η μετακίνηση πεδίων σε περίπτωση Σεισμών - Θραύση μονωτήρων.
- Υποδιαστασιολόγηση εξοπλισμού (π.χ. επιλογή διακόπτη ο οποίος δεν μπορεί να αντέξει στο ρεύμα βραχυκύκλωσης θα κάνει το διακόπτη να εκραγεί).

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει σε συνδυασμό με όλα τα παραπάνω να υπάρχει ένα καλά δομημένο σύστημα προστασίας του εξοπλισμού με ειδικούς ηλεκτρονόμους οι οποίοι θα πρέπει να συνεργάζονται επιλογικά, έτσι ώστε να αυξάνεται η αξιοπιστία του συστήματος και να παραμένει σε λειτουργία ο εξοπλισμός που μπορεί να λειτουργήσει χωρίς πρόβλημα.

10.5.3 Ενέργειες σε ατυχήματα από ηλεκτρικό τόξο

Το τόξο θα γίνει αντιληπτό από την στιγμιαία λάμψη και τον ισχυρό ήχο που ακούγεται σαν πυροβολισμός. Συνήθως το ακολουθούν καπνοί και μυρωδιά.

Η πτώση της τάσεως είναι ανάλογη του ρεύματος βραχυκύκλωσης και αποτελέσματά του ανάλογα (διακυμάνσεις στον φωτισμό - διακοπή - σταμάτημα κινητήρων). Υπόνοια για την δημιουργία τόξου πρέπει να αποτελούν, ήχοι εντός πεδίων Μέσης Τάσης και οποιαδήποτε περιεργη οσμή όμοια με κάτι που καίγεται ή ζεσταίνεται ιδιαίτερα.

Σε περίπτωση που γνωρίζουμε το χώρο που σημειώθηκε το ηλεκτρικό τόξο θα πρέπει να γίνει προσπάθεια εισόδου στο χώρο του Υποσταθμού. Στην περίπτωση φωτιάς θα πρέπει η είσοδος στο χώρο να γίνει με την βοήθεια ειδικής μάσκας η οποία βρίσκεται έξω από την πόρτα κάθε Υποσταθμού. Όλοι οι Υποσταθμοί έχουν Αυτόματο Σύστημα Πυρόσβεσης που ενεργοποιείται σε περίπτωση φωτιάς. Ολόκληρος ο χώρος του Υποσταθμού κατακλύζεται από αέριο Inergen (52% N₂, 40% Ar, 8% CO₂) αέριο όχι ιδιαίτερα τοξικό. Η διακοπή της τάσης σε αυτήν την περίπτωση είναι επιβεβλημένη, εάν δεν έχει ήδη προέλθει από την ενεργοποίηση στοιχείου προστασίας.

Στην περίπτωση που υπάρχει θύμα ηλεκτροπληξίας δεν το αγγίζουμε πριν υπάρξει επιβεβαίωση για την διακοπή της τάσης (εάν το θύμα είναι σε επαφή με αυτήν). Αυτό συμβαίνει συνήθως στην Χ.Τ. γιατί στην Μ.Τ. το θύμα έχει απωθηθεί μακριά από τα Υπό Τάση Μέρη).

Η απομάκρυνση του θύματος από τα υπό τάση μέρη μπορεί να γίνει με μονωτικό μαστόνι ή με κάποιο υλικό μη αγώγιμο.

10.5.4 Πρώτες βοήθειες

- Στην περίπτωση ύπαρξης τραυματία εάν ο χώρος είναι ανεκτός χωρίς καπνούς και αέρια δεν μετακινούμε τον τραυματία πριν επιβεβαιώσουμε την κατάστασή του.
- Σε περίπτωση αναισθησίας αν υπάρχει κρανιοεγκεφαλική κάκωση (χτύπημα στο κεφάλι), ή κάκωση στην σπονδυλική στήλη (αδυναμία κίνησης των άκρων) απαγορεύεται η οποιαδήποτε μετακίνηση από μη ειδικούς. Είναι απαραίτητο να γίνει κλήση ασθενοφόρου.
- Στην περίπτωση που το θύμα έχει χάσει τις αισθήσεις του θα πρέπει να ελεγχθεί ότι υπάρχει αναπνοή και σφυγμός.
- Στην απλή και μόνο προσέγγιση στην μέση Τάση εάν δημιουργηθεί τόξο το θύμα έχει απωθηθεί μακριά, τουλάχιστον με εγκαύματα και σοκ.

Όλα αυτά όμως δεν σημαίνουν απαραίτητα απώλεια ζωής. Ίσως με ψύχραιμες, άμεσες και αποτελεσματικές κινήσεις υπάρχει η δυνατότητα επαναφοράς. Θα πρέπει το συντομότερο δυνατόν να διαπιστωθεί εάν το θύμα έχει τις αισθήσεις του, αναπνέει και έχει σφυγμό. Γι' αυτό τον λόγο του μιλάμε αργά και καθαρά για να δούμε εάν αντιδρά. Βάζουμε το αφτί μας κοντά στο στόμα του για να ακούσουμε πιθανή αναπνοή ή κοιτάζουμε εάν κινείται ελαφρά ο θώρακάς του. Πιάνουμε με τα δάχτυλά μας την περιοχή του λαιμού για ανεύρεση σφυγμού (περιοχή καροτίδας). Θα πρέπει να ανασηκώσουμε λίγο από το σαγόني του θύματος το κεφάλι προς τα πίσω έτσι ώστε να αποτρέψουμε την γλώσσα να κλείσει τον θώρακα και να φράξει την περιοχή του λαιμού, διακόπτοντας έτσι την αναπνοή. Ίσως σε τέτοιες περιπτώσεις είναι αναγκαίο να τοποθετηθεί το θύμα σε στάση ανάνηψης (γυρισμένο το σώμα στο πλάι, κάτι που δεν επιτρέπει στο θύμα να υποστεί αναρρόφηση).

