



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

Περιγραφή μετασχηματιστή ισχύος και διατάξεις ασφαλείας.

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΡΙΠΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΑΜ:7275

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΧΑΡΑΛΑΜΠΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία περιγράφει αναλυτικά τους μετασχηματιστές ισχύος και τα μέσα προστασίας αυτών. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται εκτενή αναφορά στα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά των μετασχηματιστών (συνεχούς αλλά και εναλλασσόμενου ρεύματος). Επίσης γίνεται αναφορά στα είδη των μετασχηματιστών (τριφασικοί, μονοφασικοί) αλλά και στο τύπο τους (ξηροί, μετασχηματιστές λαδιού). Στο πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνεται φωτογραφικό υλικό, διαγράμματα και σχήματα για την ευκολότερη κατανόηση από τον αναγνώστη. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται συγκεκριμένη περιγραφή για μετασχηματιστή υψηλής ισχύος 150/20 kV και ανάλυση μέσων προστασίας μετασχηματιστών. Σε αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνεται φωτογραφικό υλικό (ενός μετασχηματιστή 150/20 kV , μετασχηματιστή 20kV/400V , αυτόμετασχηματιστή 20/15 kV) καθώς επίσης περιγράφεται (δομικά και λειτουργικά) το ρελέ buchholz ως μέσο προστασίας.

*Λέξεις κλειδιά :Μετασχηματιστές, μετασχηματιστής 150/20 kV,
Ρελέ buchholz*

ABSTRACT

This project describes particularly the power transformers and their safety measures. The first chapter is referred in the construction features of transformers (direct current and alternating current) moreover, is referred in the species of transformers (threephase , monophase) and the type (dry transformers, oil transformers). This chapter is included a photo gallery, diagrams and designs for the easier understanding from the reader. The second chapter is referred specifically in high voltage transformer 150/20 kV and are analyzed safety measures of transformers. This chapter is included photo gallery of (transformer 150/20 kV, transformer 20kV/400 V, autotransformer 20/15kV) also is described (structural and functional) the buchholz relay like safety measure.

Key words: Transformers, transformer 150/20 kV, relay buchholz

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

1.1 Χρήση και είδη μετασχηματιστών.

Πολύ συχνά παρουσιάζεται η ανάγκη να έχουμε ηλεκτρικό ρεύμα με τάση διαφορετική από την τάση του δικτύου, από το οποίο γίνεται η τροφοδότηση με ηλεκτρική ενέργεια. Π.χ ενώ έχουμε ανάγκη ηλεκτρικού ρεύματος με τάση 110 V, το δίκτυο ηλεκτροδοτήσεως έχει τάση 220 V.

Στο συνεχές ρεύμα η περίπτωση αυτή είναι δυνατό να αντιμετωπιστεί με μια αντίσταση στην οποία δημιουργούμε την πτώση τάσεως που απαιτείται. Τότε όμως έχουμε σημαντική απώλεια ενέργειας, από τη θερμότητα που δημιουργείται στην αντίσταση. Σε σοβαρές περιπτώσεις αναγκαζόμαστε να χρησιμοποιήσουμε ένα ζεύγος κινητήρα - γεννήτριας, οπότε η γεννήτρια μας δίνει συνεχές ρεύμα με την επιθυμητή τάση, ενώ ο κινητήρας τροφοδοτείται από το δίκτυο ηλεκτροδοτήσεως. Και στις δύο περιπτώσεις ο βαθμός αποδόσεως του συστήματος είναι χαμηλός ή το πολύ μέτριος. Στη πράξη αυτές οι μέθοδοι δεν χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια. Η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας, για να είναι οικονομικά συμφέρουσα, πρέπει να γίνεται με υψηλή τάση. Στη συνέχεια όμως πρέπει αυτή η υψηλή τάση του ηλεκτρικού ρεύματος να υποβιβάζεται, για να είναι δυνατή η διανομή του στους καταναλωτές και με λογικές προφυλάξεις η ακίνδυνη χρησιμοποίησή του από αυτούς. Το σοβαρό αυτό πρόβλημα έχει λυθεί με την εφαρμογή των ηλεκτρονικών ισχύος. Σε πολύ μεγάλες αποστάσεις καθώς επίσης και στους υποθαλάσσιους αγωγούς χρησιμοποιούμε συνεχές ρεύμα. Για όλες τις άλλες περιπτώσεις συμφέρει από οικονομική άποψη το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Αντίθετα για το εναλλασσόμενο ρεύμα υπάρχουν κατάλληλα μηχανήματα, τα οποία μάλιστα δεν έχουν κινούμενα μέρη και τα οποία μας επιτρέπουν να ανυψώνουμε ή να υποβιβάζουμε την τάση του ρεύματος. Στα μηχανήματα αυτά, που ονομάζονται στατοί μετασχηματιστές ή απλά μετασχηματιστές, η μεταβολή της τάσεως του ρεύματος γίνεται με πολύ μικρές απώλειες της ηλεκτρικής ενέργειας που μεταβιβάζεται. Κατασκευάζονται σήμερα μεγάλοι μετασχηματιστές με βαθμό αποδόσεως πάνω από 98% , δηλαδή με απώλεια κάτω από το 2% της ισχύος που μεταβιβάζεται.

Έτσι έγινε δυνατή η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής στην πιο κατάλληλη τάση (π.χ 15.000V ή 20.000V). Στη συνέχεια με τη χρησιμοποίηση μετασχηματιστών ανυψώσεως η τάση του ρεύματος μετατρέπεται σε υψηλή (π.χ. 150.000V) ή υπερυψηλή (π.χ. 380.000V). Με την τάση αυτή γίνεται με οικονομικό τρόπο η μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας στους τόπους καταναλώσεως, οι οποίοι βρίσκονται συνήθως σε μεγάλες αποστάσεις από τους σταθμούς παραγωγής. Εκεί με τη χρησιμοποίηση μετασχηματιστών υποβιβασμού η τάση του ρεύματος μετατρέπεται στη μέση τάση των δικτύων διανομής (π.χ. 20.000 V, 15.000V). Τέλος από τα δίκτυα αυτά, με τη μεσολάβηση πάλι μετασχηματιστών υποβιβασμού , τροφοδοτούνται τα δίκτυα διανομής χαμηλής τάσεως (π.χ. 380/220V), με τα οποία η ηλεκτρική ενέργεια φθάνει μέχρι τους μικρότερους καταναλωτές.

Αν ένας καταναλωτής έχει ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας με διαφορετική τάση (π.χ 110V) από την τάση του δικτύου διανομής, η χρησιμοποίηση ενός μετασχηματιστή του δίνει μια απλή και οικονομική λύση.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι η δυνατότητα χρησιμοποιήσεως μετασχηματιστών με το εναλλασσόμενο ρεύμα έδωσε σε αυτό τα πλεονεκτήματα, τα οποία το καθιέρωσαν σαν το είδος του ρεύματος, το οποίο χρησιμοποιούν πια όλες οι χώρες στα δίκτυα ηλεκτροδοτήσεως των καταναλωτών. Στις περιπτώσεις αυτές μετατρέπουμε το εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου ηλεκτροδοτήσεως σε συνεχές με τη βοήθεια ανορθωτών.

Ανάλογα με τον προορισμό τους, οι μετασχηματιστές κατασκευάζονται ως:

α) Τριφασικοί μετασχηματιστές.

β) Μονοφασικοί μετασχηματιστές.

Οι πρώτοι χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της τάσεως σε τριφασικό σύστημα και οι δεύτεροι για τον ίδιο σκοπό στο μονοφασικό ρεύμα, ή πράγμα που είναι ίδιο, για τη μετατροπή της τάσεως μιας φάσεως τριφασικού συστήματος.

Μια άλλη διάκριση των μετασχηματιστών είναι σε:

α) Μετασχηματιστές ισχύος.

β) Μετασχηματιστές οργάνων μετρήσεως.

Οι μετασχηματιστές ισχύος είναι κατασκευασμένοι για να μεταβιβάζουν σημαντικές ισχείς, όταν πραγματοποιούν μετατροπή της τάσεως του ρεύματος. Οι μετασχηματιστές οργάνων είναι μετασχηματιστές πολύ μικρής ισχύος, κατάλληλοι μόνο για να υποβιβάζουν κατά ένα γνωστό λόγο την τάση ή την ένταση του ρεύματος που θέλουμε να μετρήσουμε.

Ως προς τον τρόπο ψύξεως των μετασχηματιστών, που έχει προβλεφθεί από την κατασκευή τους, έχουμε τους:

α) Ξηρούς μετασχηματιστές.

β) Μετασχηματιστές λαδιού.

Η ψύξη των ξηρών μετασχηματιστών γίνεται απευθείας από τον αέρα που τους περιβάλλει, ενώ των μετασχηματιστών λαδιού γίνεται από το κατάλληλο ορυκτέλαιο, μέσα στο οποίο βρίσκεται ο μετασχηματιστής.

Μια ακόμα διάκριση κυρίως για τους μετασχηματιστές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα παραγωγής, μεταφοράς, και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σε:

α) Μετασχηματιστές υπαίθρου.

β) Μετασχηματιστές κλειστού χώρου.

Ανάλογα δηλαδή με το αν είναι κατασκευασμένοι για να τοποθετούνται σε υπαίθριες εγκαταστάσεις (υπαίθριους υποσταθμούς) ή σε κλειστούς χώρους.

Τέλος, υπάρχει ένα είδος μετασχηματιστών οι λεγόμενοι και **αυτομετασχηματιστές.**

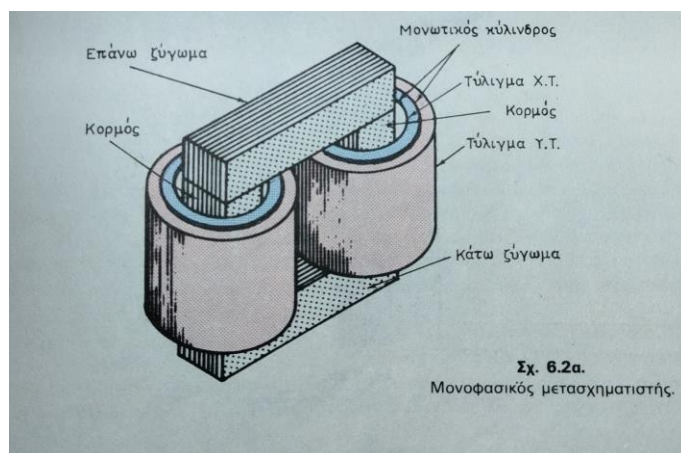
1.2 Κατασκευή μονοφασικών μετασχηματιστών.

Το κύριο μέρος κάθε μετασχηματιστή αποτελείται από ένα μαγνητικό κύκλωμα, στο οποίο είναι περιελιγμένα δύο τυλίγματα, το **τύλιγμα υψηλής τάσεως (Υ.Τ)** και το **τύλιγμα χαμηλής τάσεως (Χ.Τ).**

Το μαγνητικό κύκλωμα που ονομάζεται **πυρήνας του μετασχηματιστή,** κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα. Το πάχος των ελασμάτων αυτών είναι 0,35 έως 0,5 mm και φέρουν επιφανειακή μόνωση από ειδικό βερνίκι για περιορισμό των δινορρευμάτων.

Το τύλιγμα υψηλής τάσεως των μετασχηματιστών αποτελείται από πολλές σπείρες μονωμένου χάλκινου αγωγού κυκλικής διατομής. Το τύλιγμα χαμηλής τάσεως κατασκευάζεται συνήθως από αγωγό τετραγωνικής ή ορθογωνικής διατομής μονωμένο με ταινία ή βαμβάκι. Αυτό έχει πάντοτε μικρότερο αριθμό σπειρών από το τύλιγμα Υ.Τ και μεγαλύτερη διατομή αγωγού. Τα δύο τυλίγματα είναι προσεκτικά μονωμένα μεταξύ τους.

