

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1652

ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ



ΑΝΔΡΙΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΑΜ: 6778

ΠΑΡΤΣΑΛΙΔΟΥ ΝΑΤΑΛΙΑ, ΑΜ: 5745

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται μια μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης λατομείου αδρανών υλικών εγκατεστημένης ισχύος (350kW) με μια γραμμή παραγωγής .

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται μια μελέτη ηλεκτρολογικής εγκατάστασης λατομείου αδρανών υλικών εγκατεστημένης ισχύος (350kW) με μια γραμμή παραγωγής .

Αρχικά θα γίνει αναφορά στα βήματα της παραγωγικής διαδικασίας και στον εξοπλισμό που χρειάζεται παραθέτοντας τα ονομαστικά χαρακτηριστικά των κινητήρων και των μονάδων. Θα γίνει περιγραφή και ανάλυση του πίνακα M/T καθώς και των καλωδίων M/T , των διακοπών των ασφαλειών και των μέσων προστασίας που χρειάζεται η εγκατάσταση. Επίσης θα προσδιοριστεί ο κατάλληλος M/Σ με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που θα αναλύσουμε. Όσον αφορά τον πίνακα X/T θα γίνει εκτενής μελέτη τόσο των χαρακτηριστικών του όσο και των καλωδίων και των μέσων προστασίας που απαιτεί.

Καθώς υπάρχουν πολλές παράμετροι που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη σχεδίαση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης. Εκτός από την ασφάλεια, πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι η ηλεκτρική ισχύς χρησιμοποιείται σωστά. Κάθε συσκευή που καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να μετατρέπει αυτήν την ενέργεια σε χρήσιμο έργο, με τις μικρότερες δυνατές απώλειες. Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε και θα αναλύσουμε και τον πίνακα διόρθωσης cosφ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	III
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	0
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΕ ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ	4
1.1 Πίνακες Μέσης Τάσης.....	4
1.1.1 Πεδίο Αφιξης	4
1.1.2 Πεδίο Προστασίας	4
1.1.2.1 Διακόπτης φορτίου	4
1.1.2.2 Απαγωγέας Υπερτάσεων	5
1.1.2.3 Ασφαλειοδιακόπτης	7
1.1.2.4 Αποζεύκτης	8
1.1.2.5 Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος.....	8
1.1.2.6 Ηλεκτρονόμος δευτερογενούς προστασίας ανεξάρτητης τοποθέτησης.....	10
1.1.3 Πεδίο Μέτρησης.....	11
1.2 Μετασχηματιστές	12
1.2.1 Μετασχηματιστής Ισχύος.....	12
1.2.2 Μετασχηματιστές Μετρήσεων	13
1.3 Ηλεκτρικοί Πίνακες Χαμηλής Τάσης.....	15
1.3.1 Γενικοί Πίνακες Διανομής.....	16
1.3.2 Πίνακες Αντιστάθμισης	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ	18
2.1 Καλώδια Χαμηλής Τάσης	18
2.1.1 Χρώμα μόνωσης αγωγών.	19

2.1.2	Παραδείγματα.....	19
2.1.3	Συνήθη καλώδια στη ΧΤ.....	20
2.2	Καλώδια στη ΜΤ 12/20 (kV)	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.....		
23		
3.1	Αρχή λειτουργίας του ασύγχρονου κινητήρα.....	23
3.2	Ανοιχτοκυκλωμένος - Βραχυκυκλωμένος δρομέας.....	23
3.3	Εκκίνηση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.....	24
3.3.1	Άμεση εκκίνηση	25
3.3.2	Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα – τριγώνου.....	26
3.3.3	Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη.....	29
3.3.4	Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή.....	30
3.4	Εκκίνηση δακτυλιοφόρων κινητήρων	32
3.5	Ρυθμιστές στροφών ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.....	33
3.5.1	Αρχή λειτουργίας.....	34
3.5.2	Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή συστημάτων ρυθμιζόμενης ταχύτητας.....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - Η ΑΝΑΓΚΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....		
42		
4.1	Μέτρα άμεσης απόδοσης	43
4.2	Μέτρα μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης απόδοσης	44
4.3	1.1 Συντελεστής ισχύος	45
4.4	Αντιστάθμιση άεργος ισχύος – διόρθωση συνφ	49
4.5	Πλεονεκτήματα από τη βελτίωση της άεργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης	50
4.6	Μειονεκτήματα από τη βελτίωση της άεργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης	52

4.7	Είδη αντιστάθμισης	53
4.7.1	Μεμονωμένη Αντιστάθμιση	53
4.7.2	Ομαδική Αντιστάθμιση	53
4.7.3	Κεντρική Αντιστάθμιση.....	53
4.7.4	Τοπική διόρθωση συντελεστή ισχύος σε κινητήρα	57
4.8	Τρόποι Αντιστάθμισης	58
4.8.1	Στατικοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος.....	58
4.8.2	Σύγχρονοι αντισταθμιστές άεργου ισχύος.....	59
4.9	Κατηγορίες φορτίων που συμβάλλουν στην αυξημένη κατανάλωση άεργου ισχύος	60
4.9.1	Μη γραμμικά φορτία –Εισαγωγή αρμονικών.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ.....		
5.1	Χαρακτηριστικά του φωτός.....	66
5.1.1	Μονάδες μέτρησης του φωτός.....	66
5.2	Χαρακτηριστικά των λαμπτήρων	67
5.2.1	Λαμπτήρες πυράκτωσης	67
5.2.2	Λαμπτήρες φθορισμού	68
5.2.3	Λαμπτήρες HID.....	69
5.2.4	Λαμπτήρες Υδραργύρου.....	69
5.2.5	Λαμπτήρες Νατρίου	70
5.2.6	Λαμπτήρες Μεταλλικών Αλογονιδίων	70
5.2.7	Λαμπτήρες LED	70

6	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ	71
6.1	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑ, ΙΣΧΥΟΣ P=250kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΟΜΑΛΟ ΕΚΚΙΝΗΤΗ (Inverter), ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 50m	75
6.1.1	Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος	75
6.1.2	Επιλογή διατομής.....	76
6.1.3	Έλεγχος για πτώση τάσης	76
6.1.4	Επιλογή ασφαλιστικών μέσων.....	76
6.2	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΚΟΣΚΙΝΑΣ, ΙΣΧΥΟΣ P=22kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΟΜΑΛΟ ΕΚΚΙΝΗΤΗ (Inverter), ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 85m	77
6.2.1	Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος	77
6.2.2	Επιλογή διατομής.....	77
6.2.3	Έλεγχος για πτώση τάσης	77
6.2.4	Επιλογή ασφαλιστικών μέσων.....	78
6.3	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ, ΙΣΧΥΟΣ P=15kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ, ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 30m	79
6.3.1	Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος	79
6.3.2	Επιλογή διατομής.....	79
6.3.3	Έλεγχος για πτώση τάσης	80
6.3.4	Επιλογή ασφαλιστικών μέσων.....	81
6.4	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΕΞΟΔΟΥ, ΙΣΧΥΟΣ P=11kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ, ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 70m	82
6.4.1	Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος	82
6.4.2	Επιλογή διατομής.....	82
6.4.3	Έλεγχος για πτώση τάσης	82
6.4.4	Επιλογή ασφαλιστικών μέσων.....	84

6.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	85
6.6	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΙΚΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	88
6.7	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ	88
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	90

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΑΤΟΜΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ένα διάγραμμα με τη διαδικασία επεξεργασίας που πραγματοποιείται σε ένα λατομείο.



Διάγραμμα 1: Διαδικασία επεξεργασίας μεταλλεύματος σε λατομείο

Συνοπτικά και με βάση τη μελέτη πτώσης τάσης που παρατίθεται στο τελευταίο κεφάλαιο, τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα παρακάτω

Το υλικό παραλαμβάνεται από το βουνό μετά την ανατίναξη του πετρώματος. Η ανατίναξη συνήθως πραγματοποιείται με μηχανήματα θραύσεως. Εναποτίθεται στην ταινία εισόδου και μεταφέρεται στον σπαστήρα όπου και πραγματοποιείται η πρώτη θραύση του υλικού. Υπάρχουν τα εξής είδη σπαστήρων:

- Σαγονιοφόρος με δύο βάρτρα
- Σαγονιοφόρος με ένα βάρτρο
- Κρουστικός σαγονιοφόρος

- Κολουροκωνικός
- Κωνικός κρουστικός
- Περιστροφικός με σταθερούς κρουστήρες
- Περιστροφικός με σφυριά
- Με κυλίνδρους



Εικόνα 1: Σπαστήρας λατομείου

Κατόπιν το θρυμματισμένο υλικό μεταφέρεται με την ταινία εξόδου στην κοσκίνα όπου διαχωρίζεται το αδρανές υλικό. Τα κόσκινα είναι τα μηχανήματα μέσα στα οποία πραγματοποιείται η ταξινόμηση των αδρανών υλικών σε ομάδες. Το μέγεθος των κόκκων και η ποσοστιαία αναλογία κάθε μιας ομάδας καθορίζονται από τις τεχνικές προδιαγραφές ανάλογα με τις ποιοτικές απαιτήσεις του έργου. Συγκεκριμένα η κοκκομετρία είναι η ακόλουθη:

- Από 0-6mm: φίλερ
- Από 6-14mm: γαρμπίλι
- Από 14-28mm: χαλίκι
- Από 28mm και άνω: χονδρόκοκκα υλικά (over)

Υπάρχουν τα εξής είδη κοσκίνων:

- Στατικά
- Παλινδρομικά
- Περιστροφικά
- Δονητικά



Εικόνα 2: Κόσκινο σε λατομείο

Ο μεταφορικός ιμάντας ή ταινιόδρομος όπως αλλιώς λέγεται, είναι ένας ατέρμων ελαστικός ιμάντας , ο οποίος περιβάλλει δύο τύμπανα, το τύμπανο κινήσεως και το τύμπανο αναστροφής. Το υλικό τροφοδοτείται στην αρχή ή σε ένα ενδιάμεσο σημείο του ιμάντα και μεταφέρεται προς το σημείο απορρίψεως το οποίο συνήθως βρίσκεται στην πλευρά του τυμπάνου κινήσεως. Αξίζει να σημειωθεί ότι η λειτουργία του δεν επηρεάζεται από τις καιρικές και τις εδαφολογικές συνθήκες και έτσι δικαιολογείται η ευρεία χρήση τους.



Εικόνα 3: Ταινιόδρομοι σε λατομείο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΕ ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

1.1 Πίνακες Μέσης Τάσης

Τα πεδία διαθέτουν τρία ξεχωριστά διαμερίσματα ως ακολούθως:



Εικόνα 4: Πεδία Μέσης Τάσης

1.1.1 Πεδίο Άφιξης

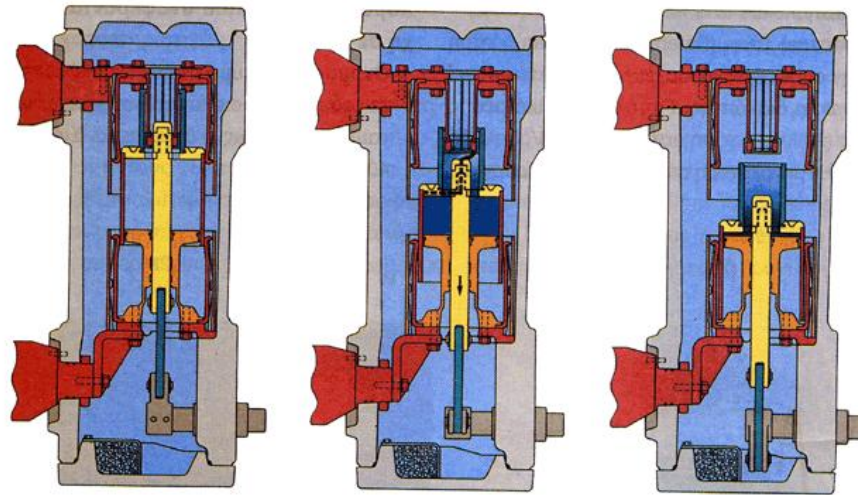
Στο πεδίο άφιξης συνδέεται το παροχικό καλώδιο ΜΤ της ΔΕΗ. Αν πρόκειται για εναέρια παροχή της ΔΕΗ συχνά εγκαθίστανται και αλεξικέραυνα γραμμής.

- Χώρος ζυγών.
- Χώρος συνδέσεως καλωδίων ισχύος / ασφαλειών.

1.1.2 Πεδίο Προστασίας

1.1.2.1 Διακόπτης φορτίου

Ο διακόπτης φορτίου που χρησιμοποιείται διαθέτει ως μέσο διακοπής εξαφθοριούχο θείο (SF6) σε χαμηλή πίεση, σε μεταλλικό περίβλημα για γειωμένη διαμερισματοποίηση.



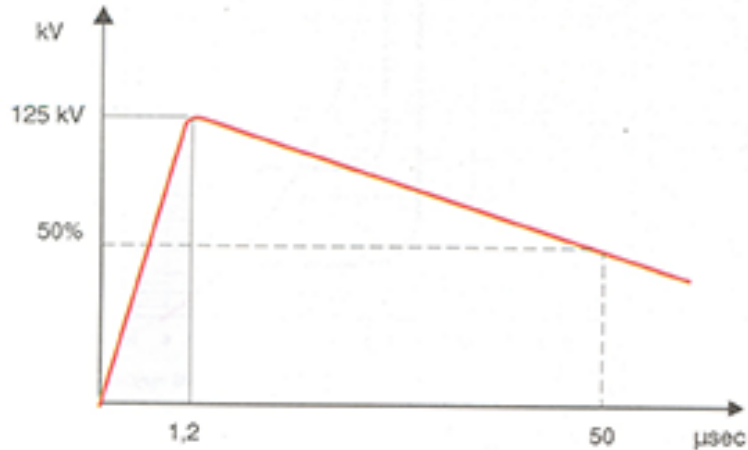
Εικόνα 5: Οι φάσεις κατά την σβέση του τόξου σε ρεύμα βραχυκυκλώματος στο πόλο ενός διακόπτη ισχύος SF6

Είναι αυξημένης συχνότητας χειρισμών και η κατασκευή του και συνήθως δεν υπάρχει ανάγκη επαναπλήρωσης του θαλάμου SF6 (sealed for life). Διαθέτει τρεις θέσεις λειτουργίας: Ανοικτός – Κλειστός – Θέση γείωσης (με εσωτερικό γειωτή του περιβλήματος του διακόπτη) Διαθέτει επίσης:

- Κλειδαριά σε θέση OFF της γραμμής.
- Κλειδαριά σε θέση ON για ενεργοποίηση του γειωτή και ταυτόχρονη απενεργοποίηση πόρτας.

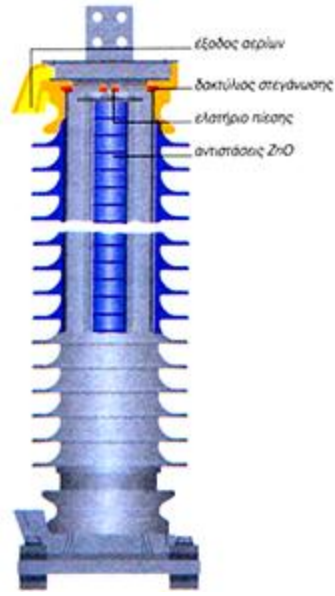
1.1.2.2 Απαγωγείας Υπερτάσεων

Χρησιμοποιούνται τρεις απαγωγείς υπερτάσεων που παρέχουν προστασία στο δίκτυο Μέσης Τάσης από υπερτάσεις και ισχυρά μεταβατικά φαινόμενα. Μερικά από τα πλεονεκτήματά τους είναι: η προστασία μεγάλου μήκους εγκατάστασης, το ότι δεν απαιτούν συντήρηση, το χαμηλό ρεύμα διαρροής (low residual voltage), η υψηλή μηχανική αντοχή, η μεγάλη διάρκεια ζωής κ.α.



Εικόνα 6: Τυποποιημένη μορφή κρουστικής τάσης

Η αρχή λειτουργίας τους είναι η εξής: ο κάθε απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων, χαρακτηρίζεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας του, από μία πολύ υψηλή αντίσταση μεταξύ των άκρων του. Όταν στο δίκτυο που είναι συνδεδεμένος εφαρμοστεί μία κρουστική τάση με τιμή μεγαλύτερη από την τάση διάσπασης του απαγωγού, βραχυκυκλώνει τα άκρα του σε χρόνο της τάξης ns, μειώνοντας έτσι τις διαφορές δυναμικού μεταξύ των ηλεκτρικά μονωμένων αγωγών και μεταξύ των γειωμένων μερών, σε στάθμη που πρέπει να είναι χαμηλότερη της διηλεκτρικής αντοχής των μονωτικών της εγκατάστασης, όπως αυτή ορίζεται στο Διεθνές πρότυπο IEC 60664-1. Η τάση αυτή ονομάζεται τάση προστασίας (U_p) και είναι το βασικότερο κριτήριο επιλογής του απαγωγού. Όταν η τάση του δικτύου επανέλθει στα φυσιολογικά επίπεδα, ο απαγωγός κρουστικών υπερτάσεων αυτόματα επανέρχεται στην αρχική φυσιολογική του θέση, χωρίς την ανάγκη διακοπής της παροχής του ηλεκτρικού δικτύου, αντικατάσταση τηκτών, ή επαναοπλισμού αυτόματων διακοπών.



Εικόνα 7 : Τομή απαγωγέα τάσης με αντιστάσεις ZnO

1.1.2.3 Ασφαλειοδιακόπτης

Ο ασφαλειοδιακόπτης που χρησιμοποιείται διαθέτει ως μέσο διακοπής εξαφθοριούχο θείο (SF6) σε χαμηλή πίεση, σε μεταλλικό περίβλημα για γειωμένη διαμερισματοποίηση.

Διαθέτει τρεις θέσεις λειτουργίας Ανοικτός – Κλειστός – Θέση γείωσης (με εσωτερικό γειωτή του περιβλήματος του διακόπτη και επιπλέον απομακρυσμένο γειωτή).

Είναι εξοπλισμένος με:

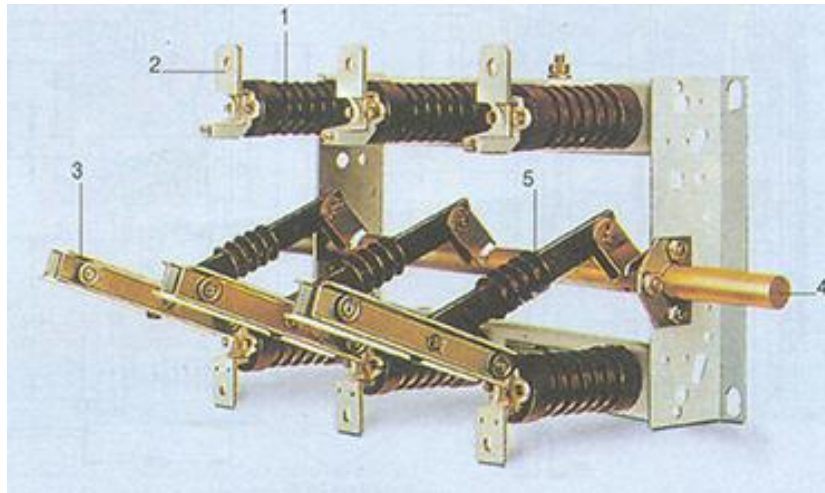
- Πηνίο εργασίας 230 V AC/50 Hz.
- Βοηθητικές επαφές.
- Βάσεις ασφαλειών με μηχανισμό απόζευξης και των τριών φάσεων από τήξη ασφαλειών με αντίστοιχη ένδειξη στο χειριστήριο.
- Κλειδαριά σε θέση OFF της γραμμής.
- Κλειδαριά σε θέση ON για ενεργοποίηση του γειωτή και ταυτόχρονη απενεργοποίηση πόρτας.

1.1.2.4 Αποζεύκτης

Ο διακόπτης φορτίου που χρησιμοποιείται διαθέτει ως μέσο διακοπής εξαφθοριούχο θείο (SF6) σε χαμηλή πίεση, σε μεταλλικό περίβλημα για γειωμένη διαμερισματοποίηση.

Έχει σχεδιαστεί με απόσταση πόλων 230 mm, είναι αυξημένης συχνότητας χειρισμών και η κατασκευή του έχει γίνει ώστε να μην υπάρχει ανάγκη επαναπλήρωσης του θαλάμου SF6 (sealed for life).

Διαθέτει τρεις θέσεις λειτουργίας Ανοικτός – Κλειστός – Θέση γείωσης (με εσωτερικό γειωτή του περιβλήματος του διακόπτη και επιπλέον απομακρυσμένο γειωτή)



Εικόνα 8: Αποζεύκτης ονομαστικής τάσης 24 kV με μαχαίρια

1.1.2.5 Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος

Ο Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος διαθέτει ως μέσο διακοπής εξαφθοριούχο θείο (SF6). Είναι 3πολικός και για την αποσύνδεσή του απαιτείται αποκοχλίωση.

Έχει σχεδιαστεί με απόσταση πόλων 230mm και είναι εξοπλισμένος με:

- Πηνίο εργασίας.
- Βοηθητικές επαφές (2NO + 2NC).
- Κλειδαριά σε θέση OFF.



Εικόνα 9: Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος

- 1 Ηλεκτρονόμος υπερέντασης**
- 2 Μοχλός για τη μηχανική τάνυση του ελατηρίου κλεισίματος**
- 3 Κουμπί ανοίγματος**
- 4 Κουμπί κλεισίματος**
- 5 Ένδειξη ότι το ελατήριο κλεισίματος είναι: - τανυσμένο (κίτρινο) - ατάνυστο (λευκό)**
- 6 Συσκευή μπλοκαρίσματος και ένδειξης της πίεσης του αερίου SF6**
- 7 Ένδειξη ανοικτός / κλειστός διακόπτης ισχύος**
- 8 Ακροδέκτες μέσης τάσης**
- 9 Μετασχηματιστές έντασης για τον ΗΝ υπερέντασης**
- 10 Πόλος διακόπτη ισχύος**

Εξασφαλίζει:

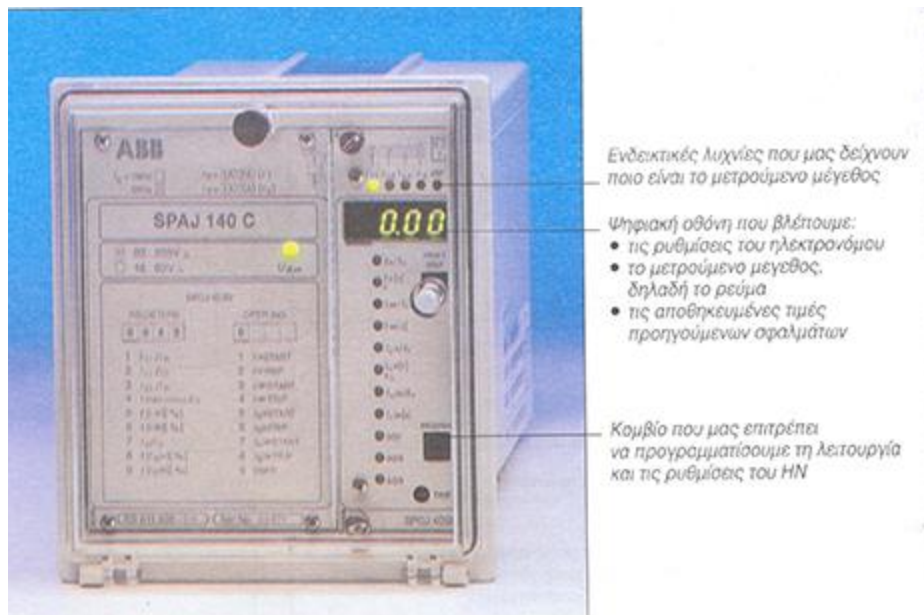
- Μέγιστο συνολικό χρόνος διακοπής – από έναρξη απόζευξης έως πλήρη σβέση τόξου – (break time): 55-60 ms.

- Μέγιστο χρόνο ανοίγματος – από έναρξη απόζευξης έως διαχωρισμό επαφών – (opening time): 45 ms με ονομαστική τάση λειτουργίας.
- Μέγιστο χρόνο ζεύξης (making time): 80 ms. ενώ ο μηχανισμός χειρισμού του είναι ταχείας λειτουργίας, ανεξάρτητος από την ασκούμενη δύναμη του χειριστή.

