

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ -ΑΓΡΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΘΗΜΑ: ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 2: ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

ΣΚΟΠΟΣ:

1. Να διατυπώνετε την αρχή λειτουργίας των Μ/Σ
2. Να μπορείτε να διακρίνετε τα βασικά είδη των Μ/Σ και την χρήση τους
3. Να περιγράφετε τα προβλήματα που θα παρουσιαστούν , αν βραχυκυκλωθεί το δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ: ΤΣΙΡΟΠΟΥΛΟΣ ΖΗΣΗΣ ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΡΑΝΙΚΑΣ Ε.ΔΙ.Π

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

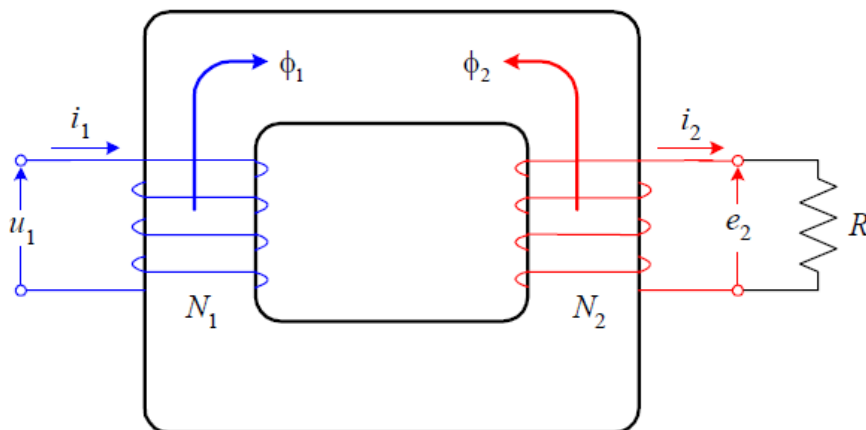
ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΩΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ

1. Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

Το φαινόμενο της **ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής** ανακαλύφθηκε και διατυπώθηκε μαθηματικά από τον Faraday το 1831. Ο Faraday εξέφρασε την επαγόμενη τάση στον αγωγό, ως συνάρτηση του αριθμού των δυναμικών γραμμών του μαγνητικού πεδίου που τέμνουν τον αγωγό. Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται η λειτουργία όλων των ηλεκτρικών μηχανών. Σύμφωνα με το **νόμο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής**, ή **νόμο του Faraday**, όταν μεταβάλλεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από ένα πλαίσιο, επάγεται στα άκρα του πλαισίου μια ηλεκτρεγερτική δύναμη, η οποία είναι ανάλογη με την ταχύτητα μεταβολής της μαγνητικής ροής, δηλαδή:

$$e = - N \cdot (d\phi/dt)$$

Στη σχέση αυτή N είναι ο αριθμός των σπειρών του πλαισίου (πηνίου) και ϕ η μαγνητική ροή που διέρχεται απ' αυτές. Το αρνητικό πρόσημο (-) οφείλεται στο **νόμο του Lenz**. Σύμφωνα με το **νόμο του Lenz**, η πολικότητα της επαγόμενης τάσης στο πλαίσιο είναι τέτοια ώστε, εάν τα άκρα του πλαισίου τροφοδοτούν ένα φορτίο το ρεύμα που θα κυκλοφορήσει να παράγει ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε. Το ρεύμα στο πλαίσιο ονομάζεται επαγωγικό ρεύμα. Ο προσδιορισμός της φοράς του επαγωγικού ρεύματος γίνεται φανερός από τη διάταξη του Σχήματος 1, η οποία είναι ένας **μετασχηματιστής**.