Καρδιοαναπνευστική επαναφορά: Στην περίπτωση που κάποιος δεν αναπνέει θα πρέπει να γίνει τεχνητή αναπνοή και μαλάξεις στο στήθος, καθώς επίσης να γίνει επειγόντως κλήση βοήθειας. Πιέζουμε γι' αυτό το λόγο το στήθος 5 φορές και στην συνέχεια δίνουμε μια αναπνοή από το στομα. Επαναλαμβάνουμε τις μαλάξεις και τις αναπνοές με τον ίδιο ακριβώς. Προσπαθούμε με αυτόν τον τρόπο να δημιουργήσουμε τεχνητή κυκλοφορία αίματος πιέζοντας το στήθος και με αυτό τον τροπο στοχεύουμε στην επαναλειτουργία της καρδιάς. Η καρδια με αυτόν τον τροπο θα στείλει αίμα στον εγκέφαλο το οποίο θα πρέπει να είναι οξυγόμενο , γι'αυτόν τον λόγο οι μαλάξεις στο στήθος θα πρέπει να συνοδεύονται από διαβίβαση αέρα από το στόμα. Η μύτη του θύματος θα

πρέπει να είναι κλειστή κατά την στιγμή της διαβίβασης αέρα. Η ψυχραιμία που θα διαθέτει κάποιος που προσφέρει την βοήθεια είναι ο κυριότερος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει στην επιβίωση του θύματος. Πιέζουμε γι' αυτό το λόγο το στήθος 5 φορές και στην συνέχεια δίνουμε μια αναπνοή από το στόμα. Επαναλαμβάνουμε τις μαλάξεις και τις αναπνοές με τον ίδιο ακριβώς. Προσπαθούμε με αυτόν τον τρόπο να δημιουργήσουμε τεχνητή κυκλοφορία αίματος πιέζοντας το στήθος και με αυτό τον τρόπο στοχεύουμε στην επαναλειτουργία της καρδιάς. Η καρδιά με αυτόν τον τρόπο θα στείλει αίμα στον εγκέφαλο το οποίο θα πρέπει να είναι οξυγόμενο, γι' αυτόν τον λόγο οι μαλάξεις στο στήθος θα πρέπει να συνοδεύονται από διαβίβαση αέρα από το στόμα. Η μύτη του θύματος θα πρέπει να είναι κλειστή κατά την στιγμή της διαβίβασης αέρα. Η ψυχραιμία που θα διαθέτει κάποιος που προσφέρει την βοήθεια είναι ο κυριότερος παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει στην επιβίωση του θύματος.

Εγκαυμάτα: Εγκαυμάτα σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις προκαλούνται συνήθως από επαφή με τα αέρια που προέρχονται από ηλεκτρικό τόξο, από την ακτινοβολούμενη θερμική ενέργεια σε περίπτωση τόξου ή από επαφή με υγρά συσσωρευτών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι ανάλογα με την πηγή που προκάλεσε το ατύχημα και τον χρόνο διάρκειας του φαινομένου, εξαρτάται η σοβαρότητα των εγκαυμάτων. Σίγουρα πάντως σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνει καταρχήν προσπάθεια για την άμεση σβέση της φλόγας. Στην συνέχεια θα πρέπει να απομακρύνονται τα ρούχα όταν δεν είναι κολλημένα στο σώμα. Άμεσα θα πρέπει να υπάρχει επικοινωνία με ασθενοφόρο, ενώ μέχρι τότε θα πρέπει να γίνεται ξέπλυμα των εγκαυμάτων με κρύο νερό.

Σοκ: Μπορεί να προέλθει από οποιοδήποτε τραυματισμό, ηλεκτροπληξία, εγκαυμάτα, ψυχικό κλονισμό. Τα κυριότερα συμπτώματα κάποιου ο οποίος έχει υποστεί σοκ είναι: παλμοί καρδιάς άρυθμοι, άσπρο πρόσωπο, ψυχρό δέρμα και ιδρώτας στο σώμα, ανησυχία-επιθετικότητα, ζαλάδα. Σε κάθε περίπτωση προσπαθούμε ώστε το θύμα να αισθανθεί ότι είναι ασφαλές (καθησυχασμός) και ότι πλέον δεν υπάρχει κάποιος κίνδυνος. Ίσως χρειάζεται να γίνει προσπάθεια για αποστολή αίματος στον εγκέφαλο, σηκώνοντας περιστασιακά τα κάτω άκρα σε ψηλότερο σημείο από το υπόλοιπο σώμα.

Εισπνοή Αερίων: Τα συμπτώματα είναι το έντονο κάψιμο γύρω από την μύτη, ζάλη, απώλεια αισθήσεων και ασθματική αναπνοή. Σε κάθε τέτοια περίπτωση προσπαθούμε να απομακρύνουμε το θύμα από τον χώρο των αερίων σε κάποιο ευάερο χώρο. Τοποθετούμε τον πάσχοντα σε στάση ανάνηψης και προσπαθούμε να διευκολύνουμε την αναπνοή του. Σε αρκετά δύσκολες καταστάσεις ίσως χρειαστεί η χορήγηση οξυγόνου αν υπάρχει και σίγουρα απαιτείται κλήση ασθενοφόρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Μελέτη Ηλεκτρολογικής Εγκατάστασης

Στο τελευταίο κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση μιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης και συγκεκριμένα της εταιρείας "Μότορ Όιλ Ελλάς".

