

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Αριθμός 1489**

**ΜΕΛΕΤΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΤΗΣ  
ΓΡΑΜΜΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΕΝΟΣ  
ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΜΙΝΟΥ ΤΟ ΟΠΟΙΟ ΕΙΝΑΙ  
ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΕΤΑΙΡΕΙΑ  
ΛΑΡΚΟ (ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΚΑΙ  
ΜΕΤΑΛΟΥΡΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ)**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΠΑΠΑΔΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ,**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:**

**ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2015**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Κατά την επιλογή των υλικών και των εξαρτημάτων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι σημαντική η γνώση των αναμενόμενων ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Τα βραχυκυκλώματα μπορούν να είναι μονοφασικά (μεταξύ φάσης και γης) τα οποία αποτελούν περίπου το 80% των σφαλμάτων, διφασικά (μεταξύ φάσεων, με ή χωρίς επαφή γης) τα οποία αποτελούν περίπου το 15% των σφαλμάτων, και τριφασικά τα οποία αποτελούν περίπου το 5% των σφαλμάτων.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονείται μελέτη υπολογισμού τόσο μονοφασικού όσο και τριφασικού βραχυκυκλώματος πάνω στη γραμμή τροφοδοσίας ενός ηλεκτροκάμινου (από τα πολλά) που είναι εγκατεστημένο και λειτουργεί στο εργοστάσιο της εταιρείας ΛΑΡΚΟ (Λάρυμνα Λοκρίδος, Φθιώτιδα). Υπολογίζονται τα ρεύματα βραχυκύκλωσης σε δύο σημεία, στην έξοδο του μετασχηματιστή υποβιβασμού της μέσης τάσης και στο τέρμα της γραμμής τροφοδοσίας. Προηγείται εκτενής αναφορά στο μέσα προστασίας και διασύνδεσης του ηλεκτροκάμινου με το δίκτυο μέσης τάσης μέσω ζυγού που υπάρχει στο χώρο του εργοστασίου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Κατά την επιλογή των υλικών και των εξαρτημάτων μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι σημαντική η γνώση των αναμενόμενων ρευμάτων βραχυκύκλωσης. Για τη σωστή επιλογή και ρύθμιση των προστατευτικών διατάξεων, πρέπει να είναι γνωστές δύο τιμές των ρευμάτων βραχυκύκλωσης σε κάθε σημείο σφάλματος: Το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης και το ελάχιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Το πρώτο είναι αναγκαίο να υπολογισθεί προκειμένου να επιλεγεί η ικανότητα διακοπής των διακοπτικών και ασφαλιστικών στοιχείων και να επιλεγεί η μηχανική αντοχή του εξοπλισμού, ο οποίος καταπονείται λόγω των ηλεκτροδυναμικών φαινομένων που προκαλούνται από τα ισχυρά ρεύματα του βραχυκυκλώματος. Το δεύτερο είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί προκειμένου να επιλεγούν ασφαλιστικά στοιχεία με την επιθυμητή συμπεριφορά (κατάλληλες καμπύλες ρεύματος σε ασφάλειες, αυτόματους διακόπτες κ.λ.π.) και να προστατευθεί η ζωή. Τα βραχυκυκλώματα μπορούν να είναι μονοφασικά (μεταξύ φάσης και γης) τα οποία αποτελούν περίπου το 80% των σφαλμάτων, διφασικά (μεταξύ φάσεων, με ή χωρίς επαφή γης) τα οποία αποτελούν περίπου το 15% των σφαλμάτων, και τριφασικά τα οποία αποτελούν περίπου το 5% των σφαλμάτων.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονείται μελέτη υπολογισμού τόσο μονοφασικού όσο και τριφασικού βραχυκυκλώματος πάνω στη γραμμή τροφοδοσίας ένος ηλεκτροκάμινου (από τα πολλά) που είναι εγκατεστημένο και λειτουργεί στο εργοστάσιο της εταιρείας ΛΑΡΚΟ (Λάρυμνα Λοκρίδος, Φθιώτιδα). Υπολογίζονται τα ρεύματα βραχυκύκλωσης σε δύο σημεία, στην έξοδο του μετασχηματιστή υποβιβασμού της μέσης τάσης και στο τέρμα της γραμμής τροφοδοσίας. Προηγείται εκτενής αναφορά στο μέσα προστασία και διασύνδεσης του ηλεκτροκάμινου με το δίκτυο μέσης τάσης μέσω ζυγού που υπάρχει στο χώρο του εργοστασίου.

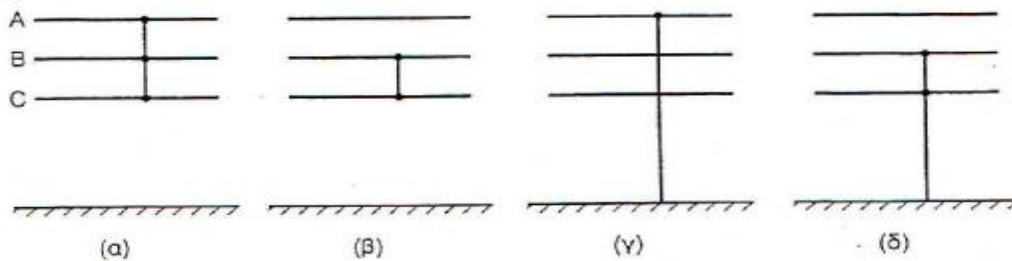
# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>I</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>II</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΖΥΓΟΙ</b> .....	<b>4</b>
1.1. Τύποι Ζυγών .....	5
1.2. Δομή των Ζυγών .....	6
1.3. Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά των Ζυγών .....	7
1.3.1. Διαστάσεις ζυγών.....	7
1.3.2. Χάλκινοι Αγωγοί.....	7
1.3.3. Σφικκτήρες .....	7
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (Δ/ΑΕ)</b> .....	<b>8</b>
2.1. Τριπολικοί Δ/ΑΕ .....	8
2.2. Δ/ΑΕ Ξηρού Τύπου .....	10
2.3. Μονοπολικοί Δ/ΑΕ.....	11
2.4. Recloser Control του Δ/ΑΕ.....	12
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ</b> .....	<b>17</b>
3.1. Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών .....	19
3.2. Τυπικά Μεγέθη Μετασχηματιστών Υποβιβασμού ΥΤ/ΜΤ .....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ</b> .....	<b>21</b>
4.1. Τύποι διακοπών ισχύος.....	22
4.1.1. Αυτόματοι διακόπτες ελαίου .....	22
4.1.2. Αυτόματοι διακόπτες «πρωχού» ελαίου.....	22
4.1.3. Αυτόματοι διακόπτες αέρα .....	24
4.1.4. Αυτόματοι διακόπτες εξαφθοριούχου θείου SF <sub>6</sub> .....	26
4.1.5. Αυτόματοι διακόπτες κενού .....	27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ</b> .....	<b>28</b>
5.1. Χαρακτηριστικά Πυκνωτών και Πηνίων .....	29
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΔΑΡΚΟ</b> .....	<b>32</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - ΜΕΛΕΤΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΠΑΡΑ ΤΩΝ 15kV ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΜΙΝΟ</b> .....	<b>34</b>
<b>ΠΑΡΑΤΡΗΜΑ</b> .....	<b>42</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>43</b>

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## Είδη βραχυκυκλωμάτων

Τα βραχυκυκλώματα μπορούν να είναι συμμετρικά ή ασύμμετρα. Τα συμμετρικά είναι οι μεταβατικές καταστάσεις στις οποίες βρίσκεται το σύστημα όταν λόγω βλάβης σε ένα σημείο έρχονται σε επαφή μεταξύ τους οι τρεις φάσεις. Αυτά είναι και οι πιο σοβαρές περιπτώσεις βραχυκυκλωμάτων. Συμμετρικά είναι τα τριφασικά βραχυκυκλώματα. Τα ασύμμετρα βραχυκυκλώματα από την άλλη είναι αρκετά συνηθέστερα, αλλά όχι τόσο σοβαρά. Τα μονοφασικά και διφασικά είναι ασύμμετρα βραχυκυκλώματα. Στην εικόνα 1 φαίνονται τα διάφορα είδη βραχυκυκλωμάτων.

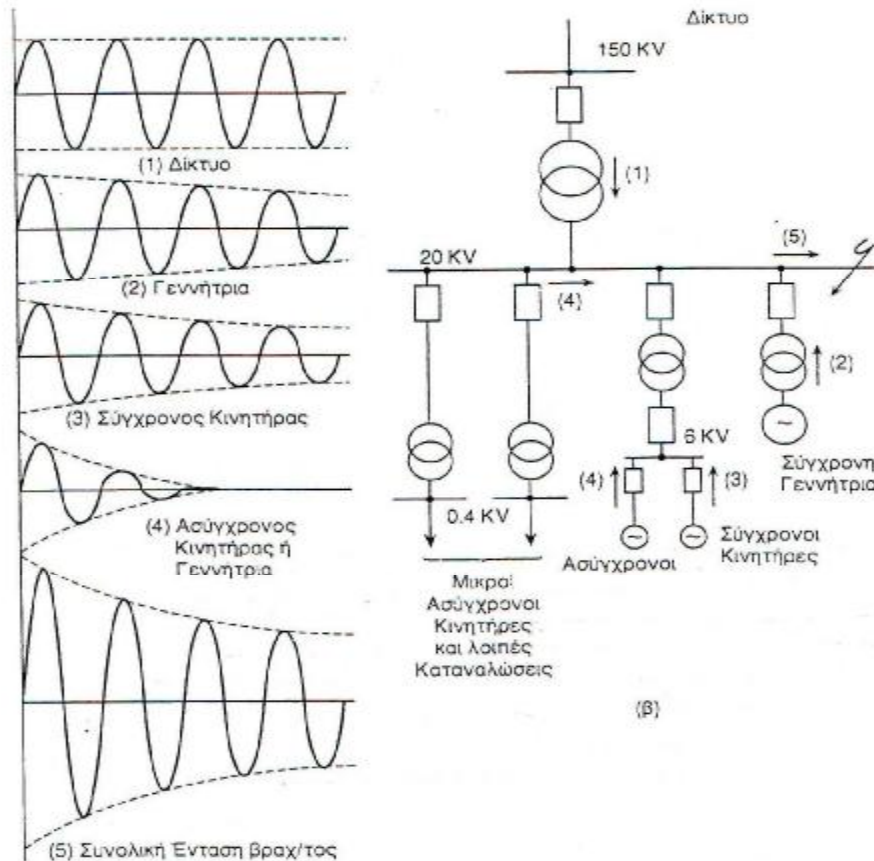


Εικόνα 1 :Είδη βραχυκυκλωμάτων (α)Τριφασικό, (β)Διφασικό, (γ)Μονοφασικό ως προς γη, (δ)Διφασικό ως προς γη

## Βασικά μεγέθη τριφασικού βραχυκυκλώματος και υπολογισμοί

Καταρχήν το βραχυκύκλωμα θεωρείται πλήρες, αγνοείται δηλαδή η αντίσταση σφάλματος. Το βραχυκύκλωμα τροφοδοτείται από κάθε πηγή του συστήματος. Η τάση στο ζυγό του σφάλματος μηδενίζεται, ενώ μειώνεται στους άλλους ζυγούς, ανάλογα με το πόσο ισχυρός είναι ο κάθε ένας. Προς το σφάλμα ρέουν ρεύματα βραχυκύκλωσης από κάθε κατεύθυνση στην οποία υπάρχει πηγή. Το συνολικό ρεύμα βραχυκύκλωσης στη θέση του σφάλματος (με τιμή γενικά πολλαπλάσια από τα συνήθη ρεύματα φορτίων) είναι το άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των ρευμάτων των επιμέρους στοιχείων του συστήματος, όπως ενδεικτικά φαίνεται στην εικόνα 2, για ένα συμμετρικό ρεύμα βραχυκύκλωσης. Η ισχύς ή στάθμη βραχυκύκλωσης ορίζεται ως το γινόμενο του μέτρου της τάσης του ζυγού πριν συμβεί το σφάλμα, και του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Η ισχύς αυτή μπορεί να αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη θέση ή και σε όλο το σύστημα, και όσο μεγαλύτερη είναι τόσο ισχυρότερο θεωρείται το σύστημα, αφού τόσο μικρότερη θα είναι η αντίσταση του δικτύου όπως φαίνεται από το θεωρούμενο ζυγό. Η αύξηση της ισχύος όμως, εκτός από το θετικό αποτέλεσμα της σταθεροποίησης της τάσης, έχει και δυσμενείς συνέπειες. Συγκεκριμένα, συνεπάγεται αυξημένες θερμικές και δυναμικές

καταπονήσεις για τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις του δικτύου και απαίτηση για αυξημένη ικανότητα διακοπής των διακοπών ισχύος [9].