1.1.2.6 Ηλεκτρονόμος δευτερογενούς προστασίας ανεξάρτητης τοποθέτησης

Ο Η/Ν δευτερογενούς προστασίας που χρησιμοποιείται είναι ανεξάρτητης τοποθέτησης, προγραμματιζόμενος και ψηφιακός. Παρέχει προστασία έναντι υπερέντασης, βραχυκυκλώματος και διαρροής προς γη (LSIG) με τις εξής ρυθμίσεις:

ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΟΡΙΣΜΕΝΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΣΗ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟΥ ΧΡΟΝΟΥ
Έναντι υπερέντασης	$I > 0,3 \dots 5 I_n$ $t = 0,05 \dots 300 \text{ s}$	$I > 0,3 \dots 2,5 I_n$ Σύμφωνα με τις καμπύλες
Έναντι βραχυκυκλώματος	$I \gg 0,5 \dots 35 I_n$ $t = 0,04 \dots 300 \text{ s}$	–
Έναντι πολύ μεγάλου βραχυκυκλώματος	$I \gg \gg 0,5 \dots 35 I_n$	–
Έναντι διαρροής προς γη	$I_o > 1 \dots 100\% I_n$ $t = 0,05 \dots 300 \text{ s}$	$I_o > 100\% I_n$ Σύμφωνα με τις καμπύλες



Εικόνα 10: Ψηφιακός ηλεκτρονόμος υπερέντασης και σφάλματος προς γη

1.1.3 Πεδίο Μέτρησης

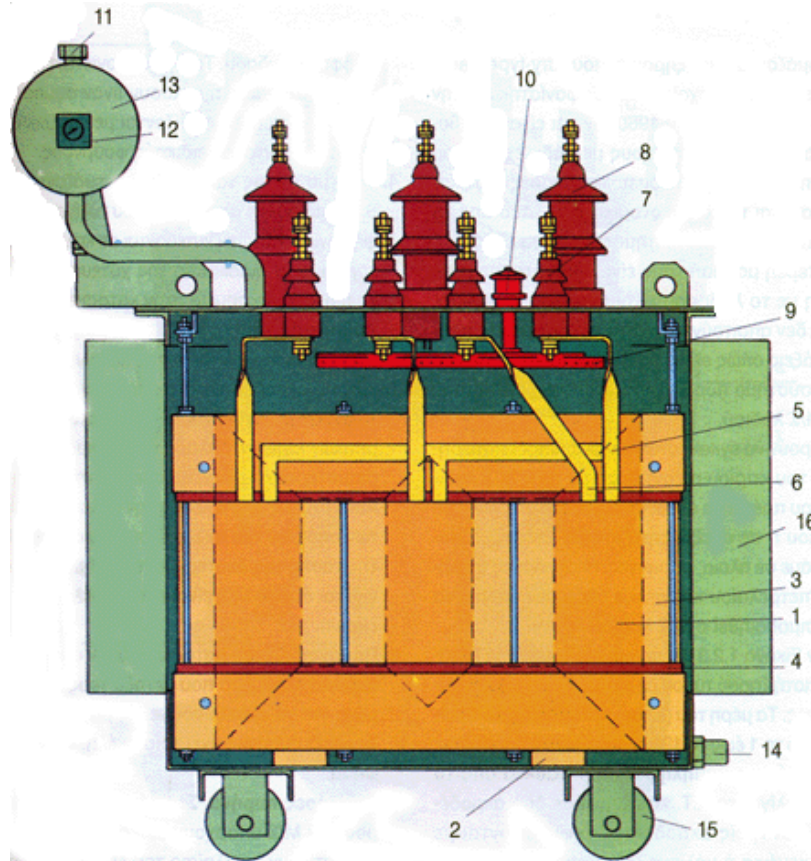
Περιλαμβάνει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Τρεις (3) μπάρες χαλκού.
- Ασφαλειοδιακόπτη SF6 με γειωτή
- Τρεις (3) ασφάλειες MT για τους μετασχηματιστές μέτρησης τάσης.
- Δύο (2) Μ/Σ τάσεως, διπολικοί, 20/0.1 kV, ισχύος τουλάχιστον 50VA και ακρίβειας cl.0,5
- Ένα (1) Πολυόργανο μετρήσεων ηλεκτρικών μεγεθών που μετράει ανά γραμμή και τριφασικά VL-L, VL-N, A, Hz, W, Var, VA, kWh, kVarh, kVAh, cosφ, υπολογίζει αρμονικές τιμές THD ρεύματος και τάσης, ισοζύγιο μεταξύ καταναλούμενης/παραγόμενης ισχύος και ενέργειας και ισοδύναμο CO₂, μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές όλων των ηλεκτρικών μετρούμενων παραμέτρων. Με 2 ψηφιακές προγραμματιζόμενες επαφές ως εξόδους παλμών για τηλεμέτρηση ή alarm.

1.2 Μετασχηματιστές

1.2.1 Μετασχηματιστής Ισχύος

Ο Μετασχηματιστής έχει μόνωση λαδιού και αποτελείται από τα παρακάτω μέρη



Εικόνα 11 : Ένας Μ/Σ σε τομή

1. Πυρήνας (Core)
2. Στηρίγματα πυρήνα (Core support)
3. Τυλίγματα (Winding)
4. Μονωτήρες διέλευσης Χ.Τ. (LV bushing)
5. Μονωτήρες διέλευσης Μ.Τ. (MV bushing)
6. Ρυθμιστής τάσης (off-circuit tap changer)
7. Δοχείο διαστολής (expansion vessel)
8. Δείκτης στάθμης λαδιού (oil-level indicator)
9. Τάπα αερισμού και πλήρωσης με λάδι (Ventilation and filling cap)
10. Βάνα αποχέτευσης του λαδιού (Drain plug)
11. Τροχοί κύλησης (Roller)
12. Ψυκτήρες (cooling ribs)

1.2.2 Μετασχηματιστές Μετρήσεων

Είναι Μ/Σ υποβιβασμού με συγκεκριμένο για κάθε εφαρμογή, λόγο μετασχηματισμού ώστε να μπορούν να μετρηθούν ή να καταγραφούν οι τιμές της τάσης ή της έντασης από απλά όργανα μετρήσεων. Υπάρχουν 2 είδη Μ/Σ μετρήσεων: οι Μ/Σ μέτρησης τάσης και οι Μ/Σ μέτρησης έντασης.

Στους Μ/Σ μέτρησης έντασης, το πρωτεύον τύλιγμά τους συνδέεται σε σειρά με το δίκτυο Υψηλής Τάσης ή Έντασης που θέλουμε να μετρήσουμε και αποδίδουν στο δευτερεύον τύλιγμα τους, τιμή έντασης σε τέτοιο επίπεδο ώστε να μπορέσει να μετρηθεί από απλό όργανο (ή όργανο μικρής κλίμακας). Στην πράξη, οι Μ/Σ έντασης δεν κόβουν το κύκλωμα για να συνδεθούν σε σειρά, αλλά διαθέτουν ειδικά κατασκευασμένους δακτύλιους, οι οποίοι αγκαλιάζουν τον αγωγό που πρέπει να μετρήσουμε.

Λόγω του φαινομένου της επαγωγής, στο δευτερεύον τύλιγμα τους δημιουργείται ρεύμα, το οποίο και μετράται. Έτσι, ο χρήστης (είτε ηλεκτρολόγος είτε κάτοχος του δικτύου) δεν έρχεται σε επαφή με το σύστημα Υψηλής Τάσης για να λάβει μια μέτρηση. Εκτός αυτού, δεν υπάρχει η ανάγκη για την χρήση ειδικών και ακριβών οργάνων ή χρήση αντιστάσεων Shunt (περίπτωση του αμπερομέτρου) για την επέκταση της κλίμακας μέτρησης ενός οργάνου. Οι ενδείξεις λαμβάνονται, πολλαπλασιάζοντας την ένδειξη του οργάνου με τον λόγο μετασχηματισμού του Μ/Σ μέτρησης..

Οι μετασχηματιστές τάσης (voltage transformers) αποτελούνται από ένα πρωτεύον και ένα ή δύο δευτερεύοντα τυλίγματα. Χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- Μονοπολικοί, οι οποίοι μετράνε την τάση μεταξύ μιας φάσης και της γης, δηλαδή τη φασική τάση. Το πρωτεύον τύλιγμα χαρακτηρίζεται με τα γράμματα A, N και το δευτερεύον τύλιγμα με τα γράμματα a, n.
- Διπολικοί, οι οποίοι μετράνε την τάση μεταξύ δύο φάσεων, δηλαδή την πολική τάση. Το πρωτεύον τύλιγμα χαρακτηρίζεται με τα γράμματα A, B και το δευτερεύον τύλιγμα με τα γράμματα a, b. Το ένα δευτερεύον τύλιγμα χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση με ονομαστική τάση 100 V (ή $100 / \sqrt{3}$ των οργάνων μέτρησης όπως:
 - V-μετρα
 - kW-μετρα (μετρητές ισχύος)
 - kV A-μετρα (μετρητές άεργου ισχύος)
 - kWh- μετρα (μετρητές ενέργειας)

ή οργάνων προστασίας όπως:

- ηλεκτρονόμος υπέρτασης (over-voltage relays)
- ηλεκτρονόμος υπότασης (under-voltage relays)
- ηλεκτρονόμος σφάλματος προς γη

Τα χαρακτηριστικά των μετασχηματιστών τάσης είναι: Ονομαστική τάση, π.χ. $U_n = 20/24$ kV Ονομαστική ισχύς ή φορτίο (ratedburden) π.χ. $S_n=30$ έως 300 VA. Οι κατασκευαστές δίνουν φορτίο σε συνδυασμό με την κλάση ακριβείας Κλάση ακριβείας (class), η οποία είναι από 0.2 έως 3%, εφόσον το φορτίο σε VA, δεν υπερβαίνει το ονομαστικό Ονομαστική τάση πρωτεύοντος $U_{1n} = 20$ kV για διπολικούς ή $20 / \sqrt{3}$ για μονοπολικούς. Ονομαστική τάση δευτερεύοντος $U_{2n} = 100$ V για διπολικούς ή $100/ \sqrt{3}$ για μονοπολικούς. Σπάνια συναντάμε την τιμή 110 V αντί των 100 V. Μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς S_{max} σε VA. Συνήθως είναι 10 φορές το S_n .

Διευκρινίζουμε ότι η ονομαστική ισχύς είναι η τάση 100 επί το ρεύμα στο δευτερεύον. Μπορεί να γίνει υπέρβαση της ονομαστικής S_n μέχρι S_{max} , π.χ. όταν ο μετασχηματιστής τροφοδοτεί φορτία και όχι μόνο όργανα αλλά η κλάση ακριβείας μεγαλώνει.



Εικόνα 12: ΜΣ εντάσεως (αριστερά) και τάσεως (δεξιά)

1.3 Ηλεκτρικοί Πίνακες Χαμηλής Τάσης

Οι γενικοί πίνακες διανομής, ανάλογα με το μέγεθος της εγκατάστασης, μπορούν να είναι διαιρούμενοι τύπου πεδίου (για ονομαστική ένταση πάνω από 160Α), επίτοιχοι ή εντοιχισμένοι αν πρόκειται για μικρή εγκατάσταση.



Εικόνα 13: Πεδία Χ.Τ.

Οι πίνακες τύπου πεδίου, έχουν ευελιξία ως προς τον σχεδιασμό και τις διαστάσεις, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εγκατάστασης και του πελάτη. Κάθε πεδίο είναι επισκέψιμο από την μπροστινή και την πίσω πλευρά με αφαίρεση της πλάτης τους. Ο βαθμός προστασίας του πίνακα μπορεί να είναι ως IP66 ανάλογα με την εφαρμογή. Η δομή κάθε πίνακα είναι τέτοια ώστε να διευκολύνεται η συντήρησή του και η αντικατάσταση του εξοπλισμού. Το διακοπτικό υλικό και τα όργανα μέτρησης μπορούν να τοποθετηθούν στην πρόσοψη του πίνακα για τον εύκολο χειρισμό και οπτικό έλεγχο της κατάστασής του.

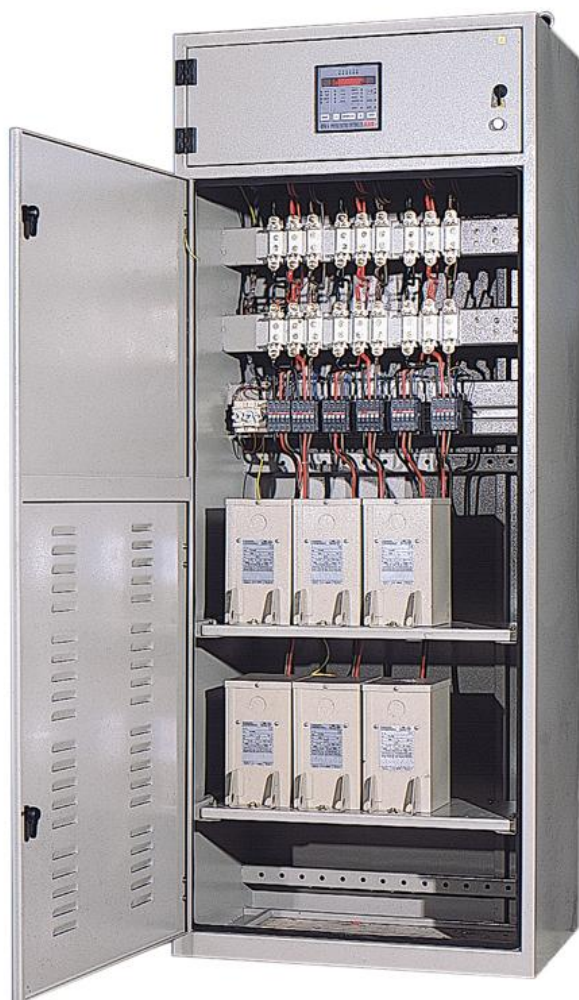
1.3.1 Γενικοί Πίνακες Διανομής

Η αντιστάθμιση της άεργης ισχύος μιας εγκατάστασης επιφέρει σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ρεύματος, αποφορτίζοντας και διευκολύνοντας τη μεταφορά ισχύος στο δίκτυο της ΔΕΗ. Ταυτόχρονα, το μικρότερο συνιστάμενο ρεύμα συμβάλει στη μείωση των απωλειών του δικτύου και στη βελτίωση της ποιότητάς του.

1.3.2 Πίνακες Αντιστάθμισης

Η αντιστάθμιση μπορεί να γίνει είτε κεντρικά είτε τοπικά στα επιμέρους φορτία. Η τοπική αντιστάθμιση είναι πιο ακριβής γιατί τοποθετούνται πυκνωτές με ισχύ πολύ κοντά στην άεργη ισχύ που απαιτεί το φορτίο αλλά έτσι επιβαρύνεται το κοστολόγιο. Γι' αυτό προτιμάται στις περισσότερες περιπτώσεις η κεντρική αντιστάθμιση.

Στους πίνακες κεντρικής αντιστάθμισης ενσωματώνεται συσκευή αυτόματης ρύθμισης ισχύος, η οποία υπολογίζει κάθε στιγμή τη ζήτηση άεργης ισχύος και με βηματικούς συνδυασμούς πυκνωτών ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τα αντίστοιχα ρελέ. Επιπλέον, υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης μόνιμων πυκνωτών για την αντιστάθμιση του φορτίου βάσης της εγκατάστασης.



Εικόνα 14: Πίνακας Αντιστάθμισης Αέργου Ισχύος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΛΩΔΙΑ ΜΕΣΗΣ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

2.1 Καλώδια Χαμηλής Τάσης

Κατά την επιλογή της διατομής των αγωγών μιας γραμμής μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (π.χ. κυκλώματα διακλάδωσης, γραμμή παροχής ΕΗΕ κλπ.) πρέπει να ικανοποιούνται δύο βασικά κριτήρια.

1. Οι αγωγοί να διαρρέονται από τη μέγιστη ένταση ρεύματος που αντέχουν, χωρίς η αναπτυσσόμενη θερμότητα σε αυτούς να προκαλέσει καταστροφή της μόνωσής τους. Το κριτήριο αυτό εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία της γραμμής.
2. Η επιλεγείσα διατομή των αγωγών να μη προκαλέσει πτώση τάσης μεγαλύτερη από την επιτρεπτή τιμή. Το κριτήριο αυτό εξασφαλίζει την οικονομική και καλή λειτουργία των φορτίων της εγκατάστασης.

Ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών μιας ηλεκτρικής γραμμής πραγματοποιείται, λαμβάνοντας υπόψη: την επιτρεπτή πτώση τάσης στη γραμμή, το μήκος και το φορτίο της γραμμής. Η επιλογή της διατομής των αγωγών γίνεται από πίνακες, με βάση τον τρόπο εγκατάστασης της γραμμής, την ένταση φόρτισης και το είδος της μόνωσης των αγωγών. Τα μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στους αγωγούς και τα καλώδια των ΗΕ και η μέγιστη συνεχώς επιτρεπόμενη θερμοκρασία είναι:

- το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), 70°C,
- το αιθυλενιούχο προπυλαινιούχο ελαστικό (EPR, B2,3G), 90 °C,
- το δικτυωμένο πολυαιθυλένιο (XLPE, 2X), 90 °C,

Οι αγωγοί των γραμμών των ΗΕ κατασκευάζονται συνήθως από χαλκό, σπάνια δε από αλουμίνιο. Οι αγωγοί περιβάλλονται από τη δική τους μόνωση, κύρια μόνωση και εξωτερικά καλύπτονται από πρόσθετη μόνωση, τη μόνωση μανδύα.

2.1.1 Χρώμα μόνωσης αγωγών.

- Αγωγοί φάσης: οποιοδήποτε χρώμα, εκτός από κίτρινο-πράσινο και ανοιχτό μπλε. Συνήθως, χρησιμοποιούνται καφέ-μαύρο ή μαύρο με αριθμούς.
- Ουδέτερος αγωγός: ανοιχτό μπλε (ή παλιά γκρίζο).
- Αγωγός προστασίας (γείωσης): κίτρινο-πράσινο. (!!!) Απαγορεύεται η χρήση κίτρινοπράσινου αγωγού σε φάσεις.

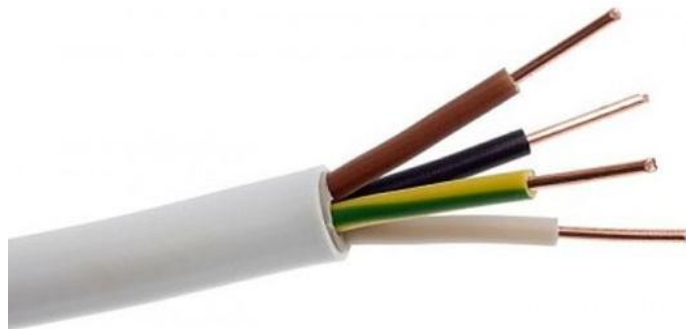
2.1.2 Παραδείγματα

- H05V-U1,5 (H: εναρμονισθείσα γραμμή, 05: μέχρι 500 V τάση, V: κύρια μόνωση PVC, U: ένας αγωγός, 1,5: διατομή αγωγού $1,5 \text{ mm}^2$).



Εικόνα 15: Καλώδιο H05V

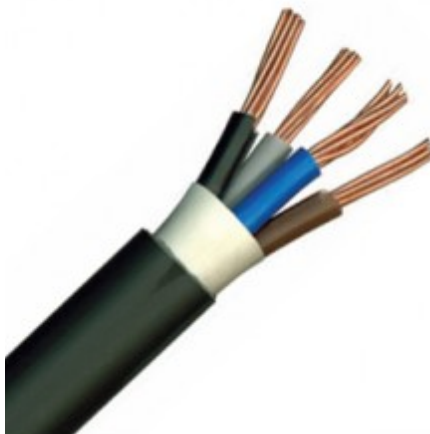
- A05VV-R 4G 2,5 (A: εθνικός αναγνωρισμένος τύπος, 05: τάση συστήματος 300/500 V, V: μόνωση αγωγού από PVC, V: μόνωση μανδύα από PVC, R: εύκαμπτος αγωγός, 4: 4 αγωγοί, G: αγωγός προστασίας/γείωσης, δηλαδή καλώδιο 4 αγωγών, 2,5: διατομή αγωγών $2,5 \text{ mm}^2$).



Εικόνα 16: Καλώδιο A05VV-R 4G

2.1.3 Συνήθη καλώδια στη ΧΤ

- J1VV (κατά IEC 60502 ή ΕΛΟΤ 843), NYΥ (κατά VDE 0271). Για εγκατάσταση σε περιβάλλοντα υψηλών απαιτήσεων, όπως χλώμα, νερό.



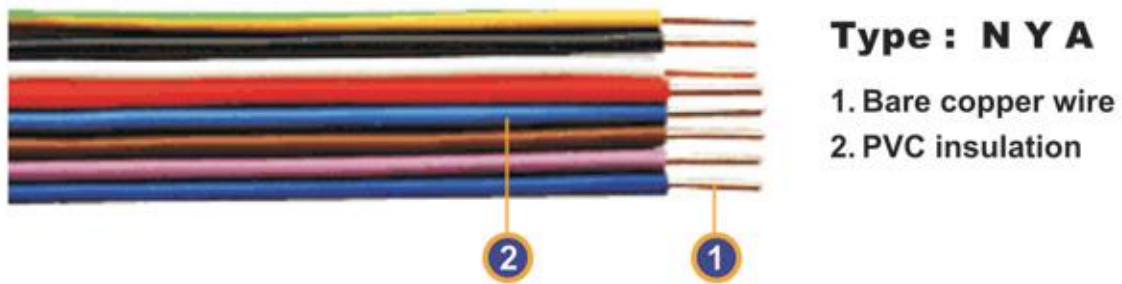
Εικόνα 17: Καλώδιο J1VV

- H05VV-R ή A05VV-R (κατά CENELEC), NYM (κατά VDE 0250). Για εγκατάσταση στον αέρα, μέσα ή πάνω σε επίχρισμα (σουβάς).



Εικόνα 18: Καλώδιο NYM

- Η 05 VV-U1 ή NYA, μονόκλωνοι αγωγοί με μόνωση από PVC, για εγκατάσταση μόνο μέσα σε ηλεκτρολογικούς (μεταλλικούς ή πλαστικούς) σωλήνες, για λόγους προστασίας.



Εικόνα 19: Καλώδιο NYA

- H05VV-F ή H05RN-F κατάλληλα για εύκαμπτες συνδέσεις.



Εικόνα 20: Καλώδιο H05VV-F

2.2 Καλώδια στη MT 12/20 (kV)

Χρησιμοποιούνται καλώδια από δικτυωμένο πολυαιθυλένιο N2XSY κατά VDE 273 ή XLPE κατά IEC 60502 ή ΕΛΟΤ 1029, τα οποία είναι κατάλληλα για τοποθέτηση στο έδαφος ή στο νερό.



Εικόνα 21: Καλώδιο N2XSY

Ο υπολογισμός της διατομής αγωγού ακολουθεί δύο στάδια: υπολογίζεται πρώτα η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος του αγωγού και επιλέγεται η κατάλληλη διατομή από πίνακες. Στη συνέχεια, ελέγχεται η επιλεγείσα διατομή σε πτώση τάσης. Επιλέγεται, τελικώς, η διατομή εκείνη, η οποία ικανοποιεί και τις δύο απαιτήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

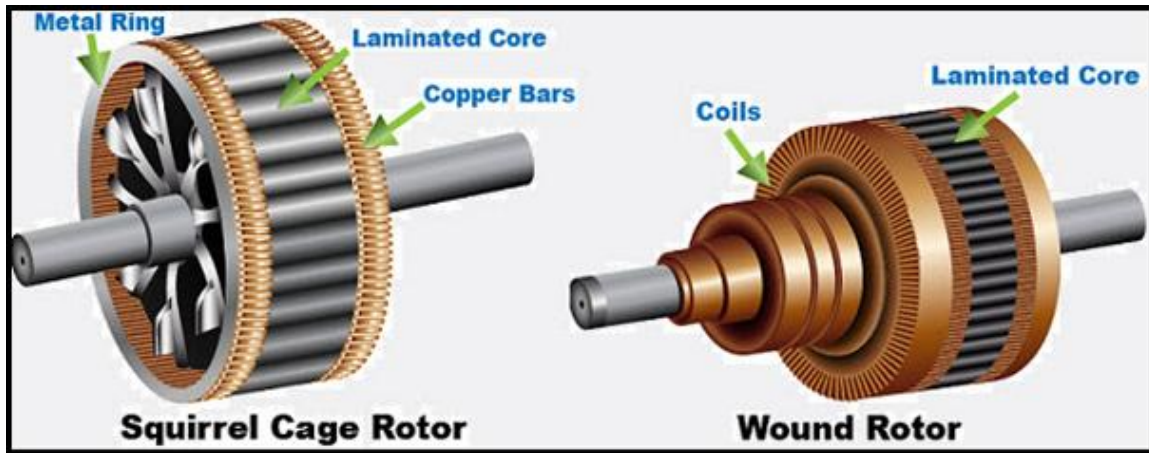
3.1 Αρχή λειτουργίας του ασύγχρονου κινητήρα.

ο επαγωγικός κινητήρας δεν είναι κάτι άλλο παρά ένας στρεφόμενος μετασχηματιστής. Όπως και σε έναν μετασχηματιστή, έτσι και στον επαγωγικό κινητήρα το πρωτεύον τύλιγμα (του στάτη) επάγει κάποια τάση στο δευτερεύον τύλιγμα (του δρομέα). Αντίθετα όμως απ' ότι συμβαίνει σ' ένα μετασχηματιστή, η συχνότητα του δευτερεύοντος δεν είναι απαραίτητα ίση μ' αυτή του πρωτεύοντος. Ο επαγωγικός κινητήρας, στην κανονική λειτουργία, περιστρέφεται με ταχύτητα που πλησιάζει την σύγχρονη, χωρίς όμως ποτέ να την αποκτά. Θα πρέπει πάντα να υφίσταται κάποια σχετική κίνηση που να εξασφαλίζει την επαγωγή τάσης στο κύκλωμα διέγερσης. Συγκεκριμένα η σχετική κίνηση των μαγνητικών πεδίων του στάτη και του δρομέα ευθύνεται για την ανάπτυξη της επαγόμενης τάσης στο δρομέα. Αυτή η τάση με τη σειρά της παράγει κάποιο ρεύμα στο δρομέα του κινητήρα, το οποίο αλληλεπιδρώντας με το πεδίο του στάτη παράγει την επαγόμενη ροπή του κινητήρα.

3.2 Ανοιχτοκυκλωμένος - Βραχυκυκλωμένος δρομέας.

Ανοιχτοκυκλωμένος δρομέας : Τα ρεύματα των τυλιγμάτων του στάτη αποτελούν ταυτόχρονα και τα ρεύματα διέγερσης του κινητήρα και είναι υπεύθυνα για την εγκατάσταση της απαιτούμενης μαγνητικής ροής στο διάκενο της μηχανής.

Βραχυκυκλωμένος δρομέας : Λόγω των επαγόμενων Η.Ε.Δ. θα κυκλοφορήσουν ρεύματα στον δρομέα, της ίδιας συχνότητας με την συχνότητα των τάσεων τροφοδοσίας των τυλιγμάτων του στάτη. Τα ρεύματα αυτά στον δρομέα, θα δημιουργήσουν και αυτά με την σειρά τους ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο στον δρομέα, στρεφόμενο επίσης με την σύγχρονη ταχύτητα και με την ίδια φορά περιστροφής με το αντίστοιχο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του τυλιγματος του στάτη. Η αλληλεπίδραση των δύο μαγνητικών πεδίων του στάτη και του δρομέα ή του συνισταμένου μαγνητικού πεδίου με το μαγνητικό πεδίο του δρομέα, δημιουργούν κινούσα ροπή στην κατεύθυνση της φοράς περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη.



