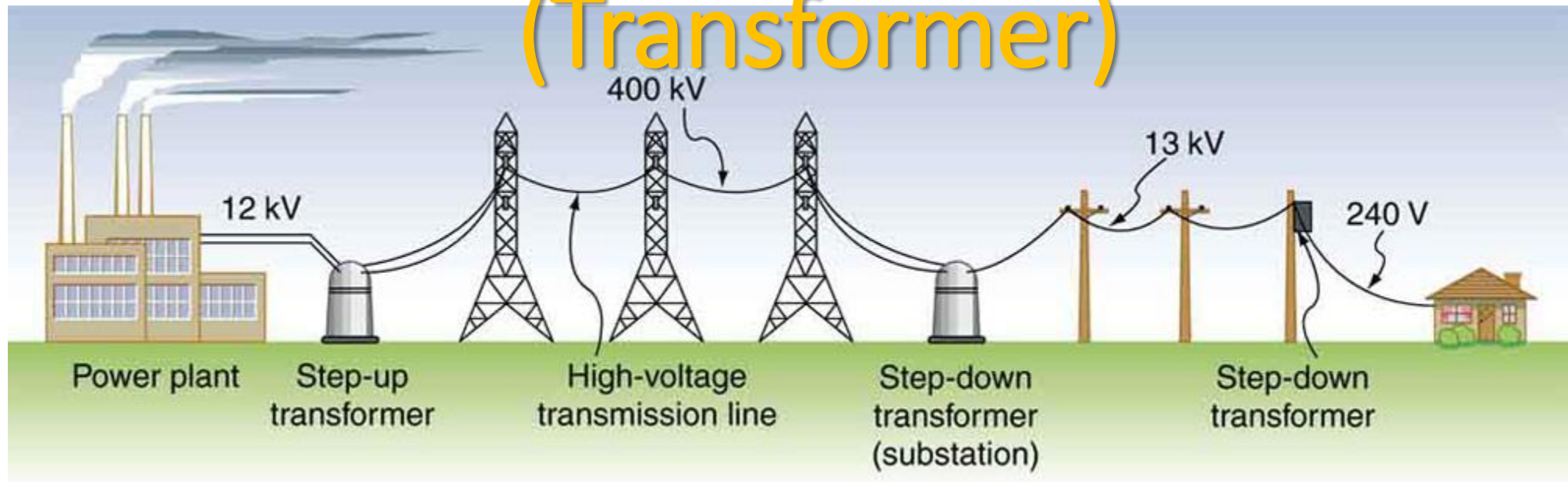
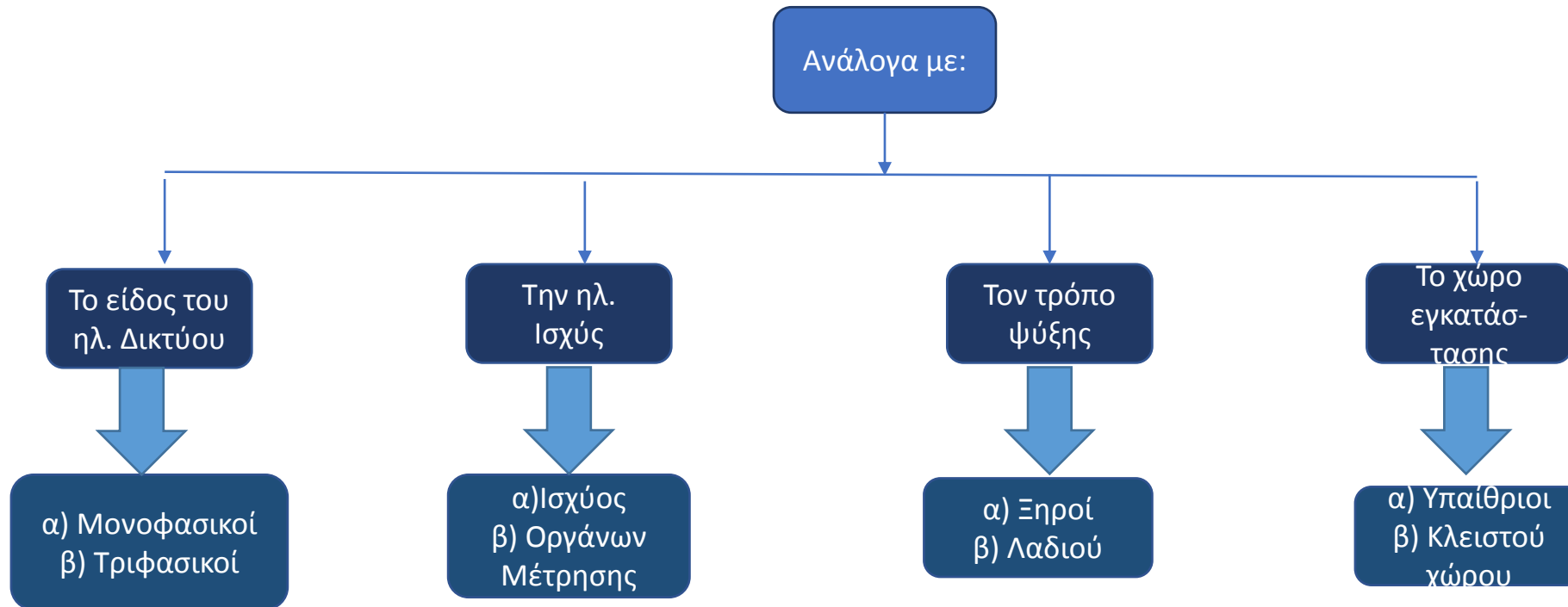


Μετασχηματιστές (Transformer)

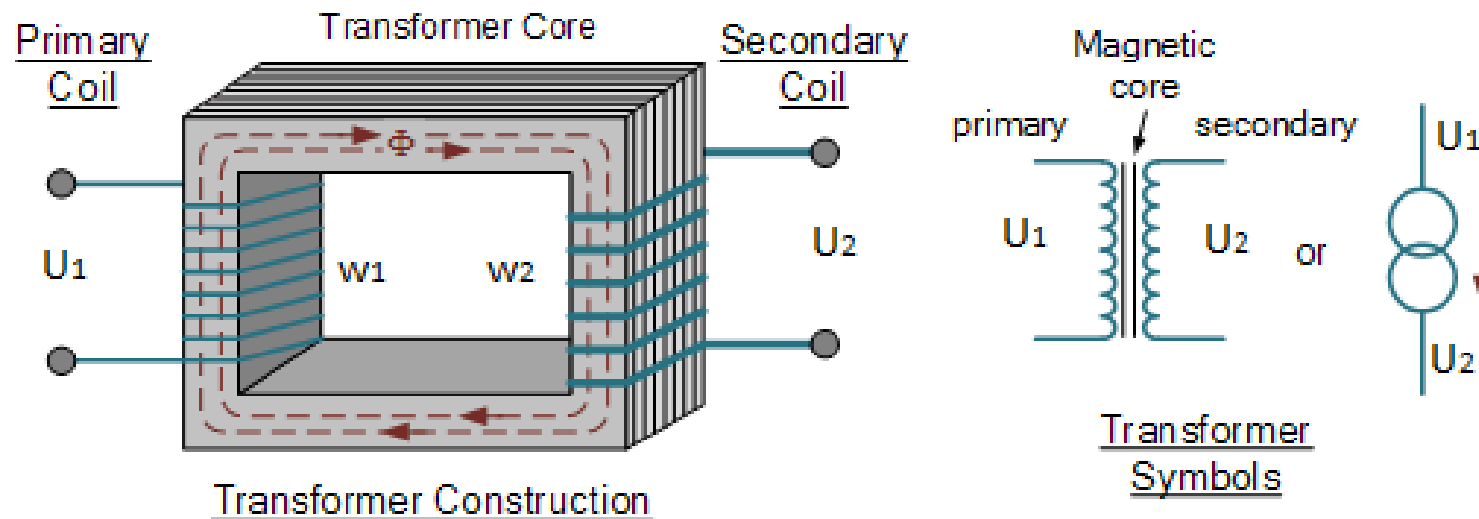


Διάκριση Μετασχηματιστών (Μ/Σ)



Περιγραφή του Μ/Σ

Αυτή η διάταξη αποτελείται από έναν μαγνητικό πυρήνα και δύο περιελίξεις που βρίσκονται πάνω του. Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται στο ένα και οι καταναλωτές συνδέονται με το δεύτερο. Αυτές οι περιελίξεις ονομάζονται πρωτεύουσες και δευτερεύουσες, αντίστοιχα.



Αρχή λειτουργίας

Το πρωτεύον τύλιγμα τροφοδοτείται από το δίκτυο εναλλασσόμενης τάσης με ενεργό τιμή U_1 . Το δευτερεύον τύλιγμα είναι ανοικτό. Λόγω της τάσης τροφοδοσίας, θα κυκλοφορήσει στο πρωτεύον τύλιγμα εναλλασσόμενο ρεύμα I_0 (ρεύμα εν κενώ), με αποτέλεσμα την ανάπτυξη μαγνητικής ροής Φ στο κλειστό μαγνητικό κύκλωμα (σιδηροπυρήνας). Η μαγνητική ροή που δημιουργείται είναι εναλλασσόμενη με συχνότητα ίση της συχνότητας της τάσης τροφοδοσίας. Επομένως, στο δευτερεύον τύλιγμα θα αναπτυχθεί μια ΗΕΔ ενεργού τιμής E_2 , εξ' επαγωγής:

$$E_2 = 4,44fw_2\Phi$$

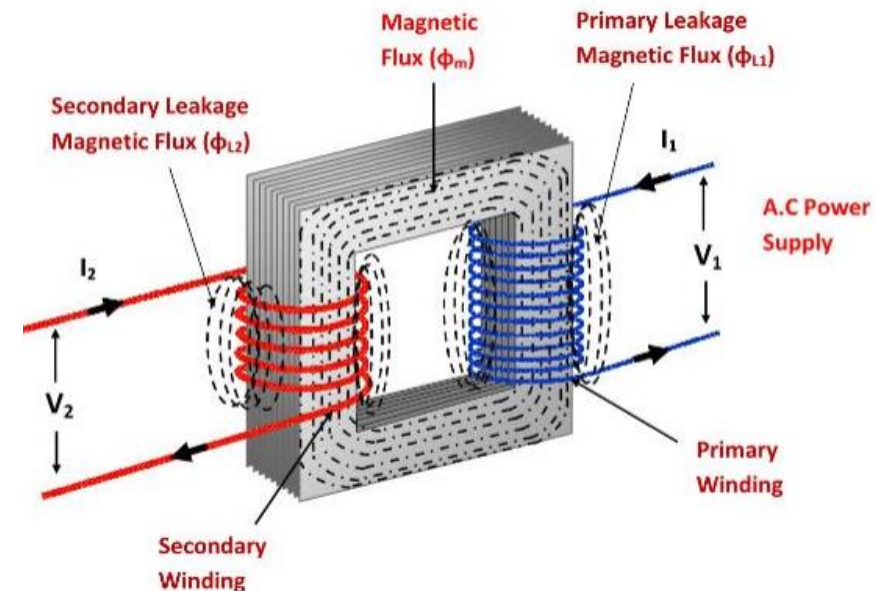
Όπου, 4,44 είναι μια κατασκευαστική σταθερά, f η συχνότητα του Ε.Ρ., w_2 ο αριθμός σπειρών του δευτερεύοντος τυλίγματος και Φ_m το πλάτος της κοινής ημιτονοειδούς εναλλασσόμενης μαγνητικής ροής που διαπερνά τα τυλίγματα.

