

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ
ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (COSΦ) ΜΕ
ΠΥΚΝΩΤΕΣ**

ΡΟΔΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η άεργος ισχύς αποτελεί μια σημαντική επιβάρυνση για το δίκτυο μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και πάντα εφαρμόζονται μέθοδοι περιορισμού της. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα υπολογίσουμε την απαιτούμενη χωρητικότητα (Q_c) των πυκνωτών που θα χρησιμοποιήσουμε για την αντιστάθμιση του συστήματος που μελετάται. Επίσης θα περιγράψουμε τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε για την κατασκευή ισχύος και για την κατασκευή του αυτοματισμού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την υλοποίηση της πτυχιακής εργασίας θα μελετήσουμε την σημασία της άεργου και ενεργού ισχύος στο δίκτυο, καθώς επίσης τα ωμικά και επαγωγικά φορτία. Στη συνέχεια θα δούμε τις επιπτώσεις της άεργου ισχύος στο δίκτυο και θα υπολογίσουμε την απαιτούμενη χωρητικότητα (Qc) των πυκνωτών που θα χρησιμοποιήσουμε για την αντιστάθμιση του συστήματος μας. Τέλος θα περιγράψουμε τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε για την κατασκευή ισχύος και για την κατασκευή του αυτοματισμού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	II
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
Η ΑΝΑΓΚΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ..	9
1.1 Συντελεστής ισχύος.....	9
1.2 Αντιστάθμιση άεργης ισχύος – διόρθωση συνφ.....	10
1.3 Πλεονεκτήματα από τη βελτίωση της αέργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης.....	12
1.4 Μειονεκτήματα από τη βελτίωση της αέργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης.....	14
1.5 Είδη αντιστάθμισης.....	15
1.5.1 Μεμονωμένη Αντιστάθμιση.....	15
1.5.2 Ομαδική Αντιστάθμιση.....	16
1.5.3 Κεντρική Αντιστάθμιση.....	16
1.5.4 Συνδυασμένη αντιστάθμιση.....	16
1.5.5 Τοπική διόρθωση συντελεστή ισχύος σε κινητήρα.....	18
1.6 Τρόποι αντιστάθμισης.....	19
1.6.1 Αντιστάθμιση άεργου ισχύος με πυκνωτές (σταθερούς ή βηματικής μεταβολής).....	19
1.6.2 Αντιστάθμιση με στρεφόμενους πυκνωτές.....	19
1.6.2.1 Εφαρμογές.....	24
1.6.3 Στατοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος.....	26
1.6.4 Σύγχρονοι στατοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος.....	28
1.6.5 Σύγχρονες Μέθοδοι Αντιστάθμισης.....	29
1.6.5.1 STATCOM, SVC.....	29
1.6.5.2 Πυκνωτής Σειράς Ελεγχόμενος από Θυρίστορ (TCSC).....	31
1.6.5.3 Ρυθμιστής Φασικής Γωνίας Ελεγχόμενος από Θυρίστορ (TCPAR ή TCPST).....	33
1.6.5.4 Μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	35
1.6.5.5 Περικοπή ενεργού ισχύος της ΔΠ.....	36
1.6.5.6 Έλεγχος της αέργου ισχύος των αντιστροφών της ΔΠ.....	37
1.7 Κατηγορίες φορτίων που συμβάλλουν στην αυξημένη κατανάλωση αέργου ισχύος.....	37
1.7.1 Λειτουργία συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων.....	37
1.7.2 Μη γραμμικά φορτία: Εισαγωγή αρμονικών.....	38
1.7.3 Αρδευτικά συστήματα άντλησης και επίδραση στις αιχμές.....	39

1.7.4	Αρμονικές και αντιστάθμιση αέργου ισχύος.....	39
-------	---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ..... 41

2.1	Γενικά στοιχεία ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.....	41
2.2	Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων.....	41
2.3	Συστήματα σύνδεσης γειώσεων.....	42
2.3.1	Σύστημα TN.....	42
2.3.2	Σύστημα TT.....	43
2.3.3	Σύστημα IT.....	45
2.4	Γειώσεις.....	45
2.5	Ηλεκτρολογικό υλικό χαμηλής τάσης.....	46
2.5.1	Αγωγοί καλώδια.....	46
2.5.2	Πίνακες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.....	48
2.5.3	Ασφάλειες τήξεως.....	49
2.5.4	Μικροαυτόματοι διακόπτες.....	50
2.5.5	Διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος.....	52
2.5.6	Ρελέ ισχύος.....	55
2.5.7	Θερμικά ρελέ προστασίας κινητήρων.....	57
2.5.8	Υλικά αυτοματισμού.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ..... 62

3.1	Προσδιορισμός των καταναλώσεων και των κυκλωμάτων της εγκατάστασης.....	62
3.2	Σύστημα τροφοδοσίας και γείωσης εγκατάστασης.....	64
3.3	Ισοδυναμικές συνδέσεις.....	64
3.4	Υπολογισμός διατομής αγωγών.....	64
3.5	Μελέτη και σχεδίαση του πίνακα διανομής.....	65
3.6	Διατάξεις προστασίας.....	65
3.7	Διατάξεις απομόνωσης, διακοπής, χειρισμού.....	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ..... 67

4.1	Περιγραφή της γραμμής.....	67
-----	----------------------------	----

4.2 Περιγραφή της χρησιμοποιούμενης καλωδίωσης καθώς και των χρησιμοποιούμενων μέσων προστασίας	68
4.3 Η ηλεκτρολογική μελέτη της εγκατάστασης	72

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	85
---	-----------

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	88
---------------------------	-----------

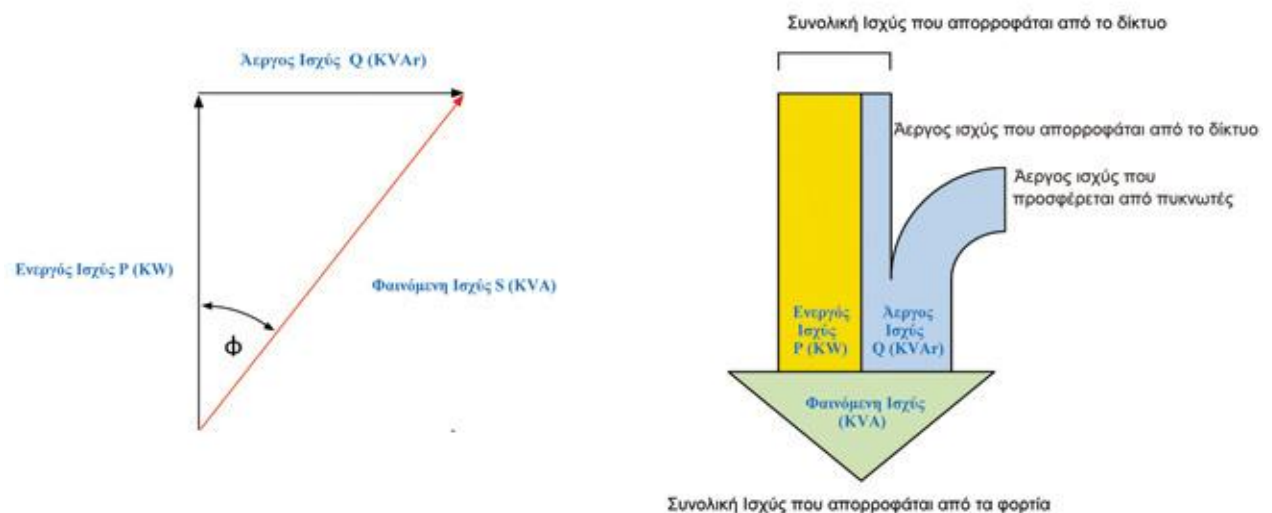
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνολική **Ηλεκτρική Ισχύς** που λαμβάνουμε καθημερινά από το Δημόσιο Ηλεκτρικό Δίκτυο για τη λειτουργία των μηχανημάτων μας είναι το άθροισμα :

- Της Ενεργού Ηλεκτρικής Ισχύος, και
- Της **Αέργου Ηλεκτρικής Ισχύος**.

Η Ενεργός Ηλεκτρική Ισχύς, η οποία ως γνωστό μετριέται σε Κιλοβάτ (KW), μετατρέπεται από τις συσκευές και τα μηχανήματα σε πραγματικό έργο, όπως θέρμανση, κίνηση, κλπ. και κατ' αυτό τον τρόπο γίνεται καθημερινά εύκολα αντιληπτή από όλους μας.

Αντιθέτως η **Αεργος Ηλεκτρική Ισχύς** δεν είναι ιδιαίτερα γνωστή, πολύ δε στους οικιακούς καταναλωτές οι οποίοι δεν την χρεώνονται.



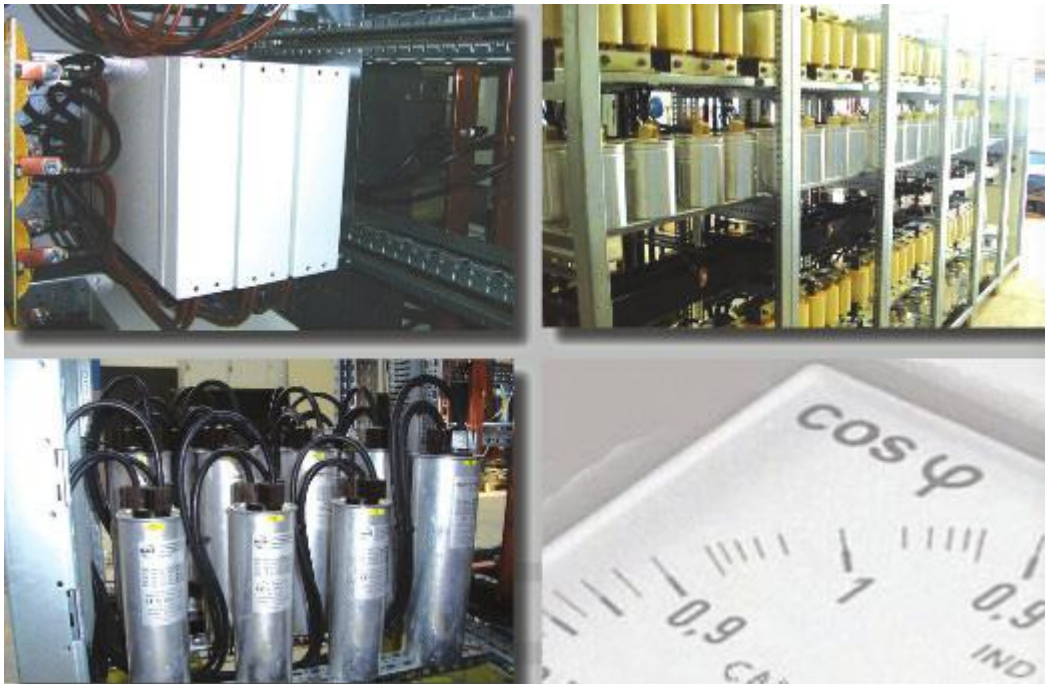
Εικόνα 1: Σχέση των τριών ισχύων που καταναλώνονται από τα φορτία

Η **Αεργος Ηλεκτρική Ισχύς**, η οποία μετριέται σε KVar, είναι η ισχύς που συνήθως απαιτείται για τη δημιουργία και διατήρηση των μαγνητικών πεδίων που απαιτούν πλήθος μηχανημάτων και συσκευών για τη λειτουργία τους. Τέτοια μηχανήματα και συσκευές είναι:

- Τα κλιματιστικά, τα ψυγεία, οι αντλίες, τα συστήματα μετάδοσης κίνησης και γενικά κάθε μηχανή που φέρει κινητήρες.
- Οι ηλεκτρονικές συσκευές, τα φωτιστικά σώματα φθορισμού, οι μαγνητικοί τομογράφοι και γενικά τα μηχανήματα που φέρουν πηνία ισχύος.

- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις, οι πόντες, τα ηλεκτροστατικά πιστόλια βαφής και πλήθος ακόμα μηχανημάτων, κυρίως βιομηχανικής και ιατρικής χρήσης, που φέρουν μετασχηματιστές.

Ο έλεγχος της **Αέργου Ηλεκτρικής Ενέργειας** που καταναλώνουμε πραγματοποιείται με τη μέτρηση του Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$). Ιδανική τιμή του $\cos\phi$ είναι το ένα (1) και όταν αυτό συμβαίνει γνωρίζουμε ότι δεν καταναλώνουμε και κατ' επέκταση δεν πληρώνουμε Άεργο Ηλεκτρική Ενέργεια. Το αντίθετο ακριβώς συμβαίνει στις περιπτώσεις που το $\cos\phi$ λαμβάνει τιμές μικρότερες της μονάδας και πολύ δε περισσότερο όταν αυτές οι τιμές είναι μικρότερες του 0,95, οπότε έχουμε πρόσθετες χρεώσεις από τον Διαχειριστή του Δικτύου Διανομής.



Εικόνα 2: Συστήματα Αντιστάθμισης Αέργου Ισχύος (Πυκνωτές)

Η διόρθωση του Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) επιτυγχάνεται με την προσθήκη **Συστημάτων Αντιστάθμισης Αέργου Ηλεκτρικής Ισχύος**, ως επί το πλείστον σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις επαγγελματικής χρήσης. Τα Συστήματα Αντιστάθμισης φέρουν :

- Κατάλληλες Πυκνωτικές Διατάξεις στις συνηθέστερες περιπτώσεις που έχουμε επαγωγικά φορτία, ή
- Επαγωγικές Διατάξεις (Πηνία) στις ελάχιστες περιπτώσεις που έχουμε χωρητικά φορτία.

Τα Συστήματα Αντιστάθμισης θα μπορούσαμε να τα κατηγοριοποιήσουμε ως ακολούθως :

- Μεμονωμένη Αντιστάθμιση που εφαρμόζεται σε περιπτώσεις μεμονωμένων ή μεγάλων φορτίων, π.χ. μετασχηματιστές υποσταθμών.

- Ομαδική Αντιστάθμιση που εφαρμόζεται σε ομάδες φορτίων κοινής παροχής και κοινού κύκλου λειτουργίας, π.χ. κινητήρες αντλιών λεβητοστασίων.
- Κεντρική Αντιστάθμιση που εφαρμόζεται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, νοσοκομεία, ξενοδοχεία, κλπ. όπου συνυπάρχουν διαφορετικές περιπτώσεις λειτουργίας και ως εκ τούτου έχουμε μεταβλητή απαίτηση αέργου ισχύος. Στις περιπτώσεις αυτές η Κεντρική Αντιστάθμιση εγκαθίσταται μαζί με τα Γενικά Πεδία της Χαμηλής Τάσης του Κτιρίου και ηλεκτρολογικά σε παράλληλη σύνδεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

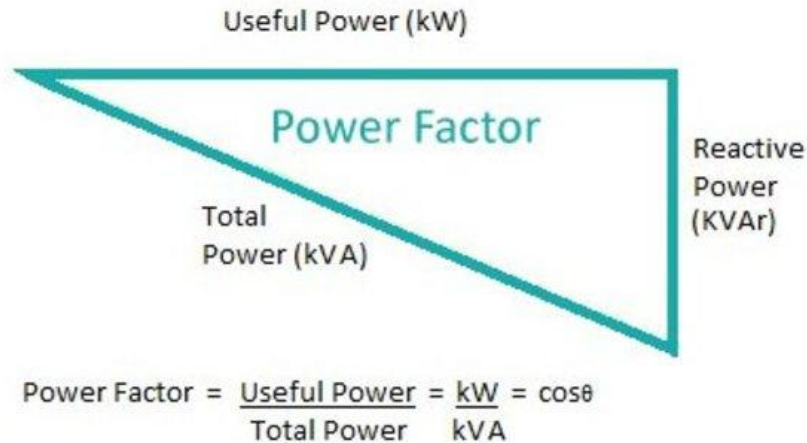
Η ΑΝΑΓΚΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

1.1 Συντελεστής ισχύος

Ο συντελεστής ισχύος εκφράζει το ποσοστό εκμετάλλευσης της απορροφούμενης ισχύος από ένα δίκτυο και τη μετατροπή της σε ωφέλιμη για τον καταναλωτή ενέργεια. Κατά τη σχεδίαση μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και ειδικότερα αν πρόκειται για βιομηχανική εγκατάσταση η οποία περιλαμβάνει πλήθος συσκευών και μηχανημάτων πρέπει να ληφθεί σοβαρή μέριμνα για το συντελεστή ισχύος που αυτή εμφανίζει όταν τροφοδοτηθεί με εναλλασσόμενο ρεύμα. Το συνφ θα μπορούσε να περιγραφεί σαν ένας παράγοντας η τιμή του οποίου δηλώνει τη συμπεριφορά ενός κυκλώματος (χωρητική, επαγωγική ή ωμική). Η προσέγγιση αυτή μπορεί να επεκταθεί λέγοντας ότι ο συντελεστής ισχύος μας δηλώνει το κλάσμα της απορροφούμενης ισχύος που μετατρέπεται σε ωφέλιμη ενέργεια για τον καταναλωτή.

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

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



Εικόνα 3: Ο υπολογισμός του συντελεστή ισχύος (συνθ)

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 με συνέπεια 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.

1.2 Αντιστάθμιση άεργης ισχύος – διόρθωση συνθ

Η αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, η αύξηση της ρύπανσης που επιφέρει η παραγωγή της και η μείωση των αποθεμάτων καυσίμων μας **επιβάλλουν** να θεσπίσουμε τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας. Ένας τρόπος εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι η αντιστάθμιση της άεργου ισχύος. Η άεργος ισχύς στη ουσία είναι ενέργεια που παλινδρομεί μεταξύ πηγής (ΔΕΗ) ηλεκτρικής εγκατάστασης και διαφόρων συσκευών. ΔΕΝ ΠΑΡΑΓΕΙ ΕΡΓΟ.

Το εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί εναλλασσόμενα μαγνητικά πεδία που μεταβάλλονται (εναλλάσσονται) συνεχώς, στην αύξηση της έντασής τους απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια από την πηγή (ΔΕΗ), ενώ κατά τη μείωση της έντασής τους επιστρέφουν το ίδιο ποσό ενέργειας πίσω στην πηγή.

Ο κύριος τρόπος αντιμετώπισης της άεργου είναι με την τοποθέτηση πυκνωτών παράλληλα με τα επαγωγικά φορτία, έτσι ώστε η ενέργεια να μην παλινδρομεί μεταξύ ΔΕΗ και εγκατάστασης αλλά μεταξύ των

πηνίων και των πυκνωτών της ίδιας της εγκατάστασης. Δηλαδή η κυκλική φόρτιση και εκφόρτιση των χωρητικών φορτίων (πυκνωτές), γίνεται με παρόμοιο τρόπο με αυτό των επαγωγικών αλλά με ρεύμα αντιθέτου φάσεως. Σκοπός της αντιστάθμισης είναι η μείωση της άεργου ισχύος που απορροφά μια ηλεκτρική εγκατάσταση από τη ΔΕΗ, έτσι ώστε ο συντελεστής ισχύος να πλησιάσει τη μονάδα (πραγματική ισχύς = φαινόμενη).

Μια βιομηχανική ηλεκτρική εγκατάσταση περιλαμβάνει ένα σημαντικό αριθμό καταναλώσεων μεγάλης ισχύος όπως: ηλεκτρικοί κινητήρες, φωτιστικά σώματα φθορισμού, λαμπτήρες εκφορτίσεως υψηλής έντασης (λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης και λαμπτήρες νατρίου χαμηλής και υψηλής πίεσης), κυκλώματα τροφοδοτημένα από μετασχηματιστές ισχύος. Η συμπεριφορά όλων των παραπάνω φορτίων αποκλίνει σημαντικά από αυτή της ωμικής αντίστασης. Στη ουσία η φύση των καταναλώσεων αυτών είναι επαγωγική με άμεσο αποτέλεσμα την εμφάνιση σημαντικής ποσότητας άεργου ισχύος. Θεωρήσουμε ότι το ισοδύναμο κύκλωμα ανά φάση της συνολικής ηλεκτρικής εγκατάστασης ή ενός επιμέρους φορτίου περιγράφεται με την βοήθεια μιας ωμικής αντίστασης R και μιας αυτεπαγωγής L όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4: Συντελεστής Ισχύος σε φορτίο με επαγωγικό χαρακτήρα

Η ισχύς η οποία είναι υπεύθυνη για την παραγωγή ωφέλιμου έργου σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση ή σε ένα επιμέρους φορτίο είναι η πραγματική ή αλλιώς μέση ή ενεργός ισχύς P

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

Είναι φανερό ότι η πραγματική ισχύς εξαρτάται ιδιαιτέρως από την τιμή του $\cos \varphi$, μέγεθος που υποδηλώνει την φύση του φορτίου (επαγωγικό) ή με άλλα λόγια το συνημίτονο της διαφοράς φάσης μεταξύ της τάσης και του ρεύματος που απορροφά μια κατανάλωση. Στην πραγματικότητα, δεδομένου ότι η τάση τροφοδοσίας και το $\cos \varphi$ (συντελεστής μετατόπισης ή συντελεστής ισχύος όταν δεν υπάρχουν αρμονικές συνιστώσες) είναι σταθερά, το φορτίο θα απορροφήσει το ρεύμα που χρειάζεται ώστε να αποδώσει το έργο για το οποίο

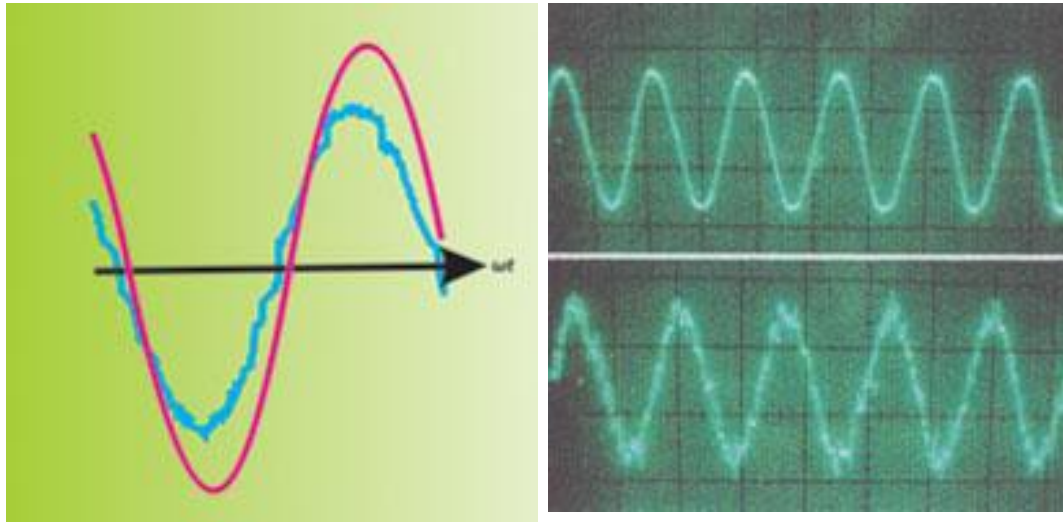
προορίζεται. Επομένως, εάν το $\cos\phi$ έχει μικρή τιμή (ισχυρά επαγωγικό φορτίο) το ρεύμα θα αυξηθεί αρκετά συγκρινόμενο με την περίπτωση που το φορτίο ήταν ωμικό. Η αυξημένη τιμή ρεύματος λόγω της επαγωγικής φύσης των φορτίων έχει τα παρακάτω αποτελέσματα:

- § Αύξηση των απωλειών στις γραμμές μεταφοράς και των αγωγών τροφοδοσίας.
- § Υπέρ-διαστασιολόγηση των αγωγών μεταφοράς και τροφοδοσίας.
- § Μη ορθολογική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας.
- § Προβλήματα ευστάθειας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Οι επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και οι διαχειριστές του ηλεκτρικού δικτύου επιβάλλουν στους βιομηχανικούς καταναλωτές την βελτίωση του συντελεστή ισχύος τους $\cos\phi$. Η διόρθωση αυτή μπορεί να γίνει με τη χρήση σύγχρονου πυκνωτή ο οποίος δεν είναι τίποτα άλλο από μια σύγχρονη μηχανή.