Στην περίπτωση μετασχηματιστών υποβιβασμού τάσεως, το τύλιγμα Υ.Τ συνδέεται με την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ από το τύλιγμα Χ.Τ τροφοδοτείται η κατανάλωση. Σε αυτή την περίπτωση το τύλιγμα Υ.Τ ονομάζεται πρωτεύον τύλιγμα ή απλά πρωτεύον, ενώ το τύλιγμα Χ.Τ ονομάζεται δευτερεύον τύλιγμα ή δευτερεύον. Αντίθετα στους μετασχηματιστές ανυψώσεως τάσεως πρωτεύον ονομάζουμε το τύλιγμα Χ.Τ, που συνδέεται με την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας, και δευτερεύον το τύλιγμα της Υ.Τ.



ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΟΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

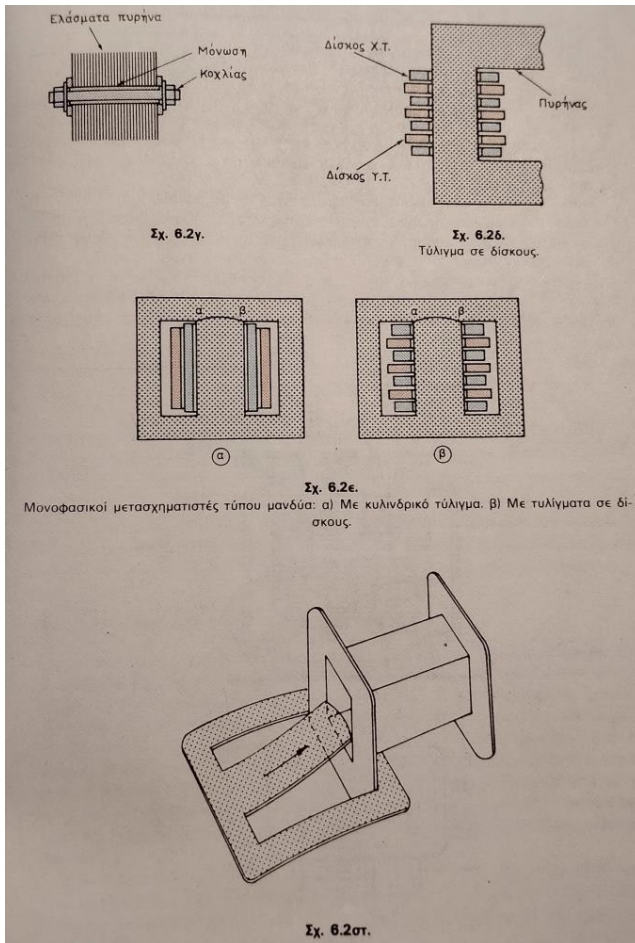
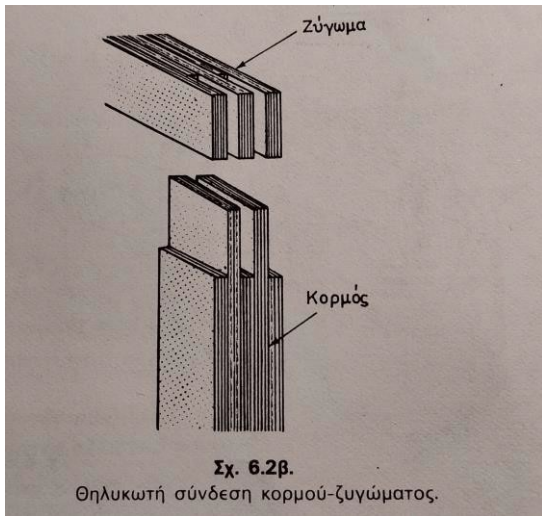
Ο πυρήνας του μετασχηματιστή, κατασκευασμένος όπως αναφέρθηκε από μαγνητικά ελάσματα , αποτελείται από τους δύο **κορμούς**, δηλαδή τα κατακόρυφα μέρη και από τα δύο ζυγώματα ,δηλαδή τα οριζόντια μέρη. Το επάνω ζύγωμα αποχωρίζεται από τον υπόλοιπο πυρήνα για να είναι δυνατή η τοποθέτηση των τυλιγμάτων στους κορμούς. Στους μεγάλους μετασχηματιστές, και το κάτω ζύγωμα αποτελεί ιδιαίτερο τμήμα του πυρήνα .Ορισμένοι κατασκευαστές κάνουν τις ενώσεις του ζυγώματος με τους κορμούς όχι επίπεδες αλλά θυληκωτές. Τα μαγνητικά ελάσματα του πυρήνα στους κορμούς συσφίγγονται μεταξύ τους με καρφιά ή βίδες, που μονώνονται προς τον πυρήνα, για να μην βρίσκουν δρόμο διελεύσεως τα δινορρεύματα. Στους μεγάλους μετασχηματιστές, η σύσφιξη γίνεται με σιδηροελάσματα σχήματος [και βίδες. Σε κάθε κορμό του μετασχηματιστή υπάρχει ένα τύλιγμα Χ.Τ σε μορφή κυλίνδρου και ένα τύλιγμα Υ.Τ επίσης σε κυλινδρική μορφή. Το τύλιγμα Υ.Τ περιβάλλει το τύλιγμα Χ.Τ και μονώνονται μεταξύ τους και προς το κορμό με μονωτικούς κυλίνδρους. Τα τυλίγματα Χ.Τ των δύο κορμών συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά, ώστε τελικά να μένουν ελεύθερα δύο άκρα του τυλίγματος Χ.Τ του μετασχηματιστή. Κατά τον ίδιο τρόπο έχουμε δύο άκρα του τυλίγματος Υ.Τ. Όλα αυτά τα άκρα συνδέονται στους **ακροδέκτες** του μετασχηματιστή.

Τα τυλίγματα Υ.Τ και Χ.Τ όταν κατασκευάζονται με τον τρόπο που αναφέραμε δηλαδή το ένα μέσα στο άλλο , ονομάζονται **συγκεντρικά** ή **κυλινδρικά τυλίγματα** .

Άλλος τρόπος κατασκευής των τυλιγμάτων είναι σε **δίσκους**. Κάθε τύλιγμα αποτελείται από πολλά τμήματα διαμορφωμένα σε δίσκους. Οι δίσκοι τοποθετούνται στους κορμούς εναλλάξ.

Τα τυλίγματα όλων των δίσκων Χ.Τ συνδέονται συνήθως σε σειρά , ώστε να έχουμε πάλι δυο άκρα του τυλίγματος Χ.Τ του μετασχηματιστή. Το ίδιο γίνεται με τους δίσκους Υ.Τ.

ΣΧΕΔΙΟ ΘΥΛΗΚΩΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΟΡΜΟΥ ΖΥΓΩΜΑΤΟΣ



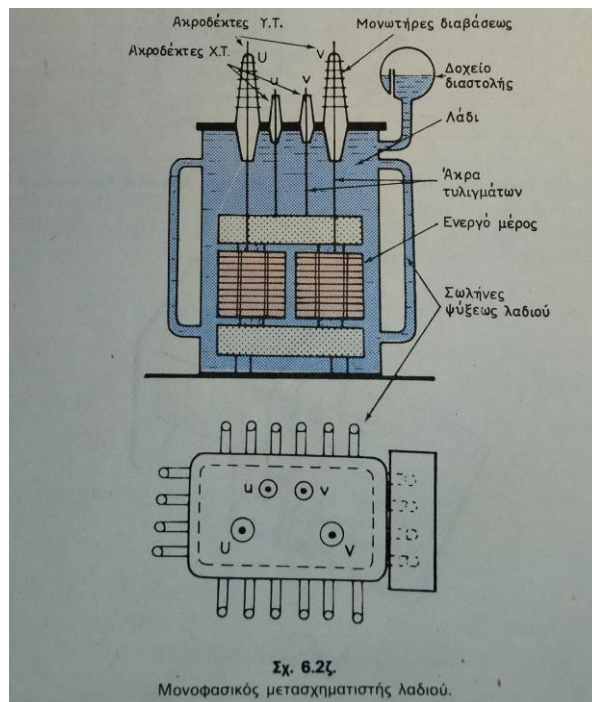
ΣΧΕΔΙΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕ ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΑ ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΣΚΟΥΣ

Οι μετασχηματιστές, που έχουν τα τυλίγματα στους δύο κορμούς ονομάζονται μετασχηματιστές τύπου πυρήνα. Άλλος τύπος μετασχηματιστών είναι οι μετασχηματιστές τύπου μανδύα. Σε αυτούς ο πυρήνας έχει τρεις κορμούς, από τους οποίους ο μεσαίος έχει διπλάσια διατομή από τους ακραίους.

Στο κορμό αυτό τοποθετούνται τα τυλίγματα, τα οποία μπορεί να είναι διαμορφωμένα σε κυλίνδρους ή δίσκους. Οι ακραίοι κορμοί χρησιμεύουν μόνο για να κλείνει το μαγνητικό κύκλωμα και συνεπώς περιβάλλουν τα τυλίγματα σαν μανδύας. Στους μικρούς μονοφασικούς μετασχηματιστές τύπου μανδύα κάθε μαγνητικό έλασμα κόβεται σε ένα κομμάτι, όπως φαίνεται παραπάνω στο σχήμα. Στην περίπτωση αυτή ο μεσαίος κορμός είναι κομμένος στο τμήμα αβ, ώστε η τοποθέτηση των τυλιγμάτων σε αυτόν να γίνεται όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα.

Τα τυλίγματα των μετασχηματιστών, μετά την τοποθέτησή τους στους πυρήνες διαποτίζονται με βερνίκι και στη συνέχεια ξηραίνονται σε ειδικούς κλιβάνους. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο πετυχαίνουμε καλύτερη μόνωση αλλά επίσης τα τυλίγματα αποκτούν και μεγαλύτερη δυσκαμψία, η οποία ελαττώνει τις δονήσεις των αγωγών στη λειτουργία του μετασχηματιστή.

Όταν ο μετασχηματιστής είναι κατασκευασμένος για χαμηλές τάσεις, τότε ο πυρήνας με τα τυλίγματα, που ονομάζεται και ενεργό μέρος του μετασχηματιστή, είναι συνήθως εκτεθειμένος στον αέρα του περιβάλλοντος. Οι μετασχηματιστές αυτοί ονομάζονται ξηροί μετασχηματιστές. Όταν όμως είναι κατασκευασμένος για δίκτυα υψηλής τάσεως, το ενεργό μέρος του μετασχηματιστή είναι τοποθετημένο μέσα σε ένα λέβητα που είναι γεμάτος από ειδικό μονωτικό ορυκτέλαιο, τελείως απαλλαγμένο από υγρασία. Οι μετασχηματιστές αυτοί ονομάζονται μετασχηματιστές λαδιού.



ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΟΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΛΑΔΙΟΥ

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα που δείχνει παραστατικά σε τομή μετασχηματιστή αυτού του είδους, οι μονωτήρες διαβάσεως, που αποτελούν τους ακροδέκτες των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή είναι στερεωμένοι στο κάλυμμα του λέβητα. Το μέρος των μονωτήρων κάτω από το κάλυμμα είναι βυθισμένο μέσα στο λάδι, ενώ το μέρος επάνω στο κάλυμμα είναι κατάλληλα διαμορφωμένο, ώστε να μην προκαλούνται υπερπηδήσεις, από την υψηλή τάση.