Ομοίως, η αντίστοιχη αναπτυσσόμενη τάση στο πρωτεύων τύλιγμα:

$$E_1 = 4,44fw_1\Phi$$

$$E_1 \cong U_1$$

$$E_2 \cong U_2$$



Αρχή λειτουργίας

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{4,44fw_1\Phi}{4,44fw_2\Phi} = \frac{w_1}{w_2} = k$$

Ο λόγος των τάσεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλιγματος είναι ίσος με τον λόγο των αριθμών σπειρών των αντίστοιχων τυλιγμάτων τους. Ο λόγος των τυλιγμάτων ονομάζεται **Σχέση Μεταφοράς** k του Μετασχηματιστή.

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

Επειδή, όταν ο Μ/Σ λειτουργεί υπό φορτίο οι φαινόμενες ισχύεις θεωρητικά, των δυο τυλιγμάτων είναι ίσες:

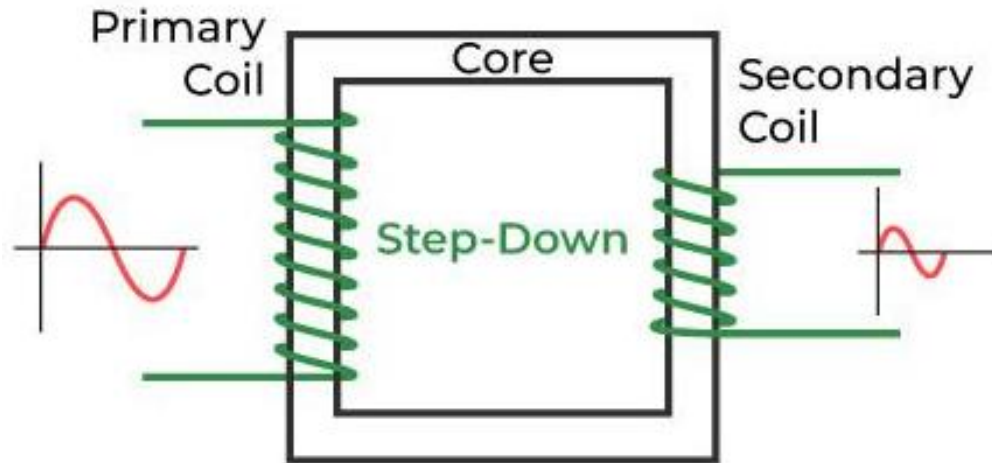
$$P_{s1} = P_{s2} \Leftrightarrow U_1 I_1 = U_2 I_2 \Leftrightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Προκύπτει:

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

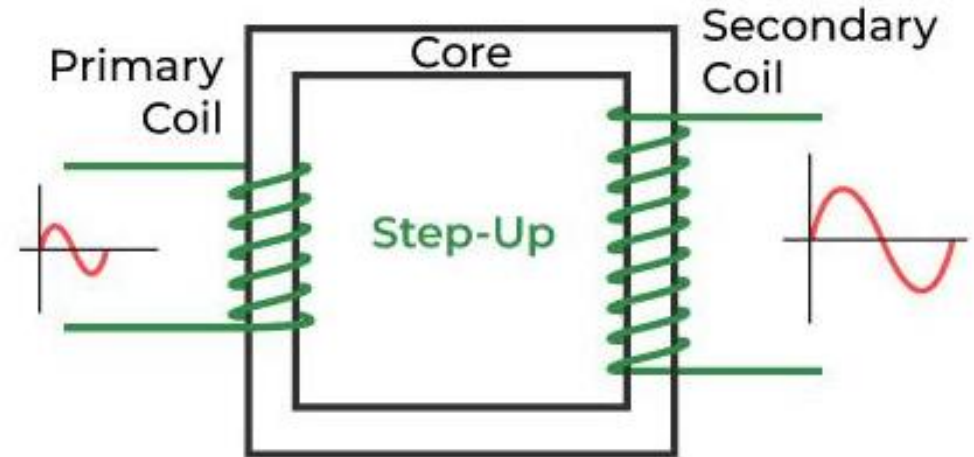
Αρχή λειτουργίας

Types of Transformer



Step-Down Transformer

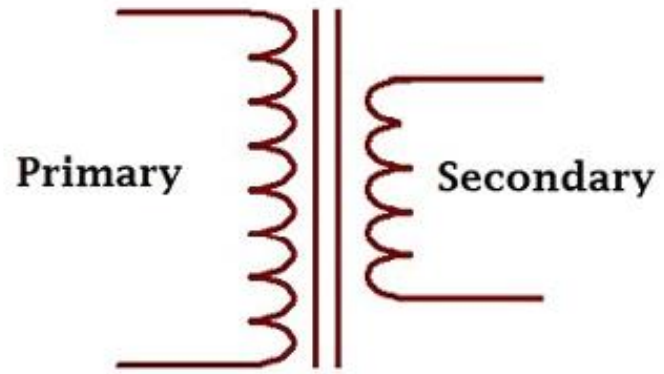
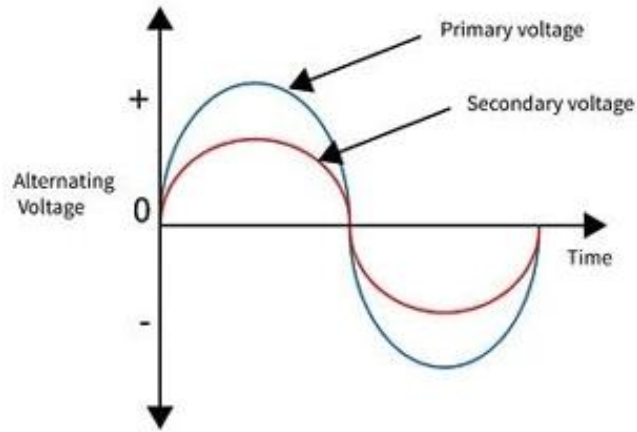
$$w_1 > w_2 \Rightarrow k > 1$$



Step-Up Transformer

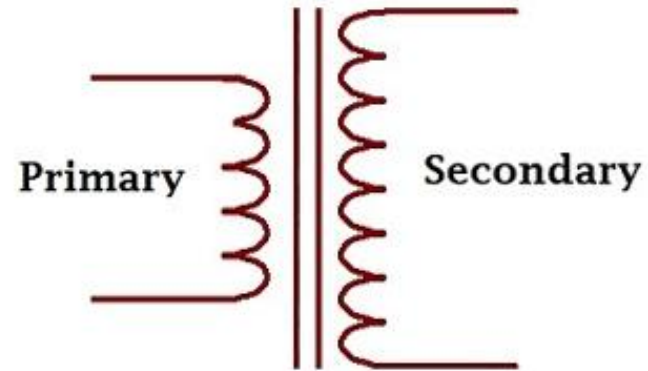
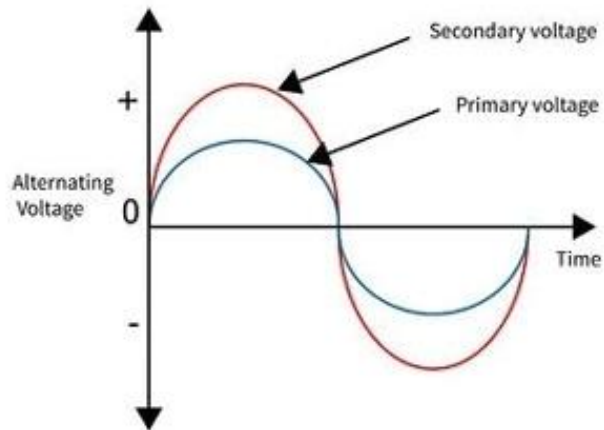
$$w_1 < w_2 \Rightarrow k < 1$$

Αρχή λειτουργίας



$$w_1 > w_2 \Rightarrow k > 1$$

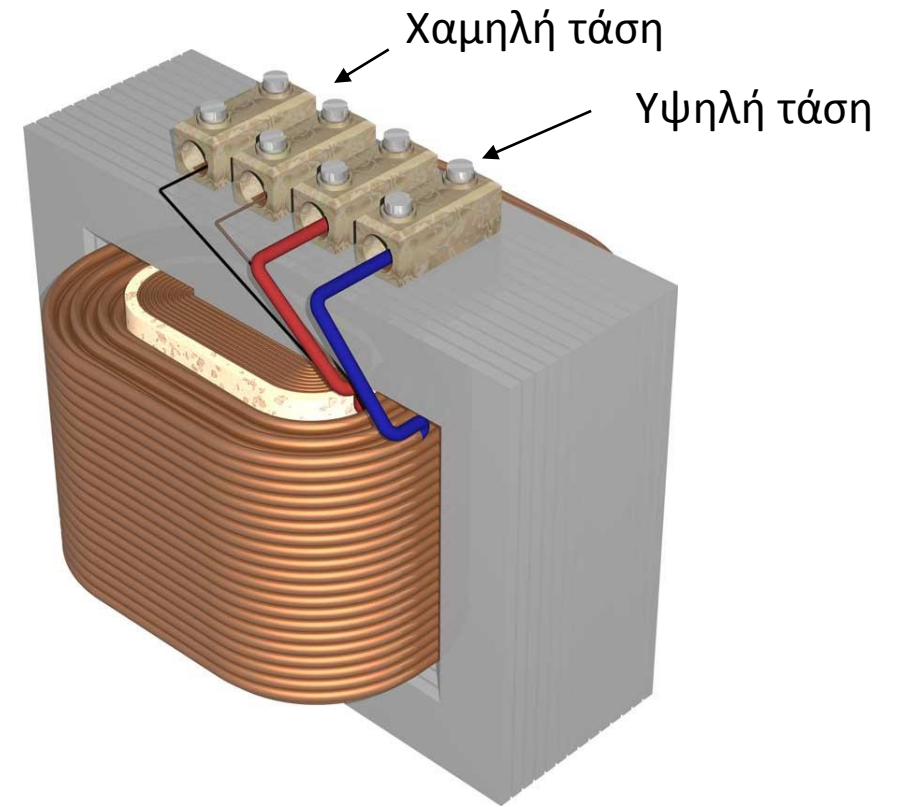
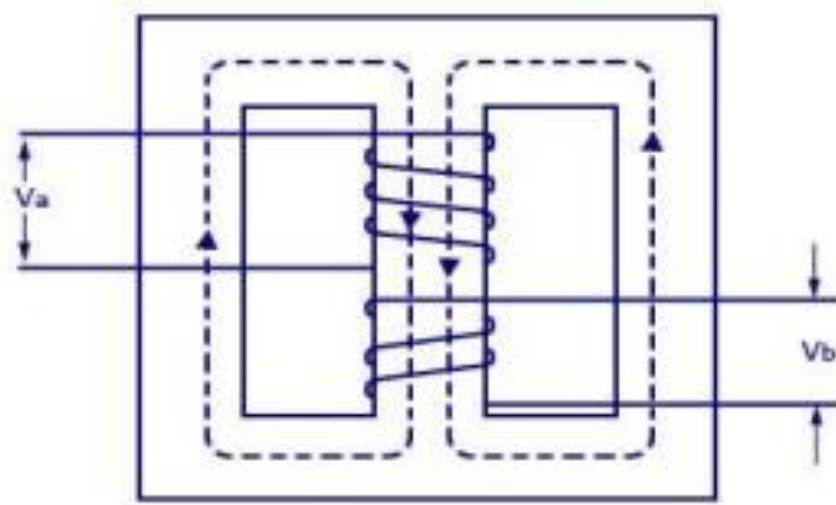
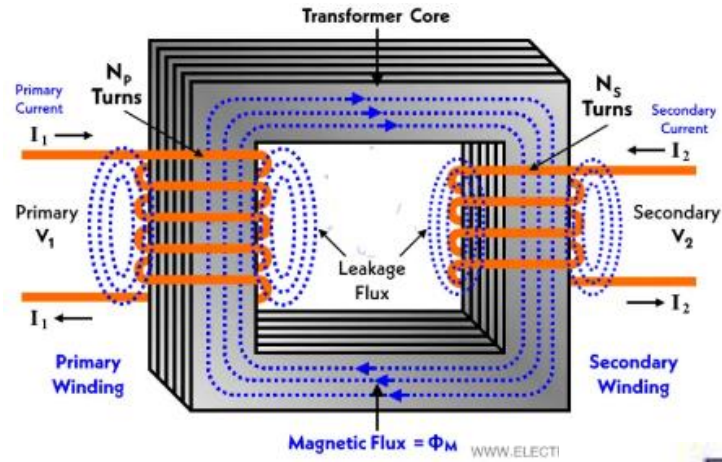
Step-Down Transformer