Εικόνα 22: Ρότορας βραχυκυκλωμένου δρομέα (αριστερά) και ανοιχτοκυκλωμένου δρομέα(δεξιά)

Στην μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, ο δρομέας στρέφεται με ταχύτητα n_r , μικρότερη της σύγχρονης ταχύτητας n_s .

Ολίσθηση : Ο λόγος της σχετικής ταχύτητας του πεδίου ως προς τον δρομέα προς την σύγχρονη ταχύτητα.

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad s(\%) = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100$$

3.3 Εκκίνηση κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Κατά τη στιγμή της εκκινήσεως είναι $n = 0$ και $s = 1$. Άρα ο παραπάνω τύπος κατά τη στιγμή της εκκινήσεως γράφεται:

$$I'_{2εκκ} = \frac{E_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}}$$

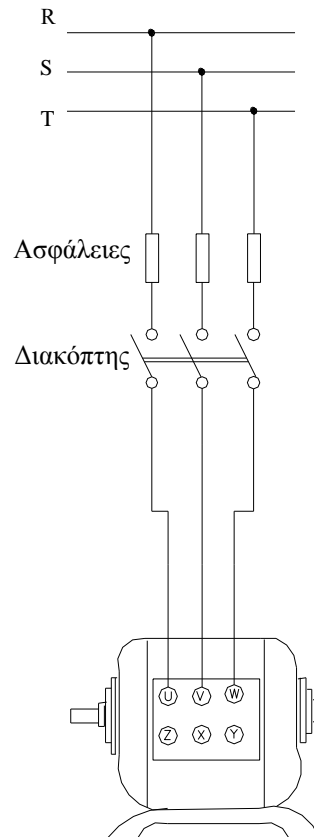
Η παραπάνω τιμή του ρεύματος είναι πολύ μεγαλύτερη από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κινητήρα. Αποδεικνύεται ότι το ρεύμα εκκινήσεως είναι:

$$I_{εκκ} = (6 - 8) I_{ον}$$

Παρακάτω περιγράφονται διάφοροι τρόποι εκκινήσεως των τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα και δακτυλιοφόρων .

3.3.1 Άμεση εκκίνηση

Η άμεση εκκίνηση των κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα γίνεται με την χρήση μόνο ενός απλού τριπολικού διακόπτη και είναι η απλούστερη και η φθηνότερη μέθοδος που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία.



Εικόνα 23: Απευθείας εκκίνηση (συνδεσμολογία)

Πλεονεκτήματα:

- Υψηλή ροπή εκκινήσεως
- Μικρό κόστος εγκατάστασης

Μειονεκτήματα:

- Μεγάλο ρεύμα εκκινήσεως
- Μεγάλη στιγμιαία πτώση τάσεως(βύθιση τάσεως) στο δίκτυο της(βύθιση τάσεως) στο δίκτυο της Δ.Ε.Η.

Το μέγεθος της βυθίσεως τάσεως δεν εξαρτάται μόνο από το ρεύμα εκκινήσεως που είναι μεγάλο, αλλά και από την ικανότητα του δικτύου τροφοδοσίας. Για το λόγο αυτό, πριν από την εγκατάσταση των κινητήρων πρέπει να γίνεται συνεννόηση με τη Δ.Ε.Η. αν είναι δυνατή η εγκατάσταση κινητήρων με άμεση εκκίνηση.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς, επιτρέπεται χωρίς έγκριση η εγκατάσταση τριφασικών κινητήρων με άμεση εκκίνηση εάν η σχέση του ρεύματος εκκινήσεως προς το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα είναι μικρότερη του 2 για κινητήρες μέχρι 10 HP και του 1.6 για μεγαλύτερους κινητήρες.

3.3.2 Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα – τριγώνου.

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, το τυλίγμα του κινητήρα το οποίο είναι κατασκευασμένο να λειτουργεί κανονικά σε συνδεσμολογία τριγώνου, στην εκκίνηση συνδεσμολογείται σε αστέρα.

Αν η εκκίνηση του κινητήρα γίνει χωρίς διακόπτη αστέρα – τριγώνου με έμμεση εκκίνηση σε συνδεσμολογία του τυλίγματος σε τρίγωνο, το ρεύμα που θα διέρρεε το τυλίγμα της κάθε φάσεως, θα ήταν:

$$I_{\phi} = \frac{U}{Z}$$

όπου:

U η πολική τάση του δικτύου και

Z η σύνθετη αντίσταση κάθε φάσεως του τυλίγματος.

Κατά συνέπεια η ένταση της γραμμής θα ήταν :

$$I_{\Delta} = \sqrt{3} I_{\phi} = \frac{\sqrt{3} \cdot U}{Z}$$

Εκκίνηση όμως του κινητήρα με ζεύξη του τυλίγματος σε αστέρα, στην κάθε φάση επικρατεί τάση:

$$U_{\phi} = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

Κατά συνέπεια η ένταση του ρεύματος ανά φάση η οποία τώρα είναι κα ένταση της γραμμής τροφοδοσίας, θα είναι:

$$I_Y = \frac{U_{\phi}}{Z} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

Συνδυάζοντας τις παραπάνω σχέσεις

$$I_Y = \frac{I_{\Delta}}{3}$$

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι κατά την εκκίνηση του κινητήρα σε αστέρα, το ρεύμα εκκινήσεως είναι τρεις φορές μικρότερο από το ρεύμα που θα απορροφούσε ο κινητήρας στην εκκίνηση σε ζεύξη του τυλίγματος σε τρίγωνο. Με τον ίδιο τρόπο μειώνεται και η ροπή εκκινήσεως του κινητήρα, επειδή αυτή είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσεως τροφοδοσίας.

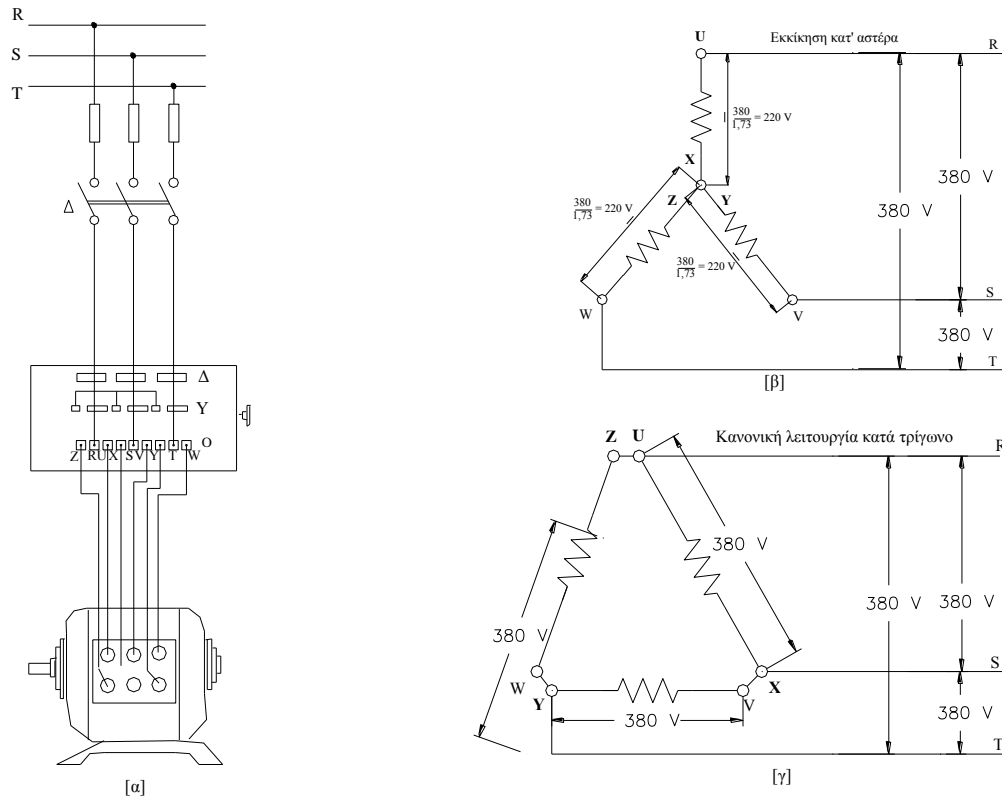
Συνοψίζοντας τα παραπάνω σε ότι αφορά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου έχουμε:

Πλεονεκτήματα:

- Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως κατά 1/3
- Εκκίνηση μεγάλων κινητήρων

Μειονεκτήματα:

- Μείωση της οπής εκκινήσεως στο 1/3
- Σωστή εκλογή του χρόνου μεταγωγής από τον αστέρα στο τρίγωνο



Εικόνα 24: Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα-τριγώνου (συνδεσμολογία)

Για να κάνουμε χρήση του διακόπτη αστέρα – τριγώνου πρέπει ο κινητήρας να είναι κατασκευασμένος έτσι ώστε να μπορεί να εργάζεται κανονικά τροφοδοτούμενος με την τάση του δικτύου σε συνδεσμολογία τριγώνου. Για το τριφασικό δίκτυο της Δ.Ε.Η. του οποίου η πολική τάση είναι 380 V, για να κάνουμε χρήση του διακόπτη αστέρα – τριγώνου πρέπει ο κινητήρας να μπορεί να λειτουργεί σε συνδεσμολογία τριγώνου.

Εάν στην πινακίδα του κινητήρα αναγράφεται 220/380 V, αυτό σημαίνει ότι το τύλιγμα του κινητήρα μπορεί να συνδεθεί σε συνδεσμολογία αστέρα για πολική τάση 380 V και σε συνδεσμολογία τριγώνου για πολική τάση 220 V (το τρίγωνο συνδέεται πάντα στην μικρότερη τάση).

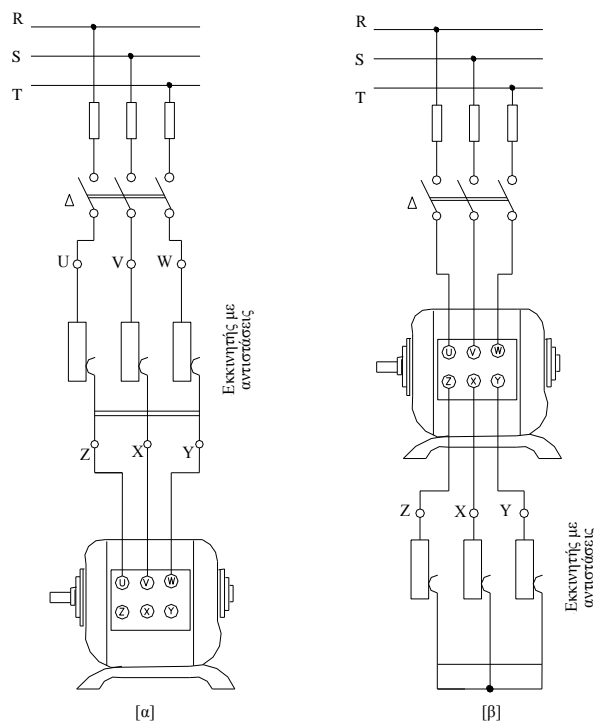
Για το δίκτυο της Δ.Ε.Η. οι κινητήρες που μπορούν να ξεκινήσουν με διακόπτη αστέρα – τριγώνου είναι αυτοί που στην πινακίδα τους αναγράφεται:

380 Δ

380/660 V.

3.3.3 Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, χρησιμοποιούμε εκκινητή ο οποίος αποτελείται από τριφασική ωμική αντίσταση η οποία παρεμβάλλεται μεταξύ του δικτύου τροφοδοσίας και του κινητήρα.



Εικόνα 25: Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη (συνδεσμολογία)

Στην εικόνα 25(α) ο εκκινητής συνδέεται μπροστά από το στάτη του κινητήρα ενώ η συνδεσμολογία του τυλίγματος μπορεί να είναι σε αστέρα ή σε τρίγωνο.

Στην εικόνα 25(β) ο εκκινητής συνδέεται μετά τον κινητήρα αλλά η συνδεσμολογία του τυλίγματος είναι μόνο σε αστέρα και ο ουδέτερος κόμβος σχηματίζεται με τη βοήθεια του εκκινητή.

Πλεονεκτήματα

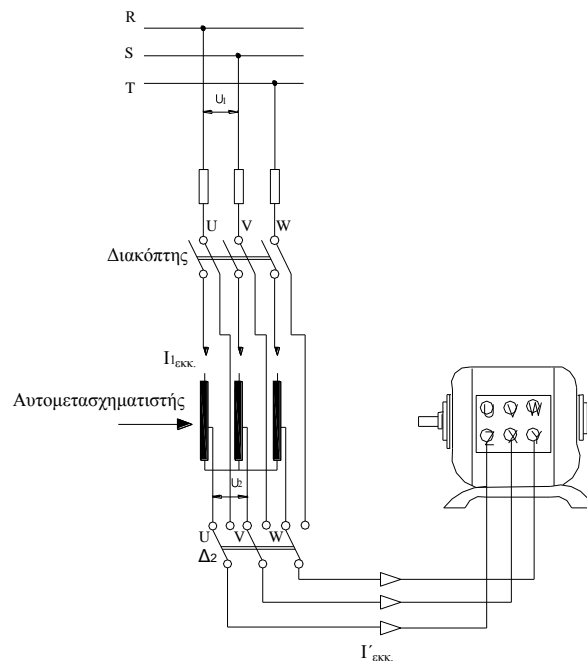
- Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως
- Βελτίωση του συντελεστή ισχύος κατά την εκκίνηση

Μειονεκτήματα:

- Ελάττωση της ροπής εκκινήσεως
- Μεγάλες θερμικές απώλειες στον εκκινητή (απώλειες Joule)

3.3.4 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για μεγάλους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα οι οποίοι δεν μπορούν και δεν επιτρέπεται να ξεκινήσουν με διακόπτη αστέρα – τριγώνου επειδή είναι μεγάλης ισχύος.



Εικόνα 26: Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή (συνδεσμολογία)

Κατά την εκκίνηση συνδέουμε τον κινητήρα με τη βοήθεια του διακόπτη διπλής ενέργειας Δ_2 με τις λήψεις u , v , w του αυτομετασχηματιστή. Στη συνέχεια κλείνουμε το διακόπτη Δ_1 και τροφοδοτείται ο αυτομετασχηματιστής. Έτσι ο κινητήρας ξεκινά με μειωμένη τάση η οποία εξαρτάται από την κατασκευή του αυτομετασχηματιστή.

Μετά την εκκίνηση του κινητήρα μεταθέτουμε τις επαφές του διακόπτη Δ_2 προς τα δεξιά και ο κινητήρας δέχεται όλη την τάση του δικτύου . Στην συνέχεια ανοίγουμε το διακόπτη Δ_1 και ο αυτομετασχηματιστής αποσυνδέεται από το δίκτυο.

Με τον τρόπο αυτό το ρεύμα εκκινήσεως του κινητήρα μειώνεται σύμφωνα με τη σχέση μεταφοράς του αυτομετασχηματιστή ενώ το ρεύμα που απορροφά ο αυτομετασχηματιστής από το δίκτυο μειώνεται στο $\frac{1}{4}$. Ανάλογα μειώνεται και η ροπή εκκινήσεως.

Πλεονεκτήματα:

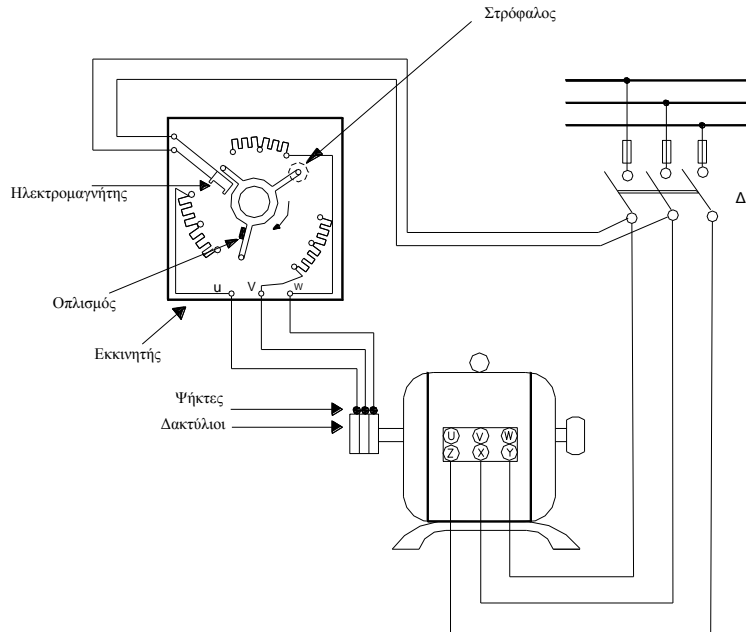
- Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως
- Μικρές θερμικές απώλειες

Μειονεκτήματα:

- Μεγάλο κόστος εγκατάστασης
- Μείωση της ροπής εκκινήσεως

3.4 Εκκίνηση δακτυλιοφόρων κινητήρων

Η απλούστερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε πάρα πολύ στην βιομηχανία για την εκκίνηση των δακτυλιοφόρων κινητήρων είναι η σύνδεση στα δακτυλίδια του δρομέα ενός τριφασικού ωμικού εκκινητή.



Εικόνα 27: Εκκίνηση δακτυλιοφόρου κινητήρα(συνδεσμολογία)

Σύμφωνα με την παραπάνω συνδεσμολογία, αφού κλείσει ο διακόπτης τροφοδοσίας Δ, το τύλιγμα του στάτη συνδέεται με το τριφασικό δίκτυο τροφοδοσίας. Ο στρόφαλος του εκκινητή βρίσκεται στη θέση ηρεμίας και κατά συνέπεια ο δρομέας είναι ανοικτός. Η τάση που επάγεται στο τριφασικό τύλιγμα του δρομέα δεν εφαρμόζεται σε κανένα φορτίο και γι' αυτό δεν είναι δυνατό να δημιουργηθεί ροπή στρέψεως (δεν κυκλοφορεί ρεύμα στα τυλίγματα).

Μόλις γυρίσουμε το στρόφαλο στην αρχική θέση των αντιστάσεων, η τάση του δρομέα εφαρμόζεται στις αντιστάσεις του εκκινητή και αρχίζει η κυκλοφορία του ρεύματος στα τυλίγματα του δρομέα και αναπτύσσεται ροπή στρέψεως. Με τον τρόπο αυτό γίνεται έλεγχος του ρεύματος του δρομέα άρα και του ρεύματος του στάτη δηλαδή του ρεύματος εκκινήσεως. Στην τελευταία θέση οι αντιστάσεις βραχυκυκλώνονται και ο κινητήρας συμπεριφέρεται σαν κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Πολλοί κινητήρες διαθέτουν σύστημα ανυψώσεως των ψηκτρών και έτσι αυτές δεν φθείρονται. Σε μεγάλους κινητήρες ο εκκινητής βρίσκεται μέσα σε λάδι για να ψύχεται.

Πλεονεκτήματα:

- Μείωση του ρεύματος εκκινήσεως κατά βούληση
- Μεγάλη ροπή εκκινήσεως
- Βελτίωση του συντελεστή ισχύος κατά την εκκίνηση

Μειονεκτήματα:

- Απαιτείται συντήρηση του συστήματος των ψηκτρών
- Η μέθοδος δεν συμφέρει σε κινητήρες μικρής ισχύος

3.5 Ρυθμιστές στροφών ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Τα ηλεκτρονικά ισχύος (ηλεκτρονικοί ομαλοί εκκινητές και ρυθμιστές στροφών) αρχίζουν να υιοθετούνται όλο και περισσότερο σε διάφορους τομείς της βιομηχανικής, της βιοτεχνικής και της αγροτικής παραγωγής. Οι ηλεκτρονικοί ομαλοί εκκινητές είναι η πρωτοπορία της τεχνικής στον τομέα της εκκίνησης του κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα. Η χρησιμοποίησή τους ενδείκνυται όταν :

- Η εκκίνηση με πλήρη τάση (κλασικοί τρόποι εκκίνησης) δεν είναι δυνατή.
- Πρέπει να περιοριστεί η πτώση τάσης της γραμμής τροφοδοσίας, μέσα στα καθορισμένα και επιτρεπτά όρια.
- Πρέπει να αποφευχθούν γρήγορες και απότομες αλλαγές ταχύτητας κατά την εκκίνηση.
- Πρέπει να μην υπάρξουν τα μεταβατικά φαινόμενα που δημιουργούνται στο δίκτυο και στον κινητήρα με τον κλασικό εκκινητή.
- Πρέπει να αποφευχθεί η υπερβολική φθορά στα μηχανικά μέρη που μεταδίδουν την κίνηση όπως οι ηλεκτρομειωτήρες, οι αλυσίδες, οι ιμάντες κλπ.

Οι σπουδαιότερες λειτουργίες των Ηλεκτρονικών Ομαλών Εκκινήτων είναι :

- Ομαλή εκκίνηση.
- Περιορισμός ρεύματος εκκίνησης.
- Εξοικονόμηση ενέργειας σε λειτουργία με μερικό φορτίο.
- Ομαλή στάση.
- Πέδηση με συνεχές ρεύμα.
- Ειδικό πρόγραμμα εκκίνησης και σταματήματος αντλιών για την αποφυγή των υδραυλικών πληγμάτων.

Χάρη στις πολλαπλές τους δυνατότητες ρύθμισης και τις ενσωματωμένες τους λειτουργίες, μπορούν να τοποθετηθούν πρακτικά, σχεδόν παντού, όπως για παράδειγμα :

- Ανεμιστήρες.
- Αντλίες.
- Συμπιεστές.
- Μεταφορικές ταινίες.
- Μύλους, σπαστήρες.
- Μηχανές ακονίσματος.
- Πριόνια.
- Αναδευτήρες.
- Πρέσες, κλπ.

3.5.1 Αρχή λειτουργίας.

Ο ηλεκτρονικός ομαλός εκκινήτης επιτρέπει τη σταδιακή επιτάχυνση του κινητήρα από την στάση έως την ονομαστική ταχύτητα έχοντας σαν παράμετρο την αρχική τάση - που μπορεί να είναι μικρή - και το χρόνο εκκίνησης που μπορεί να φτάσει έως και μερικά λεπτά.

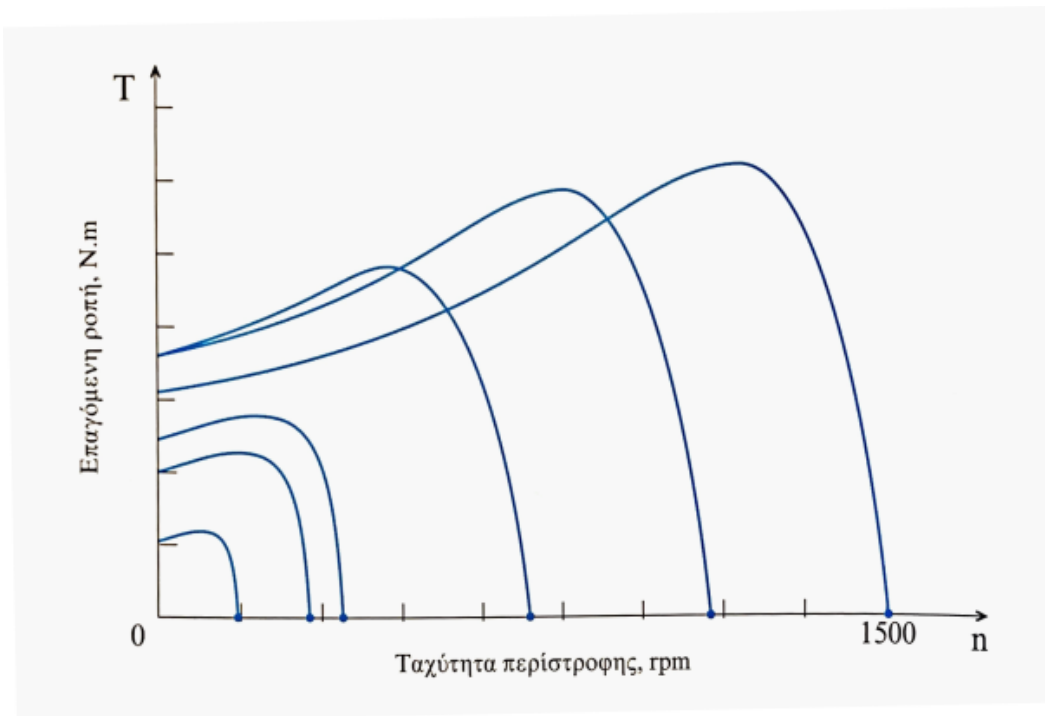
Ο εκκινήτης έχει τη δυνατότητα και σταδιακής επιβράδυνσης του κινητήρα, που επιτρέπει ομαλή μείωση της ταχύτητας έως τη στάση. Η δυνατότητα αυτή που προσδίδει ιδιαίτερη χρησιμότητα στις υδραυλικές εγκαταστάσεις - για την αποφυγή πλήγματος - στις μεταφορικές ταινίες και σε όλες τις εγκαταστάσεις όπου η στάση του κινητήρα πρέπει να γίνεται ομαλά. Στην επιβράδυνση το ρεύμα του κινητήρα είναι συνάρτηση της ροπής του φορτίου και του επιλεγόμενου χρόνου επιβράδυνσης.

Οι ηλεκτρονικοί ομαλοί εκκινήτες, αποτελούνται

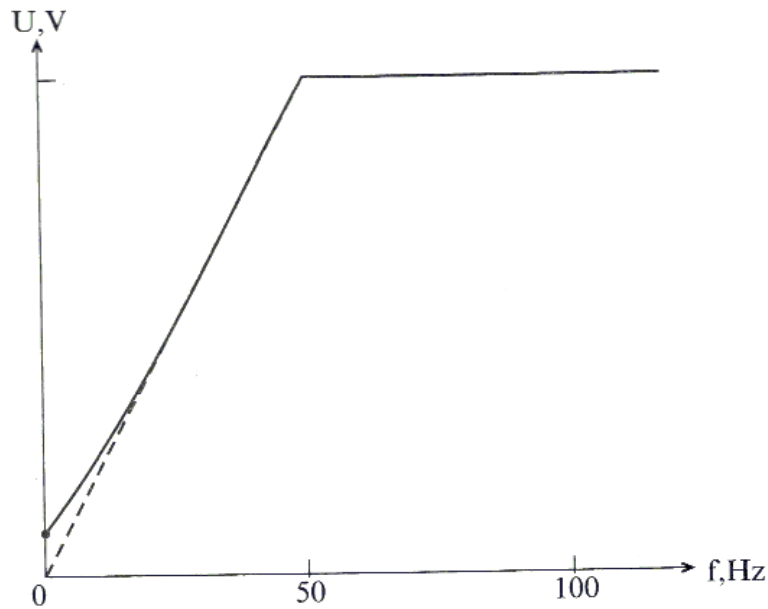
- Από το κύκλωμα ισχύος με θυρίστορ.
- Από το κύκλωμα ελέγχου με θυρίστορ.