Σχήμα 1: Αρχή λειτουργίας του μετασχηματιστή, σύμφωνα με τους νόμους του Faraday και του Lenz

Το πρωτεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή N_1 διαρρέεται από το ρεύμα i_1 και προκαλεί τη ροή ϕ_1 στον πυρήνα. Η ροή ϕ_1 διέρχεται από τις σπείρες του δευτερεύοντος τυλίγματος N_2 , με αποτέλεσμα την ανάπτυξη της τάσης από επαγωγή e_2 . Όταν το δευτερεύον τύλιγμα είναι κλειστό, μέσω της αντίστασης φορτίου R , το επαγωγικό ρεύμα i_2 έχει τη σημειωμένη φορά. Το ρεύμα i_2 προκαλεί τη μαγνητική ροή ϕ_2 , με φορά αντίθετη της ϕ_1 , η οποία το προκάλεσε. Όταν η ροή στον πυρήνα του Σχήματος 1 μεταβάλλεται χρονικά, όπως απαιτεί η λειτουργία του μετασχηματιστή, επάγονται τάσεις εκτός από το δευτερεύον τύλιγμα και μέσα στο υλικό του πυρήνα. Αυτές οι τάσεις προκαλούν την κυκλοφορία ρευμάτων μέσα στον πυρήνα. Τα ρεύματα αυτά, επειδή ακολουθούν

διαδρομές που μοιάζουν με δίνες, ονομάζονται **δινορρεύματα** (eddy current). Τα δινορρεύματα προκαλούν απώλειες στον πυρήνα, με συνέπεια τη θέρμανσή του. Οι απώλειες λόγω των δινορρευματών είναι ανάλογες με το μήκος της διαδρομής των ρευμάτων αυτών μέσα στον πυρήνα. Προκειμένου το μήκος της διαδρομής των δινορρευματών να είναι μικρό, οι πυρήνες των μετασχηματιστών και των ηλεκτρικών μηχανών κατασκευάζονται από ελάσματα (laminations) μικρού πάχους, μονωμένα μεταξύ τους με ρητίνες. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται μεγάλη ηλεκτρική αντίσταση στον πυρήνα για τον περιορισμό των δινορρευματών, χωρίς να αυξάνεται η μαγνητική του αντίσταση.