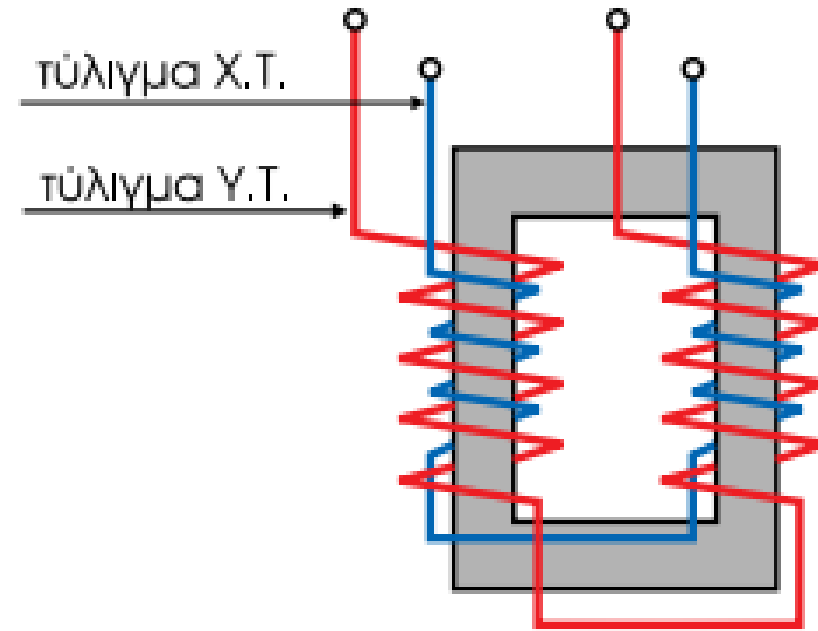
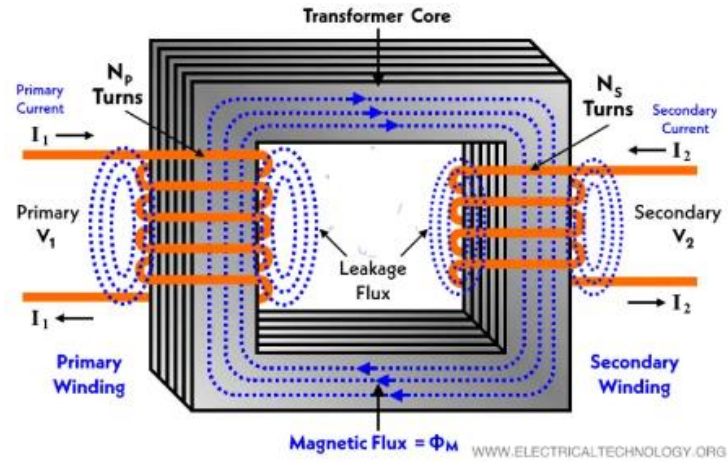
$$w_1 < w_2 \Rightarrow k < 1$$