Ο εκκινητής ψαλιδίζει την τάση του δικτύου ελέγχοντας τη γωνία έναυσης των θυριστόρ. Με αυτό τον τρόπο ελέγχει το ύψος της τάσης που εφαρμόζεται στις άκρες του κινητήρα τη στιγμή της εκκίνησης.

Η σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα στις ονομαστικές συνθήκες είναι γνωστή ως βασική ταχύτητα. Μια προσεκτικά σχεδιασμένη συσκευή οδήγησης επαγωγικού κινητήρα με μεταβλητή συχνότητα μπορεί να είναι ιδιαίτερα ευέλικτη. Η ρύθμιση της ταχύτητας του επαγωγικού κινητήρα μπορεί να ξεκινά από ένα μικρό εύρος τιμών, και να φτάνει σε τιμές διπλάσιες της βασικής ταχύτητας. Όμως, είναι σημαντικό να καθορίσουμε κάποια όρια για την τάση και την ροπή του κινητήρα κατά τη μεταβολή της ταχύτητάς του, ώστε η λειτουργία του να είναι ασφαλής.



Εικόνα 28: Ρύθμιση της ταχύτητας του επαγωγικού κινητήρα με μεταβολή της συχνότητας. Χαρακτηριστικές ροπής-ταχύτητας για ταχύτητες κάτω από την βασική. (Βασική ταχύτητα περιστροφής 1500 rpm/m).



Εικόνα 29: Χαρακτηριστική ευθεία μεταβολής της τάσης στους ακροδέκτες του κινητήρα όταν μεταβάλλεται η συχνότητα του ρεύματος.

Όταν ο κινητήρας περιστρέφεται με ταχύτητες μικρότερες της βασικής, θα πρέπει η τάση που εφαρμόζεται στον στάτη του κινητήρα να περιορίζεται, με σκοπό να είναι ασφαλής η λειτουργία του. Η τάση εισόδου στο στάτη θα πρέπει να μειώνεται γραμμικά με τη μείωση της ταχύτητας. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται υποβιβασμός της τάσης. Αν δεν ακολουθηθεί αυτή η διαδικασία, ο χάλυβας του στάτη οδηγείται σε κορεσμό και το ρεύμα μαγνήτισης του κινητήρα μπορεί να πάρει εξαιρετικά μεγάλες τιμές.

Για να γίνει κατανοητή η αναγκαιότητα του υποβιβασμού της τάσης, ας σημειωθεί ότι ο επαγωγικός κινητήρας είναι βασικά ένας στρεφόμενος μετασχηματιστής. Όπως σε κάθε μετασχηματιστή, η μαγνητική ροή στον πυρήνα ενός επαγωγικού κινητήρα, υπολογίζεται από τον νόμο του Faraday.

Ο νόμος της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής του Faraday μας λέει ότι, η επαγόμενη ΗΕΔ σε ένα κύκλωμα ισούται με το αντίθετο του ρυθμού μεταβολής, της διερχόμενης από το κύκλωμα, μαγνητικής ροής.

Αν έχουμε ένα πηνίο με N σπείρες και η ροή που περνά από κάθε σπείρα μεταβάλλεται με τον ίδιο ρυθμό, τότε η επαγόμενη ΗΕΔ δίνεται από την σχέση :

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} N$$

Η παραπάνω σχέση μας δίνει τη μέση τιμή της ΗΕΔ στο χρονικό διάστημα Δt . Μόνο στην περίπτωση που ο ρυθμός $\Delta\Phi/\Delta t$ δεν εξαρτάται από το πόσο μεγάλη είναι η χρονική διάρκεια Δt (δηλαδή αν η σχέση της ροής με τον χρόνο είναι γραμμική), η παραπάνω σχέση μας δίνει και την στιγμιαία τιμή της ΗΕΔ, η οποία προφανώς είναι σταθερή με το χρόνο. Αν θέλουμε να υπολογίσουμε στην γενική περίπτωση την στιγμιαία τιμή της επαγόμενης ΗΕΔ, τότε το χρονικό διάστημα Δt πρέπει να είναι πολύ μικρό. Το αρνητικό πρόσημο στην παραπάνω σχέση δηλώνει ότι, αν η ροή αυξάνεται, η επαγόμενη ΗΕΔ έχει θετική τιμή.

Με βάση τα παραπάνω έχουμε :

$$\varphi = \frac{1}{N} \int U(t) \cdot dt \Rightarrow \varphi = \frac{1}{N} \int V_M \cdot \eta \mu \omega t \cdot dt \Rightarrow$$

$$\varphi = \frac{V_M}{\omega \cdot N} \cdot \sigma \upsilon \nu \omega t \quad \Rightarrow \quad \varphi = \frac{V_M}{2\pi f \cdot N} \cdot \sigma \upsilon \nu \omega t$$

Επειδή η συχνότητα f στην παραπάνω σχέση, εμφανίζεται στον παρονομαστή, αν μειωθεί κατά 10% και το πλάτος της τάσης του στάτη παραμείνει σταθερό, η μαγνητική ροή στον πυρήνα του κινητήρα αυξάνεται περίπου κατά 10% και το ρεύμα μαγνήτισης στο εσωτερικό του αυξάνεται επίσης. Στην ακόρεστη περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης του κινητήρα η αύξηση του ρεύματος μαγνήτισης θα είναι και αυτή περίπου ίση με 10%.

Όμως, στην κορεσμένη περιοχή της καμπύλης μαγνήτισης η αύξηση της μαγνητικής ροής κατά 10% απαιτεί πολύ μεγαλύτερη αύξηση του ρεύματος μαγνήτισης. Οι επαγωγικοί κινητήρες συνήθως κατασκευάζονται με σκοπό να λειτουργήσουν κοντά στο σημείο κορεσμού της καμπύλης μαγνήτισης και έτσι η αύξηση της μαγνητικής ροής, που οφείλεται στην μείωση της συχνότητας,

προκαλεί σοβαρή αύξηση στο ρεύμα μαγνήτισης.

Στην πράξη, στους οδηγούς AC, η τάση που εφαρμόζεται στο στάτη του κινητήρα ελαττώνεται σε ποσοστό ανάλογο με τη μείωση της συχνότητας, με σκοπό την αποφυγή εξαιρετικά μεγάλων ρευμάτων μαγνήτισης, κάθε φορά που η συχνότητα μειώνεται κάτω από την ονομαστική τιμή της. Αφού η εφαρμοζόμενη τάση V_m εμφανίζεται στον αριθμητή και η ηλεκτρική συχνότητα f στον παρονομαστή της, τα αποτελέσματα της μεταβολής τους εξουδετερώνονται μεταξύ τους, ώστε το ρεύμα μαγνήτισης να παραμένει ανεπηρέαστο.

Όταν το πλάτος της τάσης που εφαρμόζεται σε έναν επαγωγικό κινητήρα μεταβάλλεται γραμμικά με τη συχνότητα σε ταχύτητες μικρότερες από την βασική, η μαγνητική ροή του κινητήρα παραμένει σχεδόν σταθερή. Έτσι η μέγιστη ροπή που μπορεί να προσφέρει ο κινητήρας παραμένει σχετικά υψηλή.

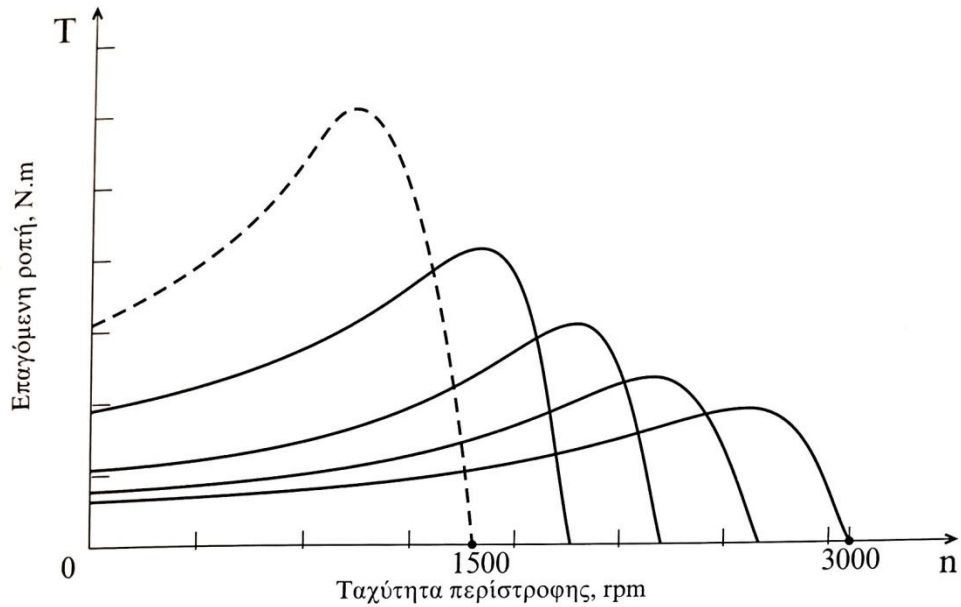
Όμως, η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύς του κινητήρα θα πρέπει και αυτή να μειώνεται γραμμικά με τη μείωση της συχνότητας, ώστε το κύκλωμα του στάτη να προστατεύεται από υπερθέρμανση.

Η ισχύς με την οποία τροφοδοτείται ένας τριφασικός κινητήρα δίνεται από την σχέση :

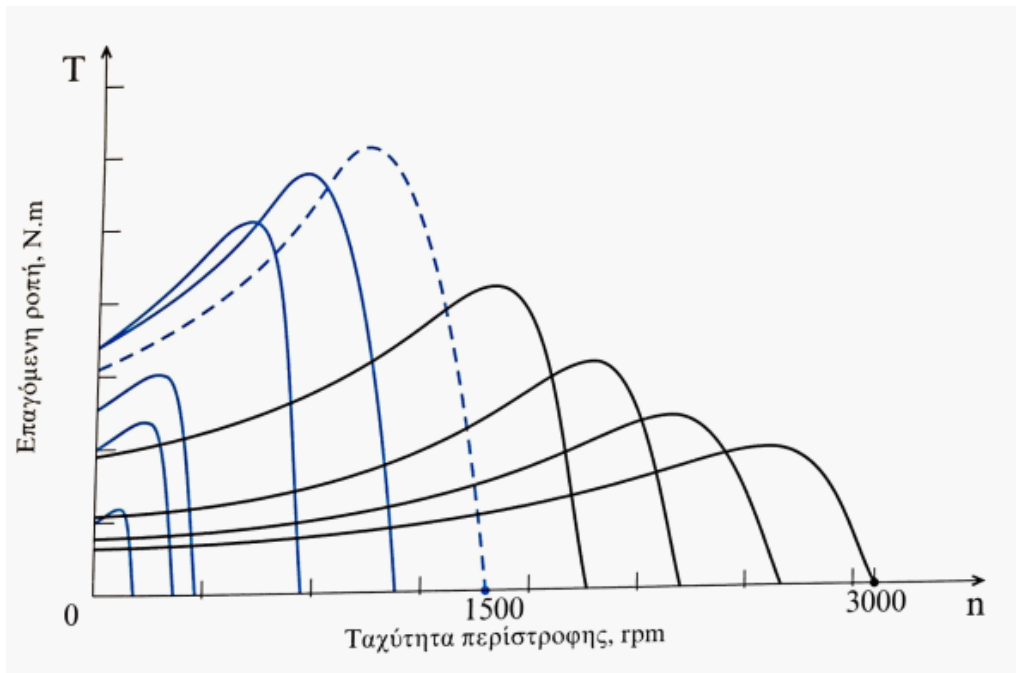
$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Αν η τάση U μειωθεί, θα πρέπει να μειωθεί και η μέγιστη ισχύς P , διαφορετικά το ρεύμα στο εσωτερικό του κινητήρα θα πάρει τόσο μεγάλες τιμές, που ο κινητήρας θα υπερθερμανθεί.

Όταν η συχνότητα το ρεύματος που εφαρμόζεται στον κινητήρα ξεπεράσει την ονομαστική συχνότητα, η τάση στο στάτη θα πρέπει να παραμείνει σταθερή. Αν και κάτω από αυτές τις συνθήκες οι περιορισμοί που αναφέραμε για τον κορεσμό του στάτη επιτρέπουν την αύξηση τάσης πάνω από την ονομαστική τιμή, η τάση συγκρατείται σε αυτή την τιμή με σκοπό την προστασία του κινητήρα.



Εικόνα 30: Χαρακτηριστικές ροπής-ταχύτητας σε έναν επαγωγικό κινητήρα για ταχύτητες πάνω από την βασική, στις οποίες η τάση στο στάτη παραμένει σταθερή.



Εικόνα 31: Χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας επαγωγικού κινητήρα, όπου η τάση στο στάτη μεταβάλλεται γραμμικά με τη συχνότητα για ταχύτητες κάτω από την βασική ταχύτητα και παραμένει σταθερή για ταχύτητες πάνω από την βασική.

Όσο η ηλεκτρική συχνότητα αυξάνεται πάνω από την συχνότητα που αντιστοιχεί στη βασική ταχύτητα, ο αριθμητής της σχέσης αυτής γίνεται παρονομαστής της σχέσης (α). Όμως, επειδή, ο αριθμητής της σχέσης αυτής για τιμές συχνότητας πάνω από την ονομαστική παραμένει σταθερός, η προκαλούμενη μαγνητική ροή στην μηχανή θα μειώνεται και μαζί της θα μειώνεται η μέγιστη ροπή του κινητήρα.

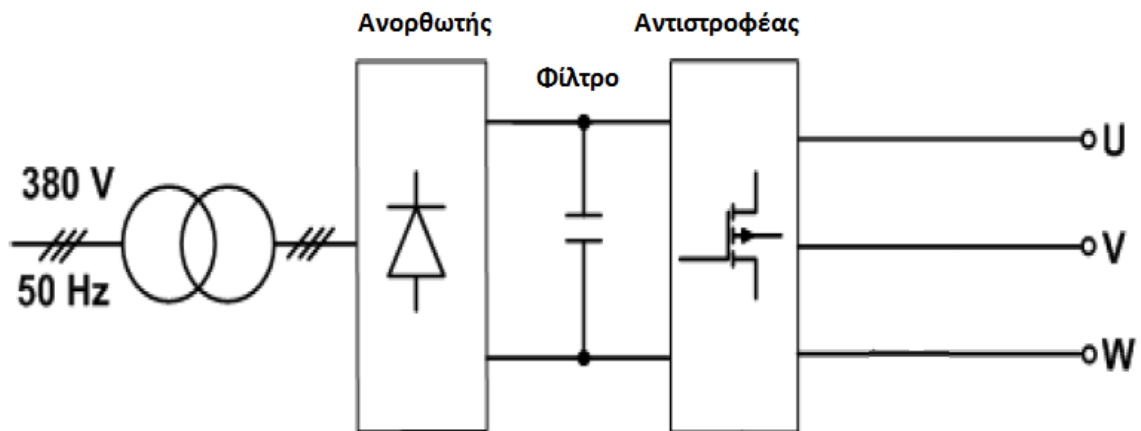
3.5.2 Πλεονεκτήματα από την εφαρμογή συστημάτων ρυθμιζόμενης ταχύτητας.

Στην πράξη, τα συστήματα που χρησιμοποιούμε για την ρύθμιση της ταχύτητας των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα, μπορεί να είναι απλά (ρύθμιση ταχύτητας ανεμιστήρων, συμπιεστών, αντλιών κλπ) ή μπορεί να είναι σύνθετα υψηλών αποδόσεων, για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιφερειακά υπολογιστών, σε εργαλειομηχανές, στη ρομποτική κλπ.

Ο μετατροπέας μεταβλητής συχνότητας, που περιβάλλεται ανάμεσα στο δίκτυο και στον επαγωγικό κινητήρα, θα πρέπει να ικανοποιεί τις παρακάτω βασικές απαιτήσεις :

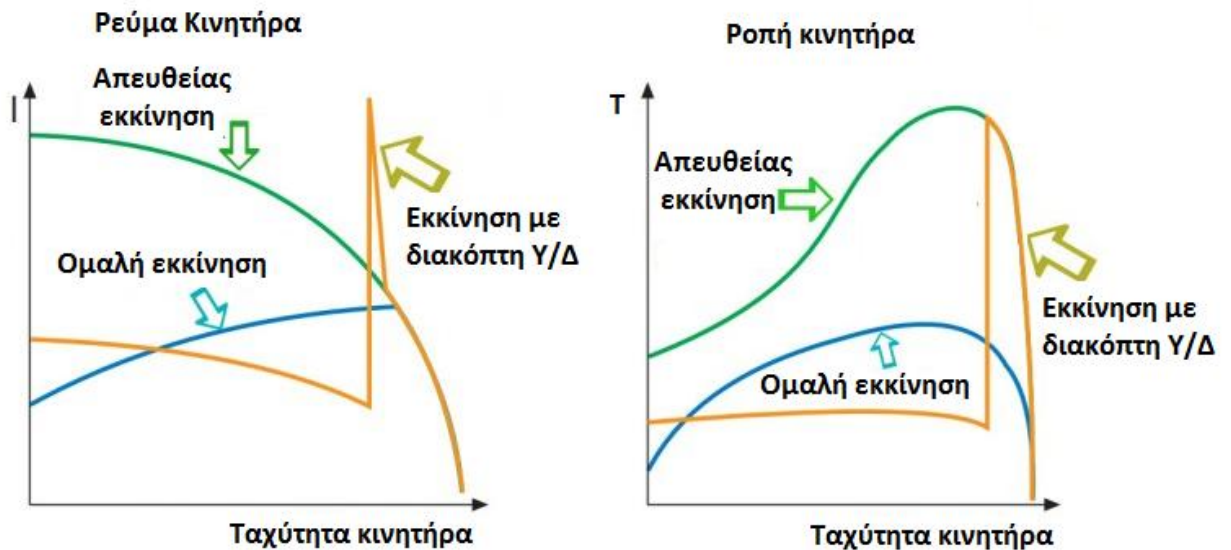
- Να μπορεί να ρυθμίζει τη συχνότητα του ρεύματος, σύμφωνα με την επιθυμητή ταχύτητα εξόδου.
- Να μπορεί να ρυθμίζει το πλάτος της τάσης εξόδου, ώστε στην περιοχή σταθερής ροπής, να διατηρείται σταθερή η ροή διακένου.
- Να μπορεί να παρέχει διαρκώς το ονομαστικό ρεύμα σε κάθε συχνότητα.

Η βασική αρχή του συστήματος διατυπώνεται στην εικόνα 25



Εικόνα 32: Αναπαράσταση σχήματος βασικού συστήματος μετατροπέα μεταβλητή τάσης και συχνότητας.

Στην εικόνα που ακολουθεί, φαίνεται η διαφορά στο ρεύμα και στη ροπή ενός κινητήρα χρησιμοποιώντας ομαλό εκκίνητη σε σχέση με την απευθείας εκκίνηση και την εκκίνηση χρησιμοποιώντας διακόπτη αστέρα-τριγώνου



Εικόνα 33: Ροπή και ρεύμα εκκίνησης με χρήση ομαλού εκκίνητη και σύγκριση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους εκκίνησης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΑΝΑΓΚΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Η άεργος ισχύς είναι μη παραγωγική ισχύς, η οποία είναι αναγκαία για τη λειτουργία ορισμένων ευρέως διαδεδομένων φορτίων, αλλά επιβαρύνει τη λειτουργία των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα «καλό» φορτίο παρουσιάζει τιμές του Συντελεστή Ισχύος (συνφ) κοντά στη μονάδα (π.χ. 0,95 – 0,99) ενώ ένα «κακό» φορτίο παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές του Συντελεστή Ισχύος (συνφ).

Το θέμα των αρνητικών επιπτώσεων της άεργου ισχύος στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής για τη σωστή διαχείριση τάσεως και ενεργού ισχύος, έχει αναδειχθεί τα τελευταία χρόνια σε μείζον θέμα, ιδιαίτερα λόγω των οριακών συνθηκών λειτουργίας του συστήματος παραγωγής-μεταφοράς-διανομής.

Η λήψη πρόσθετων μέτρων αναφορικά με την κατανάλωση και την αντιστάθμιση της άεργου ισχύος, θα βελτιώσει άμεσα την αξιοπιστία του Συστήματος και θα συνεισφέρει μακροπρόθεσμα στην οικονομικότερη λειτουργία του. Επιπλέον, λόγω της ανισοκατανομής παραγωγής/κατανάλωσης στο διασυνδεδεμένο Σύστημα, έμφαση πρέπει να δοθεί στο νότιο τμήμα του, κατά τη λήψη μέτρων μείωσης της κατανάλωσης ή αντιστάθμισης της άεργου ισχύος.

Η ζήτηση της άεργου ισχύος αυξάνεται σημαντικά σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών κατά τις οποίες γίνεται αυξημένη χρήση κλιματιστικών και ψυκτικών συσκευών καθώς και αντλητικών συγκροτημάτων. Η παραγωγή της άεργου ισχύος από τις κεντρικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και η μεταφορά της στην κατανάλωση μέσω των δικτύων Μεταφοράς και Διανομής, έχει σημαντικό κόστος λόγω:

- α. κόστους των μονάδων παραγωγής (μεταβλητό και σταθερό) για την παραγωγή της ενέργειας, των πρόσθετων απωλειών λόγω ροής άεργου ισχύος στα δίκτυα Μεταφοράς και Διανομής,
- β. εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για την παραγωγή της ενέργειας των πρόσθετων απωλειών, που προαναφέρθηκαν,

- γ. αυξημένου μακροχρόνιου κόστους ανάπτυξης του Συστήματος Μεταφοράς και του Δικτύου Διανομής βάσει των αυξημένων τιμών έντασης του συνολικού ρεύματος, και
- δ. κόστους της εθνικής οικονομίας σε περίπτωση μερικής ή ολικής σβέσης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, ο κίνδυνος της οποίας επιτείνεται από την αυξημένη ζήτηση αέργου ισχύος.

4.1 Μέτρα άμεσης απόδοσης

Με βάση το Υπουργείο Ανάπτυξης, απαιτείται:

- Να εγκατασταθούν άμεσα στα κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα (ΜΤ και ΧΤ), συσκευές αντιστάθμισης της αέργου ισχύος, ώστε να επιτευχθεί τιμή του Συντελεστή Ισχύος (συνφ) μεγαλύτερη του 0,95.
- Ο Διαχειριστής του Συστήματος να παρακολουθεί συστηματικά την τήρηση του ορίου κατανάλωσης αέργου ισχύος από κάθε Πελάτη ΥΤ, και να προβαίνει στις κατάλληλες συστάσεις ή στα λοιπά ενδεικνυόμενα μέτρα. Να αυξηθεί η ελάχιστη τιμή του Συντελεστή Ισχύος (συνφ) την οποία είναι υποχρεωμένοι να τηρούν οι Πελάτες που συνδέονται στο Σύστημα Μεταφοράς σε 0,95.
- Να θεσπιστεί η υποχρέωση των Πελατών ΜΤ, και όχι απλά τιμολογιακά κίνητρα, για τήρηση ορίου στην κατανάλωση αέργου ισχύος, με κάτω όριο Συντελεστή Ισχύος (συνφ) 0,95.
- Ειδικά όσον αφορά τα ηλεκτροκίνητα μέσα μεταφοράς, να μεγιστοποιηθεί η τιμή του Συντελεστή Ισχύος, με την εγκατάσταση κατάλληλων συστημάτων αντιστάθμισης της αέργου ισχύος στα σημεία τροφοδότησης των αντίστοιχων δικτύων.
- Η οργανωμένη διαφημιστική-ενημερωτική καμπάνια μέσω ΜΜΕ προς τους καταναλωτές χαμηλής τάσης, με σκοπό την ενημέρωση για την ανάγκη εξοικονόμησης ενέργειας και την παρότρυνση για την τοποθέτηση απλών αντισταθμιστικών διατάξεων στους Πίνακες τους.
- Να λειτουργήσουν διατάξεις αντιστάθμισης της αέργου ισχύος στους σταθμούς Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.
- Η σύσταση στις εταιρείες που διαθέτουν καταψύκτες και ψυγεία σε υπαίθρια και μη σημεία πώλησης των προϊόντων τους, για αντιστάθμιση, ώστε να επιτυγχάνεται Συντελεστής Ισχύος μεγαλύτερος του 0,95.

Επιπλέον, σε περιπτώσεις εκτάκτων συνθηκών (προβλεπόμενα υψηλά φορτία) μεταξύ των ενδεδειγμένων μέτρων περιλαμβάνονται:

- η ηλεκτρική αποσύνδεση των αντλητικών συγκροτημάτων άρδευσης κατά τις ώρες που δεν επιτρέπεται η άντληση βάσει του ειδικού τιμολογίου, με διατάξεις αποκοπής που θα εγκαταστήσει ο Διαχειριστής του Δικτύου.
- η μείωση ή/και διακοπή λειτουργίας συγκεκριμένων φορτίων που περιλαμβάνουν κινητήρες, κατά τις ώρες μέγιστης θερινής αιχμής.

Έτσι εξετάζουμε την αποκοπή φορτίων παροχής ενέργειας στο χρονικό διάστημα μεταξύ 10.00 το πρωί και 5.00 το απόγευμα.

4.2 Μέτρα μεσοπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης απόδοσης

Περαιτέρω, προβλέπονται τα ακόλουθα μέτρα που μπορούν να ληφθούν για τη μακροχρόνια βελτίωση της λειτουργίας του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, πέραν των μέτρων άμεσης απόδοσης, τα οποία φυσικά θα αποδώσουν και μακροπρόθεσμα.