Λειτουργία μετασχηματιστών

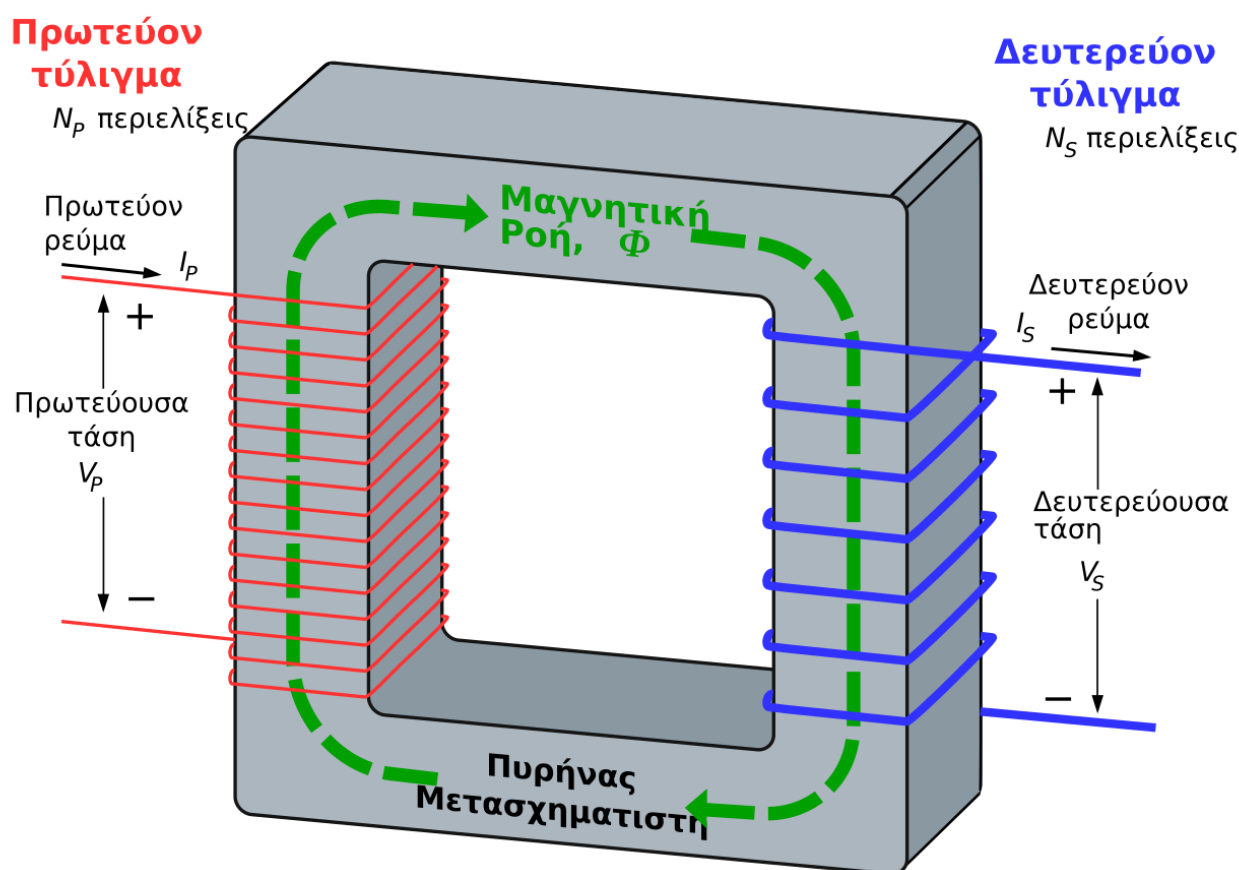
1) Γενικά

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 **ηλεκτρική πηγή** (δίκτυο ηλεκτροδότησης) και **δευτερεύον** το τύλιγμα που μάς δίνει την **μετασχηματισμένη τάση**