1.3 Πλεονεκτήματα από τη βελτίωση της αέργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης

- § Άμεση μείωση του ρεύματος, με αποτέλεσμα οι ίδιοι αγωγοί να επαρκούν για μεγαλύτερα φορτία.
- § Ελάττωση των απωλειών ισχύος στα καλώδια, λόγω της μείωσης του ρεύματος, με αποτέλεσμα μικρότερους λογαριασμούς.
- § Δυνατότητα χρήσης μικρότερης ισχύος Μετασχηματιστών, διακοπών, καλωδίων κλπ..
- § Μερική προστασία συσκευών από πιθανές πτώσεις τάσης του δικτύου.
- § Μερική προστασία συσκευών από τις αναπτυσσόμενες υπερτάσεις, μετά τις διακοπές της ΔΕΗ.
- § Αύξηση της ζωής των συσκευών λόγω της ομαλότερης λειτουργίας τους
- § Αύξηση παραγωγικότητας - βελτίωση λειτουργίας συσκευών, λόγω βελτίωσης της ποιότητας του ρεύματος.



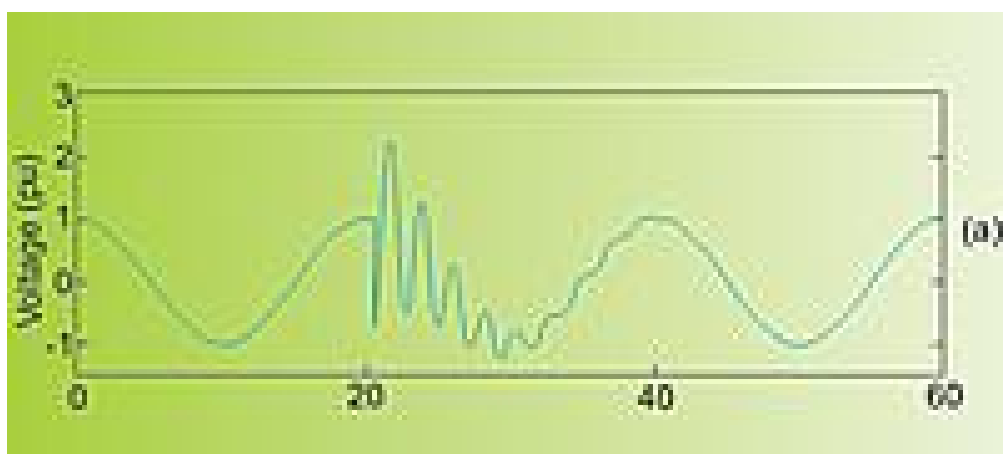
(α)

(β)

Εικόνα 5α: Η πραγματική κυματομορφή του ρεύματος που έχουμε συνήθως. Με τα συστήματα αντιστάθμισης η κυματομορφή αυτή εξομαλύνεται

Εικόνα 5β: Ένδειξη παλμογράφου με και χωρίς συστήματα αντιστάθμισης

§ Μείωση της Χρεωστέας Μέγιστης Ζήτησης (ΧΜΖ), που εμφανίζεται σε κάποια τιμολόγια της ΔΕΗ, με αποτέλεσμα μικρότερους λογαριασμούς. Όταν αποσυνδέεται μια συσκευή δημιουργεί συχνά την εικόνα της παρακάτω κυματομορφής, που αν και στιγμιαία, λόγω συχνότητας μας χρεώνει με 50% περίπου περισσότερη Κ.Μ.Ζ. (Καταγραφείσα Μέγιστη Ζήτηση). Με τα συστήματα της αντιστάθμισης θα μειωθεί σημαντικά



Εικόνα 6: Στιγμιαία Ανύψωση Τάσης κατά την αποσύνδεση μιας συσκευής από το δίκτυο

1.4 Μειονεκτήματα από τη βελτίωση της αέργου ισχύος με τα συστήματα αντιστάθμισης

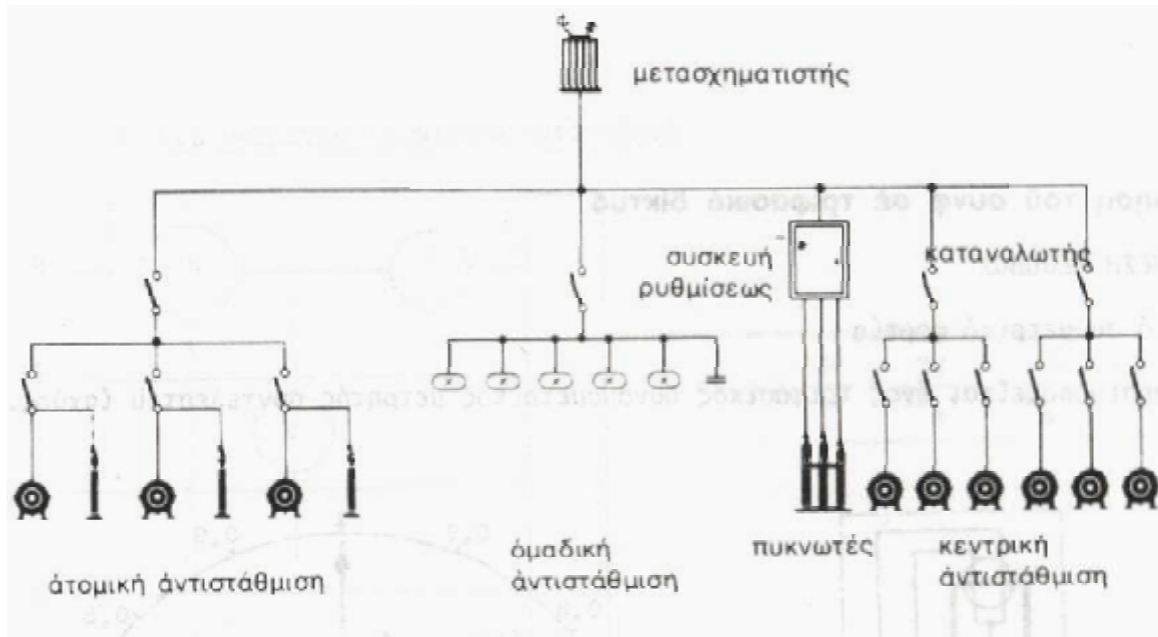
Οι πυκνωτές που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση του συντελεστού ισχύος όμως, είναι δυνατόν να δημιουργήσουν και αρνητικές επιδράσεις που σχετίζονται με αυτό που ονομάζουμε «ποιότητα ισχύος» και τελικά μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση του κόστους χρήσης μιας εγκατάστασης αν δεν βρεθεί τρόπος να αντιμετωπιστούν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

Σημαντική υποσημείωση : Οι πυκνωτές και όλα τα συστήματα αντιστάθμισης επιφέρουν μείωση της αέργου ισχύος (και κατά επέκταση μείωση των ampere) από το σημείο σύνδεσης τους και προς τα “πίσω”, προς την πηγή τροφοδοσίας = κολώνα ΔΕΗ. Από το σημείο σύνδεσης του και προς τα “εμπρός”, προς το φορτίο = εσωτερικό του εργοστασίου, δεν επιφέρουν καμία απολύτως μείωση της αέργου ισχύος ή των απορροφούμενων ampere.

1.5 Είδη αντιστάθμισης



Εικόνα 7: Τα είδη της αντιστάθμισης

1.5.1 Μεμονωμένη Αντιστάθμιση

Συνιστάται σε περιπτώσεις

- Μεγάλων φορτίων με σταθερούς συντελεστές ισχύος
- Φορτίων με απαίτηση μεγάλου χρόνου εκκίνησης

Πλεονεκτήματα: Η μεμονωμένη αντιστάθμιση έχει το πλεονέκτημα της αποφόρτισης των αγωγών προς τα φορτία. Συχνά υπάρχει δυνατότητα άμεσης σύνδεσης των πυκνωτών με τις κλέμμες σύνδεσης των φορτίων και συνεπώς ενεργοποίησης και απενεργοποίησης με έναν κοινό διακόπτη μεταγωγέα

Μειονεκτήματα: Απαιτείται προσοχή κατά την μεμονωμένη αντιστάθμιση κινητήρων. Σε περιπτώσεις κινητήρων που συνδέονται μέσω εκκινήτη αστέρα τριγώνου δεν επιτρέπεται στιγμιαία αποσύνδεση του πυκνωτή αντιστάθμισης από το δίκτυο. Αυτό ισχύει και για κινητήρες που λειτουργούν περιοδικά. Στην περίπτωση αυτή ο πυκνωτής θα πρέπει πάντα να εκφορτίζεται αρκετά πριν από την εκκίνηση του κινητήρα (<10% (<10% της ονομαστικής τάσης του).).

Για προστασία από τυχόν επικίνδυνη αυτοδιέγερση πρέπει η ισχύς του πυκνωτή που είναι άμεσα συνδεδεμένος με τις κλέμμες του κινητήρα να είναι <90% της άεργης ισχύος του κινητήρα σε κατάσταση λειτουργίας χωρίς φορτίο. Αυτό επιτυγχάνεται με την σύνδεση του πυκνωτή μέσω ενός χωριστού ρελέ, ενσωματωμένου στον ελεγκτή του κινητήρα.

1.5.2 Ομαδική Αντιστάθμιση

Στην ομαδική αντιστάθμιση κάθε μονάδα αντιστάθμισης συνδέεται με αντίστοιχη ομάδα φορτίου. Και εδώ όπως στην μεμονωμένη αντιστάθμιση συχνά δεν απαιτούνται για την σύνδεση των πυκνωτών ξεχωριστοί διακόπτες

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

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

1.5.3 Κεντρική Αντιστάθμιση

Χρησιμοποιούνται μονάδες ελέγχου άεργου ισχύος. Αυτές συνδέονται απευθείας με ένα κεντρικό δευτερεύοντα πίνακα. Συνιστάται σε περιπτώσεις πολλαπλών φορτίων

- § Με διαφορετικές απαιτήσεις Ισχύος
- § Για διάφορους χρόνους εκκίνησης

Πλεονεκτήματα: Η μονάδα αντιστάθμισης μπορεί να ελεγχθεί εύκολα λόγω της επικεντρωμένης διάταξης της εκ των υστέρων εγκατάσταση ή επέκταση είναι σχετικά απλή ισχύς του πυκνωτή προσαρμόζεται πάντα στην άεργη ισχύ του φορτίου. Λαμβάνοντας υπόψη το συντελεστή συγχρονισμού συχνά αρκεί μια χαμηλότερη ισχύς του πυκνωτή από ότι στην μεμονωμένη εγκατάσταση

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

1.5.4 Συνδυασμένη αντιστάθμιση

Πραγματοποιείται για τους καταναλωτές μεγάλης ισχύος για τους οποίους εφαρμόζεται ανεξάρτητη αντιστάθμιση ενώ για τους υπόλοιπους εφαρμόζεται ομαδική ή κεντρική αντιστάθμιση.

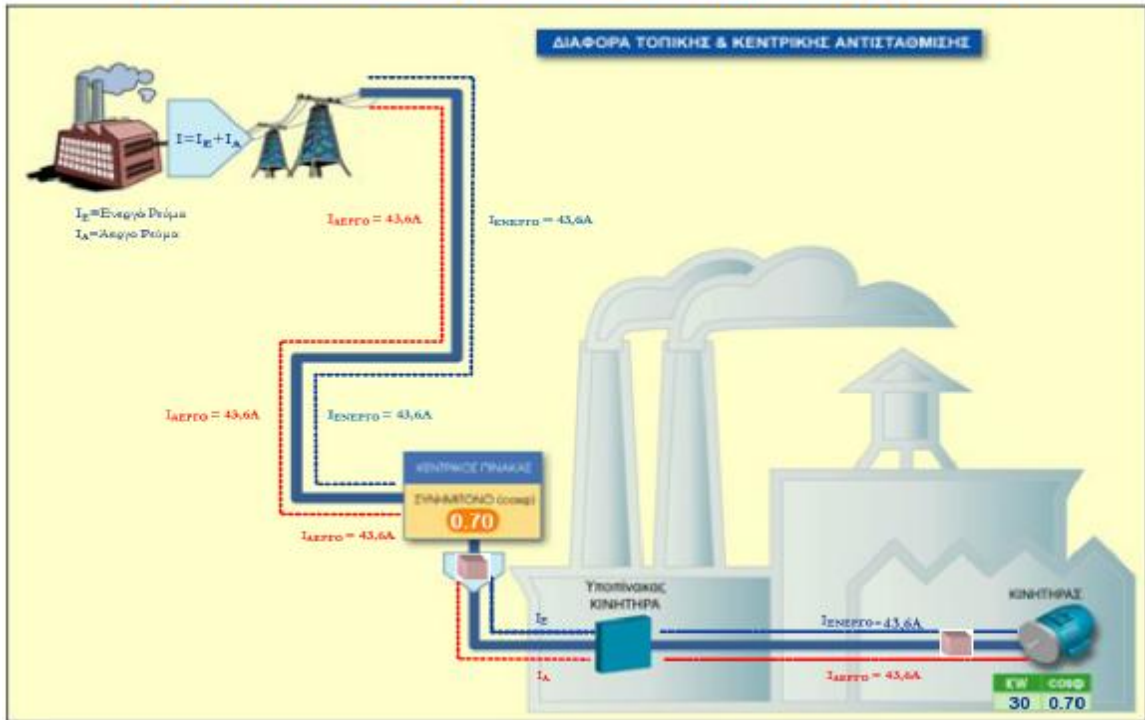
Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν η επιλογή της απαιτούμενης αντιστάθμισης γίνεται με βάση τα ακόλουθα βήματα:

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

Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζεται συνοπτικά η επίδραση της Κεντρικής Αντιστάθμισης Αέργου Ισχύος στο δίκτυο μεταφοράς της

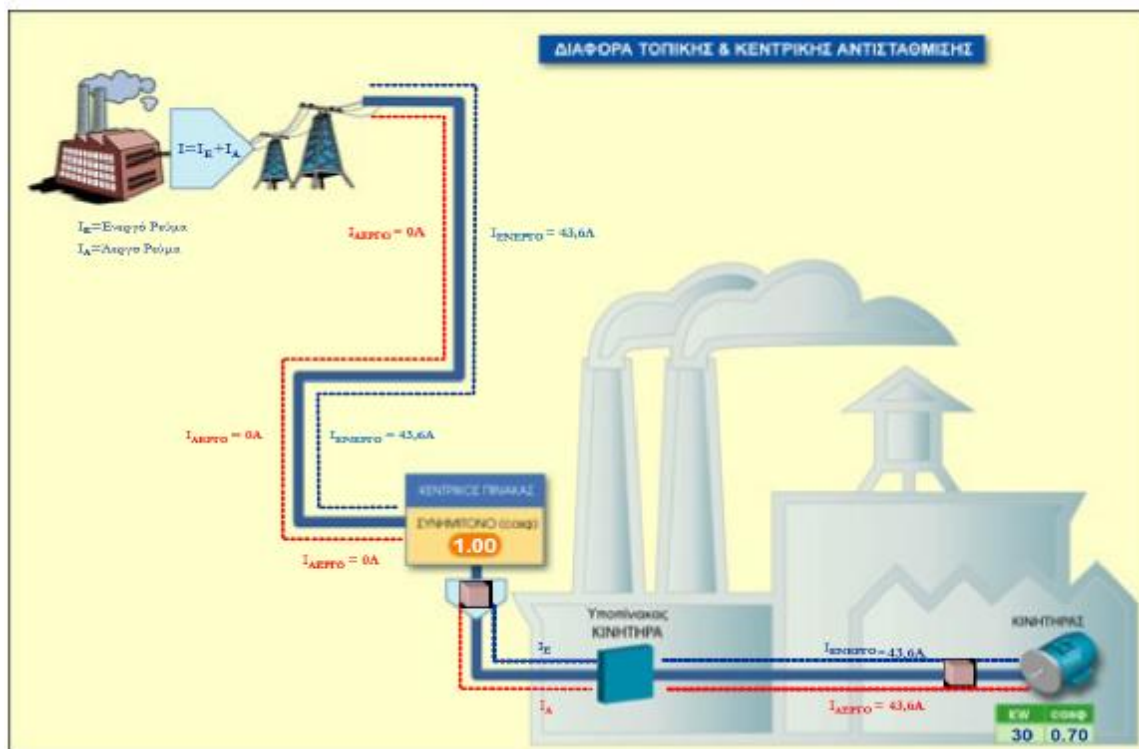
ΔΕΗ και στο εσωτερικό δίκτυο ενός εργοστασίου ΜΕ και ΧΩΡΙΣ την ύπαρξη συστήματος Κεντρικής Αντιστάθμισης. Όπως φαίνεται καθαρά, η θετική επίδραση της Κεντρικής Αντιστάθμισης επέρχεται μόνο στο δίκτυο μεταφοράς της ΔΕΗ. Στο εσωτερικό (στα σπλάχνα) της εγκατάστασης δεν υπεισέρχεται ουσιαστικά καμία απολύτως βελτίωση.

ΧΩΡΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ



Εικόνα 8: Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας ΧΩΡΙΣ σύστημα κεντρικής αντιστάθμισης στον καταναλωτή

ΜΕ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ



Εικόνα 9: Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας ΜΕ σύστημα κεντρικής αντιστάθμισης στον καταναλωτή

1.5.5 Τοπική διόρθωση συντελεστή ισχύος σε κινητήρα

Η ισχύς που παράγει ο πυκνωτής θα πρέπει να είναι περίπου το 90% της φαινόμενης ισχύος του κινητήρα όταν αυτός λειτουργεί στο ρελαντί. Αυτό σημαίνει έναν συντελεστή ισχύος 0,9 σε πλήρες φορτίο και 0,95-0,98 κατά τη διάρκεια λειτουργίας σε ρελαντί. Σε περιπτώσεις τοπικής αντιστάθμισης όπου πυκνωτής συνδέεται απευθείας στα άκρα του κινητήρα και ο κινητήρας συνεχίζει να στρέφεται και αφού διακοπεί η τροφοδοσία τότε ο πυκνωτής μπορεί να λειτουργήσει σαν γεννήτρια και να προκαλέσει σημαντικές υπερτάσεις και βλάβες τόσο στον πυκνωτή όσο και στον κινητήρα.

1.6 Τρόποι αντιστάθμισης

1.6.1 Αντιστάθμιση άεργου ισχύος με πυκνωτές (σταθερούς ή βηματικής μεταβολής)

Η αντιστάθμιση με πυκνωτές είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη λύση. Οι πυκνωτές αντιστάθμισης άεργων φορτίων για μια τυπική κατοικία μπορούν να τοποθετηθούν:

1. Στον κεντρικό πίνακα της ηλεκτρικής εγκατάστασης της κατοικίας
2. Στην συσκευή που χρήζει διόρθωσης του συντελεστή ισχύος.



Εικόνα 10: Πυκνωτές αντιστάθμισης

Στην πρώτη περίπτωση η τοποθέτηση είναι εύκολη αλλά έχει το σοβαρό μειονέκτημα της μόνιμης σύνδεσης του πυκνωτή και τις ώρες που δεν απαιτείται. Η ύπαρξη αυτοματισμού που να αποφασίζει για την σύνδεση και την αποσύνδεση του πυκνωτή πολλαπλασιάζει το κόστος. Η δεύτερη περίπτωση είναι αυτή που θα πρέπει να προτιμηθεί. Δεν έχει τα μειονεκτήματα της πρώτης αλλά, κατά περίπτωση, μπορεί να παρουσιάσει σχετικά αυξημένο κόστος τοποθέτησης.

1.6.2 Αντιστάθμιση με στρεφόμενους πυκνωτές

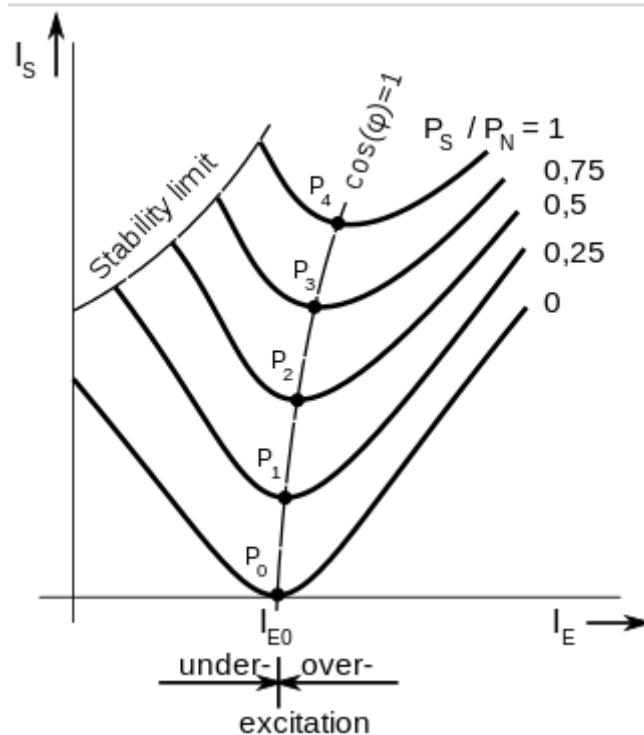
Οι στρεφόμενοι πυκνωτές είναι σύγχρονες γεννήτριες, ειδικά σχεδιασμένες για να παρέχουν άεργο ισχύ στα δίκτυα μεταφορά ηλεκτρική ενέργειας. Έχουν όλους, τους απαιτούμενους για την καλή τους λειτουργία μηχανισμούς με τους οποίους είναι εξοπλισμένες οι γεννήτριες των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Οι παραπάνω γεννήτριες εγκαθίστανται στο τέλος γραμμών μεταφοράς μεγάλων αποστάσεων, σε σημαντικούς υποσταθμούς μεταφοράς και σε σταθμούς μετατροπής υψηλής εναλλασσόμενης τάσης. Μικροί στρεφόμενοι πυκνωτές χρησιμοποιούνται σε υψηλής ισχύος βιομηχανικά δίκτυα για την αύξηση της ισχύος βραχυκύκλωσης.