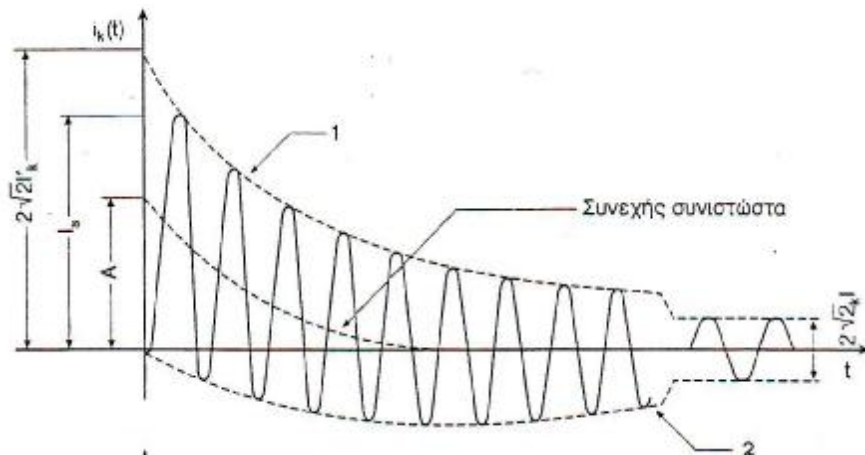


**Εικόνα 2:.**Σύνθεση συμμετρικού βραχυκυκλώματος σε τυπική εγκατάσταση

## Ρεύματα βραχυκύκλωσης

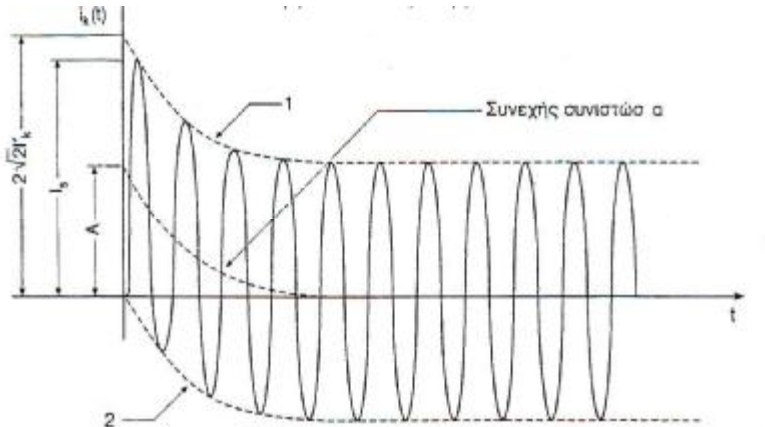
Στις εικόνες 3 και 4 δίνεται η μεταβολή της στιγμιαίας τιμής του ρεύματος βραχυκύκλωσης:

- Στην περίπτωση που το βραχυκύκλωμα συμβαίνει κοντά σε σύγχρονη γεννήτρια (και αντίστοιχα κοντά στο σημείο όπου η στιγμιαία τιμή της τάσης είναι μηδενική), ενώ το ρεύμα περιλαμβάνει δύο συνιστώσες, μια συνεχή και μια εναλλασσόμενη, η ενδεικνύμενη τιμή της εναλλασσόμενης συνιστώσας ελαττώνεται βαθμιαία (εικόνα 3).



**Εικόνα 3: Μεταβολή του ρεύματος βραχυκύκλωσης όταν το βραχυκύκλωμα συμβαίνει κοντά σε σύγχρονη γεννήτρια [Άνω περιβάλλουσα(1), κάτω περιβάλλουσα(2)]**

- Στην περίπτωση που το βραχυκύκλωμα συμβαίνει μακριά από σύγχρονες γεννήτριες (ή άλλες στρεφόμενες μηχανές), το ρεύμα περιλαμβάνει και πάλι δύο συνιστώσες, μια συνεχή και μια εναλλασσόμενη, αλλά τώρα η τιμή της εναλλασσόμενης συνιστώσας παραμένει σταθερή (εικόνα 4).



**Εικόνα 4: Μεταβολή του ρεύματος βραχυκύκλωσης όταν το βραχυκύκλωμα συμβαίνει μακριά από σύγχρονη γεννήτρια ή άλλη στρεφόμενη μηχανή [Άνω περιβάλλουσα (1), κάτω περιβάλλουσα (2)]**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΖΥΓΟΙ

Ένας υποσταθμός ηλεκτρικής ισχύος συνίσταται από εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για να κατευθύνουν τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας στο σύστημα. Συγχρόνως οι αυτοματοποιημένες αυτές διατάξεις και τα μέσα προστασίας, τοποθετούμενα σε κατάλληλα σημεία του συστήματος, επιτρέπουν τη ροή ενέργειας σε εναλλακτικές οδούς και έτσι συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Ένας υποσταθμός μπορεί να συνδυασθεί με έναν σταθμό γεννήτριας ή με μετασχηματιστές ισχύος, οι οποίοι μετατρέπουν την τάση παροχής σε υψηλότερο ή χαμηλότερο επίπεδο, ή να συνδέσει έναν αριθμό οδών παροχής στο ίδιο επίπεδο τάσης. Μία ή και περισσότερες από αυτές τις δυνατότητες μπορούν να εφαρμοσθούν σε κάθε υποσταθμό, ο οποίος βασικά αποτελείται από έναν αριθμό κυκλωμάτων, είτε εισερχόμενα είτε εξερχόμενα, συνδεδεμένα σε ένα κοινό ζυγό.

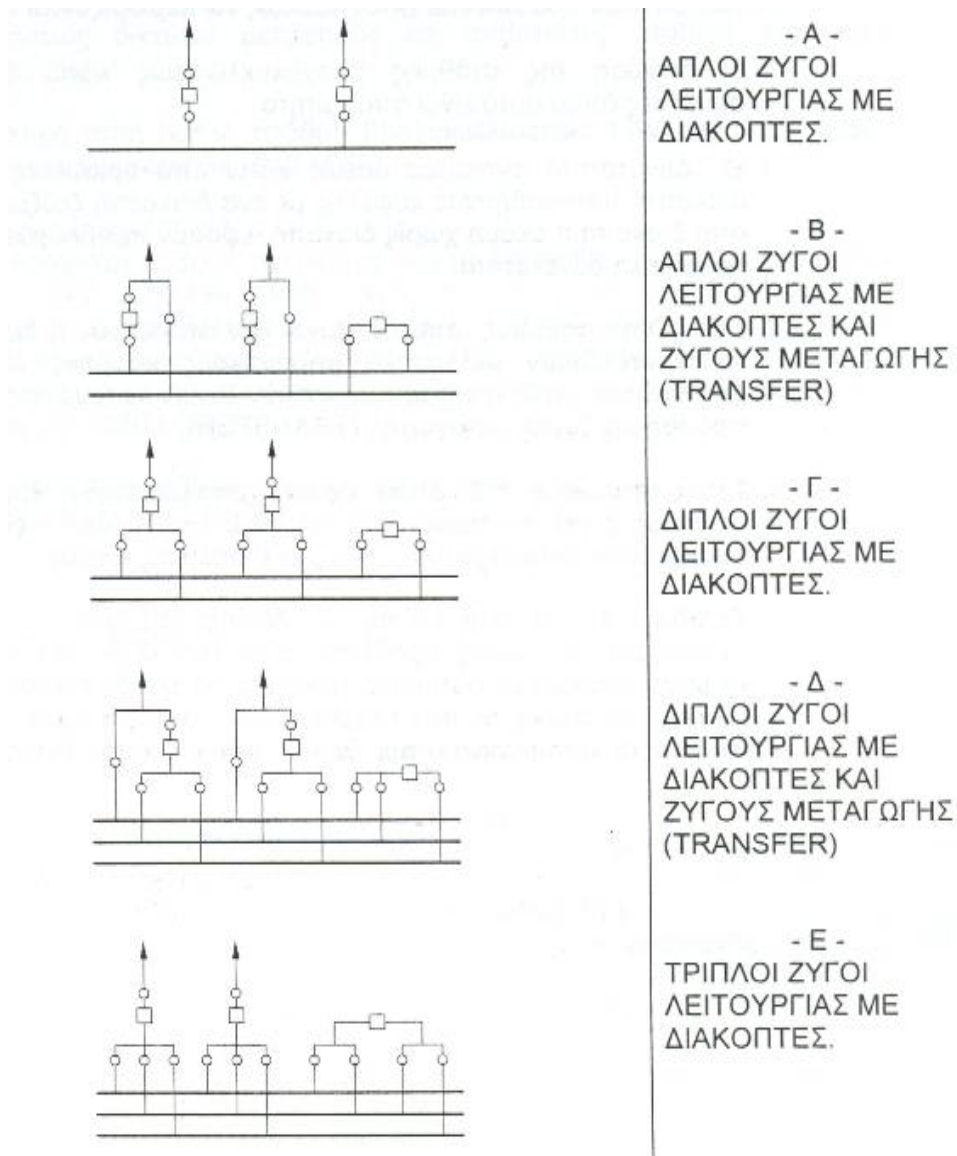


**Εικόνα 5: Ζυγοί Υψηλής Τάσης**



## 1.1. Τύποι Ζυγών

Τα κύρια μέρη ενός εισερχόμενου ή εξερχόμενου κυκλώματος είναι οι γραμμές, οι κόμβοι, οι διακόπτες, μετασχηματιστές και απομονωτές. Ο πιο απλός τρόπος για να ενωθούν τέτοια κυκλώματα είναι η σύνδεσή τους σε ένα απλό καλώδιο ή σε έναν ζυγό.



Εικόνα 6: Τύποι Ζυγών

Για να βελτιωθεί η ασφάλεια, να διευκολυνθεί η συντήρηση και να αυξηθεί η ευελιξία των χειρισμών στο σύστημα ηλεκτρικής ισχύος, οι ακόλουθες βασικές δομές ζυγών έχουν χρησιμοποιηθεί στους υποσταθμούς ηλεκτρικής ισχύος Υψηλής Τάσης :

- Απλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- Απλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες και ζυγούς μεταγωγής (TRANSFER)
- Κύριοι και μεταγωγικοί ζυγοί
- Διπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- Διπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες και ζυγούς μεταγωγής
- Διπλοί ζυγοί με διπλούς διακόπτες
- Τριπλοί ζυγοί λειτουργίας με διακόπτες
- Ζυγοί σε σχήμα «δακτυλίου».

## 1.2. Δομή των Ζυγών

Στους Υποσταθμούς όπου οι ζυγοί αποτελούν ή προορίζονται να αποτελέσουν μελλοντικά σημαντικούς κόμβους λειτουργίας του Συστήματος, επιβάλλεται από την αρχή η κατασκευή ή πρόβλεψη δυνατότητας κατασκευής διπλών ή τριπλών ζυγών λειτουργίας, που σε συνδυασμό με μία ή δύο κυψέλες (με διακόπτες ζεύξεως ζυγών) επιτρέπουν:

- Ελαστικότητα συνδυασμών διασυνδέσεως λειτουργίας.
- Αυξημένες δυνατότητες εκτελέσεως συντήρησης και επισκευών.
- Δυνατότητα κατανομής της συνδέσεως των γραμμών, των μετασχηματιστών και των μονάδων παραγωγής στους πολλαπλούς ζυγούς λειτουργίας, ώστε σε περιπτώσεις σφαλμάτων ζυγών τα στοιχεία των δικτύων που τίθενται εκτός τάσεως να περιορίζονται σημαντικά.
- Μείωση της στάθμης βραχυκυκλώσεως κάτω από ορισμένες συνθήκες όπου αυτό είναι απαραίτητο.
- Δυνατότητα αντικαταστάσεως κάτω από ορισμένες συνθήκες του διακόπτη οποιασδήποτε κυψέλης με ένα διακόπτη ζεύξεως ζυγών, μετά από διακοπή ή ακόμη χωρίς διακοπή, εφόσον προβλεφθεί από την αρχή κατάλληλη δυνατότητα.

Όπως όμως είναι προφανές η πολυπλοκότητα του σχήματος των ζυγών αυξάνει, εκτός από το κόστος και την πιθανότητα βλάβης, πράγμα βέβαιο που εξαρτάται και από την κατασκευαστική τους διαμόρφωση. Είναι χαρακτηριστικό ότι η βελτίωση της ποιότητας του υλικού (και συνεπώς της συχνότητας των βλαβών) ωθεί τα τελευταία χρόνια προς απλούστερα σχήματα ζυγών, ιδίως στη ΜΤ. Στους Υποσταθμούς, όπου οι ζυγοί δεν αποτελούν ή δεν προορίζονται να αποτελέσουν μελλοντικά σημαντικούς κόμβους λειτουργίας του Συστήματος, αρκεί η κατασκευή απλών ζυγών λειτουργίας με δυνατότητα

προσθήκης ζυγών μεταγωγής (TRANSFER). Στους παλαιούς Υ/Σ όπου έχουν χρησιμοποιηθεί έμβολα τεχνητού σφάλματος για την προστασία των Μ/Σ 150 KV/ Μ.Τ., γίνεται σταδιακά προσπάθεια αντικατάστασής τους με διακόπτες ισχύος. Σε ειδικές περιπτώσεις Υ/Σ που συνδέονται απευθείας με Γ.Μ. μεγαλύτερης σημασίας, προβλέπεται από την αρχή η εγκατάσταση κυψέλης ζεύξεως με αυτόματο διακόπτη, το ίδιο δε προβλέπεται και στις ζεύξεις ακτινικών Γ.Μ. που τροφοδοτούν ένα ή δύο ακραίους Υ/Σ και συνδέονται προσωρινά στους ζυγούς των Υ/Σ χωρίς διακόπτες.

### **1.3. Κατασκευαστικά Χαρακτηριστικά των Ζυγών**

#### **1.3.1. Διαστάσεις ζυγών**

Οι διατομές χάλκινων σωλήνων (μπάρες) που χρησιμοποιούνται για Ζυγούς είναι Φ 20/16 MM, Φ 30/24 MM, Φ 60/52 MM, Φ 80/70 MM, το δε μήκος τους είναι περίπου 6m. Στην πλευρά 150 KV χρησιμοποιούνται μπάρες Φ 30/24 MM, που επαρκούν από ηλεκτρική άποψη, όταν η απόσταση μεταξύ δύο στηριγμάτων είναι μικρότερη ή ίση των 6 m. Αν η απόσταση είναι μεγαλύτερη και μέχρι 8.5 m χρησιμοποιούνται μπάρες Φ 60/52 MM μόνο για λόγους μηχανικής αντοχής. Στην πλευρά 20 KV χρησιμοποιούνται για τους βοηθητικούς Ζυγούς μπάρες Φ 30/24 MM ανεξάρτητα από το μέγεθος του Μ/Σ ισχύος. Για όλους τους υπόλοιπους Ζυγούς, δηλαδή μεταξύ Μ/Σ και Κεντρικού Διακόπτη και για τους Κύριους Ζυγούς 20 KV χρησιμοποιούνται μπάρες Φ 30/24 MM για Μ/Σ 10/12.5 MVA, Φ 60/52 MM για Μ/Σ 20/25 MVA, Φ 80/70 MM για Μ/Σ 40/50 MVA. Η διανομή Φ 20/16 MM χρησιμοποιείται στα κατεβάσματα προς τους Μ/Σ τάσεως και τον Μ/Σ εσωτερικής υπηρεσίας.