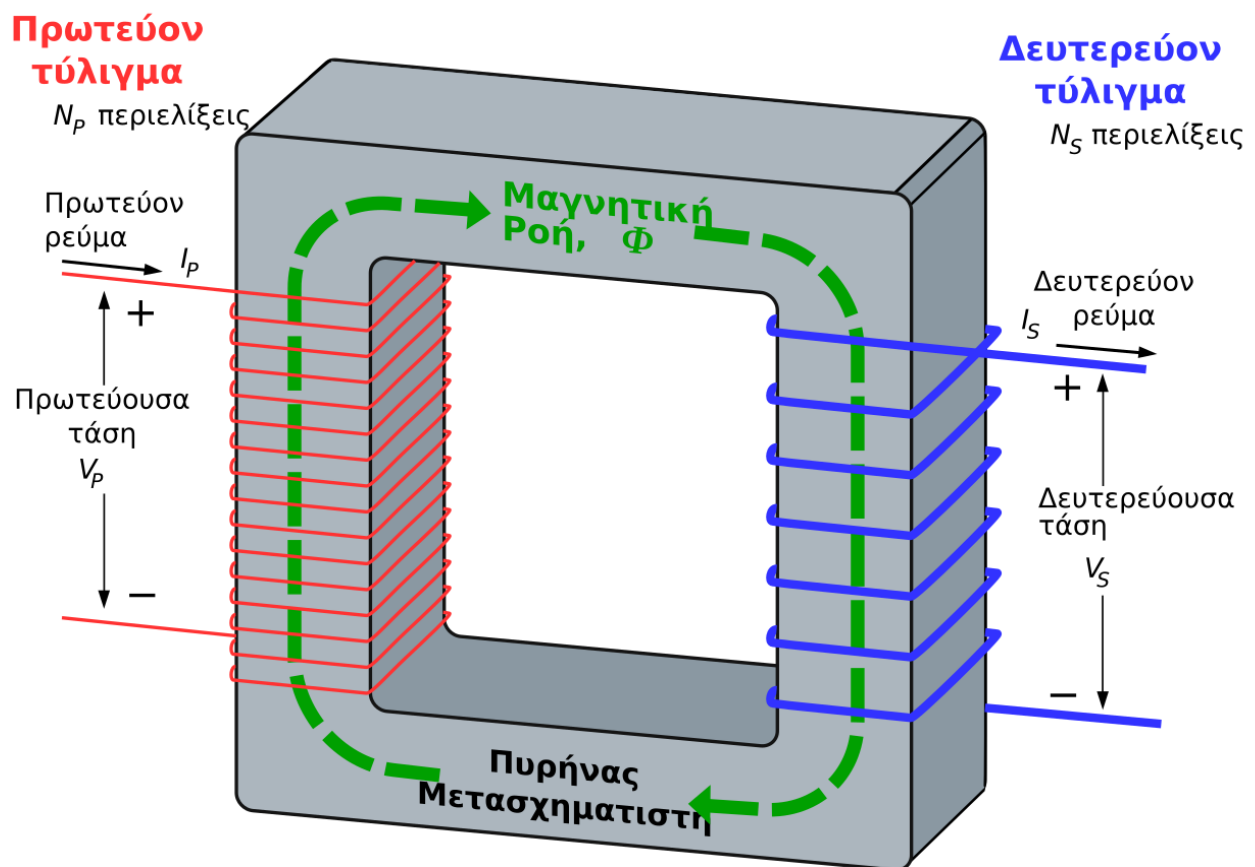


Σε κάθε Μ/Σ διακρίνουμε δύο λειτουργικές καταστάσεις :

- Τη λειτουργία χωρίς φορτίο (λειτουργία εν κενώ) στην οποία η τάση του δευτερεύοντος είναι ίση με την Η.Ε.Δ. που αναπτύσσεται σ' αυτό δηλ. $U_2 = E_2$
- 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.

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, της εικόνας 1



Εικόνα 1

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

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S} \quad (1.1)$$

Ο λόγος (πηλίκο) των σπειρών του πρωτεύοντος προς τις σπείρες του δευτερεύοντος (N_1/N_2) λέγεται σχέση μεταφοράς K του Μ/Σ. Άρα :

$$K = \frac{N_P}{N_S} \quad (1.2)$$

Από την 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. Με άλλα λόγια μπορούμε να ανυψώνουμε ή να υποβιβάζουμε την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος .

Παράδειγμα

Ένας μονοφασικός Μ/Σ έχει στο πρωτεύον τύλιγμα $N_P = 5000$ σπείρες και στο δευτερεύον $N_S = 500$ σπείρες . Αν τροφοδοτηθεί με τάση $U_P = 200V$, τι τάση θα μας δώσει στο δευτερεύον του(στη λειτουργία χωρίς φορτίο); Τι είδους είναι ο Μ/Σ;

Λύση

$$\text{Έχουμε: } \frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S} \Rightarrow U_S = U_P \cdot \frac{N_S}{N_P} = 200 \cdot \frac{500}{5000} = \frac{1000}{50} \Rightarrow U_S = 20 V$$

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

Λειτουργία Μ/Σ με φορτίο – Σχέση μεταξύ τάσεων και εντάσεων

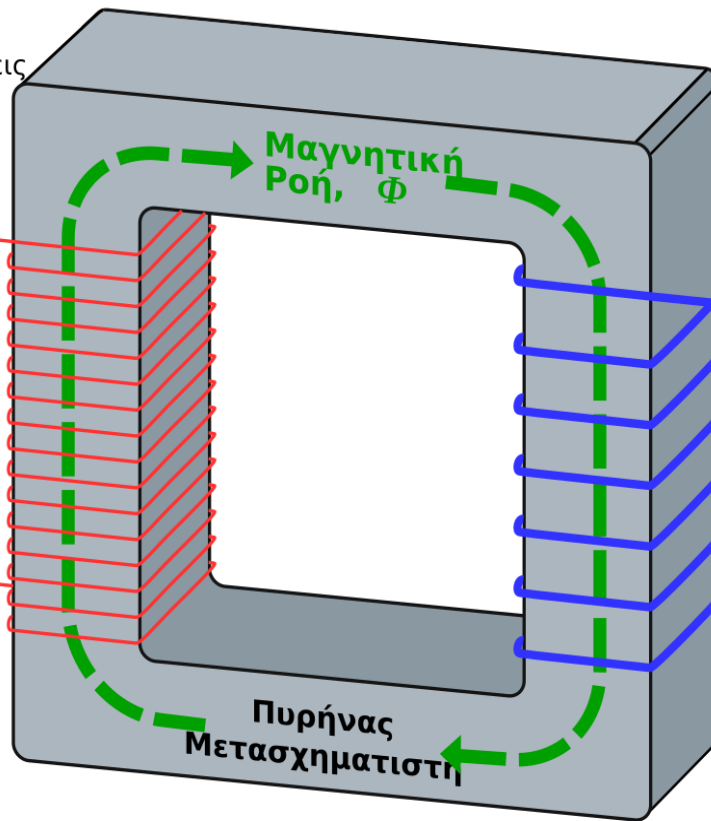
Λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί με φορτίο όταν το δευτερεύον του τροφοδοτεί έναν καταναλωτή K (εικόνα 2)

