

Άσκηση 1

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

- 1.1 Μέτρηση του λόγου μετασχηματισμού και προσδιορισμός παραμέτρων
ισοδύναμου κυκλώματος μονοφασικών μετασχηματιστών
- 1.2 Αυτομετασχηματιστές
- 1.3 Τριφασικοί μετασχηματιστές

1.1 Μέτρηση του λόγου μετασχηματισμού και προσδιορισμός παραμέτρων ισοδύναμου κυκλώματος μονοφασικών μετασχηματιστών

1.1.1 Σκοπός της Άσκησης

Σκοπός την Άσκησης είναι η μέτρηση του λόγου μετασχηματισμού και ο προσδιορισμός των παραμέτρων ισοδύναμου κυκλώματος μονοφασικών μετασχηματιστών. Η εργαστηριακή άσκηση περιλαμβάνει:

- μέτρηση ωμικής αντίστασης τυλιγμάτων με χρήση συνεχούς τάσης
- μέτρηση λόγου μετασχηματιστή
- δοκιμή ανοικτού κυκλώματος
- δοκιμή βραχυκυκλώματος

1.1.2 Μέτρηση ωμικής αντίστασης τυλιγμάτων μονοφασικού μετασχηματιστή

Για τη μέτρηση της ωμικής αντίστασης των τυλιγμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, συνδέεται το κάθε τύλιγμα με πηγή συνεχούς τάσης και μετράται το διερχόμενο ρεύμα. Η ωμική αντίσταση των τυλιγμάτων δίνεται από τη σχέση:

$$R_{dc} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

A/A	V _{dc}	I _{dc}	R _{dc}

Παρατηρήσεις:.....
.....
.....
.....
.....

1.1.3 Μέτρηση λόγου μετασχηματιστή

Εφαρμόζεται τάση στο πρωτεόν του μετασχηματιστή και μετράται η τάση στο δευτερέον. Ο λόγος μετασχηματισμού δίνεται από τη σχέση:

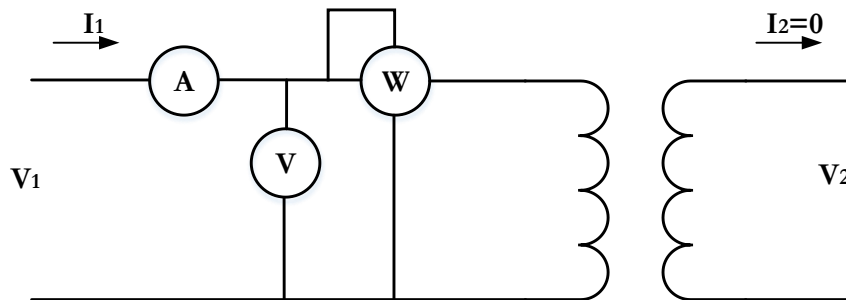
$$n = \frac{V_1}{V_2}$$

A/A	V ₁	V ₂	n

Παρατηρήσεις:.....

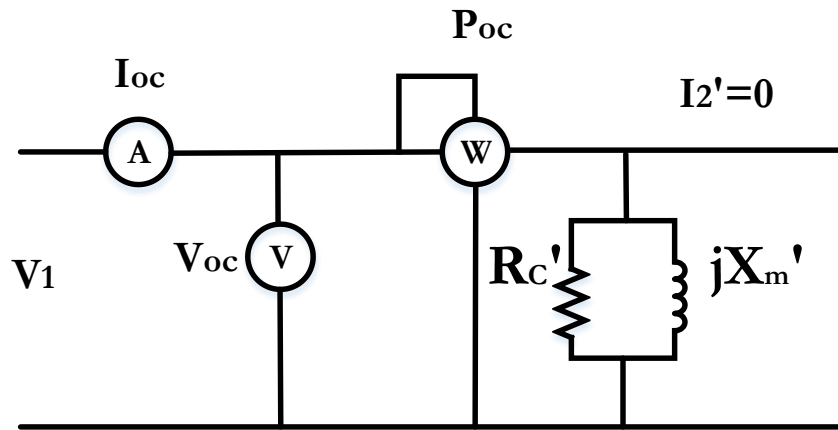
1.1.4 Δοκιμή ανοικτού κυκλώματος

Με τη δοκιμή ανοικτού κυκλώματος προσδιορίζονται τα εγκάρσια στοιχεία του ισοδύναμου κυκλώματος. Με ανοικτοκυκλωμένο το δευτερεύον, εφαρμόζεται η ονομαστική τάση στο πρωτεύον και μετρώνται η τάση, το ρεύμα και η ισχύς στο πρωτεύον (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Συνδεσμολογία δοκιμής ανοικτού κυκλώματος

Στην εν κενώ κατάσταση λειτουργίας, στο δευτερεύον δεν υπάρχει φορτίο συνδεδεμένο και επομένως το ρεύμα του δευτερεύοντος είναι μηδενικό. Σε αυτή την περίπτωση, ρεύμα ρέει μόνο στο πρωτεύον τύλιγμα. Όμως, επειδή η R_C είναι πολύ μεγαλύτερη από την R_1 και αντίστοιχα ο συντελεστής αυτεπαγωγής L_m είναι πολύ μεγαλύτερος του L_1 , προκύπτει ότι τα R_1 και L_1 μπορούν να αγνοηθούν, καταλήγοντας έτσι στο ισοδύναμο κύκλωμα του Σχήματος 2 για την εν κενώ κατάσταση. Το ρεύμα μαγνήτισης είναι το μοναδικό ρεύμα που ρέει στο κύκλωμα, προκαλώντας έτσι απώλειες στην αντίσταση σιδήρου.



Σχήμα 2: Ισοδύναμο κύκλωμα κατά τη δοκιμή ανοικτού κυκλώματος

Χρησιμοποιώντας τις ενδείξεις των μετρητικών οργάνων (τάση, ένταση, ισχύς) υπολογίζουμε την ωμική αντίσταση R_c σύμφωνα με τη σχέση:

$$R_c = \frac{V_{oc}^2}{P_{oc}}$$

Η αντίδραση μαγνήτισης δίνεται από τη σχέση:

$$X_m = \frac{V_{oc}^2}{Q_{oc}}$$

όπου

$$Q_{oc} = \sqrt{S_{oc}^2 - P_{oc}^2}$$

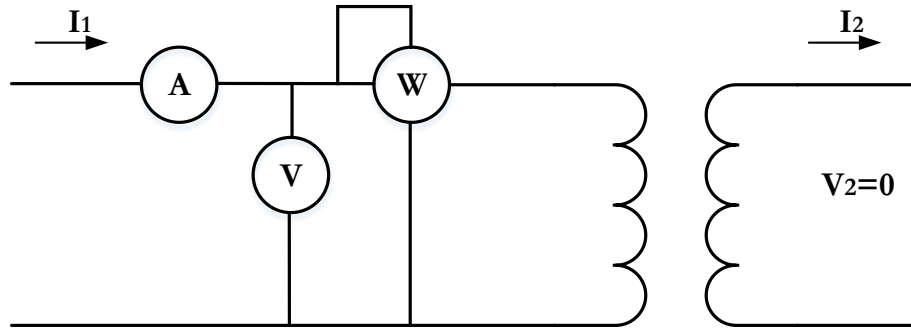
$$S_{oc} = V_{oc} \cdot I_{oc}$$

V_{oc}	I_{oc}	P_{oc}	R_c	S_{oc}	Q_{oc}	X_m

Παρατηρήσεις:.....