Εικόνα 11:Στρεφόμενος πυκνωτής

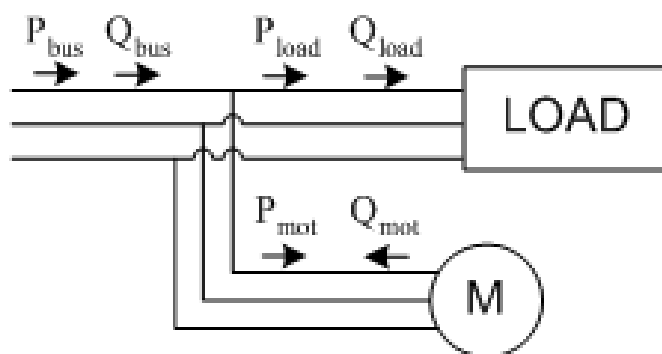
Η παρεχόμενη ισχύς από στρεφόμενους πυκνωτές υπόκειται σε συνεχή έλεγχο. Ο χρόνος απόκρισης είναι μερικά δευτερόλεπτα και εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι στρεφόμενοι πυκνωτές αποσύρονται σταδιακά τα τελευταία χρόνια και αντικαθίστανται από τους στατούς αντισταθμιστές ισχύος οι οποίοι είναι φθηνότεροι και έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά.

Ο Σύγχρονος Αντισταθμιστής ή Σύγχρονος Πυκνωτής (ΣΠ) δεν είναι τίποτα περισσότερο από μία συμβατική σύγχρονη μηχανή, η οποία περιστρέφεται χωρίς μηχανικό φορτίο και έχει διέγερση ρυθμιζόμενη σε μία ευρεία περιοχή τιμών. Με αυτόν τον τρόπο τροφοδοτεί με άεργο ισχύ το σύστημα όταν υπερδιεγείρεται και απορροφά άεργο ισχύ από το σύστημα όταν υποδιεγείρεται. Η ρύθμιση της αέργου ισχύος που αποδίδει ο ΣΠ στο δίκτυο επιτυγχάνεται μέσω του ρυθμιστή τάσης του.



Εικόνα 12: Καμπύλες V σύγχρονου κινητήρα

Επομένως, ρυθμίζοντας τη διέγερση του σύγχρονου αντισταθμιστή μπορούμε να ρυθμίζουμε κατά συνεχή τρόπο την άεργο ισχύ στην έξοδο του, που μπορεί να πάρει χωρητικές ή επαγωγικές τιμές, με σκοπό την υποστήριξη της τάσης του συστήματος ή την διατήρηση του συντελεστή ισχύος του συστήματος σε συγκεκριμένο επίπεδο. Ο ΣΠ λειτουργεί παράλληλα με ένα φορτίο που έχει χωρητικό χαρακτήρα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3



Εικόνα 13:Ενός κινητήρας σε ρόλο αντισταθμιστή

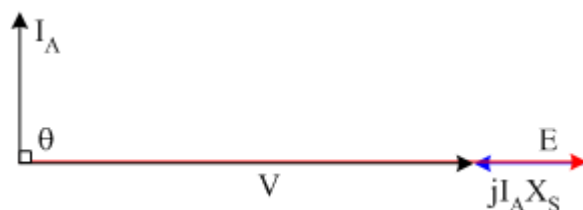
Ισχύει

$$P_{BUS} = P_{load} + P_{motor}$$

$$Q_{BUS} = Q_{load} + Q_{motor}$$

Αν ο κινητήρας λειτουργεί με μηδενική πραγματική ισχύ και με επαγωγικό συντελεστή ισχύος η Q_{motor} θα είναι αρνητική και θα κατευθύνεται προς το φορτίο, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την άεργο ισχύ που δίδεται από το δίκτυο.

Η ειδική αυτή περίπτωση που ένας σύγχρονος κινητήρας λειτουργεί με μηδενική P ($\Theta=90^\circ$) αλλά με $|E|>|V|$ είναι γνωστή ως λειτουργία σύγχρονου πυκνωτή και το διανυσματικό διάγραμμα παρουσιάζεται παρακάτω



Εικόνα 14:Το διανυσματικό διάγραμμα του ΣΠ

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του ΣΠ είναι

- Η άεργος ισχύς στην έξοδο τους αυξάνεται αμέσως μετά την πτώση τάσης
- Έχει την ικανότητα υπερφόρτισης για δεκάδες δευτερόλεπτα ενώ με πλήρες φορτίο μπορεί να διατηρεί ονομαστικό ρεύμα
- Αλλάζοντας την διέγερσή του είναι δυνατόν να αλλάξει το ρεύμα του σε οποιαδήποτε τιμή. Το γεγονός αυτό βοηθάει στην ομαλό έλεγχο του συντελεστή ισχύος
- Τα τυλίγματα του κινητήρα έχουν υψηλή θερμική σταθερότητα σε ρεύματα βραχυκύκλωσης
- Τα σφάλματα μπορούν να διορθωθούν εύκολα
- Ικανότητα παραγωγής έως και 150% αέργου ισχύος
- Δεν επηρεάζεται από τις αρμονικές του συστήματος (μάλιστα μερικές αρμόνικες μπορεί και να απορροφηθούν από αυτόν)

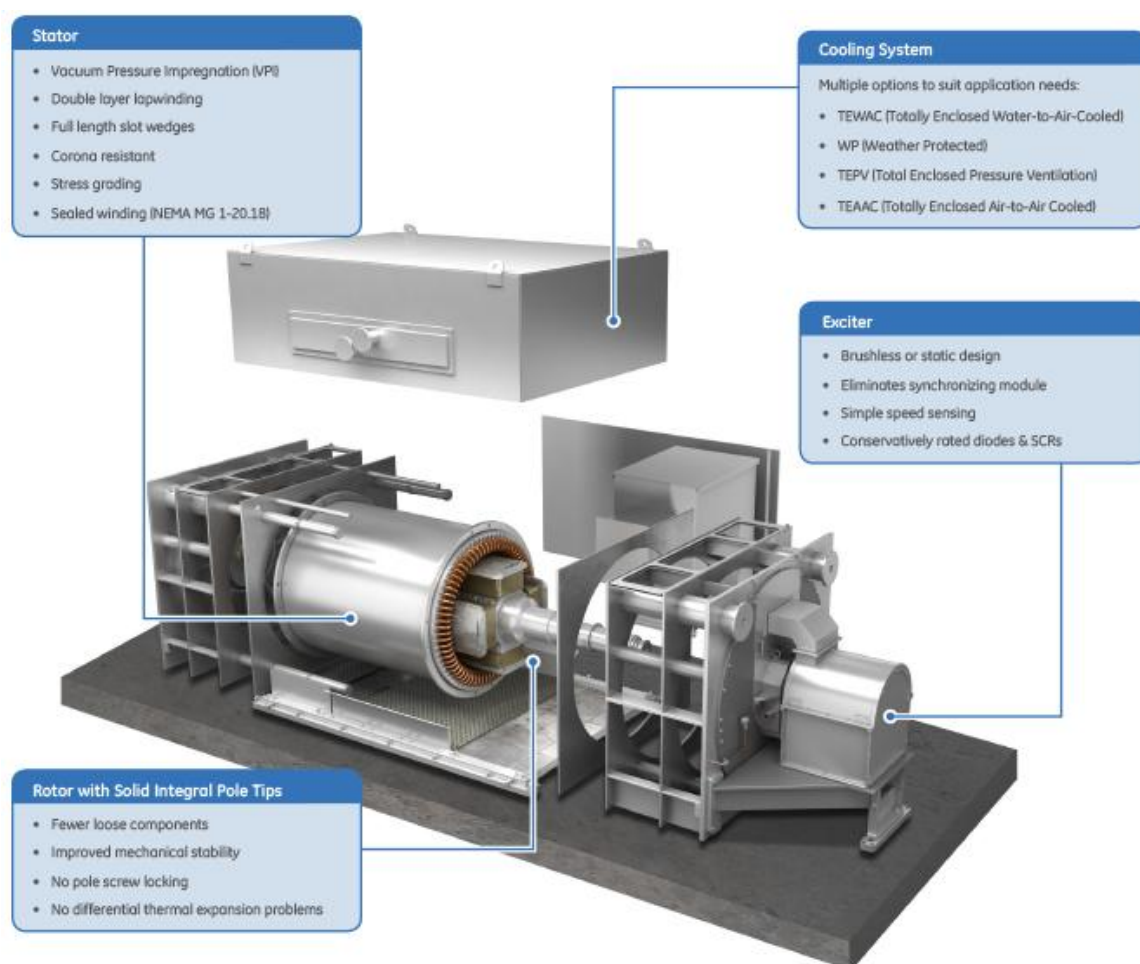
Στα μειονεκτήματα του συγκαταλέγεται

- Υψηλό λειτουργικό κόστος αλλά και ο κόστος συντήρησης,
- Πιθανότητα αποσυγχρονισμού του που προκαλεί μεγάλη βύθιση τάσης
- Λειτουργία με θόρυβο
- Μεγάλες απώλειες

Εκτός από κινητήρες ισχύος πάνω από 500KVA, το κόστος τους είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό των στατών πυκνωτών της ίδιας ισχύος

Από κατασκευαστικής άποψης δεν μπορούν να αναπτύξουν ροπή εκκίνησης και γι αυτό πρέπει να διαθέτουν έναν βοηθητικό εξοπλισμό για το σκοπό αυτό.

Στην εικόνα 1 που ακολουθεί φαίνεται μια διάταξη ΣΠ. Διακρίνονται ο Στάτης, ο Ρότορας, το Κύκλωμα Διέγερσης και η Μονάδα Ψύξης



Εικόνα 15: Πλήρης διάταξη ενός ΣΠ.

Η χρήση των σύγχρονων πυκνωτών είναι διαδεδομένη από τη δεκαετία του 1950 και πολλές φορές προτιμούνται έναντι των στατών πυκνωτών διότι οι τελευταίοι θερμαίνονται λόγω της ύπαρξης των αρμονικών. Οι σύγχρονοι πυκνωτές είναι επίσης χρήσιμοι στην διατήρηση σταθερής τάσης. Η άεργος ισχύς που παράγεται από τους στατους πυκνωτές είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης τους και έτσι μια μείωση της τάσης προκαλεί μείωση της παραγόμενης άεργου ισχύος ακριβώς τη στιγμή που η υπαρχή της είναι περισσότερο απαραίτητη ενώ αν η τάση αυξηθεί, αυξάνεται και η ισχύς προκαλώντας υπερτάσεις. Σε αντίθεση, ο σύγχρονος κινητήρας που διαθέτει ρυθμιζόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει περισσότερη ισχύ σε χαμηλές τάσεις και απορροφά ισχύ σε

υψηλές τάσεις. Έτσι βελτιώνεται η διακύμανση τάσης σε δίκτυα μεταφοράς

1.6.2.1 Εφαρμογές

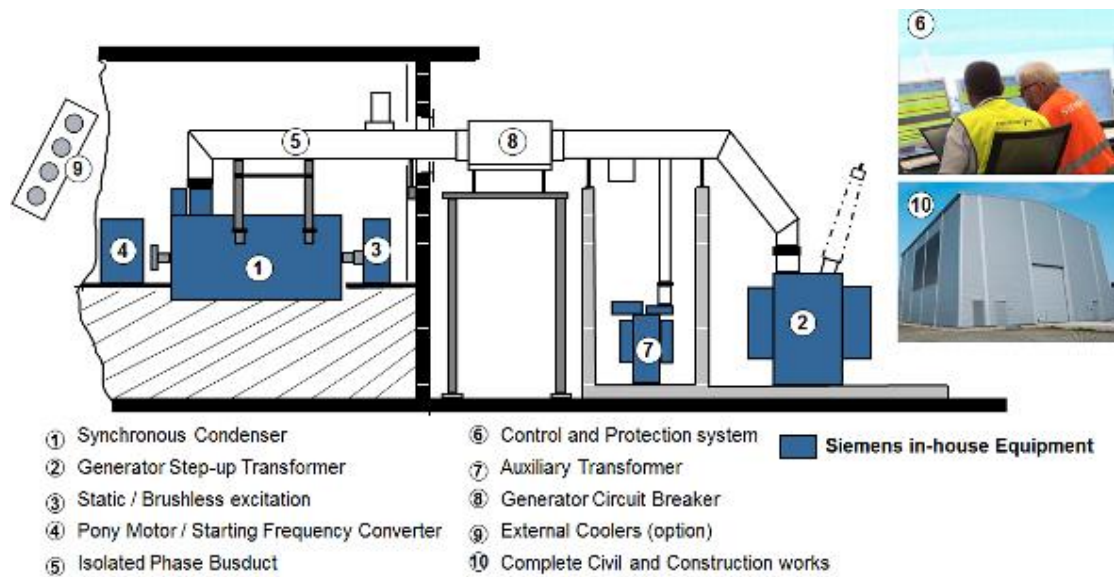
- Βιομηχανικοί Χώροι
- Εργοστάσια
- Ορυχεία
- Μύλοι
- Νοσοκομεία

Αντιλαμβάνεται κανείς εύκολα από το μέγεθος των εφαρμογών ότι και το μέγεθος των ΣΠ είναι αρκετά μεγάλο. Αυτό φαίνεται και στην εικόνα 2



Εικόνα 16:Μετακίνηση ενός ΣΠ στην πολιτεία Jackson των ΗΠΑ

Η εταιρεία Siemens έχει υλοποιήσει μια σειρά από μεγάλα έργα που αφορούν την αντιστάθμιση καταναλωτών. Έχει αναπτύξει το παρακάτω συστήματα αντιστάθμισης



Εικόνα 17: Το σύστημα αντιστάθμισης της Siemens με ΣΠ

Παραδείγματα εφαρμογής του παραπάνω συστήματος είναι τα ακόλουθα

Μαύρη Θάλασσα, Γεωργία

Εγκατάσταση τριών ΣΠ 60MVA_r στο σταθμό υψηλής τάσης συνεχούς ρεύματος (high-voltage direct current -HVDC) τον Ιούνιο του 2012. Αυτοί οι ΣΠ υποστηρίζουν το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ Γεωργίας και Τουρκίας



Εικόνα 18: Μαύρη Θάλασσα, Γεωργία

Bjaeverskov Δανία

Πρόκειται για ΣΠ ισχύος 250MVA_r που επιτρέπει στο δίκτυο να λειτουργεί χωρίς την ανάγκη άλλων σταθμών παραγωγής. Έτσι το δίκτυο έχει γίνει πιο οικολογικό και υπάρχει πλέον η δυνατότητα για εισαγωγή ισχύος από ΑΠΕ



Εικόνα 19: Bjaeverskov Δανία

1.6.3 Στατοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος

Η τεχνολογία των στατών αντισταθμιστών βασίζεται σε ημιαγωγικούς διακόπτες υψηλής διακοπτικής συχνότητας. Οι στατοί αντισταθμιστές συνδυάζουν τους συμβατικούς πυκνωτές και αυτεπαγωγές με την διακοπτική ικανότητα. Ως διακόπτες χρησιμοποιούνται thyristors. Η μεγάλη διακοπτική συχνότητα διασφαλίζει πλεονεκτήματα όπως συνεχή, γρήγορο και ακριβό έλεγχο της τάσης καθώς και εξάλειψη των μεταβατικών φαινομένων (υπερτάσεις).

Οι εφαρμογές με στατούς αντισταθμιστές ισχύος απαιτούν την εγκατάσταση φίλτρων για τη μείωση της έγχυσης ανώτερων αρμονικών που παράγονται από τις διακοπές του ρεύματος, στο δίκτυο ισχύος. Η ικανότητα απόδοσης άεργου ισχύος περιορίζεται από την χωρητικότητα των πυκνωτών.



Εικόνα 20: Πίνακας αντιστάθμισης

Η αντιστάθμιση Άεργου Ισχύος με στατούς αντισταθμιστές ισχύος συνίσταται για μεγάλους καταναλωτές, στη μέση ή στη χαμηλή τάση. Τα συστήματα αυτά έχουν πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Καλύτερη δυναμική συμπεριφορά (πολύ γρήγορη απόκριση για μη σταθερές καταστάσεις φορτίων).
- Σχετικά χαμηλό κόστος επένδυσης.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης.
- Ενσωματώνουν τον έλεγχο πυκνωτών αντιστάθμισης.

1.6.4 Σύγχρονοι στατοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος

Οι σύγχρονοι στατοί αντισταθμιστές άεργου ισχύος είναι μονάδες που έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν ή και να απορροφούν άεργο ισχύ. Αντί για thyristors ως διακόπτες, πυκνωτές και αυτεπαγωγές που χρησιμοποιούνται στους προηγούμενους εδώ χρησιμοποιούνται συσκευές ηλεκτρονικών ισχύος για να συνθέσουν την άεργο ισχύ στην έξοδό τους.



Εικόνα 21: Σύγχρονος στατός αντισταθμιστής που χρησιμοποιεί συσκευές ηλεκτρονικών ισχύος

Η άεργος ισχύς με τις δυνατότητες που μας δίνει η σημερινή εξέλιξη της τεχνολογίας μπορεί να καταπολεμηθεί αρκετά εύκολα. Τα οφέλη που προκύπτουν, αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά και τη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Εδώ και αρκετά χρόνια έχει εκδοθεί οδηγία για την ρύθμιση της άεργου ισχύος σε δημόσια κτίρια και υπηρεσίες. Σε ιδιωτικά κτίρια, υπάρχει μόνο οδηγία ρύθμισης άεργου ισχύος μόνο για τους ανελκυστήρες τους.

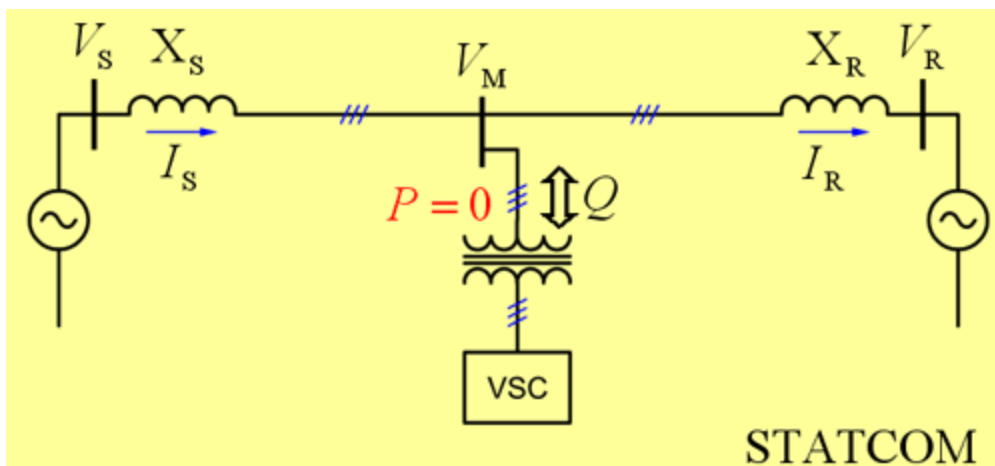
1.6.5 Σύγχρονες Μέθοδοι Αντιστάθμισης

Με την έντονη διεξόδυση των μονάδων Διεσπαρμένης Παραγωγής (ΔΠ) χρειάστηκε να αναπτυχθούν νέες σύγχρονες μέθοδοι για την αντιμετώπιση των διακυμάνσεων της τάσης, χρησιμοποιώντας κατά κύριο λόγο πολύπλοκα συστήματα ηλεκτρονικών ισχύος. Τα κυριότερα εξ' αυτών είναι:

- STATCOM, SVC
- Πυκνωτής Σειράς Ελεγχόμενος από Θυρίστορ (TCSC)
- Ρυθμιστής Φασικής Γωνίας Ελεγχόμενος από Θυρίστορ (TCPAR ή TCPST)
- Μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας
- Περικοπή ενεργού ισχύος της ΔΠ
- Έλεγχος της αέργου ισχύος των αντιστροφών της ΔΠ

1.6.5.1 STATCOM, SVC

Το STATCOM (Static Compensator) είναι μια συσκευή ρύθμισης αποτελούμενη από ηλεκτρονικά ισχύος (κυριότερο είναι τα IGBTs) η οποία μπορεί να λειτουργήσει ως πηγή ή ως καταβόθρα αέργου ισχύος. Συνήθως το STATCOM χρησιμοποιείται σε δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας που παρουσιάζουν χαμηλό συντελεστή ισχύος ή «φτωχή» ρύθμιση τάσης. Ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί επίσης και για βελτίωση της ευστάθειας της τάσης. Το STATCOM λειτουργεί με τη λογική μετατροπέα τάσης-πηγής (Voltage-Source Converter – VSC), με μια πηγή τάσης πίσω από μια επαγωγική αντίδραση.



Εικόνα 22: Μέθοδος Ρύθμισης Τάσης με STATCOM

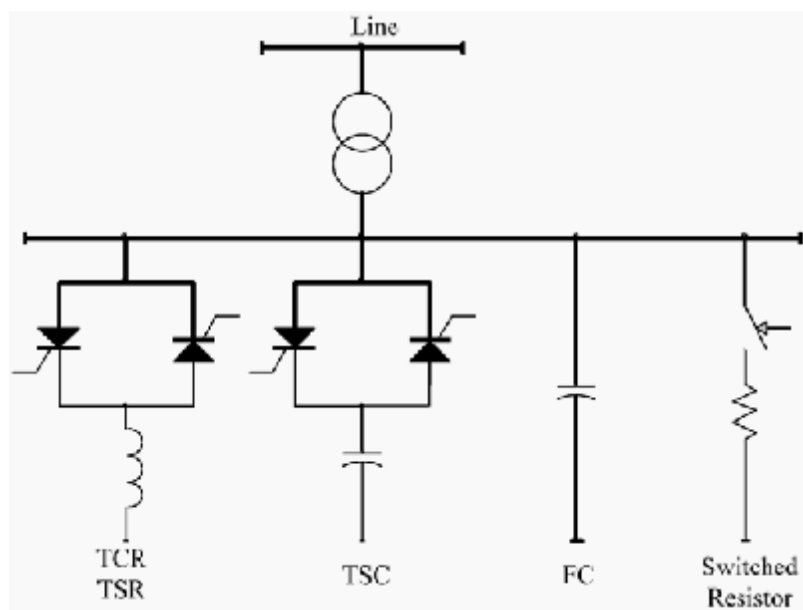
Η πηγή τάσης είναι ένας DC πυκνωτής, με συνέπεια το STATCOM να έχει πολύ μικρή δυνατότητα παραγωγής ενεργού ισχύος. Ωστόσο, αυτή μπορεί να αυξηθεί αν τοποθετηθεί παράλληλα στον πυκνωτή μια

κατάλληλη συσκευή αποθήκευσης ενέργειας. Η άεργος ισχύς στους ακροδέκτες του STATCOM εξαρτάται από το πλάτος της τάσης της πηγής. Για παράδειγμα, αν η τάση των ακροδεκτών είναι μεγαλύτερη από την AC τάση στο σημείο διασύνδεσης, το STATCOM παράγει άεργο ισχύ, ενώ αντίθετα αν είναι μικρότερη τότε απορροφά άεργο ισχύ.