- Για προμήθεια εξοπλισμού κλιματιστικών μηχανημάτων ψυκτικής ικανότητας μέχρι 100 kW για κτίρια του δημόσιου και ευρύτερου δημόσιου τομέα, κατά τη σύνταξη των προδιαγραφών να περιλαμβάνεται όρος για πιστοποίηση και ταξινόμηση στους καταλόγους της EUROVENT και προδιαγραφές ενεργειακής κλάσης A.
- Συστηματικός έλεγχος της αγοράς των ηλεκτρικών συσκευών και ιδιαίτερα των κλιματιστικών, ψυκτικών, ηλεκτρικών αντλιών κλπ για την εφαρμογή της κείμενης νομοθεσίας περί ασφάλειας ηλεκτρικών προϊόντων, ενεργειακής σήμανσης των συσκευών αυτών και περί μηχανών.
- Βελτίωση προδιαγραφών των κλιματιστικών συσκευών (τύπου split) και λοιπών οικιακών συσκευών. Για τον εξοπλισμό που θα εγκατασταθεί στο μέλλον θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα αντίστοιχης πιστοποίησης και αναγραφής του Συντελεστή Ισχύος (συνφ) του μηχανήματος σε όλη τη διαδικασία φόρτισής του, από διαπιστευμένους οίκους πιστοποίησης, στα πλαίσια της νομοθεσίας της Ε.Ε.. Προώθηση, ουσιαστικός έλεγχος και απαγόρευση εμπορίας μη πιστοποιημένου εξοπλισμού. Ανάδειξη του προβλήματος στα αρμόδια εθνικά και ευρωπαϊκά όργανα.

- Επέκταση της πολιτικής περί της αέργου ισχύος και στη Χαμηλή Τάση σε όλους τους καταναλωτές του βιομηχανικού και εμπορικού-τριτογενή τομέα.
- Περιορισμός της κατανάλωσης αέργου ισχύος από τις εγκαταστάσεις ανελκυστήρων, με την καθιέρωση της υποχρέωσης οι νέες εγκαταστάσεις αυτές να έχουν κατ' ελάχιστον Συντελεστή Αέργου Ισχύος 0,95.
- Προώθηση εθνικού Σήματος Ποιότητας για κλιματιστικά μηχανήματα οικιακού τύπου.
- Αντικατάσταση των συμβατικών ενεργοβόρων κεντρικών κλιματιστικών μονάδων chiller με μονάδες απορροφήσεως βρωμιούχου λιθίου που χρησιμοποιούν για τη λειτουργία τους ως καύσιμο φυσικό αέριο.

4.3 1.1 Συντελεστής ισχύος

Η ηλεκτρική ισχύς είναι ο ρυθμός με τον οποίο η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται από ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Η μονάδα της ισχύος είναι το watt. Η στιγμιαία ηλεκτρική ισχύς σε οποιοδήποτε σημείο ενός κυκλώματος υπολογίζεται ως το γινόμενο της στιγμιαίας τάσης επί το στιγμιαίο ρεύμα:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

Σε ένα εναλλασσόμενο σύστημα τάσεων και ρευμάτων ισχύει:

$$v(t) = \sqrt{2} \cdot V \cdot \cos(\omega t + \varphi_v)$$

$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos(\omega t + \varphi_i)$$

Επομένως $p(t) = 2 \cdot V \cdot I \cdot \cos(\omega t + \varphi_v) \cdot \cos(\omega t + \varphi_i)$

Επειδή όμως ισχύει

$$\cos(A) \cdot \cos(B) = \frac{1}{2} \cdot [\cos(A + B) + \cos(A - B)]$$

Η σχέση της ισχύος μετασχηματίζεται ως εξής:

$$p(t) = V \cdot I \cdot [\cos(2\omega t + \varphi_v + \varphi_i) + \cos(\varphi_v - \varphi_i)]$$

Η στιγμιαία ισχύς αποτελείται από δύο όρους, ένα μεταβαλλόμενο:

$$p(t) = V \cdot I \cdot \cos(2\omega t + \varphi_v + \varphi_i)$$

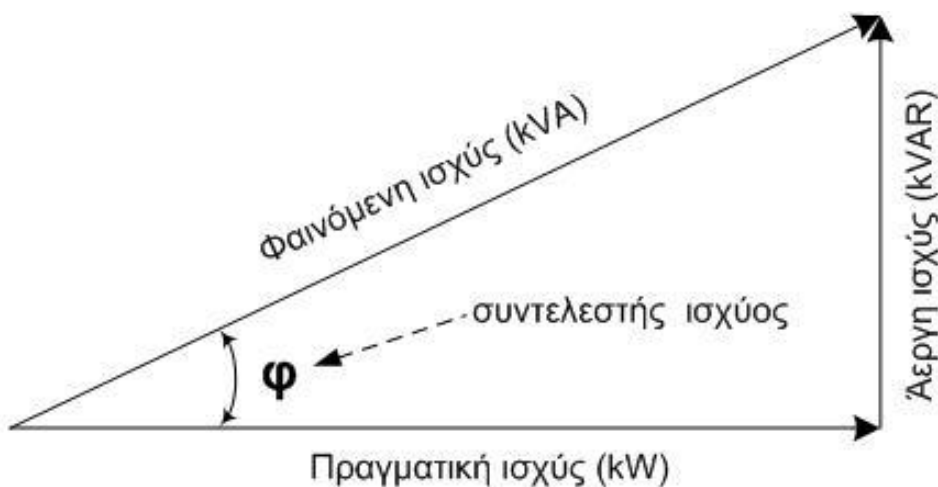
Και έναν σταθερό:

$$p(t) = V \cdot I \cdot \cos(\varphi_v - \varphi_i)$$

Ο σταθερός όρος εκφράζει την ισχύ που καταναλώνεται στο κύκλωμα και ονομάζεται **πραγματική ή ενεργή ισχύς** η οποία μετράται σε **Watt**. Επιπλέον, ο όρος **$\cos(\varphi_v - \varphi_i)$** ονομάζεται **συντελεστής ισχύος** και εκφράζει σε οποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος το μέρος της συνολικής ισχύος που διέρχεται από το σημείο, το οποίο θα καταναλωθεί τελικά στα στοιχεία του κυκλώματος.

Ο μεταβαλλόμενος όρος εκφράζει ένα μέρος της συνολικής στιγμιαίας ισχύος, το οποίο μεταφέρεται συνεχώς. Το μέρος αυτό της συνολικής στιγμιαίας ισχύος ονομάζεται **άεργη ισχύς** και μετράται σε **Var**.

Το σύνολο της ενεργής και άεργης ισχύος αποτελεί την **φαινόμενη** ή μιγαδική ισχύ και μετράται σε **VA**. Αφορά στην **συνολική ισχύ** του συστήματος.



Εικόνα 34: Σχέση μεταξύ ισχύων

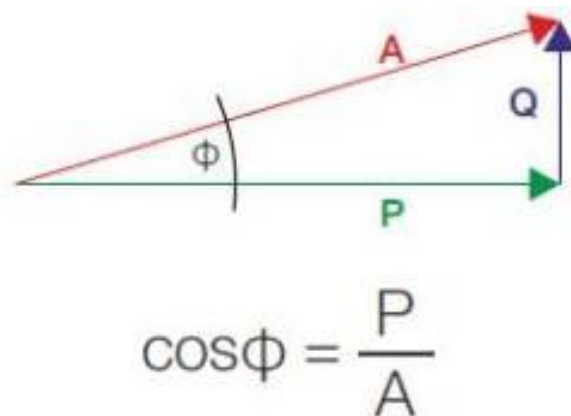
Η πραγματική ή ενεργή ισχύς είναι αυτή η οποία παράγει το πραγματικό έργο, π.χ. τη μηχανική ισχύ στον άξονα ενός κινητήρα, τη θερμότητα που παράγει μια ηλεκτρική θερμάστρα ή ένα ηλεκτρικός θερμοσίφωνας κλπ., σε ένα κύκλωμα και καταγράφεται από τους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας.

Η άεργος ισχύς απορροφάται, κυρίως, από τους κινητήρες για την δημιουργία του στρεφόμενου ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, που είναι απαραίτητο για την λειτουργία τους, αλλά και από άλλα μηχανήματα, όπως μετασχηματιστές, στατές ηλεκτροσυγκολλήσεις, οι λαμπτήρες φωτισμού που λειτουργούν με ηλεκτρικές εκκενώσεις κ.ο.κ . Δεν παράγει πραγματικό έργο, αλλά είναι αναγκαία για τη δημιουργία μαγνητικού ή ηλεκτρικού πεδίου στα πηνία και στους πυκνωτές του κυκλώματος.

Η άεργος ισχύς δεν καταναλώνεται, οπότε δεν χάνεται, αλλά καθώς μεταφέρεται συνεχώς από και προς τα στοιχεία ενός συστήματος, απαιτείται ρεύμα. Συνεπώς, ωμικές απώλειες προκαλούνται στις ωμικές αντιστάσεις των αγωγών που την μεταφέρουν.

Όπου υπάρχουν στοιχεία που χρειάζονται άεργη ισχύ, δημιουργούνται αυξημένα ρεύματα, άρα και αυξημένες απώλειες στα δίκτυα που τα τροφοδοτούν.

Ο συντελεστής ισχύος (Σ.Ι.) ή $\cos\phi$ είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέγεθος από οικονομικής σκοπιάς και αφορά τόσο τον καταναλωτή (φορτίο) όσο και την εταιρία παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ). Ο συντελεστής ισχύος είναι ένα μέτρο της άεργης ισχύος που ανταλλάσσεται μεταξύ καταναλωτή και δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής ισχύος, τόσο «καλύτερο» ένα κύκλωμα, καθώς περιορίζεται η άεργη ισχύς του.



Εικόνα 35:Ο υπολογισμός του Σ.Ι

Είναι αναγκαίο, η πραγματική ισχύς να παρέχεται στο φορτίο με όσο το δυνατόν υψηλότερο συντελεστή ισχύος. Υψηλός συντελεστής ισχύος σημαίνει ότι η πηγή προσφέρει την ίδια ενεργή ισχύ στο φορτίο με μικρότερη ένταση ρεύματος γραμμής, άρα με μικρότερες απώλειες γραμμής και επομένως με χαμηλότερο κόστος διάθεσης της ισχύος προς το φορτίο. Τα αντίθετα συμβαίνουν όταν μειώνεται ο συντελεστής ισχύος. Στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι εφικτό, π.χ. σε ισχυρά επαγωγικά φορτία, τότε επιβάλλεται να γίνει διόρθωση του συντελεστή ισχύος του φορτίου με την τοποθέτηση κοντά σε αυτό πυκνωτών αντιστάθμισης κατάλληλης χωρητικότητας.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ



Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΙ:

1. ΑΜΕΣΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ.
2. ΕΜΜΕΣΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΟΥ, ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟΥ.



$$\cos \varphi = \frac{P}{V_{rms} \cdot I_{rms}}$$

Εικόνα 36: Μέτρηση συντελεστή ισχύος

4.4 Αντιστάθμιση άεργος ισχύος – διόρθωση συνφ

Η άεργη ισχύς είναι χαρακτηριστικό του εναλλασσόμενου ρεύματος, καθώς δεν υφίσταται στον συνεχές, και οφείλεται στην ύπαρξη των αυτεπαγωγών και χωρητικότητων ενός κυκλώματος. Οι αυτεπαγωγές μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου, την οποία αποθηκεύουν στο εσωτερικό τους, ενώ εν συνεχεία την μετατρέπουν ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια, αποδίδοντας την πάλι στο δίκτυο. Αντίστοιχα, οι χωρητικότητες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια που δέχονται σε ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου, την οποία αποθηκεύουν στο εσωτερικό τους, ενώ στην συνέχεια την μετατρέπουν ξανά σε ηλεκτρική ενέργεια και την αποδίδουν πάλι στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι σε όποιο κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος υπάρχουν αυτεπαγωγές ή χωρητικότητες, υπάρχει και ένα ποσό ηλεκτρικής ισχύος που μεταφέρεται συνεχώς από και προς τα στοιχεία αυτά, χωρίς όμως να παράγει έργο ή να καταναλώνεται.

Οι αυτεπαγωγές και οι χωρητικότητες δημιουργούν άεργη ισχύ εξαιτίας του τρόπου που ανταλλάσσουν ενέργεια με το δίκτυο. Προκειμένου να διαχωριστεί η άεργη ισχύς λόγω αυτεπαγωγών από την άεργο ισχύ λόγω χωρητικότητας ορίζεται ότι σε οποιοδήποτε φορτίο θεωρείται θετική η άεργη ισχύ που προέρχεται απ' αυτεπαγωγές, και αρνητική αυτή που προέρχεται από χωρητικότητες. Αν τοποθετήσουμε μια αυτεπαγωγή (πηνίο) και μία χωρητικότητα (πυκνωτή) μαζί, τότε κάθε φορά που το ένα από τα δύο θα απαιτεί άεργη ισχύ από το δίκτυο, το άλλο θα την αποδίδει σε αυτό.

Με αυτόν τον τρόπο το πρόβλημα της άεργης ισχύος μπορεί να αντιμετωπιστεί, εφόσον για κάθε αυτεπαγωγή που δημιουργεί πρόβλημα τοποθετείται μια χωρητικότητα και αντιστρόφως. Σε αυτή την περίπτωση, η αναγκαία άεργη ισχύς για την λειτουργία των στοιχείων θα ταλαντώνεται συνεχώς μεταξύ αυτεπαγωγής και χωρητικότητας, χωρίς να χρειάζεται το δίκτυο να την μεταφέρει, αποτρέποντας με τον τρόπο αυτό αυξημένα ρεύματα και, συνεπώς, απώλειες.

Με την προσθήκη πυκνωτών συνδεδεμένων παράλληλα προς το φορτίο επιτυγχάνεται η βελτίωση του συντελεστή ισχύος επαγωγικού φορτίου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **αντιστάθμιση άεργος ισχύος**. Με την τοποθέτηση των πυκνωτών αντιστάθμισης, οι οποίοι είναι πηγές άεργης ισχύος, ένα μέρος της άεργης ισχύος που καταναλώνει το επαγωγικό φορτίο παράγεται τοπικά από τους πυκνωτές και προσφέρεται στο φορτίο, ενώ το υπόλοιπο ποσό άεργης ισχύος του φορτίου παρέχεται από το

δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Το αποτέλεσμα είναι η αύξηση (βελτίωση) του συντελεστή ισχύος του επαγωγικού καταναλωτή, αφού τώρα το δίκτυο παρέχει στο φορτίο μόνο ένα τμήμα από το συνολικό ποσό άεργης ισχύος που χρειάζεται.

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**. Στην ουσία με τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος επιδιώκουμε να ελαττώσουμε 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.

4.5 Πλεονεκτήματα από τη βελτίωση της άεργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης

Η ΔΕΗ παρέχει ηλεκτρική ενέργεια με μέση τάση ανάλογα με την περιοχή. Σε αυτούς τους καταναλωτές η χρέωση είναι αρκετά φθηνότερη ανά kWh. Η φθηνότερη αυτή χρέωση επιβάλλεται για διάφορους λόγους, όπως:

- Ο καταναλωτής μέσης τάσης επιβαρύνεται με την δαπάνη εγκατάστασης και συντήρησης του μετασχηματιστή και της κατασκευής του αντίστοιχου δικτύου χαμηλής τάσης.
- Οι απώλειες του μετασχηματιστή και του δικτύου χαμηλής τάσης βαρύνουν τον καταναλωτή μέσης τάσης και όχι τη ΔΕΗ, όπως συμβαίνει στις παροχές χαμηλής τάσης.
- Ο καταναλωτής μέσης τάσης έχει έκπτωση είτε γιατί έχει σταθερό φορτίο (χωρίς μεγάλες αιχμές), είτε για λόγους επιδότησης της βιομηχανίας με σκοπό την ενίσχυση της απασχόλησης.

Παρόλα αυτά, εάν ο καταναλωτής έχει χαμηλό συντελεστή ισχύος, απορροφά μεγάλη ένταση ρεύματος από το δίκτυο, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται υψηλές απώλειες ισχύος (απώλειες Joule, $R I^2$) επάνω στη γραμμή μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, χαμηλός συντελεστής ισχύος σημαίνει ότι ο καταναλωτής απορροφά μεγάλη άεργη ισχύ από το δίκτυο, την οποία βεβαίως

πρέπει να παράγουν οι γεννήτριες (πηγές) του δικτύου. Το αποτέλεσμα είναι, με τη μείωση του συντελεστή ισχύος, να αυξάνεται το κόστος διάθεσης ηλεκτρικής ισχύος στον καταναλωτή, το οποίο κόστος επιβαρύνει βεβαίως την εταιρία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτός είναι ο λόγος που η εταιρία διανομής ηλεκτρικής ενέργειας απαιτεί από τους καταναλωτές να απορροφούν πραγματική ηλεκτρική ισχύ από το δίκτυο με υψηλό συντελεστή ισχύος.

Υπάρχουν καταναλωτές με ισχυρά επαγωγικά φορτία, τα οποία καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες άεργης ισχύος και επομένως παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή ισχύος. Τέτοιοι καταναλωτές είναι, για παράδειγμα, βιομηχανικές και εμπορικές εγκαταστάσεις, όπου λειτουργεί συνήθως ένας μεγάλος αριθμός συσκευών με επαγωγική συμπεριφορά, όπως ηλεκτρικοί κινητήρες, μετασχηματιστές κλπ.

Στις περιπτώσεις αυτές, απαιτείται η βελτίωση του συντελεστή ισχύος της ηλεκτρικής εγκατάστασης, δηλαδή η αύξηση του συντελεστή ισχύος στην επιθυμητή τιμή(0,85-1). Τους καταναλωτές αυτούς οι Ηλεκτρικές Εταιρείες τοποθετούν, έκτος από μετρητές καταγραφής της ενεργού ισχύος, άλλους για την μέτρηση της άεργης ισχύος που μεταφέρεται.

Η βελτίωση του συντελεστή ισχύος, που επιτυγχάνεται με την χρήση πυκνωτών στο σύστημα, εκτός από την μείωση των απωλειών στην ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις των καταναλωτών, επιφέρει επιπλέον οικονομικά οφέλη στην τιμολόγηση από την Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού.

Επομένως, το πρωταρχικό όφελος από την βελτίωση του συντελεστή ισχύος είναι η εξάλειψη χρεώσεων που σχετίζονται με κατανάλωση άεργου ισχύος. Αν η χρήση άεργου ισχύος επιδέχεται ποινές, η μείωση της συνεπάγεται εξοικονόμηση. Το εύρος της εξοικονόμησης εξαρτάται από το μέγεθος, τη διαμόρφωση και την λειτουργία του συστήματος. Τυπικά, το κόστος της βελτίωσης αποσβένεται στα χρονικά πλαίσια ενός έτους, ενώ έπειτα από αυτό η εξοικονόμηση θα μειώσει τα λειτουργικά έξοδα.

Επιπλέον, η βελτίωση του συντελεστή ισχύος θα βελτιώσει την συνολική απόδοση του συστήματος, που συνεπάγεται την αύξηση του χρόνου ζωής των λειτουργικών μερών της επιχείρησης, όπως των κινητήρων. Η μείωση απωλειών ισχύος και ενέργειας συνεπάγεται αύξηση της διαθέσιμη ισχύος του υποσταθμού τροφοδότησης αλλά και σωστότερο προγραμματισμό νέων υποσταθμών του δικτύου. Επιφέρεται ανύψωση ή ρύθμιση της

τάσης ζυγών, αλλά και διευκόλυνση εκκίνησης μεγάλων κινητήρων στην άκρη πολύ φορτισμένων γραμμών διανομής. Το τελικό αποτέλεσμα είναι προστασία, αποδοτικότητα και ενεργειακή και οικονομική εξοικονόμηση.

4.6 Μειονεκτήματα από τη βελτίωση της άεργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης

Οι πυκνωτές που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του συντελεστού ισχύος όμως, είναι δυνατόν να δημιουργήσουν και αρνητικές επιδράσεις που σχετίζονται με αυτό που ονομάζουμε «ποιότητα ισχύος» και τελικά μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση του κόστους χρήσης μιας εγκατάστασης αν δεν βρεθεί τρόπος να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά. Τέτοιες αρνητικές επιδράσεις είναι:

- Αύξηση του ποσοστού των αρμονικών στο δίκτυο με συνέπεια αύξηση των απωλειών γενικά.
- Αύξηση της ανισορροπίας των τάσεων στις τρεις φάσεις και δημιουργία συνιστώσας αρνητικής ακολουθίας τάσεων με αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών σε κινητήρες και τη μείωση της διάρκειας ζωής τους.
- Δημιουργία αιχμών υπερτάσεως στους χρόνους μεταγωγής των πυκνωτών στις αυτόματες συστοιχίες με πιθανότητα καταστροφής ή δυσλειτουργίας ευαίσθητου εξοπλισμού.
- Μείωση της ατρωσίας της εγκατάστασης από εξωτερικές κακές επιδράσεις λόγω της μείωσης της σύνθετης αντίστασης εισόδου της.
- Αύξηση της τάσεως της εγκατάστασης σε περίπτωση κακής εφαρμογής με πιθανότητα καταστροφής εξοπλισμού και μονώσεων.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε πως αν και πρέπει να πραγματοποιείται αντιστάθμιση στις καταναλώσεις ώστε να είναι δυνατή η ορθολογικότερη και πιο αποδοτική χρήση του συστήματος παραγωγής – διανομής της ΔΕΗ, θα πρέπει παράλληλα να λαμβάνονται υπόψη και οι πιθανές αρνητικές επιδράσεις ώστε τελικά να μειώνουμε την «άεργη ισχύ» χωρίς να δημιουργούμε προβλήματα αξιοπιστίας και να αυξάνουμε τις πραγματικές απώλειες της εγκατάστασης με παράλληλη αύξηση του κόστους ενέργειας και δαπανών συντήρησης.

4.7 Είδη αντιστάθμισης

4.7.1 Μεμονωμένη Αντιστάθμιση

Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις μεμονωμένων ή μεγάλων φορτίων όπου το καθένα συνδέεται με πυκνωτή σταθερής χωρητικότητας

4.7.2 Ομαδική Αντιστάθμιση

Η αντιστάθμιση αυτή γίνεται σε μια ομάδα επαγωγικών φορτίων, όπου υπάρχει το πρόβλημα αύξησης του συνημιτόνου, όπως π.χ. : σε έναν υποπίνακα φωτισμού (λόγω φωτιστικών φθορισμού, που δεν έχουν τοπικούς πυκνωτές αντιστάθμισης), στον υποπίνακα κίνησης κάποιων κινητήρων που έχουν μικρό συντελεστή ισχύος κ.λ.π. Για την αντιστάθμιση μίας ομάδας λαμπτήρων φθορισμού ισχύει η σχέση :

$$Q_c = n \cdot C_m \cdot 0,015 \text{ σε kVA}$$

Όπου C_m η χωρητικότητα του πυκνωτή σε μF σε περίπτωση ατομική αντιστάθμιση και n ο αριθμός λαμπτήρων. Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης ισχύος των πυκνωτών που πρέπει να εγκαταστήσουμε σε κάθε υποπίνακα είναι απαραίτητα η χρήση καταγραφικών μέσων σε κάθε τμήμα της εγκατάστασης για την 24η λήψη στοιχείων, που οι λογαριασμοί της ΔΕΗ αδυνατούν να παρουσιάσουν.

4.7.3 Κεντρική Αντιστάθμιση

Η κεντρική αντιστάθμιση πραγματοποιείται με αυτόματο σύστημα παράλληλων πυκνωτών, μέσω του οποίου επιτυγχάνεται:

1. **Ζεύξη** ανάλογου αριθμού πυκνωτών
2. **Απόζευξη** σε περίπτωση χωρητική συμπεριφοράς του καταναλωτή κατά την αντιστάθμιση.

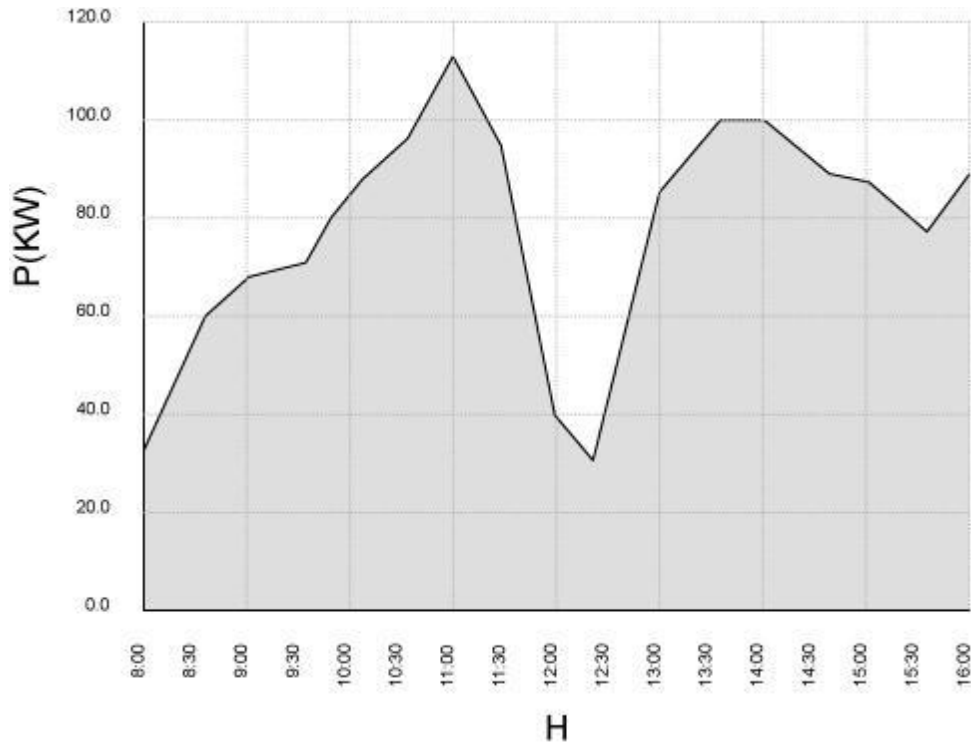
Η ζεύξη και η απόζευξη πυκνωτών ανάλογα με την εκάστοτε απαιτούμενη αντιστάθμιση, γίνεται :

1. Με ένα μικρό κινητήρα . Ανάλογα με την προπορεία ή καθυστέρηση του ρεύματος ως προς την τάση, στρέφεται ο κινητήρας δεξιά ή αριστερά (αλλάζει διέγερση).
2. Με ηλεκτρονικά συστήματα, τα οποία όμως μειονεκτούν έναντι της προηγούμενης μεθόδου, ως προς την ευαισθησία που διαθέτει

ο κινητήρας. Προκειμένου να υπολογιστεί η απαιτούμενη χωρητική ισχύς μια εγκατάστασης είναι απαραίτητα στοιχεία σχετικά με την μεταβολή των φορτίων ανά ώρα (ενεργός και άεργος ισχύς) και του cosφ (στιγμιαίες και μέσες τιμές) για τη διάρκεια της ημερήσιας λειτουργίας της εγκατάστασης, όπου σημειώνεται και η Μέγιστη Ζήτηση. Τα δεδομένα αυτά είναι επαρκή για την μελέτη και τον προσδιορισμό της απαιτούμενης χωρητικής ισχύος. Υπάρχουν ειδικά καταγραφικά όργανα προκειμένου να ελεγχτούν με ακρίβεια τα παραπάνω σε ώρες αιχμής, οι αναλυτές δικτύου. Τοποθετούνται στην είσοδο των Ζυγών Χαμηλής Τάσης του υποσταθμού και μέσω μετασχηματιστών εντάσεως κατάλληλης σχέσης παρακολουθούν την ροή της ενέργειας που εισέρχονται σε αυτούς. Μετρούν και καταγράφουν σε τακτά χρονικά διαστήματα :

- Τις στιγμιαίες τιμές του cosφ σε κάθε μια από τις 3 φάσεις και το μέσο cosφ της εγκατάστασης.
- Τις στιγμιαίες και μέσες τιμές της ενεργού ισχύος.
- Τις στιγμιαίες και μέσες τιμές της άεργου ισχύος.
- Τις στιγμιαίες τιμές της άεργου ισχύος που απαιτείται για τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος σε προκαθορισμένη τιμή.