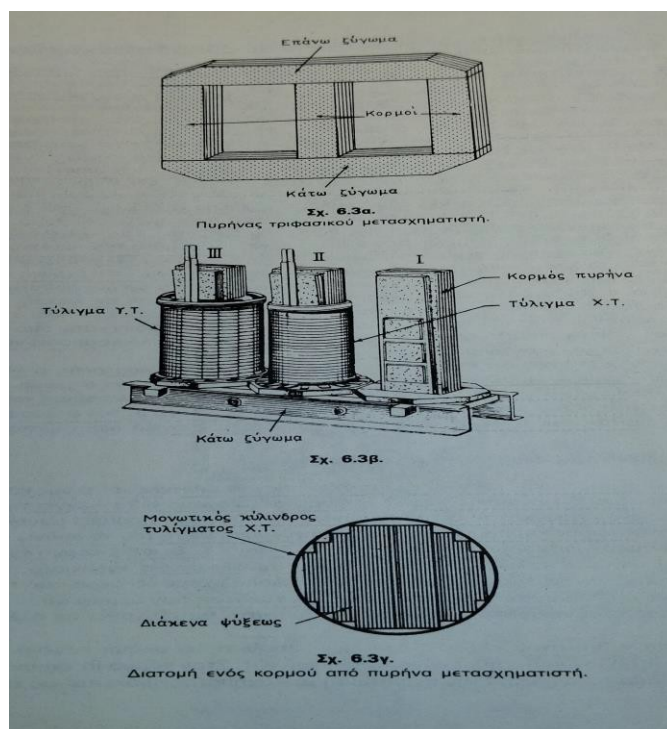
Σε ορισμένους μετασχηματιστές, όπως ο παραπάνω, ο λέβητας επικοινωνεί με δοχείο διαστολής, το οποίο είναι ως τα μισά γεμάτο λάδι και επικοινωνεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα, για να είναι δυνατό στο λάδι του μετασχηματιστή να διαστέλλεται ελεύθερα, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του.

Ταυτόχρονα το λάδι μέσα στο δοχείο διαστολής έχει μικρότερη θερμοκρασία και δεν παθαίνει αλλοιώσεις από τον ατμοσφαιρικό αέρα, με τον οποίο έρχεται σε επαφή. Με το δοχείο διαστολής πετυχαίνουμε να είναι πάντοτε γεμάτος με λάδι ο λέβητας του μετασχηματιστή. Έτσι δεν είναι δυνατό να σχηματισθούν κάτω από το κάλυμμα του λέβητα φυσαλίδες από αέρια του λαδιού και αέρα, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν έκρηξη, όταν δημιουργηθεί κάποιος σπινθήρας.

Σε άλλους μετασχηματιστές, οι οποίοι δεν έχουν δοχείο διαστολής, ο λέβητας είναι αεροστεγώς κλεισμένος και στο άνω μέρος του υπάρχει ένα στρώμα από άζωτο, το οποίο επιτρέπει τη διαστολή του λαδιού. Με τη χρησιμοποίηση του αζώτου το ζεστό λάδι του μετασχηματιστή δεν έρχεται σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και διατηρείται σε καλή κατάσταση για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

1.3 Κατασκευή τριφασικών μετασχηματιστών.

Το κύριο μέρος των τριφασικών μετασχηματιστών αποτελείται, όπως και στους μονοφασικούς, από τον πυρήνα και τα τυλίγματα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μορφή του πυρήνα ενός τριφασικού μετασχηματιστή. Όπως παρατηρούμε, ο πυρήνας έχει τώρα τρεις ίδιους κορμούς. Πριν τοποθετηθεί στη θέση του το επάνω ζύγωμα τοποθετούνται στους κορμούς τα τυλίγματα Χ.Τ και Υ.Τ. Σε κάθε κορμό έχουμε ένα τύλιγμα Χ.Τ και ένα τύλιγμα Υ.Τ. Έτσι έχουμε συνολικά τρία τυλίγματα, τις **τρεις φάσεις της Χ.Τ** και τις **τρεις φάσεις της Υ.Τ**. Δηλαδή έχουμε έξι άκρα από τα τυλίγματα Χ.Τ και έξι από τα τυλίγματα της Υ.Τ τα οποία θα συνδεθούν μεταξύ τους και προς τους ακροδέκτες του μετασχηματιστή.



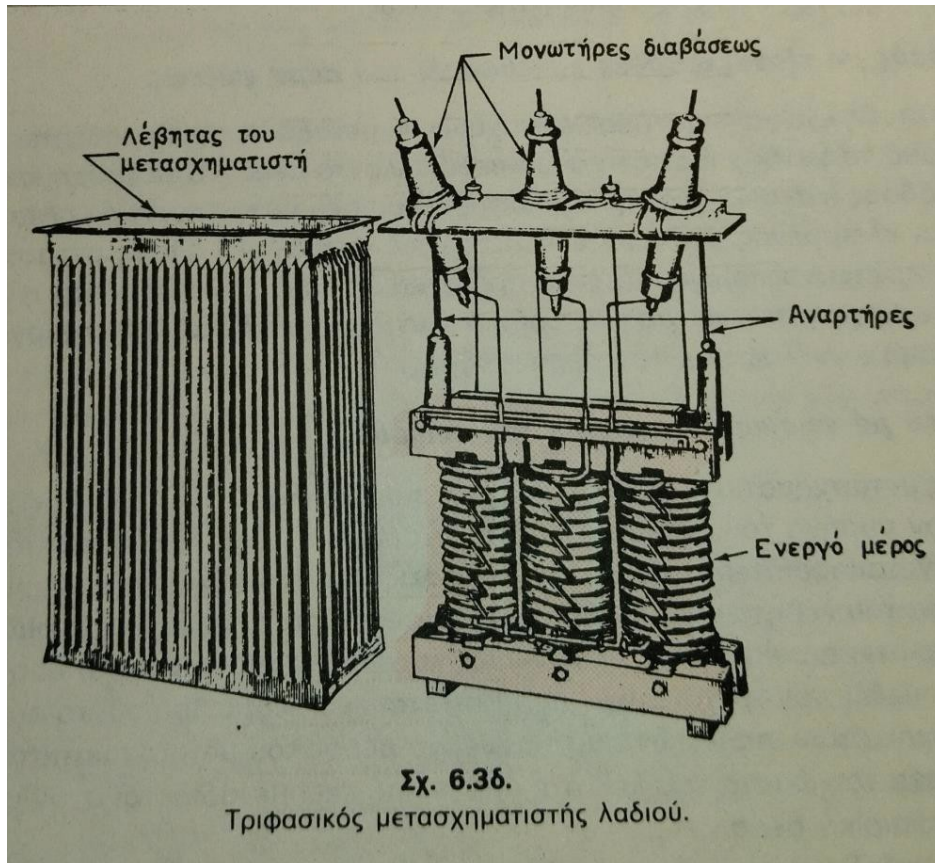
ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΕΝΟΣ ΚΟΡΜΟΥ ΑΠΟ ΠΥΡΗΝΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Όταν ο μετασχηματιστής προορίζεται για τα δίκτυα υψηλής τάσεως (π.χ. 15.000 V), το τύλιγμα Υ.Τ κάθε φάσεως δεν κατασκευάζεται σαν ένας μονοκόμματος κύλινδρος, ακόμα και αν πρόκειται για συγκεντρικό τύλιγμα. Στην περίπτωση αυτή το τύλιγμα Υ.Τ κάθε φάσεως κατασκευάζεται από πολλά ανεξάρτητα πηνία (γαλέτες), όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, τα οποία τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο και συνδέονται σε σειρά. Με το τρόπο αυτό πετυχαίνουμε να μην έχουμε μεγάλη τάση μεταξύ των σπειρών, που βρίσκονται στις διαδοχικές στρώσεις του τυλίγματος.

Πρέπει να αναφέρουμε επίσης ότι για την καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου, που αφήνει ο εσωτερικός κύλινδρος του τυλίγματος Χ.Τ, στους μεγάλους μετασχηματιστές οι κορμοί δεν έχουν συνήθως τετραγωνική διατομή, αλλά μεταβλητή όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Μεταξύ των ελασμάτων αφήνονται μερικά διάκενα ψύξεως για την κυκλοφορία του αέρα ή του λαδιού.

Στους μετασχηματιστές λαδιού το ενεργό μέρος του μετασχηματιστή είτε στηρίζεται στο πυθμένα του λέβητα, είτε κρεμιέται από το κάλυμμα του λέβητα με δύο αναρτήρες, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα για ένα τριφασικό μετασχηματιστή. Στην περίπτωση αυτή, αν χρειασθεί να αποσυναρμολογήσουμε το μετασχηματιστή, θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι με το κάλυμμα θα ανυψώσουμε και το ενεργό μέρος.

ΣΧΕΔΙΟ ΕΝΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΛΑΔΙΟΥ



1.4 Ψύξη μετασχηματιστών.

Αν και οι μετασχηματιστές είναι από τις ηλεκτρικές μηχανές, που έχουν τους καλύτερους βαθμούς αποδόσεως, όμως στη λειτουργία τους θερμαίνονται και αυτοί, όπως κάθε ηλεκτρική μηχανή, από τη θερμότητα που παράγεται από τις μαγνητικές και ηλεκτρικές απώλειες.

Κατά την κατασκευή των μετασχηματιστών λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα, ώστε να διευκολύνεται **η μετάδοση της θερμότητας των απωλειών στον περιβάλλοντα χώρο**. Δηλαδή λαμβάνονται μέτρα για την **ψύξη των μετασχηματιστών**, ώστε η θερμοκρασία τους στην λειτουργία να μην ανεβαίνει σε όρια επικίνδυνα για τις μονώσεις. Πρέπει να σημειωθεί ότι τα όρια αυτά έχουν σημαντικά αυξηθεί τα τελευταία χρόνια χάρη στη χρησιμοποίηση νέων μονωτικών υλικών.

Ανάλογα με τον τρόπο ψύξεως τους μετασχηματιστές τους διακρίνουμε σε:

α) Ξηρούς με φυσική ψύξη.

Στους μετασχηματιστές αυτούς η εξωτερική επιφάνεια του ενεργού μέρους του μετασχηματιστή (επιφάνεια ψύξεως), με την οποία έρχονται σε επαφή με τον αέρα του περιβάλλοντος, είναι αρκετή για την εξασφάλιση ικανοποιητικής ψύξεως. Ο τρόπος αυτός ψύξεως είναι ο πιο οικονομικός

, δεν μπορεί όμως να εφαρμοσθεί παρά μόνο σε μετασχηματιστές μικρής ισχύος (το πολύ μέχρι 25 kVA). Όταν η ισχύς του μετασχηματιστή είναι μεγαλύτερη τότε η εξωτερική του επιφάνεια δεν είναι αρκετή για την εξασφάλιση της ψύξεως.

β) Ξηρούς με εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα ψύξεως.

Σε αυτούς ένας ανεμιστήρας επιταχύνει τη μετάδοση της θερμότητας των απωλειών από το μετασχηματιστή στον περιβάλλοντα αέρα. Ο μετασχηματιστής έχει τότε διόδους (κανάλια) για την κυκλοφορία τους αέρα στον πυρήνα και τα τυλίγματα και είναι κλεισμένος μέσα σε ένα μεταλλικό περίβλημα. Στους μετασχηματιστές αυτούς πρέπει να παίρνουμε μέτρα προστασίας, δηλαδή να σταματά η λειτουργία του μετασχηματιστή, αν για οποιοδήποτε λόγο σταματήσει να λειτουργεί ο ανεμιστήρας, που κυκλοφορεί τον αέρα ψύξεως.

γ) Λαδιού με φυσική κυκλοφορία του λαδιού.

Στους μετασχηματιστές λαδιού, το λάδι, που βρίσκεται σε επαφή με τα τυλίγματα και τον πυρήνα του μετασχηματιστή, θερμαίνεται από τη θερμότητα των απωλειών, γίνεται αραιότερο και ανεβαίνει. Το λάδι, το οποίο βρίσκεται σε επαφή με τα τοιχώματα του λέβητα και που έχει μεταδώσει σε αυτά μέρος της θερμότητας του, έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και συνεπώς κατεβαίνει και παίρνει τη θέση του θερμού λαδιού. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται ένα ρεύμα λαδιού, το οποίο παίρνει τη θερμότητα των απωλειών από το ενεργό μέρος του μετασχηματιστή και τη μεταφέρει στα τοιχώματα του λέβητα, οπότε από εκεί μεταδίδεται στον περιβάλλοντα ατμοσφαιρικό αέρα.