Εικόνα 23: Μονάδες STATCOM της εταιρείας ABB

Μια παρόμοια, αλλά απλούστερη, διάταξη που χρησιμοποιείται είναι το Static Var Compensator (SVC). Αποτελείται κι αυτή από ηλεκτρονικά ισχύος, με τα συνηθέστερα να είναι τα θυρίστορ.



Εικόνα24: Static VAR Compensators (SVC) διάγραμμα

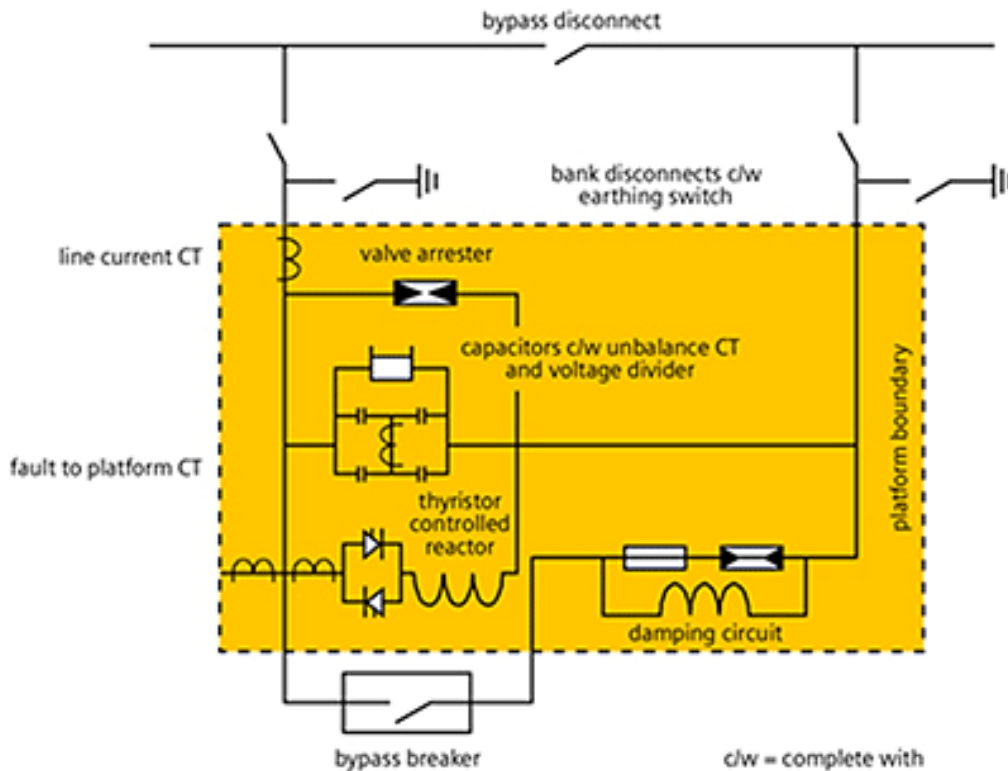
Τα STATCOM παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά από τα SVC. Ο χρόνος απόκρισης των STATCOM είναι μικρότερος από των SVC, όπως και η δημιουργία αρμονικών συνιστωσών, κυρίως λόγω της μεγαλύτερης διακοπτικής συχνότητας των IGBT σε σχέση με τα θυρίστορ. Τα STATCOM επίσης προσφέρουν καλύτερη υποστήριξη αέργου ισχύος όταν η τάσεις είναι χαμηλές, καθώς η αέργος ισχύς τους μειώνεται γραμμικά με την τάση, αντίθετα με τα SVC όπου η αέργος ισχύς είναι ανάλογη με το τετράγωνο της τάσης. Ωστόσο, τα STATCOM παρουσιάζουν μεγαλύτερες απώλειες και είναι ακριβότερα από τα SVC, με αποτέλεσμα τα τελευταία να χρησιμοποιούνται ακόμη εκτενώς.



Εικόνα 25: Μονάδες SVC της εταιρείας ABB στη Φινλανδία

1.6.5.2 Πυκνωτής Σειράς Ελεγχόμενος από Θυρίστορ (TCSC)

Πρόκειται για σειριακή αντιστάθμιση. Ένα τυπικό TCSC μπορεί να παρέχει συνεχόμενο έλεγχο της ισχύος στη γραμμή μεταφοράς με μία μεταβλητή χωρητική αντιστάθμιση. Το TCSC επιτυγχάνει μια συνεχή μεταβολή της εν σειρά επαγωγικής αντίδρασης της γραμμής, με αποτέλεσμα τη μείωση ή αύξηση της φόρτισης κυματικής αντίστασης, και με αυτόν τον τρόπο, το TCSC μπορεί να τροφοδοτεί (κατά την υπερφόρτιση) ή να απορροφά (κατά την υποφόρτιση) αέργο ισχύ.



Εικόνα 26: Μονογραμμικό διάγραμμα ενός TCSC

Το TCSC είναι παρόμοιο με το SVC. Η διαφορά τους είναι ότι το TCSC συνδέεται σε σειρά με τη γραμμή μεταφοράς, ενώ το SVC συνδέεται παράλληλα σε ένα τοπικό ζυγό. Σε αντίθεση, με το SVC, τα αρμονικά ρεύματα που παράγονται από το TCR δεν τείνουν να διαφύγουν από το δίκτυο. Στο TCSC, τα αρμονικά ρεύματα παγιδεύονται στο εσωτερικό του, λόγω χαμηλής αντίδρασης του πυκνωτή, σε σχέση με την ισοδύναμη αντίδραση του δικτύου. Το TCSC παρέχει γρήγορο συνεχόμενο έλεγχο του σειριακού επιπέδου αντιστάθμισης της γραμμής μεταφοράς, αυξάνει τη μεταφερόμενη ισχύ της γραμμής, βελτιώνει το προφίλ της τάσης, ενώ με κατάλληλες προστατευτικές διατάξεις μπορεί να συμβάλει στη μείωση του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Επίσης αποτελεί ένα αποδοτικό μέσο για τη βελτίωση της ευστάθειας του δικτύου και έχει αποδειχτεί πολύ αποτελεσματικός στην απόσβεση του φαινομένου του υπό- σύγχρονου συντονισμού (Sub-Synchronous Resonance, SSR), ένα ανεπιθύμητο φαινόμενο που είναι αποτέλεσμα της χρήσης πυκνωτών σειράς, και των ταλαντώσεων ισχύος. Ιστορικά, η αντιστάθμιση σειράς εφαρμοζόταν κυρίως για τη μεταφορά ισχύος σε μεγάλες αποστάσεις, ενώ με την πρόσφατη ανάπτυξη των ελεγχόμενων πυκνωτών σειράς, έχουν βελτιωθεί τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και απόδοσης του σειριακού αντισταθμιστή και έχουν δημιουργηθεί νέες δυνατότητες εφαρμογών στον έλεγχο της ροής

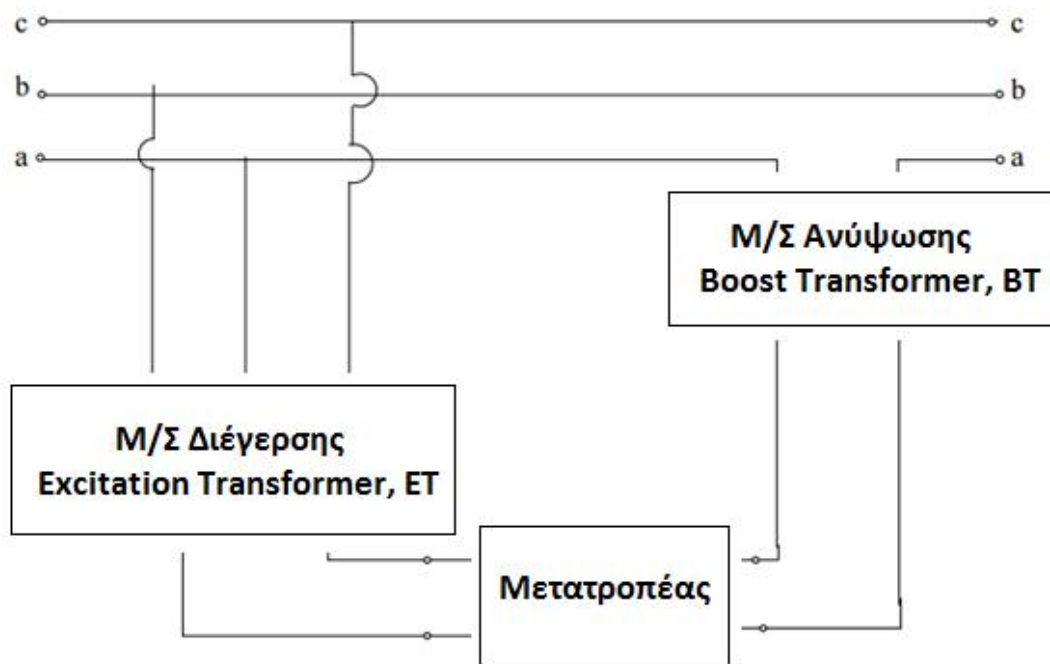
ισχύος σε διασυνδεδεμένα δίκτυα και στην απόσβεση ταλαντώσεων ισχύος σε διασυνδετικές γραμμές.



Εικόνα27: Μια εγκατάσταση TCSC

1.6.5.3 Ρυθμιστής Φασικής Γωνίας Ελεγχόμενος από Θυρίστορ (TCPAR ή TCPST)

Σε πολλές περιπτώσεις, η ικανότητα μεταφοράς ενός ΣΗΕ βελτιώνεται, μειώνοντας την κυκλοφορία ισχύος σε βρόχους, ή εκτρέποντας τη ροή ισχύος από γραμμές που βρίσκονται στα όρια στατικής ευστάθειας προς παράλληλες γραμμές με μεγαλύτερα περιθώρια. Για αυτό το λόγο ρυθμιστές φασικής γωνίας (Phase Shifting Transformer, PST ή Phase Angle Regulator, PAR) (της τάσης) χρησιμοποιούνται από το 1930 για τον έλεγχο της ροής ισχύος σε γραμμές μεταφοράς στην μόνιμη κατάσταση λειτουργίας, χρησιμοποιώντας μετασχηματιστές με κατάλληλη συνδεσμολογία τυλιγμάτων. Το κύκλωμα ισχύος του ρυθμιστή αποτελείται από ένα μετασχηματιστή διέγερσης (Excitation Transformer, ET) από ένα μετασχηματιστή ανύψωσης (Boost Transformer, BT) και ένα μετατροπέα (converter). Οι δευτερεύουσες περιελίξεις (secondary windings) του μετασχηματιστή διέγερσης, συνδέονται παράλληλα, υποστηρίζοντας το μετασχηματιστή ανύψωσης που συνδέεται σε σειρά με τη γραμμή μεταφοράς. Ο μετασχηματιστής διέγερσης παρέχει την τάση εισόδου για το ρυθμιστή φασικής γωνίας, ενώ ο μετασχηματιστής ανύψωσης εγγχεί μία ελεγχόμενη τάση, σε σειρά με τη γραμμή.

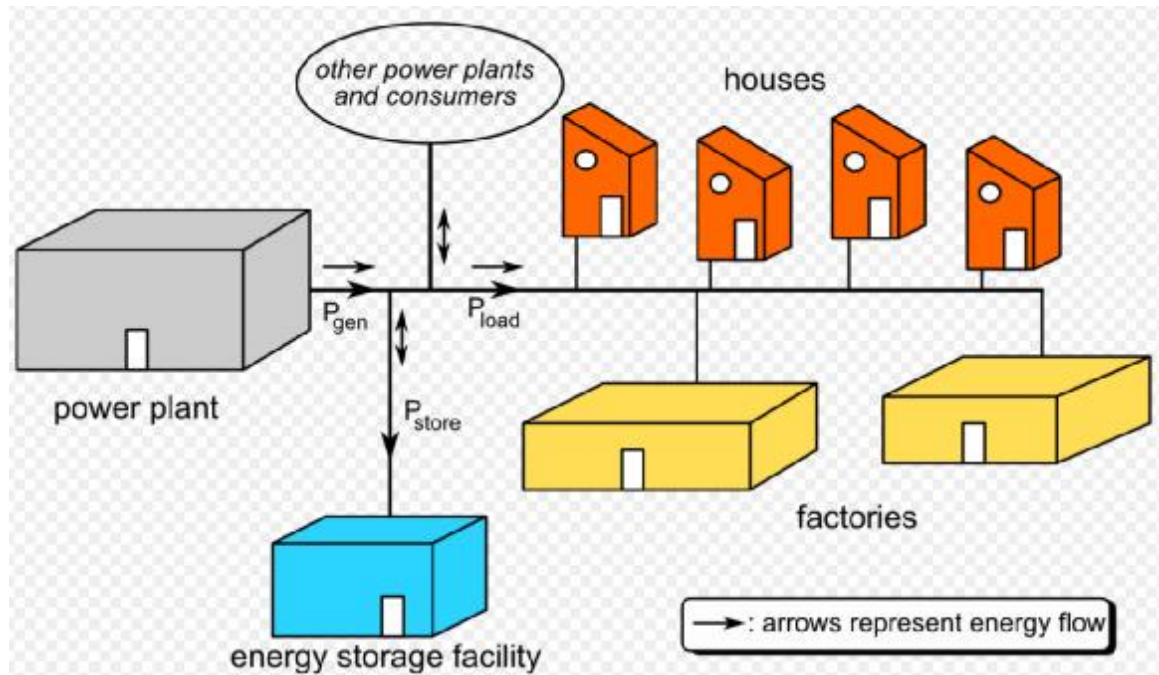


Εικόνα 28: Διάγραμμα ενός Ρυθμιστής Φασικής Γωνίας Ελεγχόμενος από Θυρίστορ

Το μέτρο και/ ή γωνία της ελεγχόμενης φάσης εξαρτάται από το μετατροπέα. Το τμήμα του μετατροπέα ενός συνηθισμένου ρυθμιστή φασικής γωνίας αποτελείται από μηχανικούς διακόπτες. Οι τυπικοί ρυθμιστές φασικής γωνίας δεν έχουν σαν σκοπό να βοηθήσουν στην αύξηση της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας σε μία γραμμή μεταφοράς και ως εκ τούτου δεν προορίζονται να χρησιμοποιηθούν σε γραμμές μεγάλου μήκους. Τα κύρια τεχνικά μειονεκτήματα ενός τυπικού ρυθμιστή φασικής γωνίας είναι: η αργή απόκριση λόγω της υπάρχουσας αδράνειας των μηχανικών διακοπών, τα μειωμένα όρια ζωής και η απαίτηση για διατήρηση της συχνότητας σχετικά με τη μηχανική καταπόνηση και τη γήρανση του λαδιού. Το πρώτο μειονέκτημα αφορά τις εφαρμογές του ρυθμιστή φασικής γωνίας μόνο για τη μόνιμη κατάσταση λειτουργίας και παράλληλα για τη ρύθμιση της τάσης. Το δεύτερο μειονέκτημα αντισταθμίζεται μερικώς, από το σύνολο των βοηθητικών ημιαγωγικών στοιχείων. Με την εφαρμογή των ελεγκτών ηλεκτρονικών ισχύος, η λειτουργία των αναβαθμισμένων ρυθμιστών φασικής γωνίας έχει γίνει πολύ πιο γρήγορη και επιτρέπει τη δυναμική ρύθμιση της ροής ισχύος, την απόσβεση των ταλαντώσεων και τη βελτίωση της μεταβατικής ευστάθειας του συστήματος αλλά και την ενίσχυση της ευστάθειας της τάσης. Αυτοί ονομάζονται ρυθμιστές φασικής γωνίας ελεγχόμενοι από θυρίστορ (Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer, TCPST ή Thyristor Controlled Phase Angle Regulator, TCPAR).

1.6.5.4 Μέσα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Μια έξυπνη λύση για την αντιμετώπιση των φαινομένων ανύψωσης και βύθισης τάσης που παρουσιάζονται στα σύγχρονα ενεργά δίκτυα διανομής είναι η εγκατάσταση μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πιο δημοφιλείς μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι οι συστοιχίες μπαταριών και τα flywheels (στρεφόμενες μηχανές που αποθηκεύουν την ηλεκτρική ενέργεια ως κινητική ενέργεια).



Εικόνα 29: Δίκτυο με μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Χρησιμοποιώντας τέτοια μέσα έχουμε τη δυνατότητα να αποθηκεύουμε περίσσεια παραγόμενης ισχύος από τις μονάδες διεσπαρμένης παραγωγής, έτσι ώστε να μην ρέει αντίστροφα μέσα στο δίκτυο προκαλώντας ανύψωση των τάσεων. Αντίστοιχα, αν κάποια περίοδο της ημέρας παρουσιαστεί έλλειψη ισχύος στο δίκτυο και οι τάσεις βυθιστούν, τα μέσα αποθήκευσης μπορούν να δράσουν ως πηγές ισχύος τροφοδοτώντας τα φορτία και βοηθώντας στη ρύθμιση της τάσης.



Εικόνα 30: Η μηχανή flywheel G2 της NASA

1.6.5.5 Περικοπή ενεργού ισχύος της ΔΠ

Στην τεχνική αυτή αξιοποιούνται οι δυνατότητες λειτουργίας των ηλεκτρονικών ισχύος (κυρίως των αντιστροφών), που βρίσκονται εγκατεστημένοι στην έξοδο των μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής, για την αντιμετώπιση του φαινομένου ανύψωσης τάσης που προκαλείται από την έντονη διείδυση της ΔΠ στα δίκτυα διανομής. Η λογική της Περικοπής Ενεργού Ισχύος (Active Power Curtailment – APC) βασίζεται στη μέτρηση και τον έλεγχο της τάσης στο σημείο κοινής σύνδεσης του αντιστροφέα με το δίκτυο. Όσο αυτή παραμένει εντός κάποιων επιλεγμένων επιθυμητών ορίων, τότε η παραγωγή ενεργού ισχύος της αντίστοιχης μονάδας ΔΠ αποδίδεται ολόκληρη στο δίκτυο. Σε περίπτωση όμως που η μετρούμενη τάση ξεπεράσει την επιτρεπτή τιμή, τότε ο αντιστροφέας αποφασίζει να «κόψει» μια ποσότητα από την παραγόμενη ενεργό ισχύ της μονάδας. Σε ακραίες περιπτώσεις ανύψωσης τάσης, μπορεί να χρειαστεί να απομονώσει πλήρως τη μονάδα από το δίκτυο, εκμηδενίζοντας την αποδιδόμενη ενεργό ισχύ της.

1.6.5.6 Έλεγχος της αέργου ισχύος των αντιστροφών της ΔΠ

Και αυτή η μέθοδος αξιοποιεί τους αντιστροφείς των μονάδων ΔΠ αλλά για τον έλεγχο της αέργου ισχύος σε αυτήν την περίπτωση, αντίθετα με την τεχνική APC που ελέγχει την ενεργό ισχύ. Η λογική της βασίζεται σε αυτήν των σύγχρονων πυκνωτών, ότι δηλαδή μπορεί να επιτευχθεί ρύθμιση της τάσης μεταβάλλοντας την παραγωγή και την απορρόφηση αέργου ισχύος σε επιλεγμένα σημεία του δικτύου. Η διαφορά της μεθόδου αυτής είναι ότι τα σημεία είναι προκαθορισμένα, είναι οι κόμβοι κοινής σύνδεσης των μονάδων ΔΠ με το δίκτυο, και ότι δεν χρειάζεται πρόσθετος εξοπλισμός πέρα από αντιστροφείς που να έχουν τη δυνατότητα ελέγχου της ροής αέργου ισχύος τους. Ο έλεγχος της αέργου ισχύος γίνεται με τη μεταβολή του συντελεστή ισχύος λειτουργίας του αντιστροφέα, γι' αυτό και η μέθοδος αυτή ονομάζεται συχνά Έλεγχος Συντελεστή Ισχύος (Power Factor Control – PFC). Δουλεύοντας με επαγωγικό ΣΙ, ο αντιστροφέας έχει τη δυνατότητα να απορροφήσει άεργο ισχύ, ενώ δουλεύοντας με χωρητικό ΣΙ μπορεί να αποδώσει άεργο ισχύ στο δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό συνεισφέρει στη ρύθμιση των τάσεων, απορροφώντας άεργο όταν παρατηρείται ανύψωση της τάσης και παράγοντας άεργο όταν παρατηρείται βύθιση της.

1.7 Κατηγορίες φορτίων που συμβάλλουν στην αυξημένη κατανάλωση αέργου ισχύος

1.7.1 Λειτουργία συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων

Τα κύρια προβλήματα της λειτουργίας των συμβατικών κλιματιστικών μηχανημάτων είναι οι συχνές εκκινήσεις και η αδυναμία προσαρμογής του κινητήρα στην καμπύλη του φορτίου κατά τη λειτουργία του. Η παρούσα κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως εξής:

α) Τα σύγχρονα, πιστοποιημένα και υψηλού κόστους κτήσης, «επώνυμα» κλιματιστικά μηχανήματα ρυθμίζουν το ρεύμα εκκίνησης με inverter και συνήθως προσαρμόζουν τη λειτουργία του κινητήρα ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου. Το πρόβλημα των εν λόγω κλιματιστικών μηχανημάτων δεν είναι κυρίως η χαμηλή τιμή του Συντελεστή Ισχύος, αλλά η εισαγωγή αρμονικών στο δίκτυο με αντίστοιχη υποβάθμιση της ποιότητας τάσης.

β) Τα παλαιού τύπου κλιματιστικά μηχανήματα (χωρίς inverter) και γενικότερα «ανώνυμες» συσκευές, συνήθως χαμηλού κόστους κτήσης και χωρίς οποιαδήποτε τυποποίηση, συνήθως λειτουργούν με χαμηλή τιμή του Συντελεστή Ισχύος (από 0,55 έως 0,8).