Όμως, τα όργανα αυτά συχνά δεν είναι διαθέσιμα. Τότε, τα στοιχεία λαμβάνονται από τους διαθέσιμους λογαριασμούς της ΔΕΗ. Σε αυτή την περίπτωση απαιτείται να διατίθενται μια σειρά λογαριασμών της ΔΕΗ για ένα ευρύ χρονικό διάστημα λειτουργίας, για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Σε θεωρητικό επίπεδο επίλυσης του προβλήματος χρησιμοποιώντας τους λογαριασμούς της ΔΕΗ, προκύπτει το πρόβλημα υπολογισμού της ισχύος. Η ημερήσια καμπύλη φορτίου, όπου καταγράφονται οι μεταβολές της απορροφημένης ισχύος σε συνάρτηση των ωρών λειτουργίας της εγκατάστασης είναι απαραίτητη για την έρευνα της απαιτούμενης της ισχύος. Με βάση τις ημερήσιες καμπύλες φορτίου ενός μηνός κατασκευάζεται η μηνιαία καμπύλη διάρκειας φορτίου της εγκατάστασης, δηλαδή καταγράφεται η διάρκεια σε ώρες κάθε φορτίου για το χρονικό διάστημα των συνολικών ωρών λειτουργίας της εγκατάστασης

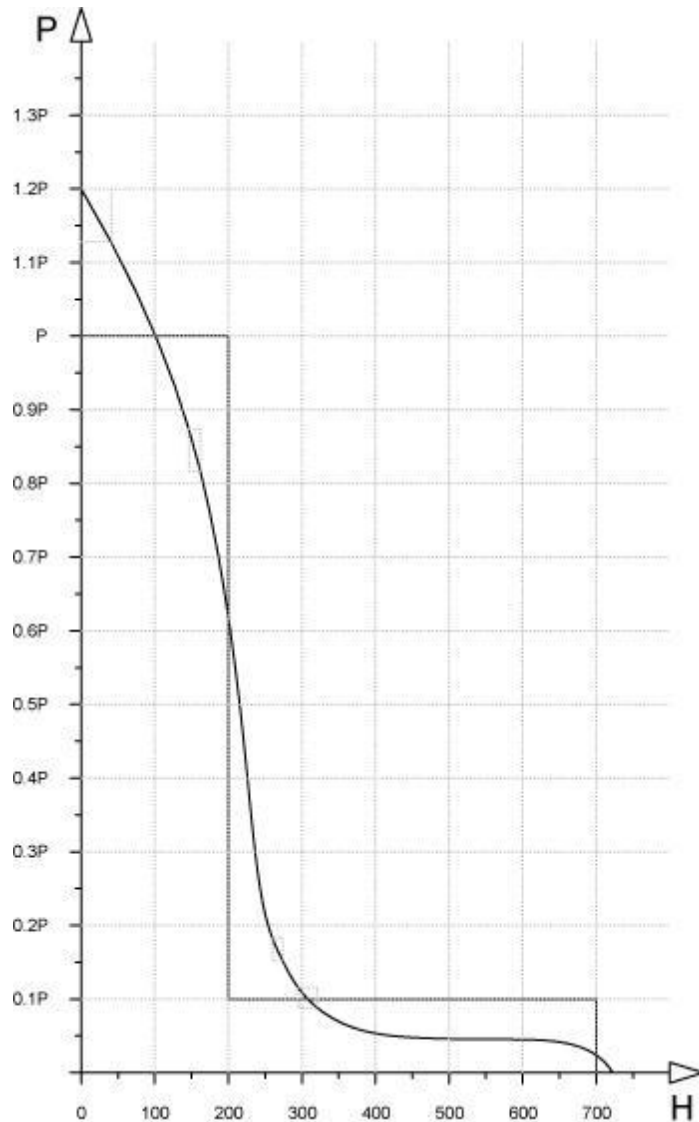


Εικόνα 37: Ημερήσια καμπύλη φορτίου μιας βιομηχανικής εγκατάστασης με 24ωρη λειτουργία

Από το εμβαδόν της μηνιαίας καμπύλης διάρκειας φορτίου προκύπτει η καταναλωθείσα από την εγκατάσταση ενέργεια ($W = \sum P_i H_j$).

Από τον συνδυασμό δεδομένων από τους λογαριασμούς της ΔΕΗ και στατιστικών στοιχείων μιας μέσης βιομηχανικής εγκατάστασης που πραγματοποιεί 24ωρη καθημερινή εργασία, μπορεί να προκύψει η καμπύλη διάρκειας φορτίων που αναφέρεται στις ώρες ενός μηνός.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 38, η καμπύλη αυτή μπορεί να υποδιαιρεθεί σε δύο τμήματα, σε ένα με πολύ υψηλή φόρτιση και σε ένα με πολύ χαμηλότερη φόρτιση.



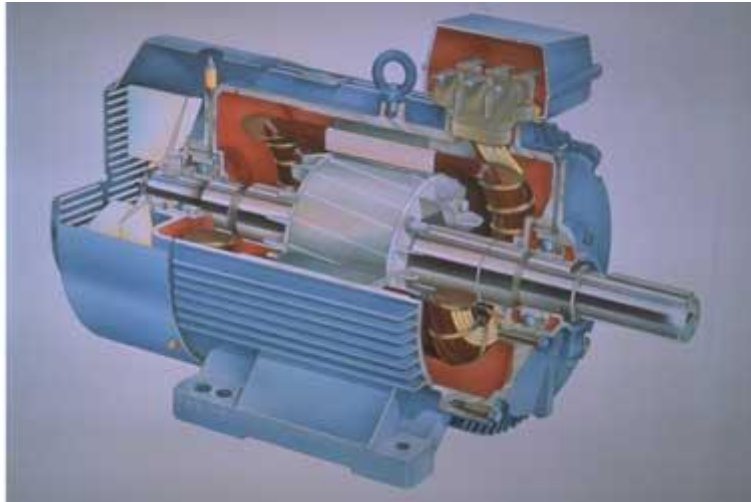
Εικόνα 38:Μηνιαία καμπύλη διάρκειας φορτίων βιομηχανικού καταναλωτή με μια βάρδια λειτουργίας

Τότε θεωρούμε ότι για το πρώτο τμήμα με την υψηλή φόρτιση (200 πρώτες ώρες) η ισχύς παραμένει σταθερή και έχει τιμή P , ενώ για τις υπόλοιπες ώρες του μήνα η ισχύς είναι επίσης σταθερή αλλά ίση με το 10% της ισχύος P .

Η ενέργεια λοιπόν που καταναλώνεται σε 700 ώρες για παράδειγμα είναι $W = P \cdot 200 + 0,1 \cdot P \cdot 500 = P250 \text{ kWh}$

4.7.4 Τοπική διόρθωση συντελεστή ισχύος σε κινητήρα

Η διόρθωση του συντελεστή ισχύος ενός τριφασικού, όχι μονοφασικού, καταναλωτή, όπως οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις μπορεί να γίνει και με την χρήση ενός Σύγχρονου Κινητήρα.



Εικόνα 39: Σύγχρονος κινητήρας

Ο σύγχρονος κινητήρας πέρα από τη χρήση του για την ικανοποίηση ενός μηχανικού φορτίου σε μια βιομηχανική εγκατάσταση, μπορεί όταν λειτουργεί σε υπερδιέγερση να παράγει και άεργο ισχύ, βελτιώνοντας έτσι το συντελεστή ισχύος της εγκατάστασης. Πολλές φορές μάλιστα ένας σύγχρονος κινητήρας λειτουργεί χωρίς κανένα απολύτως μηχανικό φορτίο στον άξονά του, έχοντας ως μοναδικό σκοπό τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος μιας εγκατάστασης.

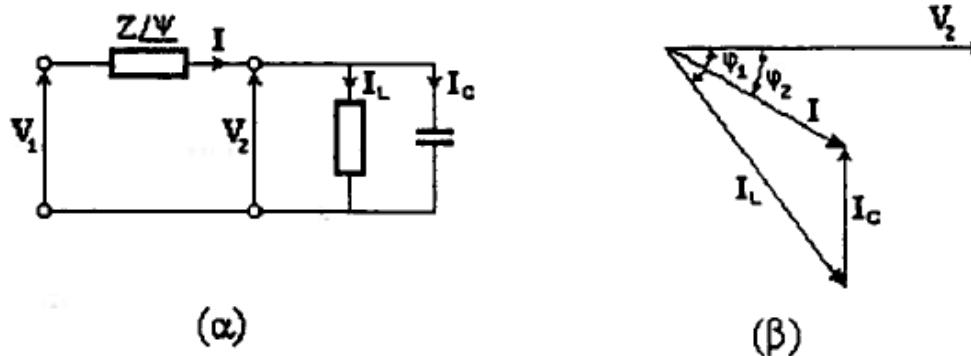
Αρκετοί σύγχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται ήδη αποκλειστικά για την διόρθωση του συνημιτόνου, και ονομάζονται σύγχρονοι πυκνωτές ή σύγχρονες χωρητικότητες.

Σήμερα, βέβαια, οι στατικοί πυκνωτές έχουν εκτοπίσει τις σύγχρονες χωρητικότητες (σύγχρονους κινητήρες) και μόνο σε παλιά βιομηχανικά δίκτυα οι σύγχρονοι πυκνωτές συνεχίζουν να λειτουργούν. Ο υπολογισμός της άεργης ισχύος, που θα παράγει ο σύγχρονος κινητήρας, εξαρτάται από το ποσοστό της άεργης ισχύος της εγκατάστασης προς αντιστάθμιση για την βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

4.8 Τρόποι Αντιστάθμισης

4.8.1 Στατικοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος

Οι στατικοί εγκάρσιοι πυκνωτές συνδέονται παράλληλα με το φορτίο (είτε κατά αστέρα ή κατά τρίγωνο σε τριφασικά φορτία), όπως φαίνεται στην εικόνα 40.(α) με αποτέλεσμα το διανυσματικό διάγραμμα της εικόνας 40(β). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ύψωση της τάσης εξόδου περίπου στην τιμή της τάσης εισόδου. Χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα με επαγωγικό συντελεστή ισχύος, ενώ για κυκλώματα με χωρητικό συντελεστή ισχύος χρησιμοποιούνται πηνία. Πηνία επίσης χρησιμοποιούνται για να αντισταθμίσουν την ύψωση της τάσης στο άκρο άφιξης μιας γραμμής μεγάλου μήκους που οφείλεται στη μεγάλη χωρητική αντίδραση που αυτή παρουσιάζει.

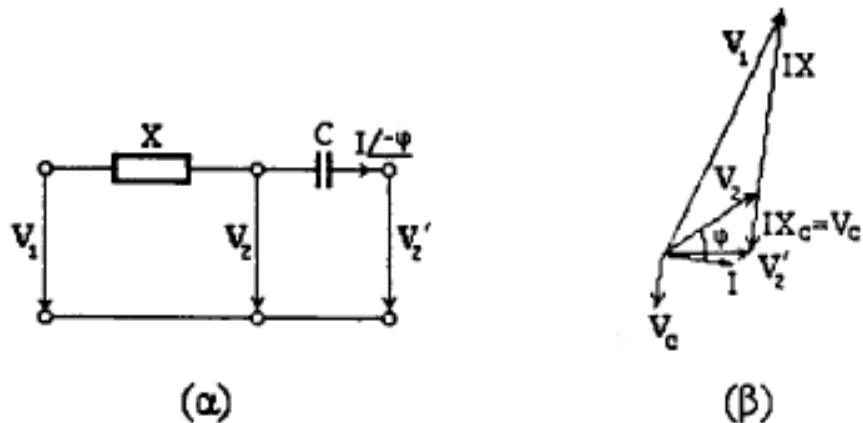


Εικόνα 40: Εγκάρσιοι πυκνωτές αντιστάθμισης

Οι πυκνωτές συνδέονται είτε απευθείας στο ζυγό ή στο “τριτεύον” (tertiary) τύλιγμα ενός μετασχηματιστή και κατανέμονται κατά μήκος του κυκλώματος για την ελαχιστοποίηση των απωλειών και των πτώσεων τάσης. Έχουν το πρόβλημα, όμως, ότι όταν πέφτει η τάση (σε περίπτωση μεγάλης φόρτισης του ηλεκτρικού συστήματος) η άεργος ισχύς που παράγεται από έναν εγκάρσιο πυκνωτή πέφτει, με αποτέλεσμα πτώση της απόδοσής του. Επίσης για ελαφρά φόρτιση του συστήματος, οπότε η τάση είναι υψηλή, η έξοδος του πυκνωτή είναι μεγάλη και η τάση τείνει να ανεβαίνει πολύ ψηλά.

Οι στατικοί πυκνωτές σειράς συνδέονται σε σειρά με τους αγωγούς της γραμμής και χρησιμοποιούνται για την μείωση της επαγωγικής αντίδρασης μεταξύ του σημείου τροφοδοσίας και του φορτίου. Ένα μεγάλο μειονέκτημα είναι η υψηλή υπέρταση που παράγεται, όταν ένα ρεύμα βραχυκύκλωσης ρέει μέσω του πυκνωτή και γι’ αυτό χρειάζονται ειδικές συσκευές προστασίας.

Στην εικόνα 41(α) φαίνεται το κύκλωμα και στην εικόνα 41(β) το διανυσματικό διάγραμμα για ένα πυκνωτή συνδεδεμένο σε σειρά με την γραμμή. Αν η ολική αντίδραση της γραμμής είναι μεγάλη, οι πυκνωτές σειράς είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί και η ευστάθεια βελτιώνεται.



Εικόνα 41: Πυκνωτές σε σειρά με τη γραμμή

4.8.2 Σύγχρονοι αντισταθμιστές άεργου ισχύος

Οι σύγχρονοι αντισταθμιστές είναι σύγχρονοι κινητήρες, που λειτουργούν χωρίς μηχανικό φορτίο και ανάλογα με την τιμή της διέγερσης μπορούν να απορροφήσουν ή να παράγουν άεργο ισχύ. Όταν είναι εφοδιασμένος μ' ένα ρυθμιστή τάσης, ο σύγχρονος αντισταθμιστής μπορεί αυτόματα να κινείται υπερδιεγερμένος, όταν το φορτίο είναι μεγάλο, παρέχοντας στο δίκτυο άεργο ισχύ και υποδιεγερμένος, όταν το φορτίο είναι μικρό, απορροφώντας από το δίκτυο άεργο ισχύ. Ένα μεγάλο πλεονέκτημά του είναι η προσαρμογή της λειτουργίας του ανάλογα με το τροφοδοτούμενο φορτίο. Εν γένει το κόστος και η συντήρηση της εγκατάστασης είναι μεγάλα, αλλά οι σύγχρονοι αντισταθμιστές είναι απαραίτητοι σε ορισμένες εφαρμογές, ιδιαίτερα όταν απαιτείται προσθήκη αδράνειας για τον έλεγχο μεταβολή της συχνότητας.

4.9 Κατηγορίες φορτίων που συμβάλλουν στην αυξημένη κατανάλωση έργου ισχύος

4.9.1 Μη γραμμικά φορτία –Εισαγωγή αρμονικών

Το πρόβλημα των αρμονικών

Τα προηγούμενα χρόνια, τα περισσότερα φορτία ήταν **γραμμικά** (επαγωγικοί κινητήρες, αντιστάσεις θέρμανσης, λάμπες πυρακτώσεως) δηλαδή η κυματομορφή της τάσης ήταν ίδια με αυτή του ρεύματος. Σήμερα, όμως, χρησιμοποιούνται ευρέως φορτία **μη γραμμικά** (εικόνα 2), τα οποία όταν συνδέονται με μία πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής άγουν ρεύμα μη ημιτονοειδούς μορφής.

Το φαινόμενο αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μόλυνση του δικτύου με αρμονικές και ειδικότερα με συνιστώσες του ρεύματος σε συχνότητες πολλαπλάσιες των 50 Hz (2ης,3ης,4ης, 5ης, ...μέχρι την 49ης τάξης) και συχνότητας αντίστοιχα (100Hz, 150Hz, 200Hz μέχρι 2550Hz) οι οποίες διαρρέουν τα καλώδια τροφοδοσίας των φορτίων και πλήττουν ολόκληρη την ηλεκτρική εγκατάσταση. Τα προβλήματα τα δημιουργούν συνήθως οι 3^η,5^η και 7^η αρμονική. Οι αρμονικές δημιουργούνται από:

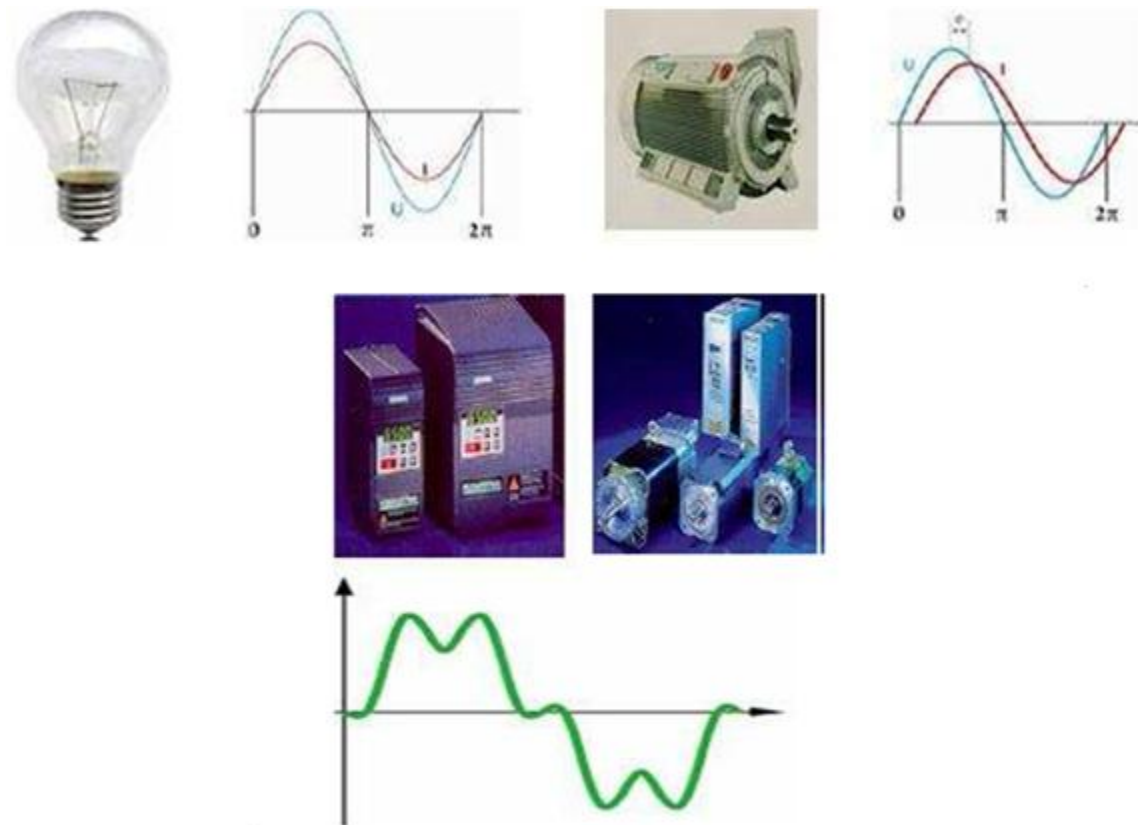
- 1) τους ρυθμιστές στροφών κινητήρων,
- 2) τις ηλεκτροσυγκολλήσεις,
- 3) τα UPS,
- 4) τα ηλεκτρονικά ballast,
- 5) τους λαμπτήρες εκκένωσης,
- 6) τα τροφοδοτικά των υπολογιστών,
- 7) τους επαγωγικούς φούρνους κ.λπ. Εάν έχουμε π.χ ένα πλυντήριο στο οποίο παρόλο που του δίνουμε ημιτονοειδές ρεύμα, αυτό τραβάει μη ημιτονοειδές.

Υπάρχουν οι χαρακτηρισμοί:

- Περιττές αρμονικές (5η, 7η, ...)
- Άρτιες αρμονικές (2η, 4η, ...)

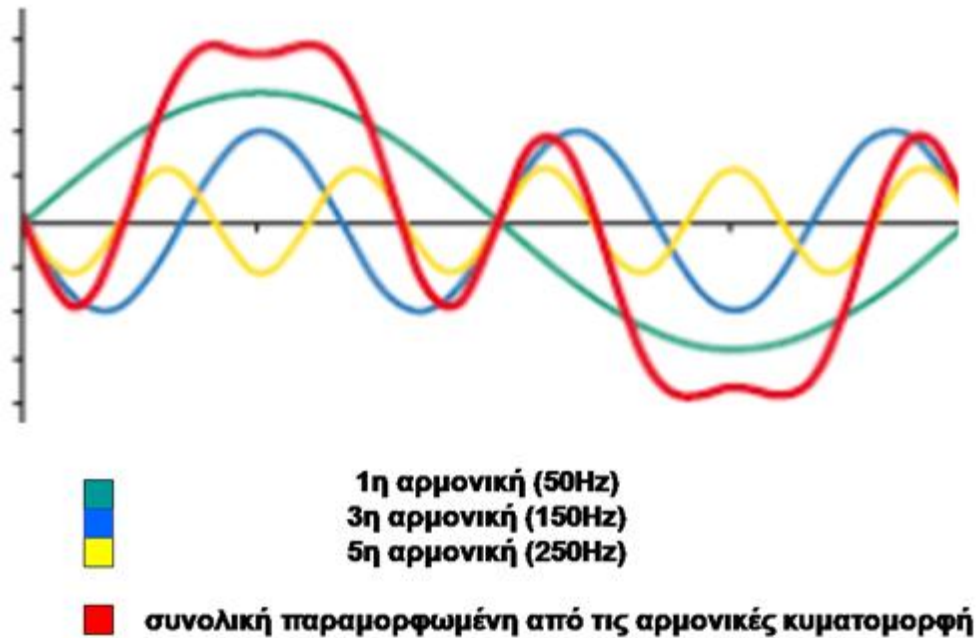
- Τριπλές αρμονικές (3η, 9η, 15η, ...)

Όλα τα μη γραμμικά φορτία δεν παράγουν το ίδιο εύρος αρμονικών. Οι συνηθέστερες αρμονικές είναι περιττής τάξης (3ης, 5ης, 7ης, κλπ).