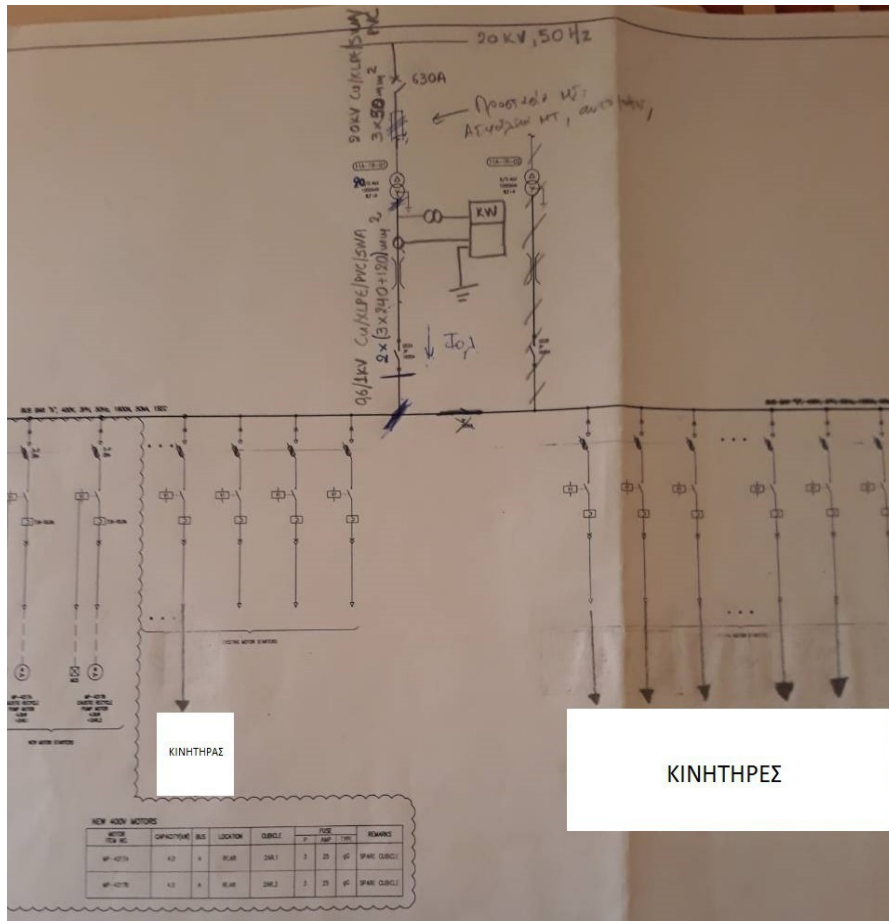


Η Μότορ Όιλ Ελλάς (MOE) είναι μία εταιρεία με ηγετικό ρόλο στον τομέα της διύλισης πετρελαίου, προμηθεύοντας τις αγορές που εξυπηρετεί με ένα ευρύ φάσμα αξιόπιστων ενεργειακών προϊόντων.

Το Διυλιστήριο μαζί με τις βοηθητικές εγκαταστάσεις και τις εγκαταστάσεις διακίνησης καυσίμων αποτελεί το μεγαλύτερο ιδιωτικό βιομηχανικό συγκρότημα της Ελλάδος. Μπορεί να κατεργάζεται αργό πετρέλαιο διαφόρων τύπων, παράγοντας ένα ευρύ φάσμα πετρελαϊκών προϊόντων, που καλύπτουν τις πιο αυστηρές διεθνείς προδιαγραφές, εξυπηρετώντας έτσι μεγάλες εταιρείες εμπορίας πετρελαίου στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

Το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας της MOE είναι πιστοποιημένο σύμφωνα με το ISO 9001:2008 για την παραγωγή, εμπορία και παράδοση καυσίμων, βιοκαυσίμων, λιπαντικών, κεριών και προϊόντων ασφάλτου. Το Σύστημα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης είναι και αυτό πιστοποιημένο σύμφωνα με το ISO 14001:2004 για συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, καθώς επίσης και το σύστημα Υγιεινής και Ασφάλειας με το OHSAS 18001:2007. Το διυλιστήριο της MOE είναι ένα από τα ελάχιστα στην Ευρώπη το οποίο έχει πιστοποιηθεί και για τα τρία συστήματα.

11.1 Σχέδιο Εγκατάστασης Βιομηχανίας



OTOR OIL (HELLAS) S.A. TECHNIPETROL HELLAS S.A.

PROJECT: AMINE REVAMPING
CLIENT: MOTOR OIL HELLAS

DATE: 05/10/2007
PROJECT NO.: 128
UNIT: 5300
TYPE: MMA

FOR LEGEND SEE SHEET 1

ITEM NO.	ITEM OF DRIVER OR ELECTRICAL EQUIPMENT	SERVICE	TYPE	STATUS	DRIVEN MACHINE OR VARIOUS LOAD	UNIT	DESIGN	NORMAL	PARTICULAR	BATTERY BACKUP	DATE	POWER	REVISION
EM-5306 M	AMINE MAKE-UP PUMP	HC			N	N			260		10/07	0.85	
EM-5302N A	MDEA REGENERATOR REFLEX PUMP	HC			N	N			260		10/07	0.83	
EM-5302N B	MDEA REGENERATOR REFLEX PUMPS	HC			S	N			260		10/07	0.83	
EM-5302N/P-01A	CORROSION INHIBITOR DOSING PUMP	HC			N	N			260		10/07	0.8	
EM-5302N/P-01B	CORROSION INHIBITOR DOSING PUMP	HC			S	N			260		10/07	0.8	
EM-5304 A	MDEA REGENERATOR OVHD. CONDENSER	FA			N	N			100		10/07	0.85	
EM-5304 B	MDEA REGENERATOR OVHD. CONDENSER	FA			N	N			300		10/07	0.88	
EM-5305 A	LEAN MDEA AIR COOLER	FA			N	N			300		10/07	0.88	
EM-5305 B	LEAN MDEA AIR COOLER	FA			N	N			300		10/07	0.88	

7209

11.2 Πίνακες Για Επιλογή Στοιχείων

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.5 – Ασφάλειες Βιδωτές (κάτω από 125 A)

α/α	Τύπου D (Diazed) ικανότητα διακοπής 50 KA	Τύπου DO (Neozed) ικανότητα διακοπής 50 KA	Τύπου CF ικανότητα διακοπής 100 KA	Τύπου G (γυάλινες) ικανότητα διακοπής 0.050 KA
1	2	2	1	
2	4	4	2	
3	6	6	4	
4	10	10	6	
5	16	16	8	
6	20	20	10	
7	25	25	12	
8	35	35	16	
9	50	50	20	
10	63	63	25	
11	80	80	32	
12	100	100	40	

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.6 – Ασφάλειες Μαχαιρωτές (πάνω από 125 A)

α/α	Μέγεθος 0 0	Μέγεθος 0	Μέγεθος 1	Μέγεθος 2	Μέγεθος 3	Μέγεθος 4
1	2	6	16	35	200	500
2	4	10	20	50	250	630
3	6	16	25	63	300	800
4	10	20	35	80	315	1000
5	16	25	40	100	355	1250
6	20	32	50	125	400	
7	25	35	63	160	425	
8	32	40	80	200	500	
9	35	50	100	224	630	
10	40	63	125	250		
11	50	80	160	300		
12	63	100	200	315		
13	80	125	224	355		
14	100	160	250	400		
15	125					
16	160					

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.2 – Θερμικό

α/α	Παροχή ρύθμισης θερμικού σε (A)		Προτεινόμενες ασφαλείες προστασίας σε (A)		Κωδικός ρελέ ισχύος με τον οποίο μπορεί να συντηρηθεί	Κλάση	Τύπος θερμικού ρελέ
	Ελάχιστη	Μέγιστη	Κλάση αM	Κλάση gL			
1	0,16	0,25	-	-	CL00	10A	RT1
2	0,25	0,4	-	2			
3	0,4	0,63	-	2	CL01		
4	0,63	0,9	-	4			
5	0,8	1,1	-	4	CL02		
6	1	1,5	-	4			
7	1,3	1,9	-	6	CL25		
8	1,9	2,7	-	10			
9	2,5	4	-	16	CL03		
10	4	6,3	-	20			
11	5,5	7,5	16	20	CL04		
12	7	10	20	25			
13	10	13	20	35	CL45		
14	12	15	25	35			
15	14,5	17,5	32	50			
16	17,5	22	40	50			
17	21	26	40	63			
28	25	32	50	80			
19	30	40	63	100			
20	11,5	15	32	35	CL06	10	RT2
21	14,5	19	40	50			
22	19	25	50	63	CL07		
23	25	32	63	100			
24	32	41	80	125	CL08		
25	39	47	100	125			
26	44	54	100	160	CL09		
27	54	65	125	160			
28	64	75	125	200	CL10		
29	70	80	125	200			
30	80	95	125	200			
31	90	110	160	250			
32	55	80	125	200	CK75	10	RT3
33	63	90	125	200			
34	90	120	160	250	CK08		
35	11-	140	200	315			
36	140	180	250	355			
37	2,5	4	10	16	CL...	30	RT4
38	4	6,5	12	20			
39	5,5	8,5	16	25			
40	7,5	11	20	32			
41	10	16	25	40			
42	12,5	20	32	50			
43	17	27	50	80			
44	26	40	80	125			
45	32	52	100	160			
46	45	70	125	160			
47	60	90	160	200	CK...	10 και 30	RT4
48	80	125	200	250			
49	120	190	250	315			
50	175	280	315	400			
51	200	310	400	500			
52	120	190	250	315	CK10 CK11 CK12	10 και 30	RT5
53	175	280	315	400			
54	250	400	500	630			
55	315	500	630	800			
56	430	700	800	1000			
57	500	850	1000		CK13	10 και 30	RT6

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.1 – Ηλεκτρονόμος

α/α	Μέγιστο ρεύμα-συνεχούς λειτουργίας για ολική φορτία κατ' AC-1 (A)	Μέγιστο ρεύμα-συνεχούς λειτουργίας για τάση 5440 V - 50/60 Ηz κατ' AC-3 (A)	Επιτρεπόμενη ισχύς κινητήρων για κατηγορία AC-3				Διάστημα ζωής (αριθμός ηλεκτροκινήσεων μύλων)	Κίνηση με ελιγμούς (τροφοδότηση πηνίου ρελι)	Κωδικός ρελι ισχύος
			220-230V		380-400V				
			KW-HP	KW-HP	KW-HP	KW-HP			
1	25	9	2,2-3	4-5,5	4-5,5	5,5-7,5	2x10 ⁶	AC - DC	CL00A3
2	25	12	3-4	5,5-7,5	5,5-7,5	7,5-10	2x10 ⁶	AC - DC	CL01A3
3	32	18	4-5,5	7,5-10	7,5-10	10-13,5	1,7x10 ⁶	AC - DC	CL02A3
4	45	25	7,5-10	11-15	11-15	15-20	2x10 ⁶	AC - DC	CL25A3
5	45	25	7,5-10	12-16	12-16	15-20	2x10 ⁶	AC - DC	CL03A3
6	60	32	9-12	16-22	16-22	18,5-25	2x10 ⁶	AC - DC	CL04A3
7	60	40	11-15	18,5-25	22-30	25-34	2x10 ⁶	AC - DC	CL45A3
8	90	50	15-20	22-30	25-34	30-40	1,8x10 ⁶	AC - DC	CL06A3
9	110	65	18,5-25	30-40	37-50	40-55	1,7x10 ⁶	AC - DC	CL07A3
10	110	80	22-30	37-50	45-60	45-60	1,5x10 ⁶	AC - DC	CL08A3
11	140	95	25-34	45-60	50-68	55-75	1,7x10 ⁶	AC - DC	CL09A3
12	140	105	30-40	55-75	55-75	65-88	1,5x10 ⁶	AC - DC	CL10A3
13	250	150	45-60	75-100	80-108	100-135	1,7x10 ⁶	AC - DC	CK75
14	250	185	55-75	90-125	100-135	110-150	1,2x10 ⁶	AC - DC	CK08
15	315	205	65-88	110-150	125-170	132-180	1,7x10 ⁶	AC - DC	CK85
16	315	250	75-100	132-180	132-180	160-220	1,5x10 ⁶	AC - DC	CK09
17	450	309	90-125	160-220	185-250	200-270	1,1x10 ⁶	AC - DC	CK95
18	600	420	125-170	220-300	230-312	300-405	1,3x10 ⁶	AC - DC	CK10
19	700	550	160-220	280-380	315-425	400-540	1x10 ⁶	AC - DC	CK11
20	1000	700	220-300	375-510	400-540	480-650	0,7x10 ⁶	AC - DC	CK12
21	1250	825	250-340	450-610	450-610	500-680	0,7x10 ⁶	AC - DC	CK13

