

Τ Ε Ι - Π ά τ ρ α ς

Π Τ Υ Χ Ι Α Κ Η - Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α

Bizim

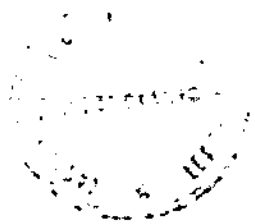
" ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΙΣΧΥΟΣ ΣΕ Σ.Η.Ε ΜΕΣΩ
ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ
ΓΙΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ "



Εισηγητές :
Η.ΛΟΗΣ

Σπουδαστές :
Α.ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	2077
---------------------	------



Εισαγωγή:

Σ' ένα Σύστημα Παραγωγής-Μεταφοράς και Διανομής της ηλ. ενέργειας δημιουργούνται διάφορα ανεπιθύμητα προβλήματα ένα εκ των οποίων είναι και τα βραχυκυκλώματα.

Τα βραχυκυκλώματα είναι τα σφάλματα που συμβαίνουν στα ηλεκτρικά δίκτυα με αποτέλεσμα την γεφύρωση της μονόσεως μεταξύ ενός ή περισσότερων αγωγών του δικτύου μέσω αγώγιμου συνδέσεως πολύ μικρής αντίστασης. Έτσι τα ρεύματα τα οποία θα κυκλοφορήσουν στο δίκτυο τότε ονομάζονται ρεύματα βραχυκυκλώσεως.

Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως που θα κυκλοφορήσουν στο δίκτυο θα είναι πολλαπλάσια των ρευμάτων ομαλής λειτουργίας με αποτέλεσμα να προξενήσουν ζημιές στις εγκαταστάσεις καθώς και υπερθέρμανση αυτών με αποτέλεσμα την καταστροφή των μονώσεων, ανάφλεξη κ.τ.λ.

Έτσι στα σύγχρονα συστήματα παραγωγής-μεταφοράς όπου οι διάφοροι σταθμοί λειτουργούν παράλληλα, τότε οι εντάσεις βραχυκυκλώσεως λαμβάνουν πολύ υψηλές τιμές, και για τον περιορισμό αυτών λαμβάνονται προφυλαξεις με την τοποθέτηση των αντιδραστήρων (στραγγαλιστικά πηνία) μέσω των οποίων επιτηνχάνεται σημαντική ελάττωση της εντάσεως βραχυκυκλώσεως

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή

Κεφάλαιο 1	Σελ.
Γενικά	1
Αναγωγή στην ενιαία βασική ισχύ	3
Αντιδραστήρες ή στραγγαλιστικά πηνία περιορισμού της εντάσεως βραχυκυκλώσεως	8
Προστασία των διακοπών μέσω των αντι/ρων..	9
Υπολογισμοί βραχυκυκλωμάτων	11
Ο υπολογισμός της I_B στο σημείο F1	18
Ο υπολογισμός της I_B στο σημείο F2	22
Ο υπολογισμός της I_B στο σημείο F3	25
Ο υπολογισμός της I_B στο σημείο F4	28
Ο υπολογισμός αντιδραστήρα	32
Έλεγχος αντοχής των ελασιδιακοπών (9,10,11) όταν ο αντιδραστήρας είναι συνδεδεμένος.....	47
Έλεγχος αντοχής των ελασιδιακοπών (12,13,14,15) όταν ο αντιδραστήρας είναι συνδεδεμένος.....	52

Κεφάλαιο 1

Θεωρία Βραχυκυκλωμάτων

Γενικά

Όταν συμβεί ένα σφάλμα σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με αποτέλεσμα τη γεφύρωση της μονώσεως μεταξύ ενός ή περισσότερων αγωγών του κυκλώματος, μέσω αγωγίμου συνδέσεως μικρής αντιστάσεως τότε λέμε ότι συνέβη ένα

βραχυκύκλωμα. Όταν η παρεμβαλλόμενη αντιστάση στο σημείο συνδέσεως είναι μηδενική, το σφάλμα ονομάζεται πλήρης βραχυκύκλωμα. Όταν η παρεμβαλλόμενη αντίσταση είναι σχετικά

μεγάλη και το διερχόμενο σε αυτή ρεύμα πολύ μικρό τότε το σφάλμα ονομάζεται διαρροή. Η παρεμβαλλόμενη αντίσταση ονομάζεται αντίστοιχα αντίσταση βραχυκλώσεως και αντίσταση διαρροής. Τα ρεύματα τα οποία κυκλοφορούν στο κύκλωμα ονομάζονται Ρεύματα βραχυκυκλώσεως.

Το σφάλμα είναι δυνατόν να συμβεί μεταξύ μίας φάσεως και γής, μεταξύ δύο ή και περισσότερων φάσεων και γής, μεταξύ δύο φάσεων μόνο ή κατά μήκος και των τριών φάσεων, είναι δε δυνατόν στις παραπάνω περιπτώσεις να προκαλέσει ένα βραχυκύκλωμα πλήρες ή μέσω αντιστάσεως.

Στις περιπτώσεις σφάλματος προς γη θα υπάρξει ρεύμα βραχυκυκλώσεως στην περίπτωση μόνο στην οποία είναι γειωμένος ο ουδέτερος (όταν η χωρητικότητα των αγωγών θεωρείται κατά προσέγγιση αμελητέα).

Τα ρεύματα βραχυκυκλώσεως τα οποία θα κυκλοφορήσουν στο κύκλωμα είναι γενικώς πολλαπλάσια των ρευμάτων ομαλής λειτουργίας και επομένως είναι δυνατόν να προξενήσουν σοβαρές ζημιές στις εγκαταστάσεις είτε υπερέμανσης αυτών με αποτέλεσμα την καταστροφή των μονώσεων.

έκρηξη, ανάφλεξη κλπ.

Τα κυριότερα αίτια που προκαλούν τα βραχυκυκλώματα, είναι τυχαία και όχι ηεαλημένα, διά της παρεμβολής αγώγιμου σώματος μεταξύ αγωγών ή ακόμα διασπόμεως της μονόσεως λόγω της υπερτάσεως κλπ. Στα εναέρια δίκτυα παρουσιάζονται επίσης βραχυκυκλώματα στις περιπτώσεις επαφής των αγωγών ή εραύσεων αυτών λόγω σφοδρού ανέμου καθώς και της ρύπανσης ή εραύσεων των μονοτήρων. Για την εξουδετέρωση των συνεπειών των βραχυκυκλωμάτων λαμβάνονται διάφορα μέτρα προστασίας των εγκαταστάσεων, τα κυριότερα των οποίων είναι τα εξής:

α. Περιορισμός των βραχυκυκλωμάτων με την κατάλληλη κατασκευή και διάταξη των εγκαταστάσεων.

β. Περιορισμός των εντάσεων βραχυκυκλώσεως διά του κατάλληλου τρόπου συνδέσεως των εγκαταστάσεων ή της παρεμβολής αντιδραστών (στραγγαλιστικών πηνίων).

γ. Τυχαία απόσπαιξη του υπάρχοντος τμήματος μέσω αυτομάτων διακοπών.

Για την ορεή αντιμετώπιση η των πιο πάνω περιπτώσεων, κρίνεται απαραίτητος ο υπολογισμός των δημιουργημένων εκάστοτε εντάσεων βραχυκυκλώσεως. Ο υπολογισμός αυτός δεν είναι πάντοτε εύκολος. Προς απλοποίηση του προβλήματος θα διαχωρήσουμε τα βραχυκυκλώματα σε δύο κατηγορίες:

1) Τα συμμετρικά βραχυκυκλώματα τα οποία συμβαίνουν και στις τρείς φάσεις, προκαλούν δε ίσα ρεύματα βραχυκυκλώσεως σε αυτά.

2) Τα ασύμμετρα βραχυκυκλώματα στα οποία ανήκουν όλες οι άλλες περιπτώσεις και για τον υπολογισμό των οποίων θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο των συμμετρικών συνιστωσών.

Για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκυκλώσεως

ως είναι απαραίτητο να εξετάσουμε επίσης το μεταβατικό φαινόμενο το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός μέγιστου ρεύματος βραχυκυκλώσεως κατά την στιγμή δημιουργίας του βραχυκυκλώματος και τη μείωση αυτού μετά από λίγα δευτερόλεπτα στο μόνιμο ρεύμα βραχυκυκλώσεως.

Οι εντάσεις βραχυκυκλώσεως σε ένα σύστημα εναλλασσόμενου ρεύματος προσδιορίζονται συναρτήσει των αντιστάσεων των εναλλακτών, των μετασχηματιστών και των γραμμών οι οποίες προηγούνται του σημείου του σφάλματος. Στα μη πλήρη βραχυκυκλώματα εισέρχεται επίσης και η παρεμβαλλόμενη αντίσταση στο σημείο βραχυκυκλώσεως. Επίσης είναι πολύ μικρότερα της επαγωγικής αυτής στους κατά προσέγγιση υπολογισμούς, αυτή θεωρείται αμελητέα. Ως αντίσταση των γραμμών δίνεται να ληφθεί η σύνθετη αντίσταση αυτών ή η επαγωγική ανάλογα με την επιδιωκόμενη ακρίβεια από τους υπολογισμούς.

Αναγωγή στην ενιαία βασική ισχύ

Για την διευκόλυνση των υπολογισμών των εντάσεων βραχυκυκλώσεως και των λοιπών στοιχείων εισάγεται η έννοια της εκατοστιαίας αντιστάσεως (πρόκειται για εκατοστιαία πτώση τάσεως), και είναι αδιάστατο μέγεθος και προσδιορίζεται από τη σχέση :

$$(x \% = \frac{I \cdot X}{U} \cdot 100) \text{ ή } (Z \% = \frac{I \cdot Z}{U} \cdot 100)$$

X ή Z είναι η αντίσταση είς τάση (φασική) U, και I η ένταση πλήρους φορτίου ή ονομαστική ένταση η οποία προκύπτει εκ της ονομαστικής φαινομένη ισχύος της συσκευής ή της ληφθείσας βασικής ισχύος.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η εκατοστιαία αντίσταση αναφέρεται πάντοτε σε μια φαινομένη ισχύ, η οποία ελήφθη για τον καθορισμό της τιμής αυτής.

Όταν δίνεται η εκατοστιαία αντίσταση μιας συσκευής (γεννήτριας, μετασχηματιστού κτλ), αυτό αναφέρεται κατά κανόνα στην ονομαστική ισχύ αυτής. Επειδή σε ένα σύστημα χρησιμοποιούνται συσκευές με διαφορετικούς ισχείς, για τον προσδιορισμό της συνολικής εκατοστιαίας αντιστάσεως του συστήματος, είναι απαραίτητο να αναχθούν σε επιμέρους εκατοστιαίες αντιστάσεις οι οποίες είναι ισοδύναμες και αναφέρονται σε μια ισχύ η οποία λαμβάνεται ως βασική.

Ως βασική ισχύς είναι δυνατό να εκλεγεί μια οποιαδήποτε ισχύς, κατά κανόνα όμως λαμβάνεται είτε η φαινομένη ισχύς μίας εκ των μονάδων ή το άθροισμα της ισχύος αυτών ή ακόμα μια ισχύ στο τετράγωνο της πολικής τιμής της τάσεως της λαμβανομένης ως βάσεως (π.χ. για γραμμή 15 kV μπορεί να ληφθεί $S=15^2=225$ KVA).

Στην παραπάνω περίπτωση η ένταση βραχυκύκλωσης προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$I = I \cdot \frac{100}{B \cdot X}$$

διότι από τη σχέση:

$$I = \frac{U}{B \cdot X}$$

με αντικατάσταση του $\frac{U}{X}$

$$\text{από τη σχέση: } X = \frac{I \cdot X}{U} \cdot 100$$

$$\text{προκύπτει ότι: } \frac{U}{X} = I \cdot \frac{100}{X} = I \cdot B$$

Με αυτό τον τρόπο η ένταση βραχυκύκλωσης προκύπτει ως το γινόμενο της ονομαστικής εντάσεως I επί εκατό διά της εκατοστιαίας επαγωγικής (ή σύνθετης) αντιστάσεως μέχρι το σημείο βραχυκυκλώματος, όπου I και X αναφέρονται από την ληφθείσα βασική ισχύ.

Γενικά για την μετατροπή μίας εκατοστιαίας επαγωγικής (ή σύνθετου) αντιστάσεως X επί μίας βάσεως S σε KVA σε μια ισοδύναμη εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση X_1 επί μίας βάσεως S_1 σε KVA ισχύει η σχέση:

$$X = X_1 \cdot \frac{S_1}{S} \quad \text{ή} \quad Z_1 = Z \cdot \frac{S_1}{S}$$

Διότι, σε βάση ισχύος S (τριφασική) και τάση V (φασική), έχουμε:

$$S = 3 \cdot U \cdot I \quad \text{και} \quad X = \frac{I \cdot X}{U} \cdot 100$$

Στην δέ βάση ισχύος S_1 (τριφασική) θα είναι:

$$S_1 = 3 \cdot U \cdot I_1 \quad \text{και} \quad X_1 = \frac{I_1 \cdot X}{U} \cdot 100$$

και επομένως:

$$\frac{S_1}{S} = \frac{I_1}{I} = \frac{X_1}{X} \quad \text{είτε} \quad X_1 = X \cdot \frac{S_1}{S}$$

Για την μετατροπή μίας εκατοστιαίας επαγωγικής (ή σύνθετου) αντιστάσεως X επί μίας βάσεως ισχύος S σε KVA σε μια πραγματική επαγωγική αντίσταση X σε Ω επί μίας βάσεως τάσεως U (πολικής) σε KV ισχύει η σχέση:

$$X = \frac{10 \cdot X \cdot U^2}{S} \quad \text{ή} \quad Z = \frac{10 \cdot Z \cdot U^2}{S}$$

$$\text{Διότι, } X = \frac{I \cdot X}{U} \cdot 100$$

$$\frac{I \cdot X}{\sqrt{3}}$$

όρα:

$$X = \frac{X \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I \cdot 100} = \frac{X \cdot U^2}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot 100}$$

$$= \frac{X \cdot U^2}{S \cdot 100} \left(\frac{V^2}{V \cdot A} \right)$$

$$\text{ή } X = \frac{X \cdot U^2}{S \cdot 100} \cdot \frac{1000^2 \text{ KV}^2}{1000 \text{ KVA}} \left(\frac{\text{KV}^2}{\text{KVA}} \right) = \frac{10 \cdot X \cdot U^2}{S} \left(\frac{\text{KV}^2}{\text{KVA}} \right)$$

Τέλος δια την μετατροπή μιας πραγματικής επαγωγικής (ή συνθετού) αντιστάσεως X σε Ω επί μιάς βασικής τάσης U (πολικής) σε KV σε μια εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση X επί μιάς βάσεως τριφασικής ισχύος S σε KVA ισχύει η κατωτέρω σχέση, η οποία προκύπτει από τη προηγούμενη διά της επίλυσης ως προς X :

$$X = \frac{X \cdot S}{10 \cdot U^2} \quad \text{ή} \quad Z = \frac{Z \cdot S}{10 \cdot U^2}$$

Δίνεται να αποδειχθεί ότι, αν υπάρχουν αντιστάσεις συνδεδεμένες σε σειρά η συνολική εκατοστιαία αντίσταση αυτών ισούται με το άροισμα των επιμέρους εκατοστιαίων αντιστάσεων (αρκεί να αναφέρονται σε αυτή τη βάση ισχύος).

Έστω π.χ. οι μερικές επαγωγικές αντιστάσεις στη σειρά X_1 , X_2 και X_3 αναφέρονται σε αυτή την βασική τάση. Η ένταση βραχυκυκλώσεως στο τέρμα των αντιστάσεων θα είναι:

$$I = \frac{U}{B \cdot x_1 + x_2 + x_3} = \frac{U}{\frac{U}{I} \cdot x_1 + \frac{U}{I} \cdot x_2 + \frac{U}{I} \cdot x_3} \cdot 100 =$$

$$I \cdot \frac{100}{x_1 + x_2 + x_3} = I \cdot \frac{100}{x_0} \text{ όταν } x_0 = x_1 + x_2 + x_3$$

Στην περίπτωση κατά την οποία οι πύο πάνω αντιστάσεις είναι συνδεδεμένες παράλληλα θα έχουμε:

$$I = \frac{U}{B \cdot x_0} = I \cdot \frac{100}{x_0}$$

$$\text{όπου } \frac{1}{x_0} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} =$$

$$= \frac{I}{U} \cdot \frac{100}{x_1} + \frac{I}{U} \cdot \frac{100}{x_2} + \frac{I}{U} \cdot \frac{100}{x_3} =$$

$$= \frac{I}{U} \cdot \frac{100}{x_0}$$

$$\text{όταν } \frac{1}{x_0} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3}$$

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι εκατοστιαίες αντιστάσεις, όταν συνδέονται σε σειρά ή παράλληλα συντίθενται όπως ακριβώς συμβαίνει και για τις πραγματικές αντιστάσεις.

Αντιδραστήρες ή στραγγαλιστικά πηνία περιορισμού της εντάσεως βραχυκυκλώσεως

Από τη σχέση:

$$I = I \cdot \frac{100}{X}$$

είναι φανερό ότι η ένταση βραχυκυκλώσεως I

είναι αντίστροφα ανάλογη της εκατοστιαίας επαγωγικής αντίστασης X , επομένως όταν αυξάνει η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση, μειώνεται ανάλογα η ένταση βραχυκυκλώσεως.

Στα σύγχρονα συστήματα παραγωγής - μεταφοράς στα οποία οι διάφοροι σταθμοί λειτουργούν παράλληλα οι εντάσεις βραχυκυκλώσεως λαμβάνουν λίγον υψηλή τιμή και για τον περιορισμό αυτών λαμβάνονται ειδικές προφυλάξεις απαραίτητες για την προστασία των εγκαταστάσεων.

Οι χρησιμοποιούμενοι μέθοδοι συνίστανται στη κατασκευή εναλλακτών με ταχεία απόσβεση του μεταβατικού φαινομένου (τύλιγμα σπασβέσεως) την διαφύλαξη των διασυνδέσεων μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του συστήματος, ούτως ώστε η συνολική εκατοστιαία αντίσταση να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή τιμή και τέλος όταν δεν υπάρχει άλλη δυνατότητα την τοποθέτηση αντιδραστήρων (στραγγαλιστικών πηνίων), μέσω των οποίων επιτυγχάνεται σημαντική ελάττωση της εντάσεως βραχυκυκλώσεως.

Η ανάγκη χρησιμοποίησης στραγγαλιστικών πηνίων, παρουσιάζεται κυρίως στις περιπτώσεις επεκτάσεως του συστήματος οπότε αν δεν ληφθούν μέτρα περιορισμού της εντάσεως βραχυκυκλώσεως θα απαιτηθεί ενδεχομένως αντικατάσταση των ελασιοδιεκοπών.

Πραστασία των διακοπών μέσω των αντιδραστήρων

Συχνά παρουσιάζεται η ανάγκη απομείωσης της ισχύος ενός Σταθμού. Αυτό δύναται να επιτευχθεί είτε μέσω προσθήκης νέων μονάδων είτε μέσω συνδέσεων αυτού με ένα σύστημα παραγωγής - μεταφοράς μέσω ενός υποσταθμού. Αυτή η επέκταση απομειώνει τις παρουσιάζόμενες εντάσεις βραχυκυκλώσεως με αποτέλεσμα να αυξάνει μέγιστα η ισχύς βραχυκυκλώσεως και να υπερβαίνει την επιτρεπόμενη ισχύ διακοπή των διακοπών.

Εδώ σημειώνουμε ότι, ισχύ βραχυκυκλώσεως ονομάζουμε το γινόμενο της εντάσεως της βραχυκυκλώσεως επί την ονομαστική τιμή της τάσεως. Στην περίπτωση τριφασικού συστήματος έχουμε:

$$S_B = \sqrt{3} \cdot I_B \cdot U_{\Pi} \text{ σε KVA}$$

αν: I_B = ένταση βραχυκυκλώσεως σε A.

U_{Π} = πολιτική τάση σε KV.

Από τις σχέσεις

$$I_B = I_{\text{ον}} \cdot \frac{100}{X} \text{ και } S_{\text{ον}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ον}} \cdot U_{\Pi}$$

προκύπτει ότι:

$$S_B = \sqrt{3} \cdot \frac{S_{\text{ον}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\Pi}} \cdot \frac{100}{X} \cdot U_{\Pi} = S_{\text{ον}} \cdot \frac{100}{X}$$

όρα

$$S = S_{\text{ον}} \cdot \frac{100}{X}$$

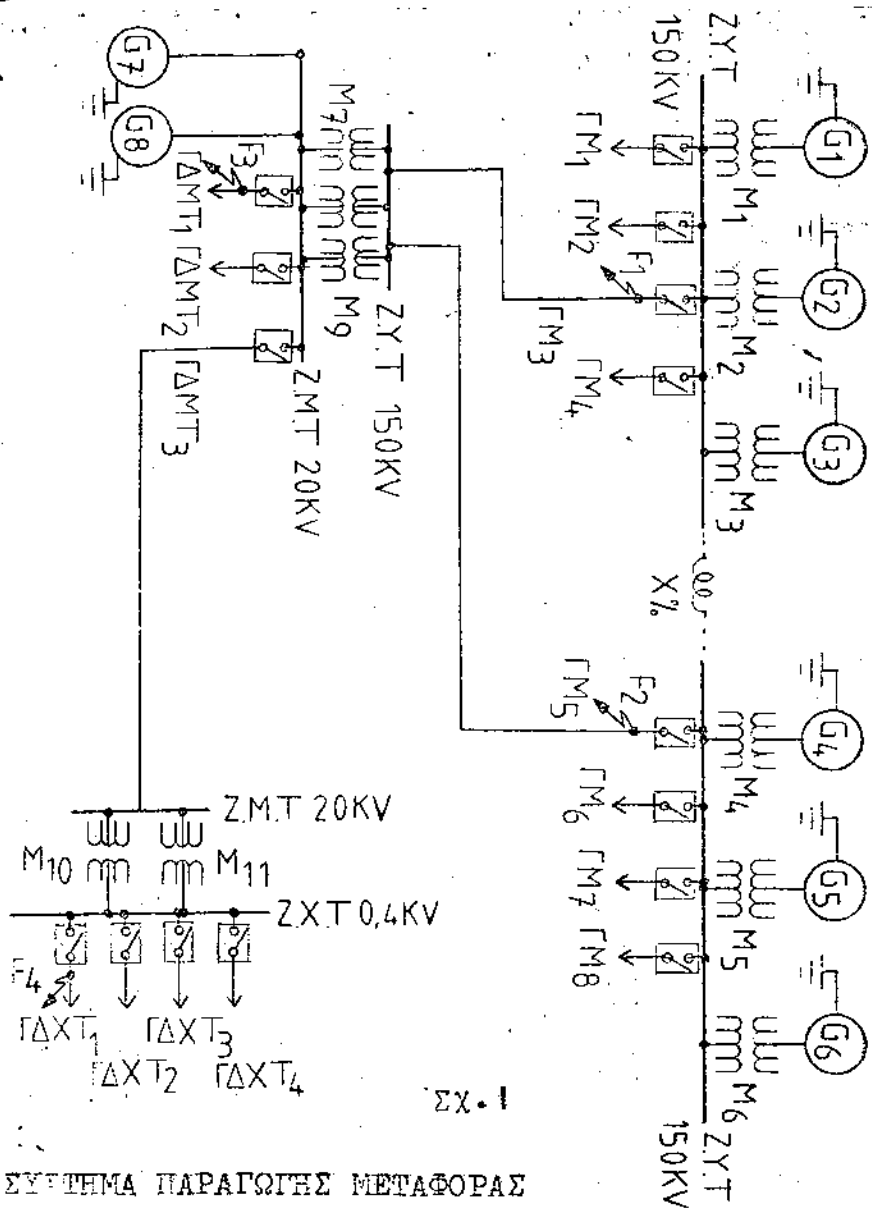
Στην περίπτωση υπερβάσεως της επιτρεπόμενης ισχύος διακοπής των υπαρχόντων στο σύστημα διακοπών, δύο λύσεις υπάρχουν:

- α). Η αντικατάσταση των διακοπών με άλλους, μεγαλύτερης ισχύος διακοπής.
- β). Η σύνδεση των ζυγών του υπάρχοντος Σταθμού με την κατασκευασόμενη επέκταση μέσω κατάλληλου αντιδραστήρα.

Η πρώτη λύση είναι κατά κανόνα απορριπτέα ως αντισοικονομική. Στη δεύτερη περίπτωση ο υπολογισμός του απαιτούμενου αντιδραστήρα δύναται να επιτευχθεί όπως στο υπολογιστικό μέρος της άσκησης που θα πραγματοποιηθεί πιο κάτω.

Υπολογισμοί Βραχυκυκλωμάτων

Θέμα:



ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Δεδομένα :

Το Σύστημα Παραγωγής - Μεταφοράς - Διανομής της Ηλεκτρικής Ενέργειας που φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο αποτελείται από τρεις βαθμίδες.

α) Υψηλής Τάσης β) Μέσης Τάσης γ) Χαμηλής Τάσης.

Για το συγκεκριμένο Σ.Η.Ε. δίνονται τα παρακάτω στοιχεία.

Α) ΒΑΘΜΙΔΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

1) Στον υποσταθμό ανύψωσης τάσης (15/150 KV) οι γεννήτριες έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

G1 :	75 MVA	15 KV	18%
G2 :	80 MVA	15 KV	15%
G3 :	"	"	"
G4 :	50 MVA	20 KV	12%
G5 :	60 MVA	20 KV	15%
G6 :	70 MVA	20 KV	20%

2) Οι Μ/Σ ανύψωσης τάσης

M1 :	75 MVA	15/150 KV	6%
M2 :	80 MVA	15/150 KV	8%
M3 :	80 MVA	15/150 KV	8%
M4 :	50 MVA	20/150 KV	12%
M5 :	60 MVA	20/150 KV	10%
M6 :	70 MVA	20/150 KV	12%

Β) ΒΑΘΜΙΔΑ ΜΕΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

Στον υποσταθμό υποβιβασμού τάσης (150/20 KV), δίνονται :

1) G7 : 20 MVA 20 KV 10%
 G8 : " " "

2) Οι Μ/Σ υποβιβασμού τάσης

M7 , M8 , M9 40 MVA 150/20 KV 4%

Γ) ΒΑΘΜΙΔΑ ΧΑΜΗΛΗΣ ΤΑΣΗΣ

1) Οι Μ/Σ υποβιβασμού τάσης (20/0,4 KV) έχουν στοιχεία :

M10 , M11 0,25 MVA 20/0,4 KV 1%

Τα στοιχεία των γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης είναι :

Γ.Μ.Υ.Τ. 3 100 KM $R_0=0,19\Omega/\text{KM}$ & φ $X_0=0,41\Omega/\text{KM}$
 & φ

Γ.Μ.Υ.Τ. 5 300 KM $R_0=0,038\Omega/\text{KM}$ & φ $X_0=0,38$
 Ω/KM & φ .

Τα στοιχεία των γραμμών διανομής μέσης τάσης είναι :

Γ.Δ.Μ.Τ. 3 40 KM $R_0=0,2\Omega/\text{KM}$ & φ $X_0=0,32\Omega/\text{KM}$
 & φ .

ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ

ζητείται να υπολογιστούν τα παρακάτω :

- 1) Ο υπολογισμός της εντάσεως βραχυκυκλώσεως Ιβ στα σημεία του σχ.1 F1, F2, F3, F4, χωρίς αντιδραστήρα και επίσης ο υπολογισμός των διακοπών ισχύος (1,2,3,4), (5,6,7,8), (9,10,11), (12,13,14,15).
- 2) Ο υπολογισμός με αντιδραστήρα ώστε να μην αλλάξουν οι ελασιοδιακόπτες (1,2,3,4).
- 3) Ο έλεγχος αν αντέχουν οι ελασιοδιακόπτες (9,10,11), (12,13,14,15) όταν ο αντιδραστήρας είναι συνδεδεμένος.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Α ΕΤΑΙΡΕΙΑ		Β ΕΤΑΙΡΕΙΑ	
25	MVA	25	MVA
50	«	70	«
75	«	75	«
100	«	100	«
150	«	200	«
250	«	300	«
350	«	400	«
500	«	500	«
750	«	600	«
1000	«	700	«
1250	«	800	«
1500	«	900	«
		1000	«
		1100	«
		1200	«
		1300	«
		1400	«
		1500	«

ΛΥΣΕΙΣ

Λαμβάνουμε αυθαίρετα μια βασική λοχύ

$$S_0 = 80.000 \text{ KVA} = 80 \text{ MVA}$$

και βρίσκουμε όλες τις εκατοστιακές επαγωγικές αντι-
στάσεις στην εν λόγω λοχύ.

1) Για την Υ.Τ έχουμε :

$$X'_{G1} = X_{G1} \cdot \frac{S_0}{S_{G1}} = 18 \cdot \frac{80}{75} = 19,2 \%$$

$$X'_{G2} = X_{G3} = X_{G2} \cdot \frac{S_0}{S_{G2}} = 15 \cdot \frac{80}{80} = 15 \%$$

$$X'_{G4} = X_{G4} \cdot \frac{S_0}{S_{G4}} = 12 \cdot \frac{80}{50} = 19,2 \%$$

$$X'_{G5} = X_{G5} \cdot \frac{S_0}{S_{G5}} = 15 \cdot \frac{80}{60} = 20 \%$$

$$X'_{G6} = X_{G6} \cdot \frac{S_0}{S_{G6}} = 20 \cdot \frac{80}{70} = 22,86 \%$$

$$X'_{M1} = X_{M1} \cdot \frac{S_0}{S_{M1}} = 6 \cdot \frac{80}{75} = 6,4 \%$$

$$X'_{M2} = X'_{M3} = X_{M2} \cdot \frac{S_0}{S_{M2}} = 8 \cdot \frac{80}{80} = 8 \%$$

$$X'_{M4} = X_{M4} \cdot \frac{S_0}{S_{M4}} = 12 \cdot \frac{80}{50} = 19,2 \%$$

$$X'_{M5} = X_{M5} \cdot \frac{S_0}{S_{M5}} = 10 \cdot \frac{80}{60} = 13,33 \%$$

$$X'_{M6} = X_{M6} \cdot \frac{S_0}{S_{M6}} = 12 \cdot \frac{80}{70} = 13,71 \%$$

Γ.Μ.Υ.Τ. 3 100 KM

$$Z=L(R_0+JX_0) = 100(0,19+J0,41)=19+J41=45,188\Omega$$

$$Z_{\Gamma} = \frac{Z \cdot S}{10 \cdot U^2} = \frac{45,188 \cdot 80 \cdot 000}{10 \cdot 150^2} = \frac{3615040}{225000} = 16,06 \%$$

Γ.Μ.Υ.Τ. 5 : 300 KM

$$Z=L(R_0+JX_0) = 300(0,038+J0,38)=11,4+J114=114,568\Omega$$

$$Z_{\Gamma} = \frac{114,568 \cdot 80 \cdot 000}{10 \cdot 150^2} = \frac{9165486,5}{225.000} = 40,73 \%$$

2) Για τη μέση τάση έχουμε

$$X'_{G7} = X_{G8} = X_{G7} \cdot \frac{S_0}{S_{G7}} = 10 \cdot \frac{80}{20} = 40 \%$$

$$X'_{M7} = X'_{M8} = X'_{M9} = X_{M7} \cdot \frac{S_0}{S_{M7}} = 4 \cdot \frac{80}{40} = 8 \%$$

Γ.Δ.Μ.Τ. 3 40 KM

$$Z=L(R_0+JX_0) = 40(0,2+J0,32)=8+J12,8=15,09\Omega$$

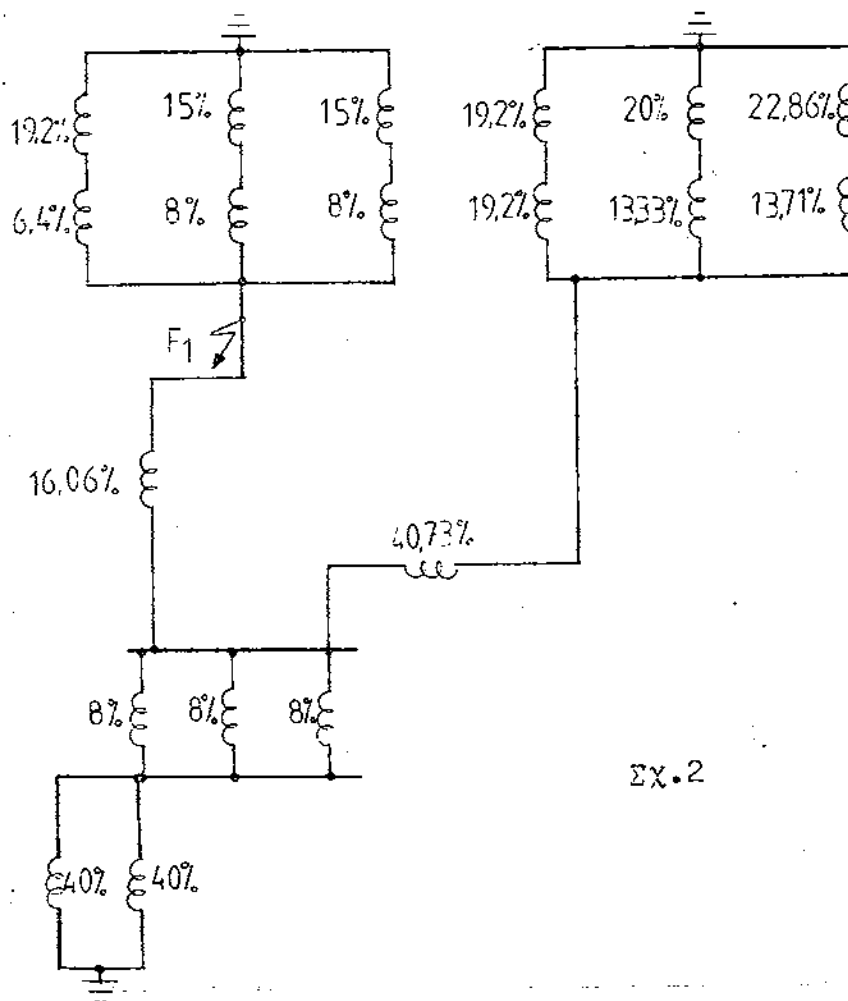
$$Z_{\Gamma} = \frac{15,09 \cdot 80 \cdot 000}{10 \cdot 20^2} = \frac{1207200}{4.000} = 301,8 \%$$

3) Για τη χαμηλή τάση

$$X'_{M10} = X'_{M11} = X_{M10} \cdot \frac{S_0}{S_{M10}} = 1 \cdot \frac{80}{0,25} = 320 \%$$

1) α) Υπολογίζουμε την ένταση βραχυκύκλωσης I_B και την ισχύ των ελατοδιακοπών στο σημείο F1.

Όταν πραγματοποιηθεί βραχυκύκλωμα στο σημείο F1 αντικαθιστούμε με τις επιμέρους εκατοστιαίες επαγωγικές αντιστάσεις τα στοιχεία του Σ.Η.Ε (δηλ. γεννήτριες, Μ/Σ, γραμμές μεταφοράς - Διανομής) στο Σχ.2



Σχ.2

Σύμφωνα με το σχ.2 έχουμε:

$$X_1 = 19,2 + 6,4 = 25,6 \%$$

$$X_2 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$X_3 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$X_4 = \frac{25,6 \cdot 23}{25,6 + 23} = 12,11 \%$$

$$X_5 = \frac{12,11 \cdot 23}{12,11 + 23} = 7,93 \%$$

$$X_6 = 19,2 + 19,2 = 38,4 \%$$

$$X_7 = 20 + 13,33 = 33,33 \%$$

$$X_8 = 22,86 + 13,71 = 36,57 \%$$

$$X_9 = \frac{38,4 \cdot 33,33}{38,4 + 33,33} = 17,84 \%$$

$$X_{10} = \frac{17,84 \cdot 36,57}{17,84 + 36,57} = 12 \%$$

$$X_{11} = 12 + 40,73 = 52,73 \%$$

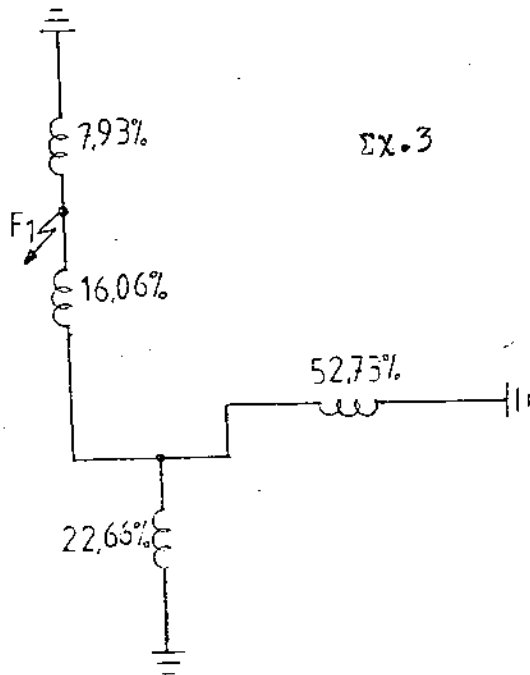
$$X_{12} = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \%$$

$$X_{13} = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = 2,66 \%$$

$$X_{14} = \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 20 \%$$

$$X_{15} = 20 + 2,66 = 22,66 \%$$

Προκύπτει το πιο κάτω κύκλωμα στο Σχ.3

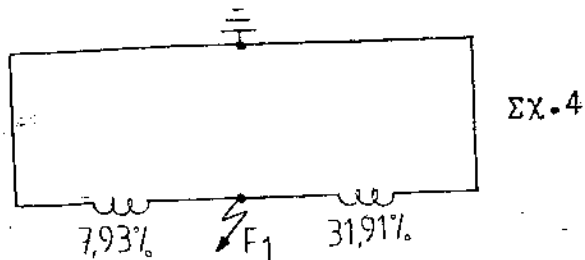


Σύμφωνα με το Σχ.3 έχουμε:

$$X_{16} = \frac{22,66 \cdot 52,73}{22,66 + 52,73} = 15,85 \%$$

$$X_{17} = 15,85 + 16,06 = 31,91 \%$$

Προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.4



Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X\% = \frac{7,93 \cdot 31,91}{7,93 + 31,91} = 6,35 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης I_B στο σημείο F1 είναι:

$$I_B = I \cdot \frac{100}{X\%} = 307,92 \cdot \frac{100}{6,35} = 4849,1 \text{ A}$$

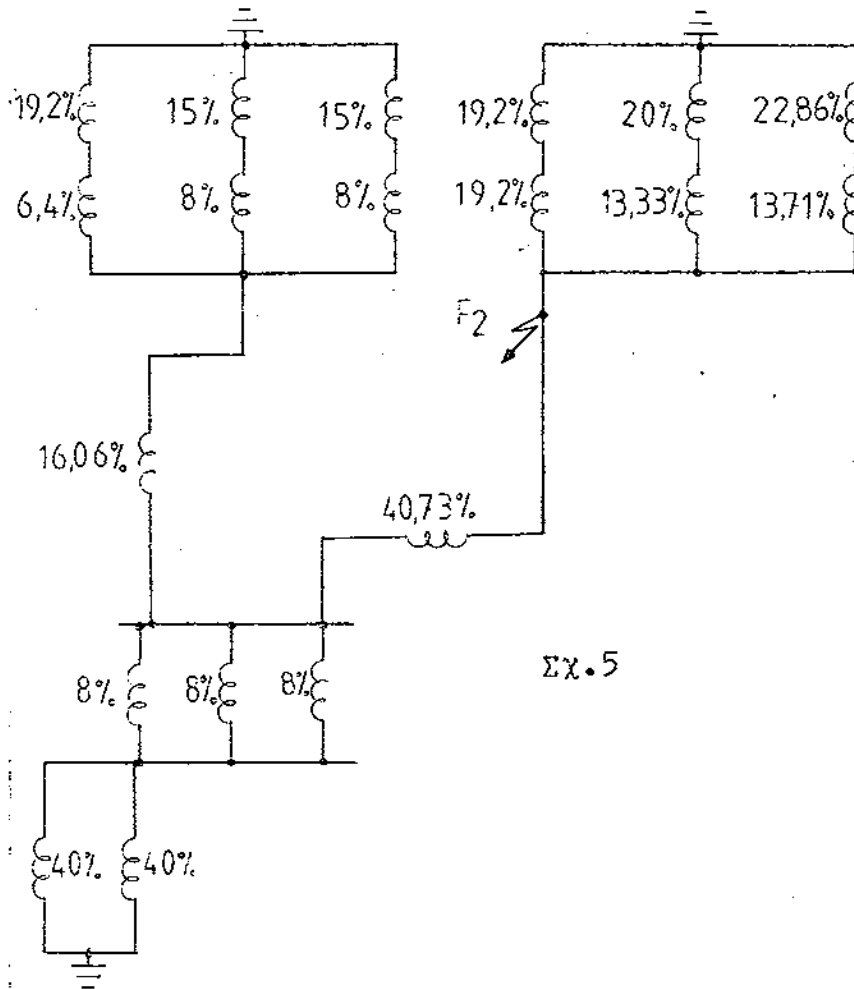
$$S = 1,73 \cdot I \cdot V \Rightarrow I_{\text{ον}} = \frac{80.000}{1,73 \cdot 150} = 307,92 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκύκλωσης θα είναι:

$$\begin{aligned} S_B &= S_{\text{ον}} \cdot \frac{100}{X\%} = 80.000 \cdot \frac{100}{6,35} = 1259842 \text{ KVA} = \\ &= 1259,8 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Άρα διαλέγουμε διακόπτες των 1500 MVA από το Α εργοστάσιο και επίσης διαλέγουμε διακόπτες 1300 MVA από το Β εργοστάσιο (πίνακας 1., σελ 15).

β) Υπολογίζουμε την ένταση βραχυκύκλωσης I_B και την ισχύ των ελασμοδιακοπών στο σημείο F2.



Σχ.5

Σύμφωνα με το Σχ.5 έχουμε:

$$X_1 = 19,2 + 6,4 = 25,6 \%$$

$$X_2 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$X_3 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$x_4 = \frac{25,6 \cdot 23}{25,6 + 23} = 12,11 \%$$

$$x_5 = \frac{12,11 \cdot 23}{12,11 + 23} = 7,93 \%$$

$$x_6 = 7,93 + 16,06 = 24 \%$$

$$x_7 = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \%$$

$$x_8 = \frac{8 \cdot 4}{8 + 4} = 2,66 \%$$

$$x_9 = \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 20 \%$$

$$x_{10} = 20 + 2,66 = 22,66 \%$$

$$x_{11} = 19,2 + 19,2 = 38,4 \%$$

$$x_{12} = 20 + 13,33 = 33,33 \%$$

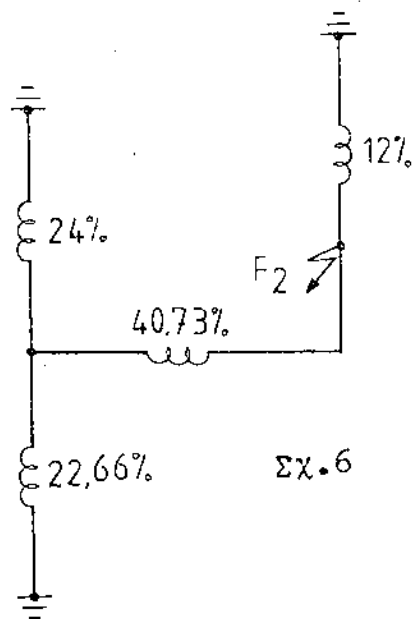
$$x_{13} = 22,86 + 13,71 = 36,57 \%$$

$$x_{14} = \frac{38,4 \cdot 33,33}{38,4 + 33,33} = 17,84 \%$$

$$x_{15} = \frac{17,84 \cdot 36,57}{17,84 + 36,57} = 12 \%$$

Έτσι προκύπτει το
διπλανό κύκλωμα στο

Σχ.6



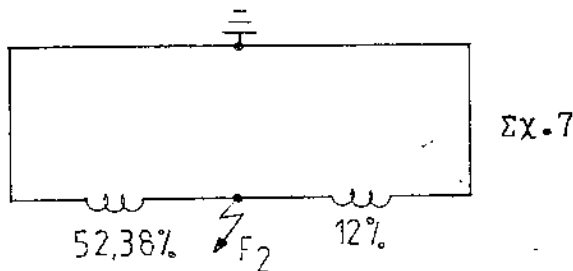
Σχ.6

Σύμφωνα με το ΣΧ.6 έχουμε:

$$X_{16} = \frac{24 \cdot 22,66}{24 + 22,66} = 11,65 \%$$

$$X_{17} = 11,65 + 40,73 = 52,38 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του ΣΧ.7



Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X\% = \frac{52,38 \cdot 12}{52,38 + 12} = 9,76 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης I_B στο σημείο F2 είναι:

$$I_B = I \frac{100}{X\%} = 307,92 \frac{100}{9,76} = 3154,9 \text{ A}$$

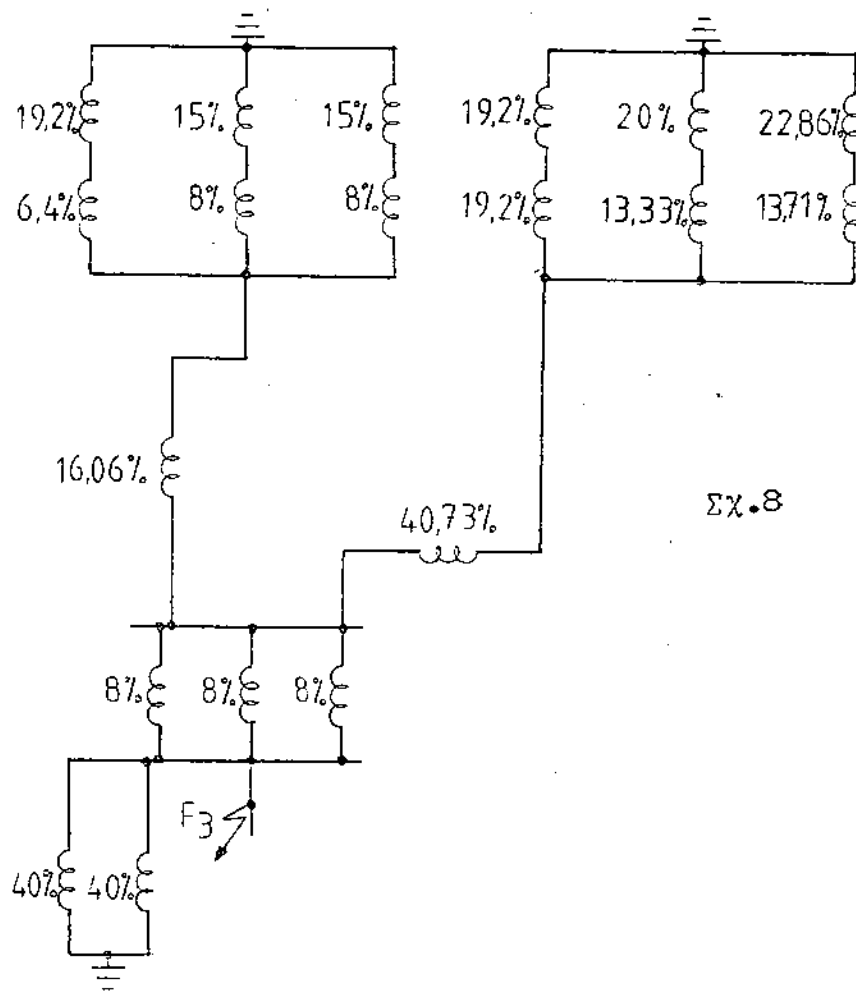
$$S = 1,73 \cdot I \cdot V \Rightarrow I_{\text{ον}} = \frac{80 \cdot 000}{1,73 \cdot 150} = 307,92 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκύκλωσης θα είναι:

$$S_B = S_{\text{ον}} \cdot \frac{100}{X\%} = 80 \cdot 000 \cdot \frac{100}{9,76} = 819672 \text{ KVA} = 819,6 \text{ MVA}$$

Άρα διαλέγουμε διακόπτες των 1000 MVA από το Α εργοστάσιο και επίσης διαλέγουμε διακόπτες 900 MVA από το Β εργοστάσιο (πίνακας 1,σελ.15).

γ) Υπολογίζουμε την ένταση βραχυκύκλωσης I_B και την ισχύ των ελασμοδιακοπών στο σημείο F3.



Σύμφωνα με το Σχ. 8 έχουμε:

$$X1 = 19,2 + 6,4 = 25,6 \%$$

$$X2 = X3 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$X4 = \frac{25,6 \cdot 23}{25,6 + 23} = 12,11 \%$$

$$x_5 = \frac{12,11 \cdot 23}{12,11 + 23} = 7,93 \%$$

$$x_6 = 7,93 + 16,06 = 24 \%$$

$$x_7 = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \%$$

$$x_8 = \frac{8 \cdot 4}{8 + 4} = 2,66 \%$$

$$x_9 = \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 20 \%$$

$$x_{10} = 19,2 + 19,2 = 38,4 \%$$

$$x_{11} = 20 + 13,33 = 33,33 \%$$

$$x_{12} = 22,86 + 13,71 = 36,57 \%$$

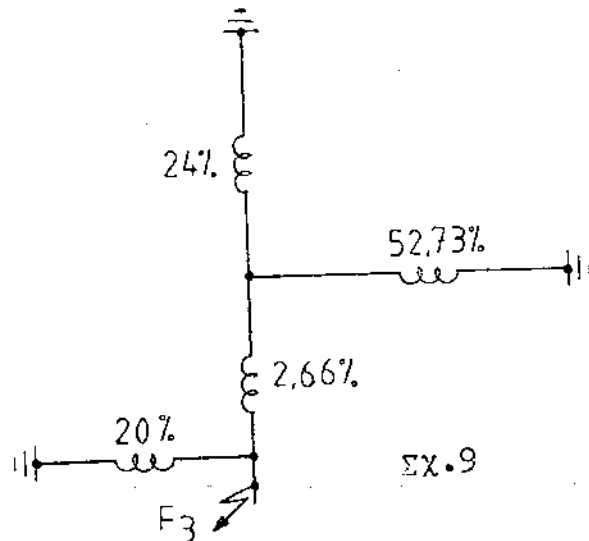
$$x_{13} = \frac{38,4 \cdot 33,33}{38,4 + 33,33} = 17,84 \%$$

$$x_{14} = \frac{17,84 \cdot 36,57}{17,84 + 36,57} = 12 \%$$

$$x_{15} = 12 + 40,73 = 52,73 \%$$

Έτσι προκύπτει το
διπλοσκό κύκλωμα στο

ΣΧ.9

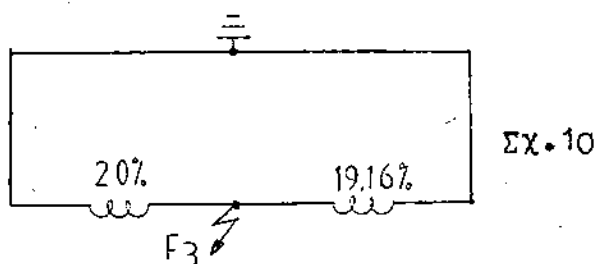


Σύμφωνα με το Σχ.9 έχουμε:

$$X_{16} = \frac{24 \cdot 52,73}{24 + 52,73} = 16,5 \%$$

$$X_{17} = 16,5 + 2,66 = 19,16 \%$$

Έτσι προκύπτει το κέκλωμα του Σχ.10



Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X\% = \frac{20 \cdot 19,16}{20 + 19,16} = 9,78 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης I_B στο σημείο F_3 είναι:

$$I_B = I \frac{100}{X\%} = 2309,4 \frac{100}{9,78} = 23613,49 \text{ A}$$

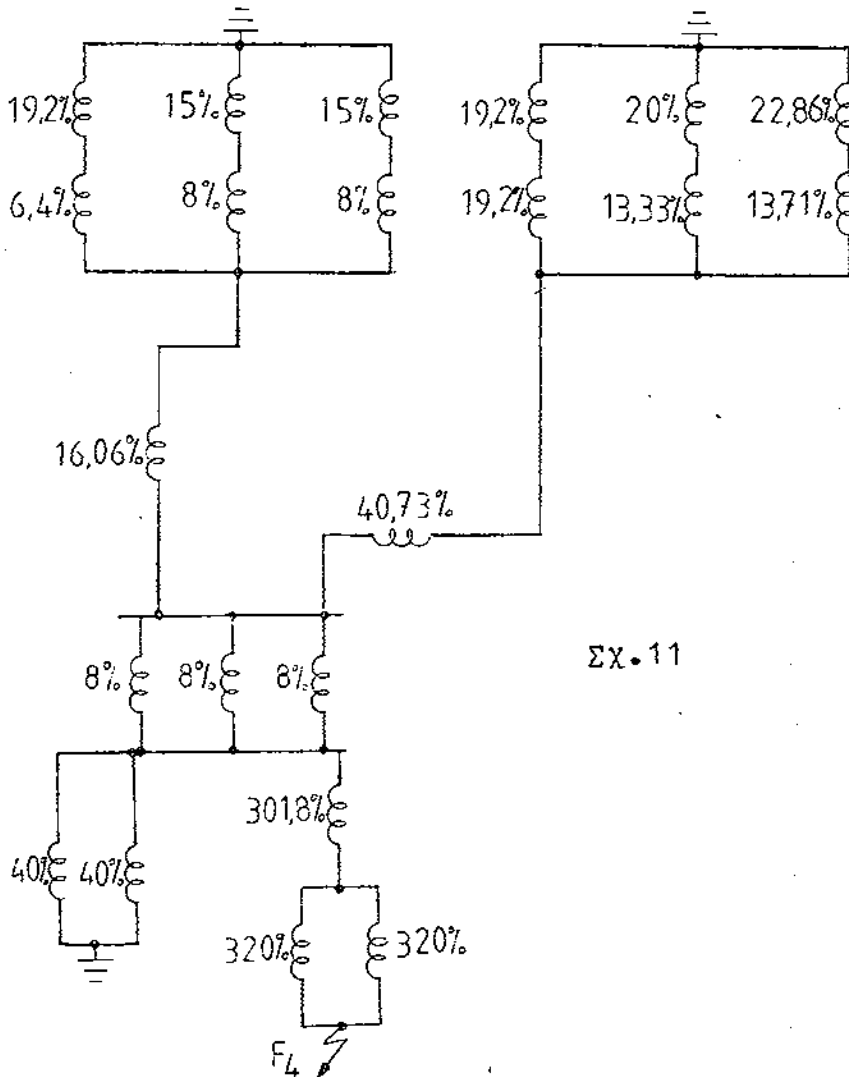
$$I = \frac{S}{1,73 \cdot U} = \frac{80.000}{1,73 \cdot 20} = 2309,4 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκυκλώσεως θα είναι:

$$S_B = S_{ov} \cdot \frac{100}{X\%} = 80.000 \frac{100}{9,78} = 817995,9 \text{ ΚVA} = 817,9 \text{ MVA}$$

Άρα διαλέγουμε διακόπτες των 1000 MVA από το Α εργοστάσιο και επίσης διαλέγουμε διακόπτες 900 MVA από το Β εργοστάσιο (πέντακας 1,σελ.15).

δ) Υπολογίζουμε την ένταση βραχυκύκλωσης I_B και την ισχύ των ελασιοδιακοπών στο σημείο F4.



ΣΧ. 11

$$X1 = 19,2 + 6,4 = 25,6 \%$$

$$X2 = X3 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$x_4 = \frac{25,6 \cdot 23}{25,6 + 23} = 12,11 \%$$

$$x_5 = \frac{12,11 \cdot 23}{12,11 + 23} = 7,93 \%$$

$$x_6 = 7,93 + 16,06 = 24 \%$$

$$x_7 = 19,2 + 19,2 = 38,4 \%$$

$$x_8 = 20 + 13,33 = 33,33 \%$$

$$x_9 = 22,86 + 13,71 = 36,57 \%$$

$$x_{10} = \frac{38,4 \cdot 33,33}{38,4 + 33,33} = 17,84 \%$$

$$x_{11} = \frac{17,84 \cdot 36,57}{17,84 + 36,57} = 12 \%$$

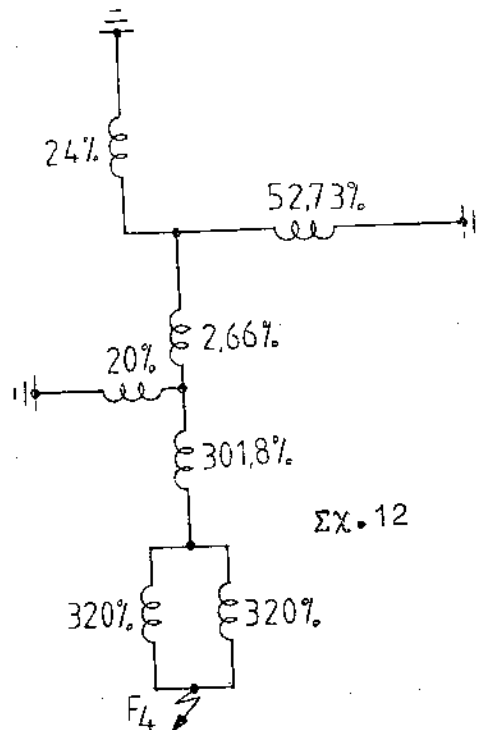
$$x_{12} = 12 + 40,73 = 52,73 \%$$

$$x_{13} = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \%$$

$$x_{14} = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = 2,66 \%$$

$$x_{15} = \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 20 \%$$

Έτσι προκύπτει το
διπλανό κύκλωμα στο
Σχ. 12



Σύμφωνα με το Σχ.12 έχουμε:

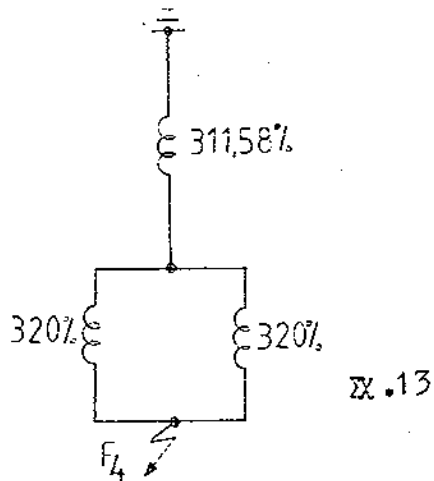
$$x_{16} = \frac{24 \cdot 52,73}{24 + 52,73} = 16,5 \%$$

$$x_{17} = 16,5 + 2,66 = 19,16 \%$$

$$x_{18} = \frac{20 \cdot 19,16}{20 + 19,16} = 9,78 \%$$

$$x_{19} = 9,78 + 301,8 = 311,58 \%$$

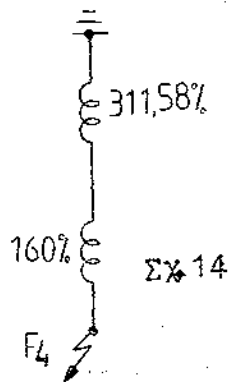
Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.13



Σύμφωνα με το Σχ.13 έχουμε:

$$x_{20} = \frac{320 \cdot 320}{320 + 320} = 160 \%$$

Έτσι προκύπτει το δευτερό κύκλωμα στο Σχ.14 όπου η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση του κυκλώματος είναι:



$$X\% = 160 + 311,58 = 471,58 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης $I\beta$ στο σημείο F4 είναι:

$$I\beta = I \frac{100}{X\%} = 115.470 \frac{100}{471,78} = 24.485,77 \text{ A}$$

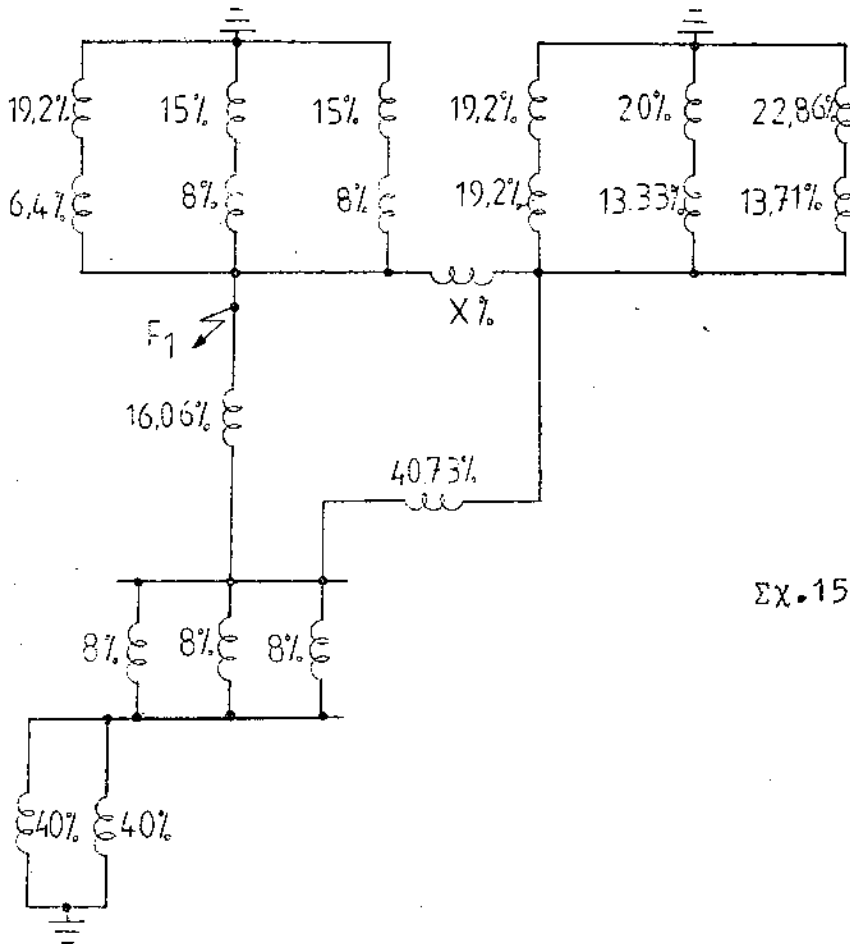
$$I = \frac{80.000}{1,73 \cdot 0,4} = 115.470 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκύκλωσης θα είναι:

$$S\beta = S_{ov} \cdot \frac{100}{X\%} = 80.000 \cdot \frac{100}{471,58} = 16.964,24 \text{ KVA} = \\ = 17 \text{ MVA}$$

Άρα διαλέγουμε διακόπτες των 25 MVA και από τα δύο εργοστάσια (πίνακας 1, σελ. 15).

2) Για να πραγματοποιήσουμε τον υπολογισμό του αντιδραστήρα ώστε να μην αλλάξουν οι ελασιδικότητες (1,2,3,4), πραγματοποιούμε το βραχυκύκλωμα στο σημείο F_1 του Σ.Η.Ε.



Σχ.15

Σύμφωνα με το Σχ.15 έχουμε:

$$x_1 = 19,2 + 6,4 = 25,6 \%$$

$$x_2 = x_3 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$X4 = \frac{25,6 \cdot 23}{25,6 + 23} = 12,11 \%$$

$$X5 = \frac{12,11 \cdot 23}{12,11 + 23} = 7,93 \%$$

$$X6 = 19,2 + 19,2 = 38,4 \%$$

$$X7 = 20 + 13,33 = 33,33 \%$$

$$X8 = 22,86 + 13,71 = 36,57 \%$$

$$X9 = \frac{38,4 \cdot 33,33}{38,4 + 33,33} = 17,84 \%$$

$$X10 = \frac{17,84 \cdot 36,57}{17,84 + 36,57} = 12 \%$$

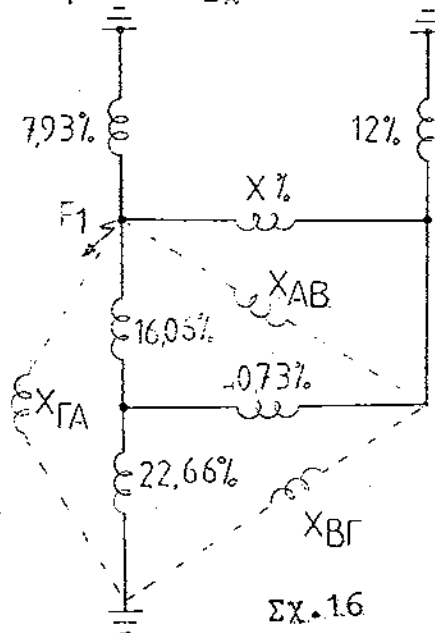
$$X11 = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \%$$

$$X12 = \frac{4 \cdot 8}{4 + 8} = 2,66 \%$$

$$X13 = \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 20 \%$$

$$X14 = 20 + 2,66 = 22,66 \%$$

Προκύπτει το πιο κάτω κύκλωμα στο Σχ. 16 (χωρίς τις εκατοστιαίες επαγωγικές αντιστάσεις που είναι σχεδιασμένες με διακεκομμένες γραμμές).