Πρωτεύον τύλιγμα

N_P περιελίξεις

Πρωτεύον
ρεύμα
 I_P

Πρωτεύουσα
τάση
 V_P

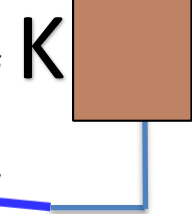


Δευτερεύον τύλιγμα

N_S περιελίξεις

Δευτερεύον
ρεύμα
 I_S

Δευτερεύουσα
τάση
 V_S



Εικόνα 2

Στη περίπτωση αυτή την ισχύ που απορροφά ο καταναλωτής από το δευτερεύον τύλιγμα, μαζί με τις απώλειες του Μ/Σ, την 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).

Αν μετρήσουμε τις εντάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος (εικόνα 2) , θα διαπιστώσουμε ότι προσεγγιστικά ισχύει η σχέση:

$$\frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S} \quad (1.3)$$

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

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{N_P}{N_S} \quad (1.4)$$

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

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S} \quad (1.5)$$

Από την σχέση 1.5 μπορούμε να συμπεράνουμε ότι :

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

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

Παράδειγμα

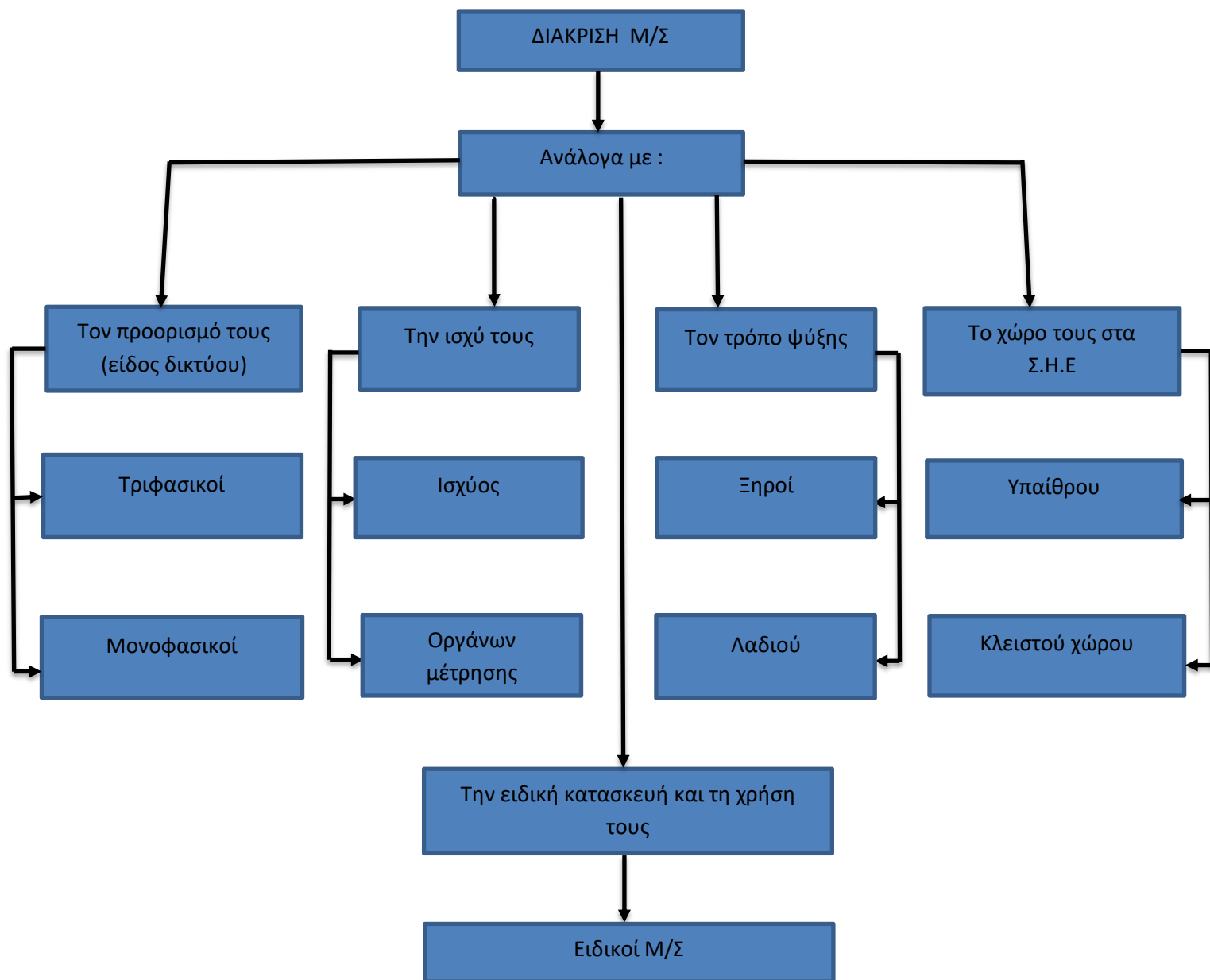
Η ένταση του ρεύματος στο πρωτεύον ενός Μ/Σ είναι 3 Α και η τάση του $U_P = 220 \text{ V}$.