#### **1.3.2. Χάλκινοι Αγωγοί**

Υπάρχουν διατάξεις Υ/Σ 150/20 KV που έχουν Ζυγούς 150 KV από χάλκινο αγωγό. Η διατομή που χρησιμοποιείται γι' αυτούς τους Ζυγούς, καθώς και για τα κατεβάσματα από τη γραμμή των 150 KV είναι 240 MM<sup>2</sup>.

#### **1.3.3. Σφιγκτήρες**

Υπάρχουν δύο ειδών σφιγκτήρες που χρησιμοποιούνται για τους χάλκινους σωλήνες και τους χάλκινους αγωγούς : σταθεροί και ελαστικοί ή ολισθαίνοντες. Η χρήση τους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπουν τη διαστολή των μάρων, δηλαδή μεταξύ δύο σταθερών σφιγκτήρων πρέπει να τοποθετηθεί ελαστικός σφιγκτήρας και φυσικά στα ελεύθερα άκρα των μάρων πάντοτε ολισθαίνοντες σφιγκτήρες.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ (Δ/ΑΕ)**

Ένας Δ/ΑΕ συνοδεύεται πάντα από έναν ηλεκτρονικό πίνακα ελέγχου ή «Reclose Controls», κατάλληλο για την λειτουργία του διακόπτη. Τα τεχνικά συνεργεία της Δ.Ε.Η το ονομάζουν «Controller» Από τον «Controller» γίνονται οι χειρισμοί ηλεκτρονικά για να ανοίξει ή να κλείσει ο διακόπτης. Στον Controller γίνονται όλες οι ρυθμίσεις για τους ΔΙ. Ο Controller περιέχει δηλαδή τους ηλεκτρονόμους του διακόπτη, που ελέγχουν την λειτουργία του διακόπτη και είναι σε θέση να δώσουν εντολή να ανοίξει σε περίπτωση σφάλματος. Στο κυρίως σώμα του διακόπτη διακρίνει κανείς εύκολα τους μονωτήρες που συνδέονται οι αγωγοί και το χώρο μέσα στον οποίο γίνεται η σβέση του τόξου. Ο διακόπτης παίρνει εντολές από τον Controller για να ανοίξει ή να κλείσει. Ο διακόπτης συνδέεται με τον Controller με ένα καλώδιο έτσι ώστε να γίνονται οι χειρισμοί του διακόπτη από απόσταση, προσφέροντας ταυτόχρονα και ασφάλεια στους χειριστές. Ένας Δ/ΑΕ μπορεί να είναι είτε μονοφασικός είτε τριπολικός.

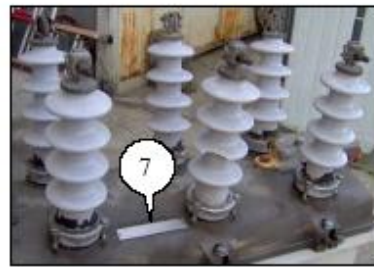
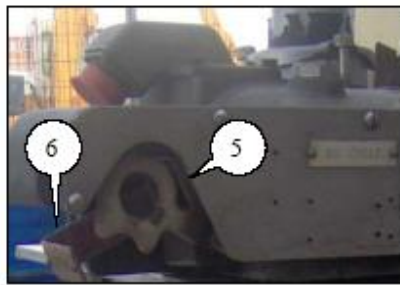
#### **2.1. Τριπολικοί Δ/ΑΕ**

Οι τριπολικοί Δ/ΑΕ μπορούν να χωριστούν στους διακόπτες ελαίου και στους ξηρού τύπου με «κενό», οι οποίοι είναι πιο σύγχρονοι. Στους τριπολικούς Δ/ΑΕ με δοχείο λαδιού διακρίνουμε τους τύπους RE, WE και τον RVE. Οι παραπάνω τύποι διαφέρουν στα τεχνικά χαρακτηριστικά τους. Οι Δ/ΑΕ είναι σε θέση να εκτελούν ξεχωριστά κύκλους επαναφοράς για σφάλματα γης και σφάλματα φάσεων με την βοήθεια, φυσικά, του «Controller» Στον «πίνακα ελέγχου μπορούν να ρυθμιστούν τα παρακάτω μεγέθη:

- § Η ελάχιστη ένταση διέγερσης για σφάλματα φάσεων και γης χωριστά
- § Οι καμπύλες χρονικής καθυστέρησης και στιγμιαίας λειτουργίας
- § Ο αριθμός πτώσεων του διακόπτη που θα οφείλεται στο Σ.Λ και Χ.Κ
- § Οι χρόνοι επανάζευξης
- § Ο χρόνος επαναφοράς σε αρχική κατάσταση.

Στους Δ/ΑΕ υπάρχουν και διακόπτες «δέσμευσης» κάποιας λειτουργίας δηλαδή προσωρινό σταμάτημα μιας συγκεκριμένης λειτουργίας. Υπάρχουν διακόπτες δέσμευσης της επαναφοράς και της λειτουργίας από σφάλματα γης. Το πηνίο ζεύξης είναι αυτό που θα δώσει την «εντολή» στο ελατήριο των επαφών του διακόπτη για να κλείσουν ή να ανοίξουν οι επαφές. Το πηνίο αυτό τροφοδοτείται απευθείας από την τάση του δικτύου ΜΤ. Έτσι για να μπορέσει να λειτουργήσει ο διακόπτης πρέπει το πηνίο αυτό να έχει μόνιμα τάση, την οποία παίρνει από την μια πλευρά του δικτύου που υπάρχει η τάση. Αυτό σημαίνει ότι ο Διακόπτης πρέπει να τοποθετηθεί με συγκεκριμένο τρόπο έτσι ώστε οι αγωγοί που φέρουν τάση να βρίσκονται από την πλευρά όπου τροφοδοτείται το πηνίο ζεύξης. Γι αυτό τον λόγο υπάρχει ειδική ένδειξη πάνω στο καπάκι του Διακόπτη, που δείχνει τις επαφές που πρέπει να μουν οι

αγωγοί που φέρουν τάση. Στην αντίθετη περίπτωση το πηνίο δεν θα είναι υπό τάση και δεν θα μπορέσει να λειτουργήσει ο διακόπτης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένας παλιός Δ/ΑΕ της Εταιρίας Mc-Graw Edison τύπου RVE.



**Εικόνα 7: Παλιός Δ/ΑΕ της Εταιρίας Mc-Graw Edison τύπου RVE**

Στην εικόνα φαίνονται το δοχείο λαδιού (1), οι μονωτήρες-ακροδέκτες (2), στο πάνω μέρος των οποίων συνδέονται οι τρεις φάσεις του δικτύου που βρίσκονται υπό τάση και οι μονωτήρες, στους οποίους θα συνδεθούν οι τρεις φάσεις που θέλουμε να τροφοδοτήσουμε (3). Στο κόκκινο καπάκι (4) που φαίνεται στην εικόνα υπάρχει μια υποδοχή για να συνδεθεί με ένα καλώδιο ο Controller. Επίσης φαίνεται η προειδοποιητική πινακίδα για τους ακροδέκτες στους οποίους πρέπει να συνδεθούν οι αγωγοί υπό τάση (7). Σε όλους τους Δ/ΑΕ υπάρχει και χειροκίνητη λειτουργία του διακόπτη σε περίπτωση που ο Controller πάθει κάποια βλάβη. Επίσης υπάρχει ένδειξη για την κατάσταση του διακόπτη «OPEN», «CLOSE» Επίσης φαίνεται η λαβή για την χειροκίνητη λειτουργία (5) καθώς επίσης και η ένδειξη «OPEN», «CLOSE» (6). Τέλος υπάρχει σύστημα το οποίο στέλνει πληροφορίες για την κατάσταση του διακόπτη ανοιχτός ή κλειστός σε διάφορα σημεία (π.χ σε έναν υποσταθμό).

## 2.2. Δ/ΑΕ Ξηρού Τύπου

Ένας νέος τύπος Δ/ΑΕ είναι ο « Nova 27» της Cooper. Ο διακόπτης είναι ξηρού τύπου με μπουκάλες «κενού». Ο Διακόπτης αυτός χρησιμοποιεί το κενό για την σβέση του τόξου αντί λάδι. Έχει και αυτός τις ίδιες ακριβώς λειτουργίες, όπως οι προηγούμενοι. Μια λειτουργική διαφορά είναι ότι εδώ δεν παίζει ρόλο σε ποια πλευρά θα τοποθετηθούν οι αγωγοί των φάσεων που βρίσκονται υπό τάση. Αυτό γίνεται επειδή η λειτουργία του τύπου αυτού δεν εξαρτάται από το πηνίο ζεύξης αλλά από ένα μικρό κινητήρα, ο οποίος ανοίγει και κλείνει τις επαφές. Ο κινητήρας τροφοδοτείται από ξεχωριστό κύκλωμα χαμηλής τάσης απευθείας από τον Controller του διακόπτη. Παρατηρείται επίσης ότι δεν είναι τόσο μεγάλος όσο ο RVE και ο χώρος που γίνεται η σβέση του τόξου είναι πολύ μικρότερος από πριν. Αυτό οφείλεται στις καλύτερες μονωτικές ιδιότητες του κενού από τα μονωτικά λάδια. Ένας διακόπτης κενού είναι πιο οικολογικός και δεν υπάρχει περίπτωση να εκραγεί όπως ένας διακόπτης λαδιού ρυπαίνοντας τον χώρο που βρίσκεται. Στους Διακόπτες λαδιού πρέπει να γίνεται κάθε 2- 3 χρόνια έλεγχος των μονωτικών ιδιοτήτων του λαδιού. Γενικά όλοι οι Διακόπτες ξηρού δεν απαιτούν πολύ μεγάλη συντήρηση όπως οι Λαδιού, βέβαια είναι ακριβότεροι από τους Διακόπτες Λαδιού.



**Εικόνα 8: Δ/ΑΕ Ξηρού Τύπου**

### 2.3. Μονοπολικοί Δ/ΑΕ

Οι μονοπολικοί διακόπτες συνδέονται ο κάθε ένας σε μια φάση και λειτουργούν ανεξάρτητα από τους διακόπτες των άλλων 2 φάσεων. Έτσι σε ένα μονοφασικό σφάλμα λειτουργεί μόνο ο αντίστοιχος Δ/ΑΕ της φάσης, που υπάρχει το σφάλμα. Με αυτό τον τρόπο διακόπτεται μόνο η μία φάση και ενοχλούνται μόνο οι καταναλωτές της φάσης αυτής ενώ οι καταναλωτές που συνδέονται στις άλλες 2 φάσεις συνεχίζουν να βρίσκονται υπό τάση. Ωστόσο σε μόνιμο σφάλμα μπορούν να πέσουν και οι τρεις διακόπτες όταν είναι εφοδιασμένοι με μηχανισμό που παρασέρνει σε πτώση και τους υπόλοιπους. Στους μονοφασικούς Δ/ΑΕ η ανίχνευση και διερεύνηση των σφαλμάτων γίνεται ξεχωριστά για κάθε μια φάση χωρίς όμως να γίνεται διαχωρισμός σφαλμάτων μεταξύ φάσεων και γης. Οι μονοπολικοί Δ/ΑΕ σε αντίθεση με τους τριπολικούς δεν διαθέτουν ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου δηλαδή δεν έχουν πίνακα ελέγχου (Controller) αλλά διαθέτουν υδραυλικό σύστημα ελέγχου. Η υπερένταση ανιχνεύεται από ένα σωληνοειδές πηνίο, το οποίο βρίσκεται σε σειρά με το κύκλωμα ισχύος απ' όπου περνάει το ρεύμα του φορτίου και το ρεύμα σφάλματος. Το ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη, η ένταση διέγερσης καθώς και η ικανότητα διακοπής εξαρτώνται από την ονομαστική τιμή του πηνίου.

Το σύστημα ελέγχου λειτουργεί με το λάδι του Δ/ΑΕ. Ένας πολύπλοκος μηχανισμός βαλβίδων λαβύρινθων και εμβόλων ρυθμίζει την ταχύτητα ροής του λαδιού και με τον μηχανισμό αυτό μπορούν να ελεγχθούν :

- § Η χαρακτηριστική καμπύλη έντασης- χρόνου του διακόπτη
- § Ο χρόνος επανάξευξης που είναι 1,5 sec
- § Ο αριθμός λειτουργιών με Σ.Λ και ΧΚ
- § Ο αριθμός λειτουργιών για τελική πτώση του Διακόπτη
- § Ο χρόνος επαναφοράς σε αρχική κατάσταση

Στον πίνακα δίνονται τα ονομαστικά στοιχεία μονοφασικών Δ/ΑΕ τύπου Ε που χρησιμοποιούνται από την Δ.ΕΗ:

**Πίνακας 1:Ονομαστικά Στοιχεία 1Φ Δ/ΑΕ τύπου Ε**

Ονομαστικά Στοιχεία Μονοφασικού Δ/ΑΕ	
Ονομαστική Τάση	24,9 kV
Ονομαστική Ένταση	50 και 70 A
Ένταση Διέγερσης	100 και 140 A
Μέγιστη Έντασης Διακοπής	2500 A



