

κεφάλαιο I

μετασχηματιστές (Μ/Σ)

➡ **Μετασχηματιστές** ονομάζουμε τις ειδικές ηλεκτρικές μηχανές (διατάξεις) που αυξομειώνουν (μεταβάλλουν-μετασχηματίζουν) τα βασικά ηλεκτρικά μεγέθη (τάση-ένταση).

➡ **Σήμερα οι μετασχηματιστές χρησιμοποιούνται** σ' όλους σχεδόν τους τομείς της Τεχνολογίας και της παραγωγής: **από τα συστήματα παραγωγής, μεταφοράς και διανομής** της ηλεκτρικής ενέργειας και τη **βαριά βιομηχανία, μέχρι την Ηλεκτρονική και τις επικοινωνίες.**



(α)



(β)

Σχ. 1.1: Από το μετασχηματιστή διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, μεγάλου όγκου και βάρους εκατοντάδων τόνων (α), στο μετασχηματιστή ηλεκτρονικών - τυπωμένων κυκλωμάτων μερικών χιλιοστών (mm) και ελάχιστου βάρους (β).

Ενότητα 1.1.

Χρήσεις και Αρχή λειτουργίας Μετασχηματιστών (Μ/Σ)

Διδακτικοί στόχοι

➡ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής, θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να απαριθμείτε τις τεχνολογικές εφαρμογές στην ανάπτυξη των οποίων βοήθησαν οι Μ/Σ.
2. Να απαριθμείτε τους βασικούς τομείς της παραγωγής στους οποίους υπάρχουν Μ/Σ.
3. Να διατυπώνετε την αρχή λειτουργίας των Μ/Σ.
4. Να περιγράφετε τα προβλήματα που θα παρουσιαστούν, αν βραχυκυκλωθεί το δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ.

1.1.1. Σύντομη ιστορική ανασκόπηση

➡ Σημασία των Μ/Σ στη σύγχρονη ζωή

Η ανάγκη **μετασχηματισμού** των ηλεκτρικών μεγεθών φάνηκε από το 1882, με την ανάπτυξη των πρώτων συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας συνεχούς ρεύματος τριών αγωγών, σε τάση 220/110V, που λειτουργήσαν ταυτόχρονα στη Ν. Υόρκη και το Λονδίνο.

Με την αύξηση της ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας διαπιστώθηκε ότι, για να συμφέρει οικονομικά η μεταφορά της, έπρεπε να γίνεται σε πολύ υψηλότερη τάση απ' αυτή που χρησιμοποιούσε η κατανάλωση. Στη συνέχεια, βέβαια, έπρεπε να υποβιβάζεται, για να μπορεί να διανεμηθεί ακίνδυνα και να χρησιμοποιηθεί από τους καταναλωτές.

Το πρόβλημα έλυσε η Τεχνική της εποχής εκείνης, μεταβάλλοντας την ηλεκτρική τάση του **συνεχούς ρεύματος (Σ.Ρ.)** μ' ένα **ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας**, το οποίο όμως είχε μικρό βαθμό απόδοσης, δηλ. μεγάλες απώλειες ηλ. ισχύος.

➤ Η γεννήτρια δίνει Σ.Ρ. στην επιθυμητή τάση, ενώ ο κινητήρας τροφοδοτείται από το δίκτυο ηλεκτροδότησης.

Το 1890 γίνονται τα πρώτα πειράματα και στη συνέχεια προωθείται **το εναλλασσόμενο ρεύμα (Ε.Ρ.)**, το οποίο και επικρατεί τελικά, χάρη κυρίως στο πλεονέκτημά του να **μετασχηματίζεται εύκολα, γρήγορα και οικονομικά**, με τη βοήθεια κατάλληλων μηχανημάτων που ονομάστηκαν **μετασχηματιστές**.

Κύριο χαρακτηριστικό των μετασχηματιστών είναι ότι δεν έχουν κινούμενα μέρη, γι' αυτό λέγονται και **στατοί μετασχηματιστές** (συμβολικά **Μ/Σ**). Με τους Μ/Σ η ανύψωση ή ο υποβιβασμός της τάσης του Ε.Ρ. γίνεται με ελάχιστες απώλειες. Για παράδειγμα, σήμερα κατασκευάζονται μεγάλοι Μ/Σ με βαθμό απόδοσης μέχρι και 99%, δηλ. με απώλεια 1% της ισχύος που μεταβιβάζεται.

Η χρήση τέτοιων Μ/Σ είχε σαν αποτέλεσμα τη ραγδαία εξέλιξη και εξάπλωση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας Ε.Ρ.

Παράλληλα αναπτύχθηκε και η σχετική τεχνολογία καταναλωτών και συσκευών που χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια, με συνεχή βελτίωση του βαθμού απόδοσής τους. Αυτό γιατί, όπου χρειαζόμαστε διαφορετική τάση ή ένταση ρεύματος, ο Μ/Σ δίνει μια απλή και οικονομική λύση.

Χάρη λοιπόν στους Μ/Σ, το εναλλασσόμενο ρεύμα χρησιμοποιείται πια στα δίκτυα ηλεκτροδότησης των καταναλωτών όλων των χωρών.

Έτσι αναπτύχθηκαν σταδιακά οι εφαρμογές του εναλλασσόμενου ρεύματος και μαζί μ' αυτές όλοι σχεδόν οι τομείς της Τεχνολογίας και Παραγωγής.

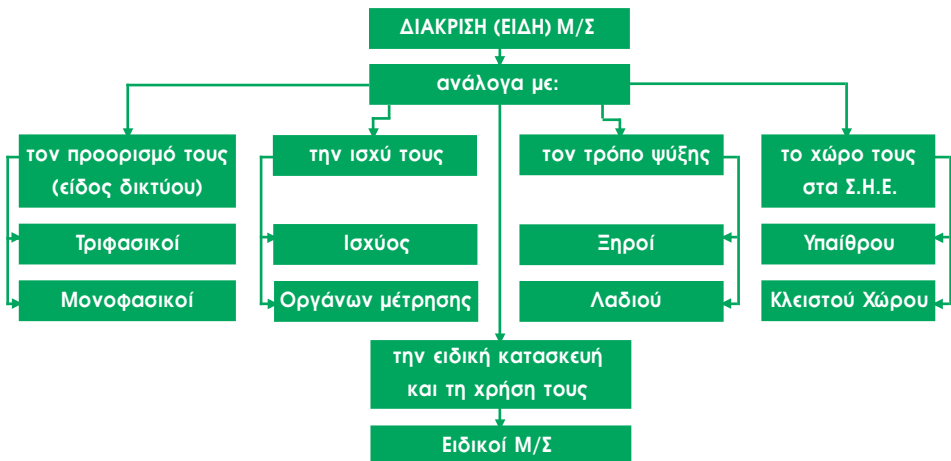
Το συνεχές ρεύμα (Σ.Ρ.) χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές εφαρμογές και σε ιδιαίτερες περιπτώσεις. Στις περιπτώσεις αυτές μετατρέπουμε το Ε.Ρ. του δικτύου σε Σ.Ρ., με τη βοήθεια **ανορθωτών**.

➡ Σημειώνουμε, τέλος, ότι η τεχνολογία και τεχνογνωσία των Μ/Σ βοήθησε και στην κατασκευή **ειδικών μετασχηματιστών Σ.Ρ.**, όπως είναι ο γνωστός σε όλους μας **πολλαπλασιαστής** των αυτοκινήτων.

1.1.2. Είδη και χρήσεις Μ/Σ

Στην εποχή μας οι Μ/Σ κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη, τύπους και παραλλαγές και χρησιμοποιούνται σ' όλους σχεδόν τους τομείς δραστηριότητας του ανθρώπου. **Από τα συστήματα ηλ. ενέργειας** και τη **βαριά βιομηχανία** (π.χ. Μ/Σ διανομής), τη **βιοτεχνία** (π.χ. Μ/Σ ηλεκτροσυγκολλήσεων, φόρτισης συσσωρευτών κ.α.), το **γραφείο** (π.χ. Μ/Σ ηλεκτρονικών υπολογιστών), τις **συγκοινωνίες** και **μεταφορές** (π.χ. Μ/Σ ηλ. έλξης), το **σπίτι** (π.χ. Μ/Σ ηλ. κουδουνιού, ηλεκτρονικών συσκευών κ.α.), **μέχρι τις τηλεπικοινωνίες** (π.χ. Μ/Σ τροφοδοτικού κινητού τηλεφώνου).

➤ Στο βιβλίο αυτό θα εξετάσουμε τους Μ/Σ ηλεκτροτεχνικών εφαρμογών, που μπορεί να είναι γενικά **Μ/Σ ανύψωσης** ή **υποβιβασμού της τάσης** του Ε.Ρ., αναφέροντας πρώτα με τη βοήθεια ενός διαγράμματος τις κυριότερες διακρίσεις τους (Δ.1.1) και στη συνέχεια τις επιμέρους χρήσεις τους.



Δ.1.1.

Οι **τριφασικοί Μ/Σ** χρησιμοποιούνται σε τριφασικά δίκτυα, ενώ οι **μονοφασικοί** σε μονοφασικά δίκτυα (οικιακές συσκευές κ.λπ.).

Οι **Μ/Σ ισχύος** κατασκευάζονται για να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ηλ. ισχύος, ενώ οι **Μ/Σ οργάνων μέτρησης** για πολύ μικρές (με σκοπό να υποβιβάζουν κατά ένα γνωστό λόγο την τάση ή την ένταση του ρεύματος που θέλουμε να μετρήσουμε).

Οι **Ξηροί Μ/Σ** χρησιμοποιούνται για μικρές σχετικά ισχείς και η ψύξη τους γίνεται κατευθείαν από τον αέρα, ενώ οι **Μ/Σ λαδιού** χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες ισχείς και η ψύξη τους πετυχαίνεται με κατάλληλο ορυκτέλαιο, μέσα στο οποίο βρίσκονται.

Οι **Μ/Σ υπαίθρου** τοποθετούνται στις υπαίθριες εγκαταστάσεις (υπαίθριους υποσταθμούς), ενώ οι **Μ/Σ κλειστού χώρου** μέσα σε κλειστούς χώρους.

👉 Τέλος, κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται και **ειδικοί Μ/Σ**, όπως π.χ. είναι:

- οι **Μ/Σ 1:1**,
- οι **Μ/Σ ηλεκτρικής έλξης**,
- οι **αυτομετασχηματιστές** και
- οι **Μ/Σ ηλεκτροσυγκολλήσεων**.

1.1.3. Λειτουργία μετασχηματιστών

1) Γενικά

Κάθε μετασχηματιστής (Μ/Σ) αποτελείται από:

- **έναν πυρήνα, που αποτελεί το μαγνητικό κύκλωμα** και
- **δύο τυλίγματα**, το τύλιγμα **υψηλής τάσης (Υ.Τ.)** και το τύλιγμα **χαμηλής τάσης (Χ.Τ.)**.

Τα δύο τυλίγματα ενός Μ/Σ λέγονται **πρωτεύον** και **δευτερεύον**.

Συγκεκριμένα **πρωτεύον** λέγεται το τύλιγμα που **συνδέεται με την ηλ. πηγή** (δίκτυο ηλεκτροδότησης) και **δευτερεύον** το τύλιγμα που μας **δίνει την μετασχηματισμένη τάση**. Έτσι, π.χ. στην περίπτωση των Μ/Σ υποβιβασμού τάσης, πρωτεύον είναι το τύλιγμα της Υ.Τ. και δευτερεύον το τύλιγμα Χ.Τ.

2) Αρχή λειτουργίας

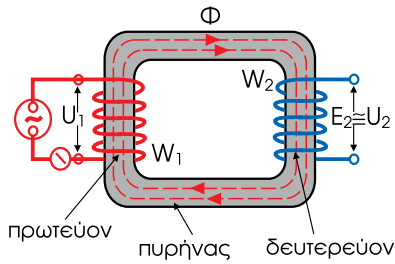
Στο παρακάτω σχήμα 1.2α φαίνεται ένας απλός μονοφασικός (1~) Μ/Σ, ενώ στο σχήμα 1.2β ένας επίσης 1~ Μ/Σ, στον οποίο για λόγους απλότητας θεωρούμε ότι τυλίγματα υπάρχουν μόνο στον ένα **κορμό** του πυρήνα.

➤ Στην πραγματικότητα σε κάθε κορμό του Μ/Σ, όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα, τυλίγματα (Υ.Τ. και Χ.Τ.) τοποθετούνται και στους **δύο κορμούς** (κάθετα μέρη)* του πυρήνα.

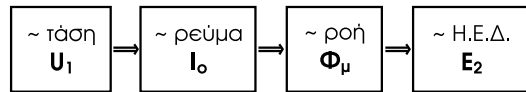
Στον Μ/Σ αυτό (σχ. 1.2β) **πρωτεύον** είναι το τύλιγμα U-V (Υ.Τ.), γιατί αυτό τροφοδοτείται από το δίκτυο, π.χ. απ' τους ζυγούς R και M_p , με εναλλασσόμενη τάση (U_1) και

* Στα οριζόντια μέρη του πυρήνα, που λέγονται ζυγώματα δεν τοποθετούνται τυλίγματα.

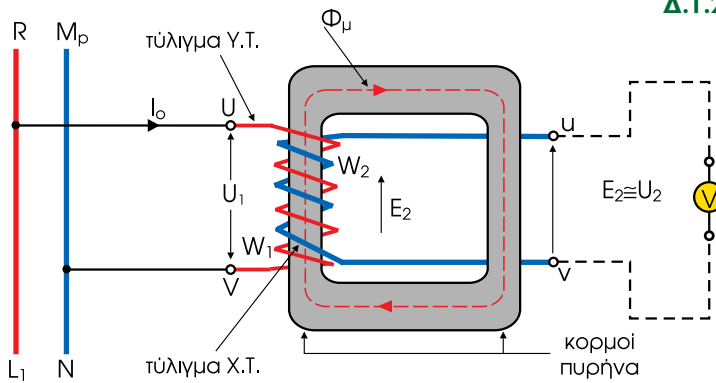
δευτερεύον το τύλιγμα u-v (**Χ.Τ.**), στο οποίο δεν έχει συνδεθεί κατανάλωση (φορτίο), παρά μόνο ένα βολτόμετρο.



(α)



Δ.1.2.



(β)

Σχ. 1.2: Αρχή λειτουργίας $I \sim M/\Sigma$ - Λειτουργία χωρίς φορτίο.

Η **εναλλασσόμενη τάση** U_1 προκαλεί στο πρωτεύον μια εναλλασσόμενη ένταση ρεύματος (π.χ. για τη λειτουργία χωρίς φορτίο την I_0).

Η **εναλλασσόμενη ένταση ρεύματος** I_0 δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο (Μ.Π.) με **εναλλασσόμενη** (μεταβαλλόμενη) **μαγνητική ροή** Φ_μ .

Η μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή Φ_μ κλείνει κύκλωμα μέσα από τον πυρήνα και διαπερνά ("τέμνει") τις σπείρες του δευτερεύοντος.

Έτσι, σε κάθε σπείρα του δευτερεύοντος αναπτύσσεται μια **ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.) από επαγωγή**, που είναι κι αυτή εναλλασσόμενη και μάλιστα της ίδιας συχνότητας μ' αυτή των U_1 , I_0 και Φ_μ που την προκάλεσαν.

Επειδή οι σπείρες του δευτερεύοντος είναι συνδεδεμένες σε σειρά, οι Η.Ε.Δ. που αναπτύσσονται σ' αυτές αθροίζονται. Άρα, από το δευτερεύον τύλιγμα παίρνουμε τελικά μια συνολική **Η.Ε.Δ.** (E_2), την οποία μπορούμε να μετρήσουμε μ' ένα βολτόμετρο.

Σημειώσεις

1. Ο όρος “ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.)”, δεν έχει καμιά σχέση με τη μηχανική δύναμη και, σημαίνει ουσιαστικά μια “εσωτερική ηλεκτρική τάση”, δηλ. ηλ. τάση που μετράμε με “ανοικτό κύκλωμα”.

2. Η ενεργός τιμή της Η.Ε.Δ. E_2 , δηλ. κατά προσέγγιση της τάσης U_2 , που μας δίνει το δευτερεύον τύλιγμα ενός Μ/Σ είναι ανάλογη:

- μιας κατασκευαστικής σταθεράς (**4.44**),
- της συχνότητας του δικτύου ηλεκτροδότησης (**f**),
- του αριθμού των σπειρών του δευτερεύοντος (**W_2**) και
- της **χρήσιμης μαγνητικής ροής (Φ_{μ})** του πυρήνα του Μ/Σ.

Η αρχή λειτουργίας του Μ/Σ φαίνεται παραστατικά και στο διάγραμμα **Δ.1.2**, πάνω από το σχήμα 1.2β.

Με τον ίδιο τρόπο λειτουργεί και ο πραγματικός 1~ Μ/Σ (σχ. 1.6β), αρκεί τα τυλίγματα Υ.Τ. και Χ.Τ. κάθε κορμού να συνδεθούν μεταξύ τους στη σειρά και έτσι, ώστε να δημιουργούν μαγνητική ροή σ' αυτόν με την ίδια φορά.

➤ Όμοια λειτουργούν και οι **τριφασικοί (3~) Μ/Σ**, που έχουν πυρήνα με τρεις όμοιους κορμούς, αφού **κάθε κορμός συμπεριφέρεται σαν 1~ Μ/Σ** (δες σχήματα 1.8 και 1.9). Για το λόγο αυτό παρακάτω, όπου θα ασχοληθούμε με τη λειτουργία των Μ/Σ, θα εξετάζουμε 1~ Μ/Σ, **αρκεί να γνωρίζουμε ότι τα ηλεκτρικά μεγέθη του 1~ Μ/Σ είναι τα αντίστοιχα φασικά μεγέθη στους 3~ Μ/Σ.**

Σε κάθε Μ/Σ διακρίνουμε δύο λειτουργικές καταστάσεις:

- τη **λειτουργία χωρίς φορτίο** (μεταβατικό στάδιο), στην οποία η τάση του δευτερεύοντος είναι ίση με την Η.Ε.Δ. που αναπτύσσεται σ' αυτό, δηλ. είναι **$U_2 = E_2$** και
- τη **λειτουργία με φορτίο** (κανονική λειτουργία), **στην οποία η τάση U_2 είναι γενικά μικρότερη από την E_2 λόγω της πτώσης τάσης στα τυλίγματα του Μ/Σ.**

3) Λειτουργία Μ/Σ χωρίς φορτίο - Σχέση μεταφοράς

Λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί χωρίς φορτίο (ή στο κενό) όταν το δευτερεύον του δεν τροφοδοτεί κάποια κατανάλωση, δηλ. είναι ανοικτό, όπως π.χ. στον Μ/Σ, του σχήματος 1.2.

Στην περίπτωση αυτή ο **λόγος των τάσεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι ίσος με το λόγο των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος**, δηλ. είναι:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (1.1)$$

Ο **λόγος (πηλίκιο) των σπειρών του πρωτεύοντος προς τις σπείρες του δευτερεύοντος (W_1/W_2) λέγεται σχέση μεταφοράς K του Μ/Σ.** Άρα:

$$K = \frac{W_1}{W_2} \quad (1.2)$$

Ι. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)

Από την παραπάνω σχέση (1.1) μπορούμε, καθορίζοντας τον αριθμό των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, δηλ. τη σχέση μεταφοράς K , να παίρνουμε από το δευτερεύον τύλιγμα τάση μεγαλύτερη ή μικρότερη απ' αυτή του πρωτεύοντος. Μ' άλλα λόγια μπορούμε ν' ανυψώνουμε ή να υποβιβάζουμε την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Παράδειγμα

Ένας 1~ Μ/Σ έχει στο πρωτεύον τύλιγμα $W_1=5.000$ σπείρες και στο δευτερεύον $W_2=500$ σπείρες. Αν τροφοδοτηθεί με τάση $U_1=200V$, τι τάση θα μας δώσει στο δευτερεύον του (στη λειτουργία χωρίς φορτίο); Τι είδους είναι ο Μ/Σ;

Λύση

$$\text{Είναι: } \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \Rightarrow U_2 = U_1 \cdot \frac{W_2}{W_1} = 200 \cdot \frac{500}{5.000} = \frac{1.000}{50} \Rightarrow U_2 = 20V$$

ή

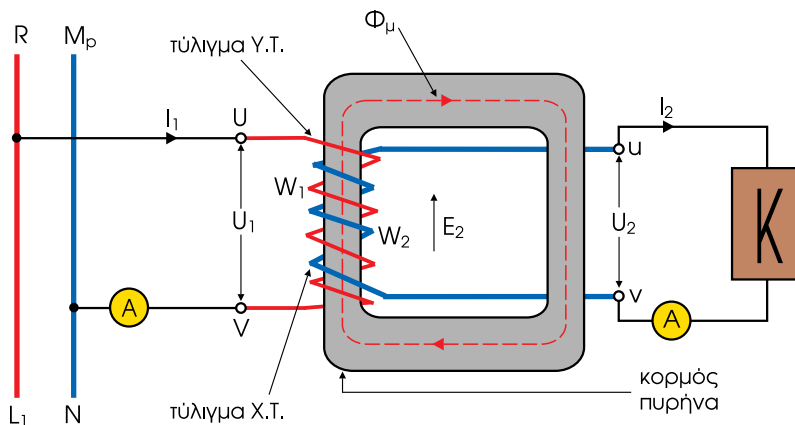
$$\frac{U_1}{U_2} = K \Rightarrow U_2 = \frac{U_1}{K} \Rightarrow U_2 = \frac{200}{5.000/500} = \frac{200}{10} \Rightarrow U_2 = 20V$$

Ο Μ/Σ αυτός είναι **Μ/Σ υποβιβασμού** της τάσης, δηλ. το πρωτεύον είναι τύλιγμα Υ.Τ. και το δευτερεύον είναι τύλιγμα Χ.Τ.