Step-Up Transformer

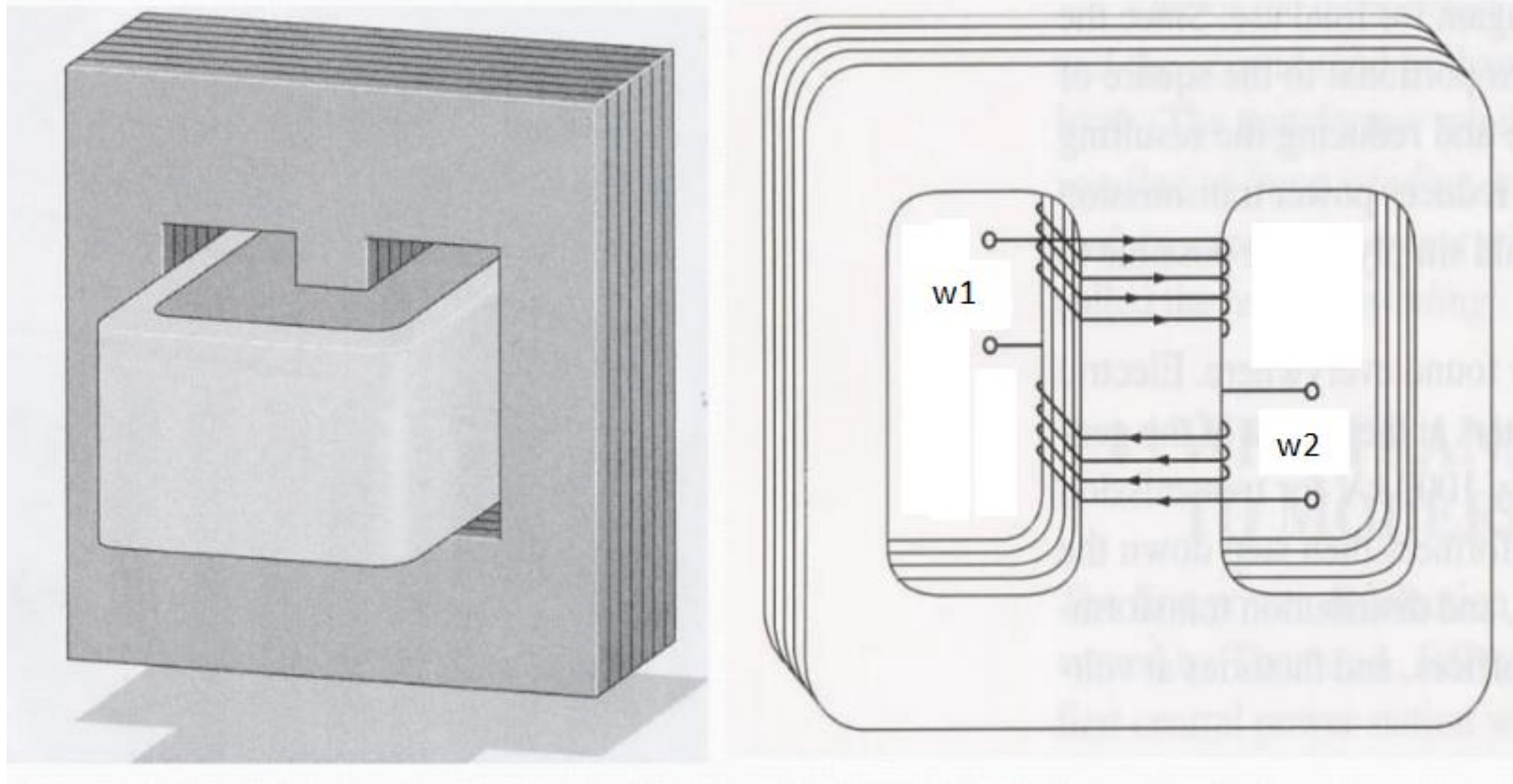
Κατασκευή Μονοφασικών Μ/Σ



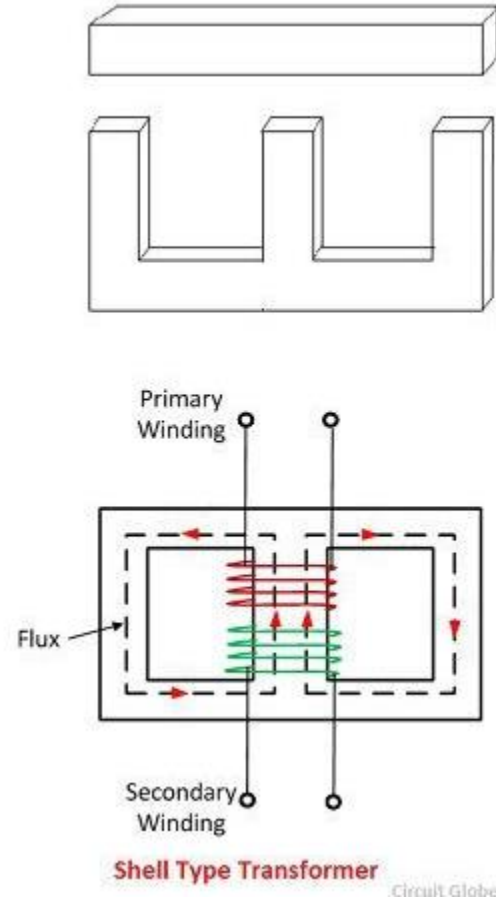
Κατασκευή Μονοφασικών Μ/Σ



Κατασκευή Μονοφασικών Μ/Σ

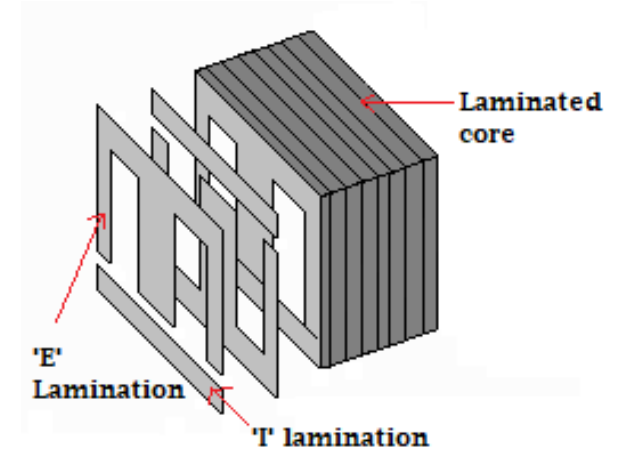
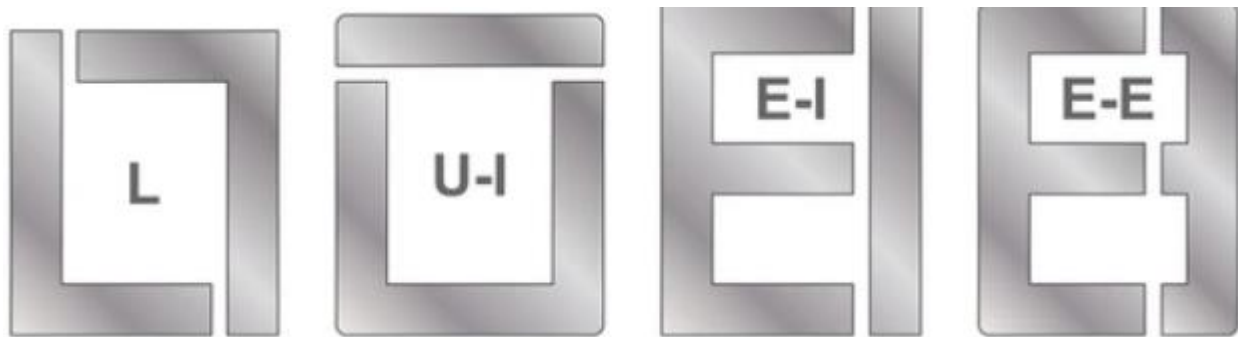
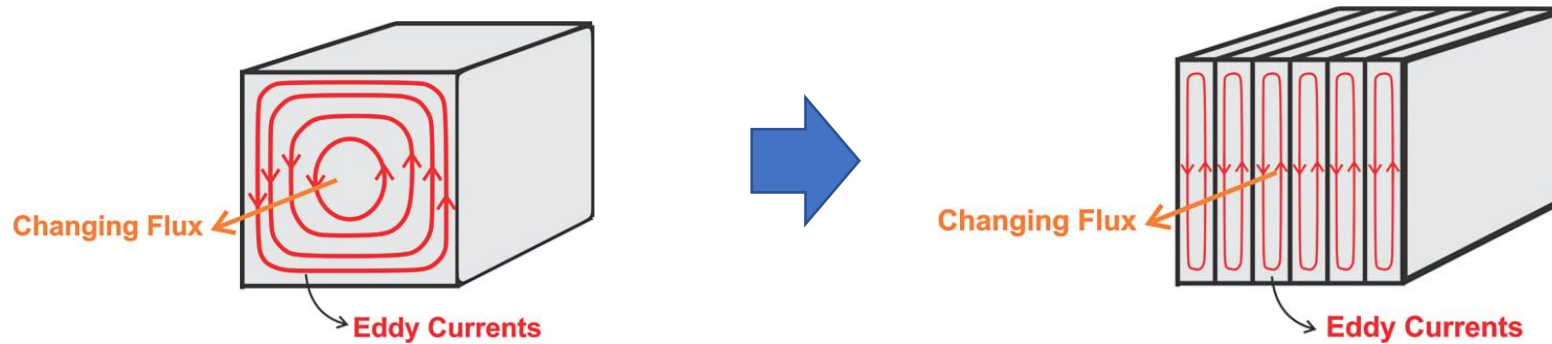


Κατασκευή Σιδηροπυρήνα

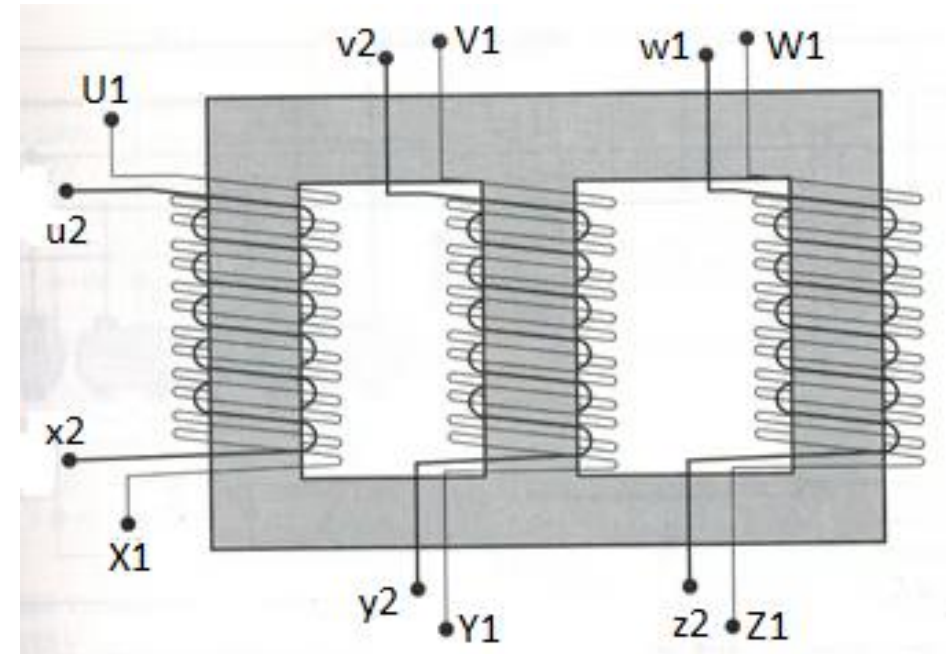
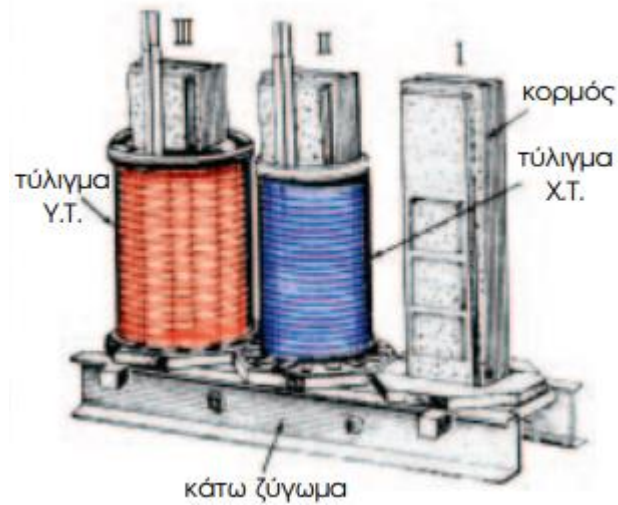
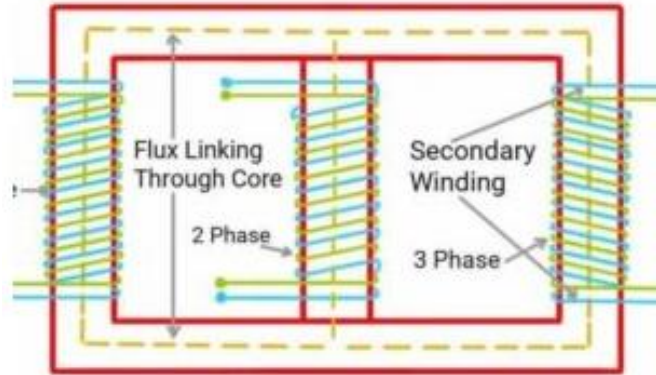


Κατασκευή Σιδηροπυρήνα

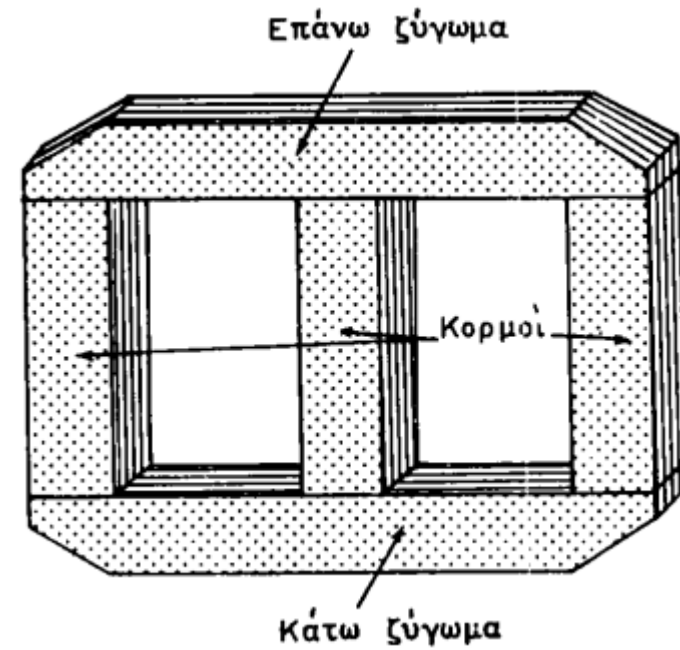
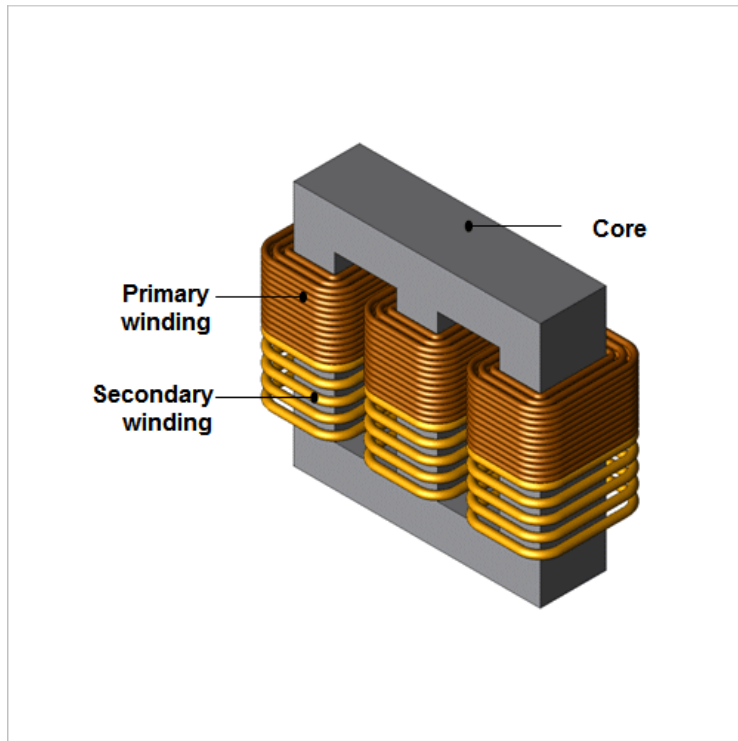
Τα Δινορεύματα (Eddy currents) ή επίσης ρεύματα Foucault, είναι παρασιτικά κυκλικά ρεύματα σε επίπεδα κάθετα προς το μαγνητικό πεδίο, που επάγονται εντός του αγωγίμου Σιδηροπυρήνα από το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο εξ' αιτίας του νόμου του Faraday.