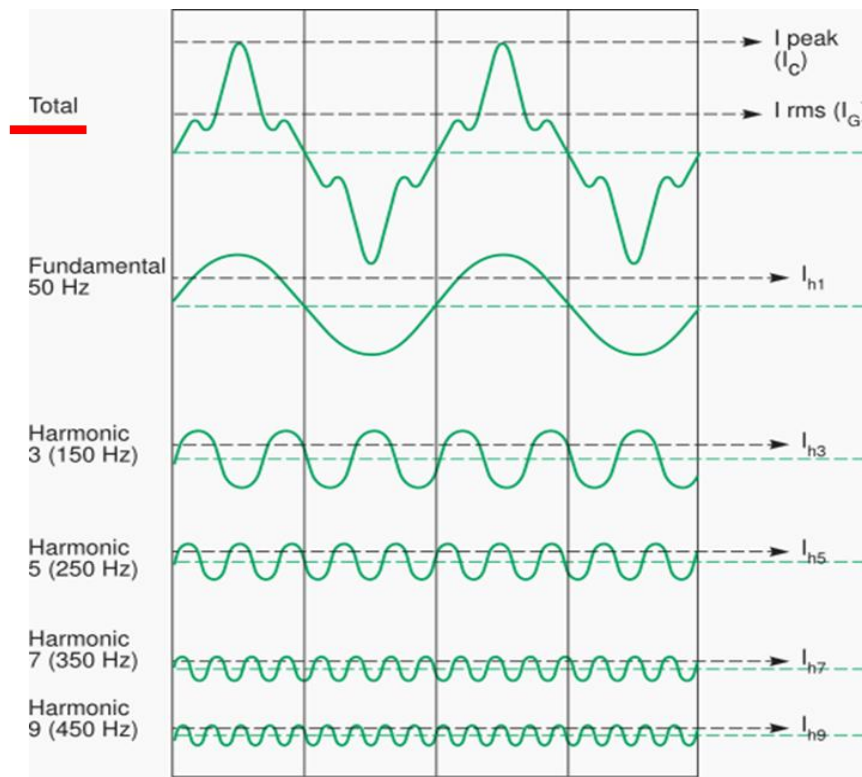


Εικόνα 42: Γραμμικά φορτία και μη γραμμικά φορτία που προκαλούν αρμονικές

Με την εμφάνιση των αρμονικών το ρεύμα των φάσεων δεν είναι ημιτονοειδούς μορφής αλλά απραμορφωμένο. Τα μη γραμμικά φορτία λειτουργούν σαν πηγές ρεύματος οι οποίες εκτός της βασικής αρμονικής (50Hz), παράγουν και ανώτερες αρμονικές, δηλαδή την 2^η (100Hz), την 3^η (150Hz), την 4^η (200Hz), κ.ο.κ., οι οποίες παραμορφώνουν την ομαλή 1^η αρμονική



Εικόνα 43 : Παραμόρφωση κυματομορφής λόγω αρμονικών



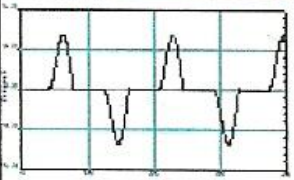
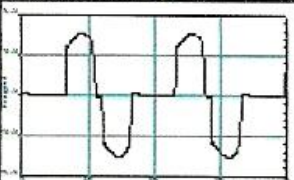
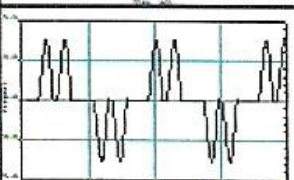
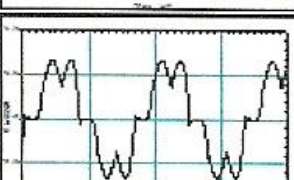
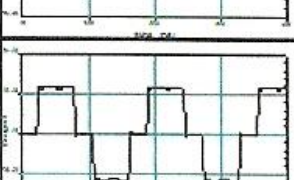
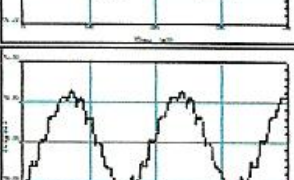
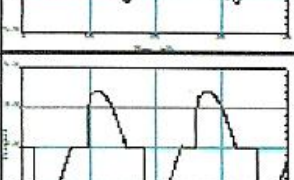
Εικόνα 44: Ανάλυση σήματος σε αρμονικές συνιστώσες

Άρα οι αρμονικές είναι ημιτονοειδής συνιστώσες του εναλλασσομένου ρεύματος διαφορετικής συχνότητας οι οποίες παραμορφώνουν την καθαρή ημιτονοειδή κυματομορφή του. Το τμήμα του εξοπλισμού που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια απ' ευθείας σε θερμότητα αξιοποιεί την ενέργεια των αρμονικών και έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα.

Το πιο ευαίσθητο τμήμα του εξοπλισμού είναι αυτό που σχεδιάστηκε έτσι ώστε να δέχεται μια τέλεια ημιτονοειδή είσοδο (εφαρμογές τηλεπικοινωνιών και επεξεργασίας δεδομένων).

Οι κινητήρες βρίσκονται σε μια κατηγορία που βρίσκεται σε ένα ενδιάμεσο επίπεδο καθώς επηρεάζονται αρκετά από το αρμονικό περιεχόμενο. Ακόμα όμως και στις περιπτώσεις φορτίων που επηρεάζονται λιγότερο από τις ανώτερες αρμονικές, αυτές μπορούν να αποβούν επιβλαβείς. Για παράδειγμα σε ένα ωμικό φορτίο μπορούν να προκαλέσουν θέρμανση του διηλεκτρικού ή αύξηση της τιμής της τάσης με αποτέλεσμα να επέλθει γήρανση στη μόνωση.

Πίνακας 1: Αρμονικό περιεχόμενο ηλεκτρικών φορτίων

Τύπος φορτίου	Τυπική κυματομορφή	Παραμόρφωση ρεύματος, THD _i
Μονοφασικό τροφοδοτικό		80% (υψηλή 3 ^η αρμονική)
Ημιανορθωτής		Υψηλή 2 ^η , 3 ^η , 4 ^η σε μερικό φορτίο
Ανορθωτής 6 παλμών, με χωρητική εξομάλυνση, χωρίς πηνίο σειράς		80%
Ανορθωτής 6 παλμών, με χωρητική εξομάλυνση, με πηνίο σειράς > 3%, ή τροφοδοσία dc κινητήρα		40%
Ανορθωτής 6 παλμών, με μεγάλο πηνίο για εξομάλυνση ρεύματος		28%
Ανορθωτής 12 παλμών		15%
Ρυθμιστής ac τάσης		Ανάλογα με την γωνία έναυσης
Λαμπτήρες φθορισμού		17%

Ο παραπάνω πίνακας που παρουσιάζει την κυματομορφή και την αρμονική, για διάφορα είδη φορτίων

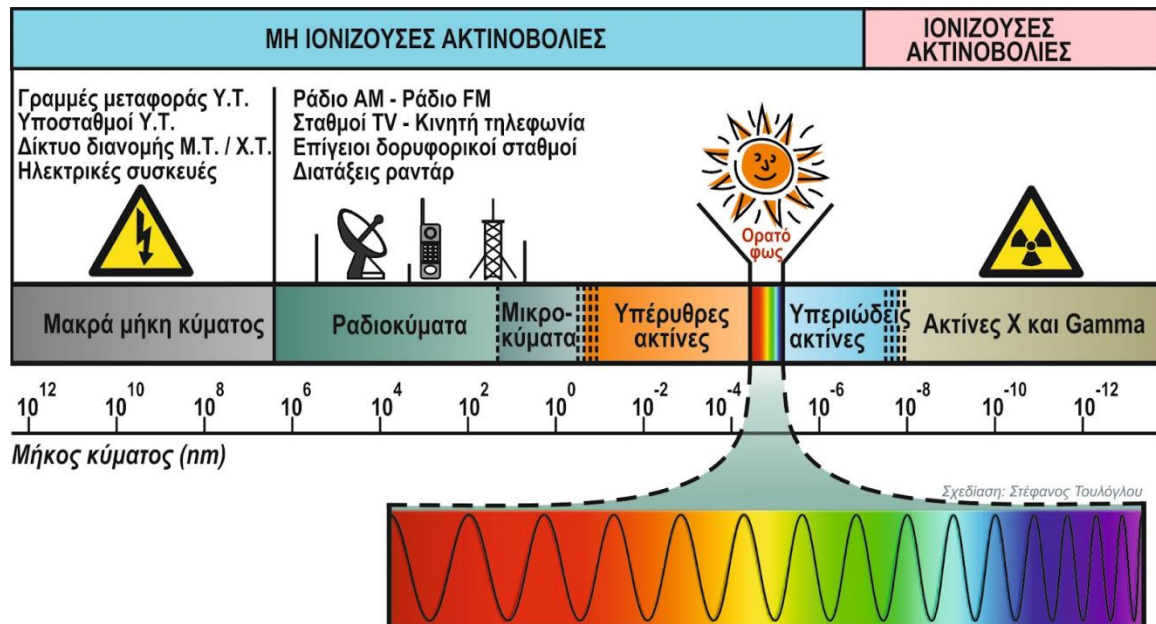
Τέλος, τα **προβλήματα** που δημιουργούνται από τις αρμονικές στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι: η μείωση του συνφ, οι αυξημένες απώλειες στα καλώδια ο συντονισμός, η καταστροφή πυκνωτών και μετασχηματιστών φρενάρισμα των κινητήρων και αύξηση απωλειών σε κινητήρες, οι παρεμβολές σε κυκλώματα ελέγχου και τηλεπικοινωνιών... Καταπόνηση του ουδέτερου αγωγού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

5.1 Χαρακτηριστικά του φωτός

Φως αποκαλούμε το εύρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αποτελείται από φωτόνια κινούμενα σε κυματομορφή και γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι σε μήκη κύματος 380-760 nm. Κάθε διαδοχική περιοχή μήκους κύματος αντιπροσωπεύει διαφορετικό χρώμα.



Εικόνα 45 : Το φάσμα του φωτός

5.1.1 Μονάδες μέτρησης του φωτός

Μερικές χρήσιμες μονάδες μέτρησης του φωτός είναι οι παρακάτω

- **Φωτεινή Ροή** (Luminous Flux): Η συνολική παραγωγή φωτός μιας φωτεινής πηγής (λαμπτήρα) σε όλο το οπτικό φάσμα (Lumen ή lm). Η **Ειδική Φωτεινή Ροή** αφορά την παραγόμενη φωτιστική ροή ανά μονάδα καταναλισκόμενης ισχύος (lm/w).

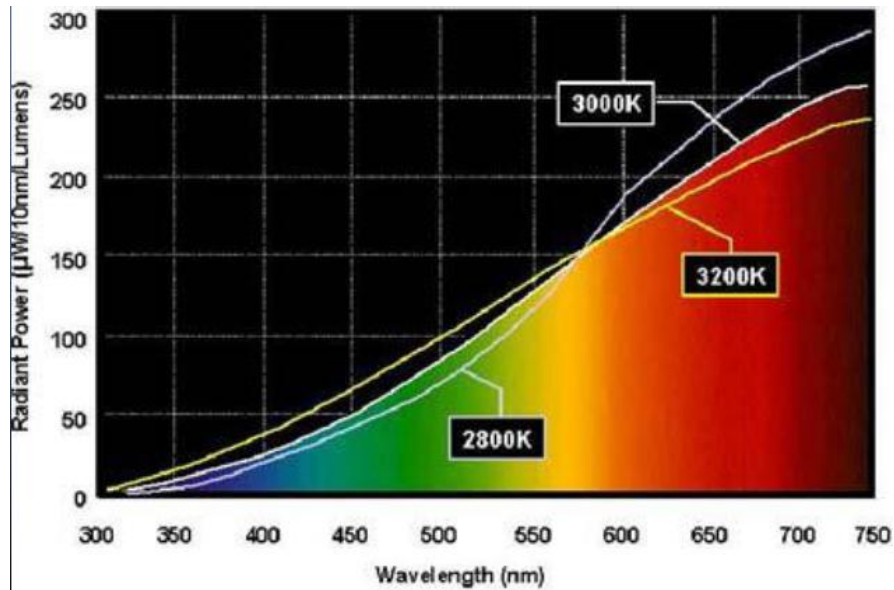
- **Φωτεινή Ένταση (Luminous Intensity)** μιας φωτεινής πηγής, σε συνάρτηση με τη γωνία θέασης αυτής της πηγής κατά τον εγκάρσιο και διαμήκη άξονά της (Candela, cd)
- **Illuminance (E)** είναι το πηλίκο της Φωτεινής Ροής προς την μονάδα επιφανείας στην οποία προσπίπτει το φως, σε ένα ορισμένο σημείο (δηλαδή, $1 \text{ Lux} = 1 \text{ lm/m}^2$). Κατά περίπτωση εξετάζεται ο φωτισμός καθέτων, οριζοντίων και κυλινδρικών επιφανειών.
- **Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (Color Rendering Index)** είναι η πιστότητα που αποδίδεται στο χρώμα μιας επιφάνειας που φωτίζεται από κάποια φωτεινή πηγή (0-1 ή 0-100%) και εξαρτάται από την ομαλότερη κατανομή του φάσματος της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας της πηγής.

5.2 Χαρακτηριστικά των λαμπτήρων

- Απορροφούμενη Ισχύς (Watts)
- Φωτεινή Ροή (Lumen)
- Ειδική Φωτεινή ροή ανά μονάδα ισχύος (lm/W)
- Δείκτης Χρωματικής Απόδοσης (CRI-Color Rendering Index) 0-100%
- Απόχρωση του λευκού ($^{\circ}\text{K}$)
- Μέσος Χρόνος ζωής MTBF (hrs)

5.2.1 Λαμπτήρες πυράκτωσης

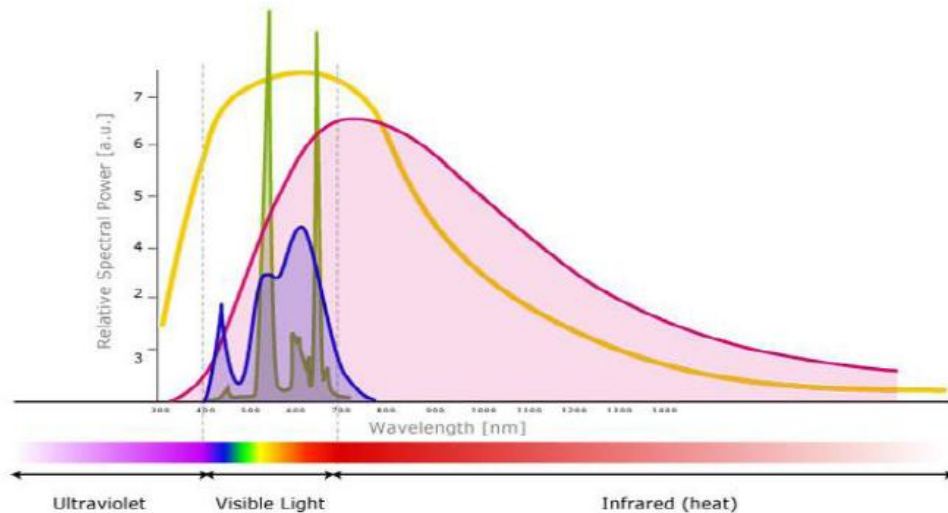
- Απλοί και αλογόνου. Μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια απευθείας σε θερμική, πυρακτώνοντας ένα νημάτιο βολφραμίου (10-2000W) που έχει πολύ υψηλό σημείο τήξης.
- Μικρή Ειδική Φωτεινή Ροή (~15 lm/W)
- Βραχύς χρόνος ζωής (~2000 hrs MTBF)
- Εξαιρετική χρωματική απόδοση (CRI~ 100%) εκπέμπουν στο σύνολο του οπτικού φάσματος
- Δυνατότητα αυξομείωσης φωτεινής ροής (dimming)
- Άμεση έναυση και επίτευξη τελικής φωτεινής ροής
- Λευκό χρώμα στους 2700-3200 $^{\circ}\text{K}$



Εικόνα 46: Κατανομή φάσματος ακτινοβολίας λαμπτήρων πυράκτωσης

5.2.2 Λαμπτήρες φθορισμού

- Η ροή ηλεκτρονίων μέσα σε ένα σωλήνα με ατμούς υδραργύρου, διεγείρει μια φωσφορούχο επιφάνεια που παράγει φως (4-60W).
- Απαιτείται διάταξη εναύσεως (ballast) μαγνητική ή ηλεκτρονική.
- Υψηλή ειδική φωτεινή ροή (80-90 lm/W)
- Πολύ καλή χρωματική απόδοση(CRI~80-90%)
- Δυνατότητα αυξομείωσης, με ηλεκτρονικό ballast
- Ικανοποιητικός χρόνος ζωής (8000-15000 hrs), ευαίσθητοι στις επαναλαμβανόμενες αφές/σβέσεις
- Απόχρωση λευκού 2700-6500°K
- Διάχυτος, μη σημειακός φωτισμός (αδυναμία δημιουργίας συγκεκριμένων δεσμών)



Εικόνα 47: Σύγκριση εκπεμπόμενων συχνοτήτων από διαφορετικού τύπου λαμπτήρες και ηλιακού φωτός

5.2.3 Λαμπτήρες HID

- Υδραργύρου (80-1000W)
- Νατρίου (70-1000W)
- Μεταλλικών αλογονιδίων (20-2000W)
- Απαιτούν διάταξη έναυσης υψηλής τάσεως
- Εάν σβήσουν, χρειάζονται ~10' για επανέναυση
- Αναπτύσσουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες
- Χρόνος ζωής ~10.000 hrs

5.2.4 Λαμπτήρες Υδραργύρου

- Χαμηλή χρωματική απόδοση (CRI~ 47-58%)
- Θερμοκρασίες λευκού 3400-5000°K
- Μέτρια ειδική φωτεινή ροή (45-50lm/W)
- Χρήση σε οδοφωτισμό και βιομηχανία
- Σχετικά χαμηλό κόστος
- Χρόνος ζωής ~16.000 hrs

5.2.5 Λαμπτήρες Νατρίου

- Χαμηλής και υψηλής πίεσης ατμών Νατρίου
- Πολύ υψηλή ειδική φωτεινή ροή (90-150 lm/W)
- Χαμηλή χρωματική απόδοση (CRI~ 10-60%) με κάποιους λαμπτήρες να έχουν μονοχρωματική πορτοκαλί ακτινοβολία.
- Χρήση σε οδοφωτισμό, βιομηχανία και αστικές περιοχές
- Ο τύπος SDW-T (λευκού νατρίου) είναι ο μόνος που χρησιμοποιείται σε εμπορικές εφαρμογές
- Χρόνος ζωής ~ 15.000 hrs

5.2.6 Λαμπτήρες Μεταλλικών Αλογονιδίων

- Πολύ καλή χρωματική απόδοση (CRI~80-90%)
- Για αρχιτεκτονικό, αστικό και εμπορικό φωτισμό χρησιμοποιούνται οι τύποι CDM με κεραμικό καυστήρα (3000-4200°K)
- Για αθλητικό φωτισμό και ειδικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται οι τύποι MHN (5000-6500°K)
- Πολύ υψηλή ειδική φωτεινή ροή (90-120 lm/W)
- Χρόνος Ζωής ~10.000 hrs
- Υψηλό κόστος λαμπτήρα (150W = 50€)

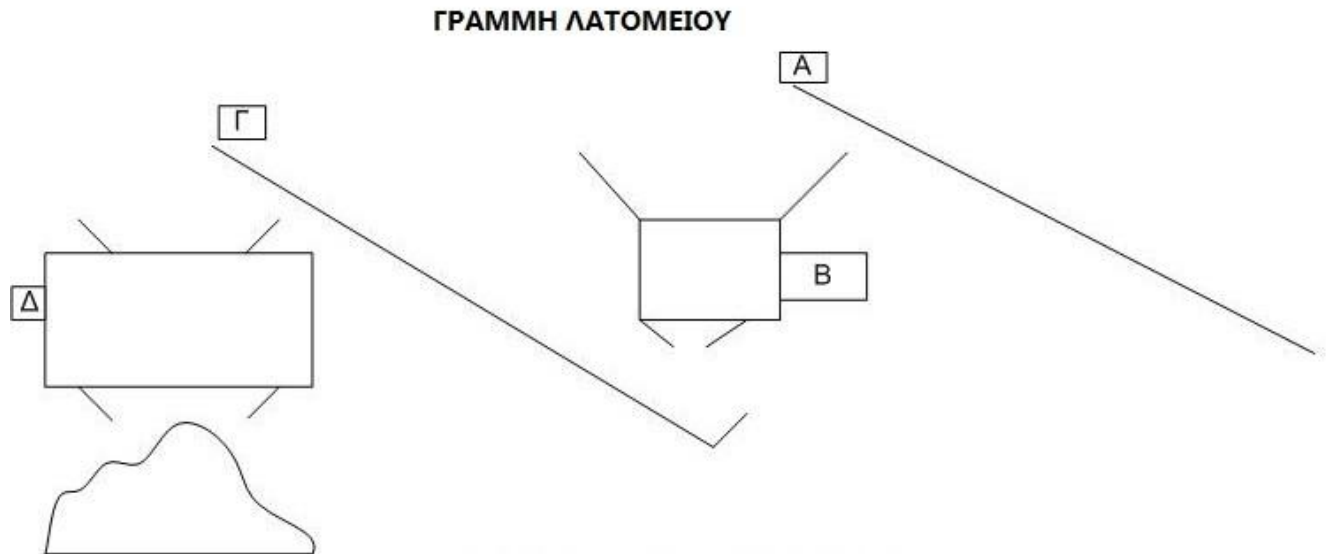
5.2.7 Λαμπτήρες LED

- Πολύ καλή χρωματική απόδοση (CRI~70-90%)
- Απαιτούν τροφοδοτικό λειτουργίας (12 VDC)
- Χρήση σε όλες σχεδόν τις εφαρμογές με πολύ μικρό δείκτη αποχρωματισμού
- Υψηλό σχετικά κόστος που συνεχώς μειώνεται
- Πολύ μεγάλος χρόνος ζωής (50.000-100.000 hrs) που μειώνεται εάν δεν απορρίπτεται η θερμότητα
- Μεγάλη ποικιλία χρωμάτων εκπομπής, με δυνατότητα συνδυασμών RGB με κατάλληλες διατάξεις dimming
- Εξαιρετική ειδική φωτεινή ροή (90-200 lm/W)
- Τείνουν να αντικαταστήσουν σχεδόν όλες τις μορφές λαμπτήρων στο μέλλον

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Η ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Η γραμμή του λατομείου φαίνεται στην επόμενη εικόνα



Εικόνα 48: Α. Μοτέρ Ταινίας Εισόδου, 15kW

Β. Μοτέρ Σπαστήρα, 250kW

Γ. Μοτέρ Ταινίας εξόδου, 1kW

Δ. Μοτέρ Κοσκίνας, 22kW

Η επιλογή των διατομών και των διακοπών θα γίνει με βάση τους παρακάτω τρεις πίνακες

Πίνακας 2: Συντελεστές υπογείων καλωδίων

Ambient Temperature °C:	15	20	25	30	35	40	45	50
Correction factor	1,14	1,09	1,04	1,0	0,96	0,91	0,87	0,82

Ground Temperature °C:	15	20	25	30	35	40
Correction factor	1,09	1,0	0,97	0,93	0,89	0,85

Soil thermal resistivity Km/W	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Correction factor	1,05	1,0	0,93	0,84	0,75	0,67	0,62

Depth of burial m:	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
Correction factor	1,0	0,97	0,95	0,94	0,92	0,9	0,89

Πίνακας 3: Διατομές καλωδίων Χ.Τ

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Μονοαφικό	χαρτί-μάζα						PVC ³⁾						δίκτυωμένο PE					
Μεταλλικός μανδύας	μόλυβδος			αλουμίνιο			—						μόλυβδος			—		
κωδικός π.χ.	N(A) KBA	N(A)KA		N(A)KLEY			N(A)YY;N(A)YCWY ¹⁾ JIVV						NYKY			N(A)2XSY		
Κανονισμός καλωδίων	VDE 0255						VDE 0271 IEC 502						DIN57265 VDE0265			VDE 0273 IEC 502		
επιτρεπόμενη θερμοκρασία	80°C						70°C						90°C					
Διάταξη	4) ⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕	4) ⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕	2) ⊕	⊕	4) ⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕	⊕	4) ⊕⊕	2) ⊕	4) ⊕⊕	⊕⊕	⊕⊕⊕	
Όνομαστική διατομή χαλκού mm ²)	Φόρτιση σε Ampère																	
1,5	—	—	—	—	—	—	26	20	18,5	20	25	20	18,5	32	24	25	32	
2,5	—	—	—	—	—	—	35	27	25	27	34	27	25	43	32	34	42	
4	—	—	—	—	—	—	46	37	34	37	45	37	34	57	42	44	56	
6	—	—	—	—	—	—	58	48	43	48	57	48	43	72	53	57	71	
10	—	—	—	—	—	—	79	66	60	66	78	66	60	99	73	77	96	
16	—	—	—	—	—	—	105	89	80	89	103	89	80	131	96	102	128	
25	114	138	167	114	136	163	140	118	106	118	137	118	106	177	130	139	173	
35	140	168	203	139	166	199	174	145	131	145	169	145	131	218	160	170	212	
50	169	203	246	168	200	239	212	176	159	176	206	176	159	266	195	208	258	
70	212	255	310	213	251	299	269	224	202	224	261	224	202	338	247	265	328	
95	259	312	278	262	306	361	331	271	244	271	321	271	244	416	305	326	404	
120	299	364	439	304	354	412	386	314	282	314	374	314	282	487	355	381	471	
150	343	415	500	350	403	463	442	361	324	361	428	361	324	559	407	438	541	
185	397	479	575	402	462	522	511	412	371	412	494	412	371	648	469	507	626	
240	467	570	678	474	545	594	612	484	436	484	590	484	436	779	551	606	749	
300	533	654	772	542	619	657	707	—	481	549	678	—	492	902	638	697	864	
400	611	783	912	628	726	734	359	—	560	657	817	—	563	1270	746	816	1918	
500	—	893	1023	—	809	786	1000	—	—	749	940	—	—	1246	—	933	1173	
Όνομ. διατ. αλουμ. mm ²	Φόρτιση σε Ampère																	
25	89	—	—	88	—	—	128	91	83	—	—	—	—	1371	100	—	—	
35	108	130	157	107	128	154	145	113	102	113	131	—	—	68	122	131	163	
50	131	157	191	130	155	186	176	138	124	138	160	—	—	206	147	161	200	
70	165	198	240	166	195	234	224	174	158	174	202	—	—	262	1892	205	254	
95	201	243	294	203	238	284	271	210	190	210	249	—	—	323	32	253	313	
120	233	283	343	237	277	328	314	274	220	244	291	—	—	377	270	296	366	
150	267	323	390	272	316	370	361	281	252	281	33	—	—	433	308	341	420	
185	310	374	450	314	363	421	412	320	289	320	384	—	—	502	357	395	486	
240	366	447	535	372	432	489	484	378	339	378	460	—	—	605	435	475	585	
300	420	515	613	428	494	548	548	—	377	433	530	—	—	699	501	548	675	
400	488	623	733	503	589	627	666	—	444	523	642	—	—	830	592	647	798	
500	—	718	833	—	669	687	776	—	—	603	744	—	—	966	—	749	926	