4) Λειτουργία Μ/Σ με φορτίο - Σχέση μεταξύ τάσεων και εντάσεων

Λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί **με φορτίο** όταν το δευτερεύον του τροφοδοτεί έναν καταναλωτή K (σχ. 1.3) ή τους ζυγούς ενός δικτύου.

Στη περίπτωση αυτή **την ισχύ που απορροφά ο καταναλωτής από το δευτερεύον τύλιγμα, μαζί με τις απώλειες του Μ/Σ, τη δίνει το δίκτυο που τροφοδοτεί το πρωτεύον τύλιγμα**, το οποίο για το λόγο αυτό απορροφά και μεγαλύτερη ένταση ρεύματος (από I_0 απορροφά τώρα I_1).



Σχ. 1.3: Λειτουργία Μ/Σ με φορτίο.

Αν μετρήσουμε τις εντάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος (σχ. 1.3), θα διαπιστώσουμε ότι προσεγγιστικά ισχύει η σχέση:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2} \quad \text{ή} \quad I_2 = K \cdot I_1 \quad (1.3)$$

Επίσης, κατά προσέγγιση ισχύει και στη λειτουργία με φορτίο η σχέση που είδαμε στη λειτουργία χωρίς φορτίο, δηλ. η

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad \text{ή} \quad U_2 = U_1 / K \quad (1.4)$$

Από τις 1.3 και 1.4, εξισώνοντας τα πρώτα μέλη, προκύπτει τελικά:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \text{ή} \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2} \quad (1.5)$$

Απ' την τελευταία αυτή σχέση (1.5) συμπεραίνουμε ότι:

α. αν ένας Μ/Σ ανυψώνει την τάση στο δευτερεύον, θα υποβιβάζει με την ίδια περίπου αναλογία την ένταση που κυκλοφορεί σ' αυτό και

β. το τύλιγμα Χ.Τ. και μεγάλης έντασης έχει μικρό αριθμό σπειρών και αγωγό μεγάλης διατομής, ενώ το τύλιγμα Υ.Τ. και χαμηλής έντασης έχει μεγάλο αριθμό σπειρών και αγωγό μικρής διατομής.

Παράδειγμα

Η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον ενός 1~ Μ/Σ είναι 2Α και η τάση του $U_1=220\text{V}$.

Πόση είναι η ένταση στο δευτερεύον, αν αυτό δίνει τάση $U_2=44\text{V}$;

Λύση

Γνωρίζουμε ότι: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow I_2 = I_1 \cdot \frac{U_1}{U_2} = 2 \cdot \frac{220}{44} = 2 \cdot 5 = 10\text{A}$

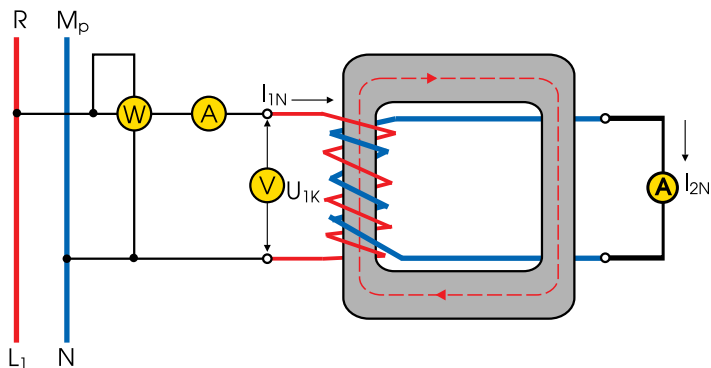
Επομένως, ο Μ/Σ αυτός έχει σχέση μεταφοράς $K=U_1/U_2=5$, δηλ., όταν η τάση στο δευτερεύον του μειώνεται κατά 5 φορές, σε σχέση με την U_1 , η ένταση ρεύματος στο δευτερεύον αυξάνεται κατά 5 φορές, σε σχέση με την ένταση του πρωτεύοντος ($I_2=K \cdot I_1=5 \cdot 2=10\text{A}$).

1.1.4. Τάση βραχυκύκλωσης

Τάση βραχυκύκλωσης Μ/Σ ονομάζουμε την τάση που πρέπει να εφαρμοσθεί στο πρωτεύον του, ώστε, με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον τύλιγμα, να έχουμε τα κανονικά ρεύματα φόρτισης, τόσο στο πρωτεύον όσο και στο δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ.

Η τάση βραχυκύκλωσης ($U_{\beta\kappa}$ ή $U_{1\kappa}$) μετριέται στο **πείραμα βραχυκύκλωσης** του Μ/Σ (σχ. 1.4) και πρακτικά εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις εκατό της ονομαστικής τάσης του πρωτεύοντος του Μ/Σ, δηλ. είναι:

$$u_{\kappa}\% = \frac{U_{1\kappa}}{U_{1N}} \cdot 100 \quad (1.6)$$



Σχ.Ι.4: Πείραμα βραχυκύκλωσης Μ/Σ.

Σημείωση

Αν γνωρίζουμε την $u_k\%$, μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανή ένταση ρεύματος ενός βραχυκυκλώματος στο δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ, όταν το πρωτεύον του τροφοδοτείται με την κανονική του τάση, απ' τη σχέση:

$$I_{2k} = \frac{I_{2N}}{u_k\%} \cdot 100 \quad (1.6')$$

Παράδειγμα

Στο πείραμα βραχυκύκλωσης ενός Μ/Σ 6.000/400V, για να έχουμε τα κανονικά ρεύματα φόρτισης 12/180A, χρειάστηκε να τροφοδοτήσουμε το πρωτεύον του με τάση 240V.

- Πόση είναι η τάση βραχυκύκλωσης του Μ/Σ;
- Σε ποιά τιμή μπορεί να φτάσει η ένταση βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον του, με την κανονική τάση τροφοδότησης στο πρωτεύον;

Λύση

Είναι: $U_{1N}=6.000V$, $U_{1K}=240V$ και $I_{2N}=180A$

Άρα:

$$\alpha. u_k\% = \frac{U_{1K}}{U_{1N}} \cdot 100 = \frac{240}{6.000} \cdot 100 = \frac{24.000}{6.000} = 4 \quad (\text{ή } u_k=4\%)$$

$$\beta. I_{2k} = \frac{I_{2N}}{u_k\%} \cdot 100 = \frac{180 \cdot 100}{4} = \frac{18.000}{4} \Rightarrow I_{2k} = 4.500A$$

Παρατηρούμε ότι **στην περίπτωση βραχυκυκλώματος ενός Μ/Σ αναπτύσσονται πάρα πολύ μεγάλες εντάσεις ρεύματος** (της τάξης των χιλιάδων αμπερ), που είναι επικίνδυνες, τόσο για τον ίδιο το Μ/Σ (καταστροφή μονώσεων και τυλιγμάτων) όσο και για το δίκτυο που τον τροφοδοτεί.

Τα βραχυκυκλώματα στους Μ/Σ είναι γενικά επικίνδυνα (και γίνονται περισσότερο επικίνδυνα όσο μικρότερη είναι η τάση βραχυκύκλωσης), εκτός από την περίπτωση των **ηλεκτροσυγκολλήσεων** στην οποία θέλουμε μεγάλες εντάσεις ρεύματος. Στην περίπτωση αυτή ο Μ/Σ λειτουργεί με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον τύλιγμα, δηλ. το ρεύμα εργασίας τους είναι ουσιαστικά το ρεύμα βραχυκύκλωσης.

1.1.5. Ερωτήσεις

1. Τι ονομάζουμε μετασχηματιστές (Μ/Σ) και ποια η επίδρασή τους στην οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη;
2. Στην ανάπτυξη ποιών τεχνολογικών εφαρμογών βοήθησαν οι Μ/Σ;
3. Σε ποιούς βασικούς τομείς παραγωγής υπάρχουν Μ/Σ;
4. Πού (και πώς) χρησιμοποιούνται οι Μ/Σ στην παραγωγή ηλ. ενέργειας;
5. Ποια τα κυριότερα είδη των Μ/Σ;
6. Από τι αποτελείται βασικά κάθε Μ/Σ; Τι λέμε πρωτεύον και τι δευτερεύον;
7. Πώς λειτουργεί με λίγα λόγια ένας (1~) Μ/Σ;
8. Πότε λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί χωρίς φορτίο και πότε με φορτίο;
9. Ποια η σχέση μεταξύ των τάσεων, των εντάσεων και των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος ενός Μ/Σ και πώς προκύπτει αυτή;
10. Τι ονομάζουμε σχέση μεταφοράς ενός Μ/Σ και τι δείχνει;
11. Τι ονομάζουμε τάση βραχυκύκλωσης και σε τι μας χρησιμεύει;
12. Ποια προβλήματα θα παρουσιαστούν, αν βραχυκυκλωθεί το δευτερεύον ενός Μ/Σ;
13. Σε ποια περίπτωση ένας Μ/Σ λειτουργεί ουσιαστικά με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον του τύλιγμα και γιατί;
14. Στο πείραμα βραχυκύκλωσης ενός Μ/Σ 220/9.900V “φωτεινών επιγραφών”, για να έχουμε τα κανονικά ρεύματα φόρτισης 2,25A/50mA χρειάστηκε να τροφοδοτήσουμε το πρωτεύον του τύλιγμα με τάση 11V.

Ποια είναι **α.** η σχέση μεταφοράς του Μ/Σ και

β. η τάση βραχυκύκλωσης;

(ΑΠ. $K=1/45$, $u_k=5\%$)

15. Το πρωτεύον τύλιγμα ενός Μ/Σ έχει 300 σπείρες και το δευτερεύον 1.500 σπείρες. Αν η τάση του πρωτεύοντος είναι 12V και διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως 2A, πόση είναι η τάση και η ένταση του ρεύματος στο δευτερεύον;

(ΑΠ. $U_2=60V$, $I_2=0,4A$)

Ποιο πηνίο έχει σύρμα με αγωγό μεγαλύτερης διατομής;

➡ Βάλτε σε κύκλο το χράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

16. Σήμερα, στα δίκτυα ηλεκτροδότησης όλων των χωρών χρησιμοποιείται:
 - α.** το συνεχές ρεύμα (Σ.Ρ.).
 - β.** το εναλλασσόμενο ρεύμα (Ε.Ρ.).
 - γ.** το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας.
 - δ.** ο μετασχηματιστής (Μ/Σ) και όλα τα παραπάνω.

17. Ανάλογα με τον προορισμό τους οι Μ/Σ διακρίνονται σε:
- α. ισχύος και οργάνων μέτρησης.
 - β. τριφασικούς και μονοφασικούς.
 - γ. αυτομετασχηματιστές και ηλ. έλξης.
 - δ. ξηρούς, λαδιού και συγκολλήσεων.
18. Μ/Σ με 300 σπείρες στο πρωτεύον και 60 στο δευτερεύον, όταν τροφοδοτείται από δίκτυο 220V, δίνει στο δευτερεύον του:
- α. τάση 44V.
 - β. τάση 22V.
 - γ. ένταση 20A.
 - δ. ένταση 4A.
19. Στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούμε Μ/Σ ανύψωσης της τάσης, π.χ. από 22kV σε 220kV, με σκοπό να μειώσουμε το ρεύμα δευτερεύοντος (στη γραμμή μεταφοράς) κατά:
- α. 2 φορές.
 - β. 5 φορές.
 - γ. 10 φορές.
 - δ. 20 φορές.
20. Ο λόγος (πηλίκιο) των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος ενός Μ/Σ λέγεται:
- α. τάση βραχυκύκλωσης.
 - β. ρεύμα βραχυκύκλωσης.
 - γ. σχέση μεταφοράς.
 - δ. σχέση μεταξύ U και I.

Ενότητα 1.2.

Κατασκευαστικά στοιχεία, Συνδεσμολογίες και Τυποποίηση Μ/Σ

Διδακτικοί στόχοι

➔ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής, θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να περιγράψετε τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή του Μ/Σ για το ηλεκτρικό και μαγνητικό κύκλωμα.
2. Να αιτιολογήσετε τη σημασία της χρήσης νέων υλικών στους Μ/Σ και τη θετική επίδρασή τους στο περιβάλλον.
3. Να αιτιολογήσετε τη σχέση βάρους-ισχύος στους Μ/Σ.
4. Να αναφέρετε τις τυπικές τάσεις λειτουργίας των Μ/Σ και τον τρόπο σύνδεσης στο δίκτυο της Δ.Ε.Η.
5. Να αιτιολογήσετε την τυποποίηση των ακροδεκτών για τους μονοφασικούς και τους τριφασικούς Μ/Σ.
6. Να αναφέρετε τις χρήσεις των Μ/Σ 1:1.

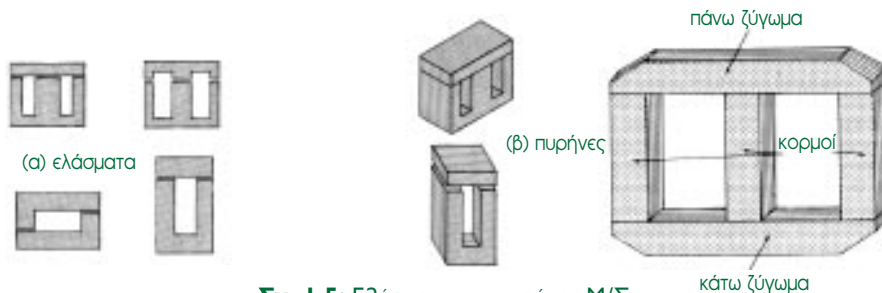
1.2.1. Κατασκευή Μ/Σ

1) Γενικά

Ο πυρήνας του Μ/Σ, κατασκευάζεται από πολλά σιδηρο-μαγνητικά ελάσματα, πάχους 0,3 ως 0,5mm, με επιφανειακή μόνωση από ειδικό βερνίκι, για τον περιορισμό των **δινορρευμάτων** και των απωλειών του μαγνητικού κυκλώματος.

Τα μαγνητικά ελάσματα κόβονται σε διάφορα σχήματα, π.χ. **■**, **□**, **Ш**, κ.α. (σχ. 1.5α), τα οποία συνδυάζονται μεταξύ τους και πολλά μαζί, το ένα δίπλα στο άλλο, συγκροτούν τους **πυρήνες** των Μ/Σ (σχ. 1.5β).

Τα κάθετα μέρη του πυρήνα λέγονται **κορμοί** και τα οριζόντια **ζυγώματα**.



Σχ. 1.5: Ελάσματα και πυρήνες Μ/Σ.

Τα τυλίγματα κατασκευάζονται από μονωμένους χάλκινους αγωγούς, που τυλίγονται σπειρωτά, σε πολλές στρώσεις, πάνω σε ειδικές φόρμες (καλούπια) και στη συνέχεια **τοποθετούνται στους κορμούς**.

Το **τύλιγμα Υ.Τ.** αποτελείται από **πολλές σπείρες** κυκλικής διατομής, ενώ το **τύλιγμα Χ.Τ.** αποτελείται από **λίγες σπείρες μεγαλύτερης, τετραγωνικής ή ορθογωνικής διατομής**. Μεταξύ τους, όπως και από στρώση σε στρώση, παρεμβάλλεται κατάλληλη μόνωση (π.χ. μονωτικό χαρτί, μίκα κ.α.) ανάλογα με τις τάσεις τους.

Τα τελευταία χρόνια για την κατασκευή των μεγάλων, κυρίως, Μ/Σ χρησιμοποιούνται βελτιωμένες πρώτες ύλες, όπως:

- μαγνητική λαμαρίνα, πάχους 0,23mm, για τον πυρήνα,
- φύλλα χαλκού για τα τυλίγματα Χ.Τ.,
- ειδική μόνωση από πρεσπάν και κόλλα, μεταξύ των στρώσεων κ.α.

Έτσι, έχουμε τα παρακάτω **πλεονεκτήματα**:

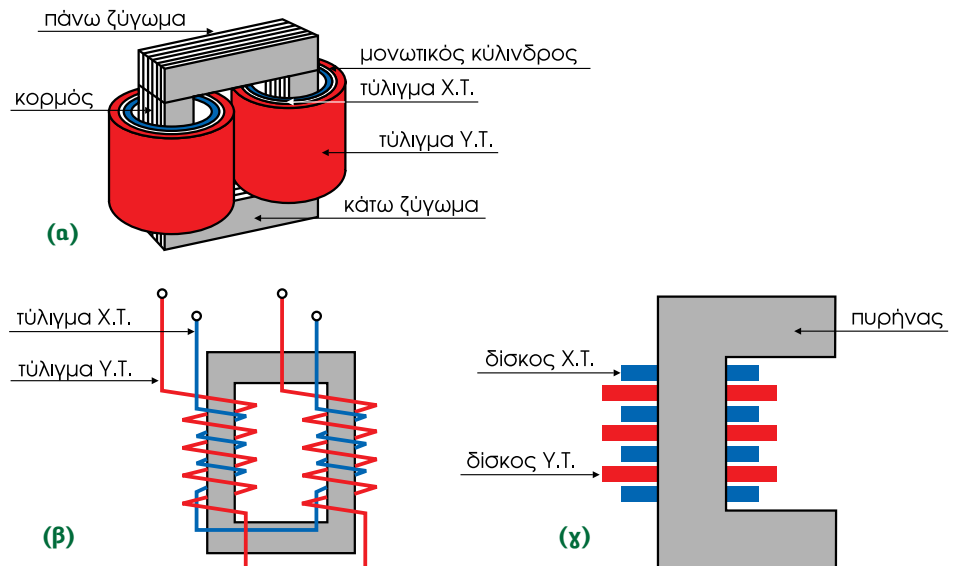
- α.** τέλειες συνθήκες μόνωσης και αντοχής σε βραχυκυκλώματα,
- β.** καλή θερμική συμπεριφορά και ελάχιστες απώλειες και
- γ.** μικρότερο όγκο, άρα και βάρος.

2) Κατασκευή μονοφασικών (1~) Μ/Σ

Οι 1~ Μ/Σ, ανάλογα με τη μορφή του μαγνητικού τους κυκλώματος και την τοποθέτηση των τυλιγμάτων στους κορμούς, διακρίνονται γενικά σε:

Μ/Σ τύπου πυρήνα και Μ/Σ τύπου μανδύα.

➤ Στους Μ/Σ τύπου πυρήνα το μαγνητικό κύκλωμα κατασκευάζεται συνήθως από ελάσματα **π** "πι" και **γ** "γιώτα", που σχηματίζουν την κλειστή διαδρομή **□**, ενώ τα τυλίγματα τοποθετούνται και στους δύο κορμούς (σχ. 1.6α και 1.6β).



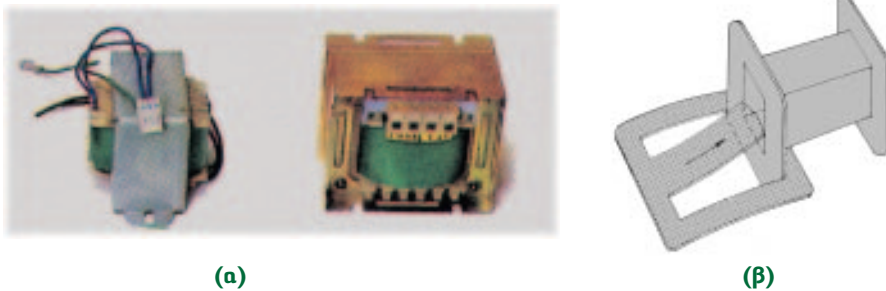
Σχ. 1.6: 1~Μ/Σ τύπου πυρήνα και κατασκευή του.

Σε κάθε κορμό υπάρχει ένα **τύλιγμα Χ.Τ.** και, πάνω απ' αυτό, ένα **τύλιγμα Υ.Τ.**, με τη μορφή κυλίνδρων (**κυλινδρικά** ή **συγκεντρικά τυλίγματα**), μονωμένων μεταξύ τους και ως προς τον πυρήνα. Τα τυλίγματα Χ.Τ. και Υ.Τ. των δύο κορμών συνδέονται σε σειρά έτσι, ώστε να μείνουν ελεύθερα **δύο άκρα** για τη **Χ.Τ.** και **δύο** για την **Υ.Τ.** (σχ. 1.6β).

Άλλος τρόπος κατασκευής των τυλιγμάτων είναι σε **δίσκους** (σχ. 1.6γ). Στην περίπτωση αυτή κάθε τύλιγμα αποτελείται από πολλούς δίσκους, που τοποθετούνται εναλλάξ και συνδέονται μεταξύ τους -για κάθε τάση- στη σειρά, ώστε να έχουμε και πάλι τέσσερα ελεύθερα άκρα.

➤ Στους Μ/Σ τύπου μανδύα **ο πυρήνας**, δηλ. το μαγνητικό κύκλωμα, **έχει τρεις κορμούς**, από τους οποίους **ο μεσαίος έχει διπλάσια διατομή** απ' τους ακραίους. Σ' αυτόν τοποθετούνται τα τυλίγματα, που μπορεί να είναι κι εδώ διαμορφωμένα σε κυλίνδρους ή σε δίσκους.