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

Λύση

Από την εξίσωση 1.5 έχουμε: $\frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} \Rightarrow I_S = I_P \cdot \frac{U_P}{U_S} = 3 \cdot \frac{220}{44} = 15 \text{ A}$

Επομένως ο Μ/Σ αυτός έχει σχέση μεταφοράς $K = \frac{U_P}{U_S} = 5$, δηλ. όταν η τάση στο δευτερεύον του U_S μειώνεται κατά 5 φορές σε σχέση με τη τάση στο πρωτεύον U_P , η ένταση ρεύματος στο δευτερεύον αυξάνεται κατά 5 φορές σε σχέση με την ένταση του πρωτεύοντος ($I_S = K \cdot I_P = 5 \cdot 3 = 15 \text{ A}$)



https://www.youtube.com/watch?v=vh_aCAHThTQ

https://www.youtube.com/watch?v=0cm6a00_3jM

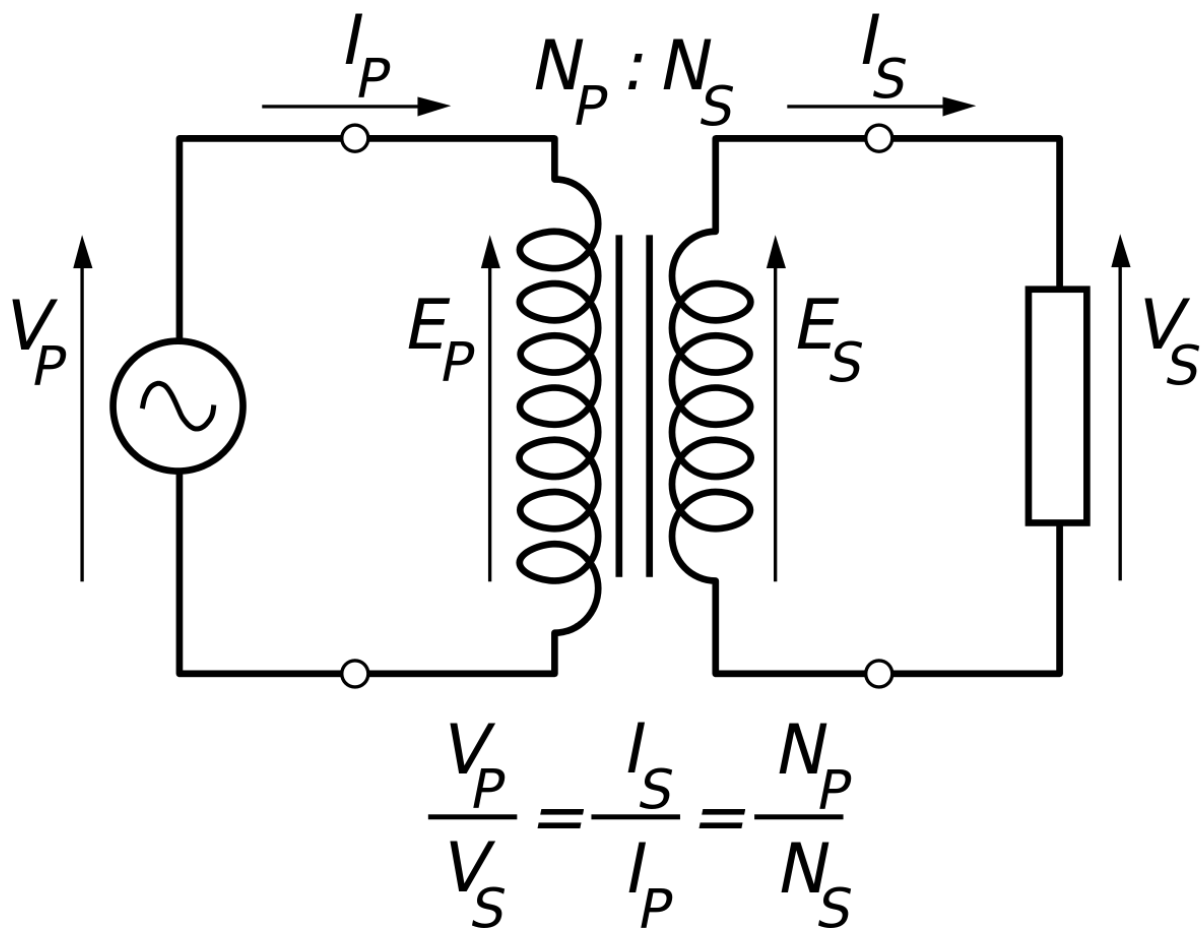
ΜΕΡΟΣ Β: ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΑΥΤΟΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ερωτήσεις :

1. Από τι αποτελείται βασικά κάθε Μ/Σ;
2. Τι λέμε πρωτεύον και τι δευτερεύον ;
3. Πως λειτουργεί ένας μονοφασικός Μ/Σ;
4. Πότε λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί χωρίς φορτίο ;
5. Πότε λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί με φορτίο ;
6. Ποια η σχέση μεταξύ των τάσεων , των εντάσεων και των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος ενός Μ/Σ και πως προκύπτει αυτή;

Ασκήσεις :

Ο Μ/Σ του παρακάτω σχήματος τροφοδοτείται με τάση 50 V συμπληρώστε τον πίνακα Ι αφού κάνετε τους κατάλληλους υπολογισμούς. Από τις οκτώ κατηγορίες Μ/Σ του πίνακα Ι ποιοι Μ/Σ είναι υποβιβασμού ανόρθωσης τάσης ;



A/A	Αριθμός τυλιγμάτων πρωτεύοντος N_P	Αριθμός τυλιγμάτων δευτερεύοντος N_S	Τάση πρωτεύοντος V_P	Τάση δευτερεύοντος V_S	Ρεύμα πρωτεύοντος I_P	Ρεύμα δευτερεύοντος I_S	Αναλογία I_P/I_S	Αναλογία V_P/V_S	Αναλογία N_P/N_S
1	500	2000	50		5				
2	1000	1500	50		5				
3	1500	1000	50		5				
4	2000	500	50		5				
5	500	1500	50		5				
6	1000	2000	50		5				
7	1500	500	50		5				
8	2000	1000	50		5				

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι