

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ: ΣΤΕ
ΤΜΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: 1284

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

**ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΙΑΣ
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΣΗΣ
ΤΑΣΗΣ
STUDY OF AN EXISTING MEDIUM
VOLTAGE ELECTRICAL LINE**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΕΤΤΑΣ
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΕΙΣΗΓΗΤΗ: ΣΧΟΙΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

ΠΑΤΡΑ 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Άεργη ισχύς αποτελεί μέρος της συνολικής ισχύος ενός ηλεκτρικού κυκλώματος, το οποίο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα και εμφανίζεται, όταν η διακύμανση της τάσης δεν ακολουθεί, όμοια στο χρόνο, τη διακύμανση της έντασης σε αυτό, όταν δηλαδή εμφανίζεται διαφορά φάσης μεταξύ των δύο. Η άεργη ισχύς εμφανίζεται στην περίπτωση που υπάρχουν πηνία ή πυκνωτές στο κύκλωμα που διατρέχει το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Τα στοιχεία αυτά αποθηκεύουν ενέργεια σε μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο αντίστοιχα, χωρίς, θεωρητικά, να την καταναλώνουν. Την ενέργεια αυτή την αποδίδουν πάλι στο κύκλωμα τα στοιχεία αυτά, με την ολοκλήρωση μιας περιόδου. Αποτέλεσμα της κράτησης άεργης ισχύος στους πυκνωτές και στα πηνία ενός κυκλώματος, είναι η παλινδρόμηση ρευμάτων πάνω στους αγωγούς μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος και η κατανάλωση αυτών από τις ωμικές συνιστώσες της εμπέδησης του κυκλώματος.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, πραγματεύεται τη μελέτη μιας πραγματικής εναέριας γραμμής μεταφοράς μέσης τάσης της ΔΕΗ, ως προς την πτώση τάσης που αυτή παρουσιάζει, αλλά κυρίως ως προς την διόρθωση του συντελεστή ισχύος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο 1^ο κεφάλαιο θα γίνει μία σύντομη αναφορά στην ηλεκτρική ενέργεια και στα ηλεκτρικά συστήματα, ενώ επίσης θα γίνει παράθεση του συστήματος πάνω στο οποίο θα βασιστεί ολόκληρη η πτυχιακή αυτή εργασία.

Στο 2^ο κεφάλαιο θα εκτελεσθεί το υπολογιστικό κομμάτι που έχει ως πρωταρχικό στόχο την εύρεση της πτώσης τάσης σε διάφορα σημεία της συγκεκριμένης γραμμής, όπως επίσης και στα σημεία που μας ενδιαφέρει. Αφού πραγματοποιηθεί αυτό, θα υπολογιστεί το αν η πτώση τάσης είναι στα επιτρεπτά όρια < 4%. Στη συνέχεια θα υπολογιστεί η τάση που λαμβάνει ο πιο απομακρυσμένος καταναλωτής και βεβαίως η πτώση τάσης στο σημείο που είναι εγκατεστημένος.

Στο 3^ο κεφάλαιο και αφού ληφθούν υπόψη όλα τα παραπάνω, θα επιχειρηθεί ο υπολογισμός των μέσων προστασίας από υπερεντάσεις. Στο σημείο αυτό, δεν θα πρέπει να παραληφθούν και οι απαραίτητοι υπολογισμοί για τα μέγιστα και ελάχιστα βραχυκυκλώματα που μπορούν να εμφανιστούν. Μετά την ολοκλήρωση αυτών, θα γίνει αναφορά και στις κατάλληλες βάσει των δεδομένων μας, ασφάλειες τήξεως.

Στο 4^ο κεφάλαιο και αφού έχει ολοκληρωθεί το υπολογιστικό κομμάτι, θα πραγματοποιηθεί περαιτέρω ανάλυση των μέσων προστασίας που θα χρησιμοποιηθούν στην δική μας περίπτωση και γενικότερα στα μέσα προστασίας που χρησιμοποιούνται από τη Δ.Ε.Η.

Στο 5^ο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τους μετασχηματιστές, τις σύνθετες αντιστάσεις τους και πραγματοποιείται επιλεκτική περιγραφή.

Το 6^ο και τελευταίο κομμάτι της πτυχιακής αυτής εργασίας, αποτελεί ουσιαστικά τον επίλογο, με κάποια συμπεράσματα και ευχαριστίες.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1^ο	Σελίδα
1.1 Γενικά.	6
1.2 Παράθεση και σύντομη περιγραφή του συστήματος.	8
Κεφάλαιο 2^ο	
2.1 Μονογραμμικό διάγραμμα της γραμμής MT μαζί με τους καταναλωτές.	10
2.1.1 υπολογισμοί αποστάσεων και καλωδίων.	11
2.1.2 υπολογισμοί ρευμάτων για τον κάθε κλάδο ξεχωριστά.	12
2.2 Υπολογισμός πτώσης τάσης από την αρχή της γραμμής μέχρι το τέλος της.	13
2.3 Υπολογισμός της τάσης του πιο απομακρυσμένου καταναλωτή.	17
Κεφάλαιο 3^ο	
3.1 Υπολογισμός μέγιστου τριπολικού βραχυκυκλώματος.	18
3.1.1 Υπολογισμός ελάχιστου τριπολικού βραχυκυκλώματος.	19
3.2 Υπολογισμός ελάχιστου μονοπολικού βραχυκυκλώματος.	20
3.2.1 Υπολογισμός μέγιστου μονοπολικού βραχυκυκλώματος.	21
3.3 Παράθεση των ασφαλειών που θα χρησιμοποιήσουμε.	22
Κεφάλαιο 4^ο	
4.1 Ασφάλειες MT	26
4.1.1 Ασφάλειες Σκόνεως	26
4.1.2 Ασφάλειες Εκτόνωσης	26
4.2 Διακόπτες Μέσης Τάσης	27
4.2.1 Αποζεύκτες και Γειωτές	27
4.2.2 Διακόπτες Φορτίου	27
4.2.3 Διακόπτες Ισχύος	28
4.2.4 Διακόπτες Απομόνωσης	28
4.3 Επιλεκτική Συνέργασία	30
4.4 Μέσα Προστασίας ΔΕΗ	31
4.4.1 Για εναέρια δίκτυα Μέσης Τάσης	31
4.4.2 Για υπόγεια δίκτυα Μέσης Τάσης	32
4.5 Διακόπτες Αυτόματης Επαναφοράς	34
4.5.1 Μονοπολικοί Διακόπτες Αυτόματης Επαναφοράς	34
4.5.2 Τριπολικοί Διακόπτες Αυτόματης Επαναφοράς	34
4.6 Recloser του ΔΑΕ	35

Κεφάλαιο 5^ο

5.1 Γενικά για Μετασχηματιστές	37
5.2 Προσδιορισμός των Σύνθετων Εμπεδήσεων ενός ΜΣ	41
5.3 Λειτουργία Παράλληλης Ζεύξης Μετασχηματιστών	41
5.4 Είδη ΜΣ	42
5.4.1 ΜΣ Ισχύος	42
5.4.2 ΜΣ Τάσης	43
5.4.3 ΜΣ Ρεύματος	43
5.5 Περιγραφή 3Φ ΜΣ 20/0.4 kV ξηρού τύπου	44
5.6 Περιγραφή Αυτομετασχηματιστή	46
5.7 Προστασία ΜΣ	47

Κεφάλαιο 6ο

6.1 Επίλογος	48
--------------	----

Βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 Γενικά

Έχουμε αναρωτηθεί ποτέ τι ακριβώς εννοούμε όταν αναφερόμαστε στον όρο *Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας*;

Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας λοιπόν είναι ένα σύνολο εξοπλισμού το οποίο αποτελείται από σταθμούς παραγωγής, υποσταθμούς ανύψωσης και υποβιβασμού Τάσης, γραμμές μεταφοράς διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, υπόγειες και εναέριες. Όλα τα παραπάνω πρέπει να συνεργαστούν άψογα για να γίνει με αξιοπιστία η τροφοδότηση των καταναλωτών, με υψηλή ποιότητα και όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος.

Τα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας σήμερα λειτουργούν στα 50 ή 60 Hz. Οι μετασχηματιστές έχουν την ιδιότητα σήμερα να ανυψώνουν ή να υποβιβάζουν την τάση χωρίς να αλοιώνουν το βέλτιστο επίπεδο τάσης σε κάθε τμήμα του ΣΗΕ. Έτσι μπορούμε να έχουμε καταναλωτές 400V κέντρα κατανάλωσης με υψηλές τάσεις 100kV μέχρι και 735 kV.

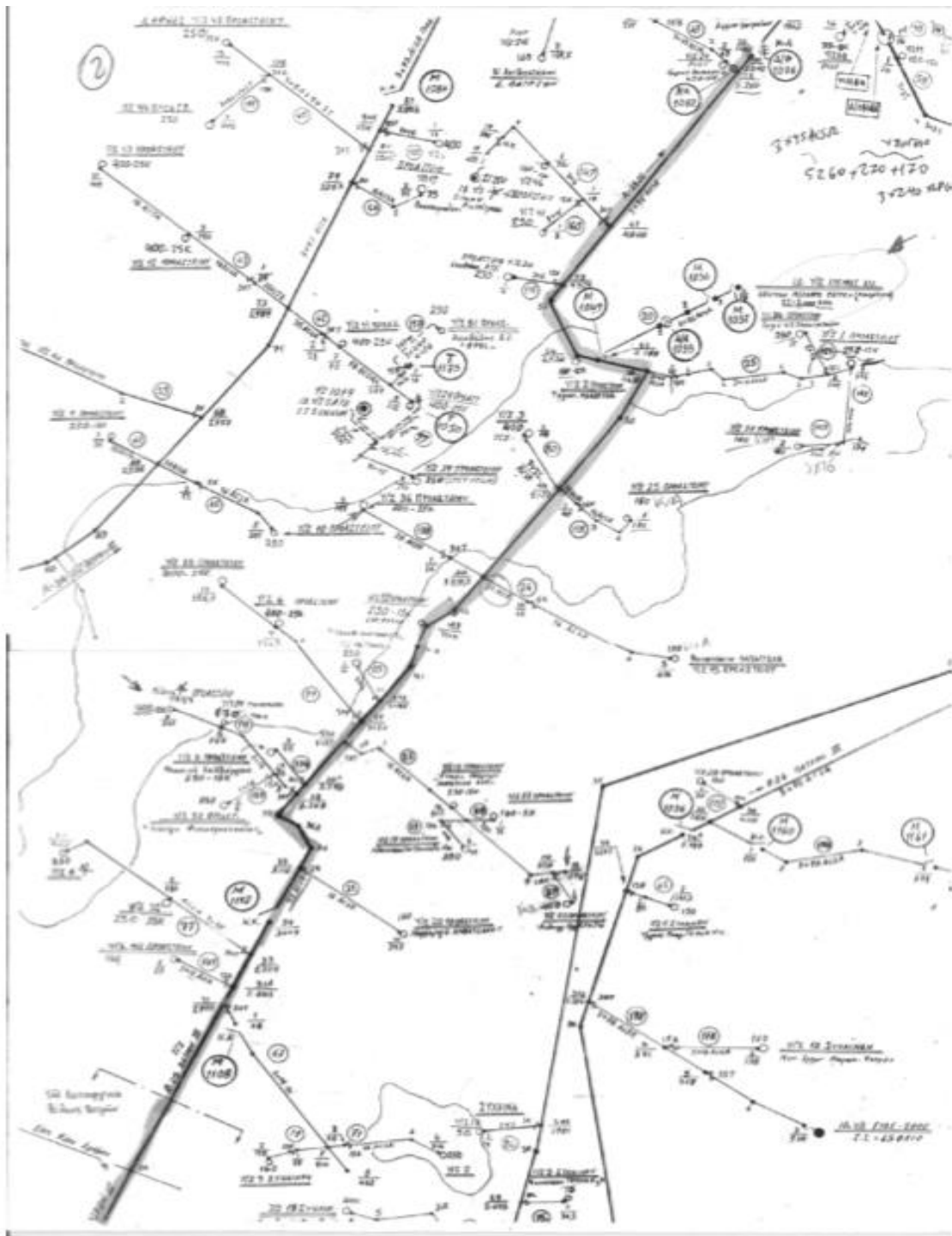
Η μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων είχε ήδη ξεκινήσει από την αρχαιότητα από αρκετούς παρατηρητές όπως τον Θαλή τον Μιλήσιο ο οποίος οδηγήθηκε στην ανακάλυψη του ηλεκτροστατικού πεδίου (600 πΧ), ωστόσο τα ουσιαστικά βήματα της επιστήμης που οδήγησαν σταδιακά σε πρακτικές τεχνολογικές καινοτομίες άρχισαν λίγο αργότερα με τον Werner von Siemens να εμφανίζει μία πειραματική διάταξη την οποία και ονόμασε στρεφόμενη ηλεκτρική μηχανή. Εν τω μεταξύ την ίδια εποχή κατασκευάστηκε και η πρώτη λυχνία ηλεκτρικού φωτισμού από τον Heinrich Gobel.

Στην Ελλάδα η πρώτη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ιδρύεται το 1889 στην Αθήνα από τη γενική εταιρεία εργοληψιών στην οδό Αριστείδου. Το πρώτο κτίριο που φωτίστηκε ήταν τα ανάκτορα και αργότερα ο ηλεκτροφωτισμός επεκτάθηκε και στο κέντρο της πόλης. Τον ίδιο χρόνο φωτίστηκε και η Θεσσαλονίκη η οποία τότε ανήκε ακόμα στην Οθωμανική Αυτοκρατορία. Η Βελγική Εταιρεία τότε ανέλαβε από τις τουρκικές αρχές την κατασκευή εργοστασίου ηλεκτρικής ενέργειας και έτσι 10 χρόνια αργότερα έκαναν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα οι πρώτες πολυεθνικές εταιρείες ηλεκτρισμού. Η αμερικάνικη πολυεθνική εταιρεία Thomson-Houston με τη συμμετοχή της εθνικής Τράπεζας θα ιδρύσει την Ελληνική Ηλεκτρική εταιρεία η οποία και ανέλαβε την ηλεκτροδότηση μεγάλων πόλεων. Μέχρι το 1929 είχαν ηλεκτροδοτηθεί 250 πόλεις με πληθυσμό άνω των 5000 κατοίκων. Η ίδρυση της ΔΕΗ το 1950 ήταν σταθμός στην μεταπολεμική Ελλάδα. Η ΔΕΗ με νόμο θα αναλάβει την εξαγορά όλων των μεμονομένων επιχειρήσεων και την εφαρμογή ενιαίας ενεργειακής πολιτικής στη χώρα. Πολιτική η οποία είχε σαν σκοπό της την χρήση των εγχώριων πρώτων υλών και τη δημιουργία εθνικού διασυνδεδεμένου δικτύου Μεταφοράς και Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Η ταχύρυθμη ανάπτυξη της ηλεκτρικής τεχνολογίας, με εφαρμογές και στο βιομηχανικό και στον οικιακό τομέα, μετέβαλλε αρκετά τις ανθρώπινες κοινωνίες, χάρη στην εξαιρετική ευελιξία της ηλεκτρικής ενέργειας, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα σχεδόν απεριόριστο σύνολο εφαρμογών που περιλαμβάνουν τις μεταφορές, τη θέρμανση, το φωτισμό, τις επικοινωνίες, και τέλος

τον υπολογισμό, την αποθήκευση και τη μετάδοση πληροφοριών. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η ραχοκοκαλιά της σύγχρονης βιομηχανικής κοινωνίας αλλά και της ακόμη πιο σύγχρονης κοινωνίας της πληροφορίας.

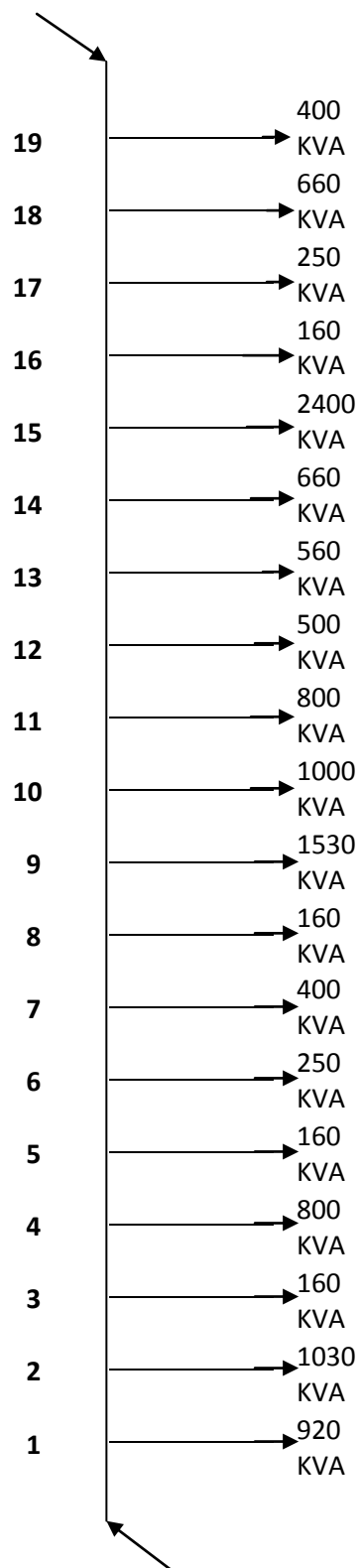
Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, αρχικά παρατίθεται το υπολογιστικό κομμάτι με πράξεις, πίνακες και σχεδιαγράμματα και εν συνεχεία η περιγραφή των μέσων προστασίας, η χρήση των οποίων πραγματοποιείται στις εγκαταστάσεις Μέσης Τάσης (MT). Πέραν αυτών, γίνεται αναλυτική περιγραφή στα διάφορα είδη των ασφαλειών και των διακοπών που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις της Δ.Ε.Η. Έπειτα, ακολουθεί μία ιδιαίτερη αναφορά που σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο τα διάφορα μέσα προστασίας συνεργάζονται μεταξύ τους. Κλείνοντας, γίνεται παράθεση των τελικών συμπερασμάτων που μπορεί κανείς να εξάγει μελετώντας αυτήν την εργασία.



εικόνα 2

Κεφάλαιο 2^ο

2.1 Μονογραμμικό διάγραμμα της γραμμής ΜΤ μαζί με τους καταναλωτές.



2.1.1 υπολογισμοί αποστάσεων και καλωδίων.

0-1 = 1213m
1-2 = 207,8m
2-3 = 588,7m
3-4 = 26m
4-5 = 229m
5-6 = 270,5m
6-7 = 260m
7-8 = 321m
8-9 = 152m
9-10 = 169m

10-11 = 13m
11-12 = 489,5m
12-13 = 187,5m
13-14 = 311m
14-15 = 50m
15-16 = 36m
16-17 = 201m
17-18 = 123m
18-19 = 412m

3*95
ACSR
C65φ = 0,9

S → VA

P → W

Q → A kVar

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \implies P = \cos\varphi * S$$

$$P = \sqrt{3} VI \cos\varphi \implies S * \cos\varphi = \sqrt{3} VI \cos\varphi \implies S = \sqrt{3} X * I$$

$$S = \sqrt{P^2 + q^2}$$

2.1.2 υπολογισμοί ρευμάτων για τον κάθε κλάδο ξεχωριστά

$$\Delta V_{1-19} = \Delta V_{1-2} + \Delta V_{2-3} + \Delta V_{3-4} + \Delta V_{4-5} + \Delta V_{5-6} + \Delta V_{6-7} + \Delta V_{7-8} + \Delta V_{8-9} + \Delta V_{9-10} + \Delta V_{10-11} + \Delta V_{12-13} + \Delta V_{13-14} + \Delta V_{14-15} + \Delta V_{15-16} + \Delta V_{16-17} + \Delta V_{17-18} + \Delta V_{18-19}$$

Από τον τύπο $S = V \cdot I$ θα βρούμε τα ρεύματα για κάθε κλάδο ξεχωριστά.

$$I_1 = \frac{920000}{34600} = 26,59A$$

$$I_2 = \frac{1030000}{34600} = 29,77A$$

$$I_3 = \frac{160000}{34600} = 4,62A$$

$$I_4 = \frac{800000}{34600} = 23,12A$$

$$I_5 = \frac{160000}{34600} = 4,62A$$

$$I_6 = \frac{250000}{34600} = 7,22A$$

$$I_7 = \frac{400000}{34600} = 11,56A$$

$$I_8 = \frac{160000}{34600} = 4,62A$$

$$I_9 = \frac{1530000}{34600} = 44,22A$$

$$I_{10} = \frac{1000000}{34600} = 28,9A$$

$$I_{11} = \frac{800000}{34600} = 23,12A$$

$$I_{12} = \frac{500000}{34600} = 14,45A$$

$$I_{13} = \frac{560000}{34600} = 16,18A$$

$$I_{14} = \frac{660000}{34600} = 19,07A$$

$$I_{15} = \frac{2400000}{34600} = 69,36A$$

$$I_{16} = \frac{160000}{34600} = 4,62A$$

$$I_{17} = \frac{250000}{34600} = 7,22A$$

$$I_{18} = \frac{660000}{34600} = 19,07A$$

$$I_{19} = \frac{400000}{34600} = 11,56A$$

2.2 Υπολογισμός πτώσης τάσης από την αρχή της γραμμής μέχρι το τέλος της.

3*95mm² ACSR

R₀ = 0,215 Ω/km

X₀ = 0,334 Ω/km

$$\Delta V_{1-19} = 1,213 * 0,215 * 0,9 (26,59 + 29,77 + 4,62 + 23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56) +$$

} ΔV₀₋₁
ωμικές
συνιστώσες

$$1,213 * 0,334 * 0,43 (26,59 + 29,77 + 4,62 + 23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56)$$

} ΔV₀₋₁
επαγωγικές
συνιστώσες

$$0,21 * 0,215 * 0,9 (29,77 + 4,62 + 23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56) +$$

} ΔV₁₋₂
ωμικές
συνιστώσες

$$0,21 * 0,334 * 0,43 (29,77 + 4,62 + 23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56)$$

} ΔV₁₋₂
επαγωγικές
συνιστώσες

$$0,59 * 0,215 * 0,9 (4,62 + 23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56) +$$

} ΔV₂₋₃
ωμικές
συνιστώσες

$$0,59 * 0,334 * 0,43 (4,62 + 23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56)$$

} ΔV₂₋₃
επαγωγικές
συνιστώσες

$$0,026 * 0,215 * 0,9 (23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56) +$$

} ΔV₃₋₄
ωμικές
συνιστώσες

$$0,026 * 0,334 * 0,43 (23,12 + 4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56)$$

} ΔV₃₋₄
επαγωγικές
συνιστώσες

$$0,229 * 0,215 * 0,9 (4,62 + 7,22 + 11,56 + 4,62 + 44,22 + 28,9 + 23,12 + 14,45 + 16,18 + 19,07 + 69,36 + 4,62 + 7,22 + 19,07 + 11,56) +$$

} ΔV₄₋₅
ωμικές
συνιστώσες

$0,229*0,334*0,43(4,62+7,22+11,56+4,62+44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₄₋₅ επαγωγικές συνιστώσες
$+0,27*0,215*0,9(7,22+11,56+4,62+44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₅₋₆ ωμικές συνιστώσες
$0,27*0,334*0,43(7,22+11,56+4,62+44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₅₋₆ επαγωγικές συνιστώσες
$0,26*0,215*0,9(11,56+4,62+44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₆₋₇ ωμικές συνιστώσες
$0,26*0,334*0,43(11,56+4,62+44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₆₋₇ επαγωγικές συνιστώσες
$0,32*0,215*0,9(4,62+44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₇₋₈ ωμικές συνιστώσες
$0,32*0,334*0,43(4,62+44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₇₋₈ επαγωγικές συνιστώσες
$0,15*0,215*0,9(44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₈₋₉ ωμικές συνιστώσες
$0,15*0,334*0,43(44,22+28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₈₋₉ επαγωγικές συνιστώσες
$0,17*0,215*0,9(28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₉₋₁₀ ωμικές συνιστώσες

$0,17*0,334*0,43(28,9+23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₉₋₁₀ επαγωγικές συνιστώσες
$0,013*0,215*0,9(23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₁₀₋₁₁ ωμικές συνιστώσες
$0,013*0,334*0,43(23,12+14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₁₀₋₁₁ επαγωγικές συνιστώσες
$0,489*0,215*0,9(14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₁₁₋₁₂ ωμικές συνιστώσες
$0,489*0,334*0,43(14,45+16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₁₁₋₁₂ επαγωγικές συνιστώσες
$0,187*0,215*0,9(16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₁₂₋₁₃ ωμικές συνιστώσες
$0,187*0,334*0,43(16,18+19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₁₂₋₁₃ επαγωγικές συνιστώσες
$0,311*0,215*0,9(19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₁₃₋₁₄ ωμικές συνιστώσες
$0,311*0,334*0,43(19,07+69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₁₃₋₁₄ επαγωγικές συνιστώσες
$0,05*0,215*0,9(69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV ₁₄₋₁₅ ωμικές συνιστώσες
$0,05*0,334*0,43(69,36+4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV ₁₄₋₁₅ επαγωγικές συνιστώσες

$0,036 \cdot 0,215 \cdot 0,9(4,62+7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV_{15-16} ωμικές συνιστώσες
$0,036 \cdot 0,334 \cdot 0,43(4,62+7,22+19,07+11,56)$	} ΔV_{15-16} επαγωγικές συνιστώσες
$0,2 \cdot 0,215 \cdot 0,9(7,22+19,07+11,56)+$	} ΔV_{16-17} ωμικές συνιστώσες
$0,2 \cdot 0,334 \cdot 0,43(7,22+19,07+11,56)$	} ΔV_{16-17} επαγωγικές συνιστώσες
$0,123 \cdot 0,215 \cdot 0,9(19,07+11,56)+$	} ΔV_{17-18} ωμικές συνιστώσες
$0,123 \cdot 0,334 \cdot 0,43(19,07+11,56)$	} ΔV_{17-18} επαγωγικές συνιστώσες
$0,412 \cdot 0,215 \cdot 0,9(11,56)+$	} ΔV_{18-19} ωμικές συνιστώσες
$0,412 \cdot 0,334 \cdot 0,43(11,56)$	} ΔV_{18-19} επαγωγικές συνιστώσες

Επομένως

$$\Delta V_{0-19} = 86,82+64,43+13,95+10,35+35,8+26,56+1,51+1,15+12,66+9,4+14,69+10,9+13,78+10,22+16,24+12,748+5,55+7,02+5,21+0,46+0,34+15,28+11,34+5,32+3,95+7,87+5,84+1,08+0,8+0,29+0,22+1,46+1,08+0,73+0,54+0,9+0,68 \implies \Delta V_{0-19} = 423,9 \text{Volts}$$

$$\Delta V_{0-19} \% = \frac{423,9}{20000/\sqrt{3}} \% \implies \Delta V \% = 3,6\%$$

2.3 Υπολογισμός της τάσης του πιο απομακρυσμένου καταναλωτή.

3×16 ACSR

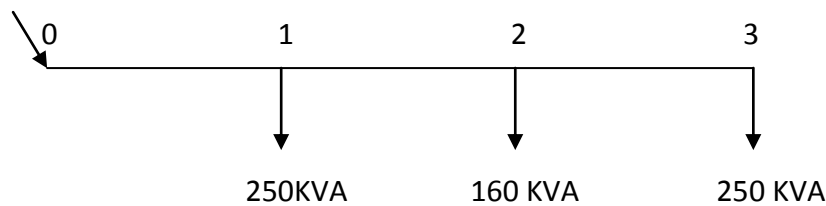
$R_0 = 1,268 \Omega/\text{km}$

$X_0 = 0,422 \Omega/\text{km}$

$$\Delta V_{0-18} = 422,32 \text{ V}$$

Επομένως στο σημείο 0 έχουμε τάση:

$$11560 - 422,32 = 11138,37 \text{ V}$$



$$0-1 = 18\text{m}$$

$$1-2 = 203\text{m}$$

$$2-3 = 202\text{m}$$

$$I_1 = \frac{250000}{33869,38} = 7,381\text{A}$$

$$I_2 = 4,72\text{A}$$

$$I_3 = 7,38\text{A}$$

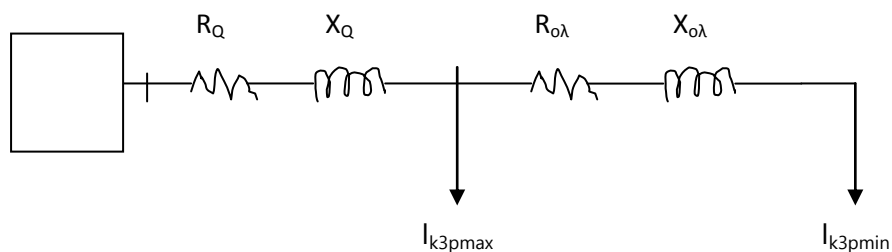
Για υπολογισμό πτώσης τάσης στο σημείο 3:

$$\Delta V_{0-3} = \Delta V_{0-1} + \Delta V_{1-2} + \Delta V_{2-3} = 1 \implies$$

$$\Delta V_{0-3} = 1,268 \times 0,018 \times 0,9(7,381 + 4,72 + 7,38) + 0,422 \times 0,018 \times 0,43(7,381 + 4,72 + 7,38) +$$

$$1,268 \times 0,203 \times 0,9(4,72 + 7,38) + 0,422 \times 0,203 \times 0,43(4,72 + 7,38) +$$

$$1,268 \times 0,202 \times 0,9(7,38) + 0,422 \times 0,202 \times 0,43(7,38) \implies \Delta V_{0-3} = 5,68\text{V}$$



$$S_Q = 250 \text{ MVA}$$

$$V_\pi = 20000/\sqrt{3}$$

Κεφάλαιο 3^ο

3.1 Υπολογισμός μέγιστου τριπολικού βραχυκυκλώματος.

$$4848\text{m} \left\{ \begin{array}{l} 3 \times 95\text{mm}^2 \text{ ACSR} \\ R_o = 0,215 \Omega/\text{km} \\ X_o = 0,334 \Omega/\text{km} \end{array} \right.$$

$$423\text{m} \left\{ \begin{array}{l} 3 \times 16\text{mm}^2 \text{ ACSR} \\ R_o = 1,268 \Omega/\text{km} \\ X_o = 0,422 \Omega/\text{km} \end{array} \right.$$

$$R_{o\lambda} = 4,848 \times 0,215 + 0,423 \times 1,268 \Rightarrow \\ R_{o\lambda} = 1,578 \Omega$$

$$X_{o\lambda} = 4,848 \times 0,334 + 0,423 \times 0,422 \Rightarrow \\ X_{o\lambda} = 1,79 \Omega$$

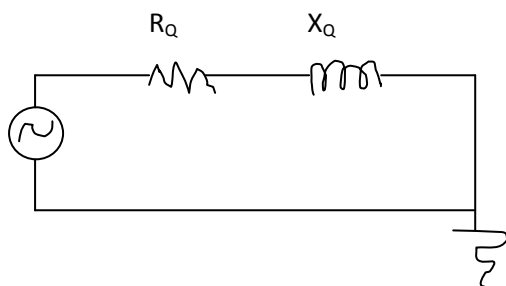
$$Z_Q = 1,1 \frac{(Vn)^2}{S_{kQ}} \Rightarrow Z_Q = 1,1 \frac{(20 \times 10)^2}{250 \times 10^2} \Rightarrow Z_Q = 1,76 \Omega$$

$$\left. \begin{array}{l} X_Q = 0,995 \times 1,76 = 1,75 \Omega \\ R_Q = 0,1 \times 1,75 = 0,175 \Omega \end{array} \right\} Z_1 = 1,75 + j 0,175$$

Επομένως

$$I_{k3p\max} = \frac{1,1 \times 20000 / \sqrt{3}}{\sqrt{1,75^2 + 0,175^2}} \Rightarrow I_{k3p\max} = 7230,66 \text{ A}$$

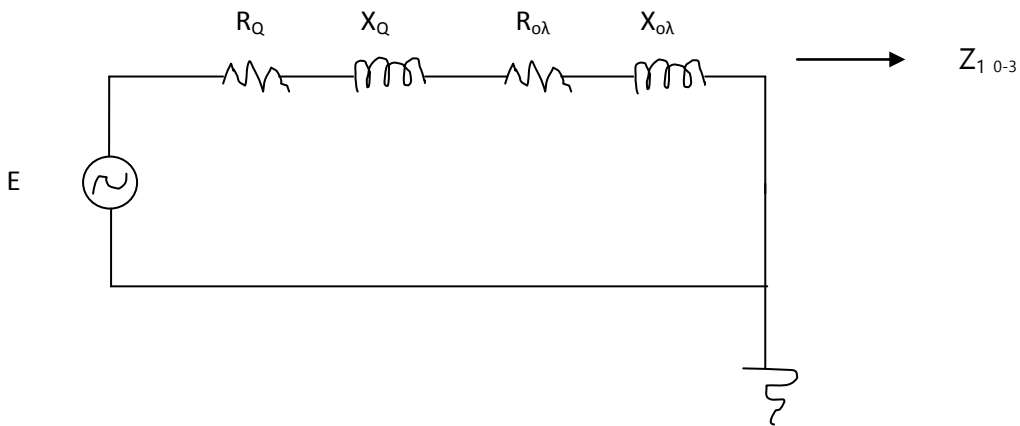
Κύκλωμα θετικής ακολουθίας για μέγιστο τριφασικό βραχυκύκλωμα



3.1.1 Υπολογισμός ελάχιστου τριπολικού βραχυκυκλώματος.

$$I_{k3pmin} = \frac{1,1 \times 20000 / \sqrt{3}}{\sqrt{(0,175+1,578)^2 + (1,75+1,79)^2}} \Rightarrow I_{k3pmin} = 3219,21A$$

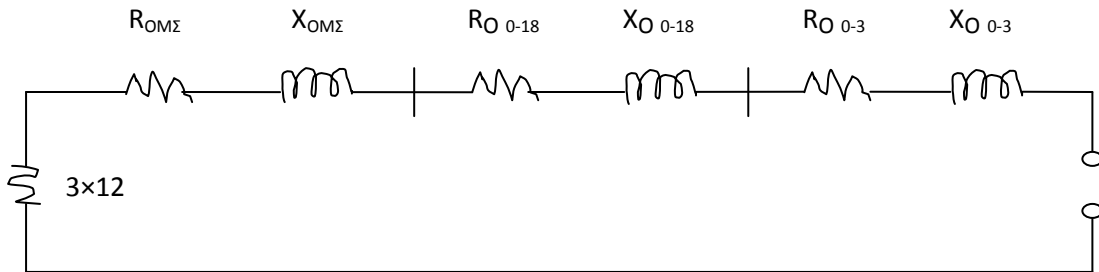
Κύκλωμα θετικής ακολουθίας για ελάχιστο τριφασικό βραχυκύκλωμα



$$Z_{1 0-3} = (0,175+1,578) + j (1,75+1,79) \Rightarrow Z_{1 0-3} = 1,753 + j 3,54$$

3.2 Υπολογισμός ελάχιστου μονοπολικού βραχυκυκλώματος.

Ομοπολικό κύκλωμα για ελάχιστο μονοφασικό βραχυκύκλωμα



$$R_{0M\Sigma} = R_{M\Sigma}$$

$$X_{0M\Sigma} = X_{M\Sigma}$$

$$Z_{M\Sigma} = V_k \frac{Vn^2}{Sn} \Rightarrow Z_{M\Sigma} = 0,15 \frac{20000^2}{70 \times 10^6} \Rightarrow Z_{M\Sigma} = \frac{6}{7} \Rightarrow Z_{M\Sigma} = 0,857\Omega$$

$$R_{M\Sigma} = P_k \frac{Vn^2}{Sn^2} \Rightarrow R_{M\Sigma} = 400 \times 10^3 \frac{20000^2}{(70 \times 10^6)^2} \Rightarrow R_{M\Sigma} = 0,032\Omega$$

$$X_{M\Sigma} = \sqrt{Z_{M\Sigma}^2 + R_{M\Sigma}^2} \Rightarrow X_{M\Sigma} = 0,856\Omega$$

$$R_{O\ 0-18} = 4,848 \times 0,215 \Rightarrow R_{O\ 0-18} = 1,04\Omega$$

$$X_{O\ 0-18} = 4,848 \times 0,334 \Rightarrow X_{O\ 0-18} = 1,62\Omega$$

$$R_{O\ 0-3} = 0,423 \times 1,268 \Rightarrow R_{O\ 0-18} = 0,536\Omega$$

$$X_{O\ 0-3} = 0,423 \times 0,422 \Rightarrow X_{O\ 0-18} = 0,178\Omega$$

$$R_O = 3,3 \times 1,578 \Rightarrow R_O = 5,2\Omega$$

$$X_O = 3,3 \times 1,79 \Rightarrow X_O = 5,9\Omega$$

Επομένως

$$Z_O = (R_{0M\Sigma} + R_O + 36) + j (X_{M\Sigma} + X_O) \Rightarrow Z_O = (0,032 + 5,2 + 36) + j (0,856 + 5,9) \Rightarrow$$

$$Z_O = 41,23 + j 6,756\Omega$$

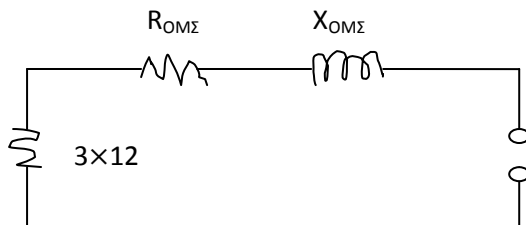
$$I_{k1pmin} = \frac{3 \times \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3}}}{|2Z_{10-3} + Z_{00-3}|} \Rightarrow$$

$$I_{k1pmin} = \frac{3,3 \times 20000 / \sqrt{3}}{\sqrt{(2 \times 1,753 + 36 + R_{OM\Sigma} + R_O)^2 + (2 \times 3,54 + X_{M\Sigma} + X_O)^2}} \Rightarrow$$

$$I_{k1pmin} = \frac{38105,12}{\sqrt{(44,73)^2 + (13,836)^2}} \Rightarrow I_{k1pmin} = \frac{38105,12}{46,821} \Rightarrow I_{k1pmin} = 813,84A$$

3.2.1 Υπολογισμός μέγιστου μονοπολικού βραχυκυκλώματος.

Ομοπολικό κύκλωμα για μέγιστο μονοφασικό βραχυκύκλωμα



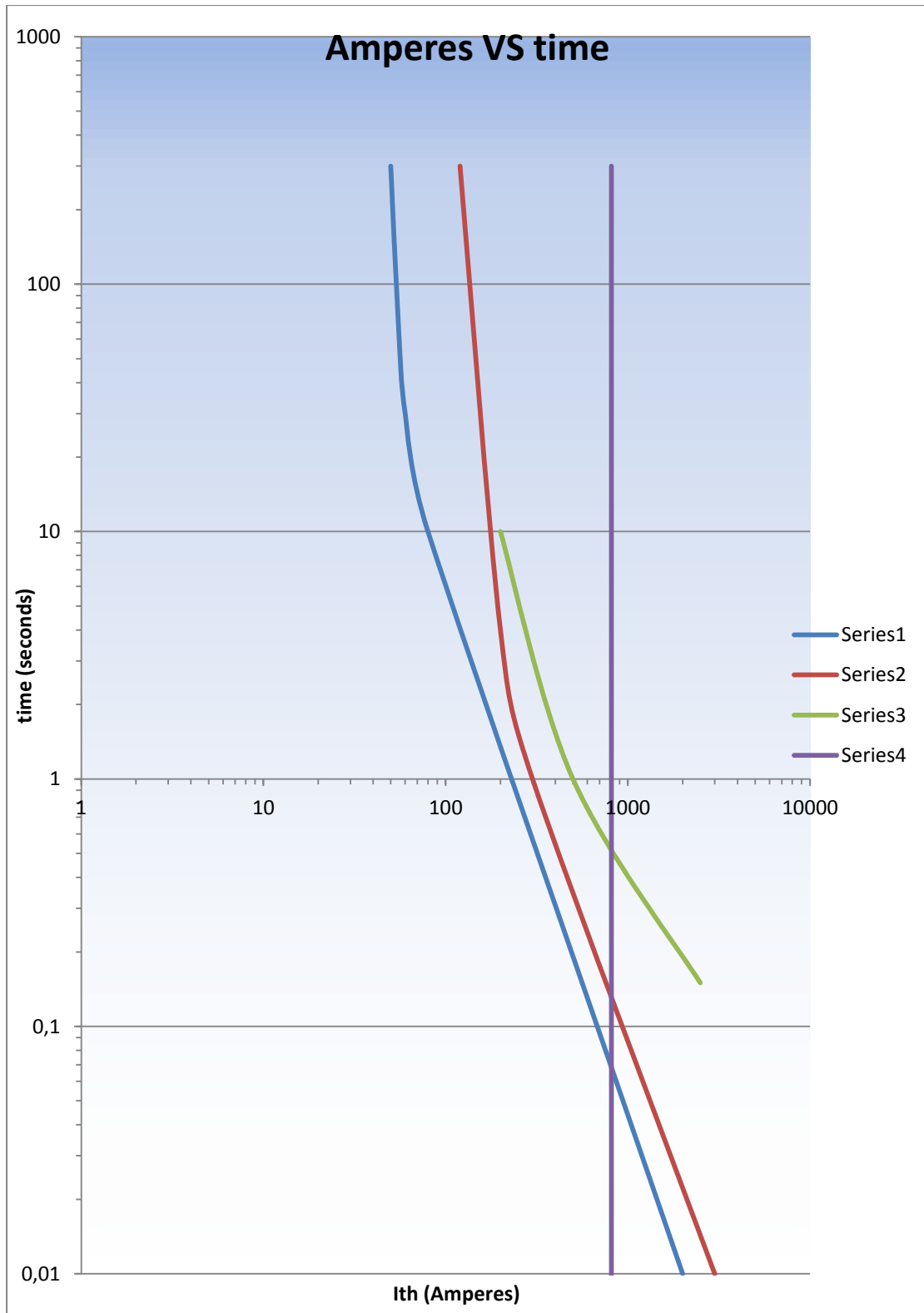
$$Z_O = (36 + R_{OM\Sigma}) + j X_{OM\Sigma} \Rightarrow Z_O = 36,032 + j 0,856 \Omega$$

$$I_{k1pmax} = \frac{3 \times \frac{1,1 \times 20000}{\sqrt{3}}}{\sqrt{(2 \times 1,75 + 36 + R_{OM\Sigma})^2 + (2 \times 3,54 + X_{M\Sigma})^2}} \Rightarrow$$

$$I_{k1pmax} = \frac{3,3 \times 20000 / \sqrt{3}}{\sqrt{(2 \times 1,75 + 36 + 0,032)^2 + (2 \times 3,54 + 0,856)^2}} \Rightarrow$$

$$I_{k1pmax} = \frac{66000}{39,55} \Rightarrow I_{k1pmax} = 1668,77A$$

3.3 Παράθεση των ασφαλειών που θα χρησιμοποιήσουμε.



Στο παραπάνω σχεδιάγραμμα παρατηρούμε τις ασφάλειες που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε βάσει των υπολογισμών, οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν.

- ❖ Με την μπλέ γραμμή έχουμε συμβολίσει την χαρακτηριστική της ασφάλειας εκτόνωσης βραδείας τήξεως 40K.
- ❖ Με την κόκκινη γραμμή έχουμε συμβολίσει την χαρακτηριστική της ασφάλειας εκτόνωσης ταχείας τήξης 30T
- ❖ Με την πράσινη γραμμή έχουμε συμβολίσει την χαρακτηριστική του recloser
- ❖ Και, τέλος, η μωβ γραμμή είναι η τιμή του ελάχιστου μονοφασικού βραχυκυκλώματος.

Από το σχεδιάγραμμα αυτό, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στην περίπτωση του ελάχιστου μονοφασικού βραχυκυκλώματος, πρώτα θα ανοίξει σε λιγότερο από 0,1 seconds, η 25T, μετά θα ανοίξει η 65K σε χρόνο λίγο περισσότερο από 0,1 seconds και τέλος, θα ανοίξει ο recloser σε χρόνο λίγο λιγότερο από 1 second.

Παρακάτω θα δούμε μία ασφάλεια σκόνης.



Εικόνα 3

Και εδώ θα δούμε μία ασφάλεια τήξεως.



εικόνα 4

Κεφάλαιο 4^ο

4.1 Ασφάλειες MT

Η χρήση των ασφαλειών MT γίνεται για να προστατεύσουν ένα κύκλωμα MT όταν σε αυτό υπάρχει υπερφόρτιση ή βραχυκύκλωμα που διαρκεί κάποια ώρα. Οι ασφάλειες Μέσης Τάσης χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες:

- 1) Ασφάλειες Σκόνεως
- 2) Ασφάλειες Εκτόνωσης

4.1.1 Ασφάλειες Σκόνεως

Οι ασφάλειες σκόνης πρωτίστως διακόπτουν ένα κύκλωμα όταν σε αυτό υπάρχει βραχυκύκλωμα αλλά και υπερφόρτιση που διαρκεί κάποια ώρα. Αποτελούνται από ένα πορσελάνινο κύλινδρο μέσα στον οποίο υπάρχει τηκτό και σκόνη χαλαζία. Το τηκτό (άργυρος ή κράματά του), είναι τυλιγμένο γύρω από ένα κεραμικό υλικό. Η σκόνη βρίσκεται γύρω από τον κεραμικό κύλινδρο και σκεπάζει το τηκτό. Οι ασφάλειες αυτές μειώνουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης εξαιτίας της σκόνης χαλαζία. Η σκόνη βοηθά στην σβέση του τόξου, που δημιουργείται με την τήξη του αγωγού, λόγω της ψυκτικής της ικανότητας. Παράλληλα όμως δημιουργείται και μια μεγάλη αντίσταση με αποτέλεσμα τη μείωση του ρεύματος βραχυκύκλωσης. Έτσι στην πραγματικότητα το ρεύμα αυτό παίρνει χαμηλότερη τιμή από αυτή που είχε υπολογιστεί αρχικά με αποτέλεσμα να υπάρχει μια επιπλέον προστασία του εξοπλισμού σε μια Ηλεκτρική Εγκατάσταση. Η ασφάλεια αυτή χρησιμοποιείται σε ΕΗΕ και είναι ακριβότερη από την ασφάλεια εκτόνωσης.

4.1.2 Ασφάλειες Εκτόνωσης

Οι ασφάλειες εκτόνωσης αρχικά διακρίνονται σε **α)** ασφάλειες εκτόνωσης βραδείας τήξης (T) και **β)** ασφάλειες εκτόνωσης ταχείας τήξης (K). Αποτελούνται από ένα μονωτικό κυλινδρικό σωλήνα, στον οποίο βρίσκεται ένας αγωγός (τηκτό). Το τηκτό είναι τανυσμένο με ελατήριο ενώ ο σωλήνας είναι ανοιχτός πάνω-κάτω. Στο εσωτερικό κομμάτι του κυλινδρικού σωλήνα υπάρχει ένα στρώμα από βορικό οξύ. Σε περιπτώσεις σφάλματος, κατά την τήξη του αγωγού, το στρώμα του βορικού οξέος βοηθάει στην σβέση του ηλεκτρικού τόξου που δημιουργείται. Κατά τη διαδικασία αυτή, το τόξο αυτό έρχεται σε επαφή με το βορικό οξύ δημιουργώντας ατμούς, οι οποίοι το ψύχουν και βοηθούν ώστε σταδιακά να σβήσει. Ωστόσο, στην διάρκεια της σβέσης, αναδύονται από τον ανοιχτό σωλήνα τοξικά αέρια γύρω από την ασφάλεια. Αυτό καθιστά απαγορευτική τη χρήση τέτοιων ασφαλειών σε κλειστούς χώρους, μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν χωρίς πρόβλημα σε εξωτερικούς χώρους. Άλλωστε, εξαιτίας της μειωμένης τους τιμής σε σχέση με τις ασφάλειες σκόνης, προτιμούνται σε υπαίθριες εγκαταστάσεις. Σε αντίθεση με τις ασφάλειες σκόνης, οι ασφάλειες εκτόνωσης δεν μειώνουν το ρεύμα βραχυκύκλωσης. Επιπλέον, σε συνδυασμό με την βάση που έχουν τοποθετηθεί, έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν και ως αποζεύκτες (ασφαλειοαποζεύκτες).

4.2 Διακόπτες Μέσης Τάσης

Οι διακόπτες έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται αλλαγή όπως μια ασφάλεια, της οποίας η διάρκεια ζωής μετρείται σε κύκλους μηχανικής λειτουργίας. Επιπλέον εξαρτάται και από το είδος τους. Ανάλογα με τα ρεύματα που μπορούν να διακόψουν, οι διακόπτες ΜΤ διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- 1) Αποζεύκτες και Γειωτές
- 2) Διακόπτες Φορτίου
- 3) Διακόπτες Ισχύος
- 4) Διακόπτες Απομόνωσης

4.2.1 Αποζεύκτες και Γειωτές

Οι αποζεύκτες και οι γειωτές, έχουν τη δυνατότητα να ανοίγουν και κλείνουν το κύκλωμα όποτε αυτό διαρρέεται από ελάχιστο ρεύμα ή όποτε υπάρχει μηδενική τάση. Οι αποζεύκτες βεβαίως αδυνατούν να διακόψουν ή να αποκαταστήσουν ικανοποιητική ποσότητα ρεύματος. Ωστόσο, οι διατάξεις τους έχουν ορατές επαφές που χρησιμοποιούνται σε μια εγκατάσταση με σκοπό να εξασφαλίζει τη δυνατότητα παρακολούθησης εξ αποστάσεως και τη βεβαιότητα ότι η εγκατάσταση είναι υπό τάση ή εκτός ανά πάσα στιγμή. Με τους αποζεύκτες δηλαδή μπορεί να απομονωθεί ένα μέρος της εγκατάσταση από την υπόλοιπη, χωρίς αυτό να εμποδίζει τη δεύτερη να τεθεί πάλι υπό τάση.

Στην περίπτωση βέβαια που υπάρχει τάση 20 kV στην πλευρά που πραγματοποιήθηκε η διακοπή, είναι δυνατό να επαχθεί τάση στο τμήμα που έχει υποστεί απομόνωση. Η τάση αυτή είναι ικανή να πάρει τιμή επικίνδυνη για κάποιον που εργάζεται στο απομονωμένο τμήμα. Για το λόγο αυτό, αφού ανοίξουν οι αποζεύκτες και απομονώσουν ένα τμήμα, κλείνουν οι γειωτές οι οποίοι γείωναν το τμήμα αυτό με την γη. Έτσι μπορούν να πραγματοποιηθούν κάποιες εργασίες με μεγάλη ασφάλεια. Οι αποζεύκτες προορίζονται ώστε να αντέχουν στα ρεύματα σφαλμάτων όταν είναι κλειστοί αλλά και στις υπερτάσεις που πιθανόν να προκύψουν ενώ αυτοί είναι ανοιχτοί.

Σημαντικό είναι επίσης να μανδαλώνονται οι αποζεύκτες και οι γειωτές με τους διακόπτες φορτίου ή ισχύος με αποτέλεσμα, να ανοίγει πρώτα ο διακόπτης και εν συνεχεία ο αποζεύκτης και ο γειωτής αν θέλουμε να διακόψουμε την τροφοδοσία ενός τμήματος, ή να ανοίγει ο γειωτής και να κλείνουν ο αποζεύκτης και ο διακόπτης αν θέλουμε να τροφοδοτήσουμε εκ νέου ένα τμήμα. Σε περίπτωση που δεν ακολουθείται αυτή η σειρά, δημιουργείται μεγάλο ηλεκτρικό τόξο με επικίνδυνες συνέπειες για την εγκατάσταση.

4.2.2 Διακόπτες Φορτίου

Οι διακόπτες φορτίου έχουν τη δυνατότητα να ανοίγουν και να κλείνουν τις επαφές τους κάθε φορά που διαρρέονται από ονομαστικά αλλά και από μηδενικά ρεύματα. Όταν αυτοί ανοίξουν ή κλείσουν ένα διακόπτη, σε κανονικές συνθήκες δημιουργείται ένα τόξο που πρέπει να ψυχθεί και να σβήσει, διαδικασίες που πραγματοποιούνται και με τη βοήθεια του θάλαμου σβέσης. Αναλόγως του μέσου που χρησιμοποιείται για τη σβέση του τόξου, οι ΔΦ διακρίνονται σε α) Διακόπτες

αέρα, **β)** Διακόπτες με μονωτικά τοιχώματα, **γ)** Διακόπτης αερίου SF₆ (εξαφθοριούχου θείου) και **δ)** Διακόπτες Κενού.

Οι ΔΦ μπορεί να έχουν ορατές επαφές αλλά στην περίπτωση που αυτές απουσιάζουν, θα πρέπει να εγκατασταθεί και αποζεύκτης που να είναι μανδαλωμένος με τον Διακόπτη. Οι ΔΦ μπορούν να τοποθετηθούν τόσο σε εξωτερικό όσο και σε εσωτερικό χώρο. Ωστόσο, οι ΔΦ δεν παρέχουν προστασία σε συνθήκες σφάλματος καθώς ο χειρισμός τους πραγματοποιείται μόνο σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται συνδυαστικά με ασφάλειες (ασφαλειοδιακόπτης φορτίου).

4.2.3 Διακόπτες Ισχύος

Οι διακόπτες Ισχύος ή αλλιώς αυτόματοι διακόπτες, λειτουργούν σε ονομαστικά, μηδενικά και ρεύματα που εμφανίζονται σε βραχυκυκλώματα. Οι ΔΙ εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου διακρίνονται σε **α)** Διακόπτες πτωχού ελαίου, **β)** Διακόπτες αερίου SF₆ και **γ)** Διακόπτες Κενού. Η διάκριση αυτή αφορά στο μέσο που χρησιμοποιείται για τη σβέση του ηλεκτρικού τόξου. Κυρίως γίνεται χρήση της πρώτης κατηγορίας καθώς έχουν εξελιχθεί και πλέον η ποσότητα του λαδιού που χρησιμοποιούν σήμερα έχει μειωθεί στο $\frac{1}{3}$ σε σχέση με παλιότερους διακόπτες. Στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. συναντώνται συνήθως στην αναχώρηση της γραμμής ΜΤ με την ονομασία Ελαιοδιακόπτες (Ε/Δ).

Σε περιπτώσεις σφάλματος, οι ΔΙ μπορούν να ανοίξουν και να κλείσουν είτε όταν διεγείρονται από το θερμικό ή το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο του διακόπτη (πρωτογενής προστασία), είτε παίρνοντας εντολή από έναν ΗΝ υπερέντασης (δευτερογενής προστασία). Ας σημειωθεί στο σημείο αυτό, ότι οι ηλεκτρονόμοι (ΗΝ) είναι διατάξεις που προστατεύουν έναν διακόπτη ή ένα κύκλωμα από σφάλματα. Στην πρωτογενή προστασία, το θερμικό στοιχείο είναι ένα έλασμα που θερμαίνεται με αργό ρυθμό, εξαιτίας κάποιας μικρής αύξησης του ρεύματος, και αφού μαλακώσει ανοίγει ο ΔΙ. Το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο λειτουργεί σε περίπτωση απότομης αύξησης του ρεύματος, πολλαπλάσιας του ονομαστικού του διακόπτη, ανοίγοντας αυτομάτως τον διακόπτη. Από την άλλη, οι ΔΙ με δευτερογενή προστασία συνεργάζονται καλύτερα με τα μέσα της Δ.Ε.Η. ωστόσο είναι ακριβότεροι.

Οι ΔΙ δεν έχουν ορατές επαφές και έτσι θα πρέπει να τοποθετείται σε κάθε περίπτωση ένας αποζεύκτης που να μανδαλώνεται με τον ΔΙ. Η χρήση αποζεύκτη σαφώς συνιστά προσοχή και θα πρέπει να μην παραλείπονται οι χειρισμοί με τη σωστή σειρά όπως προαναφέρθηκαν στο 1), ενώ σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, κατά το οποίο θα ανοίξει ο ΔΙ, θα πρέπει να γίνεται έλεγχος του διακόπτη σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

4.2.4 Διακόπτες Απομόνωσης

Οι διακόπτες απομόνωσης (ΔΑ) ή αλλιώς Sectionalizer, ανοίγουν και κλείνουν τη στιγμή που διαρρέονται από ονομαστικό ρεύμα, εν τούτοις δεν μπορούν να ανοίξουν σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Η διαφορά από έναν ΔΦ συνίσταται στο ότι ο ΔΑ μπορεί να αντιλαμβάνεται και να θυμάται μια υπερένταση λόγω βραχυκυκλώματος αλλά και την επερχόμενη διακοπή. Ο ΔΑ συνεργάζεται με έναν ΔΙ και συγκεκριμένα με τους κύκλους επαναφοράς που εκτελούνται με την βοήθεια του ΗΝ.

Στους ΔΑ μπορούν να πραγματοποιηθούν ρυθμίσεις που αφορούν **α)** στον αριθμό των ζευγών «υπερέντασης – διακοπής» (δηλαδή τα ζεύγη «υπερέντασης – διακοπής» που θα μετρήσει ο ΔΑ και ακολούθως θα ανοίξει. Η ρύθμιση μπορεί να πάρει τιμή 1,2,3), **β)** στο χρόνο μνήμης σε sec (ο ΔΑ μπορεί να «θυμάται» για κάποιο χρονικό διάστημα την κατάσταση λειτουργίας του), **γ)** στο χρόνο επαναφορά σε sec (απαιτείται διαγραφή καταμετρήσεων και επαναφορά αρχικής κατάστασης μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα), **δ)** στο χρόνο ανοίγματος σε κύκλους (χρονικό διάστημα ώσπου να μετρηθεί ο αριθμός ζευγών που έχει ρυθμιστεί και να ανοίξει ο ΔΑ) και **ε)** στο ρεύμα ζεύξης (ρεύμα πολλαπλάσιο του ονομαστικού ρεύματος του διακόπτη, που ενδείνεται σε περίπτωση ύπαρξης μετασχηματιστή, το οποίο δεν αποτελεί σφάλμα και υπάρχει ρύθμιση ώστε να παραβλέπεται για κάποιο χρονικό διάστημα. Υπάρχει επιπλέον η δυνατότητα να ρυθμιστεί και η τιμή του ρεύματος που θα θεωρηθεί ως σφάλμα από τον διακόπτη, μία ρύθμιση για τα σφάλματα γης και μία για τα σφάλματα μεταξύ φάσεων. Η ρύθμιση της έντασης γίνεται με βηματικές αντιστάσεις που τοποθετούνται στην ηλεκτρονική πλακέτα του ΔΑ ενώ υπάρχουν πίνακες που υποδεικνύουν το κατάλληλο μέγεθος της αντίστασης ώστε να επιτευχθεί η ρύθμιση του ρεύματος σφάλματος στην εκάστοτε επιθυμητή τιμή).

4.3 Επιλεκτική Συνέργασία

Με τον όρο επιλεκτική συνεργασία, σηματοδοτείται η διαδικασία κατά την οποία οι χρόνοι διέγερσης των ΜΤ για ενδεχόμενα ρεύματα σφάλματος μειώνονται από τον τροφοδότη στον καταναλωτή. Ας σημειωθεί εδώ ότι επιβάλλεται, σύμφωνα με τους κανονισμούς, να διαφέρουν μεταξύ τους οι χρόνοι διέγερσης τουλάχιστον κατά 0,4 sec. Η επιλεκτική συνεργασία πραγματοποιεί τη γρήγορη παρεμβολή του πιο κοντινού, στο σφάλμα, μέσου προστασίας και τη διακοπή του μικρότερου τμήματος της γραμμής της εγκατάστασης, εκεί όπου βρίσκεται το σφάλμα. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η προστασία του καταναλωτή και του εργαζόμενου από ηλεκτροπληξία, χωρίς να καταπονείται το υπόλοιπο τμήμα της εγκατάστασης, το οποίο θα συνεχίζει να βρίσκεται υπό τάση κανονικά.

Κατά την μελέτη μιας νέας εγκατάστασης και για να επιτευχθεί επιλεκτική προστασία, είναι απαραίτητοι οι έλεγχοι των χαρακτηριστικών έντασης – χρόνου των μέσων προστασίας από την αναχώρηση της γραμμής ως και την κατανάλωση. Έτσι, όλες οι χαρακτηριστικές έντασης-χρόνου αυτών των μέσων προστασίας απεικονίζονται σε ένα κοινό διάγραμμα έντασης-χρόνου (διάγραμμα αλληλουχίας). Η επιλεκτική συνεργασία έχει πραγματοποιηθεί μόνο εφόσον διαπιστωθεί ότι, στην περιοχή ρευμάτων που μας ενδιαφέρει, η χαρακτηριστική έντασης-χρόνου του μέσου στην αναχώρηση της γραμμής είναι υψηλότερη από τις χαρακτηριστικές των μέσων προστασίας, κατά μήκος της γραμμής και της εγκατάστασης.

Δεν πρέπει να ξεχνάμε, επίσης, ότι οι γραμμές ΜΤ είναι ικανές να μεταφέρουν μέχρι μια συγκεκριμένη ένταση ρεύματος, η οποία εξαρτάται από την διατομή των γραμμών που θα χρησιμοποιηθούν, είτε σε εναέρια (εναέριες γραμμές ΜΤ) είτε σε υπόγεια δίκτυα (καλώδια ΜΤ). Η καταπόνηση που προκύπτει, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να επιφέρει την καταστροφή των γραμμών, εξαρτάται άμεσα από την υπερφόρτιση των γραμμών και τη διάρκειά της. Ως μέτρο πρόληψης του φαινομένου μπορούν να αναφερθούν οι καμπύλες έντασης-χρόνου αντοχής των καλωδίων, οι οποίες επιβάλλεται να βρίσκονται πάνω από όλες τις καμπύλες των μέσων προστασίας και εν ολίγοις, το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διαπερνά τις γραμμές να είναι μικρότερο από το μέγιστο ρεύμα που αυτές αντέχουν.

Η Δ.Ε.Η. βεβαίως, όταν θέλει να προβεί σε μία νέα εγκατάσταση, έχει τυποήσει, για δική της διευκόλυνση, τις παροχές της ΜΤ βασισμένη στην Ισχύ του καταναλωτή και στον τρόπο τροφοδότησής του, πράγμα που με τη σειρά του έχει τυποήσει και τα μέσα προστασίας, τα οποία είναι κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν. Ωστόσο τα παραπάνω δεν εγγυόνται την επιλεκτική προστασία και για το λόγο αυτό οι έλεγχοι είναι κι εδώ απαραίτητοι.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η επίτευξη επιλεκτικής συνεργασίας είναι καταρχήν δύσκολη, κυρίως όσον αφορά στην συνεργασία ασφαλειών του καταναλωτή και της Δ.Ε.Η. Αυτό οφείλεται και στο γεγονός ότι μία ασφάλεια χαμηλότερης ονομαστικής έντασης μπορεί να καεί βραδύτερα από μία άλλη υψηλότερης ενός άλλου κατασκευαστή εξαιτίας της διαφορετικής χαρακτηριστικής της ή ακόμα, μια ασφάλεια να μην ακολουθεί την χαρακτηριστική έντασης – χρόνου μετά από αρκετό καιρό χρήσης. Εν τούτοις, αναλόγως τον κατασκευαστή, είναι δυνατό να παρατηρούνται και διαφορές στις ασφάλειες ακόμα και της ίδιας ονομαστικής έντασης, λόγω διαφορετικής χαρακτηριστικής. Σε κάθε περίπτωση πάντως η ασφάλεια του καταναλωτή θα πρέπει να είναι πιο πάνω από αυτήν της Δ.Ε.Η. ώστε να καεί πρώτα η ασφάλεια της εταιρείας.

4.4 Μέσα Προστασίας Δ.Ε.Η.

Με βάση το είδος του δικτύου ΜΤ που καλείται να καλύψει, η Δ.Ε.Η. χρησιμοποιεί μέσα προστασίας με διαφορετικές ρυθμίσεις και λειτουργίες. Τα δίκτυα της Δ.Ε.Η μπορεί να είναι:

- 1) Εναέρια Δίκτυα
- 2) Υπόγεια Δίκτυα

4.4.1 Για εναέρια δίκτυα Μέσης Τάσης

Τα εναέρια δίκτυα έχουν καταρχήν χαμηλότερο κόστος από τα υπόγεια. Η εναέρια γραμμή ΜΤ ξεκινάει από τους ζυγούς 20 kV, που βρίσκεται σε υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ, $150 \text{ kV} / 20 \text{ kV}$. Χαρακτηριστικά αυτών είναι ο κορμός (προστατεύεται με έναν ή περισσότερους αυτόματους διακόπτες), οι διακλαδώσεις και οι υποδιακλαδώσεις.

Ο κορμός προστατεύεται στην αναχώρηση του με έναν ΔΙ με κύκλους επαναφοράς (διακόπτης αναχώρησης). Σε περίπτωση που ο διακόπτης αναχώρησης είναι πτωχού ελαίου, ονομάζεται και ελαιοδιακόπτης (Ε/Δ). Λόγω της αδυναμίας του διακόπτη αναχώρησης να αντιλαμβάνεται τα σφάλματα στο τέλος μεγάλων γραμμών, υπάρχει σε κάποιο τμήμα της γραμμής, έξω από τον υποσταθμό και ένας ΔΙ με κύκλους επαναφοράς και δοχείο λαδιού (Διακόπτης Αυτόματης Επαναφοράς). Σε περιπτώσεις σφάλματος, δεν υπάρχει αντίκτυπο στους καταναλωτές καθώς με τον Δ/ΑΕ γίνεται λειτουργικός διαχωρισμός της γραμμής. Τόσο ο Ε/Δ όσο και ο Δ/ΑΕ χαρακτηρίζονται και ως Recloser.

Στις διακλαδώσεις η Δ.Ε.Η συνδυάζει μία ασφάλεια είτε με ασφαλειοαποζεύκτες (ΑΖ) είτε με διακόπτες απομόνωσης (ΔΑ) ή διακόπτες φορτίου (ΔΦ). Οι ασφαλειοαποζεύκτες χρησιμοποιούνται για φορτία κατανάλωσης που καλύπτονται με ασφάλειες ως 30Α και έχουν ασφάλειες εκτόνωσης με τηκτό βραδείας τήξης (Τ). Όταν πριν από την ασφάλεια υπάρχει ένας Δ/ΑΕ η ασφάλεια είναι 20Α ή 15Α, ώστε να υπάρχει επιλεκτική συνεργασία.

Ωστόσο αν το φορτίο της κατανάλωσης δεν καλύπτεται από τις ασφάλειες ως 30Α, επιλέγεται ως μέσο προστασίας ένας ΔΑ ή ΔΦ. Η επιλογή του ΔΦ απαιτεί επιπλέον και τη χρήση ασφάλειας σκόνεως μέγιστης έντασης 40Α, για την προστασία σε περίπτωση σφάλματος.

4.4.2 Για υπόγεια δίκτυα Μέσης Τάσης

Τα υπόγεια δίκτυα διανομής ηλεκτρισμού, επιλέγονται από την Δ.Ε.Η. για να τροφοδοτήσουν καταναλωτές πυκνοκατοικημένων περιοχών και αυτό γιατί είναι πιο ασφαλή και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, δεδομένου ότι δεν επηρεάζονται από τις εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος. Επιλέγονται ακόμα και για περιοχές με ιδιαίτερο αρχαιολογικό και τουριστικό ενδιαφέρον, ώστε να αποφεύγεται η εμπλοκή του φυσικού περιβάλλοντος της περιοχής με τα εναέρια καλώδια μέσης ή χαμηλής τάσης, επιρεάζοντας το τοπίο. Βεβαίως, η κατασκευή υπόγειων δικτύων διανομής κοστίζει περισσότερο. Αναλόγως του μεγέθους του ΜΣ $20/0,4$ kV που υπάρχει στους Υποσταθμούς ΜΤ/ΧΤ, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. στην **Y1**, στην οποία υπάρχουν υποσταθμοί διανομής με ΜΣ 1000kVA ή 2×630 kVA.
2. στην **Y2**, στην οποία υπάρχουν υποσταθμοί διανομής με ΜΣ 630kVA.

Υπάρχουν σαφώς και περιπτώσεις στις οποίες μια γραμμή δεν είναι αποκλειστικά υπόγεια αλλά σε κάποια τμήματά της είναι εναέρια (μικτό δίκτυο). Τα μέσα προστασίας θα πρέπει να μπορούν να συνεργαστούν με τους ΗΝ και τα μέσα προστασίας του ελαιοδιακόπτη (Ε/Δ) στην αναχώρηση της γραμμής 20 kV στον ΥΣ 150 kV / 20 kV. Έτσι, οι παραπάνω κατηγορίες με τη σειρά τους διαιρούνται σε δύο υποκατηγορίες:

- 1) στα Αμιγή Υπόγεια Δίκτυα Y1 και Y2
- 2) στα Μικτά Υπόγεια Δίκτυα Y1 και Y2

1) Στα Αμιγή υπόγεια δίκτυα Y1, συγκαταλέγονται εκείνα με ΥΣ διανομής ισχύος 1000 kVA ή 2×630 kVA. Εδώ χρησιμοποιείται σαν μέσο προστασίας στην πλευρά της ΜΤ του ΜΣ $20/0,4$ kV ασφάλεια σκόνης με ονομαστική ένταση 63Α, δηλαδή, δεν τήκεται κατά την ζεύξη του ΜΣ ενώ παρέχεται προστασία από βραχυκυκλώματα στους ζυγούς ΧΤ του ΜΣ. Όταν υπάρχουν ΜΣ 2×630 kVA με κοινή ασφάλεια, δεν είναι απαραίτητος ο παραλληλισμός ΜΣ στην ΧΤ.

Σε ΕΔ, η επιλεκτική συνεργασία των ΗΝ γης, που χρησιμοποιούνται στους υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ με την ασφάλεια σκόνης 63Α, είναι το κυριότερο μέλημα. Ωστόσο δεν είναι εφικτή η τυποποίηση της προστασίας λόγω των μικροδιαφορών των ΗΝ και των χαρακτηριστικών έντασης-χρόνου ΗΝ, που οφείλονται στους κατασκευαστές. Έτσι δημιουργείται ένα όριο μεταξύ των ασφαλειών ΜΤ και ΗΝ γης. Το φαινόμενο αυτό δεν παρατηρείται στους ΗΝ φάσεων καθώς στους ΕΔ έχουν ρυθμιστεί για ισχυρότερα ρεύματα.

Στα Αμιγή υπόγεια δίκτυα Y2, συγκαταλέγονται εκείνα με ΜΣ 630kVA. Εδώ χρησιμοποιείται σαν μέσο προστασίας ασφάλεια σκόνης με ονομαστική ένταση 40 Α. Σε περίπτωση που απαιτείται αύξηση της ισχύος του υποσταθμού, είναι αναγκαία η τοποθέτηση και δεύτερης κυψέλης για τον δεύτερο ΜΣ, ενώ ταυτόχρονα απαγορεύεται ο παραλληλισμός των ΜΣ στην ΧΤ.

Σε ΕΔ που προστατεύονται με ΗΝ γης εξαιρετικά αντίστροφου χρόνου, έχουμε ρύθμιση 80Α – 0,7sec και συνεργάζονται με ασφάλειες των 40Α. Αν η προστασία επιτυγχάνεται με ΗΝ σταθερού χρόνου έχουμε ρύθμιση 160Α – 1sec.

Σε υπόγεια δίκτυα Y1 και Y2, απουσιάζει η δυνατότητα αυτόματης επαναφοράς στον ΕΔ του υποσταθμού. Αυτό οφείλεται πρώτον, στο ότι δεν υφίσταται ο κίνδυνος του κεραυνού σε υπόγεια καλώδια και δεύτερον, στο ότι σε αυτά δημιουργείται ένα σύστημα γειώσεων με ελάχιστες τιμές αντίστασης και έτσι δεν απαιτείται προστασία των ουδετερωμένων καταναλωτών από τάσεις επαφής λόγω υπερηγήσεων στα μεταλλικά μέρη του υποσταθμού.

2) Αντιθέτως, στα μικτά δίκτυα είναι απαραίτητη η ύπαρξη αυτόματης επαναφοράς στον ΕΔ και στοιχείου στιγμιαίας λειτουργίας (ΣΛ). Εδώ είναι εφικτή η επιλεκτική συνεργασία με μία ασφάλεια, μόνο όμως σε περιπτώσεις με μικρές εντάσεις σφάλματος. Όταν μια γραμμή είναι υπόγεια αλλά και εναέρια σε κάποια σημεία και οι διακλαδώσεις προστατεύονται με ασφάλειες ή διακόπτη απομόνωσης (ΔΑ), είναι πολύ σημαντική η προστασία των καταναλωτών από τάσεις επαφής και λαμβάνεται υπόψη αντίσταση γείωσης των ΥΣ $M_T/X_T 2\Omega$. Στα εναέρια τμήματα του δικτύου μπορεί να συμβούν παροδικά σφάλματα, πράγμα που δεν παρατηρείται σε αμιγή δίκτυα. Τα μεγέθη όλων των δικτύων είναι μικρά, οπότε τα ρεύματα σε περίπτωση σφάλματος είναι μεγάλα και επομένως επιβάλλεται η ελαχιστοποίηση των καταπονήσεων των δικτύων.

Τα μικτά υπόγεια δίκτυα Y1 διακρίνονται βάσει του μέσου προστασίας που χρησιμοποιείται στις διακλαδώσεις των εναέριων τμημάτων του δικτύου σε:

2α.i) Y1 A: Οι διακλαδώσεις των ΕΔ προστατεύονται με ασφαλειοαποζεύκτη (AZ)

2α.ii) Y1 B: Οι διακλαδώσεις των ΕΔ προστατεύονται με AZ και ΔΑ

Ομοιοτρόπως, τα μικτά υπόγεια δίκτυα Y2 διακρίνονται σε:

2β.i) Y2 A: Οι διακλαδώσεις των ΕΔ προστατεύονται με AZ.

2β.ii) Y2 B: Οι διακλαδώσεις των ΕΔ προστατεύονται με AZ και ΔΑ.

4.5 Διακόπτες Αυτόματης Επαναφοράς

Οι Διακόπτες Αυτόματης Επαναφοράς έχουν ήδη αναφερθεί παραπάνω, στα εναέρια δίκτυα διανομής. Ο σωστός χειρισμός ενός Δ/ΑΕ απαιτεί και την ύπαρξη ενός ηλεκτρονικού πίνακα ελέγχου ή αλλιώς recloser control, που περιέχει τους ΗΝ του διακόπτη, ελέγχοντας και ανοίγοντάς τον σε περίπτωση σφάλματος. Αυτός δίνει τις εντολές στον Δ/ΑΕ εντολές ωστόσο είναι εφικτός και ο ενσημηματος χειρισμός.

Ένας Δ/ΑΕ μπορεί να είναι:

- 1) Μονοφασικός
- 2) Τριπολικός.

4.5.1 Μονοπολικό Διακόπτες Αυτόματης Επαναφοράς

Ένας μονοπολικό διακόπτης ΑΕ συνδέεται σε μια φάση και λειτουργεί χωρίς να εξαρτάται από τους διακόπτες των άλλων φάσεων και αυτό για να μπορεί να λειτουργεί μόνο ο αντίστοιχος Δ/ΑΕ της φάσης, σε ένα μονοφασικό σφάλμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην επηρεάζονται όλοι οι καταναλωτές, παρά μόνο όσοι συνδέονται σε αυτή τη φάση. Κάθε φάση ελέγχεται αυτόνομα δηλαδή, αλλά τα σφάλματα δεν διαχωρίζονται σε γης και φάσεων. Σε περίπτωση μόνιμου σφάλματος, λειτουργεί μηχανισμός που παρασέρνει σε πτώση και τους υπόλοιπους διακόπτες.

Στους μονοπολικούς Δ/ΑΕ συναντούμε υδραυλικό σύστημα ελέγχου. Υπέυθυνο για τον εντοπισμό της υπερέντασης είναι ένα σωληνοειδές πηνίο, που βρίσκεται σε σειρά με το κύκλωμα ισχύος από το οποίο περνούν τα ρεύματα φορτίου και σφάλματος. Η ονομαστική τιμή του πηνίου καθορίζει το ονομαστικό ρεύμα του διακόπτη, την ένταση διέγερσης και την δυνατότητα διακοπής.

4.5.2 Τριπολικό Διακόπτες Αυτόματης Επαναφοράς

Οι τριπολικό διακόπτες ΑΕ παρέχουν τη δυνατότητα της μεμονομένης εκτέλεσης κύκλων επαναφοράς για σφάλματα φάσεων και γης. Στους Δ/ΑΕ υπάρχουν και διακόπτες, οι οποίοι εξασφαλίζουν πρόσκαιρη διακοπή μιας συγκεκριμένης λειτουργίας (διακόπτες δέσμευσης λειτουργίας). Υπάρχουν και διακόπτες δέσμευσης της επαναφοράς και λειτουργίας από τα σφάλματα γης. Οι Δ/ΑΕ διακρίνονται σε:

- 1) Διακόπτες Ελαίου
- 2) Διακόπτες Ξηρού τύπου με «κενό»

1) Όλοι οι Δ/ΑΕ μπορούν καταρχήν να χρησιμοποιηθούν και σε χαμηλότερες τάσεις από την ονομαστική, υπό την προϋπόθεση να είναι εφοδιασμένοι με το κατάλληλο πηνίο ζεύξης. Το πηνίο αυτό τροφοδοτείται απευθείας από το δίκτυο ΜΤ και για να λειτουργήσει ο διακόπτης επιβάλλεται οι αγωγοί που φέρουν τάση, να βρίσκονται από την πλευρά, την οποία αυτό τροφοδοτείται.

Σε περίπτωση που recloser control σταματήσει να λειτουργεί, υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργήσει κανείς τον διακόπτη χειροκίνητα. Στους Δ/ΑΕ παρατηρούνται εξωτερικές κυρίως μικροδιαφορές, αναλόγως τον κατασκευαστή.

2) Οι διακόπτες ξηρού τύπου είναι πιο σύγχρονοι των διακοπών ελαίου και ως πιο εξελιγμένοι απαιτούν λιγότερο χώρο για τη σβέση του ηλεκτρικού τόξου και κατά την διαδικασία αυτή, χρησιμοποιούν το κενό αντί για λάδι. Στους διακόπτες ξηρού τύπου, επίσης, δεν υπάρχει ο κίνδυνος της έκρηξης και της ρύπανσης του χώρου ενώ δεν απαιτείται τακτικός έλεγχος και μεγάλη συντήρηση, όπως παλαιότερα.

Επιπλέον, σε αυτούς δεν μας αφορά σε ποια η πλευρά θα τοποθετηθούν οι αγωγοί των φάσεων, που βρίσκονται υπό τάση, γιατί εδώ δεν έχουμε άμεση εξάρτηση από το πηνίο ζεύξης. Αυτοί λειτουργούν με ένα μικρό κινητήρα, που τροφοδοτείται από διαφορετικό κύκλωμα χαμηλής τάσης απευθείας από τον ηλεκτρονικό πίνακα ελέγχου του διακόπτη και που ευθύνεται για το άνοιγμα και το κλείσιμο των επαφών. Βεβαίως, από όλα τα παραπάνω κατανοεί κανείς γιατί η τιμή των διακοπών ξηρού τύπου είναι υψηλότερη από αυτήν των διακοπών ελαίου.

4.6 Recloser του ΔΑΕ

Σε ένα σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, ένας recloser (εικ. 5), ή αλλιώς autorecloser, είναι ένας διακόπτης εξοπλισμένος με μηχανισμό που μπορεί να κλείνει αυτόματα το διακόπτη αφού έχει ανοίξει λόγω βλάβης. Χρησιμοποιούνται σε εναέρια δίκτυα διανομής για να κόψει στιγμιαία λάθη ή και για την ανίχνευσή τους.

Για την πρόληψη των ζημιών, κάθε σταθμός κατά μήκος του δικτύου προστατεύεται με διακόπτες ή ασφάλειες που θα διακόψουν την παροχή ρεύματος σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Για παράδειγμα, ένα κλαδί δέντρου που έχει καεί από ένα δέντρο κατά τη διάρκεια μιας ανεμοθύελλα και προσγειώνεται στη γραμμή μπορεί να προκαλέσει βραχυκύκλωμα που θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη. Αν το μόνο σύστημα προστασίας είναι οι διακόπτες στα κέντρα διανομής, μεγάλες περιοχές του δικτύου θα υποχωρήσουν ενώ τα συνεργεία θα εργάζονται για να επαναφέρουν τους διακόπτες.

Οι Reclosers αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αυτό με την περαιτέρω διαίρεση του δικτύου σε μικρότερα τμήματα. Για παράδειγμα, το παράδειγμα του δικτύου της πόλης παραπάνω θα μπορούσε να είναι εξοπλισμένα με reclosers σε κάθε σημείο διακλάδωσης του δικτύου. Οι Reclosers, λόγω της θέσης τους στο δίκτυο, να χειρίζονται πολύ λιγότερη ενέργεια από ό, τι οι διακόπτες στους σταθμούς τροφοδοσίας. Αυτό σημαίνει ότι ένα μεμονωμένο γεγονός για το δίκτυο θα κόψει μόνο το τμήμα που διαχειρίζεται η ενιαία επαναφοράς, πολύ πριν ο σταθμός τροφοδοσίας δει κάποιο πρόβλημα.

Ένας κανονικός διακόπτης θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για το ρόλο αυτό, αλλά επειδή οι reclosers είναι γεωγραφικά κατανεμημένοι σε όλο το πλέγμα, σε αντίθεση με τον κεντρικό στους σταθμούς τροφοδοσίας, η επαναφορά ενός διακόπτη μπορεί να πάρει πολύ χρόνο. Για το λόγο αυτό, οι reclosers χρησιμοποιούνται για να επανασυνδεθεί αυτόματα το δίκτυο μετά από ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Υπάρχει μια μεγάλη πιθανότητα η βλάβη να φύγει όταν αποκατασταθεί το ρεύμα. Εάν το σφάλμα εξακολουθεί να υπάρχει, ο recloser ανοίγει και πάλι.

Το σύστημα ελέγχου ενός recloser του επιτρέπει να ανοίξει και να κλείσει κάποιες φορές, μέχρι να μείνει στην μόνιμη πλέον κατάσταση.



εικόνα 5

Κεφάλαιο 5^ο

5.1 Γενικά για ΜΣ

Σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας οι ανάγκες για την καλύτερη μεταφορά ενεργής ισχύος και για την μείωση των απωλειών του συστήματος μεταφοράς αποτελούν τον κύριο λόγο ύπαρξης της υψηλής τάσης. Μέσω αυτής γίνεται η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Εδώ λοιπόν καθιστάται απαραίτητη η χρήση των μετασχηματιστών Ισχύος, πρώτα για την ανύψωση της τάσης του δικτύου και μετά για τον υποβιβασμό της.

Η λειτουργία ενός ΜΣ έχει ως εξής: Όταν μέσα από ένα πηνίο διέρχεται μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή δημιουργώντας πεδίο, τότε, στα άκρα του μετασχηματιστή επάγεται τάση. Πιο συγκεκριμένα μέσω αυτού του πεδίου ο ΜΣ μετατρέπει την εισερχόμενη εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια κάποιου επιπέδου σε μία εξερχόμενη πλέον εναλλασσόμενη ηλεκτρική ενέργεια άλλου επιπέδου αλλά ίδιας συχνότητας.

Οι μετασχηματιστές δεν έχουν κινούμενα μέρη για την ανύψωση ή τον υποβιβασμό της τάσης, γι' αυτό και συχνά αντιμετωπίζονται ως στατές μηχανές. Όπως και στην περίπτωση των ηλεκτρικών μηχανών, ο πυρήνας του μετασχηματιστή κατασκευάζεται από πολλά ελάσματα σιδηρομαγνητικού υλικού για τον περιορισμό των απωλειών. Αποτελούνται από 2 τυλίγματα, το πρωτεύον και το δευτερεύον. Ωστόσο συχνά θα ακούσουμε, για μετασχηματιστές, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο, τα 2 αυτά τυλίγματα να αποκαλούνται «τύλιγμα Χαμηλής Τάσης» και «τύλιγμα Υψηλής Τάσης», αντίστοιχα.

Οι μετασχηματιστές διακρίνονται καταρχήν σε 2 κύριες κατηγορίες.

- 1) Μονοφασικοί (εικ. 6)
- 2) Τριφασικοί (εικ. 7)

1) Οι μονοφασικοί μετασχηματιστές αποτελούνται από δύο ομοαξονικά πηνία, τα οποία είναι και γνωστά ως τυλίγματα. Αυτά είναι τυλιγμένα γύρω από τον σιδηρομαγνητικό πυρήνα. Τα τυλίγματα του μετασχηματιστή δεν είναι κάπου βραχυκυκλωμένα μεταξύ τους, ωστόσο υπάρχει μία και μόνη σύζευξη η οποία λέγεται πεδίο ή αλλιώς μαγνητική ροή η οποία κυκλοφορεί μέσα στον πυρήνα.

Αν στο πρωτεύον του μετασχηματιστή συνδέσουμε μία πηγή εναλλασσόμενης τάσης, τότε στο δευτερεύον θα επαχθεί τάση ανάλογη με το λόγο των σπειρών του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος. Αν στα άκρα του δευτερεύοντος συνδέσουμε κάποιο φορτίο, τότε θα δημιουργηθεί κλειστός βρόχος και συνεπώς θα έχουμε ροή ρεύματος μέσα από τον ΜΣ. Σε έναν ΜΣ μπορούμε να συνδέσουμε μόνο εναλλασσόμενη τάση, γιατί μόνο με αυτή το πεδίο θα είναι μεταβαλλόμενο.

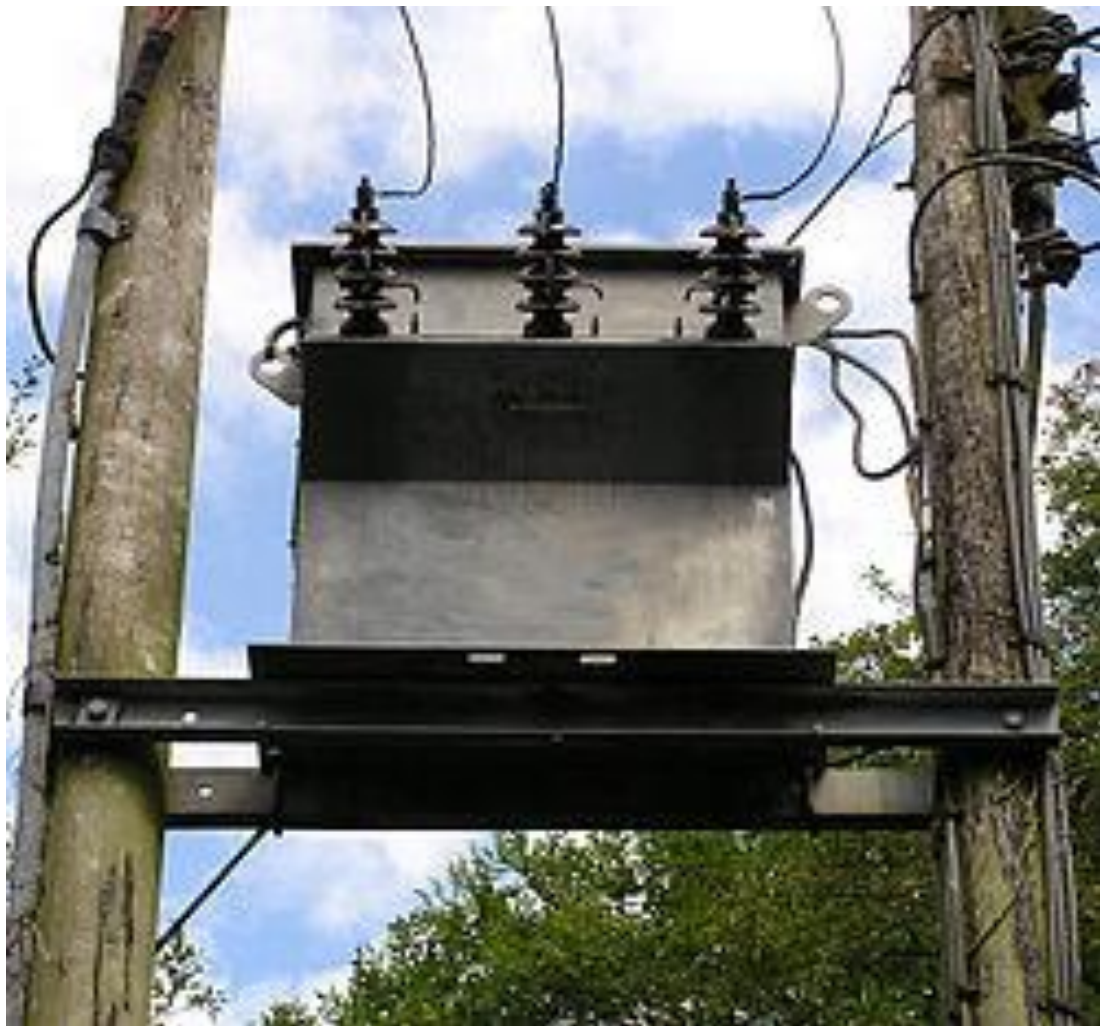
2) Ένα πιο σημαντικό είδος μετασχηματιστών είναι οι τριφασικοί. Είναι ένα σπουδαίο κομμάτι διότι όλα σχεδόν τα Συστήματα Παραγωγής, Μεταφοράς και Διανομής της Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι τριφασικά. Επομένως, θα μας ήταν αδύνατο να δουλεύαμε μόνο με μονοφασικούς ΜΣ.

Οι τριφασικοί ΜΣ διακρίνονται σε **α)** ΜΣ ενός τυλίγματος (αυτομετασηματιστές), **β)** Δύο τυλιγμάτων (ΥΤ και ΧΤ) και **γ)** Τριών τυλιγμάτων (ΥΤ, ΧΤ και τριτεύοντος).

Η κατασκευή των τριφασικών ΜΣ είναι μία σχετικά εύκολη υπόθεση για τους γνώστες του είδους διότι γίνεται με 2 τρόπους. Συγκεκριμένα, για να κατασκευάσουμε έναν ΜΣ με την 1^η μέθοδο, χρειαζόμαστε τρεις απλούς μονοφασικούς μετασηματιστές. Θα τους συνδέσουμε μεταξύ τους σε μία τριφασική συστοιχία και τότε θα έχουμε κατασκευάσει έναν τριφασικό ΜΣ. Αυτή η μέθοδος έχει ένα πολύ σοβαρό πλεονέκτημα, ότι σε περίπτωση σφάλματος, υπάρχει η δυνατότητα αντικατάστασης μόνο του ενός εκ των τριών μετασηματιστών. Στην δεύτερη μέθοδο κατασκευής θα τοποθετήσουμε τρία διπλά τυλίγματα γύρω από έναν κοινό πυρήνα. Αυτή η τεχνική υπερτερεί κάπως σε σχέση με την 1^η, διότι παρουσιάζει μικρότερο βάρος, μικρότερο όγκο, μικρότερο κόστος και λίγο μεγαλύτερη απόδοση, γι' αυτό και χρησιμοποιείται συχνότερα.



εικόνα 6



εικόνα 7

5.2 Προσδιορισμός των Σύνθετων Εμπεδήσεων ενός ΜΣ

Φαίνεται πως τελικά ο ιδανικός μετασχηματιστής δεν υπάρχει και πως ένα μέρος της ενέργειάς του μετατρέπεται στον σιδηροπυρήνα, σε θερμότητα. Αυτό δείχνει πως, ενώ κανονικά η ισχύς εξόδου θα έπρεπε να είναι ίση με την ισχύ εισόδου, η ισχύς εξόδου είναι μικρότερη από την ισχύ εισόδου. Οι απώλειες σε έναν μετασχηματιστή οφείλονται σε:

- 1) Απώλειες σιδήρου.
- 2) Απώλειες χαλκού.

1) Οι απώλειες σιδήρου προέρχονται από την μαγνητική υστέρηση και από το υλικό του πυρήνα του μετασχηματιστή.

2) Οι απώλειες αυτές προέρχονται από το χαλκό, ο οποίος χρησιμοποιείται για να τυλιχτούν τα πηνία του πρωτεύοντος και τα πηνία του δευτερεύοντος και σε κάθε περίπτωση επιβάλλεται να έχουν πολύ μεγάλο μήκος. Αυτή όμως η ανάγκη για μεγάλο μήκος, έχει ως επακόλουθο την ύπαρξη ωμικών αντιστάσεων. Έτσι, οι ωμικές αντιστάσεις των πηνίων του μετασχηματιστή σχηματίζουν απώλεια ισχύος στα τυλίγματά του.

5.3 Λειτουργία Παράλληλης Ζεύξης Μετασχηματιστών

Η λειτουργία Παράλληλης Ζεύξης Μετασχηματιστών ή αλλιώς «παραλληλισμός», χρησιμοποιείται όταν, για κάποιο λόγο θέλουμε να πετύχουμε μεγαλύτερη ισχύ διέλευσης. Για να πραγματοποιηθεί αυτό, θα πρέπει να συνδέσουμε δύο μετασχηματιστές παράλληλα μεταξύ τους. Ωστόσο για να γίνει κάτι τέτοιο, θα πρέπει να υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις, τις οποίες και αναφέρουμε παρακάτω.

- 1) Να διαρρέονται οι μετασχηματιστές από ρεύματα ανάλογα του μεγέθους τους, ή αλλιώς όπως λέμε να υπάρχει ομοιόμορφη φόρτιση.
- 2) Η σχέση μεταξύ των ονομαστικών ισχύων των μετασχηματιστών να είναι μεταξύ 1/3 και 3.
- 3) Οι ονομαστικές τάσεις στην πλευρά της ΥΤ να είναι ίσες ή με μία ανοχή $\pm 0,05\%$
- 4) Οι ονομαστικές τάσεις βραχυκύκλωσης των μετασχηματιστών να είναι ίσες με ανοχή 10% επί της τάσης βραχυκύκλωσης
- 5) Οι συνδεσμολογίες και στις δύο πλευρές να είναι ίδιες, να υπάρχει σωστή διαδοχή των φάσεών τους, και να συνδεθούν οι ανάλογοι ακροδέκτες. Οι Dy5 – Dy11 μπορούν να συνδεθούν παράλληλα υπό κάποιες προϋποθέσεις .

- 6) Στο τελικό στάδιο και πρίν γίνει πλήρης παραλληλισμός των μετασχηματιστών πρέπει να ελεγχθεί η συνδεσμολογία για τυχόν σφάλματα. Αφού συνδέσουμε την πλευρά της ΥΤ μετράμε με βολτόμετρο την τάση που θα πάρουμε στους ακροδέκτες της ΧΤ. Η υπό μέτρηση τάση, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,5% της ονομαστικής τάσης των μετασχηματιστών.

5.4 Είδη ΜΣ

Οι μετασχηματιστές ανάλογα με τον προορισμό τους διακρίνονται σε τρία είδη:

- 1) ΜΣ Ισχύος
- 2) ΜΣ Τάσης
- 3) ΜΣ Ρεύματος

5.4.1 ΜΣ Ισχύος

Οι μετασχηματιστές Ισχύος (power transformer) είναι κυρίως ελαιόψυκτοι και σε κάποιες σπάνιες περιπτώσεις όπου δηλαδή υπάρχει υψηλή επικινδυνότητα (αποθήκες καυσίμου, πλατφόρμες πετρελαίου κλπ) είναι μετασχηματιστές με στερεή μόνωση. Οι ΜΣ ισχύος είναι οι ΜΣ με τους οποίους μεταφέρουμε ισχύ σε ένα ΣΗΕ. Στη σύνθετη αντίσταση του μετασχηματιστή παρουσιάζεται μία πτώση Τάσης και έτσι η φαινόμενη ισχύς στην πλευρά της κατανάλωσης είναι διαφορετική κατά 2 έως και 16% στο ονομαστικό φορτίο. Η ονομαστική του λειτουργία προσδιορίζει τα ονομαστικά του μεγέθη. Οι μετασχηματιστές ισχύος χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε δίκτυα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής και σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η συνδεσμολογία των εν λόγω είναι Dyn 11 ή Dyn 5.

Τα βασικότερα μεγέθη που χαρακτηρίζουν έναν ΜΣ είναι **α)** η Ονομαστική φαινόμενη ισχύς ή αλλιώς ισχύς διελεύσεως (πρόκειται για μια περιφερόμενη ισχύ η οποία ούτε παράγεται, ούτε καταναλίσκεται), **β)** η Ονομαστική Τάση πρωτεύοντος και ονομαστική Τάση δευτερεύοντος (ο λόγος των δύο στην εν κενώ λειτουργία), **γ)** η Ονομαστικά ρεύματα πρωτεύοντος και ονομαστικά ρεύματα δευτερεύοντος και **δ)** η Ονομαστική συχνότητα.

Οι Μ/Σ ισχύος χωρίζονται σε τρεις υποκατηγορίες:

- 1) ΜΣ μονάδος: Ο μετασχηματιστής που συνδέεται στην έξοδο μιας γεννήτριας ανυψώνοντας την τάση εξόδου της πριν οδηγηθεί στην γραμμή μεταφοράς.
- 2) ΜΣ υποσταθμού: Ο ΜΣ που υποβιβάζει το επίπεδο τάσης της γραμμής και υπάρχει σε υποσταθμούς μεταφοράς ΥΤ και σε υποσταθμούς ΥΤ σε ΜΤ.
- 3) ΜΣ Διανομής: Ο ΜΣ υποβιβασμού που υποβιβάζει την ΜΤ σε ΧΤ για την κατανάλωση ισχύος στους καταναλωτές ΧΤ.

5.4.2 ΜΣ Τάσης

Οι μετασχηματιστές τάσης (Voltage Transformer) είναι μετασχηματιστές μικρής φαινομένης ισχύος και χρησιμοποιούνται για να υποβιβάζουν την υψηλή ή μέση τάση του δικτύου σε ένα επίπεδο που να μπορεί να μετρηθεί από συνήθη όργανα (100-200V). Η φαινόμενη ισχύς τους κυμαίνεται από 2-100VA. Επειδή χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιούνται μετρήσεις πρέπει να είναι υψηλής ακριβείας. Το τύλιγμα ΥΤ συνδέεται παράλληλα με το δίκτυο στο σημείο που θέλουμε να πάρουμε μέτρηση, μεταξύ φάσης και Γης.

Ένας ΜΣ τάσης μπορεί να φορτιστεί με φορτίο μεγαλύτερο από το ονομαστικό του χωρίς να καταστραφεί, αλλάζοντας όμως την ακρίβειά του. Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος ο μετασχηματιστής τάσης υπάρχει περίπτωση να καταστραφεί. Για την προστασία του συνήθως χρησιμοποιούμε στην πλευρά της ΥΤ μία ασφάλεια τήξεως, η οποία μπορεί να τοποθετηθεί και στη μεριά της ΧΤ αλλά τότε δεν θα προστατεύει τον μετασχηματιστή από τα σφάλματα που μπορεί να γίνονται εντός.

Οι μετασχηματιστές Τάσης όπως αναφέραμε είναι όργανα με τα οποία γίνονται και μετρήσεις. Άρα πρέπει να χωριστούν και σε κατηγορίες ανάλογα με την δυνατότητα ακριβείας τους. Γι αυτό έχουν χωριστεί σε κλάσεις ακριβείας οι οποίες είναι 0,1-0,2-0,5-1-3. Η κλάση ακριβείας προσδιορίζει το μέγιστο επιτρεπόμενο σχετικό σφάλμα της μέτρησης της τάσης. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε ότι για εργαστηριακές μετρήσεις χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές με κλάση ακριβείας 0,1, για μετρήσεις που μπορεί να χρειαστεί η ΔΕΗ για να γίνει τιμολόγηση οι μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται είναι κλάσης 0,2 ή 0,5.

5.4.3 ΜΣ Ρεύματος

Οι ΜΣ Ρεύματος (Current Transformer) δεν είναι σαν τους άλλους μετασχηματιστές και χρησιμοποιούνται για να υποβιβάζουν το ρεύμα γραμμής σε ένα επίπεδο που να μπορούν να γίνουν μετρήσεις από τα κατάλληλα όργανα. Το πρωτεύον τύλιγμά τους συνδέεται σε σειρά με το δίκτυο ενώ στο δευτερεύον είναι μόνιμα συνδεδεμένο το όργανο μέτρησης. Συνεπώς πρόκειται για έναν μετασχηματιστή που σε μόνιμη κατάσταση έχει το δευτερεύον βραχυκυκλωμένο. Έχουν μια σπείρα, για ρεύμα πρωτεύοντος $> 500A$ και ανάλογο αριθμό σπειρών στο δευτερεύον το οποίο διαρρέεται από ρεύμα 5A. Διαρρέεται από ρεύμα 1A, όταν το μήκος της γραμμής σύνδεσης είναι αρκετά μεγάλο, με σκοπό την μείωση της κατανάλωσης ισχύος σ' αυτήν.

Όπως και στους ΜΣ τάσης, η ονομαστική ισχύς είναι μικρή. Θα μπορούσαμε σε κάποιες περιπτώσεις να την υπερβούμε χωρίς να καταστρέψουμε τον μετασχηματιστή αλλά θα μειωθεί η ακρίβειά του. Στην αποσύνδεση του μετασχηματιστή πρέπει να βραχυκυκλώσουμε πρώτα τον ΜΣ και μετά να αποσυνδέσουμε το φορτίο, διαφορετικά μπορεί να καταστραφεί ή να προκαλέσουμε βραχυκύκλωμα στο δίκτυο.

Όπως οι μετασχηματιστές Τάσης έτσι και οι μετασχηματιστές έντασης είναι όργανα με τα οποία γίνονται και μετρήσεις. Άρα και αυτοί χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση την κλάση ακριβείας τους. Οι κλάσεις ακριβείας των μετασχηματιστών έντασης είναι 0,1-0,2-0,5-1. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε ότι για εργαστηριακές

μετρήσεις χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές με κλάση ακριβείας 0,1 και για τιμολόγηση ΜΣ με κλάση ακριβείας 0,2 ή 0,5.

Οι μετασχηματιστές έντασης κινδυνεύουν από την χωρίς φορτίο λειτουργία τους. Εάν αποσυνδέσουμε ξαφνικά το φορτίο (δηλαδή το όργανο μέτρησης) από το δευτερεύον του μετασχηματιστή τότε εξισώνεται το ρεύμα μαγνήτισης με το ρεύμα του δικτύου που διαρρέει το πρωτεύον του μετασχηματιστή. Αυτό έχει σαν συνέπεια την καταστροφή του τυλίγματος ΧΤ, βραχυκύκλωμα δικτύου στο σημείο που βρίσκεται ο μετασχηματιστής, υπερθέρμανση του σιδήρου του μετασχηματιστή και ανάπτυξη πολύ υψηλής τάσης στα άκρα της ΧΤ. Άρα ο μετασχηματιστής έντασης πρέπει να βραχυκυκλώνεται πριν αποσυνδεθεί το φορτίο στο δευτερεύον του.

5.5 Περιγραφή 3Φ ΜΣ 20/0.4 kV ξηρού τύπου

Ο ΜΣ ξηρού τύπου (εικ. 8) χρησιμοποιείται σε ΣΗΕ, που βρίσκεται σε χώρους με υψηλό κίνδυνο πυρκαγιάς ή σε χώρους που εμφανίζουν τάσεις ρύπανσης. Οι ΜΣ ξηρού τύπου μπορούν να υποστηρίξουν ισχείς από 160 kVA έως 3150 kVA. Από κατασκευής, οι μετασχηματιστές αυτού του τύπου δεν μπορούν να ψυχθούν με λάδι η ψύξη επιτυγχάνεται μονάχα με την κυκλοφορία του αέρα.

Ο πυρήνας του είναι κατασκευασμένος από ελλάσματα πυριτούχου χάλυβα με προσανατολισμένα κρύσταλλα, τα οποία είναι μονωμένα με ορυκτό οξειδίο και βερνικωμένα ώστε να μην οξειδώνονται. Τα τυλίγματα από την μεριά της ΧΤ είναι κατασκευασμένα από φύλλο αλουμινίου ή χαλκού και εμποτισμένα σε συνθετική αλκυδική ρητίνη, ώστε να προκύπτει κλάση μόνωσης F. Τα άκρα των πηνίων της ΧΤ είναι επικαλυμμένα με εποξειδική ρητίνη και το φύλλο είναι παντού μονωμένο με μονωτικό υλικό ακόμα και ενδιάμεσα των στρώσεων. Τα τυλίγματα από τη μεριά της ΥΤ είναι τελείως ανεξάρτητα από τα τυλίγματα ΧΤ και είναι κατασκευασμένα από σύρμα αλουμινίου ή χαλκού, πάλι με κλάση μόνωσης F. Τα τυλίγματα ΥΤ είναι εμποτισμένα σε συνθήκες κενού, σε άφλεκτη εποξειδική χυτή ρητίνη και το μείγμα αποτελείται από τρία υλικά, **α)** εποξειδική ρητίνη, **β)** άνυδρο σκληρυντή με ελαστικά πρόσθετα και **γ)** επιβραδυντή φωτιάς.

Οι συνδέσεις ΧΤ γίνονται από τις μπάρες, οι οποίες ευρίσκονται στην κορυφή των πηνίων ΧΤ απέναντι από τις συνδέσεις ΥΤ. Η σύνδεση του ουδετέρου ΧΤ θα γίνεται απευθείας στην μπάρα ουδετέρου. Οι συνδετικές μπάρες είναι κατασκευασμένες από χαλκό ή επικασσιτερωμένο αλουμίνιο. Οι συνδέσεις των λήψεων γίνονται με μικρές μπάρες χαλκού που βιδώνονται σε όποια λήψη εμείς επιθυμούμε. Επιπλέον, η μόνωση που χρησιμοποιείται στον ΜΣ ξηρού τύπου, έχει καλύτερες μονωτικές ιδιότητες από αυτές του χαρτιού και του ελαίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα τυλίγματα ΧΤ και ΥΤ να έχουν καλύτερη μόνωση και ακολούθως, οι αποστάσεις των τυλιγμάτων ΥΤ, ΧΤ και των ακροδεκτών, να είναι μικρότερες όπως και το γενικότερο μέγεθος του ΜΣ ξηρού τύπου.

Στον βασικό εξοπλισμό ενός μετασχηματιστή κλειστού τύπου, θα πρέπει να υπάρχει πιστοποιητικό για τα τεστ σειράς, οι οδηγίες εγκατάστασης και συντήρησης και η ταμπέλα με όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Από όλα τα παραπάνω, γίνεται κατανοητή η μεγάλη διαφορά στην τιμή ενός ΜΣ ξηρού τύπου και ενός ΜΣ ελαίου και για το λόγο αυτό προτιμάται μόνο όταν είναι απαραίτητος.



εικόνα 8

5.6 Περιγραφή Αυτομετασχηματιστή

Στην περίπτωση μίας μικρή αλλά αναγκαίας αλλαγής στη τιμή της τάσης σε ένα κυκλωμα, η κατασκευή ενός μετασχηματιστή με δύο τυλίγματα θα ήταν πολύ ακριβή. Για το λόγο αυτό, δημιουργήθηκε ο αυτομετασχηματιστής. Επί της ουσίας, ο αυτομετασχηματιστής είναι ένας μετασχηματιστής, του οποίου τα τυλίγματα έχουν επανασυνδεθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να λειτουργεί και σαν αυτομετασχηματιστής.

Έχει ένα κοινό τύλιγμα γιατί η τάση του εμφανίζεται τόσο στην είσοδο, όσο και στην έξοδο του ΜΣ. Το δεύτερο τύλιγμα συνδέεται σε σειρά με το κοινό τύλιγμα και γι αυτό ονομάζεται τύλιγμα σειράς.

Αναλόγως της μεριά του (είσοδος ή έξοδος) που είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων των δύο τυλιγμάτων, ο αυτομετασχηματιστή διακρίνεται σε:

- 1) Αυτομετασχηματιστής υποβιασμού τάσης
- 2) Αυτομετασχηματιστής ανύψωσης τάσης

Μερικά από τα πλεονεκτήματα που μπορούμε να αναφέρουμε σχετικά με ένα τέτοιο μετασχηματιστή είναι **α)** το φθηνότερο κόστος, αφού διαθέτει μόνο ένα τύλιγμα άρα και λιγότερο χαλκό και σιδηρομαγνητικό υλικό, **β)** ο υψηλός βαθμός απόδοσης και **γ)** η λήψη του αυτομετασχηματιστή που αν είναι μεταβλητή, τότε λαμβάνουμε διάφορες τάσεις στην έξοδό του.

Από την άλλη, στα μειονεκτήματα του αυτομετασχηματιστή, ανήκει το γεγονός ότι **α)** έχει πολύ περιορισμένη χρήση, αφού δεν παρέχει γαλβανική απομόνωση και υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης της φάσης στην έξοδό του και **β)** η σύνθετη αντίστασή του, η οποία αποτελεί ασπίδα προστασίας σε υψηλά ρεύματα που αναπτύσσονται σε περιπτώσεις σφαλμάτων (βραχυκυκλώματα), είναι μικρότερη από αυτή του αντίστοιχου μετασχηματιστή, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα.

Οι αυτομετασχηματιστές αποτελούνται από ένα πηνίο με σιδηροπυρήνα, το οποίο διαθέτει μία ή περισσότερες λήψεις και αυτό έχει ως συνέπεια, η τάση που λαμβάνεται ανάμεσα σε μία λήψη και ένα κοινό σημείο, να είναι μικρότερη από την τάση εισόδου. Αυτή ακριβώς η διαδικασία πετυχαίνει τον υποβιβασμό τάσης. Για την ανύψωση τάσης οφείλουμε να πράξουμε τα ακριβώς την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή τροφοδοτούμε τον αυτομετασχηματιστή από το τύλιγμα λήψης και ένα κοινό σημείο και παίρνουμε μεγαλύτερη τάση στα δύο άκρα του.

Τέλος πρέπει να υπογραμμιστεί ότι κάτω από φυσικές συνθήκες, η επανασύνδεση των τυλιγμάτων του ΜΣ με σκοπό αυτός να λειτουργήσει ως αυτομετασχηματιστής, δεν είναι δυνατή. Γι' αυτό ευθύνεται το γεγονός ότι η μόνωση του τυλίγματος ΧΤ του ΜΣ ίσως δεν μπορεί να αντέξει την τάση εξόδου πλήρους φόρτισης του αυτομετασχηματιστή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι ΜΣ που κατασκευάζονται με σκοπό να λειτουργήσουν αποκλειστικά ως αυτομετασχηματιστές, να διαθέτουν τυλίγματα σειράς με μόνωση ίδιας αντοχής με τη μόνωση του κοινού τυλίγματος. Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι αυτομετασχηματιστές χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου οι τάσεις στις δύο πλευρές της συσκευής θα πρέπει να παρουσιάζουν πολύ μικρή διαφορά, γιατί τότε το πλεονέκτημα της φαινόμενης ισχύος είναι πολύ μεγαλύτερο.

5.7 Προστασία ΜΣ

Η μόνη προστασία που ένας μετασχηματιστής ξηρού τύπου μπορεί να δεχθεί, είναι η θερμική προστασία και σε κάποιες περιπτώσεις, μόνο εφόσον ζητηθεί, ο κατασκευαστής μπορεί να κατασκευάσει μεταλλικό κάλυμμα.

Όσον αφορά στην θερμική προστασία, πρέπει να υπάρχουν δύο ανιχνευτές θερμοκρασίας, ή αλλιώς thermistors, οι οποίοι οφείλουν να είναι εγκατεστημένοι στο εσωτερικό των πηνίων, ενώ ταυτόχρονα θα πρέπει να είναι μέσα σε ειδική θήκη έτσι ώστε να μπορούν να αντικατασταθούν, αν χρειαστεί. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να υπάρχει ένας πίνακας με ηλεκτρονικό μετατροπέα, ο οποίος θα έχει διακόπτη δυο θέσεων και δύο ανεξάρτητα κυκλώματα. Η κατάσταση του ρελαί εμφανίζεται με διαφορετικό χρώμα λυχνιών και μία τρίτη λυχνία δηλώνει την παρουσία τάσης. Σε ράγες κλέμας, θα πρέπει να κουμπωθούν κάποιες κλέμες για να συνδεθούν οι ανιχνευτές θερμοκρασίας.

Όσο για το μεταλλικό κάλυμμα, αυτό επιβάλλεται να είναι αντιοξειδωτικό και θα πρέπει να έχει κρίκους ή γάντζους για την ανύψωσή του ή για την μεταφορά του. Ύστερα, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στην ΜΤ και στις λήψεις του ΜΣ και να πληροί όλες τις προδιαγραφές ασφαλείας με πινακίδες danger electricity. Τέλος, στο μεταλλικό αυτό κάλυμμα θα πρέπει να είναι ορατό το σημείο γειώσεως του κλωβού.

Κεφάλαιο 6^ο

6.1 Επίλογος

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε καταρχήν μία μαθηματική ανάλυση της πτώσης τάσης, σε ένα κομμάτι του δικτύου της ΔΕΗ. Στην συνέχεια, αφού εντοπίσαμε το σημείο στο οποίο βρίσκεται ο πιο απομακρυσμένος καταναλωτής, υπολογίσαμε την τάση που καταφθάνει σε αυτόν και την πτώση της. Στη συνέχεια βρήκαμε το μέγιστο και το ελάχιστο τριφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης καθώς και το μέγιστο και το ελάχιστο μονοφασικό ρεύμα βραχυκύκλωσης. Αφού εκτελέσαμε τους υπολογισμούς, έγινε μία προσπάθεια να υπολογισθούν οι ασφάλειες που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν (τήξεως, εκτόνωσης και recloser).

Έπειτα, έγινε μία αναφορά στις ασφάλειες ΜΤ που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ στο δίκτυό της, στους διακόπτες ΜΤ και έγινε λόγος για την επιλεκτική συνεργασία, τα μέσα προστασίας ΔΕΗ, τους διακόπτες αυτόματης επαναφοράς όπως επίσης και για τον recloser του διακόπτη αυτόματης επαναφοράς.

Ένα κομμάτι της πτυχιακής, αφιερώθηκε στους μετασχηματιστές, τις σύνθετες εμπειρίες τους, καθώς και στην λειτουργία παράλληλης ζεύξης τους. Ύστερα, έγινε μία σύντομη αναφορά στα τρία είδη τους (Ισχύος, Τάσης, Έντασης) και μία εκτενέστερη αναφορά στον 3φ ΜΣ 20/0.4 kV ξηρού τύπου, αλλά και στον αυτομετασχηματιστή. Τέλος, έγινε μία προσπάθεια να παραθέσουμε τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να προστατευτεί ένας ΜΣ.

Η πτυχιακή αυτή, μαζί με τις σημειώσεις μου από το μάθημα *Μεταφορά και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας*, με βοήθησε να εντρυφήσω και να κατανοήσω καλύτερα την λειτουργία ενός δικτύου της ΔΕΗ και το πώς αυτό λειτουργεί. Από αυτή μου τη μελέτη αποκόμισα γνώσεις, τις οποίες θα ήθελα να χρησιμοποιήσω και αργότερα στη ζωή μου, εφόσον μου το επιτρέψουν οι συνθήκες.

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς όλους τους καθηγητές του τμήματος Ηλεκτρολογίας, για τις γνώσεις που μου παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια.

Βιβλιογραφία

Δ,Λαμπρίδης, Π. Ντοκόπουλος, Γ. Παναγιάννης *Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας*, εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2007.

Ντοκόπουλος Πέτρος *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών ΜΤ και ΧΤ*

Σημειώσεις *Μεταφορά και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας*

Ιστότοποι

http://users.sch.gr/nchatzigeo/Biblia/Biomhx_egkatas_ypost.pdf

<http://www.techteam.gr>

<http://www.mie.uth.gr>

<http://el.wikipedia.org>