Για παράδειγμα, μια τυπική επώνυμη μονάδα 18000 BTU έχει ισχύ $P=1850W$ με Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) περίπου ίσο με 0,9 για τάση λειτουργίας $U=230V$ μονοφασικό και ασφαρίζεται με μικροαυτόματο

16Α. Εάν μία τέτοια μονάδα λειτουργεί 14 ώρες ημερησίως στη θερινή περίοδο σε ένα χώρο με μέτριες θερμικές απώλειες (όχι συχνά ανοιγο-κλεισίματα παραθύρων και θυρών κλπ) αναμένονται 8-10 εκκινήσεις συνολικά, στην διάρκεια των οποίων το φορτίο δεν είναι σταθερό. Συνεπώς έχουμε:

α) Σημαντικό αριθμό εκκινήσεων στη διάρκεια των οποίων το ρεύμα εκκίνησης είναι πολλαπλάσιο του αντίστοιχου κανονικής λειτουργίας και προκαλεί τοπική πτώση τάσης στο δίκτυο.

β) Κατά την εκκίνηση (αρχικά στις χαμηλές στροφές περιστροφής κινητήρα) η τιμή του Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) είναι ιδιαίτερα χαμηλή.

γ) Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του μηχανήματος, χωρίς δυνατότητα προσαρμογής των στροφών του κινητήρα στην καμπύλη του φορτίου, έχουμε χαμηλό συντελεστή ισχύος για φόρτιση μικρότερη του 100% (ιδανική συνθήκη). Ενδεικτικά για φόρτιση 100% έχουμε Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,9, για φόρτιση 75% έχουμε Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,87, για φόρτιση 50% Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,78 και για φόρτιση 25% Συντελεστή Ισχύος ($\cos\phi$) =0,6.

Τα ίδια προβλήματα παρουσιάζουν μηχανήματα που λειτουργούν με ασύγχρονους (επαγωγικούς) κινητήρες π.χ. για οικιακής καταναλώσεως ψυγεία και αντίστοιχα ψυκτικές μονάδες μεγαλύτερης ισχύος ή κεντρικές κλιματιστικές μονάδες.

1.7.2 Μη γραμμικά φορτία: Εισαγωγή αρμονικών

Η ύπαρξη διατάξεων ηλεκτρονικών ισχύος (inverters, soft starters κλπ), ανορθωτικών διατάξεων AC-DC και γενικότερα η ύπαρξη μη γραμμικών φορτίων επηρεάζει και αλλοιώνει την ημιτονοειδή μορφή της τάσης. Αποτελέσματα της αλλοίωσης αυτής είναι η δημιουργία αρμονικών στο δίκτυο και η μη αποτελεσματική χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι αρμονικές που εγχέονται στο δίκτυο επηρεάζουν τον υπόλοιπο εξοπλισμό δημιουργώντας τα ακόλουθα προβλήματα:

α) αυξημένες απώλειες

β) θέρμανση κινητήρων, καλωδίων και μετασχηματιστών

γ) παρεμβολές σε ηλεκτρονικό εξοπλισμό και ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις. Είναι σκόπιμο το ζήτημα αυτό να μελετηθεί εκτενώς, με στόχο τη λήψη μέτρων αναφορικά με την πιστοποίηση του εξοπλισμού και την εφαρμογή των σχετικών προτύπων.

1.7.3 Αρδευτικά συστήματα άντλησης και επίδραση στις αιχμές

Τα αρδευτικά συστήματα άντλησης έχουν σημαντικά μειωμένο τιμολόγιο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σύμφωνα με τις σχετικές συμβάσεις προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας, υφίσταται υποχρέωση των Πελατών αυτών να μην απορροφούν ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες αιχμής του φορτίου του Συστήματος, οι οποίες καθορίζονται από τη ΔΕΗ, δηλαδή το μειωμένο τιμολόγιο ισχύει μόνο για τις ώρες εκτός αιχμής του Συστήματος.

Ο περιορισμός αυτός υπεβλήθη αφενός για λόγους καλής λειτουργίας του ηλεκτρικού συστήματος, και ιδίως μετά τη μετατόπιση της αιχμής του φορτίου του Συστήματος στο θέρος (μετά το 1992) και αφετέρου για σοβαρούς περιβαλλοντικούς λόγους, οι οποίοι έχουν να κάνουν με την εύλογη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Ειδικότερα, υπολογίζεται ότι, στην περίπτωση άρδευσης κατά τη διάρκεια της ημέρας, 40% του ύδατος εξατμίζεται πριν καταπέσει στο έδαφος, ενώ 20% της ποσότητας που πέφτει στο έδαφος εξατμίζεται πριν απορροφηθεί από αυτό (ήτοι συνολικές απώλειες ύδατος άνω του 50%).

Δυστυχώς, η ανεξέλεγκτη παραβίαση κατά τα προηγούμενα έτη των περιορισμών αυτών, έχει οδηγήσει αφενός στην επιβάρυνση της συνολικής κατανάλωσης του ηλεκτρικού συστήματος με περίπου 700 MW σε όλη την Ελλάδα, από τα οποία 400 MW περίπου στη Θεσσαλία, κατά τις ώρες της θερινής αιχμής, και μάλιστα σε περιοχές ιδιαίτερα σημαντικές για την ευστάθεια του Συστήματος μεταφοράς, και αφετέρου στην δραματική υποβάθμιση του υδροφόρου ορίζοντα των γεωργικών περιοχών με ορατό τον κίνδυνο ερημοποίησης.

Από πλευράς ηλεκτρικού συστήματος, η τήρηση του περιορισμού μη λειτουργίας των αρδευτικών συστημάτων κατά τις ώρες της ημέρας θα συμβάλει αποφασιστικά στη διασφάλιση της καλής λειτουργίας του συστήματος και στη σημαντική μείωση της πιθανότητας εμφάνισης προβλημάτων αστάθειας τάσης ή ανεπάρκειας ισχύος.

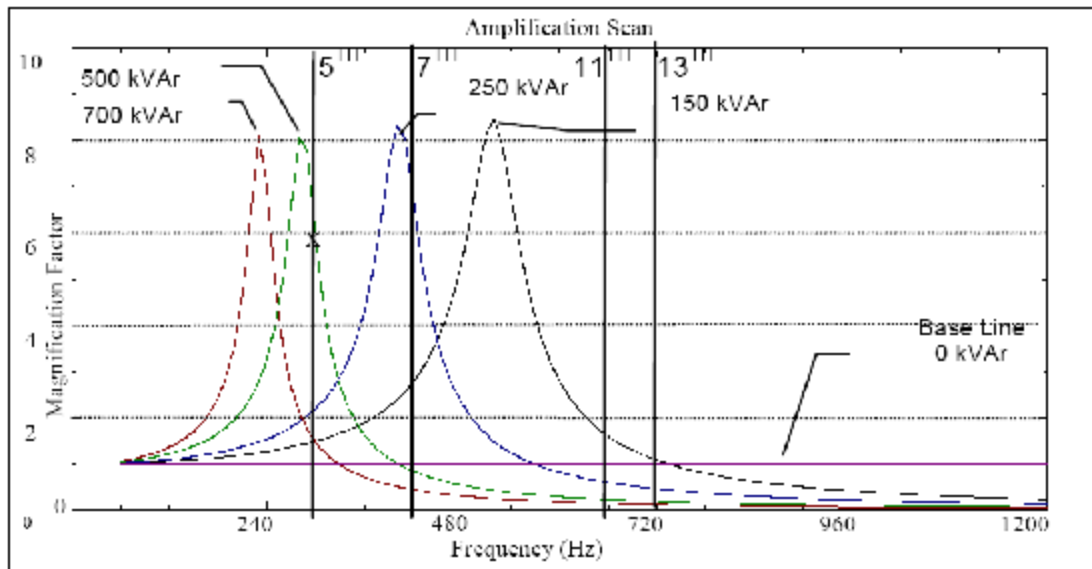
Η ελεγχόμενη περικοπή μη κρίσιμων φορτίων κατά τις ώρες αιχμής του Συστήματος, με προτεραιότητα στα αρδευτικά φορτία, θα ήταν δυνατή χωρίς πρόσθετες παρεμβάσεις, αφού για το μέγεθος του αναμενόμενου οφέλους κατά τις ώρες της θερινής αιχμής (περίπου 250 MW) η περικοπή είναι δυνατή μέσω των τοπικών συστημάτων τηλεχειρισμών.

Για να επιτευχθεί ικανοποιητική διόρθωση του Συντελεστή Ισχύος, θα πρέπει το Σύστημα Διόρθωσης Συνημίτονου να σχεδιαστεί ειδικά για το σύστημα στο οποίο προορίζεται.

1.7.4 Αρμονικές και αντιστάθμιση αέργου ισχύος

Η αντιστάθμιση αέργου ισχύος στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις γίνεται συνήθως με πυκνωτές. Οι αρμονικές θα πρέπει να

λαμβάνονται υπόψη σε τέτοιες μελέτες λόγω του παράλληλου συντονισμού μεταξύ πυκνωτών και επαγωγής της πηγής του συστήματος.



Εικόνα 31: Μεταφορά της συχνότητας συντονισμού προς τη βασική αρμονική με την προσθήκη πυκνωτών

Όπως φαίνεται και από το παραπάνω σχήμα η προσθήκη όλο και περισσότερων πυκνωτών έχει ως αποτέλεσμα να μεταφέρει τη συχνότητα συντονισμού προς τη βασική αρμονική μεγεθύνοντας τα πλάτη συγκεκριμένων αρμονικών ρευμάτων. Προς αποφυγή των παραπάνω, η διόρθωση του συνημιτόνου θα πρέπει πάντα να πραγματοποιείται σε συνδυασμό με συντονισμένα πηνία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

2.1 Γενικά στοιχεία ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων

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

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

Η συχνότητα των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων είναι 50HZ.

2.2 Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων

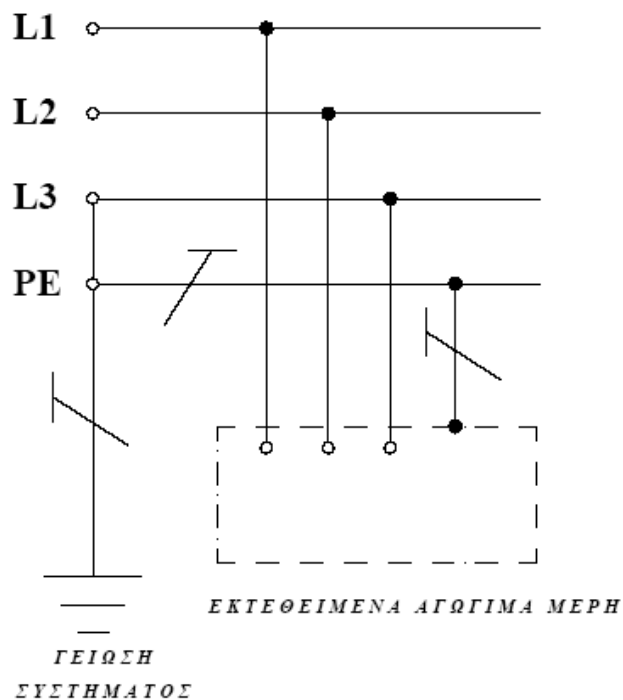
Πριν το 2004 υπήρχε ένας κανονισμός εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων τον λεγόμενο ΚΕΗΕ, αλλά στις 5 Μαρτίου 2004 δημοσιεύθηκε η απόφαση του υπουργού ανάπτυξης (ΦΕΚ470B/5-3-04) με την οποία αντικαθίσταται ο παλιός κανονισμός από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384. Το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 είναι υποχρεωτική η εφαρμογή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

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

2.3 Συστήματα σύνδεσης γειώσεων

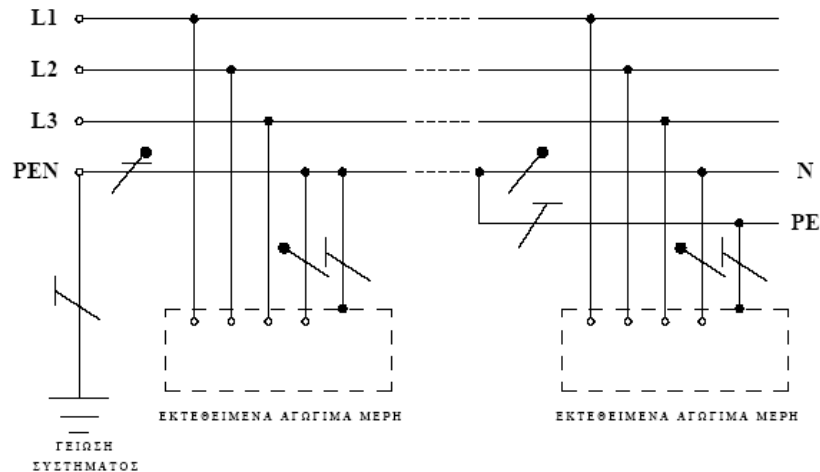
2.3.1 Σύστημα TN

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



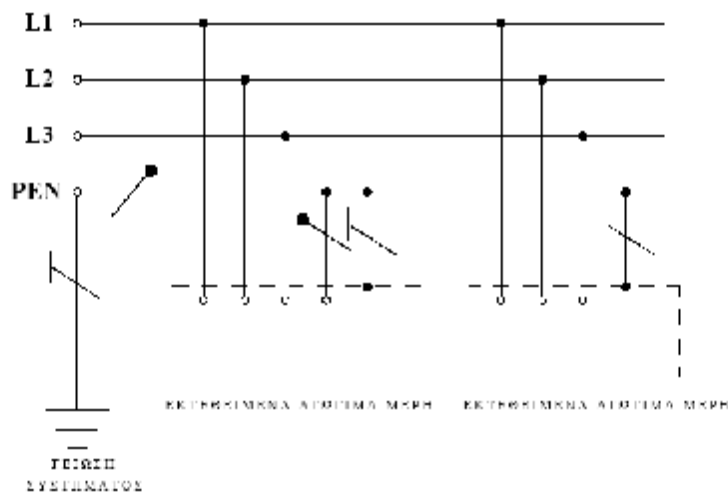
Χωριστοί γειωμένος αγωγός φάσης και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα

Εικόνα 32: Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-S



Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος

Εικόνα 33: Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C-S



Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα

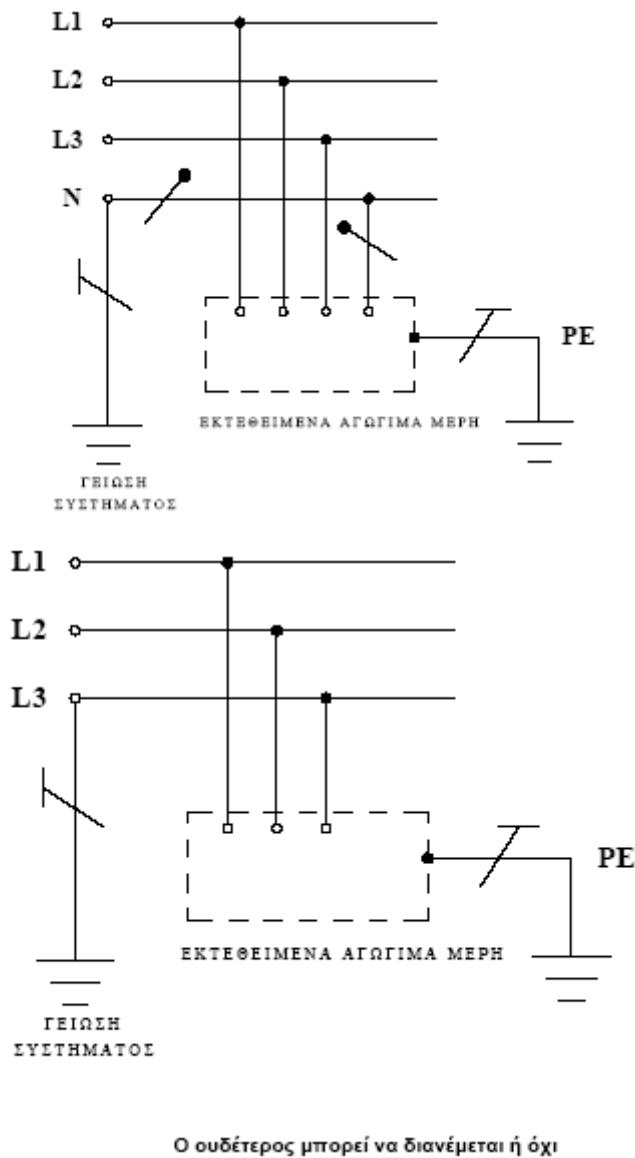
Εικόνα 34: Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C

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

2.3.2 Σύστημα TT

Στο σύστημα TT ο ουδέτερος αγωγός είναι συνδεδεμένος με τη γη. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει ουδέτερος αγωγός μπορεί να είναι

γειωμένο ένα άλλο σημείο του συστήματος όπως για παράδειγμα ένας αγωγός φάσης του μετασχηματιστή στον υποσταθμό διανομής. Επίσης από την πλευρά της κατανάλωσης όλα τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη είναι συνδεδεμένα με τη γη μέσω ηλεκτροδίων γείωσης τα οποία όμως είναι ανεξάρτητα από την γείωση του συστήματος τροφοδοσίας.

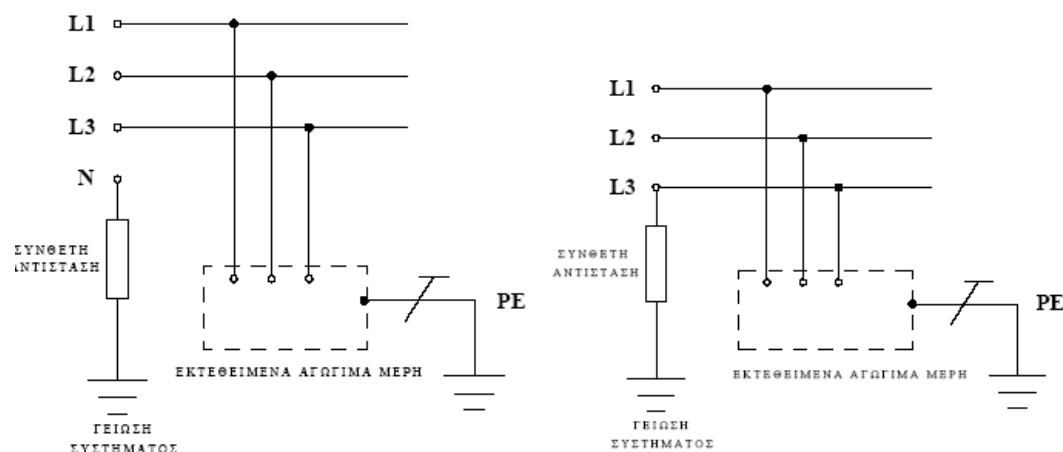


Εικόνα 35: Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT

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

2.3.3 Σύστημα IT

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



Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι

Εικόνα 36: Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT

2.4 Γειώσεις

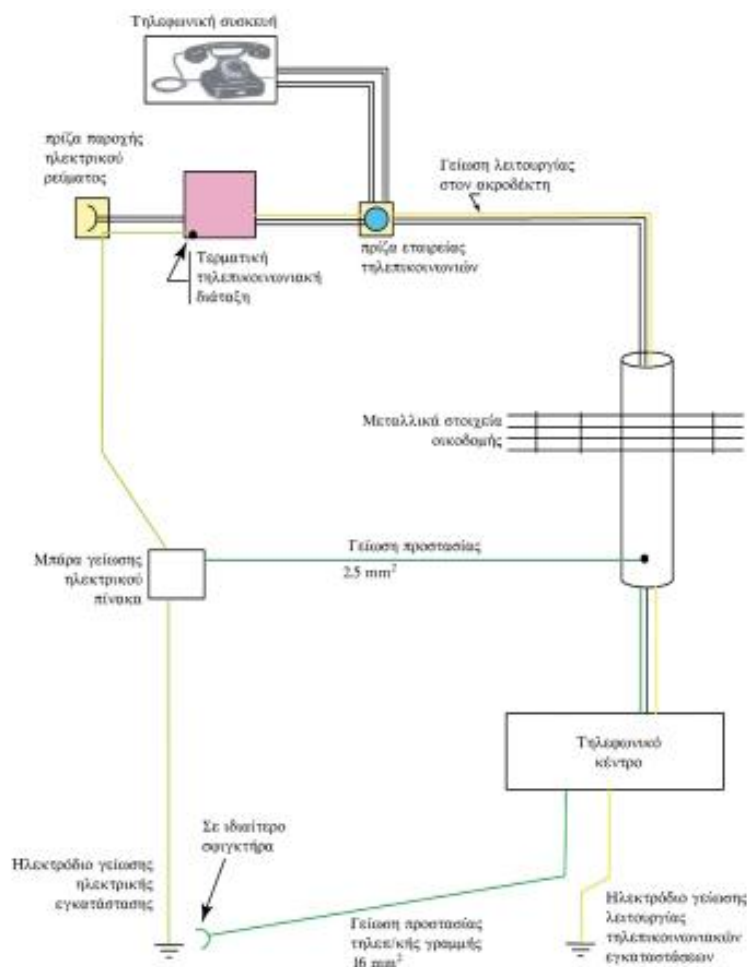
Γείωση είναι η αγωγίμη σύνδεση κάποιου σημείου ενός κυκλώματος ή ενός εκτεθειμένου αγωγίμου μέρους μια ηλεκτρικής εγκατάστασης ή ενός αγωγίμου ξένου στοιχείου με την γη μέσω μια διάταξης γείωσης. Υπάρχουν τρία είδη γειώσεων

Γείωση λειτουργίας: πρόκειται για τη γείωση ενός σημείου της εγκατάστασης που ανήκει σε κάποιο κύκλωμα λειτουργίας της εγκατάστασης.

Γείωση προστασίας: πρόκειται για την γείωση των εκτεθειμένων αγωγίμων τμημάτων της εγκατάστασης

Γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας: πρόκειται για τη γείωση που έχει σαν σκοπό τη διοχέτευση προς τη γη του ρεύματος από τους κεραυνούς.