**Εικόνα 9:Μονοπολικό Δ/ΑΕ**

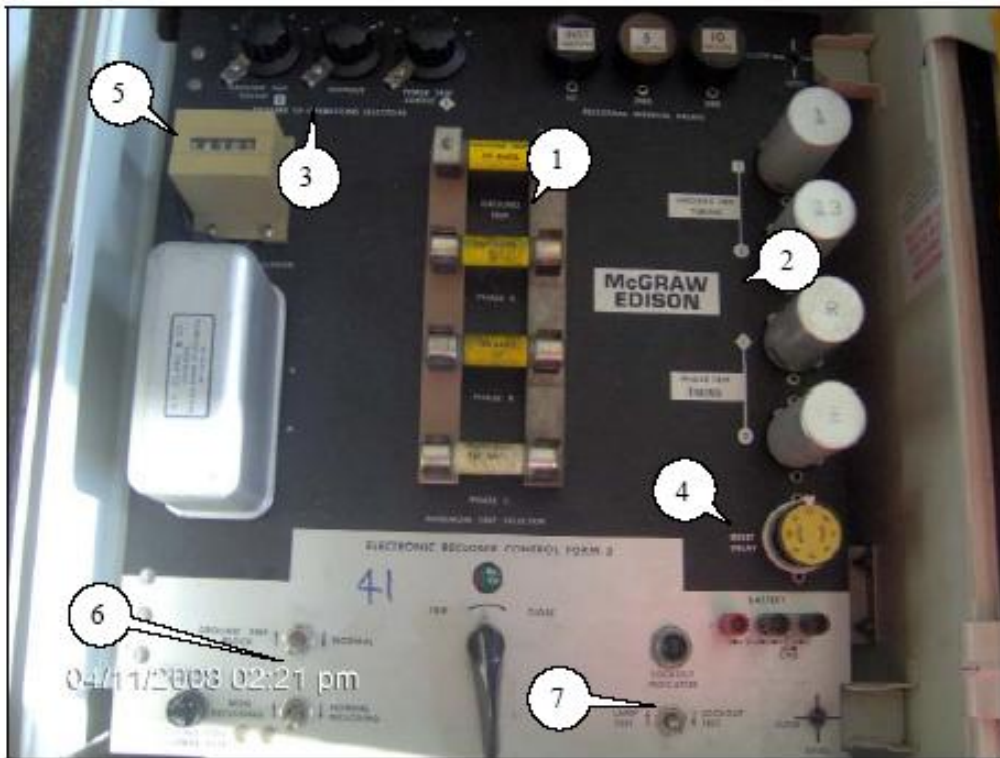
#### **2.4. Recloser Control του Δ/ΑΕ**

Ο Πίνακας Ελέγχου ή Controller του Δ/ΑΕ RVE είναι ο F3 και φαίνεται στην εικόνα 10 Ο F3 είναι παλιός τύπος Controller, όπως φυσικά και ο αντίστοιχος Δ/ΑΕ που ελέγχει. Έτσι όλες οι ρυθμίσεις γίνονται με ηλεκτρονικό τρόπο χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά στοιχεία πάνω στην πλακέτα του Controller. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχεται:

- § Το ελάχιστο ρεύμα Διέγερσης σε σφάλματα γης και φάσεων ξεχωριστά
- § Οι χαρακτηριστικές έντασης-χρόνου φάσεων και γης
- § Ο αριθμός κύκλων λειτουργίας μέχρι την τελική πτώση
- § Ο αριθμός λειτουργίας του ΗΝ φάσεων και ΓΗΣ

Ο πίνακας ελέγχου συνδέεται με καλώδιο με τον Δ/ΑΕ σε ειδική υποδοχή όπως αναφέρθηκε παραπάνω . Βέβαια η τάση καθώς και το ρεύμα που θα ελέγχει ο Πίνακας Ελέγχου πρέπει να είναι σε σχετικά χαμηλές τιμές. Γι αυτό υπάρχει ένας ΜΣ μέτρησης τάσης και ένας μετασχηματιστής έντασης μέσα στον Δ/ΑΕ πριν συνδεθεί ο Πίνακας ελέγχου με τον Δ/ΑΕ.





**Εικόνα 10: Ο Πίνακας Ελέγχου του Δ/ΑΕ RVE**

Παραπάνω φαίνεται ο Πίνακας Ελέγχου F3, όπου υπάρχουν δύο περιοχές ελέγχου. Οι δύο περιοχές ξεχωρίζουν από το χρώμα. Στην μαύρη περιοχή που καλύπτει και το μεγαλύτερο μέρος της εικόνας η Δ.Ε.Η μπορεί να κάνει όλες τις ρυθμίσεις του διακόπτη ενώ στη κάτω πλευρά που έχει ασημί χρώμα μπορούν να γίνουν κάποιοι βασικοί χειρισμοί. Ο καταναλωτής μιας εγκατάσταση έχει πρόσβαση μόνο στην ασημί περιοχή για να μπορέσει να κλείσει ή να ανοίξει τον διακόπτη ενώ απαγορεύεται να έχει πρόσβαση στη περιοχή που γίνονται οι ρυθμίσεις από την Δ.Ε.Η. Η περιοχή των ρυθμίσεων δεν είναι ορατή από τον Καταναλωτή.

Στο σήμα φαίνονται οι διάφορες ρυθμίσεις που κάνει η Δ.Ε.Η :

α) Ελάχιστο ρεύμα διέγερσης (1): Για να ρυθμιστεί το ελάχιστο ρεύμα διέγερσης τοποθετούνται αντιστάσεις, οι οποίες ανάλογα με το μέγεθος τους ρυθμίζουν και το ρεύμα διέγερσης. Στο Σχ. υπάρχουν τέσσερις αντιστάσεις (1) έτσι ώστε να ρυθμιστεί το ρεύμα διέγερσης ξεχωριστά για τις τρεις φάσεις αλλά και για τη γη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρατηρεί κανείς ότι το ελάχιστο ρεύμα διέγερσης για τις τρεις φάσεις ανέρχεται στα 140 A ενώ για την γη στα 50 A (1).

β) Χαρακτηριστικές έντασης – χρόνου (2): Όπως ακριβώς και πριν έτσι και εδώ ρυθμίζεται ξεχωριστά η χαρακτηριστική των φάσεων και της γης. Η κάθε

χαρακτηριστική ρυθμίζεται από 2 ηλεκτρονικά στοιχεία που χαρακτηρίζονται από έναν αριθμό ή γράμμα (2). Σύμφωνα με πίνακα του κατασκευαστή επιλέγονται τα κατάλληλα στοιχεία για να επιτευχθούν οι επιθυμητοί χρόνοι διέγερσης για μια συγκεκριμένη τιμή ρεύματος. Εδώ για την χαρακτηριστική της γης έχουν τοποθετηθεί τα στοιχεία 1 και 13 ενώ για την χαρακτηριστική των φάσεων τα στοιχεία με το γράμμα R και E.

γ) Αριθμός λειτουργίας των ΗΝ φάσεων, γης και κύκλων επαναφοράς(3): Κατά την εκτέλεση των κύκλων επαναφοράς μπορούμε να ρυθμίσουμε τους κύκλους επαναφοράς που θα πραγματοποιηθούν μέχρι την τελική πτώση του Δ/ΑΕ(LOCKOUT). Επίσης μπορούμε να ρυθμίσουμε τον αριθμό λειτουργίας του ΗΝ φάσεων (Phase, Ground trip Socket) και γης κατά την διάρκεια των κύκλων επαναφοράς , όπου ο κάθε ΗΝ λειτουργεί τόσες φορές όσες είναι η ρύθμιση του και στην συνέχεια βγαίνει εκτός. Οι ρυθμίσεις αυτές (3) χρησιμοποιούνται για λόγους επιλεκτικής συνεργασίας του Δ/ΑΕ με τα μέσα προστασίας που υπάρχουν στην γραμμή.

δ) Χρόνος επαναφοράς στην αρχική κατάσταση(4): Με την ρύθμιση αυτή επιτυγχάνεται ο χρόνος σε Sec, στον οποίο ο Δ/ΑΕ θα είναι σε Θέση να «ξεχάσει» τα σφάλματα που έχουν συμβεί καθώς και τους κύκλους επαναφοράς που έχει κάνει. Εδώ ο χρόνος αυτό έχει καθοριστεί στα 45 sec (4).

Στον Πίνακα ελέγχου υπάρχει ένας μετρητής (5), ο οποίος μετράει πόσες φορές άνοιξε και έκλεισε ο Δ/ΑΕ. Μετά από κάποιο συγκεκριμένο αριθμό λειτουργίας του Διακόπτη πρέπει να γίνει συντήρηση του Δ/ΑΕ, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος της ποιότητας του λαδιού. Ο αριθμός αυτός καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

Στην ασημί περιοχή όπου έχει πρόσβαση και ο καταναλωτής της εγκατάστασης, το βασικότερο στοιχείο είναι ο μαύρος μοχλός που αποτελεί τον Γενικό Διακόπτη του Δ/ΑΕ. Η ένδειξη «TRIP» υποδηλώνει ότι οι επαφές του Δ/ΑΕ είναι κλειστές ενώ η ένδειξη «CLOSE» σημαίνει ότι οι επαφές του διακόπτη είναι ανοιχτές . Στην ασημί περιοχή παρατηρεί κανείς κάποιους μικρούς διακόπτες για να δεσμεύσουν κάποια συγκεκριμένη λειτουργία του διακόπτη όπως επίσης και για να γίνει κάποιος απλός έλεγχος. Έτσι υπάρχουν διακοπτάκια (6) για να γίνει δέσμευση της λειτουργίας του ΗΝ φάσης ή για να σταματήσει να εκτελεί ο Δ/ΑΕ κύκλους επαναφοράς και στην επόμενη πτώση να παραμείνει ανοιχτός. Επίσης υπάρχει ένα διακοπτάκι (7) για έλεγχο των φωτεινών ενδείξεων και για να γίνει έλεγχος αν ο διακόπτης μπορεί να βγει εκτός (Lockout). Οι νεότεροι τύπου Δ/ΑΕ συνοδεύονται με Controler, που είναι πλέον ψηφιακοί. Οι ρυθμίσεις σε αυτούς εισάγονται με το πληκτρολόγιο, που βρίσκεται πάνω στη κονσόλα, στο software του Controler. Στους ψηφιακούς ελεγκτές έχουμε πάρα πολλές λειτουργίες πέρα από τις βασικές που είχαν οι παλιότεροι ελεγκτές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα μπορεί κανείς να μετρήσει τα ρεύματα των φάσεων, την τάση, την ενεργή και άεργο ισχύς κ.α. Επίσης μπορεί να συνδεθεί ένας Ηλεκτρονικός

Υπολογιστής και να πάρουμε διάφορα δεδομένα και γραφήματα από τον ελεγκτή.

Και σε αυτούς τους ελεγκτές ξεχωρίζει η περιοχή των ρυθμίσεων που γίνονται από την Δ.Ε.Η και δεν επιτρέπεται σε αυτήν η πρόσβαση στον καταναλωτή καθώς επίσης και η περιοχή με τις Βασικές λειτουργίες του Δ/ΑΕ που βλέπει και μπορεί να ελέγχει και ο Καταναλωτής. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνονται οι πίνακες ελέγχου για τον Δ/ΑΕ ΚVΦΜΕ και τον Δ/ΑΕ ξηρού τύπου NOVA 27 αντίστοιχα.



**Εικόνα 11: Πίνακες ελέγχου του Δ/ΑΕ ΚVΦΜΕ**



**Εικόνα 12:** Πίνακας ελέγχου του Δ/ΑΕ ξηρού τύπου NOVA 27

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

Η σημαντικότερη ηλεκτρική μηχανή στον Υ/Σ είναι ο Μ/Σ. Ο Μ/Σ είναι μια ηλεκτρική μηχανή με σταθερά μέρη. Έχει δύο πηνία για κάθε φάση, τα οποία είναι μεταξύ τους ηλεκτρικά ανεξάρτητα και μαγνητικά συζευγμένα. Ο Μ/Σ χρησιμοποιείται για την ανύψωση ή τον υποβιβασμό της τάσης. Το τυλίγμα που τροφοδοτείται ονομάζουμε πρωτεύον και αυτό από το οποίο παίρνουμε την ηλεκτρική ενέργεια με μετασχηματισμένη τάση, το ονομάζουμε δευτερεύον.

Αν στο πρωτεύον η τάση είναι  $U_1$ , η ένταση του ρεύματος  $I_1$  και ο αριθμός σπειρών  $n_1$  και τα αντίστοιχα μεγέθη του δευτερεύοντος είναι  $U_2$ ,  $I_2$ ,  $n_2$ , τότε ισχύει :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2} = k \quad (k = \text{λόγος μετασχηματισμού})$$

Ο πυρήνας και τα τυλίγματα του Μ/Σ που περικλείουν τον πυρήνα τοποθετούνται μέσα στο δοχείο του Μ/Σ που γεμίζεται με λάδι. Το λάδι είναι ειδικό λάδι μετασχηματιστών. Μπορεί να είναι ορυκτέλαιο ή συνθετικό. Τα κατασκευαστικά μέρη ενός Μ/Σ είναι :

- Το δοχείο του Μ/Σ που περικλείει τον πυρήνα, τα τυλίγματα και το λάδι του Μ/Σ
- Οι μονωτήρες Υ.Τ. και Μ.Τ. που χρησιμεύουν για την ασφαλή διέλευση του ρεύματος Υ.Τ. Στο σχήμα φαίνονται οι μονωτήρες διέλευσης Μ/Σ για τάσεις 35 kV και 400 kV.
- Το δοχείο διαστολής που χρησιμεύει για να δέχεται την αύξηση του όγκου του λαδιού όταν τούτο θερμαίνεται κατά τη λειτουργία του Μ/Σ.
- Το ψυγείο του λαδιού που χρησιμεύει για την ψύξη του λαδιού. Όταν τα τυλίγματα του Μ/Σ διαρρέονται από ρεύμα εκλύεται, λόγω φαινομένου Joule, θερμότητα (απώλειες χαλκού). Επίσης θερμότητα εκλύεται και από τον πυρήνα, λόγω κυκλοφορίας μέσα σ' αυτόν δινορρευμάτων (απώλειες σιδήρου). Πρέπει η εκλυόμενη θερμότητα να αποβάλλεται στο περιβάλλον για να μην πλησιάζει η θερμοκρασία του Μ/Σ σε επικίνδυνα όρια. Σε τούτο βοηθά το μονωτικό λάδι που χρησιμεύει και σαν ψυκτικό μέσο. Για την καλύτερη απαγωγή της παραγόμενης θερμότητας τοποθετούνται εξωτερικά του δοχείου του Μ/Σ τα ψυγεία που διαθέτουν εκτεταμένες επιφάνειες εναλλαγής της θερμότητας.

Στους Μ/Σ μεγάλης ισχύος με λάδι η ψύξη του λαδιού στο ψυγείο διευκολύνεται ακόμη περισσότερο με την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα χρησιμοποιώντας ανεμιστήρες.



**Εικόνα 13:ΜΣ μεγάλης ισχύος**

Οι ολόσωμοι τριφασικοί μετασχηματιστές ανάλογα με τη διάταξη του μαγνητικού κυκλώματος διαιρούνται σε δύο τύπους :

1. Τον τύπο κελύφους (ή μανδύα), στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα είναι κελύφος που περιβάλλει το τύλιγμα και
2. Ο τύπος πυρήνα, στον οποίο το μαγνητικό κύκλωμα είναι πυρήνας περιβαλλόμενος από το τύλιγμα.

Η επιλογή ενός μετασχηματιστή γίνεται με βάση τα ονομαστικά του μεγέθη. Παρατίθενται τα κυριότερα από αυτά :

1. Η ονομαστική λειτουργία ενός μετασχηματιστή καθορίζεται από τα μεγέθη τα οποία δίνονται επί της πλάκας του κατασκευαστή
2. Η ονομαστική ικανότητα ενός μετασχηματιστή, είναι η ισχύς στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος, φαίνεται στην πλάκα και εκφράζεται σε Kilovoltampere (kVA)
3. Η ονομαστική πρωτεύουσα τάση είναι η τάση η οποία φαίνεται στην πλάκα. Εάν το πρωτεύον είναι εφοδιασμένο με ενδιάμεσες λήψεις (taps), οι ονομαστικές ενδιάμεσες τάσεις φαίνονται ιδιαίτερα
4. Η ονομαστική δευτερεύουσα τάση είναι η τάση στους ακροδέκτες του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή υπό κενώ φορτίο. Εάν το δευτερεύον τύλιγμα είναι εφοδιασμένο με ενδιάμεσες λήψεις (taps), οι ονομαστικές ενδιάμεσες τάσεις φαίνονται ιδιαίτερα.

5. Τα ονομαστικά ρεύματα του μετασχηματιστή, πρωτεύον και δευτερεύον, φαίνονται επί της πλάκας αυτού και υπολογίζονται με βάση τις ονομαστικές τιμές της ισχύος και τάσεως. Στον υπολογισμό αυτόν σιωπηρώς παραδεχόμαστε ότι η ισχύς του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι η ίδια.



**Εικόνα 14: Εξωτερικός ΜΣ υποσταθμού**

### **3.1. Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών**

Δύο ή περισσότεροι μετασχηματιστές είναι συνδεδεμένοι παράλληλα όταν τόσο τα πρωτεύοντα όσο και τα δευτερεύοντα τυλίγματα τους είναι συνδεδεμένα παράλληλα. Η παράλληλη σύνδεση καθίσταται αναγκαία για δύο λόγους:

1. Για αύξηση φορτίου σε υπάρχουσα εγκατάσταση
2. Για απόκτηση εφεδρείας σε περίπτωση ευπαθούς φορτίου που δεν ανέχεται διακοπή.

Για να λειτουργήσουν οι μετασχηματιστές εν παραλλήλω υπό ιδανικές συνθήκες, πρέπει να πληρούν τους εξής όρους:

1. Οι σχέσεις τάσεων γραμμών τους πρέπει να είναι οι ίδιες ή περίπου ίδιες
2. Οι ΜΣ πρέπει να έχουν την ίδια μετάθεση φάσεων μεταξύ τάσεων γραμμών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος
3. Η ακολουθία των φάσεων πρέπει να είναι η ίδια

4. Να έχουν την ορθή πολικότητα κατά τις συνδέσεις
5. Οι ισοδύναμες σύνθετες αντιστάσεις αυτών (μέτρα) να είναι αντιστρόφως ανάλογες προς τις ονομαστικές ικανότητες αυτών σε KVA ή τα ονομαστικά ρεύματα αυτών.
6. Οι λόγοι των ισοδύναμων ωμικών αντιστάσεων προς τις επαγωγικές αντιδράσεις αυτών πρέπει να είναι ίσοι.

### **3.2. Τυπικά Μεγέθη Μετασχηματιστών Υποβιβασμού ΥΤ/ΜΤ**

Οι εγκαταστημένοι σήμερα Μ/Σ ΥΤ/ ΜΤ, εάν μεν είναι παλαιάς προελεύσεως έχουν ονομαστική μέση τάση 15,75KV ή 23KV (μόνο στην Περιφέρεια Αττικής), ενώ οι νεότεροι έχουν 15,75KV και 21KV ή μόνο 21KV. Όλες οι παραγγελίες νέων Μ/Σ γίνονται με πρόβλεψη δευτερεύουσας διπλής τάσεως, δηλαδή 15,75KV και 21KV, εντός των Μ/Σ περιοχής πρωτεύουσας που δεν χρησιμοποιείται η τάση των 15,75KV, καθώς και άλλων ειδικών περιπτώσεων όπου η παραγγελία γίνεται μόνο με πρόβλεψη δευτερεύουσας 21KV. Καταβάλλεται προσπάθεια από το Διαχειριστή Δικτύου ώστε να ολοκληρωθεί η μετάβαση στα δίκτυα ΜΤ διανομής από 15KV στα 20KV τόσο για λόγους οικονομικής λειτουργίας όσο και για την αποφυγή παραγγελιών Μ/Σ ΥΤ/ ΜΤ με διπλή δευτερεύουσα τάση που έχει σαν συνέπεια την αύξηση του κόστους τους.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ**

Οι διακόπτες ισχύος, ή αυτόματοι διακόπτες είναι τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η διακοπή των βραχυκυκλωμάτων στα ηλεκτρικά δίκτυα μεταφοράς και διανομής και επομένως ο ρόλος που διαδραματίζουν στην προστασία του δικτύου και την ταχεία αποκατάσταση της ομαλής λειτουργίας σε περίπτωση βλάβης είναι κύριος. Επίσης χρησιμοποιούνται για τους συνήθεις χειρισμούς του δικτύου, δηλαδή τις ζεύξεις και αποζεύξεις των γραμμών, των μετασχηματιστών, των γεννητριών κ.λ.π.

Το μέγεθος της ισχύος βραχυκυκλώσεως, την οποία μπορεί να διακόψει ο διακόπτης και ο χρόνος διακοπής, αποτελούν δύο βασικά χαρακτηριστικά των διακοπών ισχύος. Επίσης, ο χρόνος λειτουργίας του διακόπτη είναι εξαιρετικής σημασίας, για τα μεγάλα κυρίως δίκτυα διότι προστιθέμενος στο χρόνο λειτουργίας της προστασίας, από την οποία παίρνει την εντολή, δίνει το χρόνο εκκαθάρισεως του σφάλματος, ή διατηρήσεως της ανωμαλίας στο σύστημα. Το σημαντικότερο καθήκον του διακόπτη είναι η διακοπή του ρεύματος βραχυκυκλώσεως, γι' αυτό και η ικανότητα διακοπής, ένα από τα σπουδαιότερα λειτουργικά χαρακτηριστικά του διακόπτη πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με την ισχύ βραχυκύκλωσης του δικτύου στη θέση του διακόπτη.

Οι διακόπτες βασικά περιλαμβάνουν ένα ζεύγος επαφών, μια σταθερή και μια κινητή. Ένας μηχανισμός κινεί την κινητή επαφή για να κλείσει ή να διακόψει το κύκλωμα. Ο μηχανισμός μπορεί να είναι ένα απλό σωληνοειδές, ένας μηχανισμός φορτισμένου ελατηρίου, υδραυλικός μηχανισμός, μηχανισμός πνευματικός ή μικτός υδραυλικοπνευματικός. Όταν απαιτείται διακοπή του κυκλώματος ο μηχανισμός κινεί και απομακρύνει τις επαφές, μεταξύ των οποίων σχηματίζεται ένα ηλεκτρικό τόξο. Κύριο καθήκον λοιπόν του διακόπτη είναι να σβήσει το τόξο για να διακοπεί το ηλεκτρικό κύκλωμα. Η σβέση του τόξου επιτυγχάνεται με την εκτόξευση πάνω του ενός μέσου, δηλαδή μονωτικού ελαίου, πεπιεσμένου αέρα, ή άλλου αερίου μονωτικού μέσου, το οποίο χαρακτηρίζει και τον τύπο του διακόπτη. Έτσι οι κυριότεροι τύποι διακοπών ισχύος υψηλής και μέσης τάσεως είναι οι εξής :

- § Διακόπτες ελαίου
- § Διακόπτες πτωχού ελαίου
- § Διακόπτες πεπιεσμένου αέρα
- § Διακόπτες εξαφθοριούχου θείου (SF<sub>6</sub>)
- § Διακόπτες κενού.

## **4.1. Τύποι διακοπών ισχύος**

### **4.1.1. Αυτόματοι διακόπτες ελαίου**

Είναι ο παλαιότερος τύπος διακοπών. Το έλαιο χρησιμοποιείται στους διακόπτες διότι μεγάλος όγκος του αναφλέγεται δύσκολα και επειδή είναι ταυτόχρονα μονωτικό και ψυκτικό μέσο. Το κύριο όμως ψυκτικό μέσο στην περίπτωση αυτή είναι το υδρογόνο που αναπτύσσεται όταν το τόξο ατμοποιεί το υγρό λάδι. Έχει δύο επαφές για κάθε πόλο και ανοίγουν μέσα σε περιβάλλον λαδιού. Κατά το άνοιγμα των επαφών δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο. Στο χώρο του τόξου το λάδι υπερθερμαίνεται, δημιουργούνται φυσαλίδες και αυξάνει ο όγκος του απότομα. Τούτο προκαλεί τη γρήγορη κυκλοφορία του λαδιού (σάρωση) στο χώρο που δείχνουν τα βέλη. Το λάδι περνώντας με ταχύτητα μέσα από τις σχιστές πλάκες απομακρύνει τη παραγόμενη από το τόξο θερμότητα (ψύχει τις επαφές) αυξάνει την αντίσταση μεταξύ των επαφών και τόξο σβήνει γρήγορα. Υπάρχουν και αυτόματοι διακόπτες λαδιού στους οποίους το λάδι ενεργεί κατά μήκος του τόξου που παράγεται, από αντλία λαδιού. Χρήση του διακόπτη ελαίου γίνεται σήμερα συνήθως σε δίκτυα μέχρι 66 kV, μερικές φορές όμως και μέχρι τάσεις 275 kV. Όσο όμως μεγαλώνουν οι τάσεις τόσο περισσότερος όγκος ελαίου απαιτείται με συνέπεια αύξηση του κόστους.

### **4.1.2. Αυτόματοι διακόπτες «πρωχού» ελαίου**

Ο τύπος αυτός έδωσε λύση στο πρόβλημα κόστους των διακοπών ελαίου, αφού η ειδική του σχεδίαση επιτρέπει μεγάλο περιορισμό της ποσότητας του ελαίου που μολύνεται και ανθρακοποιείται κατά τη σβέση. Το λάδι όμως στους διακόπτες του τύπου αυτού χρησιμοποιείται μόνο για τη σβέση και δεν αποτελεί μόνωση. Η μόνωση εξασφαλίζεται από στερεά, συνθετικά ή φυσικά διηλεκτρικά υλικά (πορσελάνη, χαρτί, εποξειδική ρητίνη). Χρησιμοποιούνται συνήθως στην περιοχή 20-220 kV με ικανότητα διακοπής από 250-7500 MVA. Οι μοντέρνοι διακόπτες «πρωχού» ελαίου έχουν πολύ ανεπτυγμένους θαλάμους σβέσεως και αντιμετωπίζουν και τις πιο δύσκολες καταστάσεις. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν διακόπτες ελαίου και για τάσεις πάνω από 220 kV, με περισσότερους από έναν θαλάμους σβέσεως. Η χρησιμοποίηση περισσότερων από έναν θαλάμους σβέσεως στη σειρά εφαρμόζεται για τη διακοπή ενός ρεύματος υπό πολλαπλάσια τάση και αποτελεί τη βασική αρχή των διακοπών ισχύος στα συστήματα υπερυψηλής τάσεως. Με τον τρόπο αυτόν μια ολόκληρη περιοχή τάσεων, π.χ. 72.5 kV έως 765 kV εξυπηρετείται από διακόπτες που συντίθενται από ορισμένο αριθμό ίδιων μοναδιαίων διακοπών ανά φάση. Το λάδι εκτοξεύεται επάνω στο τόξο από ένα έμβολο που παρασύρεται και κινείται μαζί με την κινητή επαφή. Το σύστημα των επαφών περιλαμβάνει μια ολισθαίνουσα κινητή επαφή κινούμενη προς τα κάτω και μια σταθερή επαφή στο επάνω μέρος. Ένα έμβολο στο κάτω μέρος εκτοξεύει λάδι στο θάλαμο σβέσεως μέσω διαφόρων βαλβίδων και συμβάλλει

στη σβέση του τόξου. Το έμβολο αυτό είναι στερεωμένο στη συνδετική ράβδο μεταξύ της κινητής επαφής και του μηχανισμού κινήσεως του διακόπτη.



**Εικόνα 15: Αυτόματοι διακόπτες «πτωχού» ελαίου**

Το τόξο διακόπτεται μέσα στο θάλαμο σβέσεως με εγκάρσιο φύσημα λαδιού. Κατά το κλείσιμο του διακόπτη η κινητή επαφή κινείται με μεγάλη ταχύτητα και εκτοπίζει το λάδι προκαλώντας αύξηση πίεσεως στο θάλαμο τόξου. Αυτό αυξάνει τη διηλεκτρική αντοχή και εμποδίζει προέναυση του διακένου πριν ακουμπήσουν οι επαφές μεταξύ τους. Τα αέρια τα οποία παράγονται κατά τη

σβέση του τόξου ανέρχονται στο επάνω διαμέρισμα του διακόπτη, διαχωρίζονται από το λάδι περνώντας μέσα από ένα λαβύρινθο και διαφεύγουν μέσω μιας βαλβίδας στην ατμόσφαιρα.

#### **4.1.3. Αυτόματοι διακόπτες αέρα**

Οι αυτόματοι διακόπτες αέρα κοστίζουν ακριβότερα από τους διακόπτες λαδιού. Υπερτερούν όμως στο ότι δεν χρειάζονται συντήρηση (αλλαγή λαδιού σε ορισμένα διαστήματα), στη μικρή μόλυνση του θαλάμου σβέσεως και στο ότι η διακοπή (το άνοιγμα των επαφών) γίνεται ταχύτερα. Ο αέρας μέσα στη δεξαμενή διατηρείται σε σταθερή πίεση με έναν αεροσυμπιεστή. Ο συμπιεσμένος αέρας βοηθά στη σβέση του τόξου. Το μέσο σβέσεως είναι ουσιαστικά το άζωτο του αέρα, που αποτελεί και την εσωτερική μόνωση του διακόπτη. Στις περισσότερες περιπτώσεις η πίεση του αέρα είναι 20-30 atm αλλά μπορεί να φτάσει και τα 60 atm. Μειονεκτήματα του τύπου αυτού είναι η θορυβώδης λειτουργία του και η σταθερή του ικανότητα σβέσεως, ανεξάρτητα από το διακοπτόμενο ρεύμα, πράγμα που οδηγεί στο βίαιο μηδενισμό των ασθενών ρευμάτων όπως είναι τα μικρά επαγωγικά ρεύματα. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ανάπτυξη σοβαρών υπερτάσεων κατά τη διακοπή. Χρησιμοποιείται για τάσεις από 110 kV και πάνω.



**Εικόνα 16: Αυτόματι Διακόπτες Αέρα**

#### 4.1.4. Αυτόματοι διακόπτες εξαφθοριούχου θείου SF<sub>6</sub>

Το εξαφθοριούχο θείο SF<sub>6</sub> είναι αέριο αδρανές ώστε δεν προσβάλλει τα μεταλλικά, πλαστικά και συνθετικά εξαρτήματα από τα οποία κατασκευάζεται ένας διακόπτης υψηλής τάσεως. Το μόριο του SF<sub>6</sub> δεν περιέχει άνθρακα που συνήθως μολύνει το χώρο της σβέσεως. Εξάλλου το SF<sub>6</sub> έχει πολύ καλές διηλεκτρικές ιδιότητες και για τις μικρές μόνο τάσεις είναι και το μονωτικό του διακόπτη. Σε σχέση με το διακόπτη πεπιεσμένου αέρα λειτουργεί σε χαμηλότερες πιέσεις και έχει μικρότερες διαστάσεις, αφού τα χαρακτηριστικά διακοπής του στις 15 ata, π.χ. αντιστοιχούν σε εκείνα που έχει ο πεπιεσμένος αέρας στις 50 ata. Επειδή το SF<sub>6</sub> είναι δαπανηρό δεν αφήνεται ελεύθερο στην ατμόσφαιρα αλλά διατηρείται σε κλειστό κύκλωμα, πράγμα που κάνει άλλωστε αθόρυβη τη λειτουργία του. Χρησιμοποιείται στις μέσες και υψηλές τάσεις. Ενώ μια τεχνική που εφαρμόζεται ευρύτερα στους διακόπτες SF<sub>6</sub> είναι η τεχνική τύπου φουσητήρα (puffer type technique). Με το SF<sub>6</sub> το σβήσιμο του τόξου γίνεται ταχύτερα και ο διακόπτης είναι λιγότερο ογκώδης από τον αντίστοιχο αυτόματο διακόπτη ριπής αέρα. Χρησιμοποιείται για τάσεις της τάξης των 230 kV, 15000 MVA.



Εικόνα 17: Αυτόματοι Διακόπτες εξαφθοριούχου θείου SF<sub>6</sub>

#### 4.1.5. Αυτόματοι διακόπτες κενού

Ο διακόπτης κενού διαφέρει σημαντικά από τα άλλα είδη. Το τόξο αποτελείται από μεταλλικό «ατμό» προερχόμενο από το μέταλλο της καθόδου. Χαρακτηρίζεται από ικανότητα διακοπής υψηλής συχνότητας και πολύ υψηλό ρυθμό αποκαταστάσεως της διηλεκτρικής αντοχής μετά τη σβέση του τόξου. Το μέταλλο των επαφών, π.χ. βανάδιο, λαμβάνεται πρόνοια να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες φυσαλίδες που θα μπορούσαν να νοθεύσουν το κενό. Με την ταχύτητά του και τη μεγάλη του ικανότητα διακοπής βρίσκει εφαρμογή σε συνεχώς υψηλότερες τάσεις καθώς παρακάμπτεται το εμπόδιο του μεγάλου του κόστους. Πράγματι, έχουν ήδη αναγγελθεί διακόπτες κενού για τα 138 kV, ενώ δοκιμάζονται για τα 760 kV και 40 kA. Ο χώρος στον οποίο γίνεται η διακοπή σε έναν διακόπτη κενού είναι αυτός που βρίσκεται μεταξύ των επαφών, κατά μήκος των ίδιων των επαφών και ο χώρος μεταξύ των επαφών και του εσωτερικού μανδύα. Λόγω της σχετικά μεγάλης διηλεκτρικής αντοχής του κενού οι εσωτερικές διαστάσεις του διακόπτη μπορούν να είναι πολύ μικρές. Πρέπει όμως να εξασφαλίζεται και εξωτερική διηλεκτρική αντοχή και είναι αυτή που κυρίως καθορίζει το μήκος του μονωτήρα ενός διακόπτη.



Εικόνα 18: Αυτόματοι Διακόπτες Κενού

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΑΕΡΓΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Το πρόβλημα της διατήρησης της τάσεως μεταξύ των επιτρεπόμενων ορίων περιπλέκεται από το γεγονός ότι το σύστημα τροφοδοτείται από πολλές πηγές και τροφοδοτεί φορτία σε όλες τις βαθμίδες του συστήματος. Συνεπώς, δεν πρόκειται για τη διατήρηση της τάσεως σε μία μόνο, αλλά σε πολλές και σε όλες τις βαθμίδες του συστήματος. Για το λόγο αυτό η ρύθμιση της τάσεως δεν μπορεί να γίνεται μόνο από τις γεννήτριες, που είναι φυσιολογικά οι πηγές άεργου όπως και ενεργού ισχύος, αλλά πρέπει να γίνεται και με άλλα μέσα σε περισσότερες θέσεις του δικτύου. Το πρόβλημα επομένως δεν αφορά μόνο τις μονάδες παραγωγής αλλά ολόκληρο το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας και απαιτεί τη διάθεση ειδικού εξοπλισμού για το σκοπό αυτό. Η κατάλληλη επιλογή και χρησιμοποίηση του εξοπλισμού αυτού είναι από τα σημαντικότερα προβλήματα της σχεδίασεως και της λειτουργίας του συστήματος. Τα μέσα με τα οποία επιτυγχάνεται η ρύθμιση ή έλεγχος της τάσεως είναι τα εξής :

1. τα συστήματα διεγέρσεως των γεννητριών
2. τα συστήματα αλλαγής της τάσης υπό φορτίο των μετασχηματιστών ισχύος
3. οι μετασχηματιστές ρυθμίσεως της τάσης
4. πηγές άεργου ισχύος όπως σύγχρονοι και στατοί εγκάρσιοι πυκνωτές
5. η χωρητική αντιστάθμιση σειράς και η εγκάρσια επαγωγική αντιστάθμιση των γραμμών μεταφοράς.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των φορτίων τα οποία τροφοδοτούνται από ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας είναι επαγωγικού χαρακτήρα και συνεπώς απαιτεί τη χορήγηση άεργου ισχύος από το σύστημα. Επιπλέον αυτής, πρόσθετη άεργος ισχύς καταναλίσκεται σαν απώλειες ( $I^2X$ ) άεργου ισχύος του δικτύου μεταφοράς και διανομής. Μερικές από τις επιπτώσεις της κυκλοφορίας της άεργου ισχύος στο σύστημα είναι

1. πρόσθετες απώλειες ενεργού ισχύος ( $I^2R$ ) στις γραμμές και τον εξοπλισμό
2. αυξημένη εγκατεστημένη ισχύς γραμμών και εξοπλισμού και επομένως αυξημένες επενδύσεις κεφαλαίων
3. πτώση τάσης από την παραγωγή προς τις θέσεις των φορτίων

Καταβάλλεται προσπάθεια να κατανεμηθεί η άεργος ισχύς στο σύστημα ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες ενεργού ισχύος. Εδώ όμως μας ενδιαφέρει κυρίως η τρίτη συνέπεια, και συγκεκριμένα η μέθοδος της εγχύσεως άεργου ισχύος στο σύστημα με πυκνωτές εν παραλλήλω για τη βελτίωση της τάσης του δικτύου. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτής για τη βελτίωση της τάσης έχει γενικότερα σαν αποτέλεσμα και τη βελτίωση της οικονομίας του συστήματος. Οι εγκάρσιοι πυκνωτές αντιστάθμισης είναι σύγχρονοι και στατοί.



## 5.1. Χαρακτηριστικά Πυκνωτών και Πηνίων

Η ανάπτυξη στατών πυκνωτών κατάλληλης ποιότητας είχε σαν αποτέλεσμα την ευρεία εφαρμογή τους σαν πηγών έργου ισχύος, λόγω των πλεονεκτημάτων, τα οποία παρουσιάζουν. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε στάθμη διανομής μέσης τάσης. Οι στατοί πυκνωτές είναι φθηνότεροι και με χαμηλότερες απώλειες από τους σύγχρονους πυκνωτές, είναι όμως λιγότερο ευέλικτοι στη λειτουργία. Με τους στατούς πυκνωτές η έργος ισχύς δεν μπορεί να μεταβάλλεται συνεχώς, παρά μόνο κατά βήματα και επιπλέον αυτοί δεν μπορούν να απορροφήσουν επαγωγική έργος ισχύ όπως οι σύγχρονοι. Σε περίπτωση βυθίσεως της τάσεως του ζυγού η έργος ισχύς που παράγεται από στατούς πυκνωτές τείνει να μειωθεί ώστε σε περίπτωση σφαλμάτων να μην συμπεριφέρονται τόσο αποδοτικά όσον αφορά την αύξηση της ευστάθειας του συστήματος. Περαιτέρω, οι στατοί πυκνωτές δεν μπορούν να υπερφορτιστούν, όχι μόνο επειδή είναι πιο ευαίσθητοι αλλά επίσης επειδή η έργος ισχύς τους καθορίζεται από τη χωρητικότητά τους και την τάση του ζυγού. Επιπλέον, η διακοπή των στατών πυκνωτών συνοδεύεται πολλές φορές από υπερτάσεις και η ζεύξη τους στο σύστημα από μεγάλα κρουστικά ρεύματα.

Εν τούτοις, οι στατοί πυκνωτές έχουν το πλεονέκτημα της εύκολης μετακίνησής τους από μια θέση του δικτύου σε άλλη, όπως επίσης και της εύκολης αύξησης της ισχύος τους με την ανάπτυξη του συστήματος. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι στατοί πυκνωτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν οικονομικά, σε μικρές μονάδες και στις θέσεις ακριβώς που απαιτείται παροχή έργου ισχύος στα δίκτυα μέσης και χαμηλής τάσης.

Συγκεκριμένα στα δίκτυα μεταφοράς, για λόγους καλύτερης απόδοσης και οικονομίας, οι πηγές έργου ισχύος θα πρέπει να εγκαθίστανται κοντά στις θέσεις όπου χρειάζονται μεγάλες ποσότητες έργου ισχύος. Τέτοιες θέσεις είναι εν γένει τα πέρατα των μεγάλων γραμμών μεταφοράς ή οι μεγάλοι υποσταθμοί, οι οποίοι τροφοδοτούν μεγάλες περιοχές φορτίων. Δεδομένου ότι στις θέσεις αυτές απαιτείται επίσης ρύθμιση της τάσης συνήθως, οι στατοί πυκνωτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη ρύθμιση της τάσης απ' ευθείας των ζυγών που είναι συνδεδεμένοι.



**Εικόνα 19: Υπαίθριοι Πυκνωτές Αντιστάθμισης**

Εκτός από τους πυκνωτές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την ενίσχυση της τάσης και την παραγωγή άεργου ισχύος, στα μεγάλα δίκτυα μεταφοράς, είναι απαραίτητη κατά τις ώρες του ελαχίστου φορτίου ιδίως, η μείωση της τάσης και απορρόφηση άεργου ισχύος. Το πρόβλημα οφείλεται στη περίσσεια παραγωγή άεργου ισχύος των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης, λόγω του μικρού φορτίου, η οποία έχει σαν συνέπεια την ανύψωση της τάσης στα πέρατα των γραμμών, πράγμα το οποίο θέτει σε κίνδυνο τη μόνωσή τους. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την εγκατάσταση εγκάρσιων επαγωγικών πηνίων ισχύος στις θέσεις αυτές, τα οποία συνδέονται είτε απ' ευθείας στη γραμμή, είτε είναι μέσης τάσης, συνδεόμενα μέσω των τριτευόντων τριγωνικών τυλιγμάτων των μετασχηματιστών ισχύος των υποσταθμών μετασχηματισμού ή υποβιβασμού στους οποίους καταλήγουν οι γραμμές. Πολλές φορές, τα τελευταία κυρίως χρόνια, χρησιμοποιείται παράλληλα χωρητική και επαγωγική αντιστάθμιση στην ίδια θέση του φορτίου με εναλλάξ σύνδεση των πυκνωτών ή των πηνίων στη γραμμή, ανάλογα με το φορτίο. Η ρύθμιση αυτή είναι συνήθως αυτόματη.

Οι ανάγκες εγκατάστασης πυκνωτών MT, πηνίων 150 kV, 66 kV και 30 kV προέκυψαν από τις σχετικές μελέτες ροής ισχύος και τάσεων του Συστήματος, τόσο για ομαλές όσο και για έκτακτες συνθήκες λειτουργίας. Θα πρέπει εδώ να τονισθεί ότι το συνφ στους ζυγούς MT είναι σε αρκετούς Y/Σ χαμηλό. Η ΔΕΗ/ Διανομή θα πρέπει να καταβάλει προσπάθειες ώστε η αντιστάθμιση άεργης ισχύος να γίνεται στα άκρα των γραμμών μέσης τάσεως, (τοποθέτηση πυκνωτών επί στύλων διανομής) ώστε να υπάρχει το όφελος της μείωσης και των απωλειών Διανομής. (Σύμφωνα με το Άρθρο 15 παρ. 19 του Κ.Δ.Σ. (Κώδικας Διαχείρισης Συστήματος), προβλέπεται ότι για κάθε φόρτιση μεγαλύτερη του 50% της μέγιστης ικανότητας τροφοδότησης, το συνφ κάθε Χρήστη πρέπει να κυμαίνεται εντός των ορίων του 0,9 επαγωγικό και 1).

Οι παραπάνω πυκνωτές MT πρέπει να είναι κατάλληλοι για χρήση τόσο σε τάση 15 kV όσο και σε τάση 20 kV, εκτός αυτών που προορίζονται από την αρχή για τάση 20 kV. Κάθε συγκρότημα πυκνωτών πρέπει να διαθέτει το δικό του αυτόματο διακόπτη και να έχει τη δυνατότητα βηματικής εισόδου και εξόδου στο Σύστημα. Τα συγκροτήματα πυκνωτών MT που εγκαθίστανται σήμερα στο ΕΔΣΜ είναι ονομαστικής ισχύος 12MVA<sub>r</sub> (στα 20 kV) και υποδιαιρούνται σε ομάδες των 4 MVA<sub>r</sub> οι οποίες έχουν τη δυνατότητα ανεξάρτητης ζεύξης και απόζευξης στους ζυγούς MT.

1. Τέλος ενώ μέχρι σήμερα οι ανάγκες σε αντιστάθμιση άεργης ισχύος καλύπτονταν γενικά με τη συστηματική εγκατάσταση πυκνωτών MT στην παρούσα ΜΑΣΜ προγραμματίζεται για πρώτη φορά η εγκατάσταση πυκνωτών 150 kV σε ΚΥΤ του ΕΔΣΜ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΛΑΡΚΟ

Η Γενική Μεταλλευτική και Μεταλλουργική Εταιρεία ΛΑΡΚΟ ιδρύθηκε από τον οραματιστή και πρωτοπόρο επιχειρηματία Πρόδρομο Αθανασιάδη Μποδοσάκη το 1963. Η διορατικότητα, και το επιχειρηματικό πνεύμα του ιδρυτή και η εξειδίκευση του προσωπικού συνέβαλλαν ώστε η Εταιρεία να ξεπεράσει πολλές δυσκολίες και να γίνει σήμερα ο μεγαλύτερος παραγωγός σιδηρονικελίου στην Ευρώπη.

#### Ορόσημα

- **1963:** Η ΛΑΡΚΟ ιδρύεται από τον Πρόδρομο Αθανασιάδη Μποδοσάκη
- **1966:** Ίδρυση του εργοστασίου στην περιοχή της Λάρυμνας και πρώτη παραγωγή σιδηρονικελίου.
- **1968:** Έναρξη κατασκευής 2 οικισμών με σχολεία, νηπιαγωγεία, αθλητικές εγκαταστάσεις, εκκλησίες και πολιτιστικά κέντρα για τους εργαζόμενους της Εταιρείας
- **1969:** Έναρξη λειτουργίας και ανάπτυξης των Μεταλλείων Εύβοιας.
- **1970-1972:** Δύο νέες περιστροφικές κάμινοι προστίθενται στη παραγωγή, αυξάνοντας την παραγωγή στους 15.000 τόνους νικελίου.
- **1976:** Η ΛΑΡΚΟ είναι η πρώτη μεταλλουργική εταιρεία στον κόσμο που εισάγει το κοκκοποιημένο σιδηρονικέλιο στην αγορά.
- **1977:** Εγκατάσταση της μεγαλύτερης μεταφορικής ταινίας (7.5χλμ) μεταλλεύματος στην Ευρώπη στα Μεταλλεία της Εύβοιας, η οποία εξοικονομεί ενέργεια και περιορίζει τους ρύπους μειώνοντας τα δρομολόγια μεταφοράς με φορτηγά.
- **1989:** Μετά την εκκαθάριση της παλαιάς ΛΑΡΚΟ, η νέα ΛΑΡΚΟ ιδρύεται με μετόχους την Εθνική Τράπεζα της Ελλάδος (ΕΤΕ), τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρικού (ΔΕΗ) και τον Οργανισμό Ανασυγκρότησης Επιχειρήσεων (ΟΑΕ).
- **1992:** Πιστοποίηση της εταιρείας με ISO 9000 για την ποιότητα του προϊόντος.
- **1992:** Έναρξη εκμετάλλευσης κοιτασμάτων της Λεροπηγής στον νομό της Καστοριάς και ανάπτυξη των ομώνυμων μεταλλείων.
- **2000-2001:** Υλοποίηση επενδυτικού προγράμματος στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ενέργειας (ΕΠΕ) ύψους 20 εκατ. Ευρώ που αφορούσε την ανακατασκευή και τον εκσυγχρονισμό βασικών μεταλλουργικών μονάδων παραγωγής. Η ΛΑΡΚΟ πετυχαίνει κερδοφορία
- **2004:** Η ΛΑΡΚΟ εισέρχεται πάλι σε περίοδο κερδοφορίας.
- **2005-2007:** Υλοποίηση δεύτερου επενδυτικού προγράμματος στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ανταγωνιστικότητας (ΕΠΑΝ) ύψους 40 εκατ. ευρώ που αφορά στην ολοκλήρωση της ανακατασκευής και εκσυγχρονισμού των μονάδων παραγωγής του Μεταλλουργικού Εργοστασίου Λάρυμνας

- **2006:** Η ΛΑΡΚΟ μεταφέρει τα κεντρικά γραφεία σε νέο μοντέρνο αυτοτελές κτίριο στο Μαρούσι.
- **2007:** Τα μελλοντικά σχέδια περιλαμβάνουν ανακατασκευή και πλήρη εκσυγχρονισμό της μεγαλύτερης Ηλεκτροκαμίνου του Εργοστασίου Λαρύμνης, ο εκσυγχρονισμός της Μονάδας Παραγωγής Οξυγόνου, πλήρη ανακαίνιση του συστήματος Ηλεκτροφίλτρων για την αποτελεσματικότερη δέσμευση της σκόνης που εκλύεται κατά την μεταλλουργική επεξεργασία.
- **2010:** Επαναλειτουργία σε πλήρη δυναμικότητα το Β' εξάμηνο. Επιστροφή σε λειτουργική κερδοφορία

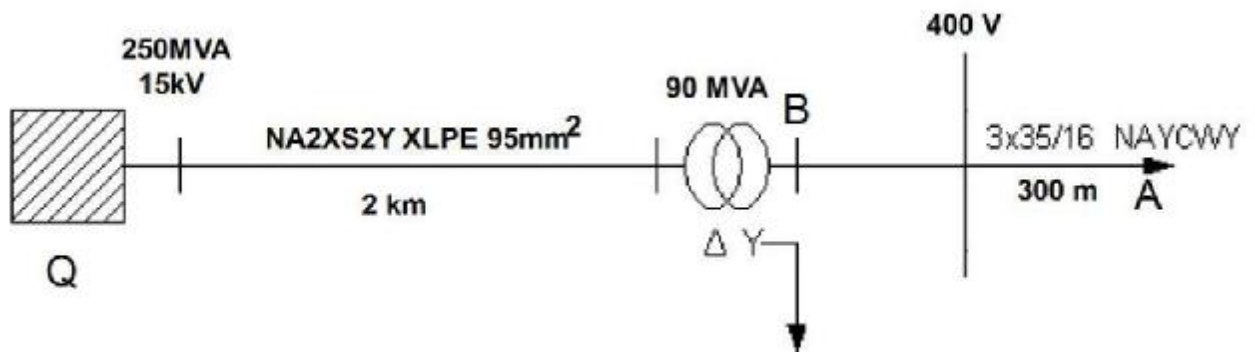
Το πραγματικό του όνομα του ιδρυτή της ΛΑΡΚΟ ήταν Πρόδρομος Αθανασιάδης. Έγινε γνωστός ως Μποδοσάκης (από την τουρκική ονομασία του «Πρόδρομος») και υπήρξε θρύλος για τον Ελλαδικό χώρο. Ο Μπέης, όπως τον φώναζαν οι φίλοι του, γεννήθηκε την τελευταία δεκαετία του 19ου αιώνα, από πολύ φτωχούς γονείς. Σε ηλικία 10 χρονών, αφήνει το σχολείο αποκτώντας μόρφωση ολομόναχος και μαθαίνοντας από την πείρα της ζωής. Στα 17 του ήταν ένας από τους σημαντικούς οικονομικούς παράγοντες με εμπορική και βιομηχανική δραστηριότητα. Το 1940 βρίσκει τον Μποδοσάκη επικεφαλής μιας σειράς βιομηχανιών που εξασφάλιζαν τον πολεμικό εφοδιασμό Ελλάδας και των συμμάχων της. Μεταπολεμικά κυριάρχησε στην οικονομία της χώρας, απασχολώντας μεγάλο ποσοστό του εργατικού δυναμικού της. Ο Μποδοσάκης διέβλεψε από πολύ νωρίς ότι το μέλλον της χώρας ανήκε στην εκβιομηχάνιση. Επί πενήντα πέντε χρόνια, οι δραστηριότητές του, που κάλυπταν το 35% του συνολικού δυναμικού της Ελλάδας στον τομέα αυτόν, εκτείνονταν σε όλους τους τομείς: πυρομαχικά, οιοπνευματώδη, λιπάσματα, υαλουργία, ναυτιλιακά, ασφάλειες, κατασκευές, αλλά κυρίως μεταλλεία και ορυχεία (Μεταλλεία Κασσάνδρας, Μεταλλεία Ερμιόνης, Εταιρία Μεταλλουργείων Λαυρίου Α.Ε., Λιγνιτωρυχεία Πτολεμαΐδος – ΛΙΠΤΟΛ, ΛΑΡΚΟ). Το μυστικό της επιτυχίας του Μποδοσάκη ήταν η αγάπη του για τη δημιουργία και όχι για το χρήμα. Ο ίδιος έζησε λιτή ζωή συντροφιά με τη σύζυγό του Ιωάννα κληροδοτώντας, όντας ακόμη εν ζωή, στο Ίδρυμα Μποδοσάκη όλη του την περιουσία. Με το θάνατό του, στις 18 Ιανουαρίου 1979, έκλεισε ο κύκλος μιας πολύπλευρης παραγωγικής ζωής που συνδύαζε την επιχειρηματική ευφυΐα και την φιλανθρωπική δραστηριότητα.

Η παρακαταθήκη του συνεχίζεται ακόμη και σήμερα μέσω του Ιδρύματος Μποδοσάκη, ενός σημαντικού φορέα, για την προαγωγή και ανάπτυξη της κοινωνικής πολιτικής στην Ελλάδα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΜΕΛΕΤΗ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΠΑΡΑ ΤΩΝ 15kV ΜΕΧΡΙ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΜΙΝΟ

Η γραμμή τροφοδοσίας από το ζυγό Μ.Τ (σημείο Q) μέχρι και το ηλεκτροκάμινο (σημείο B), παρεμβαλλομένου του μετασχηματιστή υποβιβασμού 15kV/400V (σημείο A) φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 20: Η μονογραμμική απεικόνιση της γραμμής τροφοδοσίας

Με βάση την εικόνα 20 θα πραγματοποιηθεί η μελέτη βραχυκύκλωσης

Τα στοιχεία της γραμμής είναι τα παρακάτω

#### Καλώδιο ΜΤ

$$R_1 = R_2 = 0.334 \Omega/\text{km}$$

$$X_1 = X_2 = 0.21 \Omega/\text{km}$$

$$R_0 = 1.134 \Omega/\text{km}$$

$$X_0 = 0.563 \Omega/\text{km}.$$

## ΜΣ Μ.Τ 14/0.4 kV

$$S_n = 90 \text{ MVA}$$

$$U_k = 6\%$$

$$P_k = 306 \text{ kW}^*$$

$$R_0 = R1$$

$$X_0 = 0.95 X1$$

\*:Το στοιχείο αυτό προέκυψε από την ακόλουθη ιστοσελίδα:  
<http://greek.electric-power-transformers.com/sale-1829141-copper-3-winding-high-voltage-three-phase-transformer-90mva-core-type.html>

από την οποία φαίνεται και ο πίνακας με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του ΜΣ

### Πίνακας 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά του ΜΣ

Εκτιμημένη τάση	110KV
Εκτιμημένη ικανότητα	90000KVA
Δροσίζοντας τύπος	ONAN/ONAF
Άνεμος τύπος	Διπλό τύλιγμα/τρία που τυλίγει/σπειροειδή
Φάση	Τριφασική/ενιαία φάση
Τύπος	Τύπος πυρήνων/τύπος της Shell
Άνεμος υλικό	Χαλκός
Συχνότητα	50HZ/60HZ

Τύπος	Εκτιμημένη τάση (kV)	Σύμβολο σύνδεσης	No-load απώλεια (KW)	Απώλεια φορτίων (KW)	No-load ρεύμα (%)	Σύνθετη αντίσταση βραχυκυκλώματος (%)	Βάρος (τ)			
							Σώμα	Πετρέλαιο	Σύνολο	Μετα
SFZ9-6300/110	H.V.: 110±8X1.25% L.V.: 6.3 6.6 10.5 11	YNd11	8.2	36.9	0.64	10.5	7.8	6.4	21.0	19.0
SFZ9-8000/110			9.8	45.0	0.6		10.6	7.0	24.2	21.9
SFZ9-10000/110			11.8	53.1	0.57		12.7	7.7	28.1	24.7
SFZ9-12500/110			13.7	63.0	0.53		14.9	8.4	31.9	29.0
SFZ9-16000/110			16.5	77.4	0.50		17.0	9.8	36.5	31.4
SFZ9-20000/110			19.5	93.6	0.47		19.1	11.0	40.7	36.5
SFZ9-25000/110			22.7	110.7	0.44		23.5	11.4	45.9	38.7
SFZ9-31500/110			27.5	133.2	0.40		26.1	13.0	51.1	44.3
SFZ9-40000/110			32.9	156.6	0.37		31.4	15.0	60.8	50.3
SFZ9-50000/110			38.9	194.4	0.33		37.3	16.8	69.2	58.6
SFZ9-63000/110			46.4	234.0	0.30		44.2	17.4	77.7	66.6
SFZ9-90000/110			60.3	306.0	0.27		54.6	20.8	94.0	79.8
SFZ9-120000/110			74.8	379.8	0.24		70.2	24.5	117.2	112.2