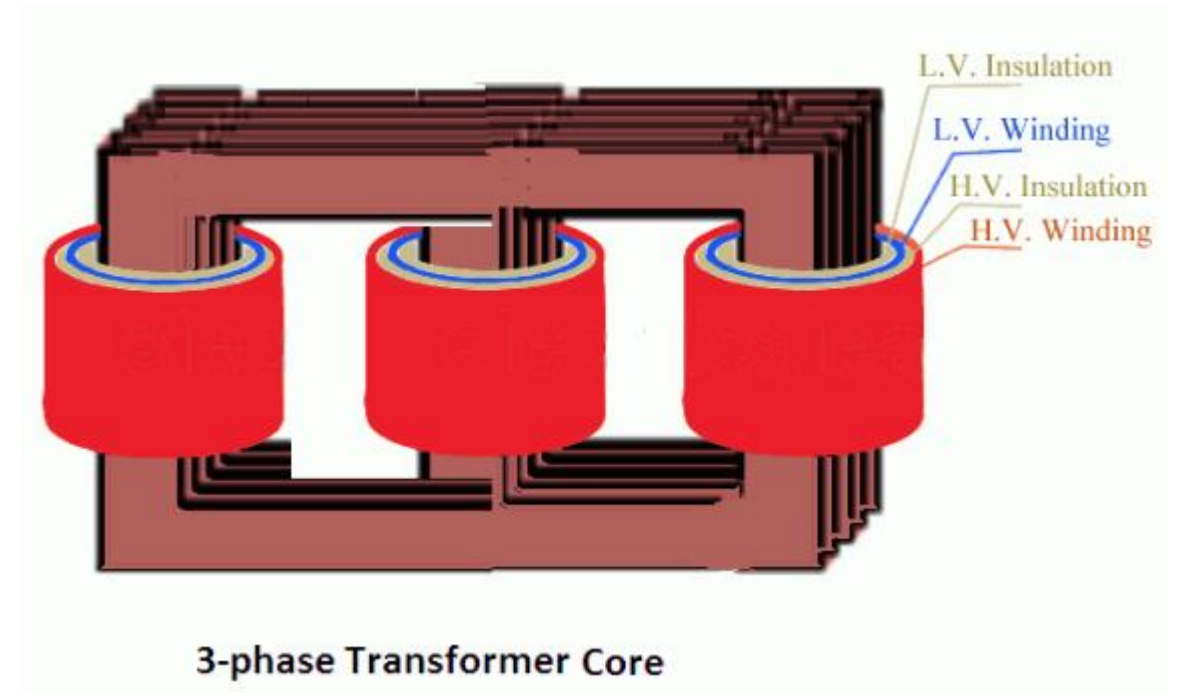
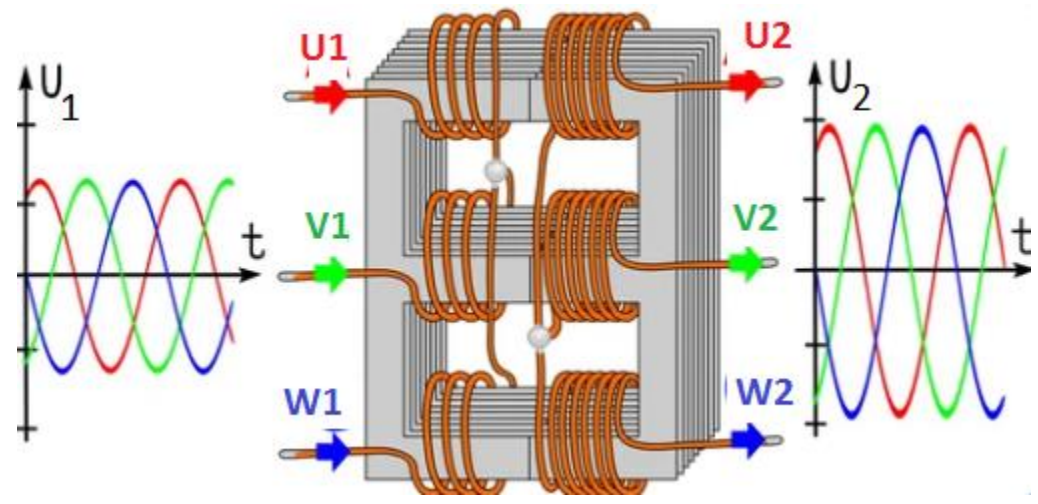
Κατασκευή Τριφασικών Μ/Σ



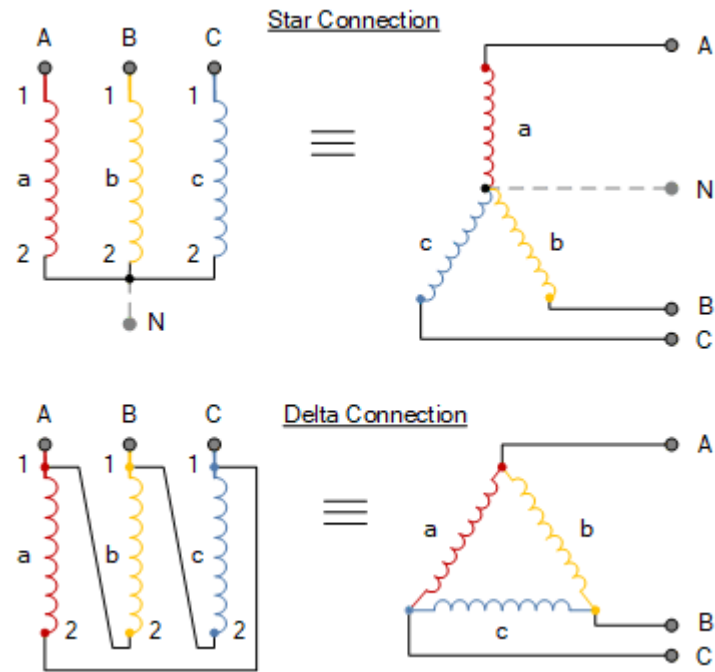
Κατασκευή Τριφασικών Μ/Σ



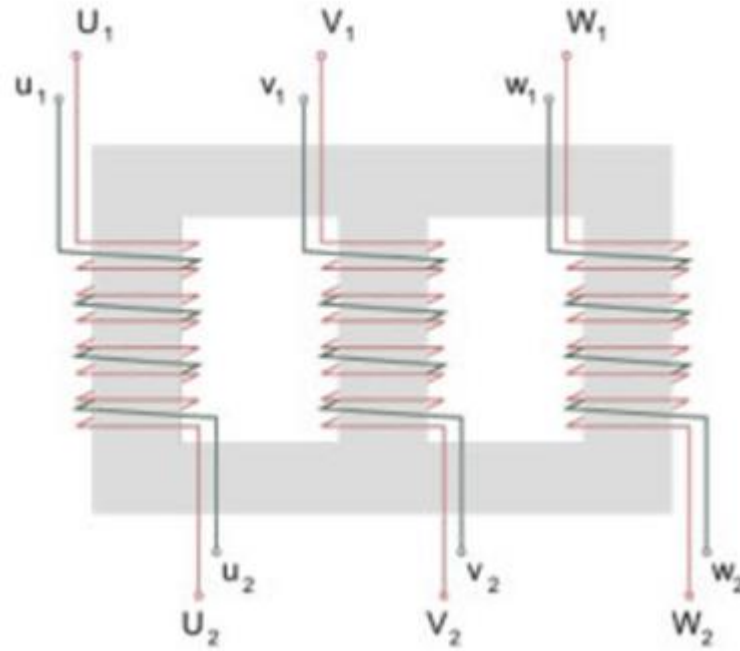
Τριφασικοί ΜΣ



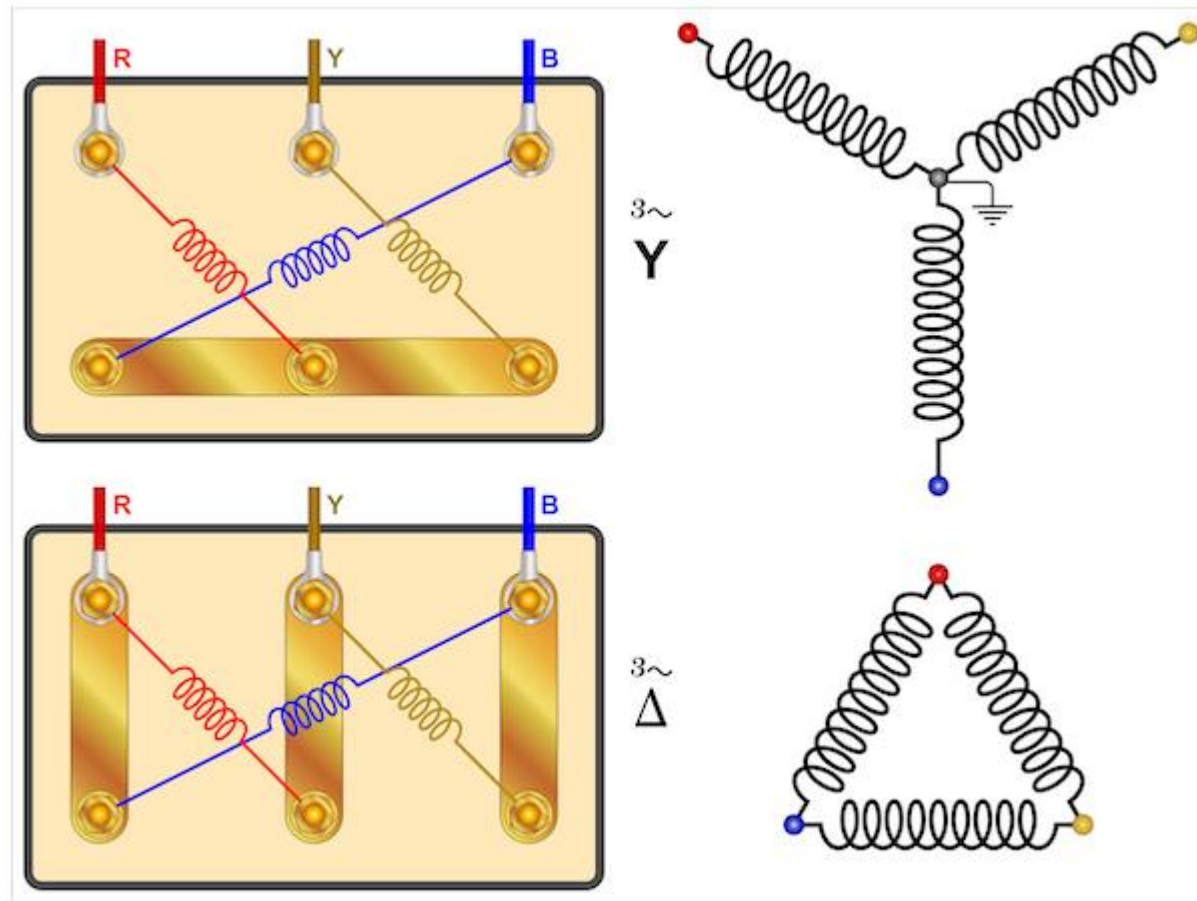
Τριφασικοί ΜΣ



Τυποποίηση Ακροδεκτών 3Φ Μ/Σ

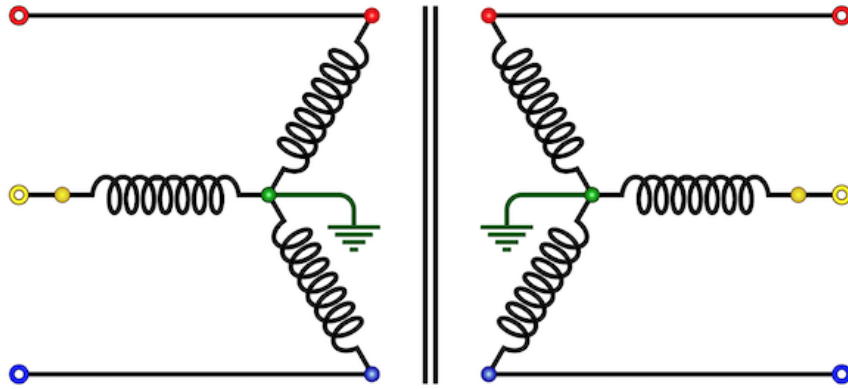


Τριφασικοί ΜΣ

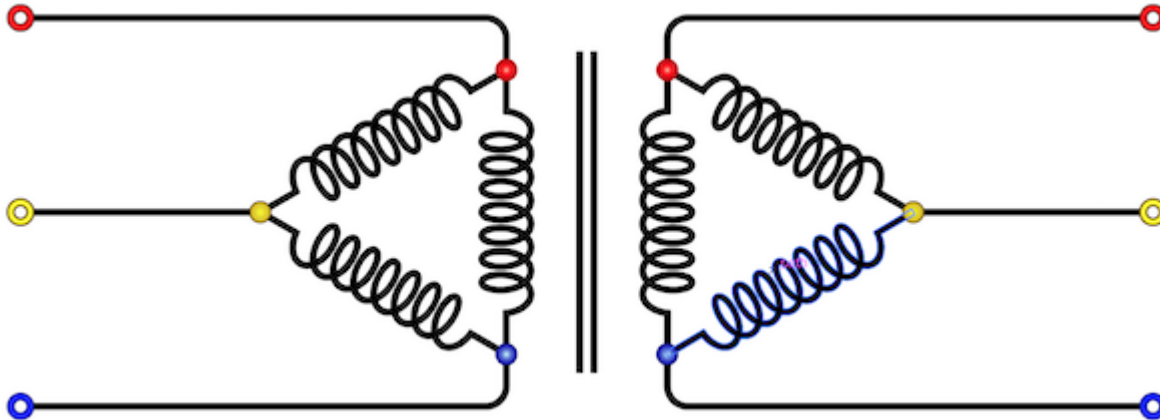


Τριφασικοί ΜΣ

Star-star configuration (Y/y)