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



Εικόνα 37: Τα τρία είδη γειώσεων

2.5 Ηλεκτρολογικό υλικό χαμηλής τάσης

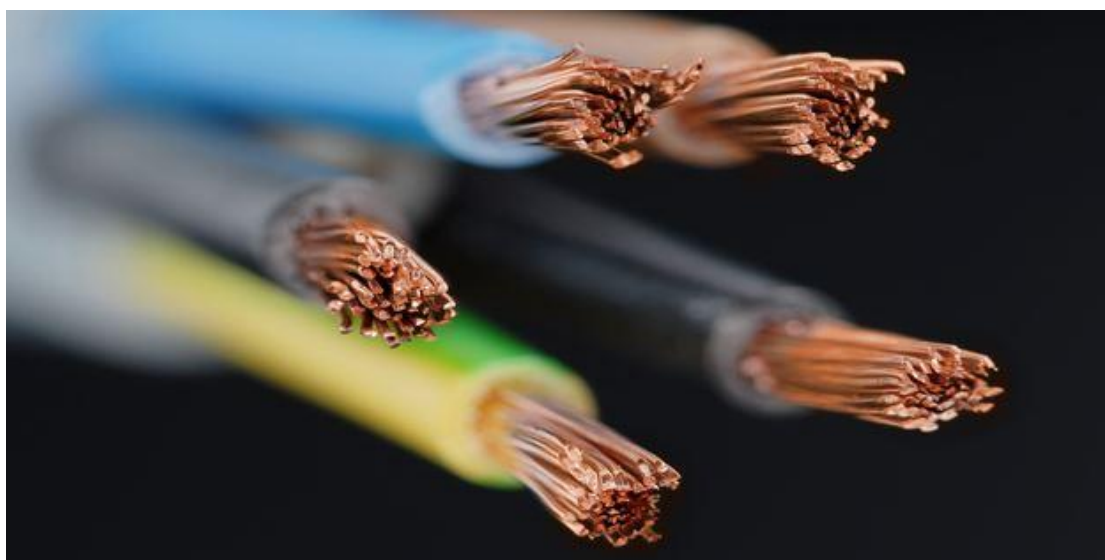
Στο ηλεκτρολογικό υλικό περιλαμβάνεται κάθε στοιχείο που χρησιμοποιείται για τη χρησιμοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Το ηλεκτρολογικό υλικό θα πρέπει να είναι κατάλληλο για την λειτουργία υπό τάση ίση με την ενεργό τιμή της τάσης που θα εφαρμοστεί στην ηλεκτρική εγκατάσταση, να μπορεί να αντέξει το μέγιστο ρεύμα κανονικής λειτουργίας του κυκλώματος, να μπορεί να αντέξει τα πιθανά ρεύματα υπερεντάσεων, η ονομαστική συχνότητα του υλικού να είναι σύμφωνη με αυτήν της τάσης, η ισχύς του υλικού λαμβάνοντας και το συντελεστή ετεροχρονισμού να είναι κατάλληλη για τις συνθήκες κανονικής λειτουργίας και κατά την κανονική λειτουργία του να μην προκαλεί κανενός είδους βλαπτικές επιδράσεις τόσο στα γειτονικά με αυτό εγκατεστημένα υλικά όσο και στο σύνολο του συστήματος τροφοδοσίας του.

2.5.1 Αγωγοί καλώδια

Για την σωστή επιλογή του τύπου, του είδους και της διατομής ενός καλωδίου είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη ο τρόπος και το περιβάλλον εγκατάστασης.

Για την επιλογή του τύπου ενός καλωδίου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ακόλουθες παράμετροι σε σχέση με το αγώγιμο υλικό το μονωτικό περίβλημα και τον τύπο του καλωδίου.

- Το αγώγιμο υλικό είναι χαλκός ή αλουμίνιο: Η επιλογή γίνεται βάση το κόστος τις διαστάσεις και το βάρος. Ο χαλκός έχει περίπου 30% μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς ρεύματος από το αλουμίνιο και το αλουμίνιο έχει 60% μεγαλύτερη ωμική αντίσταση από τον χαλκό της ίδιας διατομής αγωγό.
- Μονωτικό υλικό PVC, XLPE, EPR: Το αν ένας αγωγός φέρει μόνωση ή όχι και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη επηρεάζει τη μέγιστη θερμοκρασία του αγωγού σε συνθήκες πλήρους φόρτισης ή βραχυκυκλώματος και κατά συνέπεια παίζει σημαντικό ρόλο στην τελική επιλογή της διατομής του αγωγού.
- Ο τύπος του αγωγού: Γυμνός ή μονοπολικός ή πολύκλωνος επιλέγεται βάση τη μηχανική του αντίσταση, το είδος της μόνωσης του αλλά και τις ιδιαιτερότητες που μπορεί να παρουσιάζει τόσο ο χώρος όσο και η μέθοδος εγκατάστασης.



Εικόνα 38: Πολύκλιωνα καλώδια

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

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

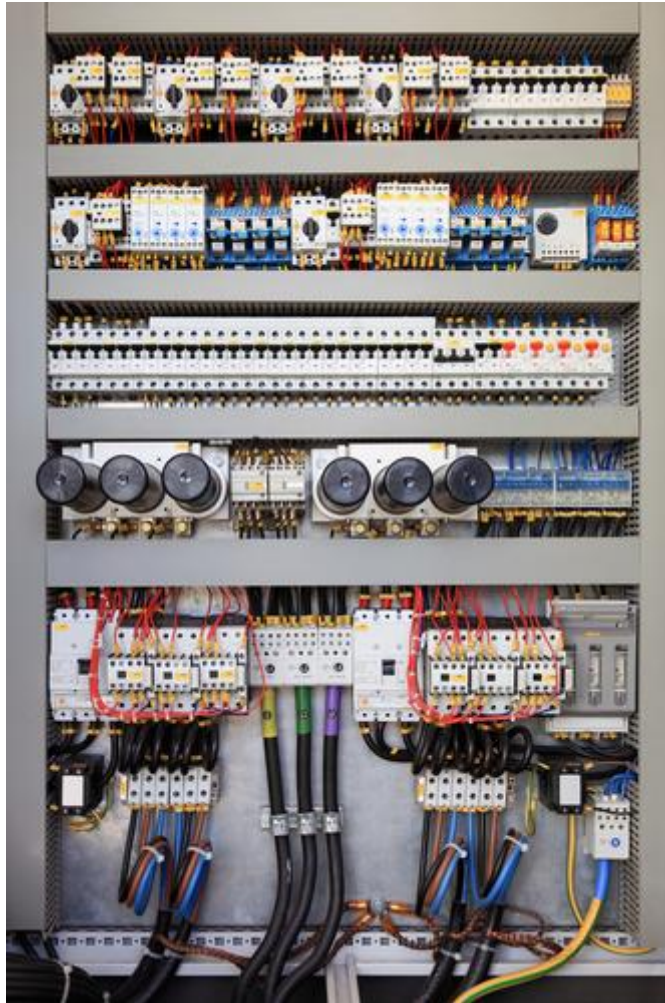
στα τριφασικά κυκλώματα όταν η διατομή των αγωγών της γραμμής είναι μέχρι 16mm^2 χαλκού. Όταν η διατομή είναι πάνω από 16mm^2 χαλκού τότε η διατομή του ουδέτερου μπορεί να είναι μικρότερη εφόσον πληρούνται τρεις συνθήκες :

1. Το ρεύμα φορτίου που πρόκειται να διαρρεύσει τον αγωγό δεν περιέχει αρμονικές συνιστώσες
2. Η διατομή του ουδέτερου αγωγού είναι τουλάχιστον 16mm^2 για χαλκό
3. Ο ουδέτερος αγωγός προστατεύεται έναντι υπερεντάσεων.

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

2.5.2 Πίνακες διανομής ηλεκτρικής ενέργειας

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



Εικόνα 39:Επίτοιχος Πίνακας Διανομής

2.5.3 Ασφάλειες τήξεως

Μια συνηθισμένη ασφάλεια τήξης αποτελείται από ένα αγωγίμο στοιχείο τοποθετημένο στο εσωτερικό ενός μονωτικού περιβλήματος το οποίο είναι γεμισμένο με ειδικό άκαυστο υλικό σε μορφή σκόνης. Οι ασφάλειες τύπου DIAZED είναι κατάλληλες για την προστασία κυκλωμάτων με ονομαστική τάση τροφοδοσίας έως και 500V ενώ μπορεί να έχουν ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης έως και 7,5kA. Διατίθενται με ονομαστικές εντάσεις από 2A έως και 100A σε 4 διαφορετικά μεγέθη.



Εικόνα 40: Ασφάλειες τήξεως τύπου DIAZED

Οι ασφάλειες τύπου DO (NEOZED) είναι κατάλληλες για χρήση σε κυκλώματα ονομαστικής τάσης τροφοδοσίας έως και 440V και έχουν ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης μέχρι και 100kA. Οι ασφάλειες NEOZED διατίθενται για τιμές ονομαστικής έντασης από 2 έως και 100A και σε τρία διαφορετικά μεγέθη σε συνάρτηση με την ονομαστική τους ένταση.



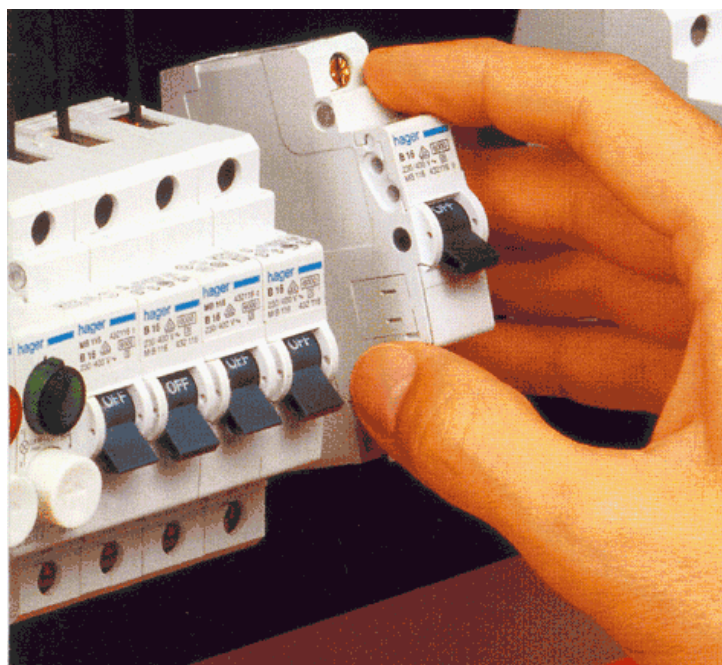
Εικόνα 41: Ασφάλειες τήξεως τύπου DO (NEOZED)

Οι μαχαιρωτές τηκτές ασφάλειες χαμηλής τάσης διατίθενται συνήθως για ονομαστικές τάσεις λειτουργίας 500V και 690V και για ονομαστική ένταση από 40 έως και 1250A.

2.5.4 Μικροαυτόματοι διακόπτες

Η προστασία των αγΨωγών από υπερεντάσεις μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση διατάξεων που προστατεύουν από υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα συγχρόνως. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι

μικροαυτόματοι διακόπτες οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι τόσο με θερμικό στοιχείο για την προστασία από υπερφορτίσεις όσο και με μαγνητικό στοιχείο για την προστασία έναντι βραχυκυκλωμάτων. Οι τυποποιημένες τιμές της ονομαστικής έντασης των μικροαυτόματων είναι 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 και 69A. Επίσης υπάρχουν μικροαυτόματοι με χαμηλότερη ονομαστική ένταση οι οποίοι χρησιμοποιούνται σε ειδικές εφαρμογές.

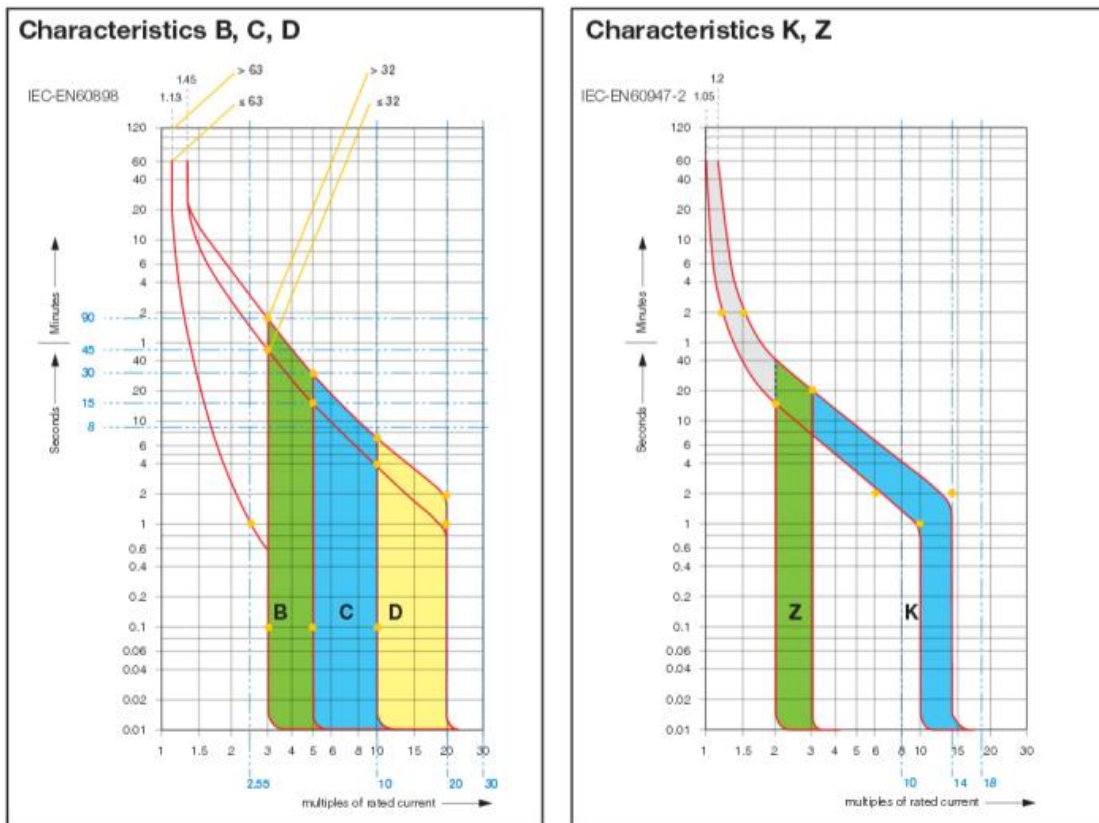


Εικόνα 42: Μικροαυτόματοι

Οι μικροαυτόματοι είναι κατασκευασμένοι ώστε να μπορούν να διακόψουν πολύ μεγάλα ρεύματα βραχυκύκλωσης μέχρι και της τάξης των 25kA. Η συμπεριφορά ενός μικροαυτόματου διακόπτη ισχύος περιγράφεται από τις χαρακτηριστικές λειτουργίας ρεύματος χρόνου. Με βάση τα ισχύοντα πρότυπα οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ρεύματος χρόνου είναι:

- Χαρακτηριστική B: Πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν ωμικά φορτία και γραμμές φωτισμού.
- Χαρακτηριστική C: Πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν ωμικά και ελαφρώς επαγωγικά φορτία.
- Χαρακτηριστική D: πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν φορτία ισχυρά επαγωγικά και φορτία με υψηλά ρεύματα εκκίνησης.
- Χαρακτηριστική K: πρόκειται για μικροαυτόματους που καλύπτουν προστασία στην τροφοδοσία κινητήρων, λαμπτήρων χαμηλής τάσης, ηλεκτρονικών μπάλαστ, κλιματιστικών και μετασχηματιστών.
- Χαρακτηριστική Z: οι μικροαυτόματοι αυτοί είναι κατάλληλοι για την προστασία διατάξεων ημιαγωγών και κυκλωμάτων μετασχηματισμού τάσης. Οι μικροαυτόματοι τοποθετούνται στον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Είναι σχεδιασμένοι για την στήριξη σε ράγα τυποποιημένης διατομής και διακρίνονται σε μονοπολικούς ή τριπολικούς

ανάλογα με το αν προορίζονται για την προστασία μονοφασικού ή τριφασικού κυκλώματος.



Εικόνα 43: Οι πέντε χαρακτηριστικές ανάλογα με τον τύπο του μικροαυτόματου

2.5.5 Διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος

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

Πίνακας 1: Τύποι διατάξεων διαφορικού ρεύματος

Τύπος ΔΔΡ	Χαρακτηριστικό	Εφαρμογή	Χρόνοι απόζευξης για:			
			1/2xI	1xI	2xI	5xI
Τύπου AC	Παρουσιάζουν ευαισθησία ενεργοποίησης μόνο στο εναλλασσόμενο ρεύμα	Χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις (συστήματα) που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα ημιτονικής μορφής, παρέχοντας από την κατασκευή τους μικρή καθυστέρηση ενεργοποίησης.	>300ms	≤300ms	≤150ms	≤40ms Μόνο για ΔΔΡ 30mA
Τύπου A	Παρουσιάζουν ευαισθησία ενεργοποίησης στο εναλλασσόμενο ρεύμα και στο συνεχές ρεύμα με κυμάτωση	Αποτελούν την πλέον διαδεδομένη διάταξη διαφορικού ρεύματος στις σύγχρονες. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά κυκλώματα μονοφασικών καταναλωτών με ηλεκτρονικά στοιχεία όπως σύγχρονα πλυντήρια, κυκλώματα με ηλεκτρονικά ballast, κυκλώματα που τροφοδοτούν ηλεκτρονικές συσκευές που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα και περιέχουν ανορθωτικές διατάξεις, όπως δίοδοι, triac, π.χ. ασανσέρ οροφής για projector	>300ms	≤300ms	≤150ms	≤40ms Μόνο για ΔΔΡ 30mA
Τύπου B	Παρουσιάζουν ευαισθησία ενεργοποίησης στο εναλλασσόμενο ρεύμα και στο συνεχές ρεύμα με κυμάτωση αλλά και στο καθαρό συνεχές ρεύμα	Χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα ημιτονικής μορφής, αλλά και παλμικής μορφής συνεχούς ρεύματος, δεδομένου πως, αναγνωρίζουν ένα συνεχές ρεύμα σφάλματος με χαμηλό επίπεδο	>300ms	≤300ms		≤40ms Μόνο για ΔΔΡ 30mA

		<p>κυματισμού. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν φωτοβολταϊκές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής χωρίς τουλάχιστον απλό διαχωρισμό μεταξύ της πλευρά του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) και της πλευράς του συνεχούς ρεύματος (DC). Άλλες εφαρμογές είναι μονάδες αδιάλειπτης λειτουργίας (UPS), εργαλειομηχανές (CNC), ιατρικά μηχανήματα, κινητήρες για αντλίες, μηχανές κλωστοϋφαντουργίας κ.λπ.</p>				
ΤύπουS	<p>(Selective RCD) Όπως ο τύπος AC ή ο τύπος A, με χρονική καθυστέρηση</p>	<p>Χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στις οποίες υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις συμπεριφοράς από υπερτάσεις και εγκαταστάσεις που διαθέτουν π.χ. μια διάταξη ΔΔΡ τύπουAC, προς την πλευρά της τροφοδοσίας από το δίκτυο. Επιτρέπει στην τοπική διάταξη ΔΔΡ να λειτουργήσει πρώτη.</p>	<p>≤300ms</p>	<p>30 ms μέχρι 500ms</p>	<p>60 ms μέχρι 200ms</p>	<p>≤40ms Μόνο για ΔΔΡ 30mA</p>



Εικόνα 44: Διατάξεις προστασίας διαφορικού ρεύματος

Κάθε διάταξη διαφορικού ρεύματος αποτελείται από δυο βασικά δομικά στοιχεία: τον αισθητήρα ο οποίος παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα στην περίπτωση που το διανυσματικό άθροισμα των ρευμάτων που διαρρέουν τους ενεργούς αγωγούς είναι διάφορο του μηδενός και τον ηλεκτρονόμο μέτρησης ο οποίος συγκρίνει το σήμα που στέλνει ο αισθητήρας με μια προκαθορισμένη τιμή για το διαφορικό ρεύμα και στέλνει την εντολή στο σύστημα απόζευξης.

2.5.6 Ρελέ ισχύος

Τα ρελέ ανοίγουν και κλείνουν επαφές με τη βοήθεια ενός πηνίου με οπλισμό. Το άνοιγμα και το κλείσιμο του ρελε μπορεί να γίνει χειροκίνητα ή να γίνει αυτόματα με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων και βοηθητικών συσκευών. Τα κύρια μέρη ενός ρελε είναι:

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



Εικόνα 45: Ρελέ Ισχύος

Τα ρελε χρησιμοποιούνται :

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

Χαρακτηριστικά στοιχεία των ρελε ισχύος :

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

Όταν στο ρελε έχουμε το συμβολισμό NO σημαίνει ότι αυτή η επαφή είναι ανοιχτή όταν το ρελε δεν είναι οπλισμένο. Όταν το ρελε οπλίσει η επαφή αυτή θα κλείσει. Όταν στο ρελε έχουμε το συμβολισμό N C σημαίνει ότι αυτή η επαφή είναι κλειστή όταν το ρελε δεν είναι οπλισμένο. Όταν το ρελε οπλίσει η επαφή αυτή θα ανοίξει.



Εικόνα 46: Βοηθητικά Ρελέ

Εκτός από τα ρελε ισχύος έχουμε και τα βοηθητικά ρελε τα οποία κατασκευάζονται συνήθως για ισχύ μικρότερη από 1 KW. Στα ρελε αυτά έχουμε τις επαφές τροφοδοσίας του πηνίου και τις βοηθητικές επαφές. Στις βοηθητικές επαφές έχουμε δυο αριθμούς για κάθε επαφή από τους οποίους ο πρώτος συμβολίζει τη σειρά της βοηθητικής επαφής και ο δεύτερος σημαίνει ανοιχτή αν είναι 3 ή 4 και κλειστή αν είναι 1 ή 2. Τα βοηθητικά ρελε χρησιμοποιούνται στα κυκλώματα έλεγχου των εγκαταστάσεων των συσκευών και των μηχανημάτων. Στην πράξη οι κατασκευαστές μας δίνουν διάφορες κατηγορίες βοηθητικών ρελε με βάση την τάση λειτουργίας του πηνίου και την ένταση του ρεύματος που επιτρέπεται να περάσει από τις βοηθητικές επαφές.