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5 – Διατομή

Πίνακας 6.5. Ονομαστικές τιμές ρεύματος (γενικά) για εύκαμπτα καλώδια για όλους τους τύπους καλωδίων. (I₀)

Ονομαστική διατομή αγωγού σε mm ²	Ομάδα 1 NYAF		Ομάδα 2 NYH		Ομάδα 3	
	Ονομαστική τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας	Ονομαστική τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας	Ονομαστική τιμή ρεύματος (A)	Ασφάλεια προστασίας
0,05	1	-	1	-	2	-
0,14	2	-	2	-	3,5	-
0,25	4	-	4,5	-	6	-
0,34	6	-	6	-	9	-
0,5	9	-	9	-	12	-
0,75	12	-	12	10	15	10
1	15	10	15	10	19	16
1,5	18	16	18	16	24	20
2,5	26	25	26	25	32	25
4	34	25	34	25	42	35
6	44	35	44	35	54	50
10	61	50	61	50	73	63
16	82	80	82	80	98	80
25	108	100	108	100	129	100
35	135	125	135	125	158	125
50	168	160	168	160	198	160
70	207	200	207	200	245	200
95	250	250	250	250	292	250
120	292	250	292	250	344	315
150	335	300	335	300	391	355
185	382	355	382	355	448	400
240	-	-	453	425	528	500
300	-	-	523	500	608	600
400	-	-	-	-	726	630

ΚΑΛΩΔΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΑΝΔΥΑ ΑΠΟ PVC



1. Αγωγός.
2. Μόνωση PVC.
3. Εσωτερική επικάλυψη.
4. Εξωτερικός μανδύας.

ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ: J1VV-U (μονόκλωνος στρογγυλός αγωγός)
 J1VV-R (πολύκλωνος στρογγυλός αγωγός)
 J1VV-S (πολύκλωνος αγωγός κυκλικού τομέα)

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ: 600/1000 V

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: IEC 60502-1

Χρήσεις

Καλώδια ισχύος για σταθερή εγκατάσταση σε ξηρούς ή υγρούς χώρους στον αέρα ή στο έδαφος.

Χρώματα

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΟΛΩΝ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΕ ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΩΡΙΣ ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ
1	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ	ΜΑΥΡΟ
2	-	ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ
3	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ	ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ
4	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ	ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ
5	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ	ΜΠΛΕ, ΚΑΦΕ, ΜΑΥΡΟ, ΓΚΡΙ, ΜΑΥΡΟ
>5	ΚΙΤΡΙΝΟ/ΠΡΑΣΙΝΟ, ΜΑΥΡΟΙ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΣΗ	ΜΑΥΡΟΙ ΜΕ ΑΡΙΘΜΗΣΗ

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ		ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ	1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	A	mV/A/m	mV/A/m
1x1,5	5,5	46	12,1	18	25	29	25
1x2,5	5,9	60	7,41	24	34	18	15
1x4	6,7	80	4,61	32	43	11	9,5
1x6	7,2	100	3,08	41	55	7,3	6,4
1x10	8,3	150	1,83	56	75	4,4	3,8
1x16	9,3	210	1,15	73	100	2,8	2,4
1x25	10,9	315	0,727	99	135	1,75	1,5
1x35	12,0	410	0,524	121	170	1,25	1,1
1x50	13,7	550	0,387	147	205	0,94	0,81
1x70	15,3	755	0,268	185	260	0,65	0,57
1x95	17,5	1030	0,193	230	320	0,49	0,42
1x120	19,0	1255	0,153	267	375	0,4	0,35
1x150	21,0	1545	0,124	306	430	0,34	0,29
1x185	23,3	1925	0,0991	353	490	0,29	0,25
1x240	26,3	2520	0,0754	420	590	0,24	0,21
1x300	28,8	3110	0,0601	485	680	0,21	0,18
1x400	32,4	3970	0,0470	562	780	0,19	0,17
1x500	35,9	5030	0,0366	650	880	0,18	0,16
1x630	39,6	6410	0,0283	746	965	0,17	0,15

CABLEL

καλώδια Βιομ. χρήσεων και εξ.εγκαταστάσεων

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ		ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
				ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ	1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A	A	mV/A/m	mV/A/m
2x1,5	9,5	130	12,10	30	21	29	–
2x2,5	10,3	160	7,41	40	29	18	–
2x4,0	12,0	225	4,61	51	38	11	–
2x6,0	13,0	280	3,08	63	48	7,3	–
2x10	15,1	405	1,83	85	66	4,4	–
2x16	17,1	560	1,15	110	90	2,8	–
2x25	20,2	830	0,727	144	120	1,75	–
2x35	18,4	845	0,524	177	150	1,25	–
2x50	21,4	1135	0,387	201	180	0,94	–
2x70	24,2	1565	0,268	249	230	0,65	–
2x95	27,5	2125	0,193	297	280	0,49	–
2x120	30,1	2585	0,153	336	320	0,40	–
2x150	32,0	3150	0,124	374	360	0,34	–
2x185	36,6	3970	0,0991	436	405	0,29	–
2x240	42,3	5215	0,0754	488	470	0,24	–
2x300	45,0	6420	0,0601	546	550	0,21	–
3x1,5	9,6	145	12,10	24	18	29	25
3x2,5	10,4	185	7,41	32	25	18	15
3x4,0	12,3	270	4,61	40	34	11	9,5
3x6,0	13,4	340	3,08	50	44	7,3	6,4
3x10	15,7	510	1,83	67	60	4,4	3,8
3x10+1,5	15,7	510	1,83	67	60	4,4	3,8
3x16	18,2	735	1,15	87	80	2,8	2,4
3x25	21,6	1110	0,727	114	105	1,75	1,5
3x35	21,3	1225	0,524	135	130	1,25	1,1
3x50	24,9	1650	0,387	161	160	0,94	0,81
3x70	28,6	2300	0,268	201	200	0,65	0,57
3x95	32,5	3130	0,193	240	245	0,49	0,42
3x120	35,8	3815	0,153	274	285	0,40	0,35
3x150	38	4650	0,124	309	325	0,34	0,29
3x185	43,6	5865	0,0991	348	370	0,29	0,25
3x240	50,5	7710	0,0754	404	435	0,24	0,21
3x300	54	9525	0,0601	452	500	0,21	0,18
4x1,5	10,4	170	12,10	21	18	–	25
4x2,5	11,3	220	7,41	28	25	–	15
4x4,0	13,4	325	4,61	36	34	–	9,5
4x6,0	14,6	415	3,08	45	44	–	6,4
4x10	17,2	625	1,83	60	60	–	3,8
4x16	19,9	910	1,15	77	80	–	2,4
4x25	23,7	1385	0,727	101	105	–	1,5
4x35	23,5	1600	0,524	120	130	–	1,1
4x50	27,8	2170	0,387	143	160	–	0,81
4x70	31,9	3030	0,268	179	200	–	0,57
4x95	36,4	4130	0,193	214	245	–	0,42
4x120	40,4	5050	0,153	244	285	–	0,35
4x150	42,8	6160	0,124	275	325	–	0,29
4x185	49,1	7765	0,0991	310	370	–	0,25
4x240	56,9	10210	0,0754	360	435	–	0,21
3x25+16	22,8	1265	0,727/1,15	101	105	–	1,5
3x35+16	23,5	1410	0,524/1,15	120	130	–	1,1
3x50+25	28,2	1955	0,387/0,727	143	160	–	0,81

ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΒΑΡΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (ΠΕΡΙΠΟΥ)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ DC ΣΕ 20°C	ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΣΤΟΝ ΑΕΡΑ		ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	
				1 ΦΑΣΗ AC ή DC	3 ΦΑΣΕΙΣ AC	mV/A/m	mV/A/m
3x70+35	31,9	2685	0,268/0,524	179	200	—	0,57
3x95+50	36,8	3675	0,193/0,387	214	245	—	0,42
3x120+70	41,0	4570	0,153/0,268	244	285	—	0,35
3x150+70	43,0	5405	0,124/0,268	275	325	—	0,29
3x185+95	49,2	6895	0,0991/0,193	310	370	—	0,25
3x240+120	56,5	8970	0,0754/0,153	356	435	—	0,21
5x1,5	11,2	195	12,10	18	18	—	25
5x2,5	12,2	260	7,41	24	25	—	15
5x4,0	14,6	385	4,61	30	34	—	9,5
5x6,0	15,9	495	3,08	38	44	—	6,4
5x10	18,9	760	1,83	50	60	—	3,8
5x10+1,5	18,9	760	1,83	50	60	—	3,8
5x16	21,8	1105	1,15	65	80	—	2,4
5x16+1,5	21,8	1105	1,15	65	80	—	2,4
4x25+16+2,5	26,0	1670	0,727/1,15	86	105	—	1,5
5x25	26,0	1670	0,727	86	105	—	1,5
5x25+2,5	26,0	1685	0,727	86	105	—	1,5
7x1,5	12,1	220	12,10	—	—	—	25
10x1,5	15,0	305	12,10	—	—	—	25
12x1,5	16,6	415	12,10	—	—	—	25
16x1,5	17,1	445	12,10	-25	—	—	—
21x1,5	18,9	560	12,10	-25	—	—	—
24x1,5	20,9	635	12,10	-25	—	—	—
7x2,5	13,8	310	12,10	-15	—	—	—
10x2,5	16,6	415	7,41	-15	—	—	—
12x2,5	17,1	480	7,41	-15	—	—	—
16x2,5	18,9	615	7,41	-15	—	—	—
21x2,5	21,0	780	7,41	-15	—	—	—
24x2,5	23,2	890	7,41	-15	—	—	—

ΜΕΓΙΣΤΗ ΣΥΝΕΧΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΟΥ: 70° C

Ένταση Φόρτισης

Οι παρακάτω εντάσεις φόρτισης δίνονται για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30° C στον αέρα ή - για τοποθέτηση στο έδαφος - 0,5m βάθος τοποθέτησης, 20° C θερμοκρασία εδάφους και 1,0 K.m/W θερμική αντίσταση εδάφους. Τα μονοπολικά καλώδια τοποθετούνται σε τριγωνική διάταξη. Για άλλες συνθήκες ισχύουν οι συντελεστές διόρθωσης:

Θερμοκρασία °C	15	20	25	30	35	40	45	50
Συντελεστής διόρθωσης	1,17	1,12	1,06	1,0	0,94	0,87	0,79	0,71

Θερμοκρασία εδάφους °C	15	20	25	30	35	40
Συντελεστής διόρθωσης	1,05	1,0	0,95	0,89	0,84	0,77

Θερμική αντίσταση εδάφους K.m/W	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Συντελεστής διόρθωσης	1,05	1,0	0,93	0,84	0,75	0,67	0,62

Βάθος τοποθέτησης m	0,50	0,60	0,80	1,0	1,25	1,50	1,75
Συντελεστής διόρθωσης	1,0	0,97	0,95	0,93	0,91	0,90	0,88

Η επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης εξαρτάται από τον αριθμό των φορτιζόμενων αγωγών.

Αριθμός φορτιζόμενων αγωγών	5	7	10	12	14	16	19	24	40
Συντελεστής μείωσης	0,75	0,65	0,55	0,53	0,50	0,48	0,45	0,40	0,35

Λαμβανόμενη αρχική φόρτιση για το έδαφος και τον αέρα

	έδαφος	αέρας
1.5 mm ²	24A	18A
2.5 mm ²	32A	25A

Σημείωση :
Οι αγωγοί 1.5-2.5-4-6 mm² είναι συνηθώς μονόκλωνοι στρωγγυλοί.
Οι αγωγοί 10-16-25 mm² είναι πολύκλωνοι στρωγγυλοί.
Οι μεγαλύτεροι αγωγοί είναι πολύκλωνοι κυκλικού ταμέα.