Οι δύο ακραίοι κορμοί χρησιμεύουν μόνο για να κλείνουν το μαγνητικό κύκλωμα, δηλ. περιβάλλουν τα τυλίγματα σαν μανδύας.



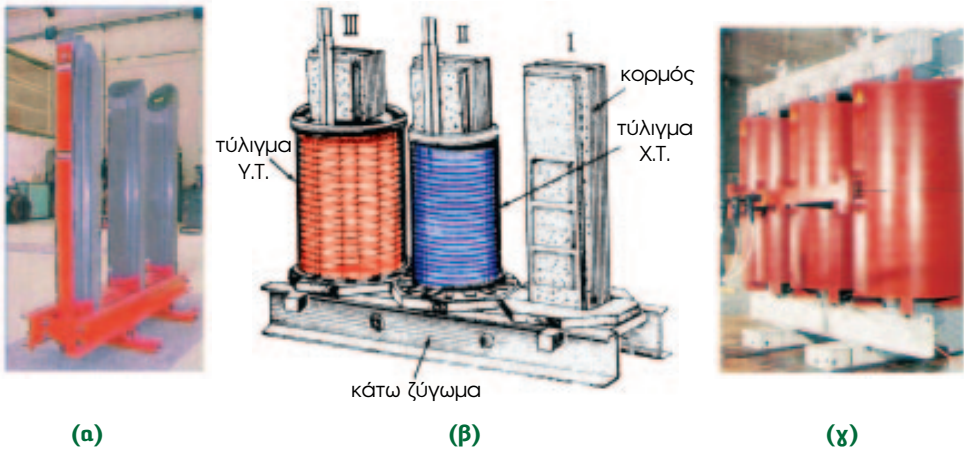
Σχ. 1.7: 1~ Μ/Σ τύπου μανδύα και κατασκευή του.

Στους μικρούς 1~ Μ/Σ μανδύα, κάθε έλασμα κόβεται σ' ένα κομμάτι σχήματος **Π**, δηλ. με το μεσαίο κορμό κομμένο, ώστε τα τυλίγματα να τοποθετούνται σ' αυτόν όπως δείχνει το σχήμα 1.7β.

3) Κατασκευή τριφασικών (3~) Μ/Σ

Οι 3~ Μ/Σ κατασκευάζονται κυρίως σαν Μ/Σ τύπου πυρήνα και αποτελούνται, όπως και οι 1~ Μ/Σ, από τον πυρήνα και τα τυλίγματα.

Ο **πυρήνας των 3~ Μ/Σ** έχει την ίδια κατασκευή και το ίδιο δέσιμο, μ' αυτόν των 1~ Μ/Σ, με τη διαφορά ότι τα ελάσματα, σχήματος **Π**, αποτελούνται τώρα από **τρεις όμοιους κορμούς** (σχ. 1.8α). Πριν τοποθετηθεί στη θέση του το πάνω ζύγωμα, τοποθετούνται στους κορμούς τα τυλίγματα. **Σε κάθε κορμό μπαίνουν δύο τυλίγματα, ένα Χ.Τ. και ένα Υ.Τ. και αποτελούν τη μία φάση του 3~ Μ/Σ**, όπως φαίνεται στον κορμό III του Μ/Σ του σχήματος 1.8β.



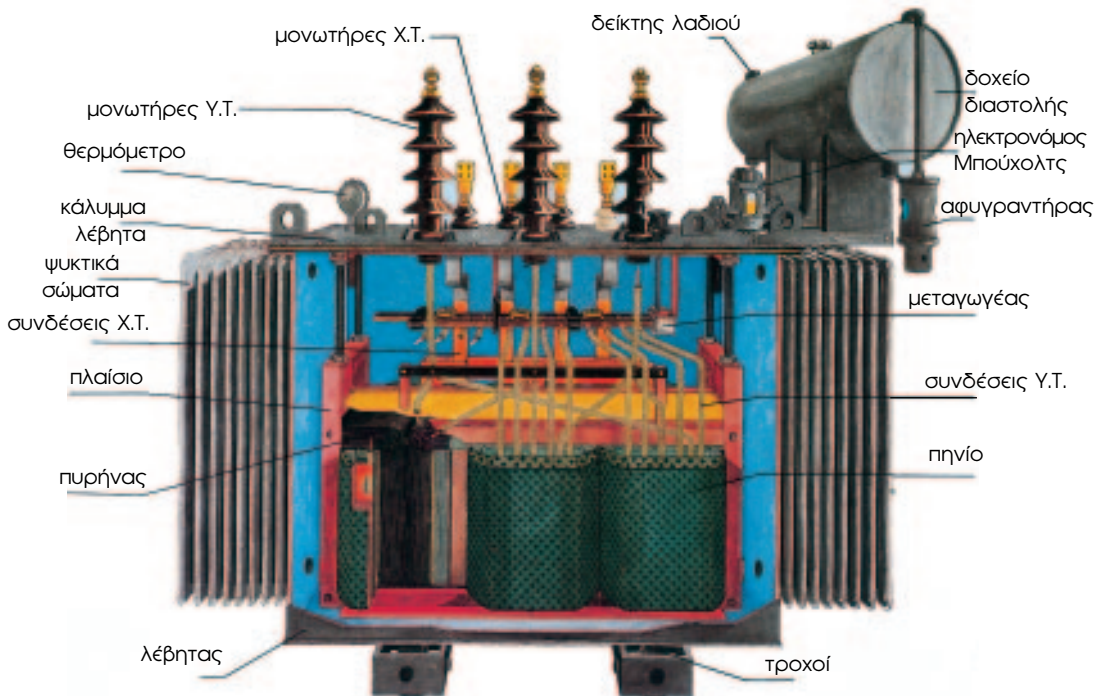
Σχ. 1.8: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες 3~Μ/Σ.

Στο σχήμα 1.8γ φαίνεται έτοιμο, **το ενεργό μέρος**, δηλ. ο πυρήνας και τα τυλίγματα, 3~ Μ/Σ διανομής.

4) Τεχνολογία Μ/Σ

Τα τυλίγματα των Μ/Σ μετά την τοποθέτησή τους στους πυρήνες, βερνικώνονται και στη συνέχεια ξηραίνονται σε ειδικούς φούρνους (στους 100÷120°C), ώστε να απομακρύνεται και η ελάχιστη υγρασία που μπορεί να έχουν τα μονωτικά.

Μετασχηματιστής διανομής



Σχ. 1.9: Μ/Σ λαδιού.

Έτσι πετυχαίνουμε καλύτερη **μόνωση**, αλλά και μεγαλύτερη **δυσκαμψία**, που ελαττώνει τις δονήσεις των αγωγών και το μαγνητικό θόρυβο στη λειτουργία του Μ/Σ.

Στους **ξηρούς Μ/Σ**, που κατασκευάζονται για Χ.Τ. και μικρές σχετικά ισχύεις, το **ενεργό μέρος** είναι εκτεθειμένο στον αέρα, ενώ στους **Μ/Σ λαδιού** που λειτουργούν στα δίκτυα Χ.Τ., τοποθετείται μέσα σε **μεταλλικό δοχείο** (λέβητας Μ/Σ) γεμάτο με μονωτικό ορυκτέλαιο, που περιλαμβάνει σωλήνες ψύξης, δοχείο διαστολής κ.α. (σχ. 1.9).

➡ Η προηγμένη τεχνολογία του ξηρού Μ/Σ

Ο ξηρός **μετασχηματιστής** με **μόνωση χυτορητίνης** (Μ/Χ) είναι σήμερα η καταλληλότερη λύση εκεί που η διανομή της ενέργειας επιβάλλει απόλυτη ασφάλεια και φιλικότητα προς το περιβάλλον.

Ο Μ/Χ απέναντι στον συμβατικό Μετασχηματιστή (Μ/Σ) λαδιού παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Η ειδική κατασκευή του, επιτρέπει την εγκατάστασή του και την ακίνδυνη λειτουργία του ακόμα και στα πιο κεντρικά σημεία του δικτύου, προσφέροντας συγχρόνως και την οικονομικότερη λύση σε:

- ξενοδοχειακές μονάδες
- πολυκαταστήματα
- πολυώροφα κτίρια
- κλινικές και νοσοκομεία
- ορυχεία
- αεροδρόμια
- θαλάσσιες εγκαταστάσεις
- υπόγειους σιδηρόδρομους κ.λπ.

Ο μέχρι τώρα συμβατικός ξηρός Μ/Σ δεν ξεπερνούσε ηλεκτρικές απαιτήσεις της σειράς των 10kV, η **μόνωση των τυλιγμάτων** έφθανε για θερμοκρασίες 60 ως 75°C και η μηχανική αντοχή του στο βραχυκύκλωμα ήταν περιορισμένη.

Οι νέοι Μ/Χ με ιδιαίτερα ικανοποιητικές ηλεκτρικές, μηχανικές και θερμικές ιδιότητες, υπερέχουν σε σχέση με τους συμβατικούς Μ/Σ, συμβάλλοντας συγχρόνως και στην προστασία του περιβάλλοντος. Σημαντική είναι επίσης και η υπεροχή του Μ/Χ στην εξοικονόμηση χώρου γιατί καλύπτει τα 2/3 περίπου του χώρου που καταλαμβάνει ο αντίστοιχος Μ/Σ λαδιού.

Η απλή κατασκευή του Μ/Χ επιτρέπει την αντικατάσταση των πηνίων επί τόπου. Ένα άλλο επίσης πλεονέκτημα του Μ/Χ είναι ότι δεν χρειάζεται παρακολούθηση κατά τη λειτουργία του. Μόλις τεθεί υπό τάση μπορούμε να τον ξεχάσουμε.



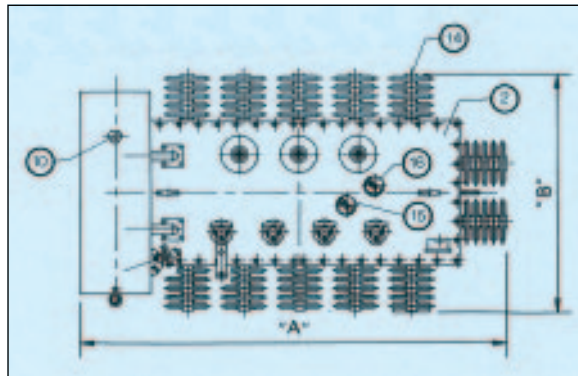
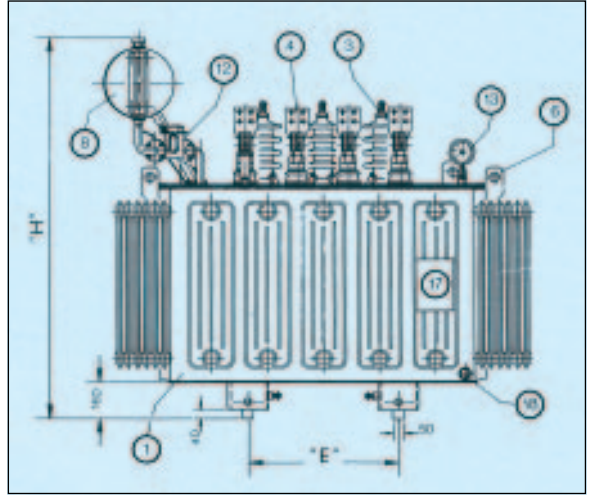
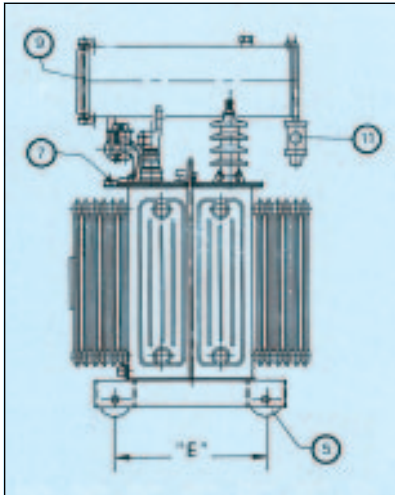
Σχ. 1.10:
Μετασχηματιστής
χυτορητίνης (Μ/Χ).

I. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)

☞ Σημειώνουμε τέλος, ότι η ισχύς των Μ/Σ εξαρτάται από την τάση λειτουργίας τους, γιατί απ' αυτή εξαρτώνται:

- η μόνωση των τυλιγμάτων και των ακροδεκτών (διαπεραστήρες Υ.Τ. και Χ.Τ.),
- το μέγεθος του λέβητα και ο τρόπος ψύξης του,
- τα όργανα ρύθμισης (μεταγωγείς και μεταλλάκτες για τις λήψεις) και
- τα όργανα ελέγχου και προστασίας (θερμόμετρο, ρελέ, δοχείο διαστολής κ.α.).

Έτσι, **στους μεγάλους Μ/Σ διανομής** (σχ. 1.9), **κάθε αύξηση της ισχύος συνεπάγεται αύξηση των διαστάσεών τους και αντίστοιχη αύξηση του βάρους τους.**
(δες σχ. 1.11 και πίνακα 1.1).



- | | |
|---------------------------------|---|
| 1) Δοχείο μετασχηματιστή | 10) Πώμα αναπνευστικό ή πληρώσεως |
| 2) Κάλυμμα δοχείου | 11) Αφυγραντήρας |
| 3) Διαπεραστήρας Υ.Τ. | 12) Ρελέ Buchholz |
| 4) Διαπεραστήρας Χ.Τ. | 13) Θερμόμετρο |
| 5) Τροχοί κυλίσεως | 14) Ψυκτικά σώματα |
| 6) Λαβές αναρτήσεως | 15) Μεταλλάκτης τάσεως |
| 7) Σύνδεσμος γειώσεως ουδέτερου | 16) Μεταγωγέας επαφών |
| 8) Δοχείο διαστολής | 17) Ενδεικτική πινακίδα |
| 9) Δείκτης στάθμης λαδιού | 18) Βαλβίδα εκκενώσεως και δειγματοληψίας |

Σχ. 1.11: Γενική διάταξη Μ/Σ διανομής 250÷1600kVA, 15-22/0,4kV.

Πίνακας 1.1.

Γενικές Διαστάσεις σε χιλιοστά (mm)					Ολικό Βάρος σε kgf
Ισχύς σε kVA	Μήκος "Α"	Πλάτος "Β"	Ύψος "Η"	Τροχοί "Ε"	
250	1500	920	1300	520	1200
315	1680	1010	1400	670	1350
400	1740	1000	1500		1600
500	1800	1050	1500		1650
630	1860	1000	1650		2200
800	2000	1250	1650		2400
1000	1960	1300	1650	820	2800
1250	2150	1500	1700		3250
1600	2230	1450	1850		3900

Σημείωση: Οι διαστάσεις των Μ/Σ δεν θα υπερβαίνουν τις διαστάσεις του DIN 42520 που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα.

1.2.2. Τυποποίηση συνδέσεων, σύνδεση Μ/Σ στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. - Τάση λειτουργίας

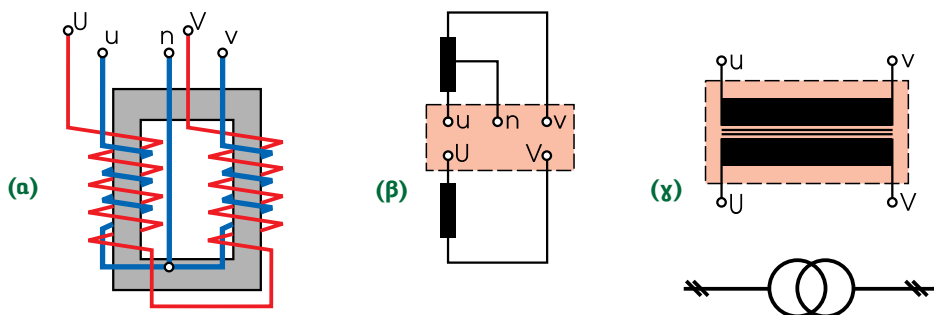
➔ Ακροδέκτες και συνδέσεις

Τα άκρα των τυλιγμάτων των Μ/Σ καταλήγουν σε **ακροδέκτες** που στηρίζονται **συνήθως σε μια βάση** από βακελίτη. Η **μόνωση** των συνδέσεων **εξαρτάται από την τάση** απί την οποία εξαρτάται κυρίως το μέγεθος του Μ/Σ, αλλά και **ο τύπος του** (ξηρός Μ/Σ ή Μ/Σ λαδιού) ως προς την ψύξη. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται **μονωτήρες**. Στους μεγάλους Μ/Σ **οι μονωτήρες διαβάσεως**, που στερεώνονται στο κάλυμμα, **αποτελούν και τους ακροδέκτες** των τυλιγμάτων των Μ/Σ.

Για να ξεχωρίζονται οι ακροδέκτες μεταξύ τους χρησιμοποιούνται συμβολικά γράμματα ή και αριθμοί.

➤ Στους 1~ Μ/Σ οι ακροδέκτες του τυλιγματος της Υ.Τ. σημειώνονται με **U-V** ή **A-B** ή **H₁-H₂**, ενώ οι ακροδέκτες του τυλιγματος της Χ.Τ. με **u-v** ή **a-b** ή **x₁-x₂**.

Αν γίνεται και **μεσαία λήψη**, όπως π.χ. στη Χ.Τ. του Μ/Σ του παρακάτω σχήματος 1.12α και 1.12β, ο αντίστοιχος ακροδέκτης τοποθετείται μεταξύ των άλλων δύο και σημειώνεται με **n** ή **n_p** ή **x₀**.



Σχ. 1.12: Σύνδεση τυλιγμάτων και συμβολισμοί 1~ Μ/Σ.

I. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)

Στα ηλεκτρολογικά σχέδια οι 1~ Μ/Σ συμβολίζονται όπως δείχνει το σχήμα 1.12γ.

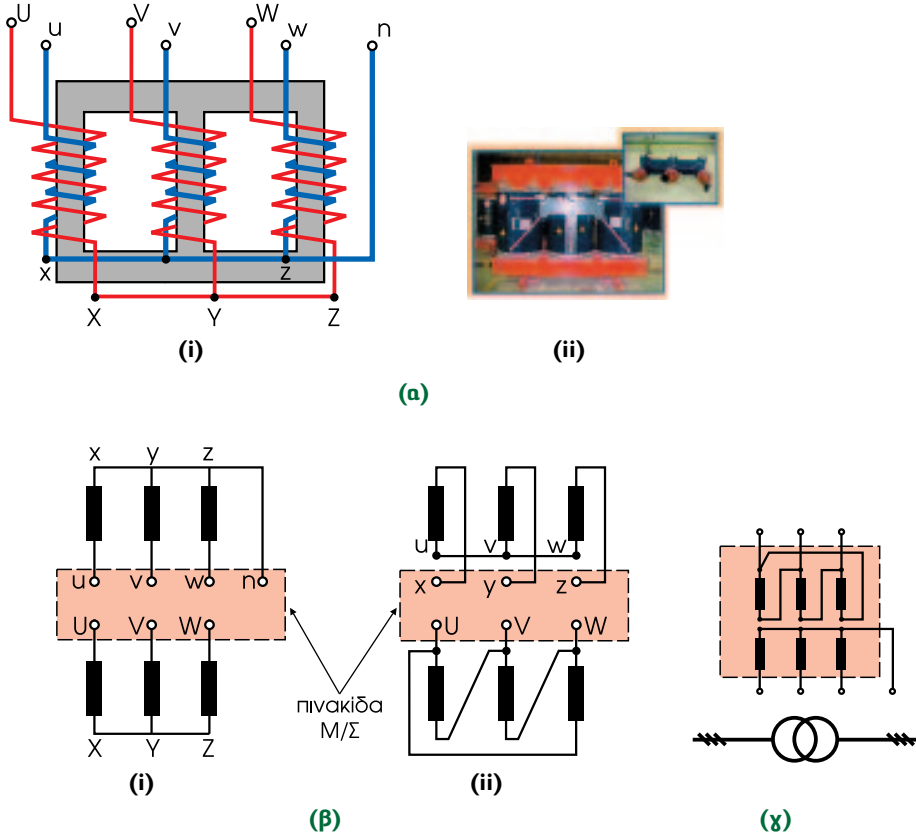
➤ Στους 3~ Μ/Σ, τα **τρία τυλίγματα** (φάσεις) της **Υ.Τ.** και τα **αντίστοιχα της Χ.Τ.**, συνδέονται εσωτερικά μεταξύ τους (σχ. 1.13α), είτε σε **αστέρα**, είτε σε **τριγωνο**.*

Έτσι, απ' το καθένα 3~ τύλιγμα, μένουν τελικά **ελεύθερα τρία ή τέσσερα άκρα** τα οποία καταλήγουν στο κιβώτιο ακροδεκτών (πινακίδα) του Μ/Σ (σχ. 1.13β) και στους ακροδέκτες:

U, V, W ή **A, B, C** ή **H₁, H₂, H₃**, για τα τυλίγματα της Υ.Τ. και

u, v, w ή **a, b, c** ή **x₁, x₂, x₃**, για τα τυλίγματα της Χ.Τ.

Αν χρειάζεται και ο **ουδέτερος αγωγός**, ο ουδέτερος κόμβος συνδέεται σε ιδιαίτερο ακροδέκτη και συμβολίζεται με το **N** ή **M_p** ή **H₀**, για την Υ.Τ. και με τα μικρά **n** ή **m_p** ή **x₀** ή **x₄**, για τη Χ.Τ.



Σχ. 1.13: Σύνδεση φάσεων στους ακροδέκτες και συμβολισμός 3~ Μ/Σ.

Στον 3~ Μ/Σ του σχήματος 1.13α(i), τα τρία τυλίγματα (φάσεις) Υ.Τ. συνδέονται σε αστέρα, ενώ τα τρία τυλίγματα (φάσεις) Χ.Τ. σε αστέρα με ουδέτερο, δηλ. όπως λέμε απλά ο Μ/Σ αυτός είναι **ζεύξης αστέρα-αστέρα** (με ουδέτερο).

* Περισσότερα για τις συνδεσμολογίες αστέρα (Υ) και τριγώνου (Δ), των 3~ τυλιγμάτων και τα χαρακτηριστικά τους, αναφέρουμε στο κεφάλαιο των εναλλακτρήων.

Εύκολα διαπιστώνουμε ότι, ο Μ/Σ που έχει την πινακίδα του σχήματος 1.13β(ii) έχει **ζεύξη τριγώνου-αστέρα**.

Στο σχήμα 1.13γ, δίπλα από τις πινακίδες των 3~ Μ/Σ, σημειώνονται τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται γι' αυτούς στα ηλεκτρολογικά σχέδια.

➤ Πάνω στη πινακίδα κάθε 3~ Μ/Σ, ο κατασκευαστής του σημειώνει πάντα τη ζεύξη των τυλιγμάτων του.

Με τα κεφαλαία γράμματα **Y** ή **D** συμβολίζεται η σύνδεση των τυλιγμάτων του πρωτεύοντος, δηλ. της **Y.T.** για τους Μ/Σ υποβιβασμού (**Y σε αστέρα, D σε τρίγωνο**) και με τα μικρά **y** ή **d** η αντίστοιχη σύνδεση των τυλιγμάτων του δευτερεύοντος (**X.T.**).

Από το συνδυασμό αστέρα-τριγώνου **στις 3 φάσεις** της Y.T. και της X.T., προκύπτουν διάφορες ζεύξεις που εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες, ανάλογα με τη χρήση του Μ/Σ.

➡ Τάση λειτουργίας Μ/Σ

Στην πράξη, οι τάσεις λειτουργίας των Μ/Σ είναι τυποποιημένες, ανάλογα με το σκοπό και την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Έτσι, π.χ. οι Μ/Σ Χαμηλής Τάσης (X.T.) κατασκευάζονται για τάσεις πρωτεύοντος 220V και δευτερεύοντος 6, 12, 24 ή 40V, ενώ οι Μ/Σ διανομής Μέσης Τάσης (M.T.) για τάσεις πρωτεύοντος 15, 20 ή 25kV και τάσεις δευτερεύοντος 380/220V.

Σημείωση

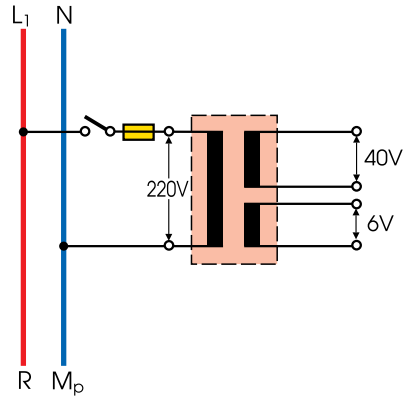
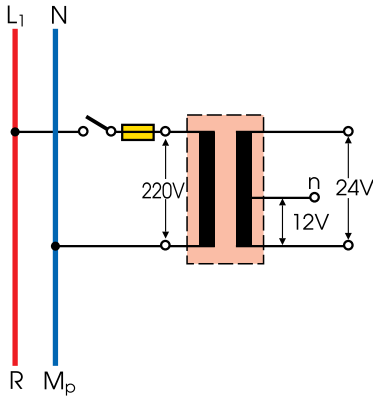
Σύμφωνα με τη νέα διεθνή τυποποίηση (IEC):

1) το **δίκτυο διανομής X.T.** της Δ.Ε.Η. έχει **φασική τάση 230V**, με όρια ανοχής από 207V μέχρι 244V και **πολική τάση 400V**, με όρια ανοχής από 360V μέχρι 424V.

2) οι συμβολισμοί **R, S, T** και **M_p**, για τους αγωγούς φάσης και ουδέτερου, αντικαθίστανται σταδιακά από τους **L₁, L₂, L₃** και **N** αντίστοιχα. Παρακάτω χρησιμοποιούνται ενδεικτικά παλιές και νέες τιμές τάσης για το δίκτυο X.T. της Δ.Ε.Η., ενώ αναφέρονται τόσο οι νέοι όσο και οι παλιότεροι συμβολισμοί των αγωγών.

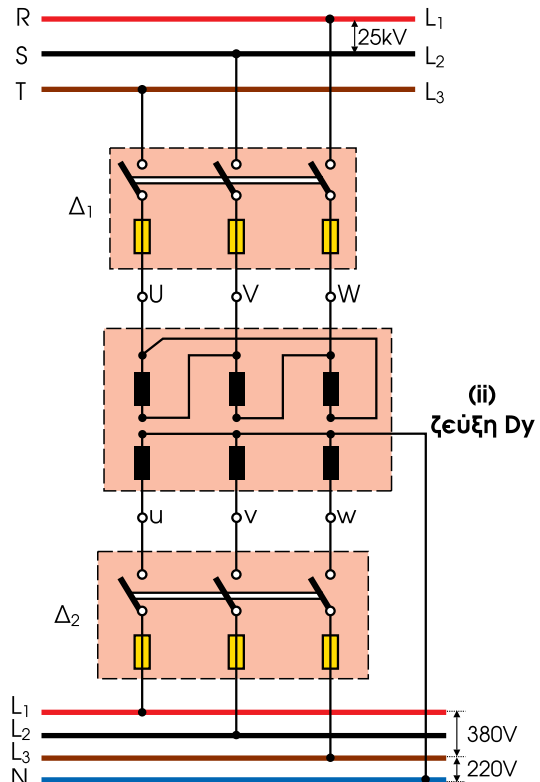
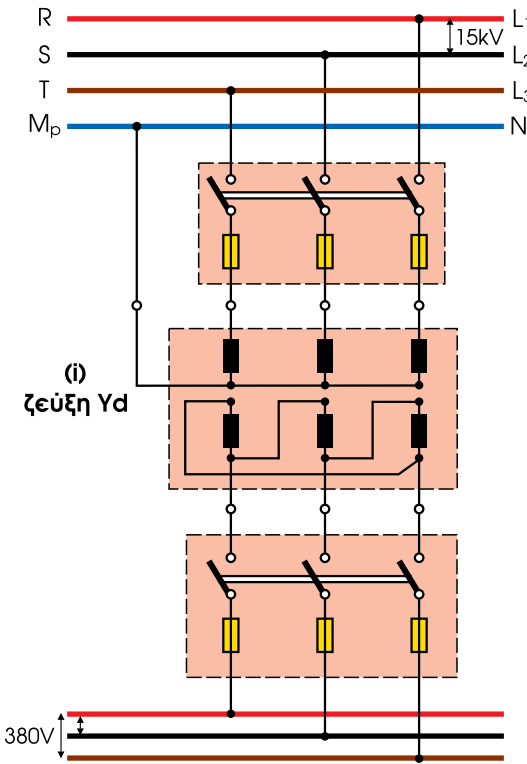
Στη διπλανή σελίδα στο σχήμα 1.14 φαίνονται οι **συνδεσμολογίες Μ/Σ** στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. και οι τάσεις που μπορούν να δώσουν στο δευτερεύον τους τύλιγμα.

I. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)



(α)

I ~ Μ/Σ



(β)

3 ~ Μ/Σ

Σχ. 1.14: Σύνδεση Μ/Σ με το δίκτυο της Δ.Ε.Η.

1.2.3. Ισχύς Μ/Σ

Η πραγματική ισχύς που δίνει ένας Μ/Σ στο δευτερεύον του, όταν τροφοδοτεί κατα-
νάλωση με τάση U_2 , ένταση I_2 και συντελεστή ισχύος $\cos\phi_2$, δίνεται από τις σχέσεις:

- για 1~ Μ/Σ: $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$ (1.7)

- για 3~ Μ/Σ: $P_2 = 1,73 \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$ (1.8)

Αντίστοιχα, η πραγματική ισχύς που ο Μ/Σ απορροφά απ' το δίκτυο, είναι:

- για 1~ Μ/Σ: $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1$ (1.9)

- για 3~ Μ/Σ: $P_1 = 1,73 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1$ (1.10)

(όπου $U_1 \cdot I_1$ και $\cos\phi_1$, τα στοιχεία του πρωτεύοντος).

Η φαινομένη και η άεργη ισχύς τόσο στο πρωτεύον όσο και στο δευτερεύον τύλιγμα των Μ/Σ, υπολογίζονται από τις σχέσεις που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2.

Σχέσεις υπολογισμού ισχύος 1~ και 3~ Μ/Σ.

	Για 1~ Μ/Σ	Για 3~ Μ/Σ	Για 1~ και 3~ Μ/Σ
Φαινομένη ισχύς (VA)	$P_s = U \cdot I$	$P_s = 1,73 \cdot U \cdot I$	$P_s = \sqrt{P^2 + P_b^2}$ $P_s = \frac{P}{\cos\phi}$
Πραγματική ισχύς (W)	$P = U \cdot I \cdot \cos\phi$	$P = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$	$P = \sqrt{P_s^2 - P_b^2}$ $P = P_s \cdot \cos\phi$
Άεργη ισχύς (VAr)	$P_b = U \cdot I \cdot \eta\mu\phi$	$P_b = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \eta\mu\phi$	$P_b = \sqrt{P_s^2 - P^2}$ $P_b = P_s \cdot \eta\mu\phi$

1.2.4. Μετασχηματιστές (Μ/Σ) 1:1

Είναι Μ/Σ με **σχέση μεταφοράς 1:1**, δηλ. με τάση πρωτεύοντος τυλίγματος ίση μ' αυτή του δευτερεύοντος, **στον οποίο** (για λόγους προστασίας) **το δευτερεύον δεν έχει καμία σύνδεση ως προς τη γη**, με σκοπό την απομόνωση (ηλεκτρικό διαχωρισμό) του δευτερεύοντος από το πρωτεύον κύκλωμα. Για το λόγο αυτό λέγεται και **Μ/Σ απομόνωσης ή προστασίας**.

Οι Μ/Σ 1:1 χρησιμοποιούνται στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, σαν μέθοδος προστασίας από έμμεση επαφή **και σε ρευματοδότες** (πρίζες) που τοποθετούνται σε υγρούς χώρους, όπως π.χ. **ο ρευματοδότης ξυριστικής μηχανής**.

Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται και ρευματοδότες με Μ/Σ 1:1 για πλυντήρια ρούχων.

1.2.5. Εφαρμογές Μ/Σ στα οχήματα, Μ/Σ ηλεκτρικής έλξης

1) Γενικά

Η πρόοδος στην τεχνολογία που συνδέεται με την ηλεκτρική ενέργεια (Η.Ε.), όπως αναφέραμε, οδήγησε στην αποκλειστική χρησιμοποίηση του εναλλασσόμενου ρεύματος στα δίκτυα διανομής Η.Ε. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις όπου, για ορισμένες χρήσεις, είναι απαραίτητο να έχουμε **Η.Ε. με τη μορφή συνεχούς ρεύματος**, όπως π.χ. στην **κίνηση οχημάτων** (ηλεκτρική έλξη) και στη **φόρτιση των συσσωρευτών**.

Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να μετασχηματίσουμε το εναλλασσόμενο ρεύμα (Ε.Ρ.), στην κατάλληλη κάθε φορά τιμή και, στη συνέχεια, να το μετατρέψουμε σε συνεχές ρεύμα (Σ.Ρ.).

Για το μετασχηματισμό των ηλ. μεγεθών του Ε.Ρ. χρησιμοποιούμε Μ/Σ, ενώ για τη μετατροπή του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. **ανορθωτές**.

Σε ορισμένες περιπτώσεις είμαστε αναγκασμένοι να μετασχηματίσουμε και το Σ.Ρ., όπως π.χ. στο ηλεκτρικό σύστημα του αυτοκινήτου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε έναν **ειδικό μετασχηματιστή Σ.Ρ.**, το γνωστό μας **πολλαπλασιαστή**, που μοιάζει κατασκευαστικά με τον 1~ Μ/Σ, γι' αυτό και εξετάζεται εδώ μαζί με τους Μ/Σ.

2) Μ/Σ ηλεκτρικής έλξης

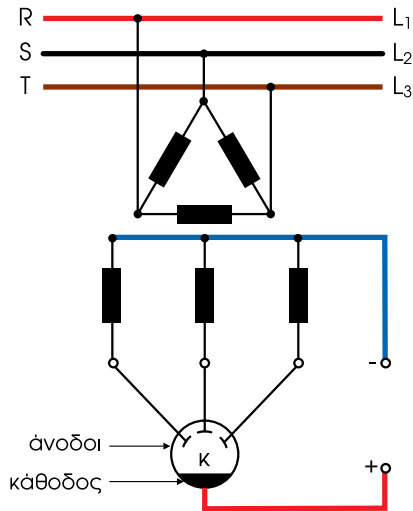
Είναι Μ/Σ που χρησιμοποιούνται για την **ηλ. έλξη**, δηλ. για την κίνηση οχημάτων με ηλεκτρικό ρεύμα.

Η χρησιμοποίηση του ηλ. ρεύματος για την κίνηση οχημάτων, σε σχέση με τα παλιά συστήματα, παρουσιάζει πάρα πολλά **πλεονεκτήματα**. Μερικά απ' αυτά είναι: η **καθαριότητα**, η **απαλλαγή από τα καυσαέρια** και οι **πολύ μεγάλες επιταχύνσεις** κατά την εκκίνηση, που μειώνουν το χρόνο μεταξύ δύο σταθμεύσεων.

Η μεγάλη εξέλιξη των ηλεκτροκινούμενων οχημάτων είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού συστημάτων, για τη τροφοδοσία τους. Σήμερα χρησιμοποιείται γενικά η **μεταφορά με Ε.Ρ.** (15-22kV) και η **διανομή (χρήση) με Σ.Ρ. τάσης 600V**.

➤ Στα Ηλεκτροκίνητα Λεωφορεία Περιοχής Αθηνών - Πειραιώς (ΗΛΠΑΠ), η τροφοδότηση γίνεται με εναέρια γραμμή μέσω επαφών ολίσθησης (άνθρακες κεραιών τρόλλεϊ). Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται από τη Δ.Ε.Η. μέσω υποσταθμών (Υ/Σ), στους οποίους βασικά υπάρχουν οι Μ/Σ ηλ. έλξης, ώστε η τάση (600V Σ.Ρ.) να διατηρείται σταθερή.

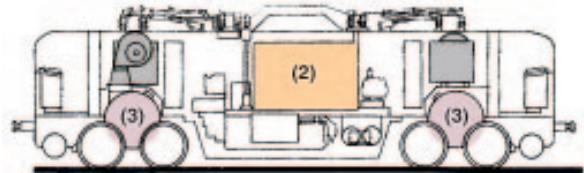
Οι Μ/Σ ηλ. έλξης είναι γενικά Μ/Σ υποβιβασμού τάσης (15-22kV/600V), ζεύξης Τριγώνου-Αστέρα (Δ-Υ) (σχ. 1.15α), οι οποίοι συνοδεύονται πάντα από ανορθωτές υδραργύρου, για τη μετατροπή του Ε.Ρ. (τάσης 600V) σε Σ.Ρ. 600V.



(α)
3~ Μ/Σ πλ εκ. έλξης



(1)



(β)
κίνηση ηλεκτράμαξας



(γ)

Μ/Σ ηλ. έλξης σύγχρονου ηλ. σιδηροδρόμου



Σχ. 1.15: Συνδεσμολογία και χρήσεις Μ/Σ ηλ. έλξης.

➤ Με τον ίδιο τρόπο τροφοδοτείται γενικά και το δίκτυο έλξης των ηλ. σιδηροδρόμων τόσο μέσα στις πόλεις (**μετρό**), όσο και έξω από αυτές ή ακόμη και για τη σύνδεση μεταξύ δύο πόλεων. Η βασική διαφορά είναι ότι η γραμμή τροφοδοσίας είναι επίγεια και ο Μ/Σ έλξης μεγαλύτερης ισχύος. Στους **Η.Σ.Α.Π.**, σε κάθε Υ/Σ τοποθετείται Μ/Σ έλξης 22kV/600V, ζεύξης **Δ-Υ**, ισχύος 2000kVA, μαζί με τον αντίστοιχο ανορθωτή υδραργύρου.

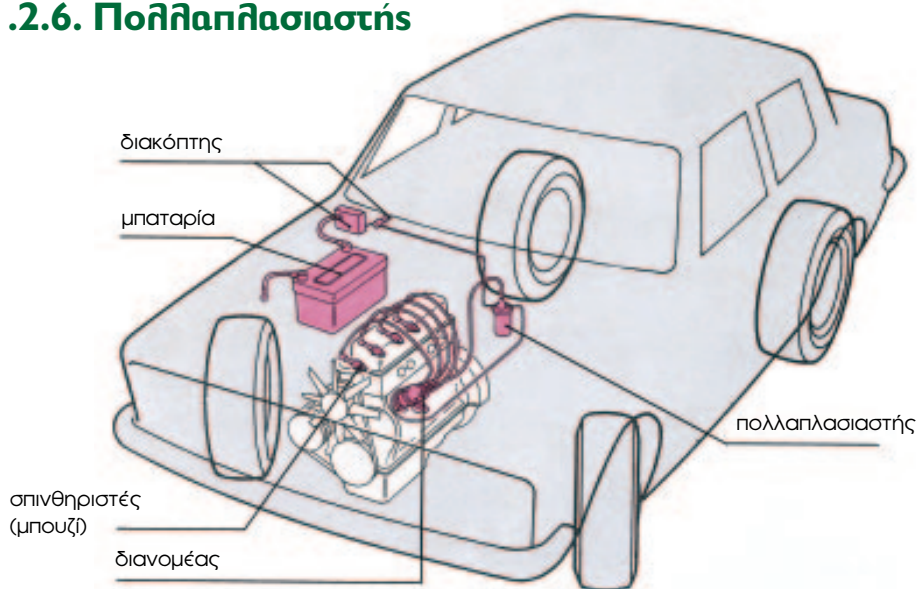
Στους ηλεκτροκίνητους σιδηροδρόμους το ηλ. ρεύμα διαβιβάζεται μέσω του τροχού επαφής (1) στον Μ/Σ (2) και από εκεί στους **κινητήρες έλξης** (3) για την κίνηση των τροχών του συρμού (σχ. 1.15β).

Τα τελευταία χρόνια, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο των εναλλακτήρων, **οι Μ/Σ έλξης τροφοδοτούνται από έναν εναλλακτήρα** που βρίσκεται μέσα στην ηλεκτράμαξα (σχ. 1.15γ).

Σήμερα, εκτός από τα ηλεκτροκίνητα οχήματα μαζικής μεταφοράς, κατασκευάζονται και **ηλεκτρικά αυτοκίνητα** Ι.Χ., που λειτουργούν με μπαταρίες των 12 ή 24V, για τη φόρτιση των οποίων χρησιμοποιούμε **φορτιστές**, οι οποίοι αποτελούνται βασικά από ένα Μ/Σ υποβιβασμού και τους ανορθωτές. Ασφαλώς τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αξιόλογων επιδόσεων έχουν συσσωρευτές (μπαταρίες) μεγαλύτερης τάσης.

👉 Περισσότερα για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αναφέρουμε στο τελευταίο κεφάλαιο (**ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ**).

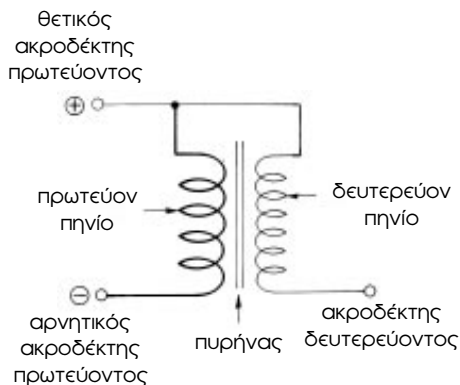
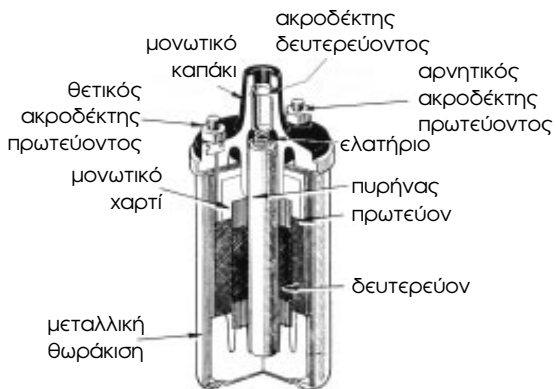
1.2.6. Πολλαπλασιαστής



Πολλαπλασιαστής

Ο πολλαπλασιαστής μετατρέπει το ρεύμα της μπαταρίας από χαμηλή τάση σε υψηλή τάση. (20.000-30.000Volts), η οποία είναι απαραίτητη για τη δημιουργία του σπινθήρα στα μπουζί.

(α)



(β)

Σχ. 1.16: Σύστημα ανάφλεξης αυτοκινήτου (α) και πολλαπλασιαστής (β).

Ο **πολλαπλασιαστής** αποτελεί ένα από τα βασικά στοιχεία του κυκλώματος - συστήματος ανάφλεξης του αυτοκινήτου (σχ. 1.16α).

Όπως και ο συνηθισμένος 1~ Μ/Σ, **αποτελείται από:**

- τον **πυρήνα** (από λεπτά σιδηροελάσματα) και
- τα **τυλίγματα** (πρωτεύον και δευτερεύον).

Το **πρωτεύον τυλίγμα** του πολλαπλασιαστή (Χ.Τ.) έχει μερικές **εκατοντάδες σπείρες**, ενώ το **δευτερεύον** του (Υ.Τ.) **χιλιάδες** (15.000-30.000) **σπείρες** με αγωγό μικρής διατομής.

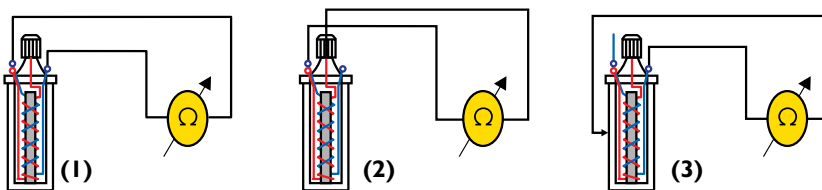
Τα πηνία περιβάλλουν το σιδηροπυρήνα και είναι καλά μονωμένα, τόσο προς αυτόν, όσο και μεταξύ τους. Το ενεργό μέρος του πολλαπλασιαστή τοποθετείται μέσα σε **στεγανό δοχείο**, που συνήθως έχει κυλινδρική μορφή, πάνω στο οποίο σημειώνονται οι ακροδέκτες του (σχ. 1.16β).

Η λειτουργία του πολλαπλασιαστή είναι ίδια μ' αυτή των Μ/Σ, με τη διαφορά ότι, η **μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή Φ δεν προκαλείται** από το ΕΡ., αλλά **από το απότομο άνοιγμα και κλείσιμο του πρωτεύοντος κυκλώματος** (Χ.Τ.). Αυτό γίνεται μέσω του **διακόπτη Χ.Τ.**, που είναι ένα **σύστημα επαφών** από τουγκστένιο, που παλιότερα κατασκευάζονταν από κράμα πλατίνας, γι' αυτό ακόμη και σήμερα λέγονται **πλατίνες**.

➡ Έλεγχοι πολλαπλασιαστή

Σε κάθε πολλαπλασιαστή πρέπει να γίνονται τακτικά:

- **οπτικός έλεγχος** και **καθάρισμα** και
 - **μετρήσεις για τον έλεγχο της τιμής των αντιστάσεων των τυλιγμάτων** αλλά και για **πιθανό βραχυκύκλωμα**.
- Η τιμή της αντίστασης του πρωτεύοντος κυμαίνεται από 1 μέχρι 1,4Ω (σχ. 1.16γ(1)), ενώ του δευτερεύοντος από 4000 ως 6000Ω περίπου (σχ. 1.16γ(2)).
 - Ο **έλεγχος για πιθανό βραχυκύκλωμα** γίνεται και πάλι μ' ένα ωμόμετρο. Στην περίπτωση αυτή (σχ. 1.16γ(3)) η αντίσταση πρέπει να είναι άπειρη.



Σχ. 1.16γ: Έλεγχοι πολλαπλασιαστή.

Αν τελικά ο πολλαπλασιαστής παρουσιάζει βλάβη, πρέπει να τον αντικαταστήσουμε.

I.2.7. Ερωτήσεις

1. Ποια σημασία έχει η χρήση νέων υλικών στη κατασκευή των Μ/Σ;
2. Από τι αποτελείται ένας Μ/Σ; Από τι υλικά κατασκευάζεται;
3. Πώς κατασκευάζεται το τύλιγμα Χ.Τ. και πώς το τύλιγμα Υ.Τ.;
4. Πού τοποθετούνται τα τυλίγματα στους 1~ Μ/Σ τύπου πυρήνα;
5. Πώς κατασκευάζεται ο πυρήνας των 1~ Μ/Σ τύπου μανδύα;
6. Πώς κατασκευάζεται ο πυρήνας 3~ Μ/Σ και πού τοποθετούνται τα τυλίγματα;
7. Πώς συμβολίζονται οι ακροδέκτες των τυλιγμάτων των 1~ Μ/Σ;
8. Ποιες οι τυπικές τάσεις λειτουργίας του δευτερεύοντος 1~ Μ/Σ, που συνδέονται στο δίκτυο της Δ.Ε.Η. (220V); ...(π.χ. 40V για τους Μ/Σ φωτιστικών κήπων)...
9. Πώς συνδέονται στην πράξη τα τυλίγματα (3 φάσεις) Υ.Τ. και Χ.Τ., των 3~ Μ/Σ;
10. Πώς συμβολίζονται οι ακροδέκτες (των ελεύθερων άκρων των φάσεων) στους 3~ Μ/Σ, υποβιβασμού τάσης;
11. Σε 3~ Μ/Σ **Dy** σημειώνεται η ένδειξη 15kV/380-220V.
Τι σημαίνει αυτό;
12. Γιατί με την αύξηση της ισχύος αυξάνει και το βάρος ενός Μ/Σ;
13. Πώς υπολογίζεται η πραγματική ισχύς που απορροφά το πρωτεύον τύλιγμα
 - α. μονοφασικού και
 - β. τριφασικού Μ/Σ;
14. Πώς υπολογίζεται η πραγματική ισχύς που δίνει ένας
 - α. μονοφασικός και
 - β. τριφασικός Μ/Σ;
15. Τι είναι ο Μ/Σ 1:1 και που χρησιμοποιείται;
16. Τι ονομάζουμε Μ/Σ ηλ. έλξης; Τι είδους Μ/Σ είναι;
17. Ποιοι Μ/Σ χρησιμοποιούνται κυρίως στην ηλ. έλξη;
18. Τι είναι ο πολλαπλασιαστής; Είναι Μ/Σ; (ναι ή όχι και γιατί);

 **Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση**

19. Ο πυρήνας και τα τυλίγματα ενός Μ/Σ αποτελούν:
 - α. το ενεργό μέρος του Μ/Σ.
 - β. το πρωτεύον τύλιγμα.
 - γ. το δευτερεύον τύλιγμα.
 - δ. ολόκληρο το σύστημα.

Ι. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)

20. Δευτερεύον τύλιγμα ενός Μ/Σ λέμε το τύλιγμα από το οποίο παίρνουμε:
α. τη χαμηλή τάση (Χ.Τ). γ. τη μετασχηματισμένη τάση.
β. την υψηλή τάση (Υ.Τ). δ. την τάση του δικτύου ηλεκτροδότησης.
21. Τα τυλίγματα (Χ.Τ. και Υ.Τ.) τοποθετούνται πάντοτε:
α. στα ζυγώματα του πυρήνα. γ. σε ειδικά καλούπια.
β. στους κορμούς του πυρήνα. δ. σε πολλές στρώσεις.
22. Το τύλιγμα Υ.Τ. των Μ/Σ τοποθετείται πάνω από το τύλιγμα Χ.Τ. και αποτελείται από αγωγούς με:
α. λίγες σπείρες μεγάλης σχετικά διατομής.
β. πολλές σπείρες μικρής σχετικά διατομής.
γ. λίγες σπείρες μικρής διατομής.
δ. πολλές σπείρες μεγάλης διατομής.
23. Ο ακροδέκτης 1~ Μ/Σ που αναφέρεται σε μεσαία λήψη παριστάνεται με:
α. το σύμβολο n γ. το σύμβολο x_0 .
β. το σύμβολο n_p δ. όλους τους παραπάνω τρόπους.
24. Τα τυλίγματα (Χ.Τ. και Υ.Τ.) των 3~ Μ/Σ συνδέονται εσωτερικά μεταξύ τους σε αστέρα ή σε τρίγωνο και τα ελεύθερα άκρα τους καταλήγουν:
α. στα φορτία του Μ/Σ. γ. στην πινακίδα του Μ/Σ.
β. στο δοχείο του Μ/Σ. δ. στους καταναλωτές.
25. Ο 3~ Μ/Σ υποβιβασμού, στον οποίο οι 3 φάσεις της Χ.Τ. συνδέονται σε τρίγωνο και οι αντίστοιχες της Υ.Τ. σε αστέρα, λέμε ότι έχει ζεύξη:
α. Yd. γ. Yz.
β. Dy. δ. Dz.
26. Ηλεκτρική έλξη ονομάζουμε γενικά την κίνηση οχημάτων με:
α. Μ/Σ έλξης. γ. ηλεκτρικό ρεύμα.
β. πολλαπλασιαστή. δ. διπλό διαφορικό.
27. Ο πολλαπλασιαστής λειτουργεί γενικά σαν ένας μονοφασικός (1~) Μ/Σ:
α. υποβιβασμού τάσης. γ. ανύψωσης ρεύματος.
β. ανύψωσης τάσης. δ. ηλεκτρικής έλξης.
28. Οι Μ/Σ ηλεκτρικής έλξης συνοδεύονται πάντα από έναν ειδικό:
α. ανορθωτή υδραργύρου. γ. μηχανισμό επαφών.
β. μηχανισμό διαφορικού. δ. μηχανισμό κεραίας.

Ενότητα 1.3.

Αυτομετασχηματιστές, Μ/Σ οργάνων

Διδακτικοί στόχοι

➡ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής, θα πρέπει να μπορείτε:

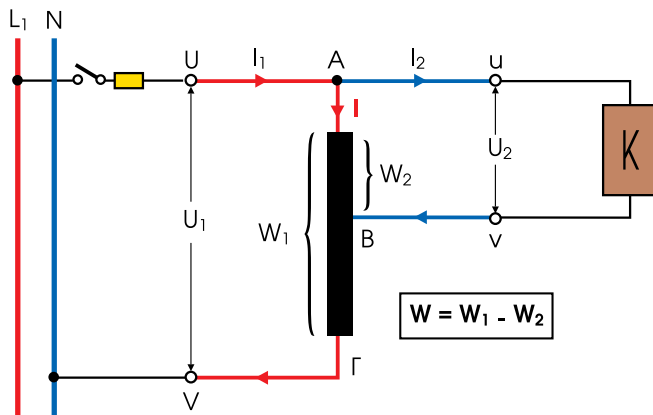
1. Να αναφέρετε τις διαφορές Μ/Σ - αυτομετασχηματιστών.
2. Να διατυπώνετε τις σχέσεις ισχύος Μ/Σ - αυτομετασχηματιστών.
3. Να περιγράφετε τον τρόπο σύνδεσης των αυτομετασχηματιστών.
4. Να εντοπίζετε το εύρος ρύθμισης της τάσης των αυτομετασχηματιστών.
5. Να αναφέρετε πότε χρησιμοποιούνται Μ/Σ Οργάνων για τη μέτρηση ηλεκτρικών μεγεθών.
6. Να αναγνωρίζετε τους Μ/Σ οργάνων στους ηλεκτρικούς πίνακες.

1.3.1. Αυτομετασχηματιστές (ΑΜ/Σ)

ΑΜ/Σ ονομάζονται οι Μ/Σ που έχουν ένα μόνο τύλιγμα, π.χ. το πρωτεύον, ένα μέρος απ' το οποίο αποτελεί το δευτερεύον.

Οι ΑΜ/Σ, όπως και οι γνωστοί Μ/Σ με δύο τυλίγματα, μπορεί να είναι Μ/Σ ανύψωσης ή Μ/Σ υποβιβασμού της τάσης.

Στους μονοφασικούς ΑΜ/Σ υποβιβασμού οι ακροδέκτες **u** και **v** της Χ.Τ. είναι συνδεδεμένοι με το ένα άκρο **A** (**U**) του τυλίγματος και με μια λήψη του **B**, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1.17α. Άρα **στους ΑΜ/Σ ένα τμήμα του τυλίγματος** -εδώ το ΑΒ- ανήκει και στο πρωτεύον και στο δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ, δηλ. **είναι κοινό**.



Σχ. 1.17α: 1 ~ ΑΜ/Σ υποβιβασμού.

1. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)

Η **βασική διαφορά** ανάμεσα στο μονοφασικό Μ/Σ, με δύο τυλίγματα, και στον αντίστοιχο ΑΜ/Σ είναι ότι στον ΑΜ/Σ δεν υπάρχει ηλεκτρική μόνωση μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος. Κατά τ' άλλα οι σχέσεις που είδαμε στους μονοφασικούς Μ/Σ ισχύουν και για τους μονοφασικούς ΑΜ/Σ, δηλ. ισχύουν, κατά προσέγγιση, οι σχέσεις:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2} = K \quad \text{ή} \quad U_2 = \frac{U_1}{K} \quad \text{και} \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{I_2}{I_1} = K \quad \text{ή} \quad I_2 = K \cdot I_1$$

όπου: U_1, I_1 και W_1 είναι τα γνωστά μεγέθη του πρωτεύοντος του Μ/Σ

και U_2, I_2 και W_2 τα αντίστοιχα του δευτερεύοντος.

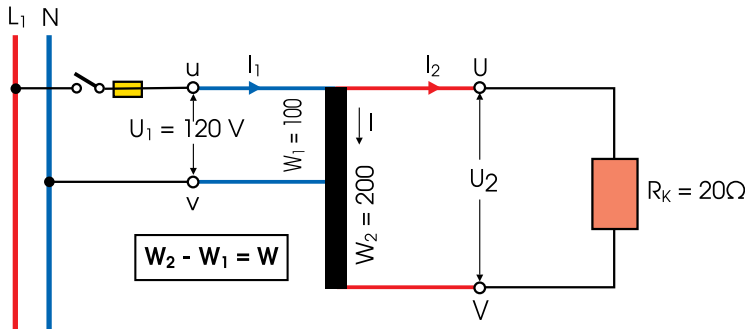
Το κοινό τμήμα του τυλίγματος (ΑΒ) διαρρέεται από ένταση ρεύματος I , ίση με τη διαφορά των δύο εντάσεων I_1 και I_2 , δηλ. είναι:

$$I = I_1 - I_2 \quad (1.11)$$

Παράδειγμα

Σ' ένα 1~ ΑΜ/Σ, που τροφοδοτείται με τάση $U_1=120\text{V}$, οι σπείρες που ανήκουν στο πρωτεύον είναι $W_1=100$, ενώ όλο το τύλιγμα έχει $W_2=200$ σπείρες. Αν στο δευτερεύον του Μ/Σ είναι συνδεδεμένος ένας καταναλωτής με ωμική αντίσταση $R=20\Omega$, να υπολογισθούν:

- η ένταση που απορροφά ο ΑΜ/Σ απ' το δίκτυο (I_1) και
- η ένταση στο κοινό τμήμα του τυλίγματός του (I).



Σχ. 1.17β: 1~ ΑΜ/Σ ανύψωσης τάσης.

Λύση

Στον ΑΜ/Σ αυτό (σχ. 1.17β) δευτερεύον είναι το τύλιγμα Υ.Τ., δηλ. είναι Μ/Σ ανύψωσης της τάσης.

Από τις σχέσεις που δώσαμε παραπάνω έχουμε:

$$K = \frac{W_1}{W_2} = \frac{100}{200} = \frac{1}{2} \quad \text{άρα} \quad U_2 = \frac{U_1}{K} = \frac{120}{\frac{1}{2}} = 240\text{V}$$

$$\text{Για } U_2=240\text{V} \text{ και } R_k=20\Omega, \text{ είναι: } I_2 = \frac{U_2}{R_k} = \frac{240\text{V}}{20\Omega} = 12\text{A}$$

$$\text{Επομένως: } I_1 = \frac{I_2}{K} = \frac{12}{\frac{1}{2}} = 24\text{A} \quad \text{και άρα: } I = I_1 - I_2 = 24 - 12 = 12\text{A}$$

Από το παράδειγμα διαπιστώνουμε ότι **από το κοινό τμήμα του τυλίγματος του AM/Σ περνά μειωμένη ένταση ρεύματος**. Για το λόγο αυτό κατασκευάζεται με αγωγό μικρότερης διατομής.

Άρα οι AM/Σ, σε σχέση με τους γνωστούς Μ/Σ, έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής, λόγω του ενός τυλίγματος, αλλά και του μικρότερου βάρους των αγωγών και επομένως και λιγότερες απώλειες, δηλ. πολύ καλύτερο βαθμό απόδοσης (που πλησιάζει το 100%).

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του AM/Σ είναι ότι **αποδίδει πολύ μεγαλύτερη φαινομένη ισχύ** (φαινομένη ισχύς εξόδου), από αυτή του αντίστοιχου κανονικού Μ/Σ, για την ίδια φαινομένη ισχύ πρωτεύοντος.

Αποδεικνύεται ότι:

- ο AM/Σ υποβιβασμού μπορεί να μας δώσει φαινομένη ισχύ:

$$P_{S_2} = \frac{W_1}{W} \cdot P_{S_2'} \quad (1.12)$$

- ο AM/Σ ανύψωσης αποδίδει φαινομένη ισχύ εξόδου ίση με:

$$P_{S_2} = \frac{W_2}{W} \cdot P_{S_2'} \quad (1.13)$$

όπου P_{S_2}' είναι η φαινομένη ισχύς εξόδου που θα μας έδινε ένας συμβατικός Μ/Σ με δύο ξεχωριστά τυλίγματα και τον ίδιο αριθμό σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος (W_1 και W_2) και W η διαφορά σπειρών των τυλιγμάτων.

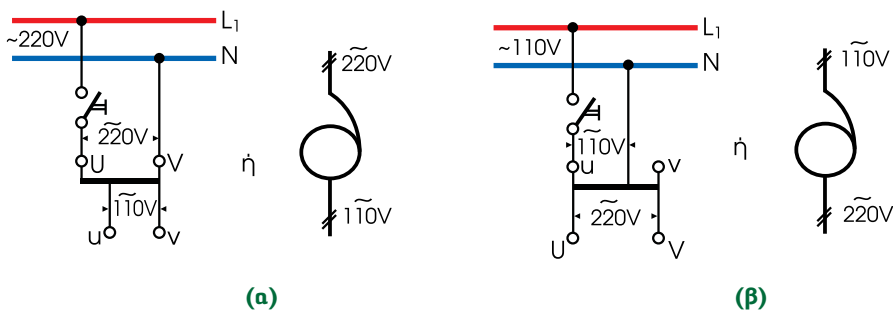
Έτσι, π.χ. ο AM/Σ του σχήματος 1.17β μπορεί να αποδώσει φαινομένη ισχύ:

$$P_{S_2} = \frac{W_2}{W} \cdot P_{S_2'} = \frac{200}{(200-100)} \cdot P_{S_2'} = \frac{200}{100} \cdot P_{S_2'} = 2 \cdot P_{S_2}'$$

δηλ. 2 φορές μεγαλύτερη από αυτή ενός κανονικού Μ/Σ με τις ίδιες σπείρες.

Το βασικό μειονέκτημα των AM/Σ είναι ότι δεν υπάρχει ηλεκτρική μόνωση μεταξύ της Χ.Τ. και της Υ.Τ. Οι AM/Σ χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και κατασκευάζονται για σχέσεις μεταφοράς που πλησιάζουν τη μονάδα (π.χ. 1/2).

Στο παρακάτω σχήμα 1.18 φαίνονται τα σύμβολα (σε πολυγραμμική και μονογραμμική σχεδίαση) 1~AM/Σ υποβιβασμού και ανύψωσης τάσης.



Σχ. 1.18: Συμβολισμοί 1~AM/Σ υποβιβασμού (α) και ανύψωσης τάσης (β).

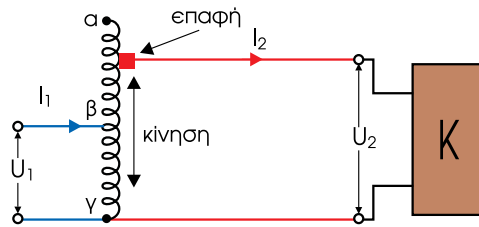
Ι. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Μ/Σ)

Στην πράξη κατασκευάζονται **ΑΜ/Σ με δυνατότητα μεταβολής της τάσης του δευτερεύοντος τυλίγματος σε πολύ μεγάλα όρια** (π.χ. από 0 ως 250V), που λέγονται Μ/Σ ρύθμισης ή «**ρυθμιζόμενοι ΑΜ/Σ**». Σ' αυτούς η μεταβολή της τάσης γίνεται με τη μετακίνηση μιας επαφής πάνω στο τύλιγμα (σχ. 1.19β).

Η επαφή αυτή είναι περίπου όπως και η **ψήκτρα** μιας ηλεκτρικής μηχανής και κατασκευάζεται από άνθρακα.



(α)



(β)

Σχ. 1.19: Πραγματική μορφή (α) και συνδεσμολογία (β) ρυθμιζόμενου ΑΜ/Σ.

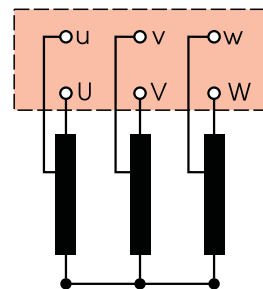
Όταν η επαφή βρίσκεται στο **σημείο α**, η τάση U_2 είναι **ίση με το μηδέν**. Καθώς όμως μετατοπίζεται προς τα πάνω, η U_2 αυξάνει σταδιακά. Όταν η **επαφή** βρίσκεται **μεταξύ του β και γ**, ο Μ/Σ λειτουργεί σαν **Μ/Σ ανύψωσης** της τάσης, ενώ όταν βρίσκεται **μεταξύ του β και α**, λειτουργεί σαν **Μ/Σ υποβιβασμού**.

Στο σχήμα 1.20 φαίνεται η πραγματική μορφή και ο συμβολισμός τριφασικού ΑΜ/Σ, στον οποίο υπάρχει μόνο ένα τύλιγμα ανά φάση.