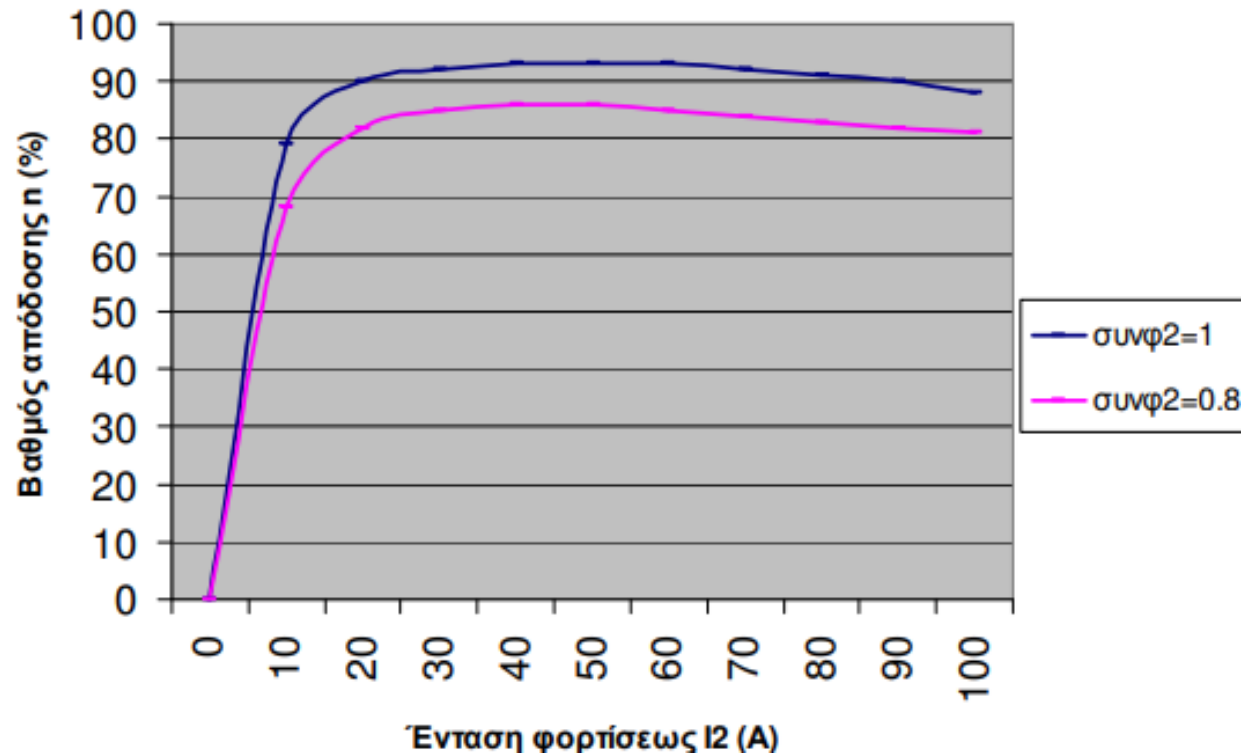
Delta-delta configuration (D/d)



Τριφασικοί ΜΣ



Βαθμός απόδοσης

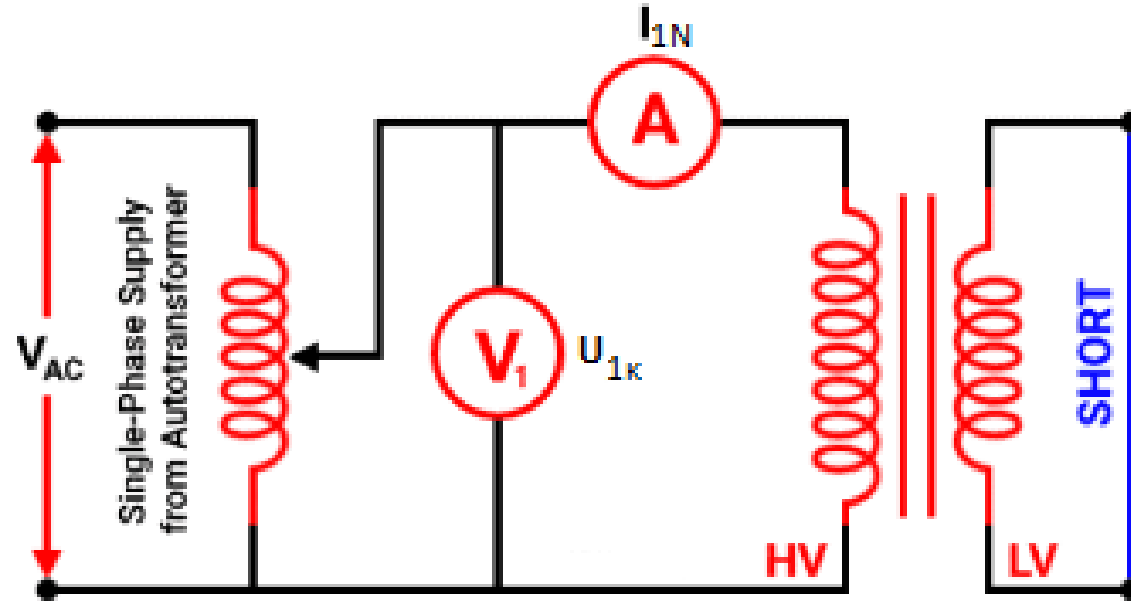


Αιτίες θορύβου

ΘΟΡΥΒΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

- ✓ Ο θόρυβος των μετασχηματιστών οφείλεται στο φαινόμενο της μαγνητοσυστολής, δηλαδή στην μεταβολή των διαστάσεων των ελασμάτων του πυρήνα υπό την επίδραση του Μ.Π.
- ✓ Η βελτίωση της ποιότητας των ελασμάτων και η προσεκτική κατασκευή του πυρήνα μπορούν να μειώσουν τα επίπεδα θορύβου.
- ✓ Συνήθως γίνονται προσπάθειες να μειωθεί η εκπομπή του ήχου από το λέβητα.

Τάση βραχυκύκλωσης



Η γνώση της τιμής το ρεύματος βραχυκυκλώματος στην πλευρά χαμηλής -τάσης του Μ/Σ είναι πολύ σημαντική, διότι με βάση αυτή την τιμή πρέπει να επιλέξουμε τον εξοπλισμό χαμηλής τάσης (ασφάλειες, διακόπτες ισχύος κ.λπ.) όσο αφορά την αντοχή του σε βραχυκύκλωμα.

Τάση βραχυκύκλωσης

Η γνώση της τιμής το ρεύματος βραχυκυκλώματος στην πλευρά χαμηλής -τάσης του Μ/Σ είναι πολύ σημαντική, διότι με βάση αυτή την τιμή πρέπει να επιλέξουμε τον εξοπλισμό χαμηλής τάσης (ασφάλειες, διακόπτες ισχύος κ.λπ.) όσο αφορά την αντοχή του σε βραχυκύκλωμα.

Ονομάζουμε τάση βραχυκύκλωσης (u_k) την τάση που πρέπει να εφαρμόσουμε στο πρωτεύον τύλιγμα του Μ/Σ ώστε να έχουμε, με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον, το ονομαστικό ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα. Η τάση αυτή δίνεται ως ποσοστό ~ επί τοις εκατό (%) της ονομαστικής τάσης του πρωτεύοντος, και έτσι έχουμε την ονομαστική τάση βραχυκύκλωσης (u_k).

Η τάση βραχυκύκλωσης μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε την εσωτερική σύνθετη (ωμική & επαγωγική) αντίσταση του Μ/Σ που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της στάθμης του ρεύματος βραχυκυκλώματος (I_{2k}) στην πλευρά χαμηλής τάσης του Μ/Σ.

$$u_k(\%) = \frac{U_{1k}}{U_{1N}} 100$$

Τάση βραχυκύκλωσης

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.

$$\left. \begin{array}{l} I_{2N} \xrightarrow[\text{Υπό κανονική λειτουργία}]{\text{Στο δοκιμαστικό βραχυκυκλωμα}} U_{1k} \\ I_{2k} \xrightarrow{\hspace{10em}} U_{1N} \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$U_{1N} I_{2N} = U_{1k} I_{2k} \Rightarrow$$

$$I_{2k} = \frac{U_{1N} I_{2N}}{U_{1k}}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_{2k} = \frac{U_{1N} I_{2N}}{U_{1k}} \\ u_k (\%) = \frac{U_{1k}}{U_{1N}} 100 \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$I_{2k} = \frac{I_{2N}}{u_k (\%)} 100$$

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.

α. Πόση είναι η τάση βραχυκύκλωσης του Μ/Σ;

β. 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.

Παράδειγμα

Στο πείραμα βραχυκύκλωσης ενός Μ/Σ 220/4400V "φωτεινών επιγραφών", για να έχουμε τα κανονικά ρεύματα φόρτισης 4A/200mA χρειάστηκε να τροφοδοτήσουμε το πρωτεύον του τύλιγμα με τάση 11V. Να υπολογίσετε:

- Τη σχέση μεταφοράς του Μ/Σ.
- Την τάση βραχυκύκλωσης.
- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον του Μ/Σ.