2.5.7 Θερμικά ρελέ προστασίας κινητήρων

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



Εικόνα 47: Θερμικά ρελέ

Τα χαρακτηριστικά στοιχεία θερμικών ρελε είναι η κλάση με βάση το χρόνο διακοπής και η περιοχή ρύθμισης θερμικού σε (A). Για να επιλέξουμε ένα θερμικό θα πρέπει να πάρουμε υπόψη τα παρακάτω:

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

2.5.8 Υλικά αυτοματισμού

Σε μια βιομηχανική ηλεκτρική εγκατάσταση μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω υλικά αυτοματισμού

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



Εικόνα 48: Επιτηρητές Τάσης

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



Εικόνα 49: Επιτηρητής Έντασης

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



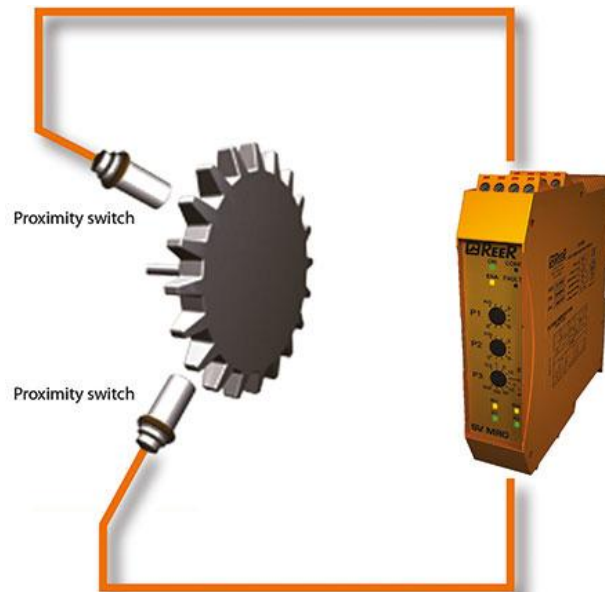
Εικόνα 50: Επιτηρητής Συχνότητας

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



Εικόνα 51: Επιτηρητής απώλειας διαδοχής και ασυμμετρίας φάσεων

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



Εικόνα 52: Επιτηρητής Στροφών

6. Χρονικό αυτόματου διακόπτη αστέρα –τρίγωνου



Εικόνα 53: Χρονικό αυτόματου διακόπτη αστέρα –τρίγωνου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΛΕΤΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Για να προκύψει η τελική διαμόρφωση της εγκατάστασης πλήθος παραγόντων θα πρέπει να καθοριστούν. Για κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση θα πρέπει να προσδιορίζονται:

- Η προβλεπόμενη χρησιμοποίηση της εγκατάστασης
- Οι τροφοδοτήσεις της και γενικότερα η δομή της
- Οι εξωτερικές επιδράσεις στις οποίες πρόκειται η εγκατάσταση να βρεθεί εκτεθειμένη
- Η συμβατότητα του υλικού
- Η δυνατότητα συντήρησης της
- Οι ενδεχόμενες εφεδρικές τροφοδοτήσεις

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη μελέτη και τη σχεδίαση μια ηλεκτρικής εγκατάστασης έτσι ώστε να γίνει η κατάλληλη επιλογή μέτρων προστασίας αλλά και η κατάλληλη επιλογή του ηλεκτρολογικού υλικού που θα συνδέσει την εγκατάσταση.

3.1 Προσδιορισμός των καταναλώσεων και των κυκλωμάτων της εγκατάστασης

Το πρώτο βήμα της μελέτης είναι ο καθορισμός των διάφορων καταναλώσεων που θα πρέπει να τροφοδοτήσει η ηλεκτρική εγκατάσταση που θα σχεδιαστεί. Τα διάφορα σημεία σημειώνονται σε μια κάτοψη του χώρου. Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση θα πρέπει να αποτελείται από περισσότερα του ενός ανεξάρτητα μεταξύ τους κυκλώματα μέσω των οποίων θα γίνεται η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας προς τις καταναλώσεις. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η απομόνωση ενός πιθανού σφάλματος σε ένα μόνο μέρος της εγκατάστασης καθώς και ο περιορισμός των επιδράσεων αυτού του σφάλματος στα υπόλοιπα ανεξάρτητα κυκλώματα.



Εικόνα 54: Η πινακίδα ενός κινητήρα της προς μελέτη εγκατάστασης



Εικόνα 55: Ένας τυπικός κινητήρας της εγκατάστασης

3.2 Σύστημα τροφοδοσίας και γείωσης εγκατάστασης

Η εγκατάσταση θα τροφοδοτηθεί από το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Η τάση του δικτύου διανομής χαμηλής τάσης είναι 230/400V με όρια διακύμανσης 10%. Η γραμμή τροφοδοσίας της εγκατάστασης μπορεί να είναι είτε μονοφασική είτε τριφασική ανάλογα τις απαιτήσεις της εγκατάστασης. Από το μετρητή της ηλεκτρικής εγκατάστασης μέχρι τον κύριο πίνακα θα πρέπει να εγκατασταθεί το αντίστοιχο καλώδιο ανάλογα με την παροχή που έχουμε.

Το σύστημα γείωσης θα πρέπει να είναι αυτό που εφαρμόζεται ανάλογα με την περιοχή που βρίσκεται το κτήριο που θα τροφοδοτήσουμε. Μπορεί να είναι άμεση γείωση ή ουδετέρωση. Η μέθοδος γείωσης στην εγκατάσταση πρέπει να είναι θεμελιακή.

3.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις

Ανεξάρτητα από το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων του δικτύου τροφοδοσίας θα πρέπει να υπάρχει μια κύρια ισοδυναμική σύνδεση στο κτήριο. Ο αγωγός της κύριας ισοδυναμικής σύνδεσης θα πρέπει να συνδέεται στον κύριο ακροδέκτη γείωσης όπου συνδέονται επίσης ο κύριος αγωγός προστασίας και ο κύριος αγωγός γείωσης. Μέσω της ισοδυναμικής σύνδεσης θα πρέπει να συνδέονται όλα τα ξένα αγγώγιμα στοιχεία όπως οι μεταλλικές σωληνώσεις παροχών.

3.4 Υπολογισμός διατομής αγωγών

Το επόμενο στάδιο είναι ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών που τροφοδοτούν τις διάφορες καταναλώσεις. Θα πρέπει να προσδιορίσουμε τον τύπο του καλωδίου την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Επίσης θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές των ενεργών αγωγών. Μετά την επιλογή της διατομής των αγωγών τροφοδοσίας θα πρέπει να γίνεται έλεγχος του κατά πόσο ικανοποιείται το κριτήριο της μέγιστης επιτρεπόμενης πτώσης τάσης κατά μήκος της γραμμής. Σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD384 η αποδεκτή πτώση τάσης σε μια γραμμή τροφοδοσίας πρέπει να είναι μικρότερη έως και ίση με 4% της ονομαστικής τάσης.

3.5 Μελέτη και σχεδίαση του πίνακα διανομής

Στον πίνακα διανομής περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα υλικά και υλοποιούνται όλες οι απαραίτητες συνδεσμολογίες για τη λειτουργία τον έλεγχο και την προστασία των επιμέρους κυκλωμάτων κάθε ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Κατά το στάδιο της σχεδίασης και της μελέτης του πίνακα διανομής θα πρέπει να προσδιοριστούν όλες οι διατάξεις χειρισμού, έλεγχου, προστασίας, απομόνωσης και διακοπής οι οποίες θα περιλαμβάνονται σε αυτόν οι μεταξύ τους συνδεσμολογίες καθώς επίσης και η διαμόρφωση η δομή και εν τέλει οι διαστάσεις του πίνακα.



Εικόνα 56: Ο πίνακας διανομής της εγκατάστασης

3.6 Διατάξεις προστασίας

Για την προστασία έναντι υπερεντάσεων θα πρέπει να τοποθετηθούν κατάλληλες διατάξεις ανιχνεύσεις σε όλους τους αγωγούς των φάσεων .οι διατάξεις αυτές θα πρέπει να διακόπτουν την τροφοδοσία στη φάση στην οποία εκδηλώνεται η υπερένταση χωρίς να είναι υποχρεωτική η διακοπή και των άλλων φάσεων της γραμμής τροφοδοσίας. Προσοχή πρέπει να δίνεται και να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα στην περίπτωση που η διακοπή της τροφοδοσίας

σε μια μόνο φάση μπορεί να συνεπάγεται προβλήματα όπως για παράδειγμα στην περίπτωση τροφοδοσία τριφασικών κινητήρων. Για την προστασία των αγωγών από υπερεντάσεις χρησιμοποιούνται οι μικροαυτόματοι και οι τηκτές ασφάλειες τύπου gG.

3.7 Διατάξεις απομόνωσης, διακοπής, χειρισμού

Η ηλεκτρική εγκατάσταση που θα κατασκευαστεί θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα διακοπής της τροφοδοσίας της καθώς επίσης και να προβλέπεται η πλήρης απομόνωση της από το δίκτυο τροφοδοσίας. Η απαίτηση αυτή επιβάλλει την εγκατάσταση στον κεντρικό πίνακα διανομής γενικού μέσου διακοπής και απομόνωσης. Οι διατάξεις απομόνωσης και διακοπής θα πρέπει να διακόπτουν και να απομονώνουν όλους τους ενεργούς αγωγούς της γραμμής τροφοδοσίας. Η διακοπή της τροφοδοσίας του συνόλου ή ενός μέρους της εγκατάστασης πρέπει να γίνεται με διατάξεις οι οποίες να μπορούν να διακόψουν το ρεύμα που αντιστοιχεί στο πλήρες φορτίο των κυκλωμάτων που διακόπτονται.

Ως διατάξεις διακοπής θεωρούνται οι διακόπτες φορτίου, οι διακόπτες ισχύος, οι ηλεκτρονόμοι και για την περίπτωση μη μόνιμων γραμμών τροφοδοσίας η διακοπή μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση ρευματοδότη- ρευματολήπτη.

Ως διατάξεις απομόνωσης θεωρούνται οι αποζεύκτες, οι διακόπτες – αποζεύκτες, τα τηκτά των ασφαλειών, οι ασφαλειοαποζεύκτες και στην περίπτωση μη μόνιμων γραμμών τροφοδοσίας η απομόνωση μπορεί να επιτευχθεί και με τη χρήση ρευματοδότη-ρευματολήπτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

4.1 Περιγραφή της γραμμής

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση φαίνονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2: Τα στοιχεία των κινητήρων (Τα στοιχεία έχουν ληφθεί από τις πινακίδες των κινητήρων)

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΙΣΧΥΣ(HP)	ΙΣΧΥΣ(kW)	COSφ	ΡΕΥΜΑ
ΑΝΥΨΩΤΗΡΕΣ ΤΣΟΥΒΑΛΙΩΝ	0.5HP	0.37	0.74	1.11
ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑΣ	15HP	11kW	0.78	24
ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	3HP	2.2 kW	0.84	4.54
ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟ	36 HP	27 kW	0.8	47
ΤΑΙΝΙΑ ΜΕΡΑΦΟΡΑΣ	1 HP	0.746 kW	0.74	2.2

Πρόκειται για μια βιοτεχνία παρασκευής ιχθυοτροφών. Η διαδικασία που ακολουθείται έχει ως εξής: Οι πρώτες ύλες (Αφυδατωμένο άλευρο ιχθύων, πλήρες εκχυλισμένο άλευρο Σόγιας, Ιχθυέλαιο, άλευρο σίτου, πρωτεΐνη ρυζιού, άλευρο καλαμαριού κ.α.) τοποθετούνται σε τσουβάλια και με τη βοήθεια των ανυψωτήρων (πέντε) οδηγούνται στον αναδευτήρα όπου ομογενοποιούνται. Το ομογενοποιημένο μίγμα με τη βοήθεια του κοχλία μεταφοράς προωθείται στο ξηραντήριο όπου αφαιρείται από το προϊόν η υγρασία του και φτάνει στην τελική του μορφή. Τέλος με την ταινία μεταφοράς προωθείται στην έξοδο της γραμμής όπου και

τυποποιείται. Τα στάδια που περιγράφηκαν φαίνονται στην ενότητα της ηλεκτρολογικής μελέτης παρακάτω.

4.2 Περιγραφή της χρησιμοποιούμενης καλωδίωσης καθώς και των χρησιμοποιούμενων μέσων προστασίας

Το καλώδιο που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται παρακάτω. Χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές εφαρμογές που δεν υπόκεινται σε μηχανολογικές καταπονήσεις.



1. Copper Conductor
2. PVC insulation
3. Inner covering
4. PVC outersheath

TYPE OF CABLE:

NYY

VOLTAGE:

600/1000V

SPECIFICATION:

VDE 0276

Applications

Power cable for fixed installations in wet or dry places in air or ground. For industrial installations that are not subject to severe mechanical stresses.

Colours

NUMBER OF CORES	WITH GREEN/YELLOW CORE	WITHOUT GREEN/YELLOW CORE
1	GREEN/YELLOW	BLACK
2	-	BLUE - BROWN
3	GREEN/YELLOW - BLUE - BROWN	BROWN - BLACK - GREY
4	GREEN/YELLOW - BROWN - BLACK - GREY	BLUE - BROWN - BLACK - GREY
5	GREEN/YELLOW - BLUE - BROWN - BLACK - GREY	BLUE - BROWN - BLACK - GREY - BLACK
above 5	BLACK CORES WITH WHITE OR YELLOW NUMBERS, THE GREEN/YELLOW CORE IS LOCATED IN THE OUTER LAYER OF THE LAID UP CORES	BLACK CORES WITH WHITE OR YELLOW NUMBERS

Εικόνα 57: Οι προδιαγραφές του χρησιμοποιούμενου καλωδίου

Στο παράρτημα φαίνονται ολόκληρες η προδιαγραφές του χρησιμοποιούμενου καλωδίου όπως δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρεία «ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ Α.Ε.». Από τις προδιαγραφές έχει ληφθεί και ο παρακάτω πίνακας, ο οποίος δίνει το συντελεστή διόρθωσης που θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια της μελέτης όπου και θα θεωρηθεί ότι η εγκατάσταση λειτουργεί σε θερμοκρασία 35° C και ως εκ τούτου θα χρησιμοποιηθεί συντελεστής 0.94

Πίνακας 3: Συντελεστές προσαύξησης του ρεύματος λόγω θερμοκρασίας

Air Temperature °C	15	20	25	35	40	45	50
Correction factor	1,17	1,12	1,06	0,94	0,87	0,79	0,71
Ground Temperature °C	15	20	25	30	35	40	
Correction factor	1,08	1	0,95	0,89	0,84	0,77	
Ground Thermal resistivity Km/W:	0,8	1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Correction factor	1,07	1	0,93	0,87	0,79	0,71	0,65

Για τον προσδιορισμό των διατομών των καλωδίων θα χρησιμοποιηθεί ο πίνακας 52-K2 από το πρότυπο ΕΛΟΤ ΗΔ 384

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-K2
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά)
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Πολυτολικά καλώδια	Μονοτολικά καλώδια							
			Σε επαφή μεταξύ τους				Σε απόσταση μεταξύ τους			
			Διάταξη επίπεδη οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάταξη τριγωνική	Διάταξη επίπεδη οριζόντια	Διάταξη επίπεδη κατακόρυφη				
PVC	2	2	5		-	-	-	-	-	-
	3	1	4	4	7	5				
EPR ή XLPE	2	3	8		-	-	-	-	-	-
	3	2	7	6	9	8				
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	18,5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2,5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	80	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
	300	497	593	741	581	629	703	709	783	902
400	-	-	-	656	754	823	852	940	1086	
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253	
630	-	-	-	855	1006	1088	1138	1264	1454	
Αλουμίνιο	16	61	73	91	-	-	-	-	-	-
	25	78	89	108	84	98	103	107	121	138
	35	96	111	135	105	122	129	135	150	172
	50	117	135	164	128	149	159	165	184	210
	70	150	173	211	166	192	206	215	237	271
	95	183	210	257	203	235	253	264	289	332
	120	212	244	300	237	273	296	308	337	387
	150	245	282	346	274	316	343	356	389	448
	185	280	322	397	315	363	395	407	447	515
	240	330	380	470	375	430	471	482	530	611
	300	381	439	543	434	497	547	557	613	708
	400	-	-	-	526	600	663	671	740	856
	500	-	-	-	610	694	770	775	856	991
630	-	-	-	711	808	899	900	996	1154	

Στην παρούσα εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθούν αυτόματοι διακόπτες ισχύος σύμφωνα με τον πίνακα 4

Πίνακας 4: Αυτόματοι Διακόπτες

Αυτόματοι διακόπτες προστασίας κινητήρων TeSys Θερμικής και μαγνητικής προστασίας

GV2-ME Χειρισμός με δύο μπουτόν (START - STOP)

Τεστ, δυνατότητα κλειδώματος του μπουτόν στη θέση STOP



GV2-ME

Ισχύς 3φασικών κινητήρων 380 V, 50/60 Hz AC3 (kW)	Περιοχή ρύθμισης ρεύματος (A)	Ικανότητα διακοπής Icu (kA) - 400 V	Κωδικός
-	0,1...0,16	>100	GV2ME01
0,06	0,16...0,25	>100	GV2ME02
0,09	0,25...0,40	>100	GV2ME03
0,12	0,40...0,63	>100	GV2ME04
0,25	0,63...1	>100	GV2ME05
0,37	1...1,6	>100	GV2ME06
0,75	1,6...2,5	>100	GV2ME07
1,1	2,5...4	>100	GV2ME08
2,2	4...6,3	>100	GV2ME10
3	6...10	>100	GV2ME14
5,5	9...14	15	GV2ME16
7,5	13...18	15	GV2ME20
9	17...23	15	GV2ME21
11	20...25	15	GV2ME22
15	24...32	10	GV2ME32

GV2-P Χειρισμός με περιστροφικό χειριστήριο⁽¹⁾

Τεστ, δυνατότητα κλειδώματος του χειριστηρίου στη θέση OFF και των ρυθμίσεων



GV2-P

Περιγραφή
8 θέσεις χειριστηρίου ON-TRIP (σε σφάλμα) - OFF
δυνατότητα χειρισμού από την πόρτα πίνακα
ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος:
- 100 kA μέχρι 1,6 A, 380 V
- 50 kA μέχρι 25 A, 380 V
δυνατότητα ορατής απόσυρσης

GV3-P Χειρισμός με περιστροφικό χειριστήριο

Σύνδεση με την τεχνολογία EVERLINK



GV3-P

Ισχύς 3φασικών κινητήρων 400/415 V, 50/60 Hz, AC3 (kW)	Περιοχή ρύθμισης ρεύματος (A)	Ικανότητα διακοπής Icu (kA) - 400 V	Κωδικός
5,5	9...13	100	GV3P13
7,5	12...18	100	GV3P18
11	17...25	100	GV3P25
15	23...32	100	GV3P32
18,5	30...40	50	GV3P40
22	37...50	50	GV3P50
30	48...65	50	GV3P65

GV3-ME Χειρισμός με δύο μπουτόν (START - STOP)



GV3-ME80

Ισχύς 3φασικών κινητήρων 380 V, 50/60 Hz AC3 (kW)	Περιοχή ρύθμισης ρεύματος (A)	Ικανότητα διακοπής Icu (kA) - 400 V	Κωδικός
37	56...80	15	GV3ME80

4.3 Η ηλεκτρολογική μελέτη της εγκατάστασης

Ανυψωτήρες Τσουβαλιών

§ Ισχύς: 0.37kW

§ Απόσταση κινητήρα από τον πίνακα 5m



Εικόνα 58: Οι τέσσερις από τους συνολικά πέντε ανυψωτήρες



Εικόνα 59: Η πινακίδα των ανυψωτήρων

Υπολογισμός διατομής με βάση την ασφαλή λειτουργία της γραμμής

Το ρεύμα προσαυξάνεται κατά 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 1.11 \times 1.25 = 1.3875 A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης που δίνεται στις προδιαγραφές του χρησιμοποιούμενου καλωδίου για θερμοκρασία **35°C**

$$I' = \frac{1.3875}{0.94} \Rightarrow I' = 1.476 A$$

Από τον πίνακα 52-K2 παρατηρούμε ότι είναι κατάλληλη η διατομή 1.5 mm^2 . Όμως επειδή το φορτίο είναι κινητήρας βάσει κανονισμού θα χρησιμοποιηθεί διατομή 2.5 mm^2

Υπολογισμός διατομής με βάση την επιτρεπόμενης πτώση τάσης

Για μήκος γραμμής 5 m από τον πίνακα η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 5 \cdot 1.476 \cdot 0.74}{2.5} \Rightarrow \Delta V = 0.068 \text{ Volt} < \frac{4 \cdot 230}{100} = 9.2 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 0.068 V είναι μικρότερη από 9.2 V (το 4% που επιτρέπεται ως πτώση τάσης στη Χ.Τ.), οπότε η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **S=2.5 mm²**.

Αναδευτήρας

§ Ισχύς: 11kW

§ Απόσταση κινητήρα από τον πίνακα 7m



Εικόνα 60: Ο αναδευτήρας

Υπολογισμός διατομής με βάση την ασφαλή λειτουργία της γραμμής

Το ρεύμα προσαυξάνεται 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 24 \times 1.25 = 30A$$

Για την εκκίνηση του κινητήρα χρησιμοποιείται διακόπτης αστέρα-τριγώνου. Άρα το ρεύμα γίνεται:

$$I = \frac{30}{\sqrt{3}} = 17.32A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης που δίνεται στις προδιαγραφές του χρησιμοποιούμενου καλωδίου για θερμοκρασία **35°C**

$$I' = \frac{17.32}{0.94} \Rightarrow I' = 18.425A$$

Από τον πίνακα 52-K2 παρατηρούμε ότι είναι κατάλληλη η διατομή

1.5mm² . Όμως επειδή το φορτίο είναι κινητήρας βάσει κανονισμού θα χρησιμοποιηθεί διατομή 2.5 mm²

Υπολογισμός διατομής με βάση την επιτρεπόμενη πτώση τάσης

Για μήκος γραμμής 7 m από τον πίνακα η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 7 \cdot 18.425 \cdot 0.78}{2.5} \Rightarrow \Delta V = 1.25 \text{ Volt} < \frac{4 \cdot 230}{100} = 9.2 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 1.25V είναι μικρότερη από 9.2 V (το 4% που επιτρέπεται ως πτώση τάσης στη Χ.Τ.), οπότε η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **S=2.5 mm²**.

Κοχλίας Μεταφοράς

§ Ισχύς: 2.2kW

§ Απόσταση κινητήρα από τον πίνακα 8m



Εικόνα 61: Ο κοχλίας αναφοράς



Εικόνα 62: Η πινακίδα του κινητήρα του κοχλία

Υπολογισμός διατομής με βάση την ασφαλή λειτουργία της γραμμής

Το ρεύμα προσαυξάνεται 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 4.54 \times 1.25 = 5.675 A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης που δίνεται στις προδιαγραφές του χρησιμοποιούμενου καλωδίου για θερμοκρασία **35°C**

$$I' = \frac{5.675}{0.94} \Rightarrow I' = 6.037 A$$

Από τον πίνακα 52-K2 παρατηρούμε ότι είναι κατάλληλη η διατομή 1.5 mm^2 . Όμως επειδή το φορτίο είναι κινητήρας βάσει κανονισμού θα χρησιμοποιηθεί διατομή 2.5 mm^2

Υπολογισμός διατομής με βάση την επιτρεπόμενη πτώση τάσης

Για μήκος γραμμής 8 m από τον πίνακα η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot I \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 8 \cdot 6.037 \cdot 0.84}{2.5} \Rightarrow \Delta V = 0.5 \text{ Volt} < \frac{4 \cdot 230}{100} = 9.2 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 0.068 V είναι μικρότερη από 0.5 V (το 4% που επιτρέπεται ως πτώση τάσης στη Χ.Τ.), οπότε η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **S=2.5 mm²**.

Ξηραντήριο

§ Ισχύς: 27kW

§ Απόσταση κινητήρα από τον πίνακα 10m



Εικόνα 63: Το ξηραντήριο

Υπολογισμός διατομής με βάση την ασφαλή λειτουργία της γραμμής

Το ρεύμα προσαυξάνεται 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 47 \times 1.25 = 58.75 A$$

Για την εκκίνηση του κινητήρα χρησιμοποιείται διακόπτης αστέρα-τριγώνου. Άρα το ρεύμα γίνεται:

$$I = \frac{58.75}{\sqrt{3}} = 33.92 A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης που δίνεται στις προδιαγραφές του

χρησιμοποιούμενου καλωδίου για θερμοκρασία **35°C**

$$I' = \frac{33.92}{0.94} \Rightarrow I' = 36.085 A$$

Από τον πίνακα 52-K2 παρατηρούμε ότι είναι κατάλληλη η διατομή 6 mm^2 .

Υπολογισμός διατομής με βάση την επιτρεπόμενη πτώση τάσης

Για μήκος γραμμής 10 m από τον πίνακα η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 10 \cdot 36.085 \cdot 0.8}{6} \Rightarrow \Delta V = 1.5 \text{ Volt} < \frac{4 \cdot 230}{100} = 9.2 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 1.5V είναι μικρότερη από 9.2 V (το 4% που επιτρέπεται ως πτώση τάσης στη Χ.Τ.), οπότε η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **S=6 mm²**.

Ταινία Μεταφοράς

§ Ισχύς: 0.746kW

§ Απόσταση κινητήρα από τον πίνακα 11m



Εικόνα 64: Η ταινία μεταφοράς

Υπολογισμός διατομής με βάση την ασφαλή λειτουργία της γραμμής

Το ρεύμα προσαυξάνεται κατά 25% επειδή το φορτίο είναι κινητήρας.

$$I = I \times 1.25 = 2.2 \times 1.25 = 2.75 A$$

Χρησιμοποιούμε τον συντελεστή διόρθωσης που δίνεται στις προδιαγραφές του χρησιμοποιούμενου καλωδίου για θερμοκρασία **35°C**

$$I' = \frac{2.75}{0.94} \Rightarrow I' = 2.925 A$$

Από τον πίνακα 52-K2 παρατηρούμε ότι είναι κατάλληλη η διατομή 1.5 mm^2 . Όμως επειδή το φορτίο είναι κινητήρας βάσει κανονισμού θα χρησιμοποιηθεί διατομή 2.5 mm^2

Υπολογισμός διατομής με βάση την επιτρεπόμενη πτώση τάσης

Για μήκος γραμμής 5 m από τον πίνακα η πτώση τάσης είναι:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot r \cdot \mathbf{I} \cdot I \cdot \cos j}{S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0.018 \cdot 11 \cdot 2.925 \cdot 0.74}{2.5} \Rightarrow \Delta V = 0.3 \text{ Volt} < \frac{4 \cdot 230}{100} = 9.2 \text{ Volt}$$

Η πτώση τάσης 0.3 V είναι μικρότερη από 9.2 V (το 4% που επιτρέπεται ως πτώση τάσης στη Χ.Τ.), οπότε η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **S=2.5 mm²**.

Συγκεντρωτικά για τους κινητήρες της εγκατάστασης έχουμε

ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ	ΘΕΡΜΙΚΟ
ΑΝΥΨΩΤΗΡΕΣ ΤΣΟΥΒΑΛΙΩΝ	2.5 mm ²	16 A	1.11 A
ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΑΣ	2.5 mm ²	16 A	24 A
ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	2.5 mm ²	16 A	4.54 A
ΞΗΡΑΝΤΗΡΙΟ	2.5 mm ²	25 A	47 A
ΤΑΙΝΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	2.5 mm ²	16 A	2.2 A

Γενικός Πίνακας



Εικόνα 65: Ο Γενικός Πίνακας

$$I_{\text{ΕΝΕΡΓΟ}} = 5 \times 1.11 \times 0.74 + 24 \times 0.78 + 4.54 \times 0.84 + 1.25 \times 47 \times 0.8 + 2.2 \times 0.74 \Rightarrow \\ I_{\text{ΕΝΕΡΓΟ}} = 75.2686 \text{ A}$$

$$I_{\text{ΑΕΡΓΟ}} = 5 \times 1.11 \times 0.67 + 24 \times 0.625 + 4.54 \times 0.54 + 1.25 \times 47 \times 0.6 + 2.2 \times 0.67 \Rightarrow \\ I_{\text{ΑΕΡΓΟ}} = 57.89 \text{ A}$$

Άρα το ρεύμα του πίνακα είναι:

$$I_{\text{ΠΙΝΑΚΑ}} = \sqrt{I_{\text{ΕΝΕΡΓΟ}}^2 + I_{\text{ΑΕΡΓΟ}}^2} = \sqrt{75.2686^2 + 57.89^2} \Rightarrow I_{\text{ΠΙΝΑΚΑ}} = 94.95 \text{ A}$$

Από τον πίνακα 52-K2 παρατηρούμε ότι είναι κατάλληλη η διατομή 25 mm^2 .

Αντιστάθμιση

Συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης:

$$\cos \varphi = \frac{I_{ΕΝΕΡΓΟ}}{I_{ΠΙΝΑΚΑ}} = \frac{75.2686}{94.95} = 0.793$$

Για την διόρθωση του συντελεστή ισχύος σε 0.9 (δηλ $\cos\varphi=0.9$) έχουμε $\sin\varphi=0.435$. Μετά την αντιστάθμιση η άεργος ισχύς του συστήματος θα είναι:

$$Q' = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 94.95 \cdot 0.435 = 28615.73 \text{ VAR}$$

Πριν από την αντιστάθμιση η άεργος ισχύς είναι

$$Q = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 94.95 \cdot 0.61 = 40127.8 \text{ VAR}$$

Άρα η άεργος ισχύς που θα προσφέρουν στο σύστημα οι πυκνωτές αντιστάθμισης θα είναι

$$Q_c = Q - Q' = 40127.8 - 28615.73 = 11512.7 \text{ VAR}$$

Προτείνεται η τοποθέτηση του παρακάτω πίνακα της εταιρείας ΟΙΚΑΤ



Εικόνα 66: Ο προτεινόμενος πίνακας αντιστάθμισης

Γενικά Χαρακτηριστικά

Απλός με τις ελάχιστες δυνατές διαστάσεις – βάρος, χωρίς όμως κανένα συμβιβασμό στην ποιότητα. Για απόλυτη ασφάλεια, η πρόσβαση στο εσωτερικό γίνεται **ΑΝΑΓΚΑΣΤΙΚΑ** μόνο μετά από απομανδάλωση του γενικού διακόπτη. Ο πίνακας έχει τις ελάχιστες δυνατές διαστάσεις για ευνόητους λόγους, με διαρρύθμιση όμως τέτοια ώστε τα διάφορα υλικά να είναι προσιτά και τοποθετημένα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η πιθανή μελλοντική άνετη αφαίρεση, και επανατοποθέτησή τους.

Τα υλικά προστασίας, ζεύξης και εκφόρτισης, τοποθετούνται σε ειδική μεταλλική ράγα. Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής Άεργου Ισχύος, της ιταλικής comar είναι τοποθετημένη στην πρόσοψη. Έχουν προβλεφθεί οπές για φυσικό αερισμό και φίλτρο. Στις καλωδιώσεις χρησιμοποιούνται ειδικών προδιαγραφών πυράντοχα και θερμοανθεκτικά καλώδια, που διασφαλίζουν απρόσκοπτη λειτουργία αποτρέποντας τη μετάδοση και συντήρηση φωτιάς.

Πυκνωτές Ισχύος

Οι πυκνωτές είναι κατάλληλοι για διόρθωση του συντελεστή ισχύος $\cos\phi$.

§ Έχουν σταθερή χωρητικότητα σε όλη τη διάρκεια ζωής τους

- § Είναι ανθεκτικοί σε συχνές ζεύξεις με ψηλά ρεύματα ζεύξης.
- § Είναι ασφαλείς και αξιόπιστοι.
- § Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής (80.000h).
- § Αμετάβλητη χωρητικότητα.
- § Ανθεκτικοί σε υψηλές θερμοκρασίες έως και 55ο C.
- § Με χαμηλές απώλειες < 0,20W / kVAr.
- § Ξηρού τύπου, αποτρέπουν τη μετάδοση και συντήρηση φωτιάς.
- § Είναι αυτοεπουλωνόμενοι, δηλαδή σε περίπτωση σχηματισμού τόξου εξαιτίας υπερτάσεων δικτύου ή ζεύξης, θα εξακολουθήσουν να έχουν την πλήρη αντοχή σε τάση, χωρίς ουσιαστική μεταβολή της χωρητικότητας τους.

Αυτόματος ελεγκτής 4 η 6 βημάτων της ιταλικής comar

Διαθέτει:

- § Μεγάλη τριπήφια οθόνη που προσφέρει άνετη προβολή και ευκολία στη χρήση.
- § Ειδικό σύστημα μέτρησης που λειτουργεί ακόμα και όταν η τρέχουσα μέτρηση **διαστρεβλώνεται** από την παρουσία **αρμονικών**.
- § Μικροεπεξεργαστή διαχείρισης έως και έξι συστοιχιών πυκνωτών για την επίτευξη του επιθυμητού Σ.Ι. – συνφ.
- § Αυτόματη διάγνωση με συλλογή πληροφοριών για την κατάσταση του δικτύου και προστασία των πυκνωτών από τάσεις αιχμής για παράταση της ζωής τους.

Τηλεχειριζόμενοι διακόπτες (ρελέ ισχύος)

Για τη ζεύξη των συστοιχιών των πυκνωτών χρησιμοποιούνται ειδικοί τηλεχειριζόμενοι διακόπτες ζεύξης των πυκνωτών (ειδικά ρελέ ισχύος), με προπορευόμενα στοιχεία ζεύξης και αντιστάσεις για την αρχική φόρτιση των πυκνωτών με τις κύριες επαφές να κλείνουν στην συνέχεια. Έτσι περιορίζονται τα μεγάλα ρεύματα εκκίνησης ζεύξης – απόζευξης, αποφεύγονται οι ενοχλητικές επιδράσεις στο δίκτυο, και η γρήγορη φθορά αυτών και των πυκνωτών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

POWER CABLE PVC INSULATED



- 1. Copper Conductor
- 2. PVC Insulation
- 3. Inner covering
- 4. PVC outer sheath

TYPE OF CABLE: NYY
VOLTAGE: 600/1000V
SPECIFICATION: VDE 0276

Applications

Power cable for fixed installations in wet or dry places in air or ground, For industrial installations that are not subject to severe mechanical stresses.

Colours

NUMBER OF CORES	WITH GREEN/YELLOW CORE	WITHOUT GREEN/YELLOW CORE
1	GREEN/YELLOW	BLACK
2	-	BLUE - BROWN
3	GREEN/YELLOW - BLUE - BROWN	BROWN - BLACK - GREY
4	GREEN/YELLOW - BROWN - BLACK - GREY	BLUE - BROWN - BLACK - GREY
5	GREEN/YELLOW - BLUE - BROWN - BLACK - GREY	BLUE - BROWN - BLACK - GREY - BLACK
above 5	BLACK CORES WITH WHITE OR YELLOW NUMBERS, THE GREEN/YELLOW CORE IS LOCATED IN THE OUTER LAYER OF THE LAID UP CORES	BLACK CORES WITH WHITE OR YELLOW NUMBERS



Low Voltage Power cables

NOMINAL AREA OF CONDUCTOR	MEAN OVERALL DIAMETER MAX	NET WEIGHT (APPROX.)	MAXIMUM CONDUCTOR RESISTANCE DC AT 20° C	CONTINUOUS CURRENT RATING		VOLTAGE DROP	
				30°C in air	20°C in ground	1 PHASE	3 PHASES
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A		mV/A/m	
1 X 4 RE	8	105	4,61	47	71	11	9,5
1 X 6 RE	9	130	3,08	59	90	7,3	6,4
1 X 10 RE	10	175	1,83	81	124	4,4	3,8
1 X 16 RE	11	240	1,15	107	160	2,8	2,4
1 X 25 RM	12	350	0,727	144	208	1,75	1,5
1 X 35 RM	13	455	0,524	176	250	1,25	1,1
1 X 50 RM	15	595	0,387	214	296	0,94	0,81
1 X 70 RM	17	810	0,268	270	365	0,65	0,57
1 X 95 RM	19	1085	0,193	334	438	0,49	0,42
1 X 120 RM	20	1320	0,153	389	501	0,40	0,35
1 X 150 RM	22	1605	0,124	446	563	0,34	0,29
1 X 185 RM	24	1990	0,0991	516	639	0,29	0,25
1 X 240 RM	27	2560	0,0754	618	746	0,24	0,21
1 X 300 RM	31	3200	0,0601	711	845	0,21	0,18
1 X 400 RM	33	1035	0,0470	843	975	0,19	0,17
1 X 500 RM	37	5110	0,0366	994	1125	0,18	0,16
2 X 15 RE	11	190	12,1	19,5	27	29	-
2 X 25 RE	12	225	7,41	26	36	18	-
2 X 4 RE	14	315	4,61	34	46	11	-
2 X 6 RE	15	385	3,08	43	58	7,3	-
2 X 10 RE	17	510	1,83	59	78	4,4	-
2 X 16 RE	18	685	1,15	78	101	2,8	-
2 X 25 RM	22	1025	0,727	105	132	1,75	-
3 X 15 RE	12	210	12,1	19,5	27	29	25
3 X 25 RE	13	260	7,41	26	36	18	15
3 X 4 RE	15	365	4,61	34	46	11	9,5
3 X 6 RE	16	455	3,08	43	58	7,3	6,4
3 X 10 RE	18	610	1,83	59	78	4,4	3,8
3 X 16 RE	20	840	1,15	78	101	2,8	2,4
3 X 25 RM	24	1260	0,727	105	132	1,75	1,5
3 X 35 SM	23	1305	0,524	129	159	1,25	1,1
3 X 50 SM	26	1740	0,387	157	188	0,94	0,81
3 X 70 SM	30	2405	0,268	199	232	0,65	0,57
3 X 95 SM	34	3230	0,193	246	280	0,49	0,42
3 X 120 SM	37	3975	0,153	285	318	0,40	0,35
3 X 150 SM	40	4810	0,124	326	359	0,34	0,29
3 X 185 SM	46	6085	0,0991	374	406	0,29	0,25
3 X 240 SM	53	7940	0,0754	445	473	0,24	0,21
3X25 RM/16 RE	25	1230	0,727/1,15	105	132	-	1,5
3X35 SM/16 RE	25	1495	0,524/1,15	129	159	-	1,1
3X50 SM/35 SM	29	2050	0,387/0,727	157	188	-	0,81

NOMINAL AREA OF CONDUCTOR	MEAN OVERALL DIAMETER MAX	NET WEIGHT (APPROX.)	MAXIMUM CONDUCTOR RESISTANCE DC AT 20° C	CONTINUOUS CURRENT RATING		VOLTAGE DROP	
				30°C in air	20°C in ground	1 PHASE	3 PHASES
mm ²	mm	Kg/Km	Ω/Km	A		mV/A/m	
3X70 SM/36 SM	33	2810	0,268/0,524	199	232	-	0,57
3X95 SM/50 SM	38	3800	0,193/0,387	246	280	-	0,42
3X120 SM/70 SM	43	4755	0,153/0,268	285	318	-	0,35
3X150 SM/70 SM	45	5595	0,124/0,268	326	359	-	0,29
3X185 SM/95 SM	51	7150	0,0991/0,193	374	406	-	0,25
3X240 SM/120 SM	59	9245	0,0754/0,153	445	473	-	0,21
3X300 SM/150 SM	62	11315	0,0601/0,124	510	535	-	0,18
4X1,5 RE	13	245	12,1	19,5	27	-	25
4X2,5 RE	14	305	7,41	26	36	-	15
4X4 RE	16	430	4,61	34	46	-	9,5
4X6 RE	17	540	3,08	43	58	-	6,4
4X10 RE	19	740	1,83	59	78	-	3,8
4X16 RE	21	1025	1,15	78	101	-	2,4
4X25 RM	26	1545	0,727	105	132	-	1,5
4X35 SM	25	1690	0,524	129	159	-	1,1
4X50 SM	29	2275	0,387	157	188	-	0,81
4X70 SM	33	3155	0,268	199	232	-	0,57
4X95 SM	38	4250	0,193	246	280	-	0,42
4X120 SM	42	5250	0,153	285	318	-	0,35
4X150 SM	45	6390	0,124	326	359	-	0,29
4X185 SM	51	8035	0,0991	374	406	-	0,25
4X240 SM	59	10480	0,0754	445	473	-	0,21
5X1,5 RE	13	275	12,1	19,5	27	-	25
5X2,5 RE	15	345	7,41	26	36	-	15
5X4 RE	17	490	4,61	34	46	-	9,5
5X6 RE	18	630	3,08	43	58	-	6,4
5X10 RE	20	870	1,83	59	78	-	3,8
5X16 RE	23	1210	1,15	78	101	-	2,4
5X25 RM	28	1835	0,727	105	132	-	1,5
5X35 SM	31	2400	0,524	129	159	-	1,1

Note: The above ratings are given for 30°C ambient temperature, temperature of ground 20°C and thermal resistivity of soil 1 Km/W. For other conditions, the correction factors are:

Air Temperature °C	15	20	25	35	40	45	50
Correction factor	1,17	1,12	1,06	0,94	0,87	0,79	0,71
Ground Temperature °C	15	20	25	30	35	40	
Correction factor	1,08	1	0,95	0,89	0,84	0,77	
Ground Thermal resistivity Km/W:	0,8	1	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Correction factor	1,07	1	0,93	0,87	0,79	0,71	0,65

The above ratings for cables installed in ground are for cyclic load with a load factor 0,7. For continuous operation (load factor 1,0) the values must be multiplied with a coefficient equal to 0,93.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- § Πέτρος Ντοκόπουλος, Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, 2005
- § <http://www.sesdomisi.com/el/saving-energy/electric-energy/compensation.html> (Ανάκτηση την 15.07.2015)
- § <http://hellasnrq.gr/el/content/aergos-ishys-antistathmisi>(Ανάκτηση την 15.07.2015)
- § <http://www.eucat.gr/0010000170/πυκνωτες-αντισταθμισης-αεργου-ισχυος.html>(Ανάκτηση την 15.07.2015)
- § <http://www.ee.teihal.gr/lessons/she2/private/uploads/AERGOS-ISXYS.pdf>(Ανάκτηση την 17.07.2015)
- § <http://www.energyconservation.gr/τοπική-αντιστάθμιση-αέργου-ισχύος/>(Ανάκτηση την 17.07.2015)
- § <http://www.lselectric.com/synchronous-motor-power-factor-correction/>(Ανάκτηση την 17.07.2015)
- § http://www.reinhausen.com/desktopdefault.aspx/tabid-398/296_read-5000/(Ανάκτηση την 27.07.2015)
- § <http://www.naacenergy.com/activecomp.html>(Ανάκτηση την 27.07.2015)
- § <http://hlektrologia.gr//συστήματα-αντιστάθμισης-αέργου-ισχύ/>(Ανάκτηση την 27.07.2015)
- § <http://library.tee.gr/digital/m1800/pvallian.pdf>(Ανάκτηση την 27.07.2015)
- § http://oikat.gr/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=1&category_id=1&option=com_virtuemart&Itemid=1(Ανάκτηση την 03.08.2015)
- § www.cablel.gr(Ανάκτηση την 03.08.2015)
- § <http://www.eng.ucy.ac.cy/elias/Courses/ECE445/presentations/Lectures2010/Distributed%20Generation1.pdf> (Ανάκτηση την 03.08.2015)
- § <http://www.slideshare.net/webgoddesscathy/emerging-energy-generation-and-storage-technology-by-mark-tinkler> (Ανάκτηση την 03.08.2015)
- § http://artemis-new.cslab.ece.ntua.gr:8080/jspui/bitstream/123456789/7260/1/D_T2015-0020.pdf (Ανάκτηση την 07.08.2015)
- § http://www.langley-eng.co.uk/langley_products/voltage_regulators.html (Ανάκτηση την 07.08.2015)

- § <http://www.pscpower.com/synchronous-condenser-gallery/>
(Ανάκτηση την 07.08.2015)
- § <http://electrotekltd.com/?portfoliosets=pf-high-static>(Ανάκτηση την 07.08.2015)
- § https://en.wikipedia.org/wiki/Power_factor (Ανάκτηση την 07.08.2015)
- § <http://www.hpfc.ca/facts.html>(Ανάκτηση την 07.08.2015)
- § https://en.wikipedia.org/wiki/Grid_energy_storage (Ανάκτηση την 13.08.2015)
- § <http://www.ee.teihal.gr/lessons/she2/private/uploads/AERGOS-ISXYS.pdf>
(Ανάκτηση την 13.08.2015)
- § http://www.timesjournal.com/news/image_105d6e1a-f751-56ac-aeb6-c8cc8a28252e.html (Ανάκτηση την 13.08.2015)
- § <http://www.energyfacts.com/2015/05/advantage-and-disadvantage-of.html>
(Ανάκτηση την 20.02.2016)
- § http://people.ucalgary.ca/~aknigh/electrical_machines/synchronous/motor_intro.html (Ανάκτηση την 20.02.2016)
- § https://www.researchgate.net/publication/224079949_Distribution_Network_Capacity_Assessment_Variable_DG_and_Active_Networks (Ανάκτηση την 20.02.2016)
- § <http://www.abb.com/cawp/seitp202/2faaa5bedcf1e082c1257a0500457ae9.aspx>
(Ανάκτηση την 20.02.2016)
- § http://new.abb.com/facts/references/reference_outokumpu (Ανάκτηση την 20.02.2016)
- § [http://www.energy.siemens.com/nl/en/power-transmission/facts/series-compensation/#content=Thyristor%20%E2%80%93%20Controlled%20Series%20Capacitor%20\(TCSC\)](http://www.energy.siemens.com/nl/en/power-transmission/facts/series-compensation/#content=Thyristor%20%E2%80%93%20Controlled%20Series%20Capacitor%20(TCSC)) (Ανάκτηση την 20.02.2016)
- § <http://www.slideshare.net/suneelagrwl/padiyar-k-r-power-transmission>
(Ανάκτηση την 20.02.2016)