Οι τριφασικοί ΑΜ/Σ χρησιμοποιούνται στη διανομή Η.Ε. (σχ. 1.20α), αλλά και για Χ.Τ., όπως π.χ. στην **εκκίνηση 3~ κινητήρων**.



(α) ΑΜ/Σ 10.000kVA, 15/20kV



(β) συμβολισμός 3~ ΑΜ/Σ

Σχ. 1.20: Τριφασικός (3~) ΑΜ/Σ διανομής (α) και συμβολισμός 3~ ΑΜ/Σ (β).

1.3.2. Μ/Σ οργάνων μέτρησης

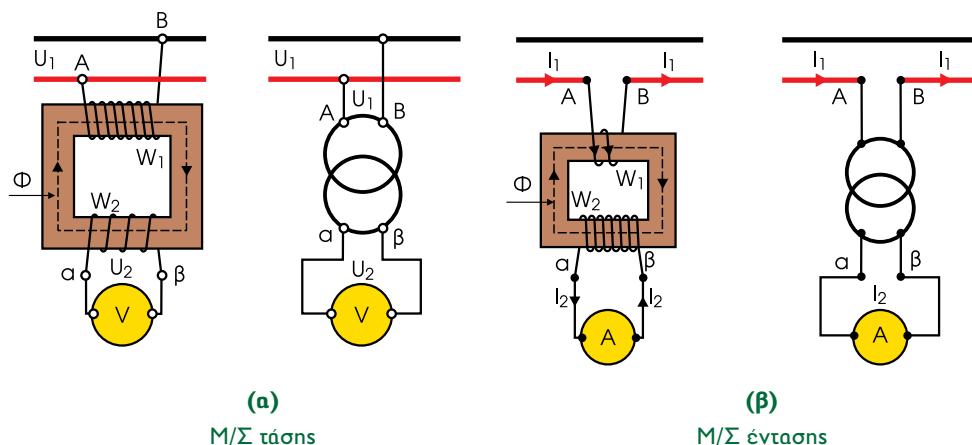
1) Γενικά

Μ/Σ οργάνων μέτρησης (ή Μ/Σ μετρήσεων) ονομάζουμε τους Μ/Σ που χρησιμεύουν για τη μέτρηση μεγάλων τάσεων ή εντάσεων ρεύματος, όπως π.χ. συμβαίνει στα δίκτυα υψηλής τάσης (Υ.Τ.) ή στα δίκτυα χαμηλής τάσης (Χ.Τ.), αλλά μεγάλης έντασης.

Για το σκοπό αυτό **παρεμβάλλονται μεταξύ των αγωγών των δικτύων και του οργάνου μέτρησης** (σχ. 1.21) και **υποβιβάζουν**, κατά τη σχέση μεταφοράς, **την τάση ή την ένταση** που θέλουμε να μετρήσουμε.

Ανάλογα με τον προορισμό τους, οι Μ/Σ οργάνων (σχ.1.21) διακρίνονται σε:

- Μ/Σ τάσης και
- Μ/Σ έντασης.



Σχ. 1.21: Διαγράμματα αρχής λειτουργίας και σύμβολα Μ/Σ οργάνων.

Έτσι π.χ., μ' ένα Μ/Σ τάσης που έχει σχέση μεταφοράς $K=W_1/W_2=100$ και ένα βολτόμετρο με κλίμακα τάσεων (U_2) μέχρι 300V, μπορούμε να μετρήσουμε τάσεις (U_1) μέχρι και 30.000V ($U_1=K \cdot U_2=100 \cdot 300=30.000V$).

Όμοια μ' έναν Μ/Σ έντασης που έχει σχέση μεταφοράς $K=50$ και ένα αμπερόμετρο με κλίμακα εντάσεων (I_2) μέχρι 10A μπορούμε να μετρήσουμε εντάσεις ρεύματος (I_1) μέχρι και 500A.

Οι **Μ/Σ οργάνων μέτρησης** είναι όμοιοι κατασκευαστικά με τους γνωστούς Μ/Σ ισχύος, δηλ. **αποτελούνται** κι αυτοί **από τον πυρήνα και τα τυλίγματα** (πρωτεύον και δευτερεύον). Η διαφορά τους, εκτός από τον ειδικό σκοπό τους, είναι ότι αυτοί κατασκευάζονται για πολύ **μικρότερες ισχύεις** (μερικές δεκάδες VA), όπως επίσης και το ότι, για λόγους προστασίας, **το ένα άκρο του δευτερεύοντος τυλίγματος γειώνεται**.

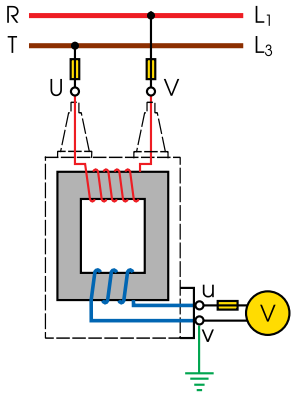
Με τους Μ/Σ μετρήσεων πετυχαίνουμε ταυτόχρονα:

- την **αύξηση της περιοχής μετρήσεως** των οργάνων,
- την **ηλεκτρική απομόνωσή τους** απ' τα κυκλώματα Υ.Τ. και
- την **εγκατάστασή τους σε θέσεις προσιτές και ακίνδυνες** για το χειριστή τους.

2) Μ/Σ τάσης

Σ' αυτούς το πρωτεύον τύλιγμα συνδέεται στους ζυγούς της Υ.Τ. που θέλουμε να μετρήσουμε και το δευτερεύον με το βολτόμετρο, ενώ ο ένας ακροδέκτης της Χ.Τ. για λόγους προστασίας γειώνεται (σχ. 1.22).

Οι Μ/Σ τάσης εργάζονται με πολύ μικρό φορτίο (σχεδόν στο κενό), γιατί δίνουν μόνο το αδύνατο ρεύμα, που χρειάζεται το βολτόμετρο, οπότε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος υπάρχει κίνδυνος καταστροφής τους από το μεγάλο ρεύμα που θα αναπτυχθεί. Για το λόγο αυτό στο δευτερεύον τοποθετούμε πάντοτε μια ασφάλεια. Ασφάλειες τοποθετούνται επίσης και στη σύνδεση του πρωτεύοντος με την Υ.Τ.



(α)



(β)

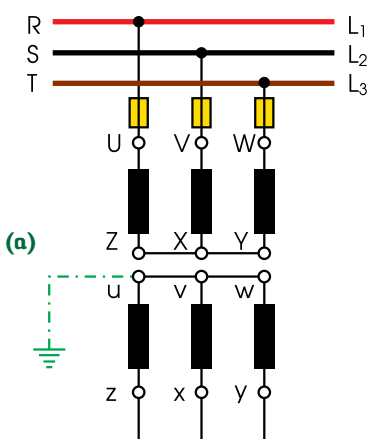
Σχ. 1.22: Συνδεσμολογία (α) και πραγματική μορφή Μ/Σ τάσης (β).

Η κλίμακα του βολτόμετρου, που συνδέεται με Μ/Σ τάσης, μπορεί να είναι βαθμολογημένη:

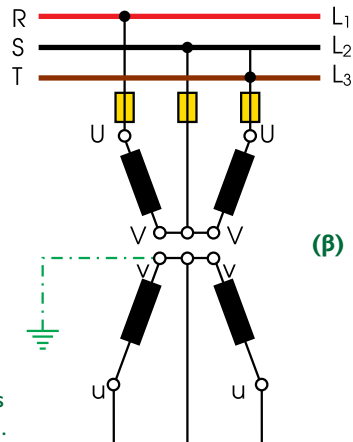
- είτε σαν Υ.Τ., οπότε η τάση διαβάζεται κατευθείαν,
- είτε σαν Χ.Τ., οπότε για να βρούμε τη μετρούμενη τάση πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την ένδειξη επί τη σχέση μεταφοράς. Δηλαδή είναι:

$$U_1 = K \cdot U_2 \tag{1.14}$$

➤ Για τη μέτρηση Υ.Τ. στα τριφασικά συστήματα χρησιμοποιούνται συνήθως τρεις 1~ Μ/Σ τάσης ή ένας 3~ με ζεύξη αστέρα (σχ. 1.23α), ενώ σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιείται και η ζεύξη V δύο 1~ Μ/Σ τάσης (σχ. 1.23β).



(α)



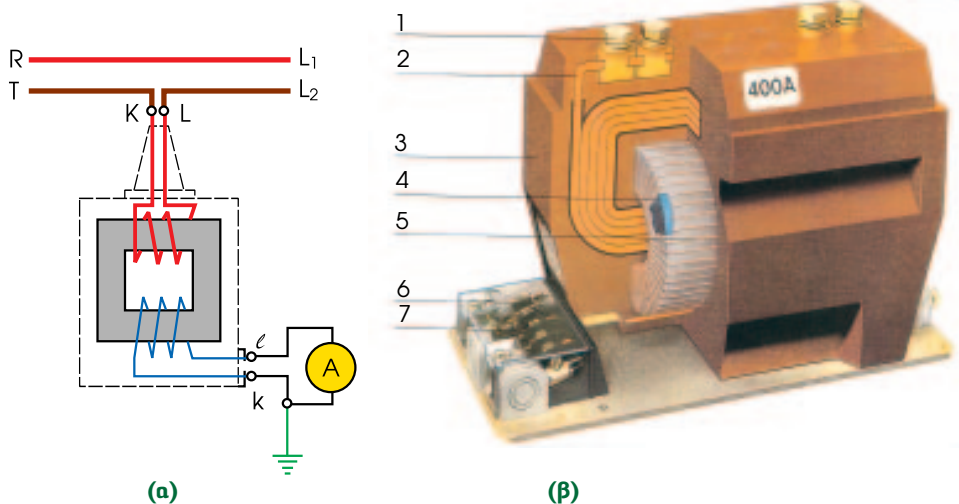
(β)

Σχ. 1.23: Ζεύξεις Μ/Σ τάσης για 3~ συστήματα.

3) Μ/Σ έντασης

Η συνδεσμολογία και η πραγματική μορφή Μ/Σ έντασης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 1.24.

Το πρωτεύον τύλιγμα, που αποτελείται από πολύ λίγες σπείρες και αγωγό μεγάλης διατομής, συνδέεται σε σειρά με το κύκλωμα, στο οποίο θέλουμε να μετρήσουμε την ένταση, ενώ το δευτερεύον συνδέεται σε σειρά με το αμπερόμετρο.



Σχ. 1.24: Συνδεσμολογία (α) και πραγματική μορφή Μ/Σ έντασης (β).

Στους Μ/Σ έντασης χρησιμοποιείται η γνωστή μας σχέση:

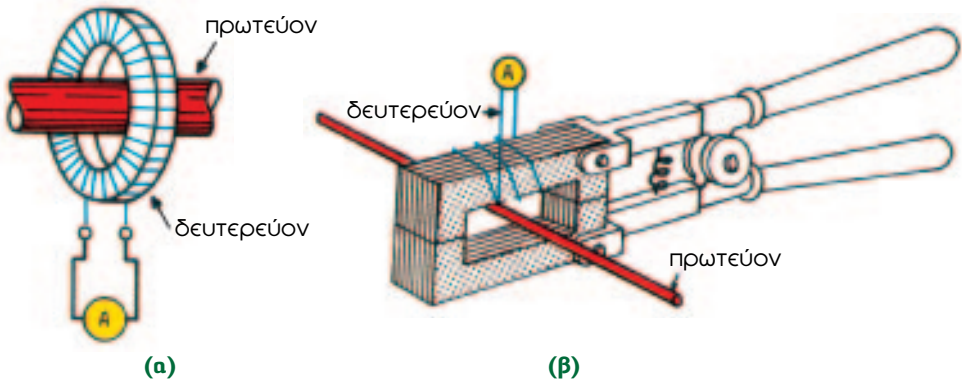
$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2} = K$$

Έτσι, για να βρούμε το μεγάλο ρεύμα μιας κατανάλωσης (ή δικτύου) πρέπει να πολλαπλασιάσουμε την ένδειξη του αμπερομέτρου επί τον αντίστροφο λόγο της σχέσης μεταφοράς του Μ/Σ, δηλ. επί $1/K$, γιατί:

$$I_1 = \frac{1}{K} \cdot I_2 \quad \text{ή} \quad I_1 = \frac{I_2}{K} \quad (1.15)$$

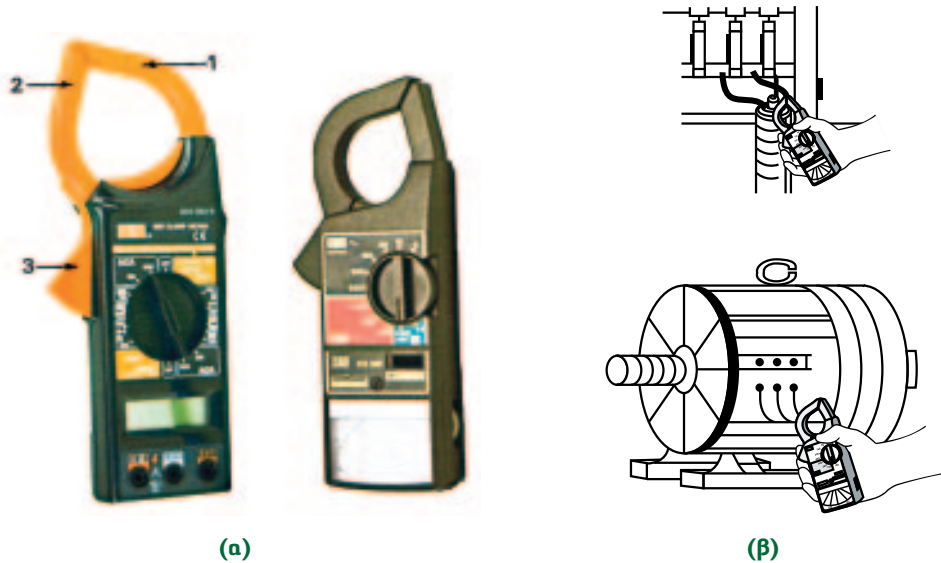
Το δευτερεύον των Μ/Σ έντασης κατασκευάζεται για ονομαστικό ρεύμα 0-5Α, ενώ η σχέση μεταφοράς και το ρεύμα πρωτεύοντος εξαρτώνται από τη μετρούμενη ένταση (I_1). Οι Μ/Σ έντασης, ανάλογα με την ένταση του ρεύματος που προορίζονται, κατασκευάζονται σε διάφορες μορφές και τύπους. Έτσι, π.χ. **οι Μ/Σ** που χρησιμοποιούνται **για πολύ μεγάλες εντάσεις, έχουν στο πρωτεύον τους ένα μόνο αγωγό**, απ' τον οποίο περνά όλο το ρεύμα που θέλουμε να μετρήσουμε, ενώ το δευτερεύον τους έχει μορφή δακτυλιδιού και πολλές σπείρες (σχ. 1.25α).

Σε άλλο τύπο Μ/Σ έντασης, **το μαγνητικό κύκλωμα αποτελείται από δύο μισά, που ανοίγουν όπως η τανάλια**, για να περάσει ο αγωγός, στον οποίο θέλουμε να μετρήσουμε την ένταση (σχ. 1.25β).



Σχ. 1.25: Μ/Σ έντασης για μεγάλες εντάσεις ρεύματος.

Εξέλιξη του Μ/Σ έντασης “τύπου τανάλιας” αποτελεί ένας ειδικός συνδυασμός Μ/Σ έντασης και αμπερόμετρου· η γνωστή μας **αμπερομετρική πένσα** (σχ. 1.26α), που είναι ένα φορητό όργανο πολύ εύχρηστο για τη μέτρηση εντάσεων χωρίς διακοπή του κυκλώματος (σχ. 1.26β).



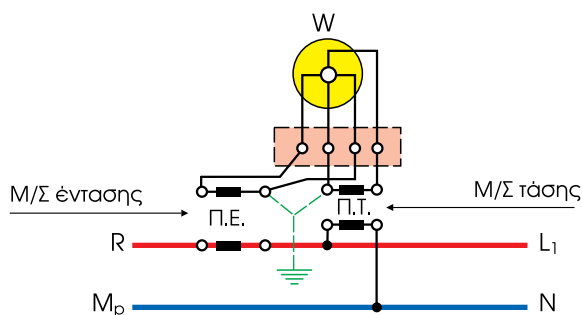
Σχ. 1.26: Αμπερομετρική πένσα (α) και χρήσεις της (β).

Ο **πυρήνας** της αμπερομετρικής πένσας (ή αμπεροταιμπίδας) **αποτελείται από δύο μέρη** (τοιμπίδες), απ’ τα οποία το δεύτερο (2) μπορεί να κινηθεί σε σχέση με το πρώτο (1). Όταν πιέζουμε το στέλεχος (3), το μέρος (2) απομακρύνεται από το (1), οπότε μπορούμε να περάσουμε τον αγωγό στο εσωτερικό του πυρήνα της. **Το ρεύμα του αγωγού που αποτελεί το πρωτεύον του Μ/Σ, διαβάζεται κατευθείαν** από το αμπερόμετρο που συνδέεται στο δευτερεύον του.

ΠΡΟΣΟΧΗ!

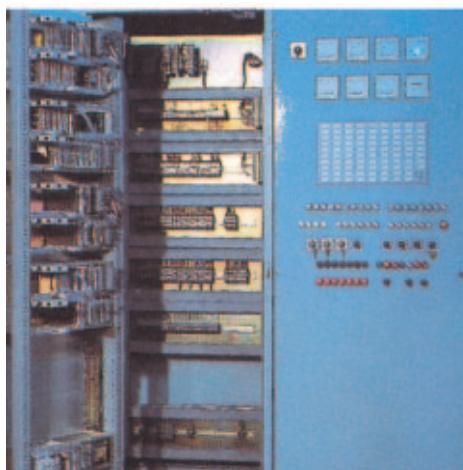
Όποιος κι αν είναι ο τύπος του Μ/Σ έντασης, όταν τροφοδοτείται το πρωτεύον τύλιγμά του, **το δευτερεύον του δεν πρέπει ποτέ να μένει ανοικτό**, δηλ. χωρίς το αμπερόμετρο, γιατί η διακοπή του δευτερεύοντος προκαλεί πολύ μεγάλη τάση και άρα υπάρχει κίνδυνος και για τον Μ/Σ και γι' αυτόν που χειρίζεται το όργανο. (Αν θέλουμε, από Μ/Σ έντασης που λειτουργεί, να αφαιρέσουμε το αμπερόμετρο, θα πρέπει πρώτα να βραχυκυκλώσουμε το δευτερεύον του).

☞ Σημειώνουμε τέλος, ότι στο δευτερεύον των Μ/Σ οργάνων, εκτός από το βολτόμετρο ή το αμπερόμετρο, μπορούν να συνδεθούν και άλλα όργανα, όπως π.χ. ένα βατόμετρο (σχ. 1.27α). Στις εγκαταστάσεις μεγάλων ρευμάτων και Υ.Τ., οι Μ/Σ αυτοί τοποθετούνται στους ηλεκτρικούς πίνακες (σχ. 1.27β).



Σχ. 1.27α

Σύνδεση Π.Τ. και Π.Ε. βατομέτρου σε κύκλωμα με αντίστοιχους Μ/Σ.



Σχ. 1.27β

Πίνακας αυτοματισμού με Μ/Σ οργάνων για τον Υ.Η.Σ. “ΣΤΡΑΤΟΣ” της Δ.Ε.Η.

I.3.3. Ερωτήσεις

1. Τι ονομάζουμε ΑΜ/Σ; (Σχεδιάστε έναν 1~ ΑΜ/Σ υποβιβασμού τάσης).
2. Ποιές διαφορές έχει ένας ΑΜ/Σ από έναν Μ/Σ;
3. Για ποιες σχέσεις μεταφοράς κατασκευάζονται οι ΑΜ/Σ;
4. Πώς συνδέονται οι ΑΜ/Σ και ποια η τάση λειτουργίας τους;
5. Πώς προσδιορίζεται το εύρος ρύθμισης της τάσης ΑΜ/Σ;
6. Για τις ίδιες διαστάσεις, ποιος Μ/Σ έχει μεγαλύτερη ισχύ* ο ΑΜ/Σ ή ο απλός Μ/Σ και γιατί;
7. Τι ονομάζουμε Μ/Σ μετρήσεων και ποιος ο σκοπός τους;
8. Ποιά η διαφορά των Μ/Σ μετρήσεων απ' τους Μ/Σ ισχύος;
9. Πότε χρησιμοποιούνται Μ/Σ για τη μέτρηση ηλ. μεγεθών και τι πετυχαίνουμε μ' αυτούς;
10. Πώς συνδέεται ένας Μ/Σ τάσης;
11. Πώς συνδέεται ένας Μ/Σ έντασης;
Γιατί το δευτερεύον του δεν πρέπει να μένει ποτέ ανοικτό;
12. Ποιά άλλα όργανα μπορούν να συνδεθούν στο δευτερεύον των Μ/Σ μετρήσεων;
13. Στο σχήμα 1.24α, το αμπερόμετρο δείχνει ένταση ρεύματος 4,2Α. Αν ο Μ/Σ έχει σχέση μεταφοράς $K=1/50$, πόση ένταση ρεύματος περνά απ' το δίκτυο, δηλ. το πρωτεύον του Μ/Σ; **(ΑΠ. $I_1=20A$)**
14. Στο σχήμα 1.22α ο Μ/Σ έχει σχέση μεταφοράς $K=96$ και το βολτόμετρο δείχνει 69V. Τι τάση επικρατεί στους ζυγούς R-T; **(ΑΠ. $U_1=6624V$)**

➡ Βάλτε σε κύκλο το χράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

15. Οι 3~ ΑΜ/Σ λειτουργούν όπως και οι αντίστοιχοι Μ/Σ και έχουν συνολικά:
 - α. ένα τυλίγμα.
 - β. δύο τυλίγματα.
 - γ. τρία τυλίγματα.
 - δ. έξι τυλίγματα.
16. Στον Μ/Σ τάσης το πρωτεύον τυλίγμα συνδέεται με:
 - α. το βολτόμετρο.
 - β. το δίκτυο Χ.Τ.
 - γ. το δίκτυο Υ.Τ.
 - δ. τη γη.