Λύση

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_1 = 220V$	α. Κ
$U_2 = 4400V$	β. $U_K \%$
$I_1 = 4A$	γ. I_{2K}
$I_2 = 200mA = 0,2 A$	
$U_{1K} = 11V$	

α. Υπολογίζω τη σχέση μεταφοράς από τον τύπο:

$$K = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow K = \frac{220}{4400} \Rightarrow K = \frac{1}{20}$$

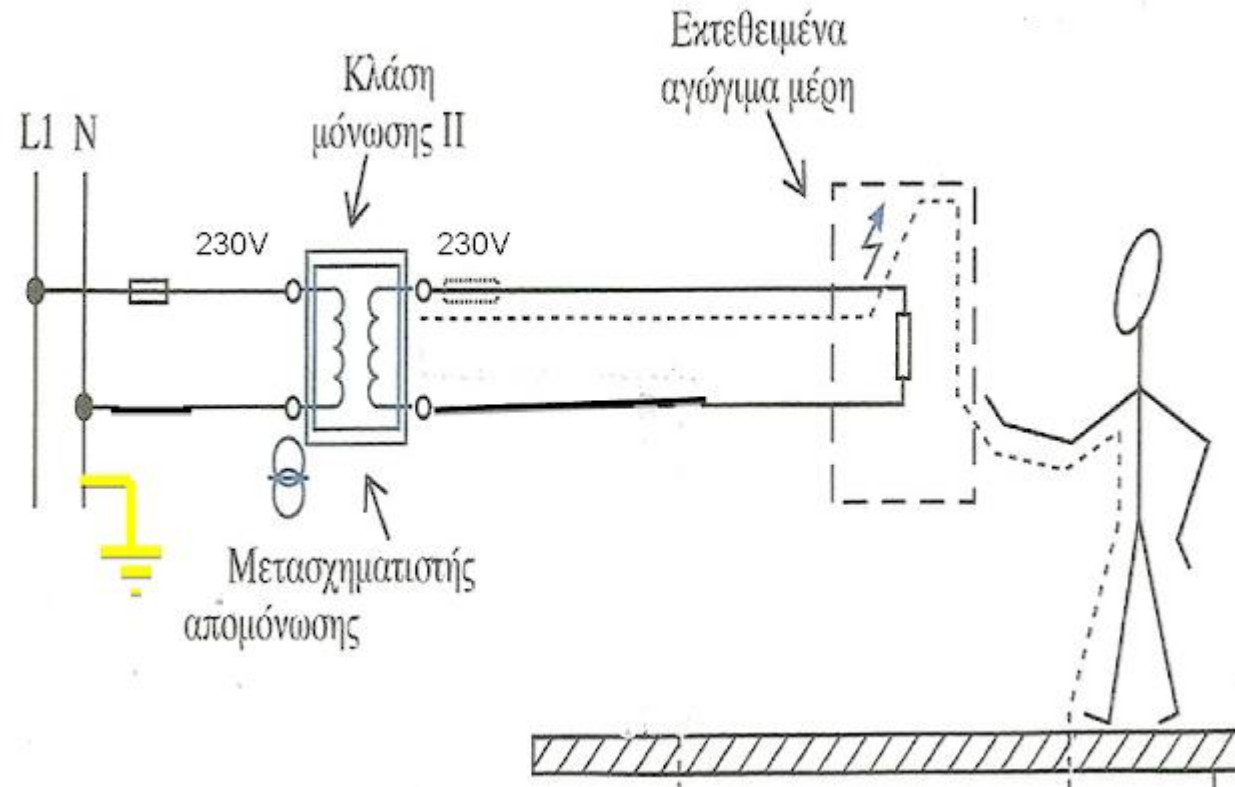
β. Υπολογίζω την τάση βραχυκύκλωσης από τον τύπο:

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

γ. Υπολογίζω το ρεύμα βραχυκύκλωσης στο δευτερεύον του Μ/Σ από τον τύπο:

$$U_K \% = \frac{I_{2N}}{I_{2K}} \cdot 100 \Rightarrow I_{2K} = \frac{I_{2N}}{U_K \%} \cdot 100 \Rightarrow I_{2K} = \frac{0,2}{5} \cdot 100 \Rightarrow I_{2K} = 4A$$

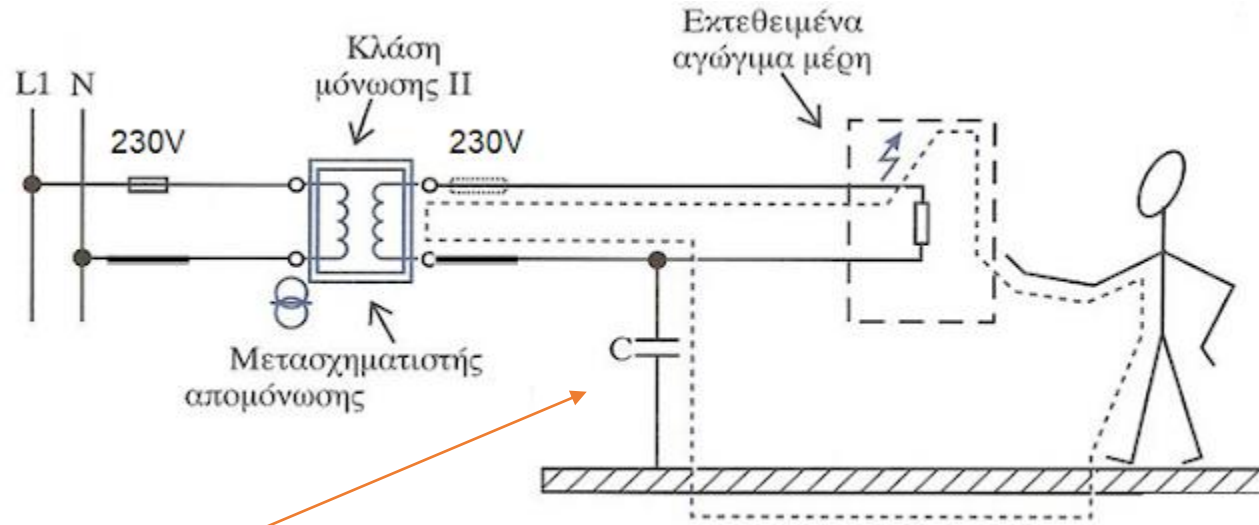
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΓΑΛΒΑΝΙΚΗΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΓΑΛΒΑΝΙΚΗΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ

- Στους Μ/Σ 1:1 η τάση του πρωτεύοντος είναι ίση με την τάση του δευτερεύοντος.
- Το δευτερεύον για λόγους προστασίας δεν γειώνεται, με σκοπό την απομόνωση του δευτερεύοντος από το πρωτεύων κύκλωμα. Για αυτό λέγονται Μ/Σ απομόνωσης ή προστασίας.
- Οι Μ/Σ 1:1 χρησιμοποιούνται στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σαν μέθοδοι προστασίας από έμμεση επαφή και σε πρίζες που βρίσκονται σε υγρούς χώρους.

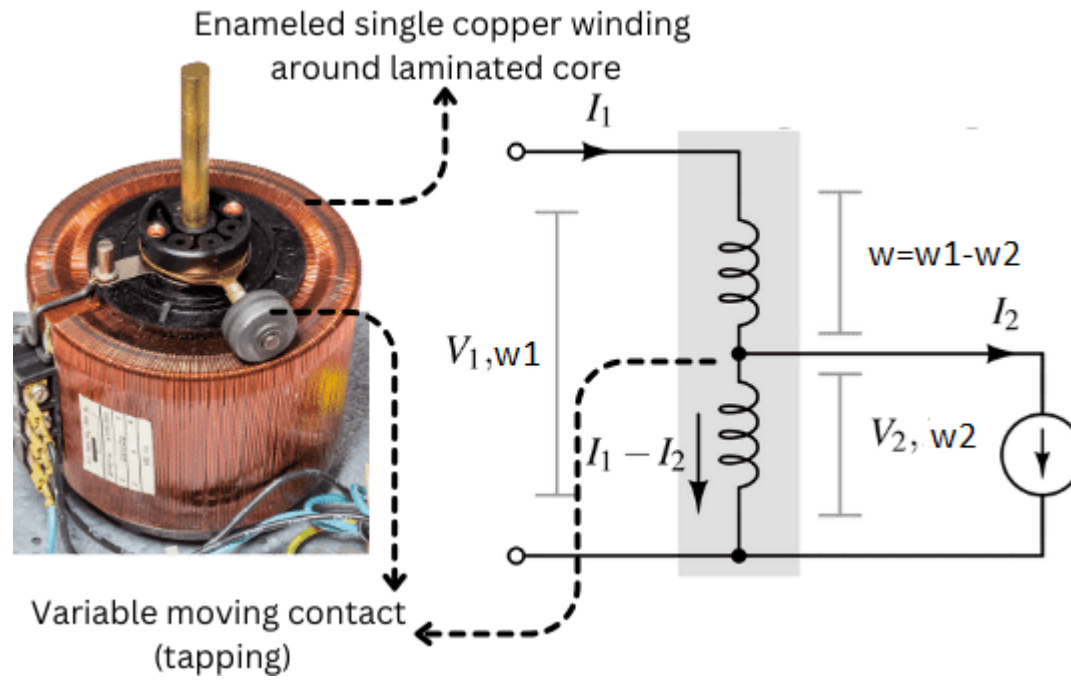
Γαλβανική απομόνωση-Προσοχή στα μεγάλα μήκη τροφοδοσίας



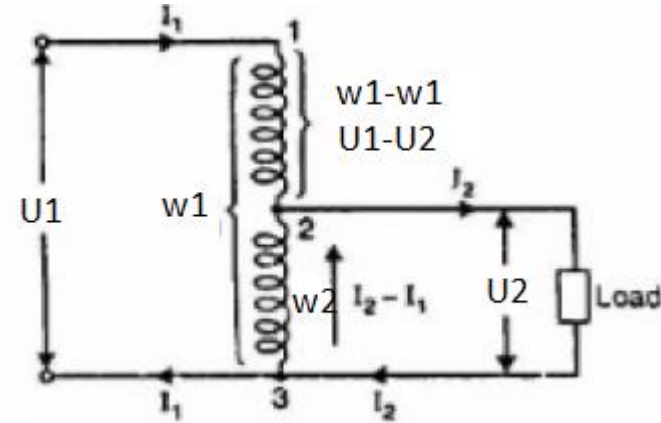
Ισοδύναμη χωρητικότητα

Γι' αυτό δεν επιτρέπεται το μήκος της γραμμής να είναι οποιαδήποτε.
Στα 400V επιτρέπονται 260 m, ενώ για 230 V επιτρέπονται 454 m.

Αυτομετασχηματιστές (Autotransformers)



Αυτομετασχηματιστές (Autotransformers)



$$\frac{U_1}{U_1 - U_2} = \frac{w_1}{w_1 - w_2} \Rightarrow$$

$$U_1(w_1 - w_2) = w_1(U_1 - U_2) \Rightarrow$$

$$U_1 w_1 - U_1 w_2 = U_1 w_1 - U_2 w_1 \Rightarrow$$

$$U_1 w_2 = U_2 w_1 \Rightarrow$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = k$$

Αυτομετασχηματιστές (Autotransformers)

- Η βασική διαφορά μεταξύ AM/Σ και M/Σ είναι ότι στον AM/Σ δεν υπάρχει ηλεκτρική μόνωση μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος.
- Οι AM/Σ έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής, λόγω του ενός τυλίγματος, αλλά και του μικρότερου βάρους των αγωγών, άρα λιγότερες απώλειες και καλύτερο βαθμό απόδοσης.
- Από το κοινό τμήμα του τυλίγματος AM/Σ περνά μειωμένη ένταση ρεύματος, γι' αυτό κατασκευάζονται με αγωγούς μικρότερης διατομής σε σχέση με τους M/Σ ισχύος.
- Αποδίδει πολύ μεγαλύτερη φαινόμενη ισχύς από τους M/Σ ισχύος.
- Βασικό του μειονέκτημα είναι ότι δεν υπάρχει ηλεκτρική μόνωση μεταξύ Χ.Τ και Υ.Τ. Οι AM/Σ χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις.