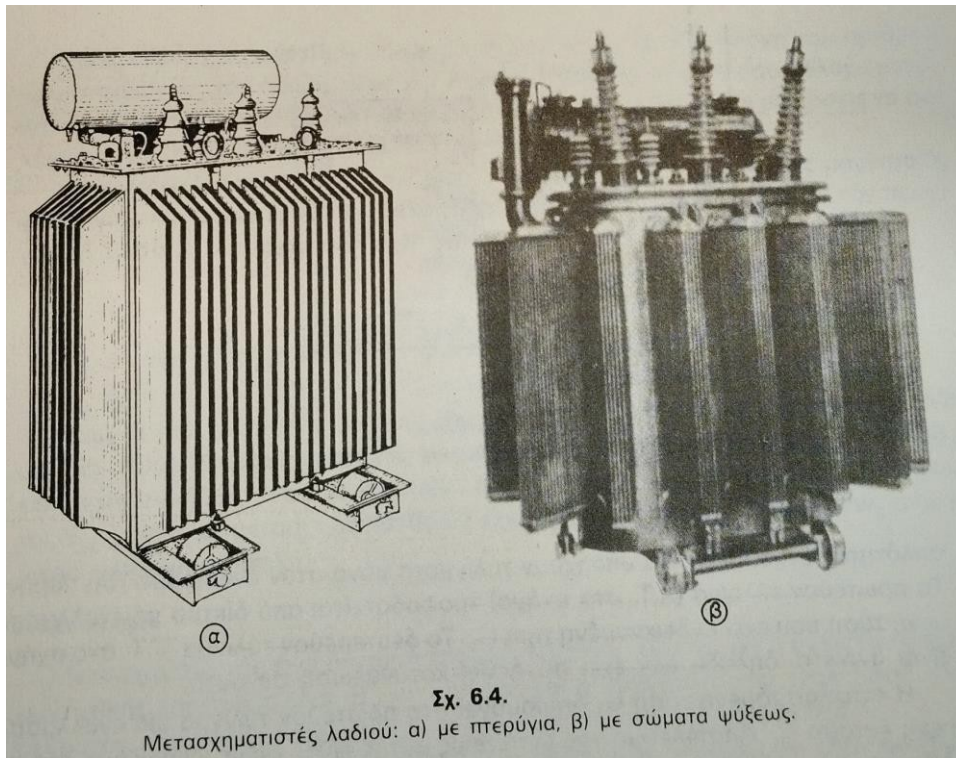
Για να αυξηθεί η ταχύτητα μεταδόσεως της θερμότητας στον ατμοσφαιρικό αέρα, των μετασχηματιστών λαδιού ισχύος μεγαλύτερης από 25 kVA περίπου, οι κατασκευαστές τοποθετούν στα πλευρά του λέβητα σωλήνες, πτερύγια, ή σώματα ψύξεως παρόμοια με τα σώματα των κεντρικών θερμάνσεων, τα οποία επικοινωνούν με το επάνω και κάτω μέρος των πλευρών του λέβητα.

Έτσι αυξάνεται σημαντικά η επιφάνεια επαφής του λαδιού με τα τοιχώματα του λέβητα και των τοιχωμάτων με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται συνήθως στους μετασχηματιστές με μέτρια ισχύ (15 έως 1.000 kVA)

Για να αυξηθεί ακόμα περισσότερο η ταχύτητα ψύξεως στους μεγάλους μετασχηματιστές (π.χ με ισχύ 10.000 kVA) χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες, οι οποίοι θέτουν σε κίνηση τον αέρα, που περιβάλλει τις σωληνώσεις ή τα σώματα ψύξεως. Οι ανεμιστήρες αυτοί μπαίνουν σε λειτουργία, όταν το φορτίο του μετασχηματιστή περάσει ένα όριο, π.χ. το μισό του κανονικού φορτίου.

δ) Λαδιού με εξαναγκασμένη κυκλοφορία του λαδιού.

Σε αυτή τη μέθοδο ψύξεως, που εφαρμόζεται σε μετασχηματιστές μεγάλης ισχύος (π.χ. 50.000kVA), το λάδι οδηγείται με τη βοήθεια αντλίας και σωληνώσεων από το επάνω μέρος του μετασχηματιστή σε ιδιαίτερο ψυγείο που βρίσκεται έξω από αυτόν. Στο ψυγείο το λάδι ψύχεται είτε με τον ατμοσφαιρικό αέρα με την βοήθεια ανεμιστήρων, είτε με ψυχρό νερό που κυκλοφορεί εξωτερικά των ψυγείων. Αφού δώσει τη θερμότητα του το λάδι επανέρχεται στο κάτω μέρος του μετασχηματιστή.

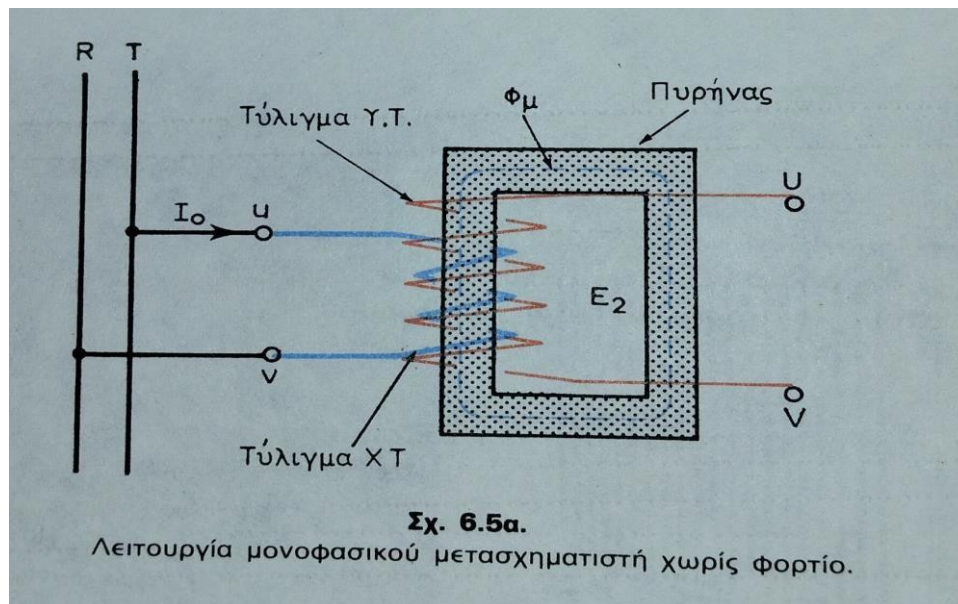


ΣΧΕΔΙΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΛΑΔΙΟΥ Α) ΜΕ ΠΤΕΡΥΓΙΑ, Β) ΜΕ ΣΩΜΑΤΑ ΨΥΞΕΩΣ

1.5 Αρχή λειτουργίας μετασχηματιστών.

α) Αρχή λειτουργίας μονοφασικών μετασχηματιστών.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα μονοφασικός μετασχηματιστής, στον οποίο δεχόμαστε ότι υπάρχουν τυλίγματα μόνο στον ένα κορμό του πυρήνα.



ΣΧΕΔΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΝΟΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ

Το πρωτεύον τύλιγμα (Χ.Τ στο σχήμα) τροφοδοτείται από δίκτυο με εναλλασσόμενη τάση που έχει ενδεικτική τιμή U_1 . Το δευτερεύον τύλιγμα (Υ.Τ στο σχήμα) είναι ανοικτό, δηλαδή δεν έχει συνδεθεί κατανάλωση σε αυτό.

Η εναλλασσόμενη τάση U_1 δημιουργηθεί στο πρωτεύον τύλιγμα μια εναλλασσόμενη ένταση I_0 . Αποτέλεσμα της εντάσεως αυτής είναι να αναπτυχθεί μέσα στον πυρήνα του μετασχηματιστή μαγνητική ροή Φ_{μ} . Μπορούμε να δεχθούμε ότι η μαγνητική αντίσταση του κυκλώματος αυτού είναι σταθερή. Αυτό πλησιάζει πολύ την πραγματικότητα, όταν η μαγνητική επαγωγή στον πυρήνα δεν είναι μεγάλη. Τότε η μαγνητική ροή που δημιουργείται από την εναλλασσόμενη ένταση I_0 θα είναι και αυτή εναλλασσόμενη, δηλαδή η μεταβολή της με το χρόνο θα παριστάνεται από μια ημιτονοειδή καμπύλη. Η συχνότητα f της εναλλασσόμενης αυτής μαγνητικής ροής θα είναι η ίδια με τη συχνότητα της I_0 , δηλαδή με τη συχνότητα του δικτύου τροφοδοτησέως.

Μέσα από το δευτερεύον τύλιγμα περνά συνεπώς μια εναλλασσόμενη, δηλαδή μεταβαλλόμενη με το χρόνο μαγνητική ροή .Με αποτέλεσμα μέσα σε αυτό να αναπτυχθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή, που είναι και αυτή εναλλασσόμενη της ίδιας συχνότητας f .

Αυτή η ηλεκτρεγερτική δύναμη δίνεται από τον τύπο:

$$\underline{E_2=4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \Phi_\mu \text{ σε Vs}}$$

όπου:

4,44 η τιμή μιας κατασκευαστικής

σταθεράς f είναι η συχνότητα σε Hz

w_2 ο αριθμός σπειρών του δευτερεύοντος τυλίγματος

Φ_μ η μέγιστη τιμή σε Vs της (ημιτονοειδούς) μαγνητικής ροής.

Μπορούμε να πούμε ότι το δευτερεύον τύλιγμα λειτουργεί σαν μια μονοφασική γεννήτρια με ηλεκτρεγερτική δύναμη E_2 , από την οποία μπορούμε να τροφοδοτήσουμε μονοφασικό καταναλωτή.

Όπως παρατηρούμε, η ηλεκτρεγερτική δύναμη E_2 είναι ανάλογη του αριθμού των σπειρών w_2 του δευτερεύοντος. Άρα είναι δυνατό να γίνει όσο θέλουμε μεγάλη, αρκεί να τοποθετήσουμε τον κατάλληλο αριθμό σπειρών.

Η μαγνητική ροή Φ_μ υπολογίζεται από τη μέγιστη τιμή B_μ της μαγνητικής επαγωγής, και από την πραγματική διατομή (διατομή σιδήρου) του κορμού και δίνεται από τον τύπο:

$$\underline{\Phi_\mu = s \cdot B_\mu}$$

όπου:

s είναι η πραγματική διατομή του πυρήνα σε m^2

B_μ η μέγιστη τιμή της μαγνητικής επαγωγής σε Vs/m^2 .

Στους μετασχηματιστές μεγάλης ισχύος η διατομή του κορμού του πυρήνα είναι μεγάλη . Συνεπώς και η μαγνητική ροή είναι μεγάλη, δεδομένου ότι το B_{μ} εκλέγεται συνήθως σε ορισμένα όρια. Αρα για ορισμένη τάση δευτερεύοντος E_2 , ο μεγάλος μετασχηματιστής θα έχει μικρότερο αριθμό σπειρών w_2 από το μικρό μετασχηματιστή.

Με όμοιο τρόπο δημιουργείται και στο πρωτεύον ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή E_1 η οποία όμως δρα εδώ σαν αντιηλεκτρεγερτική δύναμη προς την τάση U_1 .