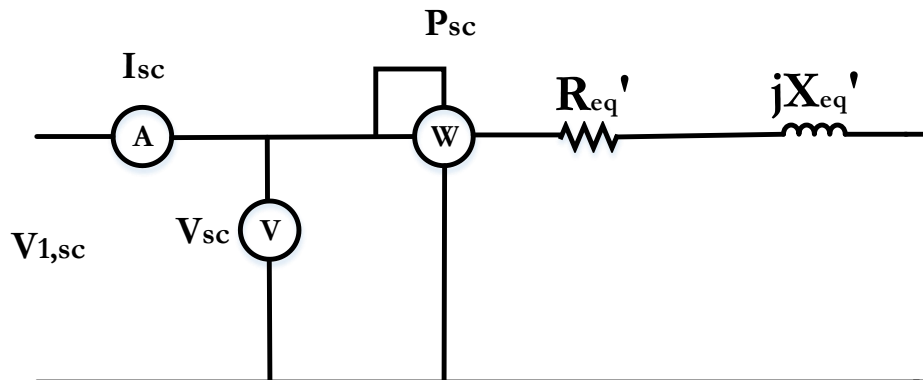
1.1.5 Δοκιμή βραχυκύκλωσης

Με τη δοκιμή βραχυκυκλώματος προσδιορίζονται οι ωμικές αντιστάσεις των τυλιγμάτων και οι αυτεπαγωγές σκέδασης του ισοδύναμου κύκλωματος του μετασχηματιστή. Με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον του μετασχηματιστή εφαρμόζεται τάση στο πρωτεύον κατάλληλης τιμής, έτσι ώστε να εμφανίζονται τα αντίστοιχα ονομαστικά ρεύματα (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Συνδεσμολογία δοκιμής βραχυκύκλωματος

Η απαιτούμενη τάση για τη δοκιμή είναι συνήθως 3% έως 5% της ονομαστικής τιμής. Επειδή η σύνθετη αντίσταση του εγκάρσιου κλάδου είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή του εν σειρά κλάδου, το ρεύμα διέγερσης είναι πρακτικά αμελητέο, οπότε το ισοδύναμο κύκλωμα θα απλοποιηθεί όπως στο Σχήμα 4.



Σχήμα 4: Ισοδύναμο κύκλωμα κατά τη δοκιμή βραχυκύκλωματος

Ισχύουν:

$$Z'_{i\sigma} = \frac{V_{sc}}{I_{sc}} = \sqrt{R'^2_{i\sigma} + X'^2_{i\sigma}}$$

$$R'_{i\sigma} = R_1 + R'_2$$

$$X'_{i\sigma} = X_1 + X'_2$$

$$R'_{i\sigma} = \frac{P_{sc}}{I^2_{sc}}$$

$$X'_{i\sigma} = \sqrt{\left(\frac{V_{sc}}{I_{sc}}\right)^2 - R'^2_{i\sigma}}$$

$$R_1 = R_2'' = \frac{R'_{l\sigma}}{2}$$

$$X_1 = X_2'' = \frac{X'_{l\sigma}}{2}$$

Εάν η τάση που εφαρμόζεται στο πρωτεύον κατά τη δοκιμή βραχυκυκλώματος είναι στην κανονική (ονομαστική) της τιμή, τότε το ρεύμα βραχυκύκλωσης θα είναι 6 – 10 φορές μεγαλύτερο από το ονομαστικό (κανονικό) ρεύμα λειτουργίας. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε τον όρο τάση βραχυκυκλώσεως U_K , η οποία έχει τιμή κατάλληλη ώστε εάν εφαρμοσθεί στο μετασχηματιστή να έχουμε τα ονομαστικά ρεύματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Τα μεγέθη ονομαστική τάση, ονομαστικό ρεύμα, ονομαστικός βαθμός απόδοσης και ονομαστικός συντελεστής ισχύος είναι χαρακτηριστικά για κάθε ηλεκτρική διάταξη (μονοφασική – τριφασική) και δίδονται από τον κατασκευαστή. Αναφέρονται δε στο βέλτιστο σημείο λειτουργίας (μέγιστη δυνατή ισχύ), όπου η συσκευή μπορεί να λειτουργεί συνεχώς (για χρονικό διάστημα ίσο με τη διάρκεια ζωής της) χωρίς να πάθει βλάβη.

Στα κατασκευαστικά στοιχεία των Μ/Τ χρησιμοποιείται ο όρος σχετική τάση βραχυκυκλώσεως (u_K), η οποία αποτελεί το λόγο της τάσης βραχυκυκλώσεων U_K προς την ονομαστική τάση U_N :

$$u_K(\%) = \frac{V_K}{V_N} \cdot 100\%$$

Γενικά η λειτουργία υπό συνθήκες βραχυκυκλώσεως χαρακτηρίζεται από υψηλά ρεύματα βραχυκύκλωσης και χαμηλό συντελεστή ισχύος. Φυσικά τόσο στην εν κενώ λειτουργία όσο και στη λειτουργία υπό συνθήκες βραχυκυκλώσεως, ο βαθμός απόδοσης του Μ/Τ είναι μηδενικός, αφού η ισχύς στην έξοδο είναι μηδενική και στις δύο περιπτώσεις.

Η σχετική τάση βραχυκύκλωσης καθορίζει το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, όταν το πρωτεύον τροφοδοτείται με την κανονική του τάση, σύμφωνα με τη σχέση:

$$I_{2K} = \frac{I_{2N}}{u_K(\%)} \cdot 100$$

V_{sc}	I_{sc}	P_{sc}	$Z'_{l\sigma}$	$R'_{l\sigma}$	$X'_{l\sigma}$	R_1	R_2''	X_1	X_2''

Παρατηρήσεις:.....

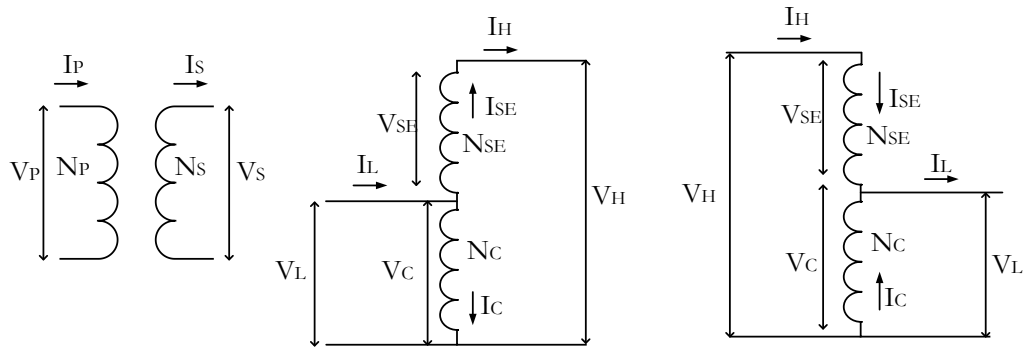
1.2 Αυτομετασχηματιστές

1.2.1 Σκοπός της Άσκησης

Σκοπός την Άσκησης είναι η μελέτη των αυτομετασχηματιστών. Οι αυτομετασχηματιστές χρησιμοποιούνται για μικρές αλλαγές στο επίπεδο της τάσης ενός κυκλώματος. Για παράδειγμα, στο πέρας μιας γραμμής μεταφοράς για την αποκατάσταση της πτώσης τάσης. Η χρήση ενός συμβατικού μετασχηματιστή σε αυτήν την περίπτωση θα ήταν ιδιαίτερα δαπανηρή λύση.

1.2.2 Τρόπος λειτουργίας αυτομετασχηματιστών

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται το κύκλωμα ενός αυτομετασχηματιστή, όπου τα δύο τυλίγματα συνδέονται σε σειρά. Δηλαδή, ενώ στη σύνδεση απλού μετασχηματιστή δύο τυλιγμάτων δεν υπάρχει γαλβανική σύνδεση, παρά μόνο μαγνητική σύζευξη, στην περίπτωση του αυτομετασχηματιστή τα δύο τυλίγματα συνδέονται αγώγιμα μεταξύ τους.



Σχήμα 1 (α) Σύνδεση κανονικού μετασχηματιστή, (β) Σύνδεση αυτομετασχηματιστή ανάψωσης, (γ) Σύνδεση αυτομετασχηματιστή υποβιβασμού

Για τις τάσεις ισχύουν:

$$\frac{V_C}{V_{SE}} = \frac{N_C}{N_{SE}}$$

$$V_L = V_C$$

$$V_H = V_C + V_{SE} \rightarrow V_H = V_C + \frac{N_{SE}}{N_C} V_C \rightarrow V_H = V_L + \frac{N_{SE}}{N_C} V_L \rightarrow V_H = \frac{N_{SE} + N_C}{N_C} V_L$$

$$\rightarrow \frac{V_L}{V_H} = \frac{N_C}{N_{SE} + N_C}$$

Για τα ρεύματα ισχύουν:

$$I_L = I_C + I_{SE}$$

$$I_H = I_{SE}$$

$$\frac{I_L}{I_H} = \frac{N_{SE} + N_C}{N_C}$$

Για την ισχύ στην είσοδο και την έξοδο του αυτομετασχηματιστή ισχύουν:

$$S_H = V_H \cdot I_H = (V_{SE} + V_C) \cdot I_H = V_{SE} \cdot I_H + V_C \cdot I_H = V_L \cdot I_L = S_L$$

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του αυτομετασχηματιστή σε σχέση με την σύνδεση των τυλιγμάτων ως απλού μονοφασικού μετασχηματιστή, είναι η αύξηση της ονομαστικής ισχύος, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\frac{S_{AMΣ}}{S_{MΣ}} = \frac{V_H \cdot I_H}{(V_H - V_C) \cdot I_H} = \frac{V_H}{V_H - V_C}$$

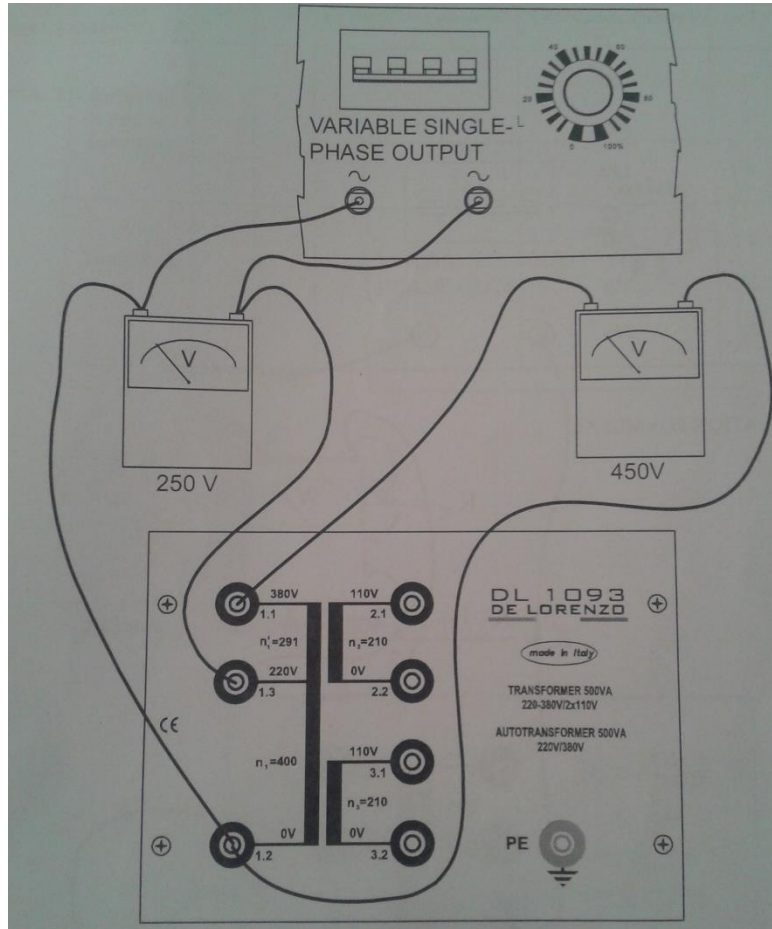
Η παραπάνω εξίσωση εκφράζει το πλεονέκτημα φαινόμενης ισχύος που εμφανίζει ο αυτομετασχηματιστής έναντι του συμβατικού μετασχηματιστή. Οι αυτομετασχηματιστές χρησιμοποιούνται επίσης ως μεταβλητοί μετασχηματιστές, όταν η χαμηλή τάση πρέπει να μεταβάλλεται συχνά. Βασικό μειονέκτημα των αυτομετασχηματιστών είναι ότι δεν υφίσταται γαλβανική απομόνωση μεταξύ των δύο τυλιγμάτων.

1.2.3 Συνδεσμολογία – Μετρήσεις

Πραγματοποιείστε τη συνδεσμολογία του Σχήματος 2 και μετρήστε την τάση στην έξοδο του αυτομετασχηματιστή. Υπολογίστε το λόγο του αυτομετασχηματιστή.

Πίνακας 1: Υπολογισμός λόγου αυτομετασχηματιστή

A/A	Τάση πρωτεύοντος	Τάση δευτερεύοντος	Λόγος



Σχήμα 2: Συνδεσμολογία

1.2.4 Υπολογισμός σχέσης μεταφοράς και πλεονεκτήματος ισχύος για όλες τις πιθανές συνδεσμολογίες δύο τυλιγμάτων

Δίνεται 1-φ μετασχηματιστής 2400/240V, 48kVA, 50Hz, ο οποίος πρόκειται να συνδεθεί ως αυτομετασχηματιστής. Να υπολογιστούν η σχέση μεταφοράς και το πλεονέκτημα ισχύος για όλες τις πιθανές συνδεσμολογίες των δύο τυλιγμάτων.

.....

1.3 Τριφασικοί μετασχηματιστές

1.3.1 Σκοπός της Άσκησης

Σκοπός την Άσκησης είναι η μελέτη των τριφασικών μετασχηματιστών. Οι τριφασικοί μετασχηματιστές αποτελούν βασικό στοιχείο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας, ανυψώνοντας ή υποβιβάζοντας το επίπεδο της τάσης σε διάφορα σημεία του δικτύου. Στην παρούσα άσκηση εξετάζονται οι διάφορες συνδεσμολογίες των τριφασικών μετασχηματιστών.

1.3.2 Δομή και χαρακτηριστικά τριφασικών μετασχηματιστών (ΜΣ)

Οι τριφασικοί ΜΣ αποτελούν τη σημαντικότερη κατηγορία ΜΣ στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις και στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας γενικότερα. Η συνθηχότερη περίπτωση, σύμφωνα με το Σχήμα 1, είναι αυτή του πυρήνα ΕΕ, στο κάθε στέλεχος (μπράτσο) του οποίου τυλίγονται το πρωτεύον και το δευτερεύον τύλιγμα μιας φάσης. Συνήθως, αποφεύγουμε τους όρους «πρωτεύον» και «δευτερεύον» τύλιγμα και χρησιμοποιούμε τους όρους «τύλιγμα υψηλής τάσης» και «τύλιγμα χαμηλής τάσης».

Στο ίδιο σχήμα, παρατηρούμε ότι τα τυλίγματα υψηλής και χαμηλής τάσης μπορεί να είναι συνδεδεμένα είτε σε αστέρα (Y) είτε σε τρίγωνο (D). Για να αποφεύγονται λάθη κατά τη μελέτη, τα σύμβολα των τυλιγμάτων υψηλής τάσης είναι κεφαλαία, ενώ τα αντίστοιχα χαμηλής τάσης είναι μικρά. Οι τριφασικοί ΜΣ έχουν τις ίδιες αρχές λειτουργίας με τους μονοφασικούς ΜΣ. Τα τυλίγματα της κάθε φάσης συμπεριφέρονται όπως ένας αυτόνομος μονοφασικός μετασχηματιστής σε συνθήκες συμμετρικής φόρτισης και διέγερσης. Οι σημαντικότερες παρατηρήσεις που πρέπει να έχουμε υπόψη για τους τριφασικούς ΜΣ είναι οι εξής:

1. Προσοχή πρέπει να δοθεί στο σωστό υπολογισμό της φασικής τάσης και του φασικού ρεύματος στο μονοφασικό ισοδύναμο κύκλωμα. Τα ονομαστικά μεγέθη (U_N , I_N) είναι πολικά μεγέθη (εκτός και αν επισημαίνεται ότι είναι φασικά). Άρα, στην περίπτωση

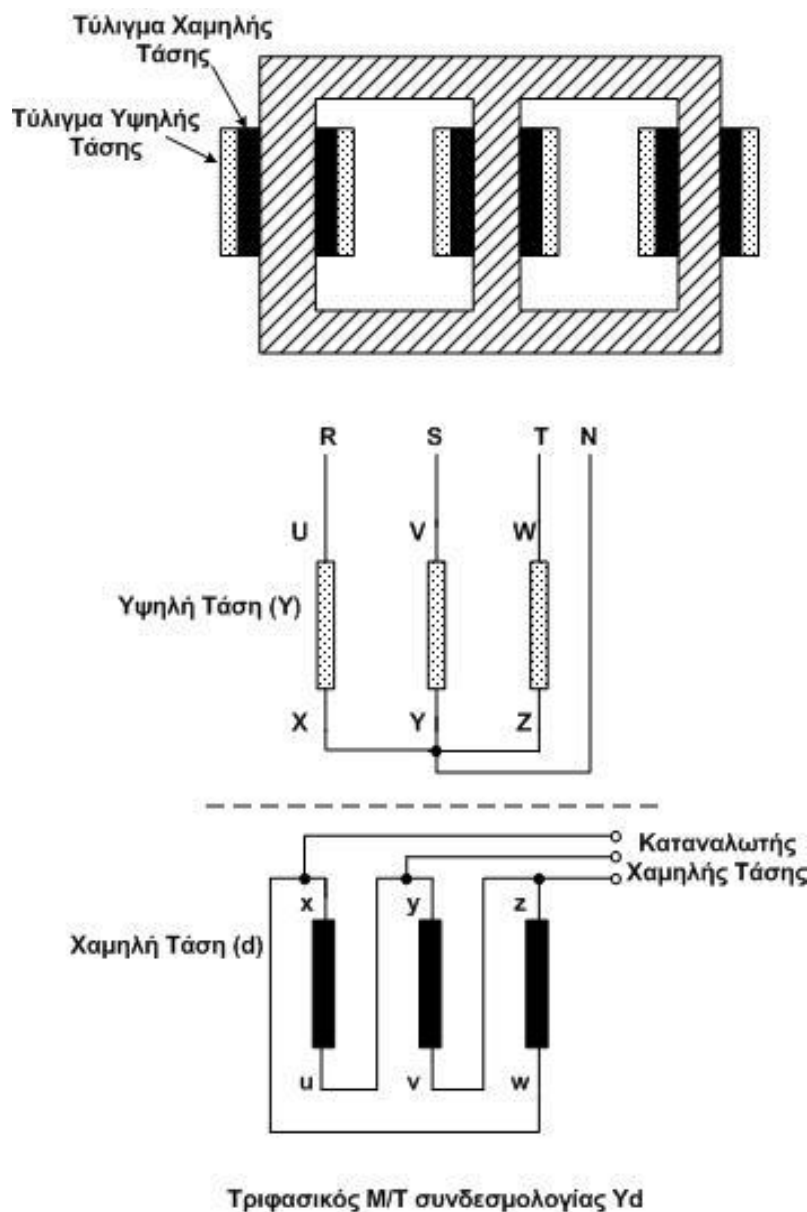
αστέρα τα φασικά μεγέθη είναι $U_\phi = \frac{U_N}{\sqrt{3}}$ και $I_\phi = I_N$ αντίστοιχα. Στην περίπτωση του

τριγώνου ισχύει $U_\phi = U_N$ και $I_\phi = \frac{I_N}{\sqrt{3}}$ αντίστοιχα.

2. Στον ιδανικό τριφασικό ΜΣ ισχύει, όπως και στον μονοφασικό ΜΣ, η σχέση των

φασικών τάσεων και του λόγου των σπειρών: $\frac{U_{1\phi}}{U_{2\phi}} = \frac{N_1}{N_2} = n$. Επειδή όμως τα δεδομένα

των τριφασικών ΜΣ είναι πολικά μεγέθη, η εύρεση του λόγου των σπειρών εξαρτάται από τις συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων.



Σχήμα 1: Ο τριφασικός ΜΣ

1.3.3 Ονοματολογία τριφασικών ΜΣ

Οι τριφασικοί ΜΣ γενικά συμβολίζονται με το γενικό τύπο $A\kappa b$, όπου:

A , η συνδεσμολογία του τυλίγματος υψηλής τάσης (Υ, D ή Z)









b , η συνδεσμολογία του τυλίγματος χαμηλής τάσης (y, d ή z)

κ , ο χαρακτηριστικός αριθμός, ο οποίος σημαίνει ένα πολλαπλάσιο των 30° κατά το οποίο το διάνυσμα της χαμηλής τάσης υπολείπεται έναντι του διανύσματος της υψηλής τάσης (ενοώντας πάντα την ίδια φάση στο πρωτεύον και στο δευτερεύον). Για παράδειγμα, εάν το διάνυσμα της τάσης \vec{u}_x υπολείπεται 330° του διανύσματος \vec{U}_X , τότε ο χαρακτηριστικός

αριθμός του ΜΣ είναι: $\kappa = \frac{330^\circ}{30^\circ} = 11$.

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται οι σπουδαιότερες συνδεσμολογίες τριφασικών ΜΣ, οι χαρακτηριστικοί αριθμοί που συνήθως έχουν και η τιμή του λόγου των σπειρών σε σχέση με

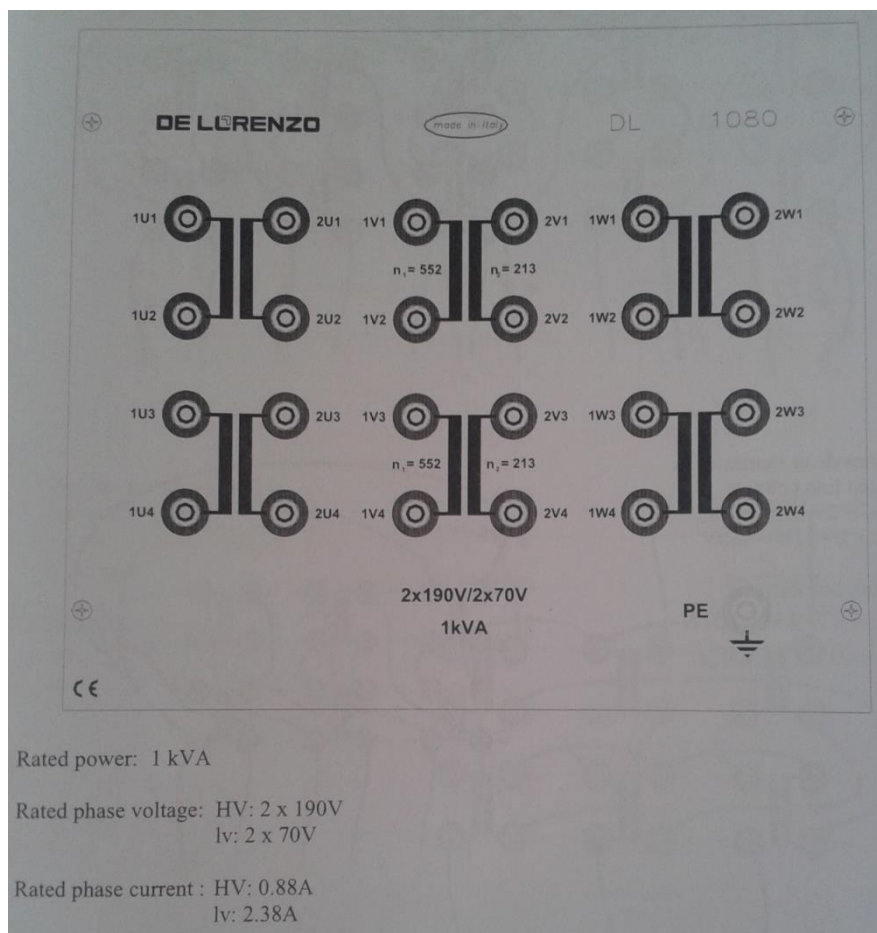
τις ονομαστικές (πολικές) τάσεις. Ο λόγος σπειρών χρησιμοποιείται στην αναγωγή του δευτερεύοντος τυλίγματος στο πρωτεύον τυλίγμα, όπως και στους μονοφασικούς ΜΣ.

Πίνακας σπουδαιότερων συνδεσμολογιών Τριφασικών Μ/Τ				
Συνδεσμολογία	Υ.Τ.	Χ.Τ.	κ	n
Yy	 $U_{1\phi} = \frac{U_{1\pi}}{\sqrt{3}}$	 $U_{2\phi} = \frac{U_{2\pi}}{\sqrt{3}}$	0, 6	$\frac{U_{1\pi}}{U_{2\pi}}$
Dd	 $U_{1\phi} = U_{1\pi}$	 $U_{2\phi} = U_{2\pi}$	0, 6	$\frac{U_{1\pi}}{U_{2\pi}}$
Dy	 $U_{1\phi} = U_{1\pi}$	 $U_{2\phi} = \frac{U_{2\pi}}{\sqrt{3}}$	5, 11	$\sqrt{3} \cdot \frac{U_{1\pi}}{U_{2\pi}}$
Yd	 $U_{1\phi} = \frac{U_{1\pi}}{\sqrt{3}}$	 $U_{2\phi} = U_{2\pi}$	5, 11	$\frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{1\pi}}{U_{2\pi}}$
Υπόμνημα				
Υ.Τ., υψηλή τάση				
Χ.Τ., χαμηλή τάση				
$U_{1\pi}$, πολική τάση πρωτεύοντος (τύλιγμα Υ.Τ.)				
$U_{2\pi}$, πολική τάση δευτερεύοντος (τύλιγμα Χ.Τ.)				
κ, χαρακτηριστικός αριθμός				
$n = \frac{N_1}{N_2}$, λόγος σπειρών				

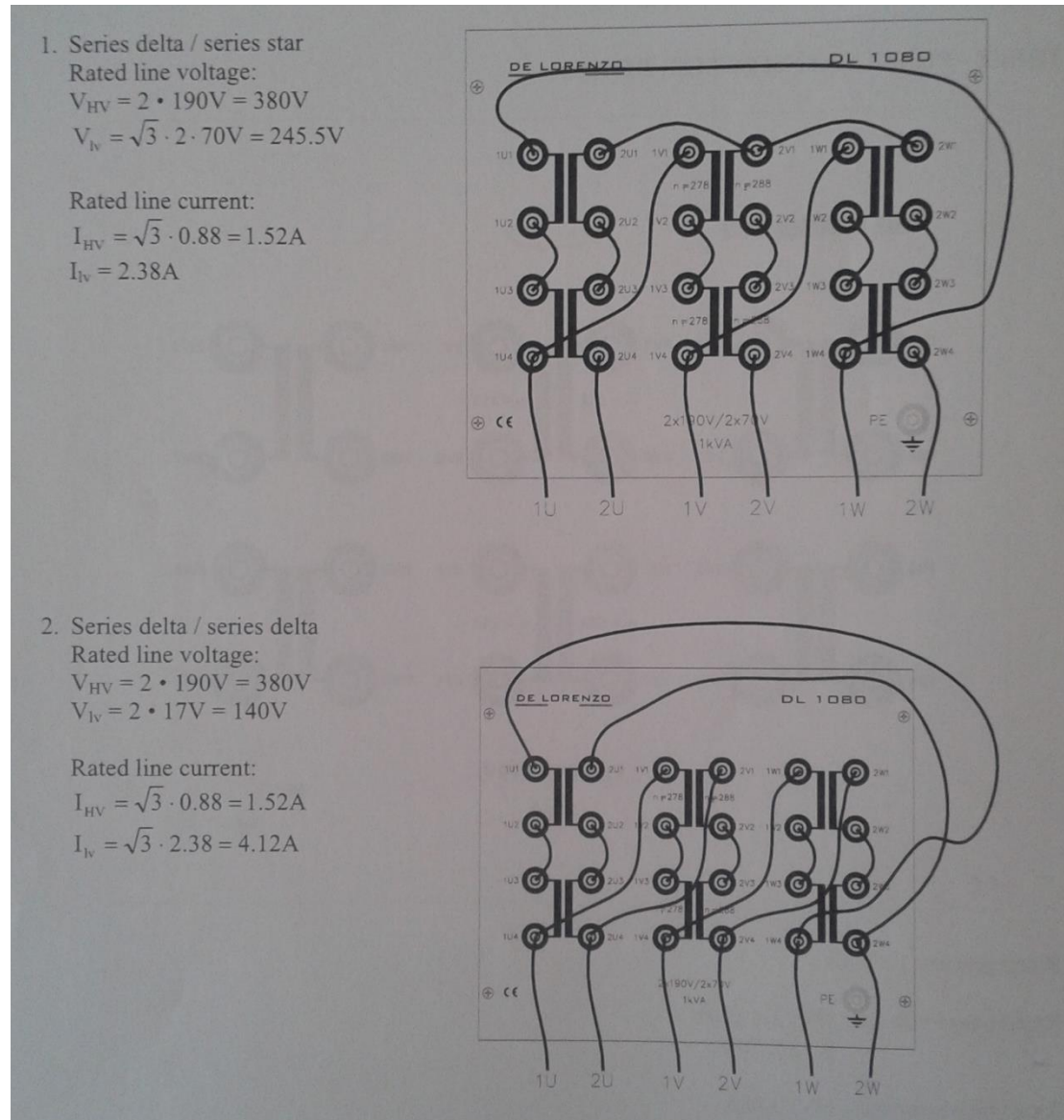
1.3.4 Μετρήσεις

Για τις συνδεσμολογίες των παρακάτω Σχημάτων να υπολογισθεί ο λόγος μετασχηματισμού.

Συνδεσμολογία	Τάσης πρωτεύοντος	Τάση δευτερεύοντος	Λόγος



Σχήμα 2: Εργαστηριακός 3φ ΜΣ



Σχήμα 3: Συνδεσμολογίες εργαστηριακού 3φ ΜΣ

3. Series star / series delta

Rated line voltage:

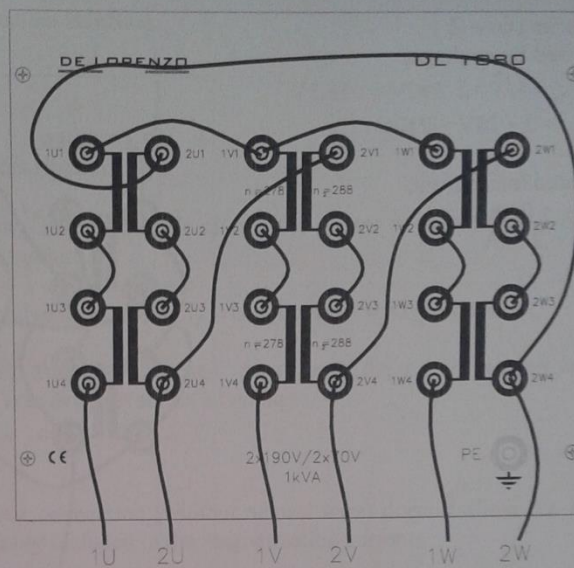
$$V_{HV} = \sqrt{3} \cdot 2 \cdot 190V = 658.2V$$

$$V_{LV} = 2 \cdot 70V = 140V$$

Rated line current:

$$I_{HV} = 0.88A$$

$$I_{LV} = \sqrt{3} \cdot 2.38 = 4.12A$$



4. Parallel star / parallel delta

Rated line voltage:

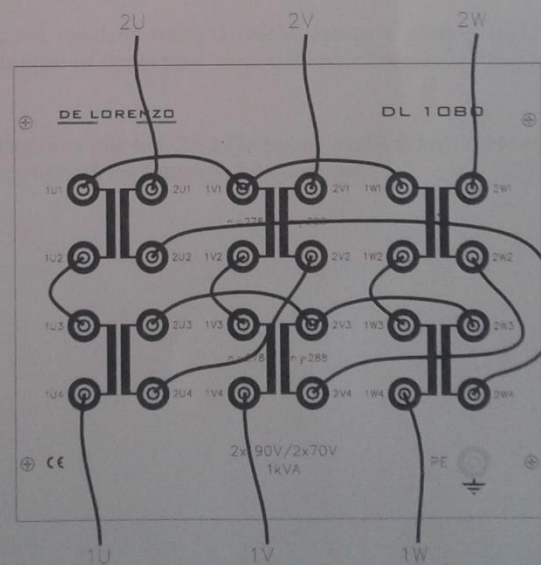
$$V_{HV} = \sqrt{3} \cdot 190V = 328.7V$$

$$V_{LV} = 70V$$

Rated line current:

$$I_{HV} = 2 \cdot 0.88 = 1.76A$$

$$I_{LV} = \sqrt{3} \cdot 2 \cdot 2.38 = 8.24A$$



Σχήμα 4: Συνδεσμολογίες εργαστηριακού 3φ ΜΣ

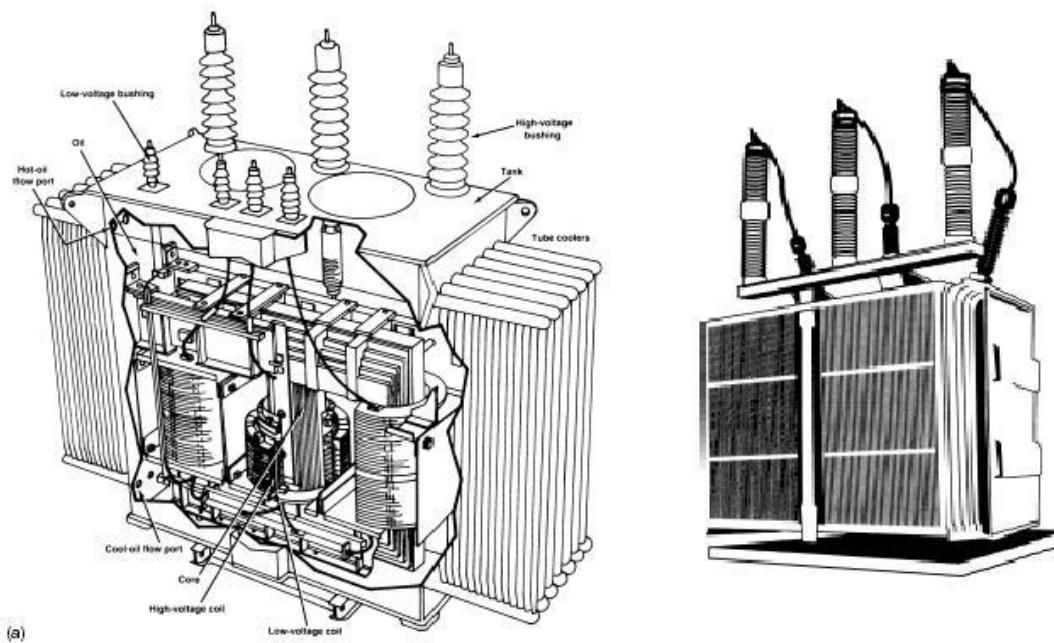
1.3.5 Εικόνες ΜΣ



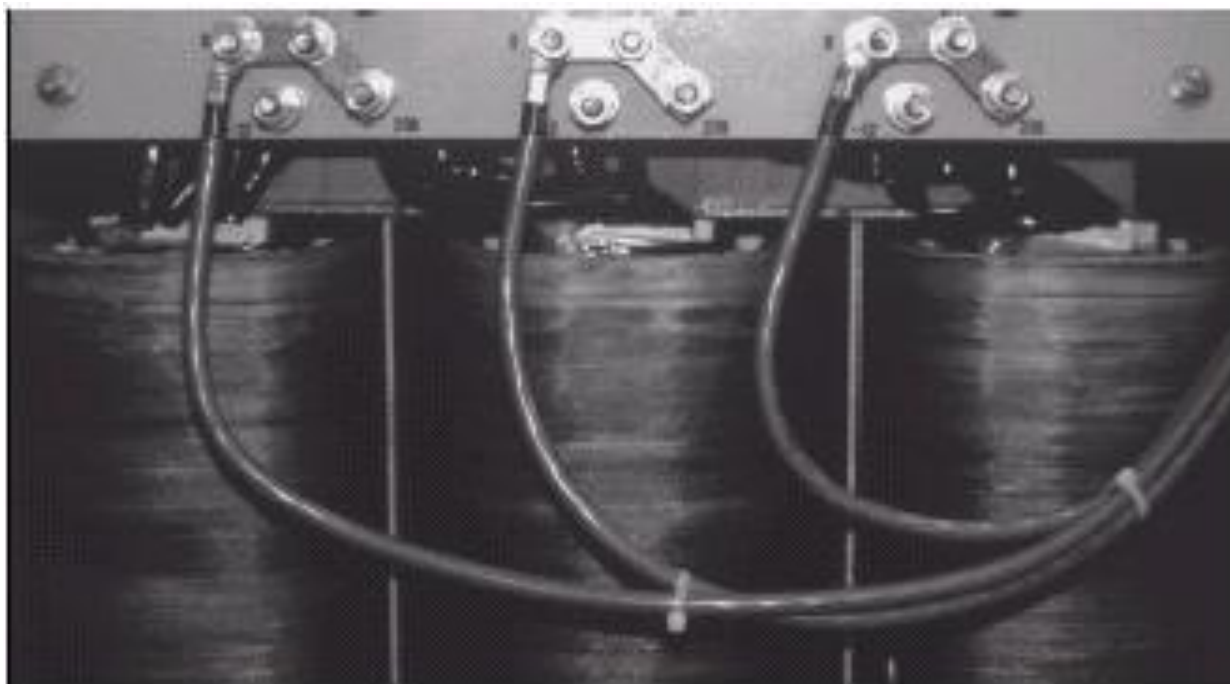
Τριφασικός ΜΣ 20MVA, υψηλής τάσης, με Tap Changer (διαίρεση τάσης)



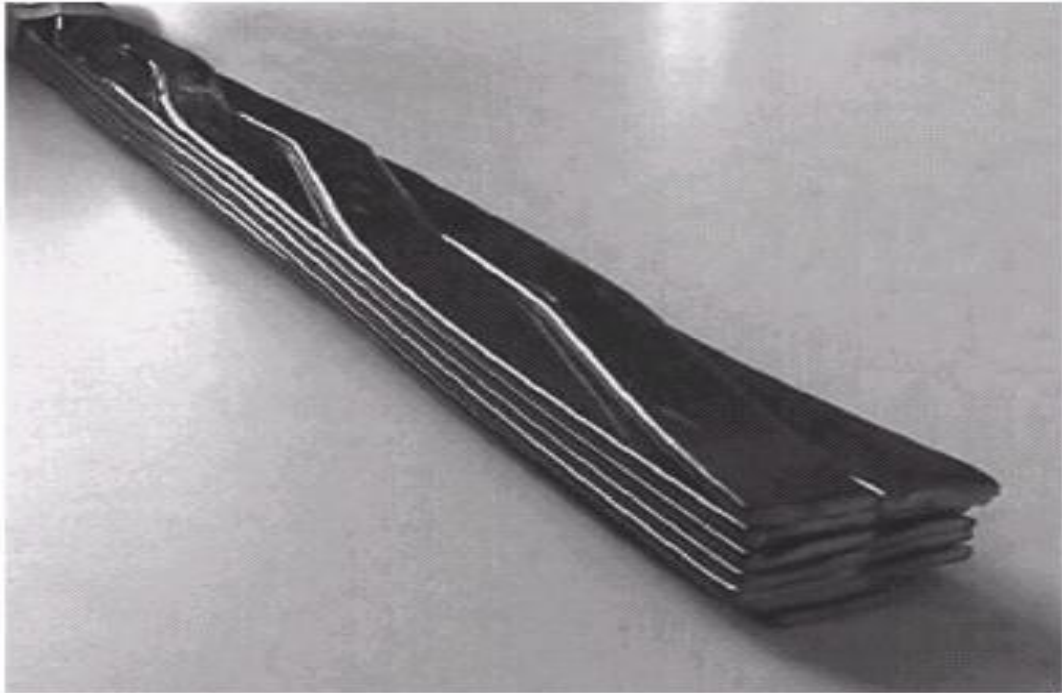
Τριφασικός ΜΣ διανομής (υποσταθμός μέσης τάσης) με προστατευτικό μπλοκ



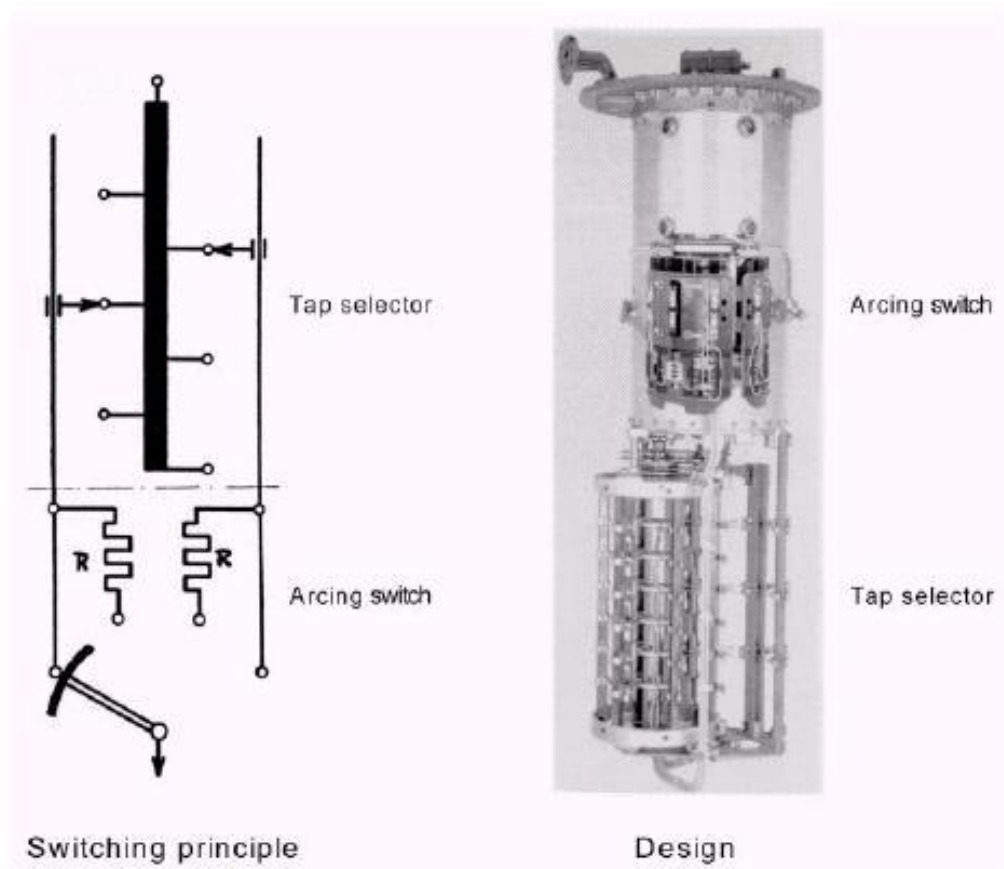
Τομή και εξωτερική όψη τριφασικού ΜΣ ελαίου, μέσης τάσης, βιομηχανικού τύπου (υποσταθμός)



Όψη τυλιγμάτων και συνδέσεων των ακροδεκτών τους σε τριφασικό ΜΣ μέσης ισχύος



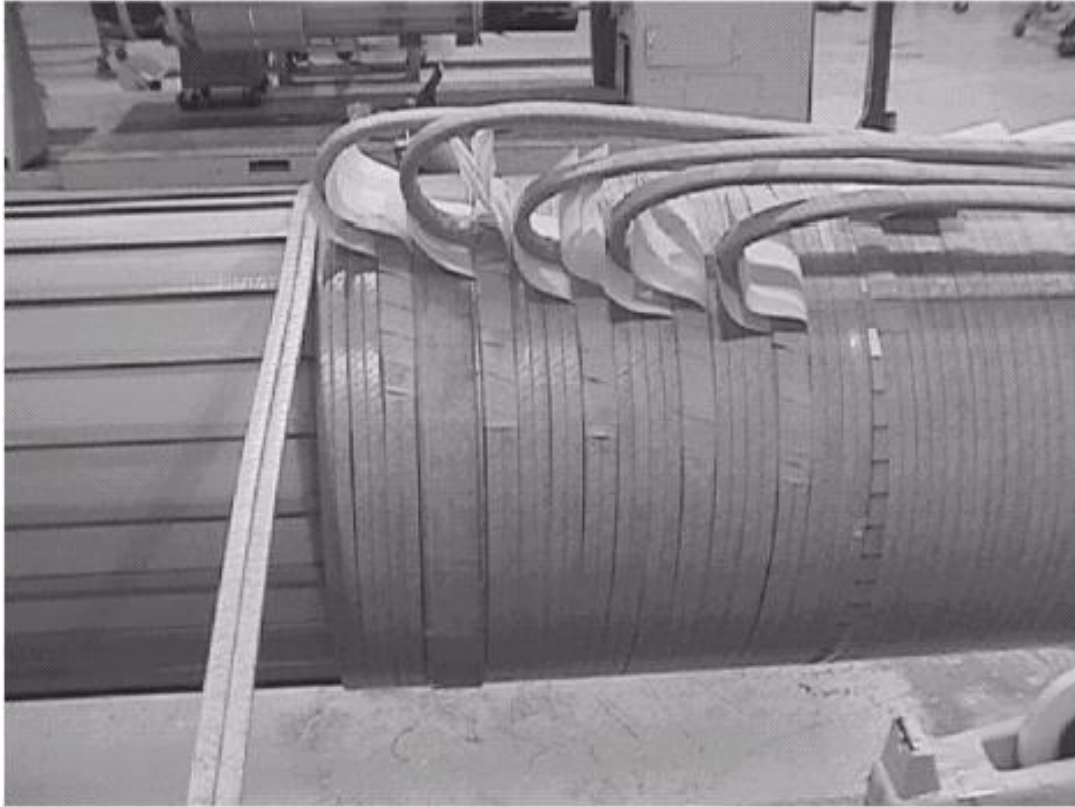
Μορφή τυλίγματος (αγωγού) υψηλής τάσης



Σχέδιο ΜΣ με Tap Changer



Στελέχη τριφασικού ΜΣ υψηλής τάσης τύπου Ε



Περιέλιξη ΜΣ

1.3.6 Υπολογιστικές ασκήσεις 3φ ΜΣ

α) Υπολογισμός παραμετρικών στοιχείων τριφασικού ΜΣ

Δίνεται ΜΣ με χαρακτηριστικά: Yd5, $U_{1N} / U_{2N} = 6,6\text{kV}/0,4\text{kV}$, $S_N = 200\text{kVA}$, $f = 50\text{Hz}$, $u_K = 8\%$, $L_{1\sigma} = 0,9L'_{2\sigma}$, $R_1 = 2R'_2$. Σε δοκιμή εν κενώ υπό ονομαστική τάση U_{1N} μετρήσαμε: $P_o = 5\text{kW}$, $I_o = 1,0\text{A}$. Σε δοκιμή βραχυκυκλώσεως υπό ονομαστικό ρεύμα I_{1N} μετρήσαμε: $P_{\kappa} = 12\text{kW}$. Να βρεθούν τα παραμετρικά στοιχεία του μονοφασικού ισοδύναμου κυκλώματος του ΜΣ.

β) Υπολογισμός βαθμού απόδοσης τριφασικού ΜΣ

Ο παραπάνω ΜΣ τροφοδοτεί συμμετρικό τριφασικό φορτίο στην πλευρά χαμηλής τάσης, υπό ονομαστική τάση U_{2N} . Τα χαρακτηριστικά του φορτίου είναι $S = 180\text{kVA}$, $\cos\phi = 0,8$ επαγ. Να υπολογισθεί ο βαθμός απόδοσης του ΜΣ για τη συγκεκριμένη περίπτωση φορτίου.

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....