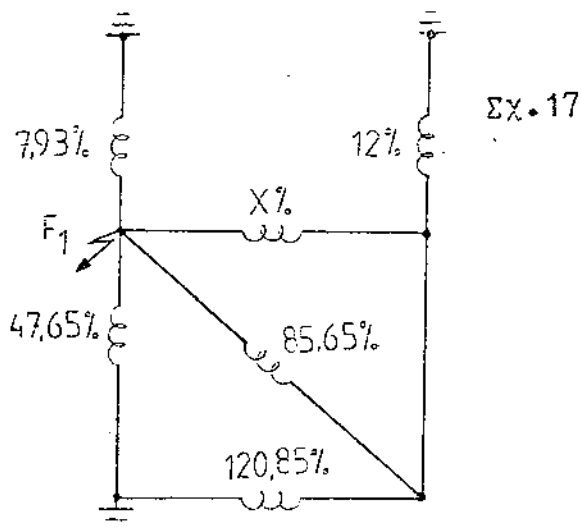
Στο κύκλωμα του σχ.16 μετατρέπουμε τον αστέρα λ που υπάρχει σε τρίγωνο Δ (είναι οι εκατοστιαίες επαγωγικές αντιστάσεις με τις διακεκομμένες γραμμές) για να το απλοποιήσουμε και έχουμε:

$$X_{AB} = \frac{16,06 \cdot 40,73 + 40,73 \cdot 22,66 + 22,66 \cdot 16,06}{22,66} = 85,65 \%$$

$$X_{BF} = \frac{16,06 \cdot 40,73 + 40,73 \cdot 22,66 + 22,66 \cdot 16,06}{16,06} = 120,85 \%$$

$$X_{FA} = \frac{16,06 \cdot 40,73 + 40,73 \cdot 22,66 + 22,66 \cdot 16,06}{40,73} = 47,65 \%$$

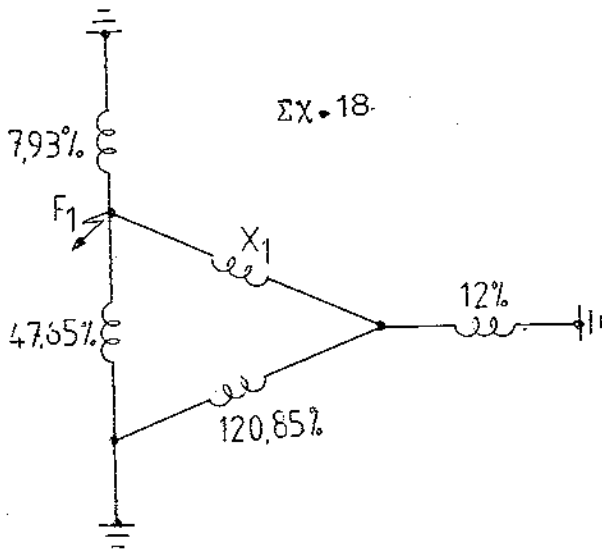
Προκύπτει το κύκλωμα του σχ.17



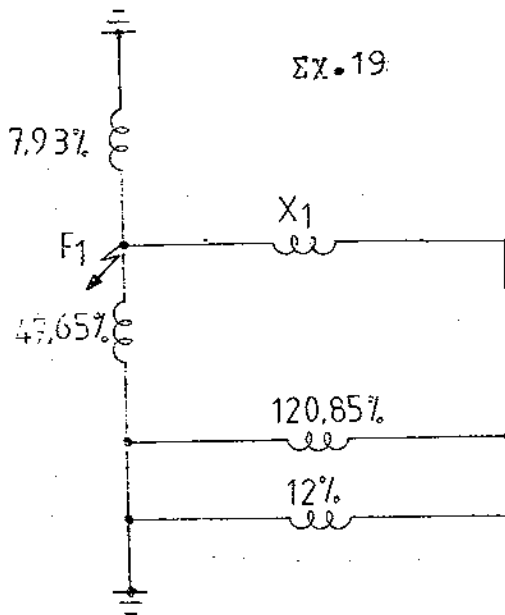
Σύμφωνα με το κύκλωμα του σχ.17 έχουμε:

$$X_1 = \frac{85,65 \cdot X}{85,65 + X}$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.18



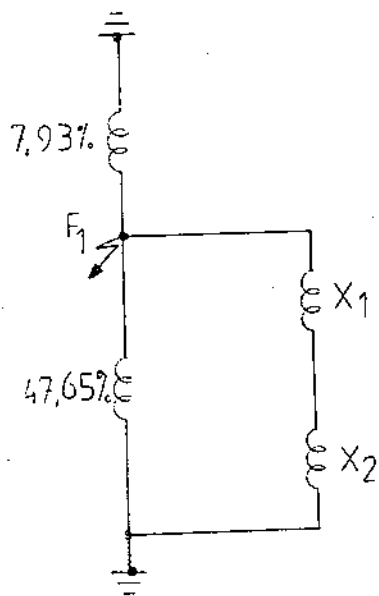
Το κύκλωμα του Σχ.18 μπορεί να σχεδιαστεί για απλοποίηση όπως το κύκλωμα του Σχ.19.



Σύμφωνα με το σχ.19 έχουμε:

$$X_2 = \frac{120,85 \cdot 12}{120,85 + 12} = 10,91 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του σχ.20

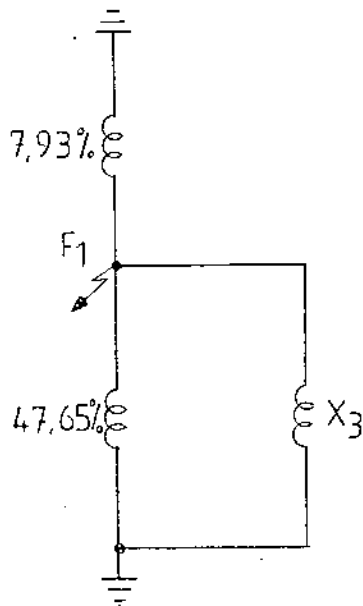


Σχ.20

Σύμφωνα με το σχ.20 έχουμε:

$$\begin{aligned}
 X_3 &= X_2 + X_1 = \frac{85,65 \cdot X}{85,65 + X} + 10,91 = \\
 &= \frac{85,65 \cdot X + 934,44 + 10,91 \cdot X}{85,65 + X} = \\
 &= \frac{934,44 + 96,56 \cdot X}{85,65 + X}
 \end{aligned}$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.21.



Σχ.21

Σύμφωνα με το Σχ.21 έχουμε:

$$X_4 = \frac{X_3 \cdot 47,65}{X_3 + 47,65} =$$

$$= \frac{934,44 + 96,56 \cdot X}{85,65 + X} \cdot 47,65 =$$

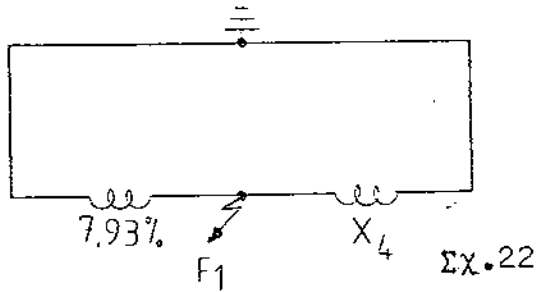
$$\frac{934,44 + 96,56 \cdot X}{85,65 + X} + 47,65$$

$$= \frac{44526,066 + 4601,084 \cdot X}{85,65 + X} \Rightarrow$$

$$\frac{934,44 + 96,56 \cdot X + 4081,22 + 47,65 \cdot X}{85,65 + X}$$

$$X_4 = \frac{44526,066 + 4601,084 \cdot X}{5015,66 + 144,21 \cdot X}$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.22



Σύμφωνα με το Σχ.22 έχουμε:

$$X_{5\%} = \frac{7,93 \cdot X_4}{7,93 + X_4}$$

$$= \frac{7,93 \cdot \frac{44526,066 + 4601,084 \cdot X}{5015,66 + 144,21 \cdot X}}{7,93 + \frac{44526,066 + 4601,084 \cdot X}{5015,66 + 144,21 \cdot X}}$$

$$= \frac{\frac{353091,7 + 36486,59 \cdot X}{5015,66 + 144,21 \cdot X}}{\frac{39774,18 + 1143,58 \cdot X + 44526,066 + 4601,084 \cdot X}{5015,66 + 144,21 \cdot X}}$$

$$= \frac{353091,7 + 36486,59 \cdot X}{84300,246 + 5744,66 \cdot X} = X_{5\%}$$

Για να μην απειληθεί αντικατάσταση των διακοπών του Α εργοστασίου θα πρέπει η ισχύς βραχυκυκλώσεως S_B να μην υπερβεί τα 1500 MVA

$$S_B = S_{ov} \cdot \frac{100}{X\%}$$

$$1.500.000 = 80.000 \cdot \frac{100}{\frac{353091,7 + 36486,59 \cdot X}{84300,246 + 5744,66 \cdot X}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 15 = \frac{80}{\frac{353091,7 + 36486,59 \cdot X}{84300,246 + 5744,66 \cdot X}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 15 = \frac{80(84300,246 + 5744,66 \cdot X)}{353091,7 + 36486,59 \cdot X} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 15 = \frac{6744019,68 + 459572,8 \cdot X}{353091,7 + 36486,59 \cdot X} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 15(353091,7 + 36486,59 \cdot X) = 6744019,68 + 459572,8 \cdot X \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 5296375,5 + 547298,85 \cdot X = 6744019,68 + 459572,8 \cdot X \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 547298,85 \cdot X - 459572,8 \cdot X = 6744019,68 - 5296375,5 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 87726,05 \cdot X = 1447644,18 \Rightarrow$$

Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X\% = \frac{1447644,18}{87726,05} = 16,5\%$$

Αν η τάση είναι 150 KV (πολική) και η συχνότητα 50 ΗZ τότε ο συντελεστής αυτεπαγωγής του κηνέου υπολογίζεται ως εξής:

Πρώτα βρίσκουμε την πραγματική επαγωγική αντίσταση που είναι :

$$X = \frac{10 \cdot X\%U^2}{S} = \frac{10 \cdot 16,5 \cdot 150^2}{80 \cdot 000} = 46,4 \Omega/\varphi$$

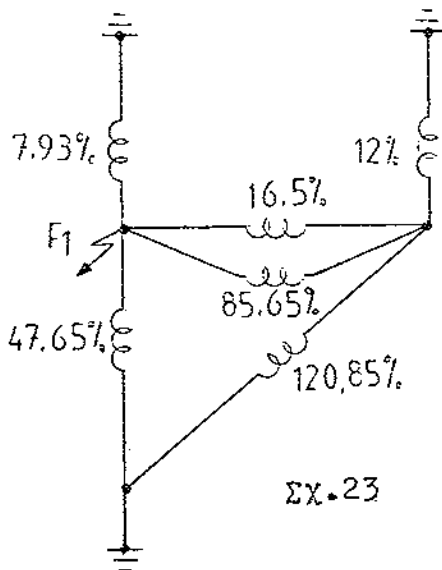
και επομένως:

$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{46,4}{314} = 0,147\text{H} = 147 \text{mH}$$

Έτσι επιλέγουμε τριφ. αντιδραστήρα ο οποίος θα δουλεύει με $U_p=150$ KV και θα έχει 147 mH/φ και έτσι δεν θα αλλαχθούν οι ελ/πτες 1,2,3,4.

Επαλήθευση

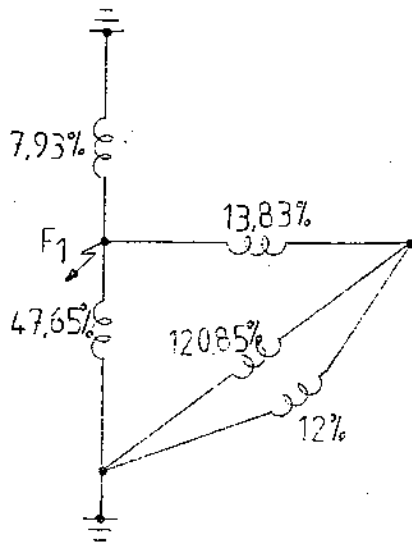
Αντικαθιστούμε την εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση $X\%=16,5\%$ στο κύκλωμα του σχ.23 και έχουμε:



Σύμφωνα με το Σχ.23 έχουμε:

$$X1 = \frac{16,5 \cdot 85,65}{16,5 + 85,65} = 13,83 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.24 το οποίο είναι πιο απλοποιημένο.



Σχ.24

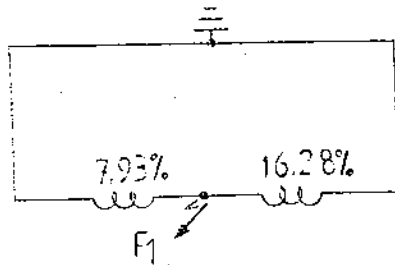
Σύμφωνα με αυτό έχουμε:

$$X2 = \frac{120,85 \cdot 12}{120,85 + 12} = 10,91 \%$$

$$X3 = 10,91 + 13,85 = 24,74 \%$$

$$X4 = \frac{24,74 \cdot 47,65}{24,74 + 47,65} = 16,28 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.25



Σχ.25

Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X_{5\%} = \frac{7,93 \cdot 16,28}{7,93 + 16,28} = 5,34 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης I_B σε σημείο F1 είναι:

$$I_B = I \cdot \frac{100}{X\%} = 307,92 \cdot \frac{100}{5,34} = 5777,1 \text{ A}$$

$$S = 1,73 \cdot U \cdot I \Rightarrow I = \frac{80.000}{1,73 \cdot 150} = 307,92 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκυκλώσεως θα είναι:

$$S_B = S_{av} \cdot \frac{100}{X\%} = 80.000 \cdot \frac{100}{5,34} = 1.498.127 = 1.500.000 \text{ ΚVA}$$

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήσουμε διακόπτες του Β εργοστασίου για να μην απαιτηθεί αντικατάσταση τους θα πρέπει η ισχύς βραχυκύκλωσης S_B να μην υπερβεί τα 1300 MVA.

$$S_B = S_{av} \cdot \frac{100}{X\%}$$



$$1.300.000 = \cancel{80}.000 \cdot \frac{353091,7 + 36486,59 \cdot X}{84300,246 + 5744,66 \cdot X} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 13 = \frac{80}{353091,7 + 36486,59 \cdot X} \Rightarrow$$

$$84300,246 + 5744,66 \cdot X$$

$$\Rightarrow 13 = \frac{80(84300,246 + 5744,66 \cdot X)}{353091,7 + 36486,59 \cdot X} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 13 = \frac{6744019,68 + 459572,8 \cdot X}{353091,7 + 36486,59 \cdot X} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 13(353091,7 + 36486,59 \cdot X) = 6744019,68 + 459572,8 \cdot X \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4590192,1 + 474325,67 \cdot X = 6744019,68 + 459572,8 \cdot X \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 474325,67 \cdot X - 459572,8 \cdot X = 6744019,68 - 4590192,1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 14752,87 \cdot X = 2153827,58 \Rightarrow$$

Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X \% = \frac{2153827,58}{14752,87} = 145,99 \%$$

Αν η τάση είναι 150 V (πολική) και η συχνότητα 50 Ηz τότε ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου υπολογίζεται ως εξής:

Πρώτα βρίσκουμε την πραγματική επαγωγική αντίσταση που είναι:

$$X = \frac{10 \cdot X \% \cdot U^2}{S} = \frac{10 \cdot 145,99 \cdot 150^2}{80.000} = 410,59 \Omega/\varphi.$$

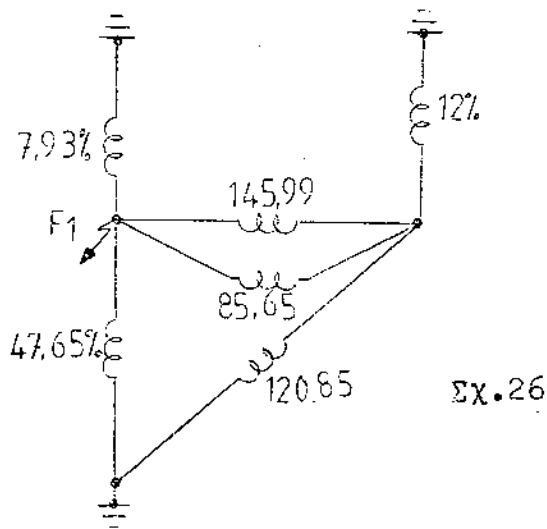
και επομένως:

$$L = \frac{X}{\omega} = \frac{410,59}{314} = 1,3 \text{ Η/φ} = 1300 \text{ μΗ/φ}$$

Έτσι επιλέγουμε τριφ. αντιδραστήρα ο οποίος θα δουλεύει με $U_{\text{π}}=150 \text{ ΚV}$ και θα έχει 1300 μΗ/φ και έτσι δεν θα αλλαχθούν οι ελ/πτες 1,2,3,4.

επαλήθευση

Αντικαθιστούμε την εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση $X\%=145,99 \%$ στο κύκλωμα του σχ.26 και έχουμε:

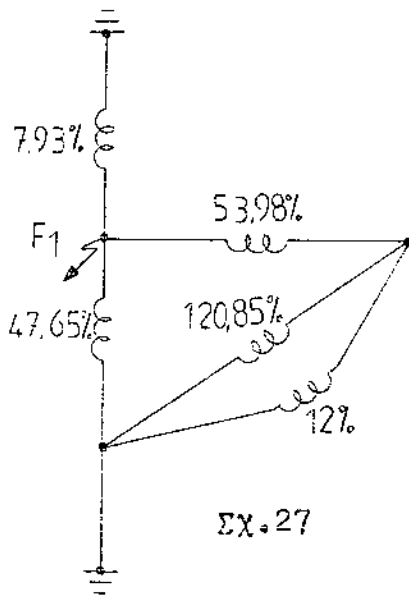


Σύμφωνα με αυτό έχουμε:

$$X_1 = \frac{145,99 \cdot 85,65}{145,99 + 85,65} = 53,98 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του σχ.27 το οποίο εβ-

να είναι πιο απλοποιημένο.



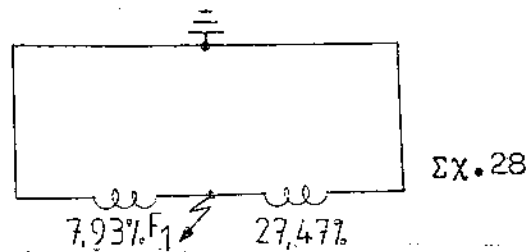
Σύμφωνα με αυτό το κύκλωμα έχουμε:

$$X_2 = \frac{120,85 \cdot 12}{120,85 + 12} = 10,91 \%$$

$$X_3 = 53,98 + 10,91 = 64,89 \%$$

$$X_4 = \frac{47,66 \cdot 64,89}{47,66 + 64,89} = 27,47 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ. 28



Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X_5\% = \frac{7,93 \cdot 27,47}{7,93 + 27,47} = 6,16 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης στο σημείο F1 είναι:

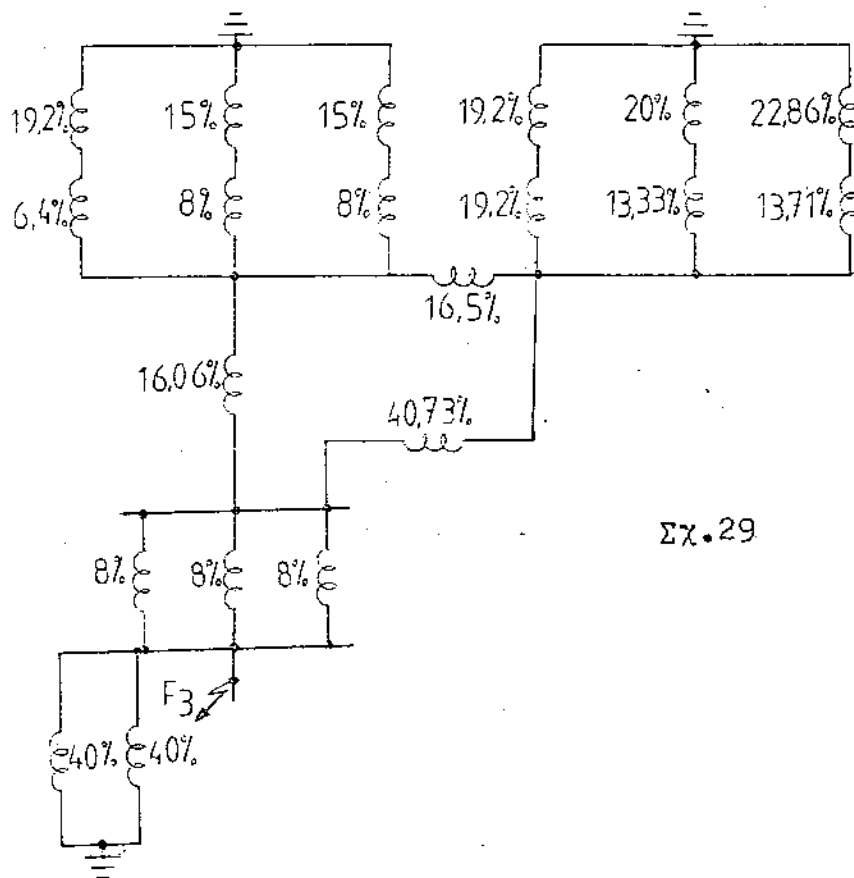
$$I_B = I \frac{100}{X\%} = 307,92 \cdot \frac{100}{6,16} = 4998,7 \text{ A}$$

$$S = 1,73 \cdot U \cdot I \Rightarrow I = \frac{80.000}{1,73 \cdot 150} = 307,92 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκυκλώσεως θα είναι:

$$S_B = S_{ov} \cdot \frac{100}{X\%} = 80.000 \cdot \frac{100}{6,16} = 1.298.701 \text{ KVA} = \\ = 1300 \text{ MVA.}$$

3) α) Έλεγχος των ελ/των 9, 10, 11 όταν ο αντιδραστήρας είναι τοποθετημένος.



Σχ. 29

Σύμφωνα με το Σχ. 29 έχουμε:

$$X_1 = 19,2 + 6,4 = 25,6 \%$$

$$X_2 = X_3 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$X_4 = \frac{25,6 \cdot 23}{25,6 + 23} = 12,11 \%$$

$$X_5 = \frac{23 \cdot 12,11}{23 + 12,11} = 7,93 \%$$

$$X_6 = 19,2 + 19,2 = 38,4 \%$$

$$X_7 = 20 + 13,33 = 33,33 \%$$

$$X_8 = 22,86 + 13,71 = 36,57 \%$$

$$X_9 = \frac{38,4 \cdot 33,33}{38,4 + 33,33} = 17,84 \%$$

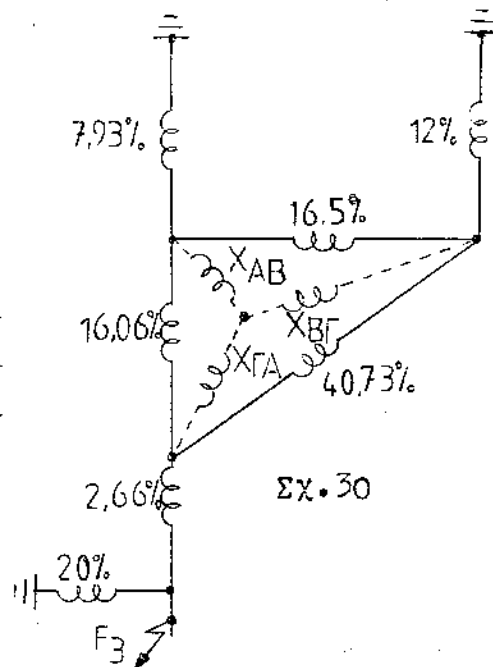
$$X_{10} = \frac{17,84 \cdot 36,57}{17,84 + 36,57} = 12 \%$$

$$X_{11} = \frac{8 \cdot 8}{8 + 8} = 4 \%$$

$$X_{12} = \frac{8 \cdot 4}{8 + 4} = 2,66 \%$$

$$X_{13} = \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 20 \%$$

Προκύπτει το πιο κάτω κύκλωμα στο Σχ. 30 (χωρίς τις εκατοστιαίες επαγωγικές αντιστάσεις που είναι σχεδιασμένες με διακεκομμένες γραμμές).



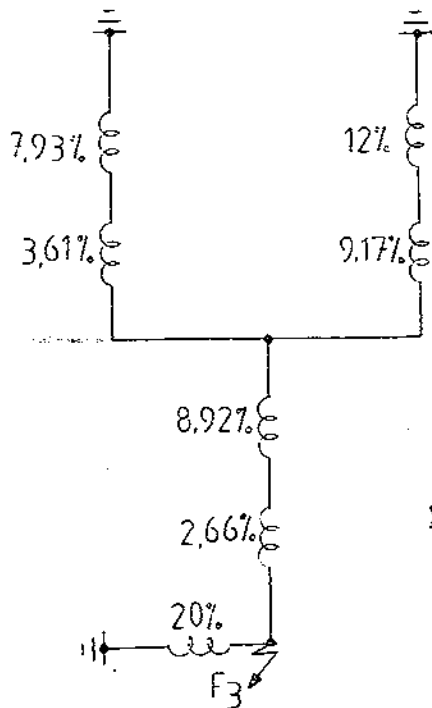
Σύμφωνα με το σχ.30 μετατρέπουμε το τρίγωνο Δ σε αστέρα λ (είναι οι εκατοστιαίες επαγωγικές αντιστάσεις με τις διακεκομμένες γραμμές) για να το απλοποιήσουμε και έχουμε:

$$X_{AB} = \frac{16,06 \cdot 16,5}{16,06 + 16,5 + 40,73} = 3,61 \%$$

$$X_{BG} = \frac{16,5 \cdot 40,73}{16,06 + 16,5 + 40,73} = 9,17 \%$$

$$X_{GA} = \frac{16,06 \cdot 40,73}{16,06 + 16,5 + 40,73} = 8,92 \%$$

Προκύπτει το κύκλωμα του σχ.31



Σχ.31

Σύμφωνα με το Σχ.31 έχουμε:

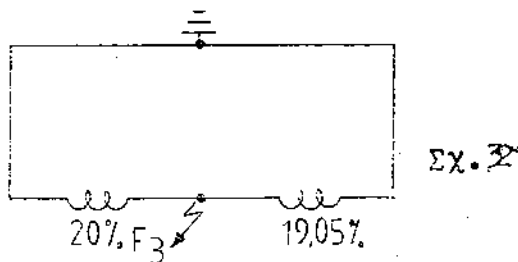
$$X_{14} = 7,93 + 3,61 = 11,54 \%$$

$$X_{15} = 12 + 9,17 = 21,17 \%$$

$$X_{16} = \frac{11,54 \cdot 21,17}{11,54 + 21,17} = 7,47 \%$$

$$X_{17} = 7,47 + 8,92 + 2,66 = 19,05 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του Σχ.32



Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X\% = \frac{20 \cdot 19,05}{20 + 19,05} = 9,76 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης I_B στο σημείο F3 είναι:

$$I_B = I \cdot \frac{100}{X\%} = 2309,4 \cdot \frac{100}{9,76} = 23686,1 \text{ A}$$

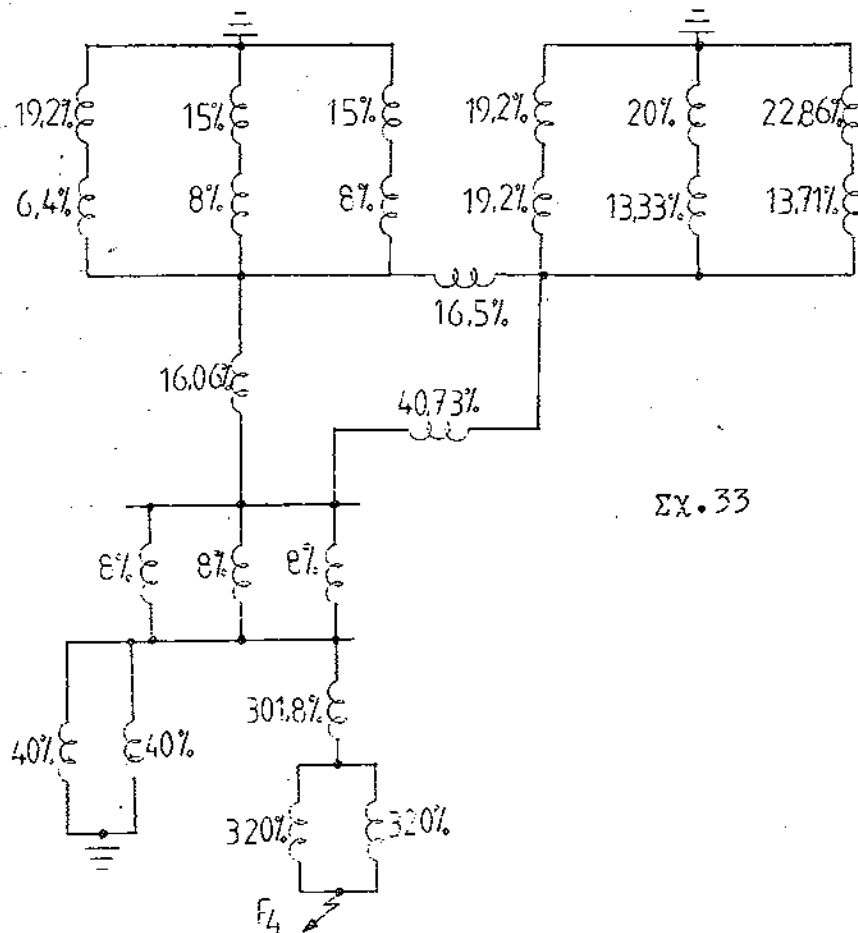
$$I = \frac{S}{1,73 \cdot U} = \frac{80.000}{1,73 \cdot 20} = 2309,4 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκυκλώσεως θα είναι:

$$S\beta = S_{αν} \cdot \frac{100}{X\%} \Rightarrow S\beta = 80.000 \cdot \frac{100}{9,75} = 819672,13 \text{ KVA} \\ = 819 \text{ MVA}$$

Άρα δεν αλλάζουμε τους ελατοδιακόπτες των 1000 MVA και των 900 MVA των Α και Β αντίστοιχα εργοστασίων αφού η ισχύς παραμένει η ίδια με την τοποθέτηση των αντιδραστήρων.

β) Έλεγχος των ελ/πτών 12,13,14,15 όταν ο αντιδραστήρας είναι τοποθετημένος.



Σχ. 33

Σύμφωνα με το Σχ. 33 έχουμε:

$$X_1 = 19,2 + 6,4 = 25,6 \%$$

$$X_2 = X_3 = 15 + 8 = 23 \%$$

$$X_4 = \frac{25,6 \cdot 23}{25,6 + 23} = 12,11 \%$$

$$X_5 = \frac{23 \cdot 12 \cdot 11}{23 + 12 + 11} = 7,93 \%$$

$$X_6 = 19,2 + 19,2 = 38,4 \%$$

$$X_7 = 20 + 13,33 = 33,33 \%$$

$$X_8 = 22,86 + 13,71 = 36,57 \%$$

$$X_9 = \frac{38,4 \cdot 33,33}{38,4 + 33,33} = 17,84 \%$$

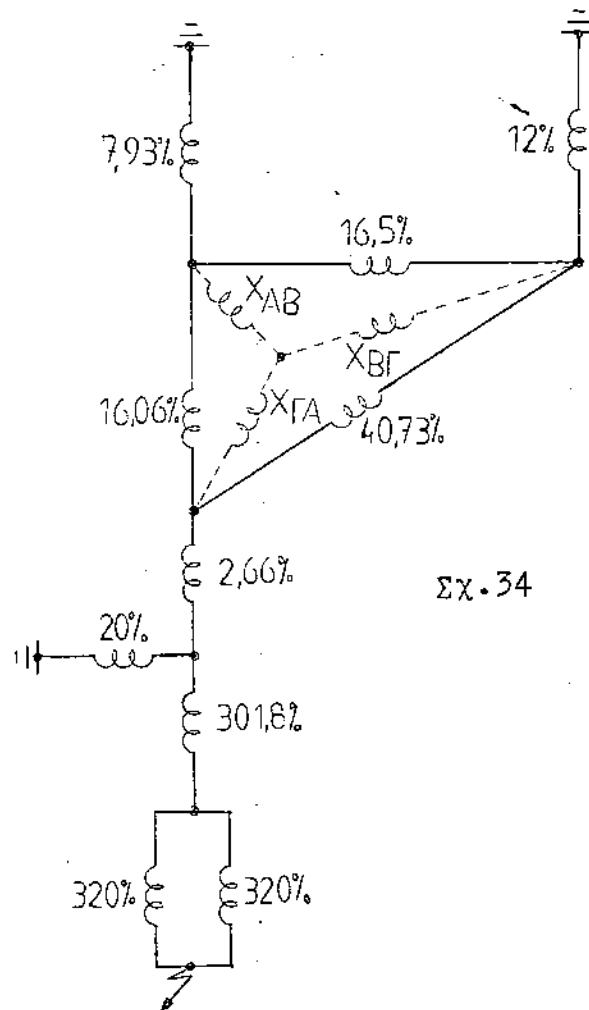
$$X_{10} = \frac{17,84 \cdot 36,57}{17,84 + 36,57} = 12 \%$$

$$X_{11} = \frac{8}{8} + \frac{8}{8} = 4 \%$$

$$X_{12} = \frac{8}{8} + \frac{4}{4} = 2,66 \%$$

$$X_{13} = \frac{40 \cdot 40}{40 + 40} = 20 \%$$

Έτσι προκύπτει το διπλανό κύκλωμα στο Σχ.34 (χωρίς τις εκατοστιαίες επαγωγικές αντιστάσεις που είναι σχεδιασμένες με διακεκομμένες γραμμές).



Σύμφωνα με το σχ.34 μετατρέπουμε το τρίγωνο Δ σε αστέρα λ (είναι οι εκατοστιαίες επαγωγικές αντιστάσεις με τις διακεκομμένες γραμμές) για να το απλοποιήσουμε και έχουμε:

$$X_{AB} = \frac{16,06 \cdot 16,5}{16,06 + 16,5 + 40,73} =$$

$$= 3,61 \%$$

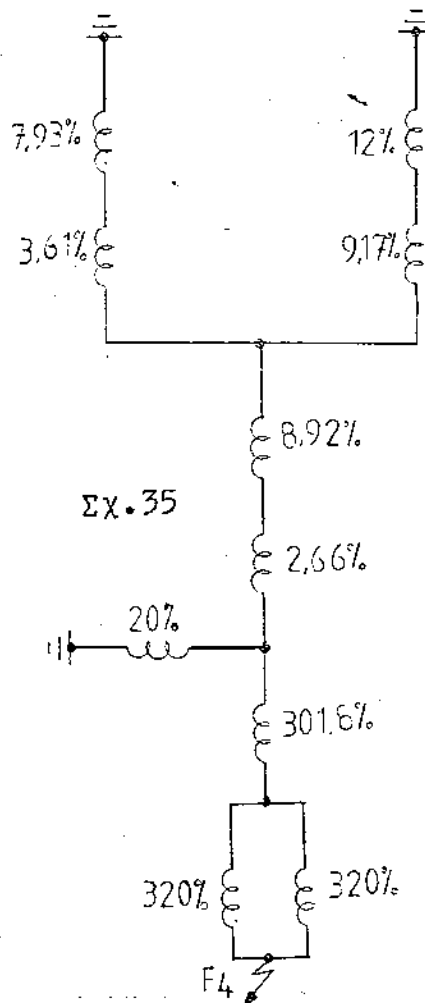
$$X_{BF} = \frac{16,06 \cdot 40,73}{16,06 + 16,5 + 40,73} =$$

$$= 9,17 \%$$

$$X_{FA} = \frac{16,06 \cdot 40,73}{16,06 + 16,5 + 40,73} =$$

$$= 8,92 \%$$

Έτσι προκύπτει το διπλανό κύκλωμα του σχ.35



Σύμφωνα με το σχ.35 έχουμε:

$$X_{14} = 7,93 + 3,61 = 11,54 \%$$

$$X_{15} = 12 + 9,17 = 21,17 \%$$

$$X_{16} = \frac{11,54 \cdot 21,17}{11,54 + 21,17} = 7,47 \%$$

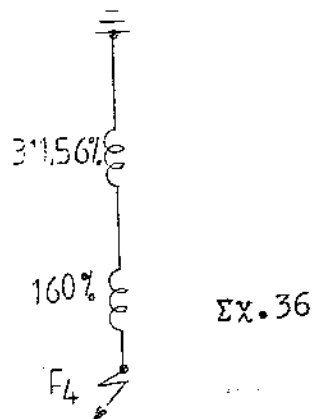
$$X_{17} = 7,47 + 8,92 + 2,66 = 19,05 \%$$

$$X_{18} = \frac{20 \cdot 19,05}{20 + 19,05} = 9,76 \%$$

$$X_{19} = 9,76 + 301,8 = 311,56 \%$$

$$X_{20} = \frac{320 \cdot 320}{320 + 320} = 160 \%$$

Έτσι προκύπτει το κύκλωμα του σχ.36



Άρα η εκατοστιαία επαγωγική αντίσταση είναι:

$$X\% = 311,56 + 160 = 471,56 \%$$

Άρα η ένταση βραχυκύκλωσης I_B στο σημείο F4 είναι:

$$I_B = I \cdot \frac{100}{X\%} = 115.470 \cdot \frac{100}{471,56} = 24486,8 \text{ A}$$

$$I = \frac{80.000}{1,73 \cdot 0,4} = 115.470 \text{ A}$$

Άρα η ισχύς βραχυκυκλώσεως θα είναι:

$$S_B = S_{ov} \cdot \frac{100}{X\%} = 80.000 \cdot \frac{100}{471,56} = 16964,96 \text{ KVA} \\ = 17 \text{ MVA.}$$

Άρα δεν αλλάζουμε τους ελαιοδιακόπτες των 25 MVA των Δ. και Β. αντλιοστασίων αφού η ισχύς παραμένει η ίδια με την τοποθέτηση των αντεδραστήρων.

Βιβλιογραφία

- 1) Γραμμές μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας Β. Παπαδιά καθ. ΕΜΠ
- 2) ELEMENTS OF POWER SYSTEM ANALYSIS N.D. STEVENSON.
- 3) TRANSMISSION LINES OF ELECTRICAL POWER. A. STARC
- 4) ELECTRIC ENERGY SYSTEM THEORY D.L. ELGERD
- 5) Μεταφορά - Διανομή - Ηλεκτρικής Ενέργειας Ν. Σταμής καθ. ΑΣΥΑ
- 6) POWER SYSTEM WEEDY.
- 7) Συστήματα ΗΛ/κής Ενέργειας Ν. Πεζόπουλου καθ. ΕΜΠ
- 8) Σημειώσεις Υψηλών Τάσεων Π. Νικολάκου καθ. ΕΜΠ.