Πίνακας 4: Τυποποιημένες τιμές αυτόματων διακοπών ισχύος

Τύπος ⁴⁾	Ονομαστικό ρεύμα διακόπτη προστασίας (A)	Περιοχή ρύθμισης θερμικού (A)	Ρεύμα διέγερσης ¹⁾ ηλεκτρομαγνητικού στοιχείου (A)	Μέγιστη ασφάλεια ²⁾ DIAZED (380V)	Μέγιστη ασφάλεια ³⁾ NH (380V)
1	0,16	0,1-0,16	1,28	x	x
	0,25	0,16-0,25	2,0	x	x
	0,4	0,25-0,4	3,6	x	x
	0,63	0,4-0,63	6,3	x	x
	1	0,63-1	10	x	x
	1,6	1-1,6	16	x	x
	2,5	1,6-2,5	25	x	x
	4	2,5-4	48	35	40
	6,3	4-6,3	75	35	40
	10	6,3-10	120	35	40
	16	10-16	192	35	40
	3,2	2-3,2	38	25	32
	5	3,2-5	60	35	40
8	5-8	96	35	40	
12,5	8-12,5	150	35	40	
3	1,6	1-1,6	19	x	x
	2,5	1,6-2,5	30	x	x
	4	2,5-4	48	x	x
	6,3	4-6,3	75	x	x
	10	6,3-10	120		
	16	10-16	192	80	100
42	25	16-25	300	80	125
	16	10-16	192	x	x
	25	16-25	300	x	x
	32	22-32	390	-	160
	40	28-40	480	-	160
	50	36-50	600	-	160
52	63	45-63	720	-	160
	40	32-40	600	-	315
	50	40-50	600	-	315
	63	50-63	760	-	315
	80	63-80	960	-	315
61, 62	100	80-100	1200	-	315
	100	80-100	1000	-	500
	125	100-125	1250	-	500
	160	125-150	1600	-	500
	200	160-200	2000	-	500
	250	200-250	2500	-	500
71, 72	250	200-250	2500	-	800
	315	250-315	3150	-	800
	400	315-400	4000	-	800
	500	400-500	5000	-	800
	630	500-630	6000	-	800

6.1 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑ, ΙΣΧΥΟΣ P=250kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΟΜΑΛΟ ΕΚΚΙΝΗΤΗ (Inverter), ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 50m

6.1.1 Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος

$$n = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \Rightarrow P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{n} = \frac{250kW}{0.9} \Rightarrow P_{IN} = 277.78kW$$

$$P_{IN} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P_{IN}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \Rightarrow$$

$$I = \frac{277.77 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.85} \Rightarrow I = 471,68A$$

Για να υπολογιστούν οι απαιτούμενες διατομές για τα καλώδια, πρέπει να υπολογιστεί το ρεύμα που τα διαρρέει, με βάση τους παρακάτω συντελεστές

- n_1 : Συντελεστής θερμοκρασίας εδάφους. Θεωρούμε 40°C
- n_2 : Συντελεστής ειδικής αντίστασης εδάφους. Θεωρούμε 1.5Km/W
- n_3 : Συντελεστής βάθους τοποθέτησης στο έδαφος. Θεωρούμε 1m
- n_4 : Συντελεστής τοποθέτησης καλωδίου σε σωλήνα, $n_4=0.85$
- n_5 : Συντελεστής συνεχούς λειτουργίας, όπως προκύπτει από τη σημείωση του κατασκευαστή, $n_5=0.93$

Οι συντελεστές n_1, n_2, n_3 λαμβάνονται από τον πίνακα 1

Έτσι το τελικό ρεύμα είναι

$$I_o = \frac{I}{n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5} \Rightarrow$$

$$I_o = \frac{471.68}{0.95 \cdot 0.84 \cdot 0.97 \cdot 0.85 \cdot 0.93} \Rightarrow I_o = 770.85A$$

6.1.2 Επιλογή διατομής

Με βάση το ρεύμα αυτό επιλέγουμε διατομή καλωδίου από τον πίνακα 3

Από τον πίνακα 3 προκύπτει ότι για πολυλοπολικά καλώδια δεν υπάρχει διατομή που να μπορούμε να επιλέξουμε. Το ρεύμα λοιπόν θα μοιραστεί δε δύο καλώδια, οπότε το ρεύμα κάθε καλωδίου θα είναι:

$$I_0 = \frac{770.85}{2} = 385.425A$$

Οπότε από τον πίνακα επιλέγουμε διατομή **q=185mm²**

6.1.3 Έλεγχος για πτώση τάσης

$$R_{20^{\circ}C} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 185} = 96,525 \cdot 10^{-6} \Omega$$

$$R_{κ,20^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} \cdot \ell = 96.525 \cdot 10^{-6} \cdot 50 = 4,82625 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{κ,70^{\circ}C} = R_{κ,20^{\circ}C} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 4,82625 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) \\ = 5.7915 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{κ,70^{\circ}C} \cdot \cos \varphi = 385.425 \cdot 5.7915 \cdot 10^{-3} \cdot 0.85 = 1.897V < 9.2 Volt$$

Στην Χ.Τ. η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι 4%, δηλαδή

$$\frac{4}{100} \cdot 230 = 9,2V$$

Άρα θα χρησιμοποιηθεί διατομή **185mm²**

6.1.4 Επιλογή ασφαλιστικών μέσων

Από πίνακα 4 προκύπτει

- **Θερμομαγνητικός Διακόπτης 400A**
- **Θερμικό: 385A**

6.2 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΚΟΣΚΙΝΑΣ, ΙΣΧΥΟΣ P=22kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΟΜΑΛΟ ΕΚΚΙΝΗΤΗ (Inverter), ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 85m

6.2.1 Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος

$$n = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \Rightarrow P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{n} = \frac{25kW}{0.88} \Rightarrow P_{IN} = 28.41kW$$

$$P_{IN} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P_{IN}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \Rightarrow$$

$$I = \frac{25 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.87} \Rightarrow I = 41.48A$$

Το τελικό ρεύμα υπολογίζεται με βάση τους συντελεστές όπως προέκυψαν στον προηγούμενο κινητήρα

$$I_o = \frac{I}{n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5} \Rightarrow$$

$$I_o = \frac{41.48}{0.95 \cdot 0.84 \cdot 0.97 \cdot 0.85 \cdot 0.93} \Rightarrow I_o = 67.8A$$

6.2.2 Επιλογή διατομής

Με βάση το ρεύμα αυτό επιλέγουμε διατομή καλωδίου από τον πίνακα 3. Οπότε από τον πίνακα επιλέγουμε διατομή $q=16mm^2$

6.2.3 Έλεγχος για πτώση τάσης

$$R_{20^\circ C} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 16} = 1.116 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{κ,20^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot \ell = 1.116 \cdot 10^{-3} \cdot 85 = 94.86 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{κ,70^\circ C} = R_{κ,20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 94.86 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) \\ = 0.113832 \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} \cdot \cos \varphi = 67.8 \cdot 0.113832 \cdot 0.87 = 6.7V < 9.2 \text{ Volt}$$

Στην Χ.Τ. η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι 4%, δηλαδή

$$\frac{4}{100} \cdot 230 = 9,2V$$

Άρα θα χρησιμοποιηθεί διατομή **16mm²**

6.2.4 Επιλογή ασφαλιστικών μέσων

Από πίνακα 4 προκύπτει

- **Θερμομαγνητικός Διακόπτης 80A**
- **Θερμικό: 68A**

6.3 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ, ΙΣΧΥΟΣ P=15kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ, ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 30m

6.3.1 Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος

$$n = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \Rightarrow P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{n} = \frac{15W}{0.85} \Rightarrow P_{IN} = 17.64kW$$

$$P_{IN} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P_{IN}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \Rightarrow$$

$$I = \frac{17.64 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.88} \Rightarrow I = 28.93A$$

Το τελικό ρεύμα υπολογίζεται με βάση τους συντελεστές όπως προέκυψαν στον προηγούμενο κινητήρα

$$I_o = \frac{I}{n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5} \Rightarrow$$

$$I_o = \frac{28.93}{0.95 \cdot 0.84 \cdot 0.97 \cdot 0.85 \cdot 0.93} \Rightarrow I_o = 47.28A$$

6.3.2 Επιλογή διατομής

Με βάση το ρεύμα αυτό επιλέγουμε διατομή καλωδίου από τον πίνακα 3. Οπότε από τον πίνακα επιλέγουμε διατομή **q=10mm²**

6.3.3 Έλεγχος για πτώση τάσης

Πριν το διακόπτη αστέρα-τριγώνου (θεωρούμε 10m και καλώδιο μέσα σε σωλήνα)

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 10} = 1.786 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,20^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot \ell = 1.786 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 17.86 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} = R_{\kappa,20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 17.86 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) \\ = 21.432 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} \cdot \cos \varphi = 47.28 \cdot 21.432 \cdot 10^{-3} \cdot 0.88 = 0.89V$$

Άρα θα χρησιμοποιηθεί διατομή **10mm²**

Μετά το διακόπτη αστέρα-τριγώνου (20m)

Μετά το διακόπτη το ρεύμα με το οποίο υπολογίζεται η πτώση τάσης είναι $\frac{47.28}{\sqrt{3}} = 27.3A$ και $\frac{27.3}{0.85} = 32.12A$

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 4} = 4.46 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,20^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot \ell = 4.46 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 89.2 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} = R_{\kappa,20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 89.2 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) \\ = 107.04 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} \cdot \cos \varphi = 32.12 \cdot 107.04 \cdot 10^{-3} \cdot 0.88 = 3.025V$$

Πρέπει $0.89V + 3.025V < 6.9V$ $0.89V + 3.025V < 6.9V$ **ΙΣΧΥΕΙ**

Άρα θα χρησιμοποιηθεί διατομή **4mm²**

6.3.4 Επιλογή ασφαλιστικών μέσων

Από πίνακα 4 προκύπτει

- **Θερμομαγνητικός Διακόπτης 32Α**
- **Θερμικό: 27.3Α**

6.4 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ ΤΑΙΝΙΑΣ ΕΞΟΔΟΥ, ΙΣΧΥΟΣ P=11kW, ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΑΣΤΕΡΑ-ΤΡΙΓΩΝΟΥ, ΥΠΟΓΕΙΑ ΟΔΕΥΣΗ ΚΑΛΩΔΙΩΝ, ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ 70m

6.4.1 Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος

$$n = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \Rightarrow P_{IN} = \frac{P_{OUT}}{n} = \frac{11W}{0.85} \Rightarrow P_{IN} = 12.9kW$$

$$P_{IN} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \Rightarrow I = \frac{P_{IN}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \Rightarrow$$

$$I = \frac{12.9 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.88} \Rightarrow I = 21.16A$$

Το τελικό ρεύμα υπολογίζεται με βάση τους συντελεστές όπως προέκυψαν στον προηγούμενο κινητήρα

$$I_o = \frac{I}{n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5} \Rightarrow$$

$$I_o = \frac{21.16}{0.95 \cdot 0.84 \cdot 0.97 \cdot 0.85 \cdot 0.93} \Rightarrow I_o = 34.58A$$

6.4.2 Επιλογή διατομής

Με βάση το ρεύμα αυτό επιλέγουμε διατομή καλωδίου από τον πίνακα 3. Οπότε από τον πίνακα επιλέγουμε διατομή $q=10mm^2$

6.4.3 Έλεγχος για πτώση τάσης

Πριν το διακόπτη αστέρα-τριγώνου (θεωρούμε 10m)

$$R_{20^\circ C} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 10} = 1.786 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{k,20^\circ C} = R_{20^\circ C} \cdot \ell = 2.976 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 17.86 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{k,70^\circ C} = R_{k,20^\circ C} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 17.86 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) \\ = 21.432 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} \cdot \cos \varphi = 34.58 \cdot 21.432 \cdot 10^{-3} \cdot 0.88 = 0.65V$$

Άρα θα χρησιμοποιηθεί διατομή **6mm²**

Μετά το διακόπτη αστέρα-τριγώνου (60m)

Μετά το διακόπτη το ρεύμα με το οποίο υπολογίζεται η πτώση τάσης είναι $\frac{34.58}{\sqrt{3}} = 19.965A$ και $\frac{19.965}{0.85} = 23.5A$

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 2.5} = 7.143 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,20^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot \ell = 7.143 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 428.53 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} = R_{\kappa,20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 428.53 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) \\ = 514.296 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{\kappa,70^{\circ}\text{C}} \cdot \cos \varphi = 23.5 \cdot 514.296 \cdot 10^{-3} \cdot 0.88 = 10.635V > 6.9V$$

Δεν θα χρησιμοποιηθεί διατομή **2.5mm²**

Υπολογισμός για την επόμενη διατομή, δηλ 4mm^2

$$R_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 4} = 4.46 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,20^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot \ell = 4.46 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 267.6 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,70^\circ\text{C}} = R_{\kappa,20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 267.6 \cdot 10^{-3} \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) \\ = 321.12 \cdot 10^{-3} \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{\kappa,70^\circ\text{C}} \cdot \cos \varphi = 23.5 \cdot 321.12 \cdot 10^{-3} \cdot 0.88 = 6.64V < 6.9\text{Volt}$$

Δεν θα χρησιμοποιηθεί διατομή 4mm^2

Υπολογισμός για την επόμενη διατομή, δηλ 6mm^2

$$R_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{k \cdot q} = \frac{1}{56 \cdot 6} = 2.98 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$R_{\kappa,20^\circ\text{C}} = R_{20^\circ\text{C}} \cdot \ell = 2.98 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 0.1788 \Omega$$

$$R_{\kappa,70^\circ\text{C}} = R_{\kappa,20^\circ\text{C}} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = 0.1788 \cdot (1 + 0,004 \cdot (70 - 20)) = 0.21456 \Omega$$

Η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = I \cdot R_{\kappa,70^\circ\text{C}} \cdot \cos \varphi = 23.5 \cdot 0.21456 \cdot 0.88 = 4.437V$$

Άρα θα χρησιμοποιηθεί διατομή 6mm^2

Πρέπει $0.65V + 4.437V < 6.9V$ **ΙΣΧΥΕΙ**

6.4.4 Επιλογή ασφαλιστικών μέσων

Από πίνακα 4 προκύπτει

- **Θερμομαγνητικός Διακόπτης 25A**
- **Θερμικό: 19.965A**

6.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Η συνιστώμενη ένταση φωτισμού σε χώρους λατομείων, σύμφωνα με τον CIE φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 5: Συνιστώμενη ένταση φωτισμού κατά CIE

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ LUX			ΕΦΑΡΜΟΓΗ- ΕΡΓΑΣΙΑ
Α. Γενικός φωτισμός για χώρους προσωρινής χρήσης ή για πολύ εύκολες οπτικά εργασίες	20	30	50	- Ανοιχτές επιφάνειες με σκοτεινό φόντο.
	50	100	150	- Απλή ικανότητα προσανατολισμού μετά από βραχύχρονη παραμονή.
	100	150	200	- Χώροι που δε χρησιμοποιούνται συνεχώς, όπως επιφάνειες αποθηκών, είσοδοι, κτλ.
Β. Γενικός φωτισμός σε χώρους εργασίας	200	300	500	- Εργασίες με μικρό οπτικό βαθμό δυσκολίας, π.χ. χοντρές δουλειές μηχανών.
	300	500	750	- Εργασίες με μέσο οπτικό βαθμό δυσκολίας.
	500	750	1000	- Συνηθισμένες οπτικά εργασίες, π.χ. μεσαίες δουλειές μηχανών, απασχόληση σε γραφείο κτλ.
	750	1000	1500	- Εργασίες με υψηλό οπτικά βαθμό δυσκολίας, π.χ. λεπτές δουλειές συναρμολόγησης.
	1000	1500	2000	- Εργασίες με ειδικές απαιτήσεις, π.χ. χαράξεις μετάλλων, έλεγχος υφασμάτων, κτλ.
Γ. Πρόσθετος φωτισμός για οπτικά πολύ δύσκολες εργασίες	2000	3000	5000	- Πολύ λεπτές οπτικά εργασίες μεγάλης σχετικά οπτικής διάρκειας, π.χ. ηλεκτρονικά, οπτική δουλειά ρολογιών.
	5000	7500	10000	- Ασυνηθιστα δύσκολες οπτικά εργασίες, π.χ. συναρμολόγηση μικροηλεκτρονικής.
	10000 και περισσότερο	15000	20000	- Πολύ ειδικές οπτικά εργασίες, π.χ. χειρουργική εγχείριση.

Για τον χώρο εργασίας του λατομείου επιλέγεται από την κατηγορία B, για εργασίες με μέσο οπτικό επίπεδο δυσκολίας, ένταση φωτισμού 500lux. Η επιφάνεια που θα φωτιστεί θα είναι για κάθε κινητήρα, περίπου 5m², οπότε η απαιτούμενη φωτεινή ροή του κάθε λαμπτήρα υπολογίζεται από τη σχέση :

$$E = \frac{\Phi}{S} \Rightarrow \Phi = E \cdot S = 500 \cdot 5 = 2500 \text{ lumen}$$

Επιλέγονται τέσσερις λαμπτήρες led βιομηχανικών προδιαγραφών με ισχύ 62W έκαστος. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους φαίνονται παρακάτω

Πίνακας 6: Τεχνικά χαρακτηριστικά του επιλεγέντος φωτιστικού

TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Product	
Model	ExTNR
Optical Characteristics	
Luminous Flux (Photometered)	CWT 6300 – 6800 lm WWT 2500 – 4000 lm
CCT	CWT 5000 – 7500K AMB 1800 – 2700K WWT 2700 – 3500K NWT 3500 – 5000K
CRI	>70 excluding amber
Electrical Characteristics (Luminaire)	
Power Consumption	62W Typical
Nominal Voltage	230VAC
Voltage Range	90 – 305VAC, 127 – 431VDC
Cable Gland	M20 x 1.5mm Stainless Steel
Suitable Cable Diameter	10 – 14mm
Frequency Range	47 – 63Hz
Power Factor	>0.95 / 230VAC
Leakage Current	<0.75mA / 277VAC
Environmental	
IP Rating	IP66
Impact Rating	IK09
Salt Spray Tested	Yes
Operating Temp. Range	-20 to 50°C
Thermal Management Type	Active/Continuous
Expected Lifespan	50,000 Hours to 70% Brightness
Material Composition (Body)	LM6 Aluminium Alloy (<0.1% copper content)
Material Composition (Optics)	PC LEV1700
Material Composition (Cover)	Polycarbonate
Compliance (Safety Standards)	
AS/NZS60598.1	Luminaires General Requirements and Tests
AS/NZS 60598.2.1	Luminaires Particular requirements Fixed general purpose luminaires
IEC 60079-0 : 2011 Edition: 6.0	Explosive atmospheres Part 0: General requirements
IEC 60079-31 : 2013 Edition: 2	Explosive atmospheres Part 31: Equipment dust ignition protection by enclosure "t"
Compliance (EMC)	
AS/NZS CISPR15	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment
Explosion Protection	
Dust	
Certificate Number	IECEx TRA 15.0001X
Protection	Ex tb IIIC T65°C Db
Weight/Packaging	
Luminaire Weight	5.4kg
Packaging Dimensions	460 x 440 x 180mm
Packaged Weight	6.75kg
Warranty	
Warranty	3 years warranty as standard 5 years extended warranty optional

Το φωτιστικό είναι αδιάβροχο και μπορεί να αντέξει πλυσιτικά μεγάλης πίεσεως.Ειναι κατάλληλο για περιβάλλοντα ρυπαρά, όπως αυτό του λατομείου



Εικόνα 49: Το φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε

Η συνολική ισχύς της γραμμής φωτισμού είναι:

$$P_{0\Delta} = 4 \cdot 62 \Rightarrow P_{0\Delta} = 248W$$

Η συνολική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{248}{230} \Rightarrow I = 1.1A$$

6.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΟΧΙΚΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

$$I_{0\Lambda} = 471.68 \angle -31.8^\circ + 41.48 \angle -29.54^\circ + \\ 28.93 \angle -28.36^\circ + 21.16 \angle -28.36^\circ + 1.1 \Rightarrow \\ I_{0\Lambda} = 564 \angle -31.24^\circ$$

Από τον πίνακα 3 διαπιστώνουμε ότι δεν υπάρχει διαθέσιμη διατομή για να επιλεγεί πολύκλωνο καλώδιο για την κεντρική παροχή. Οπότε επιλέγεται για μονόκλωνο καλώδιο (ένα τριφασικό σύστημα), διατομή $3 \times 400 \text{mm}^2 + 240 \text{mm}^2 + 240 \text{mm}^2$ (τρεις φάσεις, ουδέτερος, γείωση)

6.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

Υπολογισμός συνολικής Ισχύος

$$S = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 563.15 \Rightarrow S = 390.162 \text{ kVA}$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 563.15 \cdot \cos(31.3) \Rightarrow P = 333.377 \text{ kW}$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \Rightarrow Q = 202.7 \text{ kVAr}$$

Θα γίνει αντιστάθμιση με συστοιχία πυκνωτών στο 90% της αέργου ισχύος, δηλαδή θα χρειαστούν πυκνωτές που θα παράγουν

$$Q_c = 0.9 \cdot 202.7 \Rightarrow Q_c = 182.4 \text{ kVAr}$$

Άρα η αέργος ισχύς που θα ζητάει από το δίκτυο η εγκατάσταση μετά την αντιστάθμιση θα είναι:

$$Q' = Q - Q_c \Rightarrow Q' = 20.3 \text{ kVAr}$$

Η νέα φαινόμενη ισχύς θα είναι:

$$S' = \sqrt{P^2 + Q'^2} \Rightarrow S' = 334 \text{ kVA}$$

και ο νέος συντελεστής ισχύος θα είναι:

$$\cos \varphi' = \frac{P}{S'} = \frac{333.377}{334} \Rightarrow \cos \varphi' = 0.99$$

Για τον πίνακα αντιστάθμισης επιλέγεται πιλότος 12 βημάτων και θα κατασκευαστεί πίνακας με έξι πυκνωτές 50 KVAR έκαστος, έναν πυκνωτή 20KVAR και δύο πυκνωτές 7.2KVAR, δηλαδή

$$Q_C = 6 \cdot 25 + 20 + 2 \cdot 7.2 \Rightarrow Q_C = 182.4 \text{ kVAR}$$

Ο πιλότος επιλέγεται να είναι 12 βημάτων και όχι έξι διότι οι πυκνωτές είναι επίσης φορτία και το ρεύμα που απορροφούν πρέπει να μην επιβαρύνει απότομα την εγκατάσταση.

Πίνακας 7: Πυκνωτές αντιστάθμισης



CLMD 33S



CLMD 33S-2x5

Ενισχυμένοι πυκνωτές αντιστάθμισης, CLMD 33S

Προορίζονται για χρήση σε εγκαταστάσεις, όπου η ισχύς των μη γραμμικών φορτίων είναι <15% της εγκατεστημένης.

Οι σταθεροί πυκνωτές βελτίωσης συνφ CLMD 33S και οι συστοιχίες τους φέρουν μόνιμες αντιστάσεις εκφόρτισης. Συνιστάται η χρήση τους σαν βήματα αυτομάτων συστοιχιών αντιστάθμισης. Παραδίδονται με εύκαμπτο επικασιτερωμένο καλώδιο παροχής μήκους 1 m ή μεγαλύτερου κατόπιν παραγγελίας.

Σταθεροί πυκνωτές

Τύπος	Κωδικός	Πυκνωτής 5 kVar / 8,6 kVar, 400 V / 525 V, 50 Hz	
CLMD 33S-5	31406	Πυκνωτής 5 kVar / 8,6 kVar, 400 V / 525 V, 50 Hz	
CLMD 33S-7.2	31629	Πυκνωτής 7,2 kVar / 12,5 kVar, 400 V / 525 V, 50 Hz	
CLMD 33S-10	30670	Πυκνωτής 10 kVar / 12,7 kVar, 400 V / 450 V, 50 Hz	
CLMD 33S-12.5	31559	Πυκνωτής 12,5 kVar / 15,8 kVar, 400 V / 450 V, 50 Hz	
CLMD 33S-15	30671	Πυκνωτής 15,0 kVar / 19,0 kVar, 400 V / 450 V, 50 Hz	
CLMD 33S-20	30672	Πυκνωτής 20,0 kVar / 25,4 kVar, 400 V / 450 V, 50 Hz	
CLMD 33S-25	30674	Πυκνωτής 25,0 kVar / 31,6 kVar, 400 V / 450 V, 50 Hz	

Πίνακας 8: Πιλότος για οδήγηση των πυκνωτών



RVC

Ρυθμιστές αέργου ισχύος, RVC

Προγραμματιζόμενοι ρυθμιστές συνφ για αυτόματες συστοιχίες πυκνωτών.

Τύπος	Κωδικός	Περιγραφή / Τεχνικά χαρακτηριστικά	
RVC6	14830	Ρυθμιστής αέργου ισχύος 1 έως 6 βημάτων	
RVC12	14831	Ρυθμιστής αέργου ισχύος 1 έως 12 βημάτων	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΜΠΙΤΖΙΩΝΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ: ΚΙΝΗΣΗ, ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΙ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ, 2η ΕΚΔΟΣΗ, 2015
- ΠΕΤΡΟΣ ΝΤΟΚΟΠΟΥΛΟΣ, «ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ», Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2005
- Σημειώσεις Μαθήματος Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Ισχύος, Διδάσκων: Σχοινάς Νικόλαος
- Σημειώσεις Μαθήματος Ηλεκτρικά Κινητήρια Συστήματα, Διδάσκων: Αντωνόπουλος Γεώργιος
- <https://www.e-revma.gr/docs/1563101203.pdf>
- http://mepolyaplalolia.blogspot.gr/2015/06/v-behaviorurldefaultvmlo_84.html
- http://www.internationaltradenews.com/ritz_instrument_transformers_gmbh/portrait/
- <https://www.safetyengineer.gr/pinakes-mesis-tasis.html>
- <http://www.mechscience.com/induction-motor-construction-induction-motor-squirrel-cage-wound-rotor/>
- <https://www.teslacables.com/en/product/369>
- <http://www.incore-cables.com/portfolio/n2xsy-cables-6kv-up-to-36kv/>
- <https://www.meidanis.gr/>
- <http://www.ti-soft.com>
- <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/999/1/012009135.pdf>

- <http://www.vimepp.gr/pedia-xamilis-tasis/>
- http://papers.uth.gr/ekp_yliko/Παρουσίαση_Ενότητα_6_3.pdf
- http://diocles.civil.duth.gr/links/home/veltiomeno/nees/Domikes_Michanes/Paragogh_Adranon_Ylikon.pdf
- <http://emmismarine.com/el/product/συστήματα-διόρθωσης-συνημιτόνου/>
- <http://emmismarine.com/el/product/συστήματα-διόρθωσης-συνημιτόνου/>
- <https://www.garriock.co.uk/quarry-operations>
- www.cablel.com