CABLEL

καθόδια Βιομ. χρήσεων και εξ. εγκαταστάσεων

11.3 Υπολογισμοί

Υπολογισμοί των επιμέρους ρευμάτων των κινητήρων και επιλογή των αντίστοιχων ασφαλειών, θερμικών, ηλεκτρονόμων, διατομών καλωδίων καθώς και έλεγχος πτώσης τάσης.

Όλα τα καλώδια είναι υπόγεια μέσα σε σωλήνα, άρα $n=0.85$

1) Κινητήρας PM-5306 N: $P=7 \text{ kW}$, $\cos\phi=0.85$, $n=0.9$

$$I_N = \frac{P/n}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \cos\phi}$$

$$I_N = \frac{7000/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 13.22 \text{ A}$$

$$P = 7/0.9 = 7.78 \text{ KW}$$

$$Q = (7/0.9) \cdot \sin(\cos^{-1}0.85) = 4.8 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(7.78^2 + 4.8^2)} = 9.14 \text{ KVA}$$

Επειδή έχουμε κινητήρα και τα καλώδια είναι υπόγεια σε σωλήνα:

$$I_N = \frac{13.22 \cdot 1.25}{0.85} = 19.44 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 20 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5

Θερμικό: Ρύθμιση στα 20 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2

H/N: CL25A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1

Διατομή: $d=2.5 \text{ mm}^2$ από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

2) PM-5302 N A: $P=4 \text{ kW}$, $\cos\phi=0.83$, $n=0.9$

$$I_N = \frac{4000/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.83} = 7.74 \text{ A}$$

$$P = 4/0.9 = 4.44 \text{ KW}$$

$$Q = (4/0.9) \cdot \sin(\cos^{-1}0.83) = 2.98 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(4.44^2 + 2.98^2)} = 5.35 \text{ KVA}$$

$$I_N' = \frac{7.74 \cdot 1.25}{0.85} = 11.38 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5

Θερμικό: Ρύθμιση στα 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2

H/N: CL01A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1

Διατομή: $d=0.75 \text{ mm}^2$ από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

3) PM-5302 N B: P=4 kW, cosφ=0.83, n=0.9

$$I_N = \frac{4000/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.83} = 7.74 \text{ A}$$

$$P = 4/0.9 = 4.44 \text{ KW}$$

$$Q = (4/0.9) \cdot \sin(\cos^{-1}0.83) = 2.98 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(4.44^2 + 2.98^2)} = 5.35 \text{ KVA}$$

$$I_N = \frac{7.74 \cdot 1.25}{0.85} = 11.38 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5

Θερμικό: Ρύθμιση στα 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2

H/N: CL01A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1

Διατομή: d=0.75 mm² από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

4) PK-5302 N / P-01 A: P=3.7 kW, cosφ=0.8, n=0.9

$$I_N = \frac{3700/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 7.426 \text{ A}$$

$$P = 3.7/0.9 = 4.11 \text{ KW}$$

$$Q = (3.7/0.9) \cdot \sin(\cos^{-1}0.8) = 3.1 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(4.11^2 + 3.1^2)} = 5.15 \text{ KVA}$$

$$I_N = \frac{7.426 \cdot 1.25}{0.85} = 10.92 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5

Θερμικό: Ρύθμιση στα 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2

H/N: CL01A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1

Διατομή: d=0.75 mm² από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

5) PK-5302 N / P-01 B: P=3.7 kW, cosφ=0.8, n=0.9

$$I_N = \frac{3700/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 7.426 \text{ A}$$

$$P = 3.7/0.9 = 4.11 \text{ KW}$$

$$Q = (3.7/0.9) \cdot \sin(\cos^{-1}0.8) = 3.1 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(4.11^2 + 3.1^2)} = 5.15 \text{ KVA}$$

$$I_N = \frac{7.426 \cdot 1.25}{0.85} = 10.92 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5
Θερμικό: Ρύθμιση στα 16 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2
H/N: CL01A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1
Διατομή: d=0.75 mm² από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

6) EM-5304 A: P=11 kW, cosφ=0.85, n=0.9

$$I_N = \frac{11000/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 20.77 \text{ A}$$

$$P = 11/0.9 = 12.22 \text{ KW}$$

$$Q = (11/0.9) \cdot \varepsilon\varphi(\cos^{-1}0.85) = 7.57 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(12.22^2 + 7.57^2)} = 14.37 \text{ KVA}$$

$$I_N = \frac{20.77 \cdot 1.25}{0.85} = 30.55 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 35 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5
Θερμικό: Ρύθμιση στα 32 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2
H/N: CL04A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1
Διατομή: d=4 mm² από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

7) EM-5304 B: P=11 kW, cosφ=0.85, n=0.9

$$I_N = \frac{11000/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} = 20.77 \text{ A}$$

$$P = 11/0.9 = 12.22 \text{ KW}$$

$$Q = (11/0.9) \cdot \varepsilon\varphi(\cos^{-1}0.85) = 7.57 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(12.22^2 + 7.57^2)} = 14.37 \text{ KVA}$$

$$I_N = \frac{20.77 \cdot 1.25}{0.85} = 30.55 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 35 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5
Θερμικό: Ρύθμιση στα 32 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2
H/N: CL04A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1
Διατομή: d=4 mm² από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

8) EM-5305 A: P=30 kW, cosφ=0.88, n=0.9

$$I_N = \frac{33000/0.9}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.88} = 54.74 \text{ A}$$

$$P = 30/0.9 = 33.33 \text{ KW}$$

$$Q = (30/0.9) \cdot \varepsilon\varphi(\cos^{-1}0.88) = 17.99 \text{ Kvar}$$

$$S = \sqrt{(33.33^2 + 17.99^2)} = 37.88 \text{ KVA}$$

$$I_N = \frac{54,74 * 1,25}{0,85} = 80,5 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 100 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5
Θερμικό: Ρύθμιση στα 100 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2
H/N: CL09A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1
Διατομή: d=16 mm² από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