Η τιμή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης στο πρωτεύον δίνεται από τον τύπο:

$$\underline{E_1 = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi_{\mu} \text{ σε Vs}}$$

όπου:

4,44 η τιμή μιας κατασκευαστικής

σταθεράς f είναι η συχνότητα σε Hz

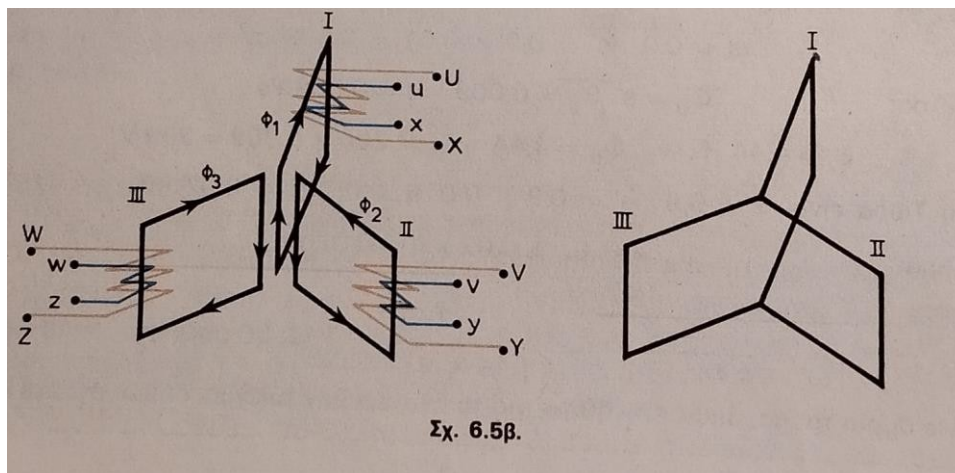
w_1 ο αριθμός σπειρών του πρωτεύοντος τυλίγματος

Φ_{μ} η μέγιστη τιμή σε Vs της (ημιτονοειδούς) μαγνητικής ροής.

Η μαγνητική ροή Φ_{μ} είναι η χρήσιμη μαγνητική ροή του μετασχηματιστή, γιατί συντελεί στη δημιουργία των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων. Η ένταση I_0 όμως διερχόμενη από το πρωτεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή δημιουργεί μια πρωτεύουσα ροή σκεδάσεως Φ_1 , η οποία κλείνει κύκλωμα με τον αέρα. Αν και η ροή αυτή είναι μικρό ποσοστό της χρήσιμης μαγνητικής ροής (κάτω από 0,5%), έχει ιδιαίτερη σημασία στη λειτουργία του μετασχηματιστή, γιατί δημιουργεί αυτεπαγωγική πτώση τάσεως.

β) Αρχή λειτουργίας τριφασικών μετασχηματιστών.

Για να εξηγήσουμε την αρχή λειτουργίας των τριφασικών μετασχηματιστών, θα πάρουμε τρεις μονοφασικούς μετασχηματιστές με τυλίγματα μόνο στον έναν κορμό. Οι μετασχηματιστές έχουν τοποθετηθεί σε διάταξη ακτινωτή έτσι, ώστε οι κορμοί που δεν έχουν τυλίγματα, να είναι ενωμένοι όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ ΑΡΧΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

Αν τα πρωτεύοντα τυλίγματα π.χ. τα τυλίγματα χαμηλής τάσεως u-x, v-y και w-z τα ενώσουμε μεταξύ τους σε αστέρα ή σε τρίγωνο και τα συνδέσουμε σε τριφασικό δίκτυο, τότε οι εντάσεις που θα περάσουν από αυτά, θα έχουν κάθε στιγμή άθροισμα μηδέν. Αρα μηδενικό άθροισμα θα έχουν και οι στιγμιαίες τιμές Φ_1, Φ_2 και Φ_3 των μαγνητικών ροών, που θα δημιουργηθούν στους τρεις πυρήνες και από τις εντάσεις αυτές. Δηλαδή από τους τρεις ενωμένους κορμούς δεν θα περνά μαγνητική ροή. Συνεπώς μπορούμε να αφαιρέσουμε τους κορμούς αυτούς και να έχουμε τριφασικό μετασχηματιστή με πυρήνα όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Η κατασκευή του πυρήνα όπως δείχνει το σχήμα παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες, ενώ ταυτόχρονα ένας μετασχηματιστής με τέτοιο πυρήνα θα είχε μεγάλο όγκο. Γι' αυτούς τους λόγους, τους τριφασικούς μετασχηματιστές τους κατασκευάζουν με πυρήνα που διαθέτει τρεις παράλληλους κορμούς όπου εκεί τοποθετούνται τα τυλίγματα χαμηλής και υψηλής τάσεως. Αυτό συνεπάγεται μια μικρή ασυμμετρία στις μαγνητικές ροές, χωρίς όμως ιδιαίτερη σημασία. Σε κάθε κορμό του πυρήνα του τριφασικού μετασχηματιστή τοποθετείται, όπως εξηγήσαμε, ένα τύλιγμα Χ.Τ. και ένα Υ.Τ. Έτσι κάθε κορμός συμπεριφέρεται σαν μονοφασικός μετασχηματιστής.

Όταν ένας μετασχηματιστής εργάζεται χωρίς φορτίο στο δευτερεύον η ένταση I_0 είναι μικρό ποσοστό της ονομαστικής του εντάσεως (1 έως 5% για τους μετρίου και μεγάλου μεγέθους μετασχηματιστές, φθάνει μέχρι 10% για τους μικρούς). Άρα είναι πολύ μικρές τόσο η ωμική πτώση τάσεως ($I_0 \cdot R_1$) στο πρωτεύον τύλιγμα λόγω της ωμικής αντιστάσεως του αγωγού, όσο και η αυτεπαγωγική πτώση τάσεως ($I_0 \cdot X_1$) λόγω της ροής σκεδάσεως. **Συνεπώς στη λειτουργία χωρίς φορτίο η τάση U_1 είναι ίση με μεγάλη προσέγγιση προς την ηλεκτρεγερτική δύναμη E_1 που δημιουργείται στο πρωτεύον:**

$$\underline{U_1 = E_1}$$

Στο δευτερεύον τύλιγμα στη λειτουργία χωρίς φορτίο είναι:

$$\underline{U_2 = E_2}$$

Άρα μπορούμε να γράψουμε:

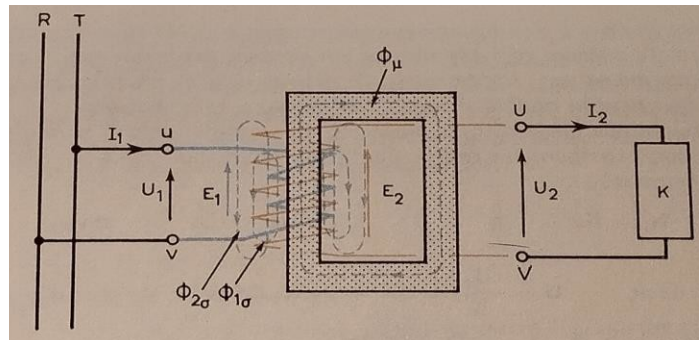
$$\underline{U_1/U_2 = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi_m / 4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \Phi_m = w_1/w_2 = K}$$

Δηλαδή στη λειτουργία χωρίς φορτίο του μετασχηματιστή **ο λόγος των τάσεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι ίσος με το λόγο των αριθμών σπειρών των αντίστοιχων τυλιγμάτων. Ο τελευταίος αυτός λόγος w_1/w_2 ονομάζεται σχέση μεταφοράς K του μετασχηματιστή.**

1.6 Λειτουργία μετασχηματιστών με φορτίο.

α) Φόρτιση μετασχηματιστή

Όταν συνδέσουμε ένα καταναλωτή K στο δευτερεύον του μετασχηματιστή που το πρωτεύον του τροφοδοτείται με σταθερή τάση U_1 , από το δευτερεύον τύλιγμα θα περάσει μια εναλλασσόμενη ένταση με ενδεικτική τιμή I_2 . Ταυτόχρονα η ένταση, την οποία το πρωτεύον απορροφά από το δίκτυο τροφοδοτησέως, θα αυξηθεί **αυτόματα** από I_0 σε I_1 . Αυτό, που μπορούμε να το διαπιστώσουμε με πειραματικά, εξηγείται και θεωρητικά και οφείλεται στα φαινόμενα της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.



ΣΧΕΔΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΜΕ ΦΟΡΤΙΟ

Τελικά την ισχύ, την οποία απορροφά ο καταναλωτής από το δευτερεύον τύλιγμα, μαζί με τις απώλειες του μετασχηματιστή, την δίνει το δίκτυο, που τροφοδοτεί το πρωτεύον τύλιγμα.

Στη φόρτιση του μετασχηματιστή η μαγνητική ροή Φ_{μ} , που περνά μέσα από το πυρήνα μένει περίπου η ίδια, όση ήταν στη λειτουργία χωρίς φορτίο. Η Φ_{μ} εξαρτάται μόνο από τα κατασκευαστικά στοιχεία του μετασχηματιστή και όχι από τις συνθήκες φορτίσεως του. Αυτό γίνεται, γιατί όταν η I_0 γίνει I_1 τα περισσότερα αμπερελίγματα του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή εξουδετερώνονται από τα αντίθετα αμπερελίγματα, που δημιουργούνται από το δευτερεύον τύλιγμα λόγω της εντάσεως φορτίσεως I_2 .

β) Σχέσεις μεταξύ εντάσεων και τάσεων.

Αν μετρήσουμε τις εντάσεις I_1 και I_2 , θα διαπιστώσουμε ότι με αρκετή προσέγγιση ισχύει η σχέση:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad \text{ή} \quad \underline{I_2 = K \cdot I_1}$$

Με προσέγγιση επίσης ισχύει και με φορτίο η σχέση, που είδαμε ότι ισχύει χωρίς φορτίο:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad \text{ή} \quad \underline{U_2 = U_1 / K}$$

Η προσέγγιση στις σχέσεις αυτές είναι τόσο μεγαλύτερη όσο οι απώλειες

και οι ροές σκεδάσεως του μετασχηματιστή είναι μικρότερες. Δηλαδή σε ένα ιδανικό μετασχηματιστή, χωρίς απώλειες και σκεδάσεις, οι σχέσεις θα ίσχυαν απόλυτα.

Από τις παραπάνω σχέσεις βγάζουμε το συμπέρασμα ,ότι αν ένας μετασχηματιστής ανυψώνει την τάση στο δευτερεύον, θα υποβιβάζει με την ίδια περίπτωση σχέση την ένταση ,που κυκλοφορεί σε αυτό. Επίσης επειδή η πυκνότητα του ρεύματος πρέπει να είναι η ίδια στους αγωγούς και των δύο τυλιγμάτων , μπορούμε να πούμε ,ότι: Το τύλιγμα χαμηλής τάσεως και μεγάλης εντάσεως έχει μικρό αριθμό σπειρών και αγωγό μεγάλης διατομής.Το τύλιγμα υψηλής τάσεως και χαμηλής εντάσεως έχει μεγάλο αριθμό σπειρών και αγωγό μικρής διατομής .

Αν θεωρήσουμε αμελητέες τις απώλειες του μετασχηματιστή τότε η ισχύς N_1 ,που απορροφά το πρωτεύον από το δίκτυο,είναι ίση περίπτωση με την ισχύ N_2 ,που δίνει το δευτερεύον:

$$\underline{N_1=N_2 \quad \text{ή} \quad U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2}$$

Έχουμε όμως

$$\underline{U_2 = U_1/K \quad \text{και} \quad I_2 = K \cdot I_1}$$

Άρα: $U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1$ και συνεπώς:
 $\cos\phi_1 = \cos\phi_2$

Δηλαδή η φασική απόκλιση ϕ_1 μεταξύ τάσεως και εντάσεως του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή είναι ίση περίπτωση με τη ϕ_2 που προκύπτει από το συντελεστή ισχύος του καταναλωτή ($\cos\phi_2$) . Περίπου ίση είναι και η φαινόμενη ισχύς του πρωτεύοντος ($N_{s1}=U_1 \cdot I_1$) με τη φαινόμενη ισχύς του δευτερεύοντος ($N_{s2}=U_2 \cdot I_2$):

$$\underline{N_{s1}=N_{s2}}$$

γ) Χαρακτηριστική φορτίου - Πτώση τάσεως.

Κάθε ένα από τα δύο τυλίγματα ενός μετασχηματιστή έχει ορισμένη ωμική αντίσταση και δημιουργεί ορισμένη ροή σκεδάσεως. Αποτέλεσμα αυτών είναι ,όταν ο μετασχηματιστής εργάζεται με φορτίο ,να δημιουργείται σε κάθε τύλιγμα του μια ωμική και μια αυτεπαγωγική (λόγω της ροής σκεδάσεως) πτώση τάσεως. Συνεπώς η τάση U_2 με φορτίο δεν είναι ποτέ ακριβώς ίση με την τάση του δευτερεύοντος χωρίς φορτίο. Δηλαδή η U_2 με φορτίο δεν είναι ακριβώς ίση με U_1/K .

Τη μεταβολή της τάσεως του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή από τη λειτουργία χωρίς φορτίο στη λειτουργία με το κανονικό φορτίο του (U_{2N}), για ορισμένο συντελεστή ισχύος του φορτίου και σταθερή τάση πρωτεύοντος,την ονομάζουμε **διακύμανση τάσεως** και την εκφράζουμε ως ποσοστό επί τοις εκατό της τάσεως του δευτερεύοντος με κανονική φορτίο.

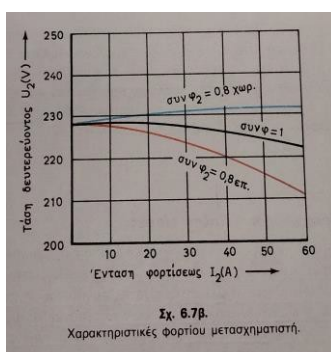
Επειδή στη λειτουργία χωρίς φορτίο,η τάση του δευτερεύοντος είναι ίση με την ηλεκτρεγερτική του δύναμη ,για τη διακύμανση τάσεως έχουμε:

$$\varepsilon\% = \frac{E_2 - U_{2N}}{U_{2N}} \cdot 100\%$$

Όσο μικρότερη είναι η διακύμανση τάσεως ,τόσο ποιοτικά καλύτερος είναι ο μετασχηματιστής. Στους μετασχηματιστές μέσου και μεγάλου μεγέθους , η διακύμανση τάσεως είναι κάτω του 5%.

Χαρακτηριστική φορτίου ενός μετασχηματιστή ονομάζουμε την καμπύλη, η οποία δείχνει πως μεταβάλλεται η τάση του δευτερεύοντος του, όταν μεταβάλλεται το φορτίο του,με σταθερή τάση του πρωτεύοντος και σταθερό συντελεστή ισχύος του φορτίου.

ΣΧΕΔΙΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ



δ) Τάση βραχυκυκλώσεως.

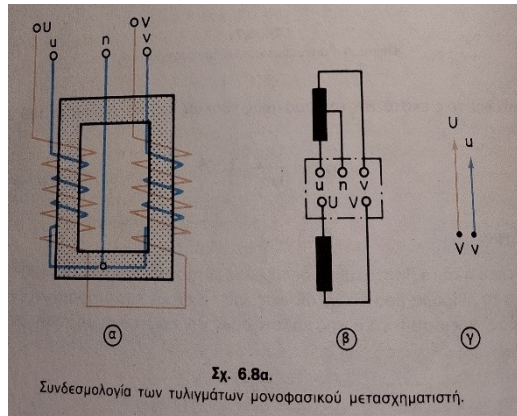
Εκτελούμε το ακόλουθο πείραμα: σε έναν μετασχηματιστή βραχυκυκλώνουμε το δευτερεύον τύλιγμα αφού παρεμβάλουμε ένα αμπερόμετρο στον αγωγό βραχυκυκλώσεως . Έπειτα τροφοδοτούμε το πρωτεύον τύλιγμα με τάση (που έχει συχνότητα ίση με την ονομαστική) , την οποία αυξάνουμε σιγά σιγά αρχίζοντας από πολύ μικρές τιμές. Για κάποια τιμή της U_{1k} της τάσεως του πρωτεύοντος, την οποία μετρούμε με βολτόμετρο, η ένταση στο βραχυκυκλωμένο δευτερεύον θα γίνει ίση με την ονομαστική ένταση I_{2N} του μετασχηματιστή. τότε και η ένταση του πρωτεύοντος θα γίνει ίση με την ονομαστική του ένταση I_{1N} . Την τάση αυτή U_{1k} , η οποία ξοδεύεται ολόκληρη για εσωτερική πτώση τάσεως μέσα στον μετασχηματιστή, τον ονομάζουμε τάση βραχυκυκλώσεως . Συνήθως την εκφράζουμε σαν ποσοστό επί τοις εκατό της ονομαστικής τάσεως του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή.

$$U_{k\%} = \frac{U_{1k}}{U_{1N}} \cdot 100\%.$$

1.8 Συνδεσμολογία των τυλιγμάτων μετασχηματιστών.

α) Συνδεσμολογία των τυλιγμάτων μονοφασικών μετασχηματιστών.

Το παρακάτω σχήμα παριστάνει πως είναι συνδεσμολογημένα τα τυλίγματα ενός μονοφασικού μετασχηματιστή, τα οποία δεχόμαστε ότι είναι περίεργη ληγμένα κατά την ίδια φορά και όπως γνωρίζουμε είναι τοποθετημένος στους δύο κορμούς του πυρήνα.



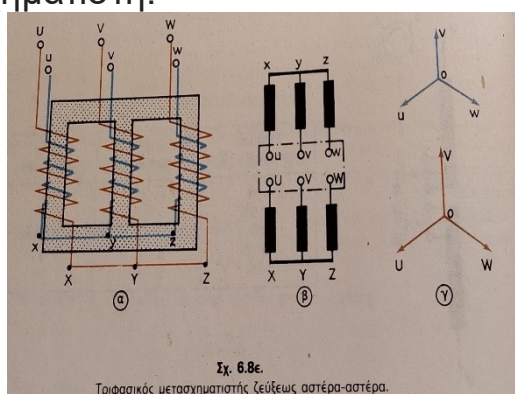
ΣΧΕΔΙΟ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΕΝΟΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται μία άλλη η συμβολική σχεδίαση των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή. Στη σχεδίαση αυτή τα τυλίγματα πρέπει να θεωρηθούν ότι πηγαίνουν στην πραγματική τους φυσική θέση αν στραφούν προς τα κάτω. Οι ακροδέκτες του τυλιγματος Υ.Τ. σημειώνονται στο κάλυμμα του μετασχηματιστή με τα κεφαλαία γράμματα U και V. Οι ακροδέκτες του τυλιγματος Χ.Τ. σημειώνονται με τα μικρά γράμματα u και v. Αν γίνεται και μεσαία λήψη όπως στο σχήμα ο αντίστοιχος ακροδέκτης τοποθετείται μεταξύ των άλλων δύο και σημειώνεται με τα μικρά γράμματα n. Απέναντι ακριβώς από τον ακροδέκτη U της Υ.Τ τοποθετείται ο ακροδέκτης u της Χ.Τ ο οποίος έχει πάντα την ίδια πολικότητα με τον U. Δηλαδή τα παραστατικά διανύσματα των τάσεων VU και vu είναι σε φάση. Στους μετασχηματιστές με μεσαία λήψη μεταξύ του ακροδέκτη της n και ενός από τους άλλους δύο ακροδέκτες u και v επικρατεί το μισό της τάσεως του δευτερεύοντος. Αν π.χ. η τάση του δευτερεύοντος είναι 220V, τότε μεταξύ n και u καθώς και μεταξύ n και v έχουμε τάση 110V. Δηλαδή ο μετασχηματιστής δίνει στο δευτερεύον στις περιπτώσεις αυτές δύο τάσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν 110 και 220 V. Μικροί μετασχηματιστές με μεσαία λήψη χρησιμοποιούνται πολύ στις ανορθωτικές διατάξεις των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Με τον ίδιο τρόπο όπως έχουμε τη μεσαία λήψη είναι δυνατόν από το δευτερεύον του μετασχηματιστή να πάρουμε περισσότερες λήψεις. Έχουμε τότε ένα μετασχηματιστή ο οποίος μπορεί να δώσει πολλές στάσεις στο δευτερεύον του. Το μέγεθος κάθε μίας από τις τάσεις αυτές εξαρτάται από τον αριθμό των σπειρών του αντίστοιχου σημείου

λήψεως. Σε ορισμένες περιπτώσεις θέλουμε να έχουμε από δευτερεύον του μετασχηματιστή ένα ορισμένο αριθμό τάσεων ανεξάρτητων μεταξύ τους. Το δευτερεύον του μετασχηματιστή έχει το αντίστοιχο αριθμό τυλίγμάτων ανεξάρτητων επίσης μεταξύ τους. Π.χ. ο μετασχηματιστής του σχήματος 6.8 β έχει στο δευτερεύον δύο τυλίγματα τα οποία δίνουν τάσεις 110V και 6V, όταν το πρωτεύον του τροφοδοτείται με τάση 220V. Ο αριθμός των σπειρών κάθε τυλίγματος καθορίζεται από τη σχέση μεταφοράς $220 / 110V$ και $220 / 6V$. Όταν θέλουμε ο μετασχηματιστής να είναι κατάλληλος να λειτουργήσει με περισσότερες από μία τάσεις πρωτεύοντος δηλαδή να μπορεί να λειτουργεί σε διάφορα δίκτυα ηλεκτροδοτησεως, τότε βγάζουμε λήψεις από το πρωτεύον τύλιγμα. Ο μετασχηματιστής του σχήματος 6.8γ μπορεί να λειτουργήσει με τάσεις πρωτεύοντος 110,125, 220 και 240 V, αρκεί να τοποθετήσουμε στην κατάλληλη λήψη την ασφάλεια α.σ. Από το δευτερεύον του μετασχηματιστή το οποίο έχει δύο τυλίγματα παίρνουμε τάσεις 300V και 4V.

β) Συνδεσμολογία των τυλιγμάτων τριφασικών μετασχηματιστών.

Το παρακάτω σχήμα παριστάνει σχηματικά πως είναι τοποθετημένα τα τρία τυλίγματα Υ.Τ και τα τρία τυλίγματα Χ.Τ στον τριφασικό μετασχηματιστή.



Τα τυλίγματα αυτά δεχόμαστε ότι είναι περιελιγμένα κατά την ίδια φορά όπως, όπως γίνεται συνήθως στην πράξη. Στην περίπτωση του σχήματος, τόσο τα τυλίγματα Υ.Τ όσο και τα τυλίγματα Χ.Τ είναι συνδεσμολογημένα σε αστέρα. Δηλαδή πρόκειται για μετασχηματιστή ζεύξεως αστέρα- αστέρα, όπως λέμε. Τα ελεύθερα

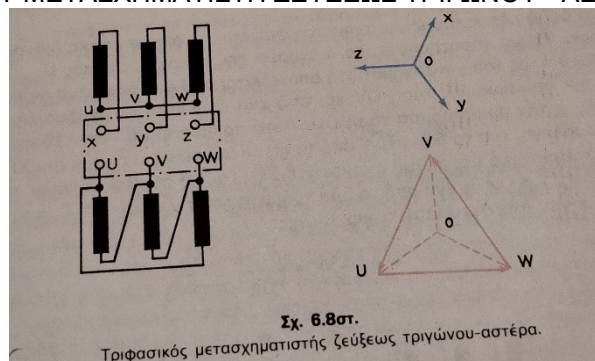
άκρα των τριών φάσεων της Υ.Τ έχουν συνδεθεί στους τρεις αντίστοιχους ακροδέκτες του καλύμματος του μετασχηματιστή, οι οποίοι είναι χαρακτηρισμένοι με κεφαλαία γράμματα U,V,W. Αντίστοιχα οι τρεις ακροδέκτες της Χ.Τ είναι χαρακτηρισμένοι με μικρά γράμματα u,v,w. Οι συνδέσεις των άκρων X,Y,Z και x,y,z γίνονται μέσα στο μετασχηματιστή και σχηματίζουν τους ουδέτερους κόμβους Υ.Τ και Χ.Τ. Σε ορισμένους μετασχηματιστές οι ουδέτεροι κόμβοι συνδέονται με ιδιαίτερους ακροδέκτες πάνω στο κάλυμμα οι οποίοι φέρουν τότε το γράμμα N για την Υ.Τ. και η για την Χ.Τ. Το παραπάνω σχήμα δίνει τη συμβολική σχεδίαση των τυλιγμάτων μετασχηματιστή ζεύξεως αστέρα-αστέρα. Στο γ του ίδιου σχήματος φαίνεται το διανυσματικό διάγραμμα υψηλής και χαμηλής τάσεως. Όπως παρατηρούμε στη ζεύξη αυτή η βασική απόκλιση μεταξύ των διανυσμάτων των αντίστοιχων φάσεων είναι μηδενική. Στη συνδεσμολογία του αστέρα για την υψηλή ή χαμηλή τάση ισχύουν γνωστές σχέσεις:

$$U_{\phi} = U / 1,73 \text{ και } I_{\phi} = I.$$

Στους τριφασικούς μετασχηματιστές τα τυλίγματα Υ.Τ ή Χ.Τ ή και τα δύο μπορεί να συνδεσμολογηθούν και σε τρίγωνο. Στο παρακάτω σχήμα παριστάνεται μετασχηματιστής ζεύξεως τριγώνου-αστέρα δηλαδή τριγώνου στην Υ.Τ και αστέρα στη Χ.Τ. Σε κάθε φάση του τυλιγματος εφαρμόζονται τώρα οι πολικές τάσεις του δικτύου. Συνεπώς ισχύουν οι γνωστές σχέσεις:

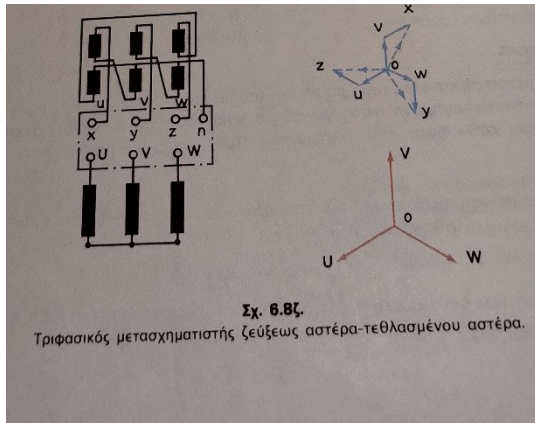
$$U_{\phi} = U \text{ και } I_{\phi} = I / 1,73.$$

ΣΧΗΜΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΖΕΥΞΕΩΣ ΤΡΙΓΩΝΟΥ - ΑΣΤΕΡΑ



Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι ο μετασχηματιστής του παραπάνω σχήματος έχει τον ουδέτερο κόμβος τα επάνω άκρα u,v,w των τυλιγμάτων Χ.Τ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ,οι τάσεις στα τυλίγματα αυτά, να έχουν φυσική απόκριση 180 μοιρών προς τις τάσεις των αντίστοιχων τυλιγμάτων Υ.Τ, δηλαδή το διανυσματικό διάγραμμα του μετασχηματιστή αυτού είναι όπως φαίνεται στο δεξιό μέρος του παραπάνω σχήματος. Στα τριφασικά δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας με ουδέτερο, πολλές φορές χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές υποβιβασμού, οι οποίοι έχουν το δευτερεύον τους, δηλαδή τη Χ.Τ , συνδεδεσμένο σε τεθλασμένο αστέρα (ζικ-ζακ) .Στη συνδεσμολογία αυτή το τύλιγμα Χ.Τ κάθε κορμού αποτελείται από δύο τμήματα. Κάθε τμήμα συνδέεται σε σειρά με ένα τμήμα από το τύλιγμα χαμηλής τάσεως άλλο κορμού. Το παρακάτω σχήμα δείχνει μετασχηματιστή ζεύξεως αστέρα - τεθλασμένο αστέρα .Στο δεξιό μέρος του ίδιου σχήματος φαίνεται διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων. Όπως παρατηρούμε, το διάνυσμα της φασικής τάσεως $U_{2\phi} = o_x$ του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή αποτελείται από ένα διάνυσμα ον παράλληλο προς την πρωτεύουσα τάση ΟV και από ένα διάνυσμα με φασική απόκριση 180 μοιρών προς την πρωτεύουσα τάση ΟU. Αυτό προκύπτει από τον τρόπο, που είναι συνδεδεσμένα τα δύο μέρη ,από τα οποία αποτελείται το τύλιγμα της Χ.Τ. της φάσεως nx. Το ίδιο συμβαίνει και με τις υπόλοιπες φάσεις. Αρα κάθε ένα από τα δύο τμήματα του τυλιγματος Χ.Τ ,που έχει κάθε κορμός ,είναι κατασκευασμένο για ταση:

$$u_{2\phi} = o_v = v_x = o_x / 1,73 = U_{2\phi} / 1,73$$



ΣΧΕΔΙΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΖΕΥΞΕΩΣ ΑΣΤΕΡΑ – ΤΕΘΛΑΣΜΕΝΟΥ ΑΣΤΕΡΑ

γ) Κατάταξη των τριφασικών μετασχηματιστών σε ομάδες.

Σύμφωνα με το διεθνή συμβολισμό ,οι τριφασικοί μετασχηματιστές από την άποψη της συνδεσμολογίας των τυλιγμάτων τους, κατατάσσονται σε ομάδες που κάθε μία χαρακτηρίζεται μέσα από τους αριθμούς 0,5,6, 11.Η ζεύξη των τυλιγμάτων του μετασχηματιστή χαρακτηρίζεται με γράμματα ως εξής:

- σε τρίγωνο D,d
- σε αστέρα Y,y
- σε τεθλασμενο αστέρα Z,z

Το πρώτο γράμμα (κεφάλαιο) δίνει τη ζεύξη τυλίγματος Y.T και το δεύτερο (μικρό) του τυλίγματος X.T. Μετά τα δύο γράμματα ακολουθεί ένας αριθμός που είναι ο αριθμός της ομάδας ,στην οποία ανήκει ο μετασχηματιστής και έχει την ακόλουθη σημασία :Αν τον αριθμό αυτόν τον πολλαπλασιάσουμε επί 30 μοίρες, μας δίνει τη γωνία κατά την οποία καθυστερούν τα διανύσματα της X.T ως προς τα αντίστοιχα διανύσματα της Y.T.

1.9) Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών.

Όταν ένας μετασχηματιστής δεν επαρκεί για την τροφοδότηση ενός φορτίου π.χ. ενός δικτύου ,τότε ή πρέπει να το αντικαταστήσουμε με άλλο μεγαλύτερης ισχύος ή να συνδέσουμε παράλληλα σε αυτόν ένα δεύτερο μετασχηματιστή ο οποίος θα πάρει ένα μέρος του φορτίου.

Για να μπορούν δύο ή περισσότεροι μετασχηματιστές να λειτουργήσουν παράλληλα πρέπει να πληρώνουν τις ακόλουθες συνθήκες:

- α) Να είναι κατασκευασμένοι από την ίδια τάση πρωτεύοντος και για την ίδια τάση δευτερεύοντος.
- β) Να ανήκουν στην ίδια ομάδα συνδεσμολογίας.
- γ) Να έχουν είσαι στάσεις βραχυκυκλώσεως.
- δ) Να γίνει σωστή σύνδεση των αντίστοιχων ακροδεκτών.

Δηλαδή συνδέουμε τον έναν ακροδέκτη Χ.Τ του μετασχηματιστή που πρόκειται να παραλληλιστεί με τον αντίστοιχο ζυγό Χ.Τ και έπειτα τοποθετούμε το βολτόμετρο διαδοχικά μεταξύ των λοιπών ακροδεκτών και των αντίστοιχων ζυγών Χ.Τ. Σε καμία περίπτωση το βολτόμετρο δεν πρέπει να δείξει τάση. Αν εκπληρώνονται όλες οι συνθήκες που αναφέραμε ,οι μετασχηματιστές θα λειτουργήσουν παράλληλα με απόλυτα ικανοποιητικό τρόπο και ο καθένας θα αναλάβει από το συνολικό φορτίο ένα μέρος ανάλογο προς την ονομαστική του ισχύ.

Στην πράξη όμως σπάνια συμβαίνει να έχουμε μετασχηματιστές με απόλυτα ίσες τάσεις βραχυκυκλώσεως. Για αυτό δεχόμαστε ότι η τρίτη συνθήκη ισχύει όταν οι τάσεις βραχυκυκλώσεως δεν διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο από 10%. Όταν η διαφορά είναι μεγαλύτερη, ο μετασχηματιστής με τη μικρότερη τάση βραχυκυκλώσεως θα αναλάβει φορτίο μεγαλύτερο από αυτό που του αναλογεί με βάση την ισχύ του. Έτσι υπάρχει το ενδεχόμενο ένας μικρός μετασχηματιστής που εργάζεται παράλληλα με ένα μεγάλο να υπερφορτωθεί. Για το λόγο αυτό δεν βάζουμε σε παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστές που έχουν σχέση ονομαστικής ισχύος μεγαλύτερη από 3 προς 1. Θα πρέπει μάλιστα

ο μικρότερος μετασχηματιστής να έχει λίγο μεγαλύτερη τάση βραχυκυκλώσεως για να μη δημιουργούνται συνθήκες υπερφορτίσεώς του.

Όταν έχουμε μεγάλες διαφορές στις τάσεις βραχυκυκλώσεως, συνδέουμε σε σειρά με το μετασχηματιστή, που έχει τη μικρότερη τάση βραχυκυκλώσεως, ειδικά στραγγαλιστικά πηνία. Το μέγεθος αυτών των πηνίων προσδιορίζεται από τη διαφορά των τάσεων βραχυκυκλώσεως και από την ισχύ.

1.10) Χαρακτηριστικά στοιχεία των μετασχηματιστών.

Στην πινακίδα που έχει ο κάθε μετασχηματιστής, εκτός από το όνομα του εργοστασίου κατασκευής και τον αριθμό κατασκευής, αναγράφονται συνήθως και τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στοιχεία :

α) Η ονομαστική ισχύς του μετασχηματιστή σε VA ή kVA. Είναι η φαινόμενη ισχύς, την οποία μπορεί να δίνει συνεχώς στο δευτερεύον του μετασχηματιστή με ονομαστική τάση, χωρίς κίνδυνο υπερθέρμανσης, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος δεν υπερβαίνει ορισμένα όρια.

β) Ο αριθμός των φάσεων του μετασχηματιστή.

γ) Η ονομαστική συχνότητα δηλαδή συχνότητα του ρεύματος για την οποία ισχύουν τα χαρακτηριστικά στοιχεία του μετασχηματιστή.

δ) Η ονομαστική τάση πρωτεύοντος και ονομαστική τάση δευτερεύοντος για τη λειτουργία χωρίς φορτίο. Όταν π.χ. στην πινακίδα αναφέρεται ονομαστική τάση 20.000V - 231/400V, σημαίνει ότι ο μετασχηματιστής (προφανώς πρόκειται για τριφασικό μετασχηματιστή) όταν τροφοδοτηθεί στο πρωτεύον από τριφασικό δίκτυο (πολικής) τάσεως 20.000V, θα δώσει στο δευτερεύον χωρίς φορτίο τάση φασική μεν 231V πολική δε 400V.

ε) Η τάση βραχυκυκλώσεως του μετασχηματιστή επί τοις εκατό.
στ) Η ομάδα στην οποία ανήκει από άποψη συνδεσμολογίας (ζεύξεως) των τυλιγμάτων του ο (τριφασικός) μετασχηματιστής

π.χ. Dy1.

1.11) Ισχύς, απώλειες και βαθμός αποδόσεως μετασχηματιστών.

α) Ισχύς.

Η πραγματική ισχύς που δίνει ένας μετασχηματιστής στο δευτερεύον του ,όταν τροφοδοτεί κατανάλωση με τάση U_2 , ένταση I_2 και $\cos\varphi_2$ δίνεται από τις σχέσεις:

Για μονοφασικό μετασχηματιστή :

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$$

Για τριφασικό μετασχηματιστή:

$$P_2 = 1,73 \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$$

Αντίστοιχα, η πραγματική ισχύς που ο μετασχηματιστής απορροφά από το δίκτυο είναι:

Για μονοφασικό μετασχηματιστή :

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1$$

Για τριφασικό μετασχηματιστή :

$$P_1 = 1,73 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1$$

όπου U_1 και I_1 είναι η τάση και η ένταση στο πρωτεύον του μετασχηματιστή και $\cos\varphi_1$ ο αντίστοιχος συντελεστής ισχύος.

β) Απώλειες.

Οι απώλειες στους μετασχηματιστές είναι δύο ειδών:

α) Ηλεκτρικές απώλειες ή απώλειες χαλκού (P_{cu}) είναι αυτές που οφείλονται στο φαινόμενο Joule, το οποίο δημιουργείται από το ρεύμα που κυκλοφορεί στα τυλίγματα (πρωτεύον και δευτερεύον). Οι απώλειες αυτές προσδιορίζονται με το πείραμα βραχυκυκλώσεως.

β) Μαγνητικές απώλειες ή απώλειες σιδήρου (P_{Fe}) είναι αυτές που οφείλονται στην υστέρηση και στα δινορρεύματα του σιδερένιου πυρήνα του μετασχηματιστή. Οι απώλειες αυτές προσδιορίζονται με ένα πείραμα λειτουργίας του μετασχηματιστή χωρίς φορτίο στο δευτερεύον.

γ) Βαθμός αποδόσεως.

Βαθμός αποδόσεως ενός μετασχηματιστή είναι ο λόγος της πραγματικής ισχύος που δίνει το δευτερεύον προς την πραγματική ισχύ που απορροφά το πρωτεύον, όταν αυτό τροφοδοτείται με την ονομαστική του τάση.

$$\eta = P_2/P_1 = P_2/P_2 + P_{Cu} + P_{Fe}$$

1.12) Βλάβες και επισκευές μετασχηματιστών.

Οι μετασχηματιστές δεν έχουν κινούμενα μέρη και έτσι οι φθορές και συνεπώς και οι βλάβες που παρουσιάζουν είναι πολύ λιγότερες από τις γεννήτριες και τους κινητήρες. Ανάλογα με το σύμπτωμα με το οποίο εμφανίζονται, οι συνηθέστερες βλάβες των μετασχηματιστών είναι οι ακόλουθες:

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΜΕ ΒΛΑΒΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ

| <i>1. Ο μετασχηματιστής υπερθερμαίνεται.</i> | |
|---|--|
| Πιθανή αιτία | Απαιτούμενη επισκευή |
| α) Υπερφόρτιση | α) Να ελαττωθεί το φορτίο ή να τοποθετηθεί μεγαλύτερος μετασχηματιστής |
| β) Βραχυκύκλωμα στα τυλίγματα | β) Να αντικατασταθούν τα βραχυκυκλωμένα τυλίγματα |
| γ) Βραχυκύκλωμα στα ελάσματα του πυρήνα | γ) Να σταλεί για επισκευή |
| δ) Ο χώρος δεν αερίζεται καλά | δ) Να ληφθούν μέτρα για καλύτερο αερισμό του χώρου |
| <i>2. Ο αυτόματος διακόπτης ανοίγει ή τήκονται οι ασφάλειες.</i> | |
| α) Βραχυκύκλωμα μεταξύ αγωνίων φάσεων ή προς γη | α) Να βρεθεί το βραχυκύκλωμα και να επισκευασθεί |
| β) Διάσπαση της μονώσεως των ακροδεκτών ή βλάβη στη μόνωση του τυλίγματος | β) Να γίνει έλεγχος με Μέγκερ. Να αντικατασταθούν οι βλαμμένοι ακροδέκτες ή να γίνει επισκευή του βλαμμένου τυλίγματος |
| γ) Σοβαρή υπερφόρτιση | γ) Να ελαττωθεί το φορτίο |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

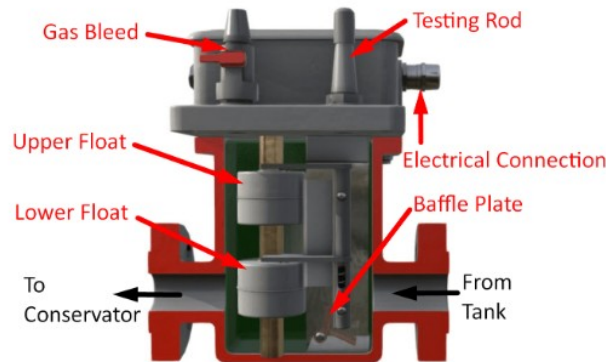
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ 150KV/20KV ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

ΡΕΛΕ BUCHHOLZ

Το ρελέ buchholz (relay buchholz) είναι ένα μέσο προστασίας του μετασχηματιστή. Για τους μετασχηματιστές με δοχείο διαστολής το ρελέ buchholz εγκαθίσταται μεταξύ του δοχείου διαστολής και του κεντρικού δοχείου του πυρήνα του Μ/Σ. Το ρελέ πήρε το όνομα του από τον εφευρέτη του, Max Buchholz.

ΔΟΜΗ BUCHHOLZ

Το ρελέ αυτό συνήθως περιλαμβάνει δύο πλωτήρες και μια τάπα διαφράγματος. Οι πλωτήρες είναι εγκαταστημένοι σε ψηλή και χαμηλή θέση αντίστοιχα εντός του ρελέ. Η τάπα διαφράγματος είναι συνδεδεμένη σε έναν άξονα που κινείται κάθετα μέσα στο εσωτερικό του ρελέ.



ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΡΕΛΕ

Περίπτωση 1η: Μικρά ηλεκτρικά σφάλματα

Χειριστής: Πάνω πλωτήρας

Αποτέλεσμα: Συναγερμός

Τα μικρά σφάλματα εντός του Μ/Σ θερμαίνουν το λάδι και δημιουργούν φυσαλίδες. Αυτές οι φυσαλίδες επιπλέουν προς το επάνω μέρος του κεντρικού δοχείου του πυρήνα του Μ/Σ και εξέρχονται στο ρελέ. Δεν είναι δυνατό να περάσει το αέριο μέσα απ' το ρελέ οπότε σιγα-σιγα θα αρχίσει να συσσωρεύεται αέριο στο εσωτερικό του με αποτέλεσμα να εκτοπίσει το λάδι. Αν το σφάλμα παραμείνει ο όγκος του αερίου θα γίνει τόσο μεγάλος ώστε να ρίξει τον επάνω πλωτήρα και να ενεργοποιήσει το συναγερμό.

Περίπτωση 2η: Χαμηλή στάθμη λαδιού

Χειριστής: Κάτω πλωτήρας

Αποτέλεσμα: Συναγερμός και τερματισμός λειτουργίας

Η μεγάλη μείωση του λαδιού εντός του Μ/Σ μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφικά αποτελέσματα για τον Μ/Σ. Για να το αποφύγουμε

αυτό, το ρελέ θα σβήσει τον Μ/Σ, όταν εντοπιστεί χαμηλή στάθμη λαδιού. Η μειωμένη αυτή στάθμη πρώτα θα εντοπιστεί από το πάνω πλωτήρα ο οποίος θα ενεργοποιήσει το συναγερμό καθώς η στάθμη του υγρού θα πέφτει εντός του ρελέ. Αν η στάθμη του υγρού συνεχίζει να πέφτει τότε, κάτω πλωτήρας θα πέσει και αυτός και θα τερματίσει την λειτουργία του Μ/Σ.

Περίπτωση 3η: Μεγάλα ηλεκτρικά σφάλματα
Χειριστής: Τάπα διαφράγματος
Αποτέλεσμα: Τερματισμός λειτουργίας

Ένα μεγάλο ηλεκτρικό σφάλμα θα δημιουργήσει μεγάλο όγκο αερίου και αυτό θα εκτοπίσει ένα μεγάλο όγκο υγρού εντός του δοχείου του πυρήνα του Μ/Σ. Καθώς δεν υπάρχει ελεύθερος χώρος για το εκτοπισμένο υγρό στο δοχείο, το υγρό θα κινηθεί προς την κατεύθυνση του δοχείου διαστολής με μεγάλη ταχύτητα (πίεση). Η απότομη κίνηση του υγρού μέσα απ' το ρελέ έχει ως αποτέλεσμα η τάπα να περιστραφεί, ενεργοποιώντας ένα διακόπτη ή και ρίχνοντας τον κάτω πλωτήρα με συνέπεια να σταματήσει ο Μ/Σ.



ΕΙΚΟΝΑ ΡΕΛΕ BUCHHOLZ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Μετασχηματιστής διανομής πόλεως 20kV/400V με έναν tap switch αυξομείωσης τάσεως $\pm 2.5\%$.



ΕΙΚΟΝΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ 20kV/400V

Πινακίδα μετασχηματιστή. Πρόκειται για μετασχηματιστή τεθλασμένου αστέρα.



ΠΙΝΑΚΙΔΑ ΜΕ ΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Τούσα ή ρυθμιστής αυξομείωσης της τάσεως.



ΤΟΥΣΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Μονό tap switch για την αυξομείωση της τάσης (οι χειρισμοί

γίνονται χωρίς τάση).



TAP SWITCH ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Διπλό tap switch το πρώτο είναι μεταγωγή από 15 σε 20 kV και αντιστρόφως και το δεύτερο είναι για αυξομείωση της τάσεως $\pm 2.5\%$

Όταν έχουμε πτώση τάσεως στο δίκτυο κάνουμε αύξηση της τουσας και όταν έχουμε υπέρταση γίνεται μείωση της τουσας δηλαδή κάνουμε τοπικό χειρισμό για να ισοσταθμίσουμε την σωστή τάση πάνω στο δίκτυο ανάλογα με τις ζητήσεις των καταναλώσεων.



ΔΙΠΛΟ TAP SWITCH

Μετασχηματιστής 160 kVA.



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΛΑΔΙΟΥ 160 KVA

Αυτομετασχηματιστής 20kV/15kV.



ΠΛΑΓΙΑ ΛΗΨΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΕΝΟΣ ΑΥΤΟΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ 20kV/15kV

Μετασχηματιστής υψηλής τάσεως 150kV.



ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ ΕΝΟΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΕΩΣ 150kV/20kV





ΣΥΣΤΗΜΑ ΨΥΞΕΩΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ



ΔΟΧΕΙΟ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΚΑΙ ΡΕΛΕ BUCHHOLZ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΥΨΗΛΗΣ ΤΑΣΕΩΣ

ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΑΝΤΛΗΘΗΚΑΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΠΟ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ
ΤΙΤΛΟ :
"ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ" ΤΟΥ ΣΠΥΡ.Ν.ΒΑΣΙΛΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
(ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ Ε.Μ.Π)

ΑΠΟ ΙΣΤΙΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://savree.com/en/encyclopedia/transformer-buchholz-relay>

ΚΑΙ

<https://www.electrical4u.com/what-is-auto-transformer/>

ΚΑΘΩΣ ΕΠΙΣΗΣ ΕΓΙΝΕ ΚΑΙ ΛΗΨΗ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
ΑΠΟ ΤΟ ΧΩΡΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ ΤΟΥ ΔΕΔΔΗΕ ΡΙΟΥ.

ΤΕΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.