Αυτομετασχηματιστές (Autotransformers)

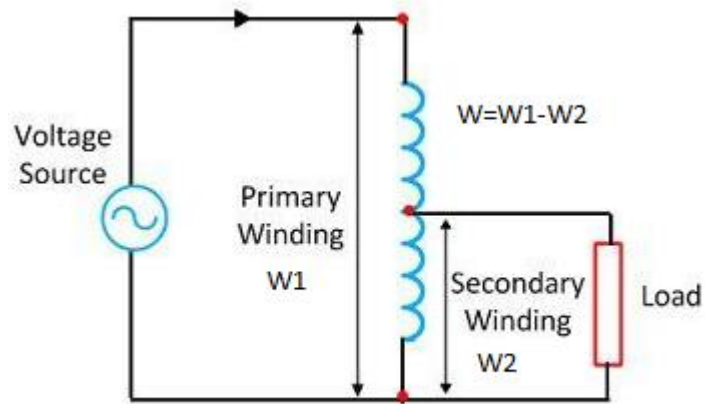
Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλότερο κόστος κατασκευής λόγω ότι είναι κατασκευασμένοι με ένα τύλιγμα.
- Μικρότερο βάρος
- Λιγότερες απώλειες
- Αποδίδουν μεγαλύτερη φαινόμενη ισχύ
- Από το κοινό τμήμα του τυλίγματος ΑΜ/Σ περνά μειωμένη ένταση ρεύματος γι' αυτό κατασκευάζονται με αγωγούς μικρότερης διατομής

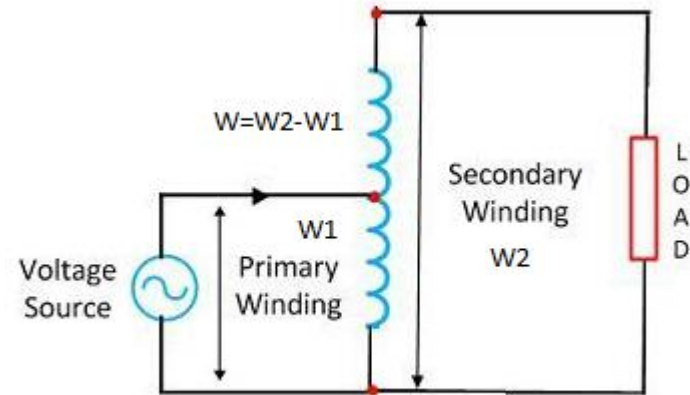
Μειονεκτήματα:

- Δεν υπάρχει ηλεκτρική μόνωση μεταξύ Χ.Τ και Υ.Τ.
- Οι ΑΜ/Σ χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις

Αυτομετασχηματιστές (Α/ΜΣ)



Stepdown Autotransformer



Step-up Autotransformer

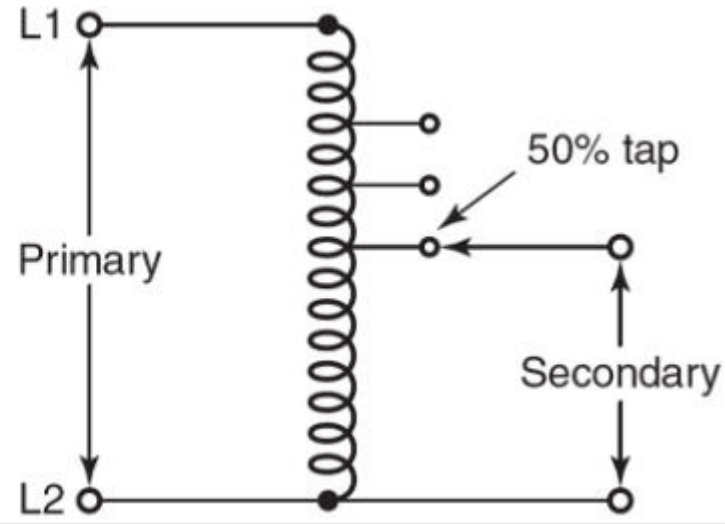
- Ο ΑΜ/Σ υποβιβασμού μπορεί να δώσει φαινόμενη ισχύς σχετικά με έναν αντίστοιχο Μ/Σ:

$$P_{S2(A/M\Sigma)} = \frac{W_1}{W} P_{S2(M/\Sigma)}$$

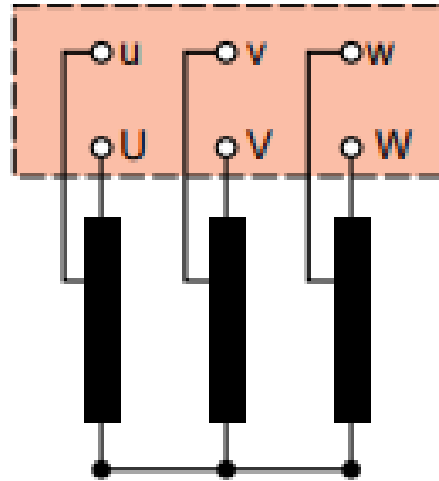
- Ο ΑΜ/Σ ανύψωσης μπορεί να αποδώσει φαινόμενη ισχύς ως προς ενός όμοιου Μ/Σ:

$$P_{S2(A/M\Sigma)} = \frac{W_2}{W} P_{S2(M/\Sigma)}$$

Αυτομετασχηματιστές (Autotransformers)



Τριφασικοί Αυτομετασχηματιστές



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΟΡΓΑΝΩΝ (INSTRUMENT TRANSFORMERS)



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΟΡΓΑΝΩΝ (INSTRUMENT TRANSFORMERS)

- Μ/Σ μετρήσεων (οργάνων μέτρησης) ονομάζουμε τους Μ/Σ που χρησιμεύουν για την μέτρηση μεγάλων τάσεων ή εντάσεων.
- Χωρίζονται σε Μ/Σ τάσης και έντασης ρεύματος
- Για το σκοπό αυτό παρεμβάλλονται μεταξύ των αγωγών των δικτύων και του οργάνου μέτρησης και υποβιβάζουν κατά τη σχέση μεταφοράς την τάση ή την ένταση που θέλουμε να μετρήσουμε.
- Η διαφορά των Μ/Σ οργάνων μέτρησης από τους Μ/Σ ισχύος είναι ότι αυτοί κατασκευάζονται για πολύ μικρότερη ισχύ και επίσης για λόγους ασφαλείας το ένα ακρο του δευτερεύοντος γειώνεται.

Με αυτούς πετυχαίνουμε:

- α. Την αύξηση της περιοχής μέτρησης των οργάνων.
- β. Την ηλεκτρική απομόνωση τους από το κύκλωμα Υ.Τ.
- γ. Την εγκατάστασή τους σε θέσεις προσιτές και ακίνδυνες για τον χειριστή τους.

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΟΡΓΑΝΩΝ (INSTRUMENT TRANSFORMERS)

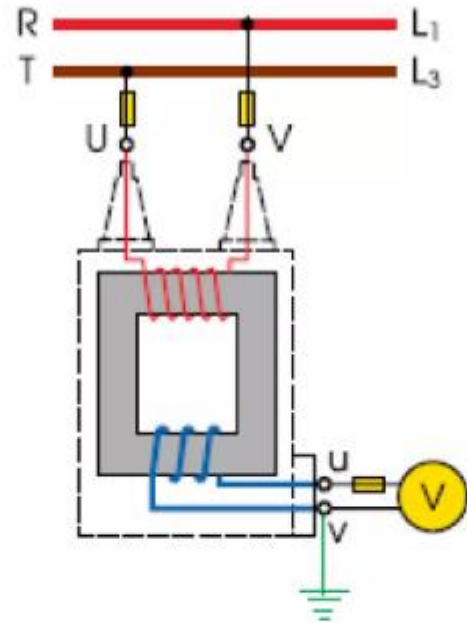
Μετασχηματιστές τάσεως

- Μέτρηση εναλλασσόμενων υψηλών τάσεων

Μετασχηματιστές Έντασης

- Μέτρηση εναλλασσόμενων ρευμάτων μεγάλης εντάσεως
- Πολλές φορές σε δίκτυα υψηλής τάσεως

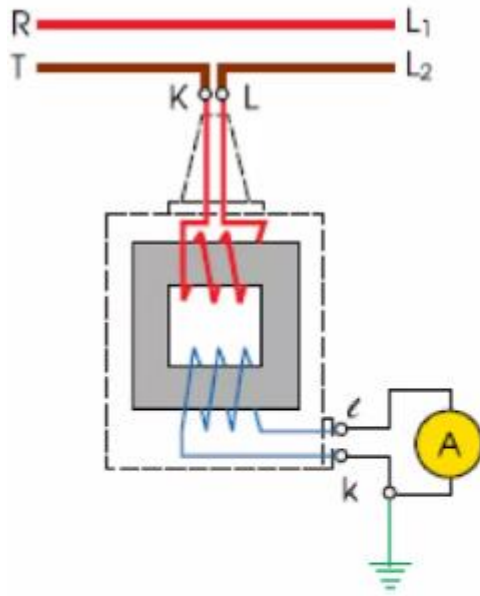
Μ/Σ Τάσης



Voltage Transformer

Στους Μ/Σ τάσης, το πρωτεύον συνδέεται στους ζυγούς υψηλής τάσης που θέλουμε να μετρήσουμε και το δευτερεύων συνδέεται σε ένα βολτόμετρο, ενώ ο ακροδέκτης της χαμηλής τάσης για λόγους ασφαλείας γειώνεται.

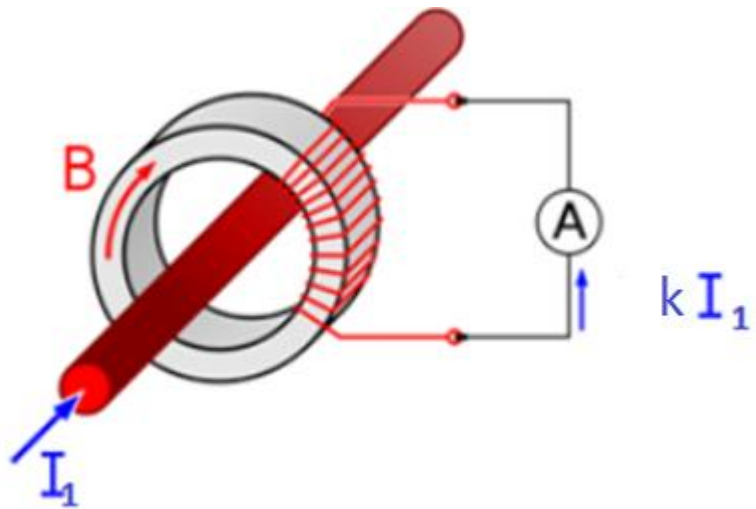
Μ/Σ Έντασης



•Στους Μ/Σ έντασης, το πρωτεύον συνδέεται σε σειρά με το κύκλωμα, ενώ το δευτερεύον συνδέεται σε σειρά με το αμπερόμετρο.

•Όταν τροφοδοτείται το πρωτεύον τύλιγμα το δευτερεύον δεν πρέπει να μένει ανοικτό, γιατί η διακοπή προκαλεί μεγάλη τάση και υπάρχει κίνδυνος και για τον Μ/Σ και για αυτόν που το χειρίζεται.

Μ/Σ Έντασης



Conceptual picture of a Current Transformer