17. Ο Μ/Σ έντασης (ρεύματος) πρέπει να διατηρείται συνεχώς:
- α. σε λειτουργία.
 - β. βραχυκυκλωμένος.
 - γ. στο κύκλωμα.
 - δ. εκτός κυκλώματος.

 Αντιστοιχείστε τους αριθμούς του σχήματος 1.24β με τα παρακάτω τμήματα του Μ/Σ έντασης:

- Α) πυρήνας Μ/Σ.
- Β) πρωτεύον τύλιγμα.
- Γ) δευτερεύον τύλιγμα.
- Δ) εξωτερικό περίβλημα.
- Ε) ακροδέκτες δευτερεύοντες.
- ... ΣΤ) βίδες για σύνδεση δευτερεύοντος.
- Ζ) διπλοί ακροδέκτες για σύνδεση με καλώδιο.

Ενότητα Ι.4.

Μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών Μ/Σ, Βλάβες, Επισκευή Μ/Σ

Διδακτικοί στόχοι

➔ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής, θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να αναφέρετε τους τρόπους μέτρησης των ηλεκτρικών μεγεθών Μ/Σ και τους τρόπους σύνδεσης των οργάνων μέτρησης.
2. Να αναγνωρίζετε συμπτώματα κακής λειτουργίας Μ/Σ.
3. Να επιδιορθώνετε απλές βλάβες Μ/Σ.
4. Να συμπληρώνετε τα απαραίτητα έντυπα όταν αποστέλλετε Μ/Σ για επισκευή.

Ι.4.Ι. Δοκιμές και μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών Μ/Σ



1) Γενικά

Για τις διάφορες **δοκιμές** και **μετρήσεις** των **ηλεκτρικών μεγεθών Μ/Σ**, αλλά και της μηχανικής τους αντοχής, σε κάθε εργοστάσιο κατασκευής υπάρχει κατάλληλο **δοκιμαστήριο** (σχ. 1.28), με το οποίο μπορούν να γίνουν:

- μέτρηση των τάσεων των τυλιγμάτων,
- μέτρηση της αντίστασης των τυλιγμάτων,
- μέτρηση σχέσης μεταφοράς, έλεγχος πολικότητας και φασικής απόκλισης,
- μέτρηση της τάσης βραχυκύκλωσης,
- μέτρηση των απωλειών (με φορτίο και χωρίς φορτίο),
- μέτρηση ακουστικού θορύβου, δοκιμή ραδιοφωνικών παρεμβολών κ.α.

Παρακάτω θα δούμε δοκιμές και μετρήσεις που μπορούν να γίνουν εύκολα στο σχολικό εργαστήριο.

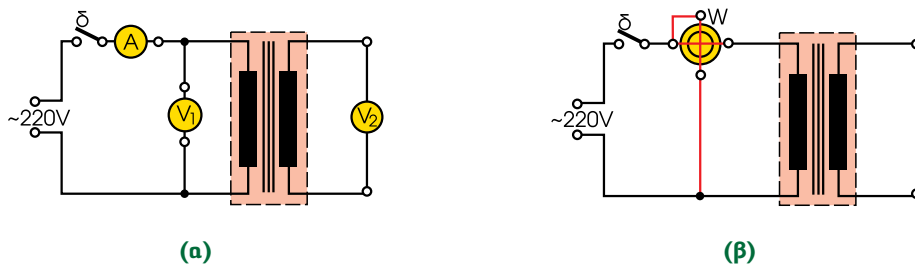
Οι δοκιμές αναφέρονται σε μικρούς 1~ Μ/Σ, μπορούν όμως να πραγματοποιηθούν και σε 3~ Μ/Σ, **αρκεί να εργαζόμαστε ανά φάση.**



Σχ. 1.28: Δοκιμαστήριο Μ/Σ.

2) Δοκιμή (πείραμα) λειτουργίας Μ/Σ χωρίς φορτίο

α. Αναγνωρίζουμε με ένα ωμόμετρο τα άκρα των τυλιγμάτων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος και στη συνέχεια πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του Μ/Σ, με τα όργανα ελέγχου, όπως δείχνει το σχήμα 1.29.



Σχ. 1.29: Δοκιμή λειτουργίας Μ/Σ χωρίς φορτίο.

β. Τροφοδοτούμε το πρωτεύον τύλιγμα του Μ/Σ με την τάση του ηλεκτρικού δικτύου (π.χ. με 220V) και στη συνέχεια σημειώνουμε τις ενδείξεις των οργάνων (A), (V₁) και (V₂).

Το αμπερόμετρο (A) δείχνει το ηλ. ρεύμα λειτουργίας του Μ/Σ χωρίς φορτίο (ή όπως αλλιώς λέμε στο κενό), ενώ τα βολτόμετρα (V₁) και (V₂) τις τάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος χωρίς φορτίο.

Από τη δοκιμή αυτή μπορούμε να υπολογίσουμε και τη σχέση μεταφοράς του Μ/Σ ($K=U_1/U_2$) προσεγγιστικά.

Παράδειγμα

Τα όργανα (V₁) και (V₂) δείχνουν 220V και 44V αντίστοιχα.

Άρα, η σχέση μεταφοράς του Μ/Σ είναι:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{200V}{44V} \Rightarrow K = 5$$

Σημείωση

Συνδέοντας στο πρωτεύον τύλιγμα του Μ/Σ και ένα βατόμετρο (σχ. 1.29β), μπορούμε να μετρήσουμε την ισχύ που απορροφά ο Μ/Σ απ' το δίκτυο, στη λειτουργία του χωρίς φορτίο, δηλ. κατά προσέγγιση την **ισχύ των μαγνητικών απωλειών του (P_μ)**.

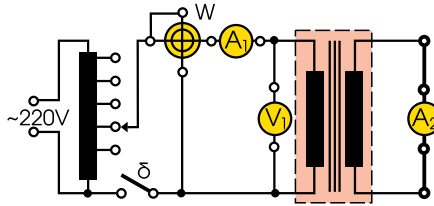
3) Δοκιμή (πείραμα) βραχυκύκλωσης Μ/Σ

Πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος 1.30 και τροφοδοτούμε τον Μ/Σ με ηλ. ρεύμα ρυθμιζόμενης τάσης μέχρι τα αμπερόμετρα (A₁) και (A₂) να μας δείξουν τις κανονικές (ονομαστικές) εντάσεις ρεύματος I₁ και I₂ (του πρωτεύοντος και του βραχυκυκλωμένου δευτερεύοντος).

Το βολτόμετρο (V₁) δείχνει στην περίπτωση αυτή την τάση βραχυκύκλωσης U_{1κ} του Μ/Σ.

🔍 Έστω, π.χ. ότι το βολτόμετρο δείχνει τάση $U_{1K}=11V$, ενώ η κανονική τάση του πρωτεύοντος είναι $U_1=220V$. Τότε:

$$u_k \% = \frac{U_{1K}}{U_{1N}} \cdot 100 = \frac{11 \cdot 100}{220} = 5$$



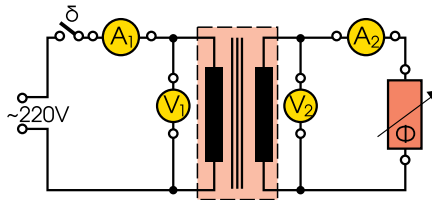
Σχ. I.30: Δοκιμή βραχυκύκλωσης Μ/Σ.

Παρατήρηση

Τη στιγμή που το βολτόμετρο (V_1) δείχνει την τάση βραχυκύκλωσης, το βατόμετρο (W) δείχνει τις **ηλεκτρικές απώλειες του Μ/Σ (P_η)**.

4) Λειτουργία Μ/Σ με φορτίο

Πραγματοποιούμε τη συνδεσμολογία του σχήματος 1.31, συνδέοντας στο δευτερεύον του Μ/Σ μεταβλητό ηλεκτρικό φορτίο.



Σχ. I.31: Λειτουργία Μ/Σ με φορτίο.

Για κάθε φορτίο (ωμικό ή επαγωγικό), **τα όργανα (A_1) και (V_1) δείχνουν** την τάση και την ένταση του πρωτεύοντος, δηλ. **τις U_1 και I_1** , ενώ **τα όργανα (A_2) και (V_2)** την τάση και ένταση του δευτερεύοντος, δηλ. **τις U_2 και I_2** .

Από τις τιμές U_1 και I_1 (χρησιμοποιώντας το νόμο του Ohm για το Ε.Ρ.) υπολογίζουμε τη **σύνθετη** (ή φαινομένη) **αντίσταση** του πρωτεύοντος (Z_1), ενώ από τις τιμές U_2 και I_2 τη **σύνθετη αντίσταση** του δευτερεύοντος του Μ/Σ (Z_2).

Οι σύνθετες αντιστάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος λέγονται και αντιστάσεις **εισόδου** και **εξόδου** του Μ/Σ αντίστοιχα και δίνονται από τις σχέσεις:

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} \tag{1.16}$$

$$\text{και } Z_2 = \frac{U_2}{I_2} \tag{1.17}$$

Παίρνοντας διάφορες τιμές των οργάνων, για διαφορετικό φορτίο, διαπιστώνουμε και πειραματικά ότι:

$$Z_1 = K^2 \cdot Z_2 \tag{1.18}$$

Πραγματικά, όταν ο Μ/Σ έχει αμελητέες απώλειες, έχουμε:

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{K \cdot U_2}{I_2/K} = \frac{K \cdot K \cdot U_2}{I_2} \quad \text{ή} \quad Z_1 = K^2 \cdot Z_2$$

Παράδειγμα

Στον Μ/Σ του σχήματος 1.31, σε κάποια χρονική στιγμή, προλάβουμε και σημειώσαμε τις ενδείξεις των οργάνων (A_1), (A_2) και (V_2), δηλ. μετρήσαμε την τάση του πρωτεύοντος τυλίγματος (U_1), το ρεύμα του δευτερεύοντος (I_2) και την τάση του δευτερεύοντος (U_2). Έστω, ότι ήταν $U_1=220V$, $I_2=2A$ και $U_2=22V$. Ποιά σύνθετη αντίσταση παρουσιάζει τότε ο Μ/Σ στο δίκτυο τροφοδότησης, αν θεωρηθούν αμελητέες οι απώλειές του;

Λύση

Η σύνθετη αντίσταση που παρουσιάζει ο Μ/Σ στο δίκτυο είναι η αντίσταση του πρωτεύοντος, δηλ. είναι ίση με:

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1}$$

Επειδή, όμως, δεν γνωρίζουμε την ένταση ρεύματος του πρωτεύοντος θα χρησιμοποιούμε τις σχέσεις 1.17 και 1.18.

$$\text{Είναι: } Z_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{22V}{2A} = 11\Omega \quad \text{και} \quad K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220V}{22V} \Rightarrow K = 10$$

$$\text{Άρα: } Z_1 = K^2 \cdot Z_2 = 10^2 \cdot 11 = 1.100\Omega.$$

👉 Αναφέρουμε τέλος ότι, αν στη συνδεσμολογία του σχήματος 1.31, συνδέσουμε και **δύο βαττόμετρα**, (ένα στο πρωτεύον και ένα στο δευτερεύον), μπορούμε να μετρήσουμε τις **ισχύεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος** του Μ/Σ (P_1 και P_2 αντίστοιχα).

Έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε και το βαθμό απόδοσης του Μ/Σ, γιατί:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{απ}}} = \frac{P_2}{P_2 + P_{\mu} + P_{\eta}} = \frac{P_2}{P_1} \quad (1.19)$$

1.4.2. Όργανα προστασίας - Οδηγίες συντήρησης, βλάβες και επισκευές Μ/Σ

1) Γενικά

Οι Μ/Σ δεν έχουν κινούμενα μέρη και έτσι οι φθορές και κατά συνέπεια και οι βλάβες που παρουσιάζουν είναι ελάχιστες. Ειδικά οι μικροί Μ/Σ δεν χρειάζονται καμιά συντήρηση και κανέναν ουσιαστικό έλεγχο.

Το ίδιο ισχύει γενικά και για τους μεγάλους Μ/Σ. Επειδή όμως αυτοί εργάζονται σε Υ.Τ. και μεγάλα ρεύματα τόσο το ενεργό τους μέρος, όσο και το μονωτικό λάδι θερμαίνονται. Αυτό ισχύει περισσότερο όταν ο Μ/Σ, έστω και για λίγο, **υπερφορτίζεται**, με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος καταστροφής των τυλιγμάτων του, των μονώσεων

των ακροδεκτών αλλά και ολόκληρου του Μ/Σ. Για το σκοπό αυτό στους μεγάλους Μ/Σ διανομής, εκτός από τους αυτόματους διακόπτες (Α.Δ.), χρησιμοποιούμε όργανα ελέγχου και προστασίας, όπως θερμομέτρο και ρελέ Μπούχολτς.

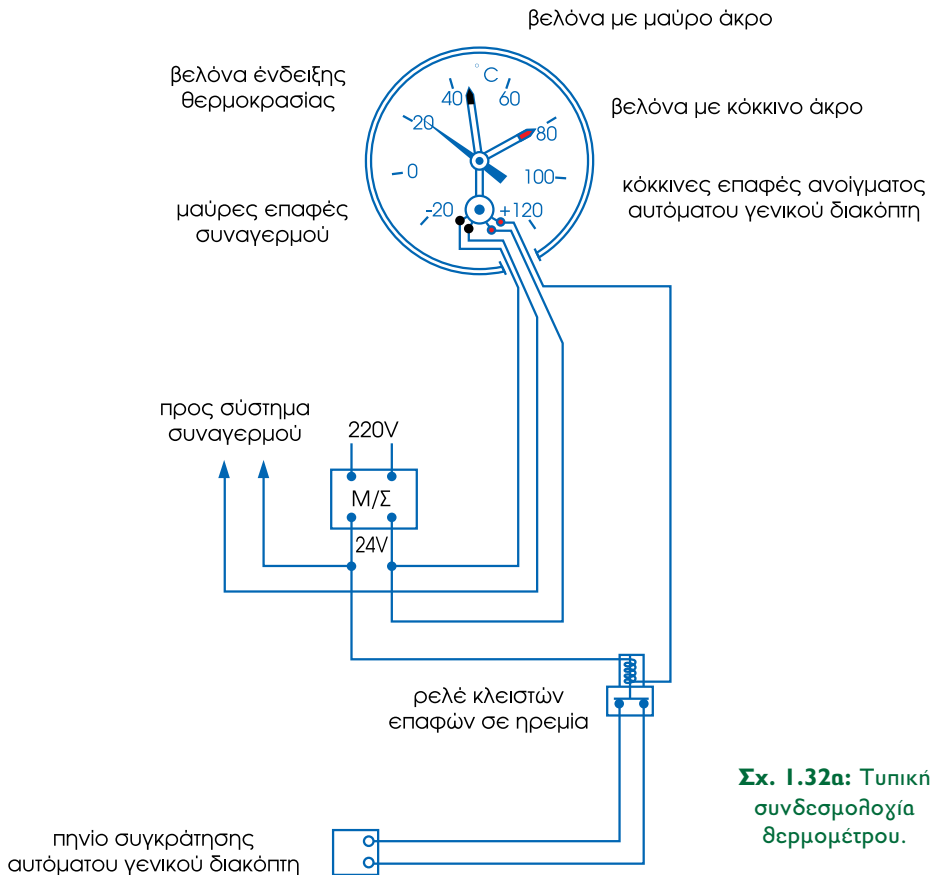
2) Όργανα ελέγχου και προστασίας

➔ Θερμόμετρο (σχ. 1.32α)

Το θερμομέτρο παρακολουθεί αυτόματα τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Για το σκοπό αυτό έχει τέσσερις (4) εσωτερικές επαφές (2 μαύρες-2 κόκκινες) έτσι, ώστε να μπορούμε να ορίσουμε, σε ποια θερμοκρασία θα δώσει το **σήμα συναγερμού** (π.χ. σειρήνα) και σε ποια θα διακόψει τη Χ.Τ. ο **Α.Δ.** του πίνακα.

Η κάτω κινητή βελόνα (με μαύρο άκρο) μπαίνει συνήθως στους 90°C, ώστε, όταν το λαδί φθάνει σ' αυτή τη θερμοκρασία, να χτυπήσει η σειρήνα του κυκλώματος που θα κλείσουν οι μαύρες επαφές (2 μαύρα βιδάκια).

Η πάνω βελόνα (με κόκκινο άκρο) μπαίνει στους 105°C, οπότε όταν η θερμοκρασία του λαδιού φθάσει σ' αυτή, θα κλείσει το κύκλωμα των δύο κόκκινων επαφών (κόκκινα βιδάκια) και θα ανοίξει ο Α.Δ. (στον πίνακα Χ.Τ.). Η σύνδεση των επαφών αυτών με τη σειρήνα και τον Α.Δ., γίνεται πάντοτε με **κατάλληλο ηλεκτρονόμο (ρελέ)** για να προστατεύεται το θερμομέτρο από μεγαλύτερα ρεύματα και τάσεις (μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα 0,5Α και τάση επαφών μέχρι 24V).

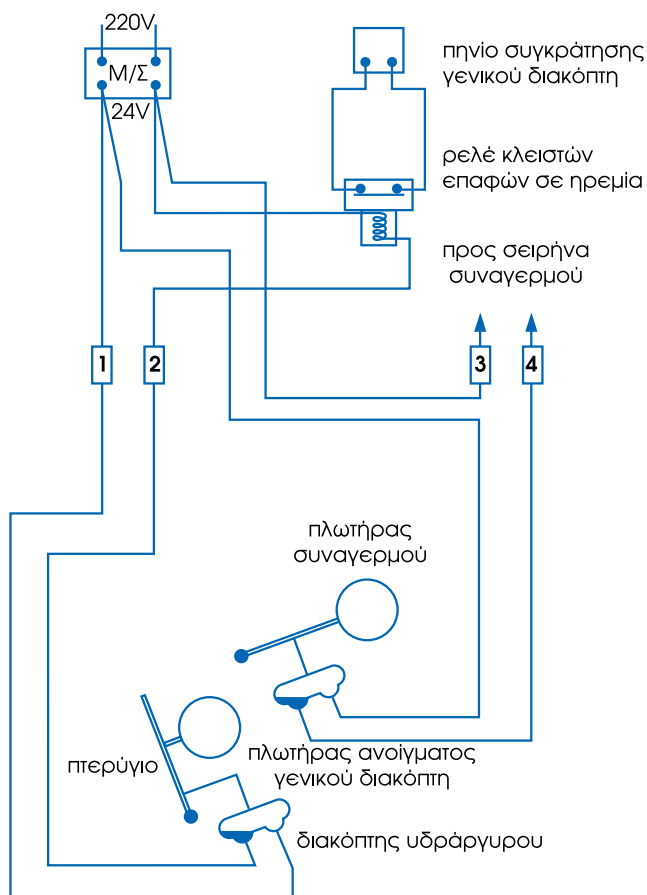


Σχ. 1.32α: Τυπική συνδεομολογία θερμομέτρου.

➔ Ρελέ Μπούχολτς (σχ. 1.32β)

Είναι ένα ειδικό **ρελέ προστασίας**, για την επισήμανση βλαβών, που παρεμβάλλεται στη σωλήνωση που συνδέει το λέβητα του Μ/Σ με το δοχείο διαστολής και είναι πάντοτε γεμάτο με λάδι. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.32β, **το ρελέ Μπούχολτς περιλαμβάνει βασικά δύο πλωτήρες, που ο καθένας έχει ένα υδραργυρικό διακόπτη**.

Η λειτουργία του στηρίζεται στο γεγονός ότι μια βλάβη στο εσωτερικό του Μ/Σ προκαλεί (άλλοτε με αργό ρυθμό και άλλοτε βίαια) τη δημιουργία κάποιου αερίου. Έτσι, π.χ. μια διακοπή αγωγού προκαλεί ένα τοπικό ηλ. τόξο, που εξατμίζει μια μικρή ποσότητα λαδιού. Το ίδιο αποτέλεσμα έχει ένα σφάλμα προς τη γη, ένα βραχυκύκλωμα στις σπείρες των τυλιγμάτων και βραχυκυκλώματα στα ελάσματα του πυρήνα.



Σχ. 1.32β: Διάγραμμα σύνδεσης Μπούχολτς.

3) Οδηγίες συντήρησης

Ο Μετασχηματιστής είναι ένα πολύ αξιόπιστο μηχάνημα και πρακτικά δεν χρειάζεται καμιά συντήρηση, στα πολλά χρόνια που θα μας εξυπηρετήσει.

Αυτό όμως προϋποθέτει ότι ο μετασχηματιστής είναι καθαρός, ότι δεν υπερφορτώθηκε περισσότερο από τα όρια φορτίου και χρονικής διάρκειας που επιτρέπεται, ότι στο δίκτυο που εξυπηρετεί δεν έγιναν βραχυκυκλώματα, υπερτάσεις, κεραυνοί κ.λπ., και ότι, τόσο οι συσκευές ζεύξης υψηλής όσο και χαμηλής τάσης καθώς και οι συσκευές προστασίας του μετασχηματιστή λειτουργούν σωστά. Στην πράξη όμως δεν είναι δυνατόν να τηρηθούν όλες αυτές οι προϋποθέσεις, γι' αυτό συνιστάται:

Οπτικός έλεγχος: κάθε τρεις μήνες.

1.α. Ελέγξτε το μετασχηματιστή αν είναι καθαρός ιδίως στους μονωτήρες (σκόνη και υγρασία βοηθάνε σε υπερπηδήσεις).

1.β. Ελέγξτε αν υπάρχει πουθενά διαρροή λαδιού.

1.γ. Ελέγξτε μήπως γρατσουνίστηκε η μπογιά και θ' αρχίσει ο μετασχηματιστής να σκουριάζει.

1.δ. Ελέγξτε αν η στάθμη που δείχνει ο ελαιοδείκτης είναι αυτή που ανταποκρίνεται στη θερμοκρασία του λαδιού.

1.ε. Ελέγξτε την κατάσταση του αφυγραντήρα (γαλάζιο χρώμα - καλή κατάσταση, ροζ χρώμα πρέπει ν' αντικατασταθεί το Silica Gel (ζελατίνα πυριτίου) ή να ξηρανθεί).

Φυσικά δεν θα πρέπει να κάνετε καμιά ενέργεια χωρίς να αποσυνδέσετε το μετασχηματιστή, τόσο από την πλευρά υψηλής όσο και χαμηλής τάσης, και να τον γειώσετε για την απομάκρυνση τυχόν χωρητικών φορτίων που παρέμειναν στο Μ/Σ.

Έλεγχος λαδιού: κάθε χρόνο.

2.α. Ελέγξτε το λάδι του Μ/Σ. Η κατάσταση του λαδιού αποτελεί βασικό κριτήριο της κατάστασης του μετασχηματιστή, (ιδιαίτερα δε ενδιαφέρει η διηλεκτρική του αντοχή, δηλαδή το πόση μόνωση παρέχει). Ο έλεγχος γίνεται βάσει δείγματος που θα πάρετε, ξεβιδώνοντας το μικρό πώμα και ανοίγοντας λίγο το διακόπτη εκκενώσεως του μετασχηματιστή. Το δείγμα που θα πάρετε πρέπει να είναι τουλάχιστον ένα λίτρο. Τα δοχεία, μπουκάλια, χωνιά που θα χρησιμοποιήσετε πρέπει να είναι τελείως καθαρά και στεγνά και το δοχείο ή μπουκάλι που θα χρησιμοποιηθεί τελικά για την αποστολή του δείγματος πρέπει να σφραγιστεί ερμητικά μετά το γέμισμα. Αν ο έλεγχος δείξει ότι η διηλεκτρική αντοχή αλλά και άλλα χαρακτηριστικά του λαδιού δεν είναι εντάξει, το λάδι πρέπει ν' αντικατασταθεί ή να ανακυκλωθεί με ειδική μηχανή καθαρισμού.

2.β. Ελέγξτε τη λειτουργία του ηλεκτρονόμου Μπούχολτς και/ή του θερμόμετρου και την κατάσταση των επαφών τους.

 Η θέση των στοιχείων Μ/Σ λαδιού, φαίνονται στα σχήματα 1.9 και 1.11, της ενότητας 1.2.1.

4) Βλάβες και Επισκευές Μ/Σ

Ανάλογα με το σύμπτωμα, με το οποίο εμφανίζονται, οι πιο συνηθισμένες βλάβες των Μ/Σ, μαζί με την πιθανή αιτία και την απαιτούμενη επισκευή, φαίνονται στο πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3.

α/α	Σύμπτωμα (Βλάβη)	Πιθανή αιτία	Απαιτούμενη επισκευή
1.	Ο Μ/Σ υπερθερμαίνεται	α) Υπερφόρτιση β) Βραχυκύκλωμα στα τυλίγματα γ) Βραχυκύκλωμα στα ελάσματα του πυρήνα δ) Ο χώρος δεν αερίζεται καλά.	α) Να ελαττωθεί το φορτίο ή να τοποθετηθεί μεγαλύτερος μετασχηματιστής. β) Να αντικατασταθούν τα βραχυκυκλωμένα τυλίγματα. γ) Να σταλεί για επισκευή. δ) Να ληφθούν μέτρα για καλύτερο αερισμό του χώρου.
2.	Ο αυτόματος διακόπτης ανοίγει ή τήκονται οι ασφάλειες.	α) Βραχυκύκλωμα μεταξύ αγωγών φάσης ή προς τη γη. β) Διάσπαση της μόνωσης των ακροδεκτών ή βλάβη στη μόνωση του τυλίγματος. γ) Σοβαρή υπερφόρτιση.	α) Να βρεθεί το βραχυκύκλωμα και να επισκευασθεί. β) Να γίνει έλεγχος με Μέγερ. Να αντικατασταθούν οι ακροδέκτες που έχουν υποστεί βλάβη ή να γίνει επισκευή του τυλίγματος. γ) Να ελαττωθεί το φορτίο.

Στην περίπτωση που η βλάβη, ή οι βλάβες, δεν μπορούν να επισκευασθούν στο χώρο εργασίας (επί τόπου ή σε άλλο ειδικό χώρο), ο Μ/Σ στέλνεται για επισκευή (αν είναι δυνατόν στο εργοστάσιο κατασκευής του). Για το σκοπό αυτό συμπληρώνουμε ένα **“ειδικό έντυπο επισκευής Μ/Σ”**, σαν αυτό που φαίνεται στο σχήμα 1.33 της επόμενης σελίδας. Στο έντυπο αυτό **σημειώνουμε τα χαρακτηριστικά στοιχεία του Μ/Σ** (π.χ. μ' ένα:) **και στη συνέχεια υπογραμμίζουμε τα τμήματα που έχουν υποστεί βλάβη** και θέλουν επισκευή, καθώς και αυτά που θέλουν αντικατάσταση.

ΕΙΔΙΚΟ ΕΝΤΥΠΟ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ Μ/Σ (Σχ. 1.33)

.....
(στοιχεία πελάτη)

.....
Θέμα: "Επισκευή Μ/Σ"

.....
ΠΡΟΣ

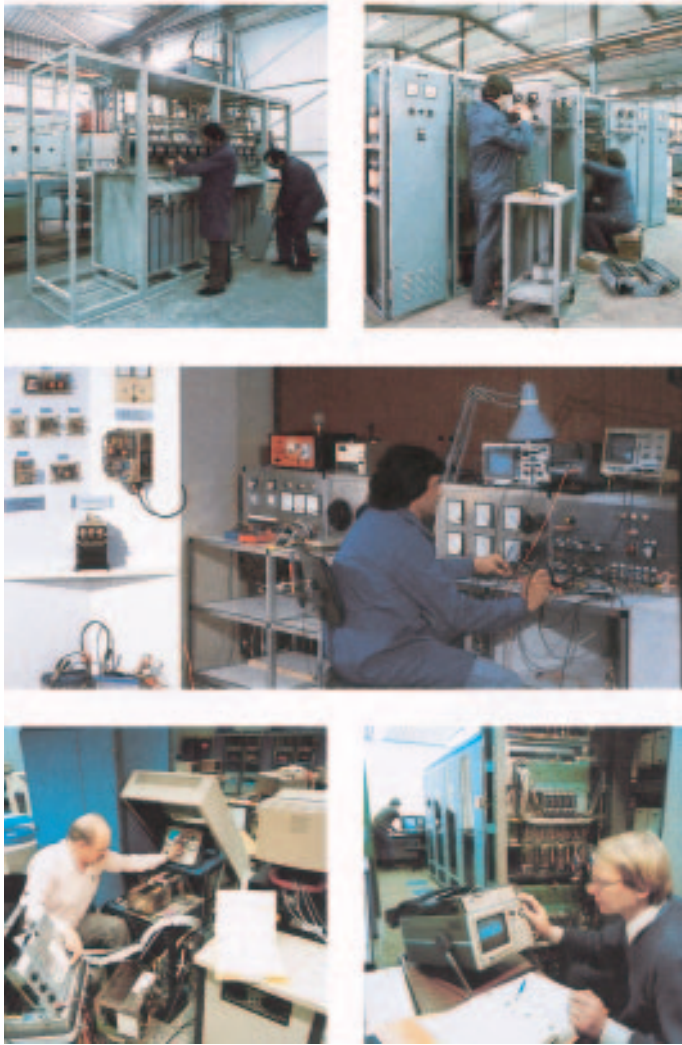
.....
Σας στέλνουμε για επισκευή Μ/Σ με τα παρακάτω στοιχεία:

1	ΙΣΧΥΣ:	ΤΥΠΟΣ:
2	<input type="checkbox"/> τριφασικός	<input type="checkbox"/> μονοφασικός
3	<input type="checkbox"/> εξωτερικού χώρου	<input type="checkbox"/> εσωτερικού χώρου
4	<input type="checkbox"/> λαδιού	<input type="checkbox"/> χυτορητίνης <input type="checkbox"/> ξηρού τύπου
5	<input type="checkbox"/> DIN 42511 <input type="checkbox"/> DIN 42500	<input type="checkbox"/> DIN (τυποποίηση και προστασία)
6	<input type="checkbox"/> δοχείο διαστολής	<input type="checkbox"/> χωρίς δοχείο διαστολής (στεγανός)
7	ονομαστική σχέση τάσης λήψεις.....	<input type="checkbox"/> μεταγωγέας κενού <input type="checkbox"/> μεταγωγέας φορτίου
8	<input type="checkbox"/> αλλαγή τάσεως στην Υ.Τ. με μεταγωγέα	
9	συνδεσμολογία	
10	<input type="checkbox"/> συχνότητα 50Hz.....	<input type="checkbox"/> διαφορετική συχνότητα
11	ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης %	
12	απώλειες στο κενό W	σχέση μεταφοράς
13	απώλειες φορτίου W	
14	πρωτεύον τυλίγμα V	<input type="checkbox"/> αντικατάσταση <input type="checkbox"/> επισκευή
15	δευτερεύον τυλίγμα V	<input type="checkbox"/> αντικατάσταση <input type="checkbox"/> επισκευή
16	διάσπαση μόνωσης, <input type="checkbox"/> πρωτεύοντος <input type="checkbox"/> δευτερεύοντος <input type="checkbox"/> ακροδεκτών	
17	τυλίγματα (Χ.Τ.-Υ.Τ.)	<input type="checkbox"/> βραχυκυκλωμένα <input type="checkbox"/> αντικατάσταση
18	πυρήνας και δοχείο	<input type="checkbox"/> βραχυκύκλωμα <input type="checkbox"/> διαρροή
19	<input type="checkbox"/> ανύψωση θερμοκρασίας τυλίγματος 65k <input type="checkbox"/> άλλη	
	<input type="checkbox"/> ανύψωση θερμοκρασίας λαδιού 60k <input type="checkbox"/> άλλη	
20	<input type="checkbox"/> θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C	<input type="checkbox"/> άλλη
21	<input type="checkbox"/> βαφή RAL 7033	<input type="checkbox"/> άλλη ειδική βαφή
22	παράλληλη λειτουργία*	
23	<input type="checkbox"/> ηλεκτρονόμος Buchholz <input type="checkbox"/> αφυγραντήρας	
	<input type="checkbox"/> ελαιοδείκτης	<input type="checkbox"/> θερμόμετρο

* Παράλληλη λειτουργία.

(Να δοθούν επίσης τα παρακάτω στοιχεία του Μ/Σ που θα συνδεθεί παράλληλα.)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Ονομαστική ισχύς σε kVA | <input type="checkbox"/> Συνδεσμολογία |
| <input type="checkbox"/> Συχνότητα | <input type="checkbox"/> Ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης |
| <input type="checkbox"/> Σχέση τάσεων και λήψης στο κενό με θερμοκρασία αναφοράς | |



Σχ. 1.34: Έλεχοι και μετρήσεις Μ/Σ διανομής.

I.4.3. Ερωτήσεις

1. Πώς μπορούμε να μετρήσουμε τις τάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος Μ/Σ χωρίς φορτίο; Τι προκύπτει απ' αυτές;
2. Πώς υπολογίζουμε την τάση βραχυκύκλωσης ($u_k\%$) ενός Μ/Σ;
3. Πώς υπολογίζουμε τις σύνθετες αντιστάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος ενός Μ/Σ και πώς συνδέονται αυτές μεταξύ τους;
4. Πώς υπολογίζουμε τη σύνθετη αντίσταση του δευτερεύοντος τυλίγματος, όταν γνωρίζουμε τη σύνθετη αντίσταση του πρωτεύοντος και τη σχέση μεταφοράς ενός Μ/Σ;
5. Πώς συνδέονται τα όργανα μέτρησης για τις τάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος και για τα ρεύματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος Μ/Σ;
6. Πώς συνδέεται το βαττόμετρο στη δοκιμή βραχυκύκλωσης Μ/Σ και τι μας δείχνει;
7. Ποιους ελέγχους πρέπει να κάνουμε γενικά στους Μ/Σ;
8. Ποια τα κυριότερα όργανα προστασίας και ελέγχου των Μ/Σ;
9. Για ποιους λόγους ένας Μ/Σ υπερθερμαίνεται;
10. Αν οι σπείρες του πρωτεύοντος τυλίγματος του Μ/Σ του σχήματος 1.29α είναι 500 και η τάση στο δευτερεύον του μετρήθηκε 44V, πόσες είναι οι σπείρες του δευτερεύοντος; **(ΑΠ. $W_2=100$ σπείρες)**
11. Στον Μ/Σ του σχήματος 1.31, μετρήθηκαν: $U_2=22V$ και $I_2=4A$. Πόση ένταση ρεύματος απορροφά ο Μ/Σ απ' το δίκτυο; **(ΑΠ. $I_1=0,4A$)**
12. Ο αριθμός σπειρών του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος τυλίγματος ενός 1~ Μ/Σ είναι $W_1=200$ και $W_2=5.000$ σπείρες αντίστοιχα. Αν στο πρωτεύον του εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση 8,8V και η σύνθετη αντίσταση του δευτερεύοντος είναι $Z_2=10k\Omega$, τι τιμές έχουν τα ρεύματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος του Μ/Σ; **(ΑΠ. $I_2=22mA$, $I_1=0,55A$)**
13. Στο πρωτεύον τυλίγμα 1~ Μ/Σ εφαρμόζεται τάση 9kV, οπότε το δευτερεύον του δίνει τάση 100V. Σε κάποια στιγμή στο δευτερεύον μετράμε τάση 98V. Πόση τάση εφαρμόσθηκε στο πρωτεύον; **(ΑΠ. $U_1=8820V$)**
14. Σε 1~ Μ/Σ μετρήθηκαν οι τάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος χωρίς φορτίο και βρέθηκαν $U_1=2.800V$ και $U_2=230V$ αντίστοιχα. Αν το δευτερεύον έχει $W_2=52$ σπείρες, πόσες σπείρες έχει το πρωτεύον; **(ΑΠ. $W_1=633$ σπείρες)**

➡ Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

15. Στη λειτουργία Μ/Σ χωρίς φορτίο το βολτόμετρο, στα άκρα του δευτερεύοντος τυλίγματος, μας δείχνει:
- α. το ρεύμα του δευτερεύοντος στο κενό.
 - β. τη τάση του δευτερεύοντος στο κενό.
 - γ. τη τάση του δευτερεύοντος με φορτίο.
 - δ. το ρεύμα μαγνήτισης του πυρήνα του Μ/Σ.
16. Το αμπερόμετρο, που μετρά την ένταση ρεύματος που περνά μέσα από το φορτίο ενός Μ/Σ, συνδέεται πάντα:
- α. σε σειρά με το δευτερεύον τύλιγμα.
 - β. σε σειρά με το φορτίο (καταναλωτή).
 - γ. σε σειρά με το φορτίο και με το δευτερεύον.
 - δ. παράλληλα με το φορτίο και με το πρωτεύον.
17. Η σχέση μεταφοράς ενός Μ/Σ μπορεί να υπολογισθεί εύκολα από:
- α. τις τάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος.
 - β. τα ρεύματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος.
 - γ. τις σπείρες πρωτεύοντος και δευτερεύοντος.
 - δ. όλους τους παραπάνω τρόπους.
18. Με το πείραμα βραχυκύκλωσης του Μ/Σ μπορούμε να υπολογίσουμε:
- α. τη τάση βραχυκύκλωσης.
 - β. την αντίσταση βραχυκύκλωσης.
 - γ. το ρεύμα του πρωτεύοντος.
 - δ. το ρεύμα του δευτερεύοντος.
19. 3~ Μ/Σ με σχέση μεταφοράς $K=5$ και σύνθετη αντίσταση πρωτεύοντος $Z_1=500\Omega$, ανά φάση, παρουσιάζει στο δευτερεύον του σύνθετη αντίσταση:
- α. $Z_2=5\Omega$.
 - β. $Z_2=10\Omega$.
 - γ. $Z_2=15\Omega$.
 - δ. $Z_2=20\Omega$.

I.5. Ανακεφαλαίωση

♦ **Μετασχηματιστής (Μ/Σ) είναι η ειδική μηχανή Ε.Ρ. που αυξομειώνει τα βασικά ηλεκτρικά μεγέθη** (τάση - ένταση). Ο Μ/Σ παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο στη σύγχρονη ζωή, αφού με τη βοήθειά του γίνεται οικονομικά η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά και η χρήση της από οποιονδήποτε καταναλωτή.

♦ Η λειτουργία των Μ/Σ (1~ ή 3~) **βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής**, δηλ. στο ότι η μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή που δημιουργεί ένα τύλιγμα (πρωτεύον) διαπερνά τους αγωγούς ενός άλλου τυλίγματος (δευτερεύον), που είναι τοποθετημένο στο ίδιο μαγνητικό κύκλωμα.

♦ Οι Μ/Σ, εκτός από τη κανονική τους λειτουργία, δοκιμάζονται και σε λειτουργία χωρίς φορτίο αλλά και σε δοκιμή βραχυκύκλωσης, ώστε να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της εφαρμογής για την οποία προορίζονται.

♦ Το κύριο μέρος Μ/Σ, που λέγεται και **ενεργό μέρος**, είναι το **μαγνητικό κύκλωμα** (ή πυρήνας) με τα **τυλίγματα**. Σε κάθε 1~ Μ/Σ υπάρχουν δύο τυλίγματα: το **τύλιγμα Υ.Τ.** και το **τύλιγμα Χ.Τ.** Το πρώτο αποτελείται από πολλές σπείρες λεπτού σύρματος και το δεύτερο από λιγότερες σπείρες χονδρότερου σύρματος. Το τύλιγμα που συνδέεται με τη πηγή Η.Ε. λέγεται **πρωτεύον**, ενώ το τύλιγμα που δίνει τη μετασχηματισμένη τάση **δευτερεύον**.

♦ **Στους 3~ Μ/Σ υπάρχουν τρία τυλίγματα Υ.Τ. και τρία τυλίγματα Χ.Τ.**, που τοποθετούνται στους τρεις κορμούς του πυρήνα. Κάθε κορμός με τα δύο τυλίγματά του συμπεριφέρεται σαν ένας 1~ Μ/Σ.

♦ Στην πράξη κατασκευάζονται και ειδικοί Μ/Σ, όπως π.χ. οι:

- **Μ/Σ 1:1 ή Μ/Σ προστασίας**
(για την απομόνωση δύο ηλ. κυκλωμάτων)
- **Μ/Σ ηλεκτρικής έλξης**
(για τη τροφοδότηση ηλ. σιδηροδρόμων, τρόλεϊ κ.α.)
- **Αυτομετασχηματιστές (ΑΜ/Σ)**
(για μικρή αλλαγή της τάσης ενός κυκλώματος) και
- **Μ/Σ οργάνων**
(για τη μέτρηση μεγάλων τάσεων ή εντάσεων ρεύματος).

♦ Σε ορισμένες περιπτώσεις είμαστε αναγκασμένοι να μετασχηματίσουμε και το Σ.Ρ., όπως π.χ. στο ηλεκτρικό σύστημα του αυτοκινήτου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε έναν ειδικό μετασχηματιστή Σ.Ρ., το γνωστό μας **πολλαπλασιαστή**, που μοιάζει κατασκευαστικά με τον 1~ Μ/Σ.

◆ Κάθε Μ/Σ πριν βγει στο εμπόριο υποβάλλεται σε διάφορες δοκιμές και μετρήσεις, με σκοπό να διαπιστωθούν τα γενικά και κυρίως τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του (τάση και αντίσταση πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, φαινόμενη και πραγματική ισχύς κ.α.).

◆ Ο Μ/Σ είναι η πιο αξιόπιστη μηχανή και πρακτικά δεν χρειάζεται καμία συντήρηση, αρκεί βέβαια να τηρούνται οι συνθήκες λειτουργίας του. Οι βλάβες τους είναι σπάνιες (αφορούν συνήθως βραχυκυκλώματα στα τυλίγματα και τους αγωγούς ή διάσπαση της μόνωσης του τυλίγματος και των ακροδεκτών) και μπορούν εύκολα να αντιμετωπισθούν.



Μηχανή κοπής & περιέλιξης πυρήνων



Πηνίο Χ.Τ.



Πηνίο Υ.Τ.



Βαφή Μ/Σ



Ενεργό μέρος Μ/Σ



Αίθουσα συναρμολόγησης Μ/Σ διανομής

Σχ. 1.35: Από την κατασκευή Μ/Σ διανομής.