### **Καλώδιο XT NAYCWY**

$$R_1 = R_2 = 0.876 \Omega/\text{km}$$

$$X_1 = X_2 = 0.077 \Omega/\text{km},$$

$$R_0 = 2.14R_1$$

$$X_0 = 19.86X_1$$

### **Σημείο Q**

$$Z_Q = 1.1 \times \frac{U_n^2}{S_{KQ}} = 1.1 \times \frac{400^2}{250 \times 10^6} = 0.704 \text{m}\Omega$$

$$X_Q = 0.995 \times Z_Q = 0.995 \times 0.704 = 0.7 \text{m}\Omega$$

$$R_Q = 0.1 \times X_Q = 0.1 \times 0.7 = 0.07 \text{m}\Omega$$

### **Καλώδιο XLPE**

$$R_1 = R_2 = 0.334 \times 2 \times \frac{400^2}{15000^2} = 0.475 \text{m}\Omega$$

$$X_1 = X_2 = 0.21 \times 2 \times \frac{400^2}{15000^2} = 0.3 \text{m}\Omega$$

$$R_0 = 1.334 \times 2 \times \frac{400^2}{15000^2} = 1.9 \text{m}\Omega$$



$$X_0 = 0.563 \times 2 \times \frac{400^2}{15000^2} = 0.8m\Omega$$

### Μετασχηματιστής

$$Z_{M\Sigma} = U_k \times \frac{U_n^2}{S_N} = 0.06 \times \frac{400^2}{90 \times 10^6} = 0.11m\Omega$$

$$R_{1,M\Sigma} = R_{2,M\Sigma} = P_k \times \frac{U_n^2}{S_N^2} = 306000 \times \frac{400^2}{(90 \times 10^6)^2} = 0.006m\Omega$$

$$X_{1,M\Sigma} = X_{2,M\Sigma} = \sqrt{Z_{M\Sigma}^2 - R_{M\Sigma}^2} = \sqrt{0.11^2 - 0.006^2} = 0.1 m\Omega$$

$$R_{0,M\Sigma} = 0.006m\Omega$$

$$X_{0,M\Sigma} = 0.95 \times X_{1,M\Sigma} = 0.095m\Omega$$

### Καλώδιο XT

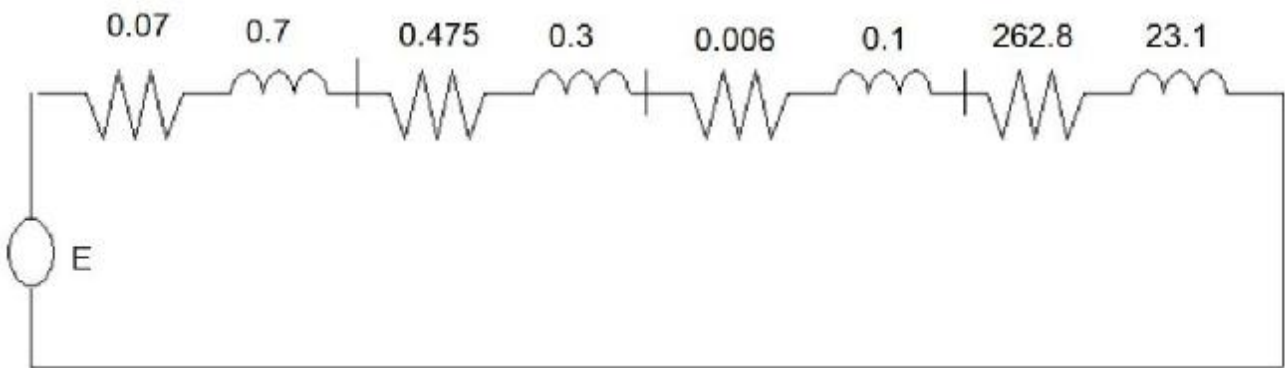
$$R_1 = R_2 = 0.876 \times \frac{300}{1000} = 262.8m\Omega$$

$$X_1 = X_2 = 0.077 \times \frac{300}{1000} = 23.1m\Omega$$

$$R_0 = 2.14 \times R_1 = 2.14 \times 262.8 = 562.4m\Omega$$

$$X_0 = 19.86 \times X_1 = 19.86 \times 23.1 = 458.77 m\Omega$$

**Κύκλωμα θετικής ακολουθίας για τριπολικό βραχυκύκλωμα στη θέση Α (οι αντιστάσεις σε mΩ):**

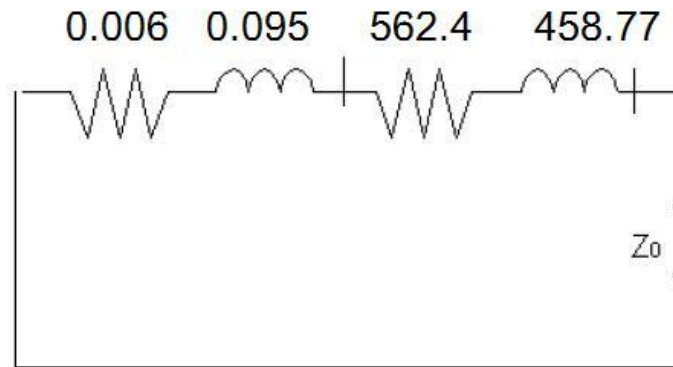


Η συνολική εμπέδηση (εμπέδηση θετικής ακολουθίας στη θέση Α) του βρόχου είναι:

$$Z_1 = 263.351 + j24.2 m\Omega \text{ και } |Z_1| = 264.46 m\Omega$$

$$I_{k3p(A)} = \frac{E}{|Z_1|} = \frac{1.1 \times \frac{400}{\sqrt{3}}}{264.46 \times 10^{-3}} = 960.58 A$$

Κύκλωμα μηδενικής ακολουθίας για βραχυκύκλωμα στη θέση A (οι αντιστάσεις σε mΩ):

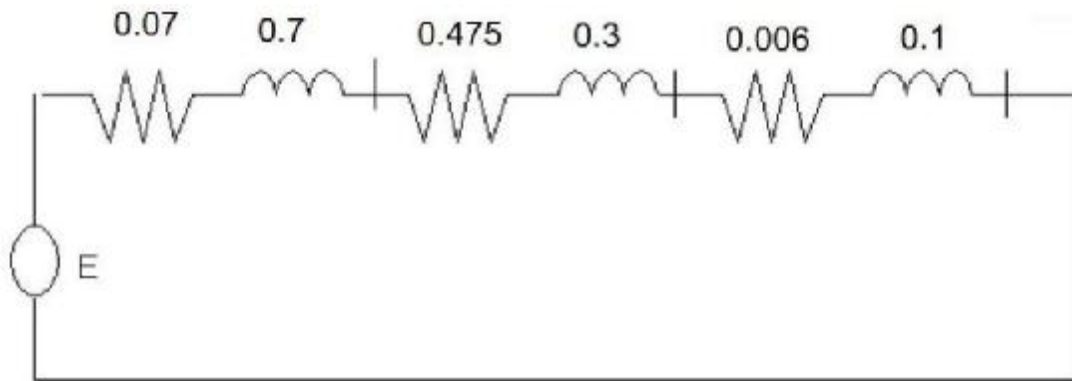


Η εμπέδηση του βρόχου (εμπέδηση μηδενικής ακολουθίας στη θέση A) είναι:

$$Z_0 = 562.406 + j458.865 \text{ m}\Omega \text{ και } |Z_0| = 725.85 \text{ m}\Omega$$

$$I_{k1p(A)} = \frac{3 \times E}{|2 \times Z_1 + Z_0|} = \frac{1.1 \times 3 \times \frac{400}{\sqrt{3}}}{(2 \times 264.46 + 725.85) \times 10^{-3}} = 607.36 \text{ A}$$

Κύκλωμα θετικής ακολουθίας για τριπολικό βραχυκύκλωμα στη θέση Β (οι αντιστάσεις σε mΩ):

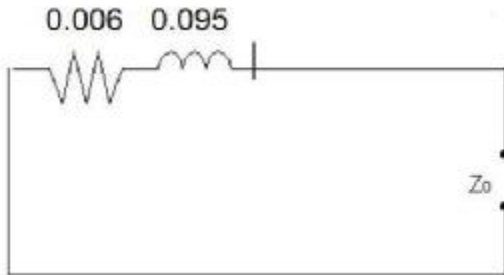


Η συνολική εμπέδηση (εμπέδηση θετικής ακολουθίας στη θέση Β) του βρόχου είναι:

$$Z_1 = 0.551 + j1.1 \text{ m}\Omega \text{ και } |Z_1| = 1.23 \text{ m}\Omega$$

$$I_{k3p(B)} = \frac{E}{|Z_1|} = \frac{1.1 \times \frac{400}{\sqrt{3}}}{1.23 \times 10^{-3}} = 206.53 \text{ kA}$$

Κύκλωμα μηδενικής ακολουθίας για βραχυκύκλωμα στη θέση Β (οι αντιστάσεις σε mΩ):



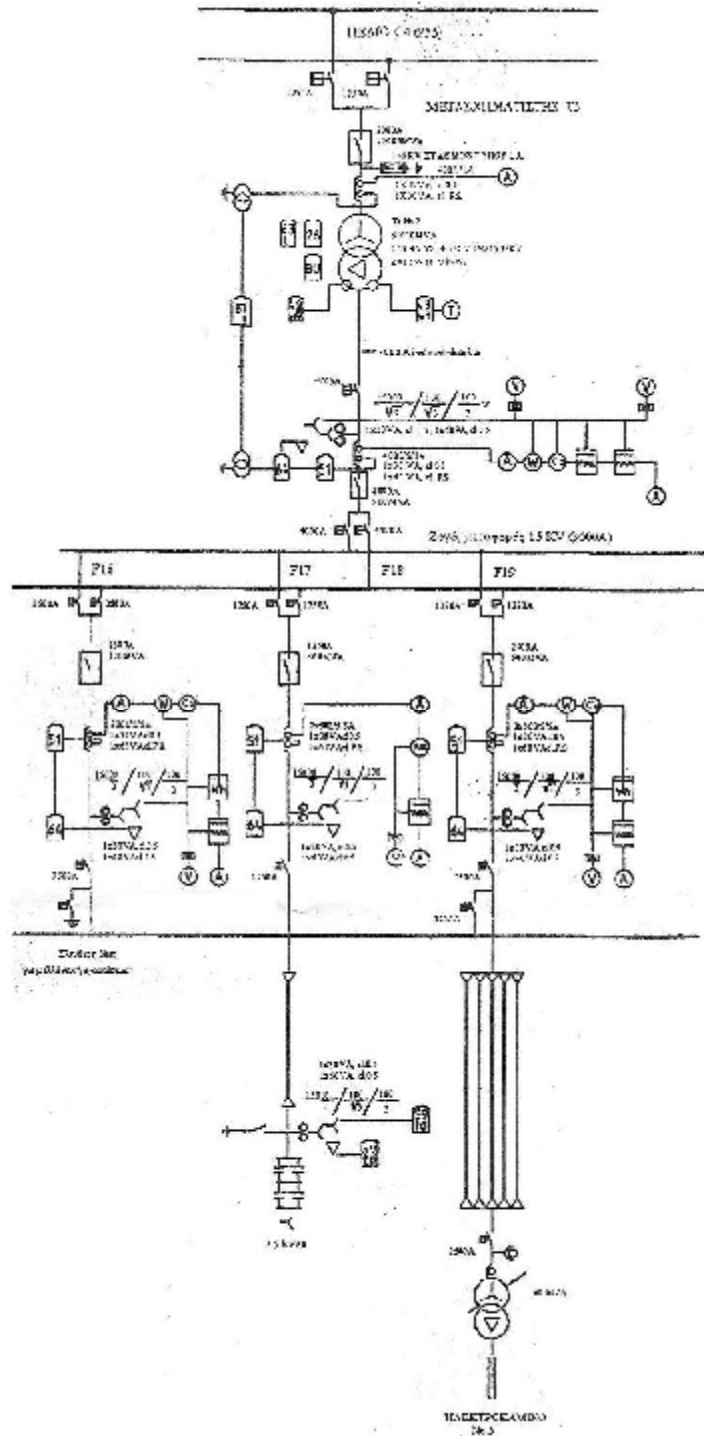
Η εμπέδηση του βρόχου (εμπέδηση μηδενικής ακολουθίας στη θέση Β) είναι:

$$Z_0 = 0.006 + j0.095 \text{ m}\Omega \text{ και } |Z_0| = 0.095 \text{ m}\Omega$$

$$I_{k1p(B)} = \frac{3 \times E}{|2 \times Z_1 + Z_0|} = \frac{1.1 \times 3 \times \frac{400}{\sqrt{3}}}{(2 \times 264.46 + 0.095) \times 10^{-3}} = 1440.6 \text{ A}$$

# ΠΑΡΑΤΡΗΜΑ

Το μονογραμμικό σχέδιο της γραμμής για την οποία εκπονήθηκε η μελέτη



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πέτρος Ντοκόπουλος, «Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών», Εκδόσεις ΖΗΤΗ
- Παντελής Μαλατέστας, «Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας», Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ
- Μιχαηλ. Δ. Δανίκας, «Στοιχεία Υψηλών Τάσεων», Εκδόσεις ΣΜΠΙΛΙΑΣ Α.Β.Ε.Ε.
- <http://www.abb.com> (τελευταία επίσκεψη:21.04.2015)
- <http://en.m.wikipedia.org/wiki/Recloser>(τελευταία επίσκεψη:21.04.2015)
- [http://www.cooperindustries.com/content/public/en/power\\_systems/products/controls\\_and\\_relays/recloser\\_controls.html](http://www.cooperindustries.com/content/public/en/power_systems/products/controls_and_relays/recloser_controls.html) (τελευταία επίσκεψη:21.04.2015)
- Σημειώσεις Μαθήματος Μεταφορά Ηλεκτρικής Ενέργειας, Σχοινάς Νικόλαος
- <http://greek.electric-power-transformers.com/sale-1829141-copper-3-winding-high-voltage-three-phase-transformer-90mva-core-type.html> (τελευταία επίσκεψη:21.04.2015)