9) EM-5305 B: P=30 kW, cosφ=0.88, n=0.9

$$I_N = \frac{33000/0,9}{\sqrt{3} * 400 * 0,88} = 54,74 \text{ A}$$

P=30/0.9=33.33 KW
Q= (30/0.9)*εφ(cos⁻¹0.88)=17.99 Kvar
S=√(33.33²+17.99²)=37.88 KVA

$$I_N = \frac{54,74 * 1,25}{0,85} = 80,5 \text{ A}$$

Ασφάλεια: 100 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.5
Θερμικό: Ρύθμιση στα 100 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2
H/N: CL09A3 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1
Διατομή: d=16 mm² από ΠΙΝΑΚΑ 6.5

10) EM-5305 C: P=100 kW, cosφ=0.88, n=0.9

$$I_N = \frac{100000/0,9}{\sqrt{3} * 400 * 0,88} = 182,46 \text{ A}$$

P=100/0.9=111.11 KW
Q= (100/0.9)*εφ(cos⁻¹0.88)=59.97 Kvar
S=√(111.11²+59.97²)=126,26 KVA

$$I_N = \frac{182,46 * 1,25}{0,85} = 268,32 \text{ A}$$

Ασφάλεια: Μέγεθος 2, 300 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.6
Θερμικό: Ρύθμιση στα 315 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2
H/N: CK95 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1
Διατομή: d=3*120+70 mm² από ΠΙΝΑΚΑ cable1

Συνολικό Ρεύμα

$$I_{ολ} = \frac{S_{ολ}}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{260900}{692.82} = 376.58 \text{ A}$$

$$I'_{ολ} = \frac{376.58 \cdot 1.25}{0.85} = 553.794 \text{ A}$$

Ασφάλεια: Μέγεθος 3, 630 A από ΠΙΝΑΚΑ 9.6

Θερμικό: Ρύθμιση στα 800 A από ΠΙΝΑΚΑ 12.2

H/N: CK12 από ΠΙΝΑΚΑ 11.1

Διατομή: $d=2 \cdot 300 \text{ mm}^2$ από ΠΙΝΑΚΑ cablel

Υπολογισμός Πτώσης Τάσης και Διατομής

$$R_{20^\circ\text{C}} = \left[\frac{1}{56 \cdot \text{διατομή}} \right] \cdot \text{μήκος καλωδίου}$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot (1 + 0.004 \cdot 50)$$

$$\Delta V = I_N \cdot R \cdot \cos\varphi$$

1) **PM-5306 N**

μήκος καλωδίου : 260 m

$$R_{20^\circ\text{C}} = 1.85 \text{ } \Omega/\text{m}$$

$$R_{70^\circ\text{C}} = 2.22 \text{ } \Omega/\text{m}$$

$$\Delta V = 25 > 6.9 \text{ V}$$

Με διατομή 10 mm^2 : $R_{20^\circ\text{C}} = 0.464 \text{ } \Omega/\text{m}$ $R_{70^\circ\text{C}} = 0.5568 \text{ } \Omega/\text{m}$ $\Delta V = 6.18 < 6.9 \text{ V}$

Άρα 10 mm^2

2,3) **PM-5302 N A,B**

μήκος καλωδίου : 260 m

$$R_{20^{\circ}\text{C}}=0.773 \Omega/\text{m}$$

$$R_{70^{\circ}\text{C}}=0.928 \Omega/\text{m}$$

$$\Delta V=5.96 < 6.9 \text{ V}$$

Άρα 6 mm^2

4,5) **PK-5302 N / P-01 A,B**

μήκος καλωδίου : 260 m

$$R_{20^{\circ}\text{C}}=0.773 \Omega/\text{m}$$

$$R_{70^{\circ}\text{C}}=0.928 \Omega/\text{m}$$

$$\Delta V=5.51 < 6.9 \text{ V}$$

Άρα 6 mm^2

6,7) **EM-5304 A,B**

μήκος καλωδίου : 100 m

$$R_{20^{\circ}\text{C}}=0.2976 \Omega/\text{m}$$

$$R_{70^{\circ}\text{C}}=0.357 \Omega/\text{m}$$

$$\Delta V=6.3 < 6.9 \text{ V}$$

Άρα 6 mm^2

8,9) **EM-5305 A,B**

μήκος καλωδίου : 300 m

$$R_{20^{\circ}\text{C}}=0.107 \Omega/\text{m}$$

$$R_{70^{\circ}\text{C}}=0.1284 \Omega/\text{m}$$

$$\Delta V=6.18 < 6.9 \text{ V}$$

Άρα 50 mm^2

10) **EM-5305 C**

μήκος καλωδίου : 400 m

$$R_{20^{\circ}\text{C}}=0.029 \Omega/\text{m}$$

$$R_{70^{\circ}\text{C}}=0.0348 \Omega/\text{m}$$

$$\Delta V=5.58 < 6.9 \text{ V}$$

Άρα 240 mm^2

12) Βιβλιογραφία

[1] <http://www.electroniccircuits.gr/>

[2] <http://users.sch.gr/imarinakis/machines.htm>

[3] <http://www.moh.gr>

[4] https://electricalnews.gr/images/Arxeia_PDF/KALODIA_gr.pdf

[5] "Κτιριακές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις" - Νίκος Μ. Κιμουλάκης - Παπασωτηρίου - 2006

[6] "Σύγχρονες Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις" - Βασίλης Δ. Μπιτζιώνης - Τζιόλα - 2000

[7] "Εισαγωγή Στις Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις" - Εγχειρίδιο Μοτορ Οйл

[8] "Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις" - Μουσής Μόσχοβιτς - Ευγενίδειο Ίδρυμα - 1990