

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟ

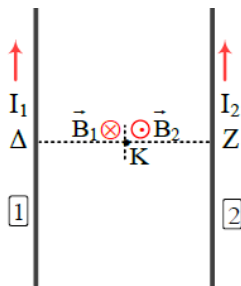
1) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΠΟ ΠΟΛΛΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Σχεδιάζουμε στο σημείο τα διανύσματα \vec{B} που δημιουργεί κάθε ρευματοφόρος αγωγός (κανόνας δεξιού χεριού) και έπειτα βρίσκουμε συνισταμένη.

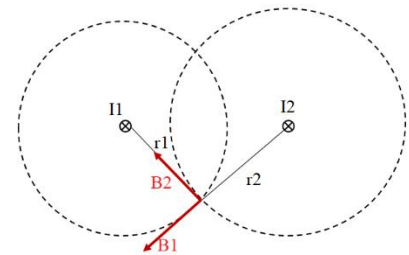
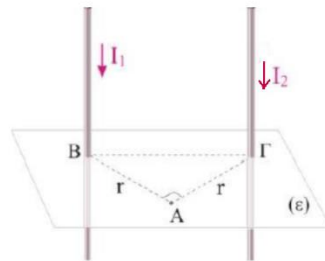
Παραδείγματα

1.1) Δύο παράλληλοι ευθύγραμμοι αγωγοί.

- α) Αν το σημείο βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τους αγωγούς, σχεδιάζω το σχήμα προφίλ και τα \vec{B}_1, \vec{B}_2 θα είναι συγγραμικά με \odot ή \otimes (σχήμα 1)
- β) Αν το σημείο δεν βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τους αγωγούς, σχεδιάζω το σχήμα κάτοψη και το σημείο σχηματίζει τρίγωνο με τους αγωγούς. Σχεδιάζω κυκλική μαγνητική γραμμή γύρω από κάθε αγωγό και τα \vec{B}_1, \vec{B}_2 εφαπτόμενα (κάθετα στην ακτίνα). Τα \vec{B}_1, \vec{B}_2 θα σχηματίζουν γωνία. (σχήμα 2)



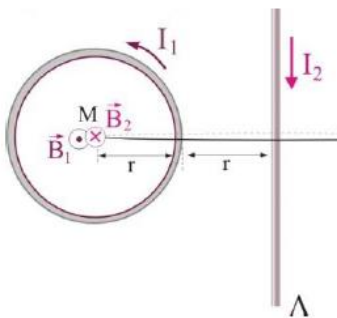
σχ.1



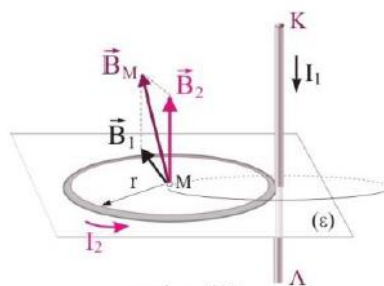
σχ.2

1.2) Ευθύγραμμος και κυκλικός

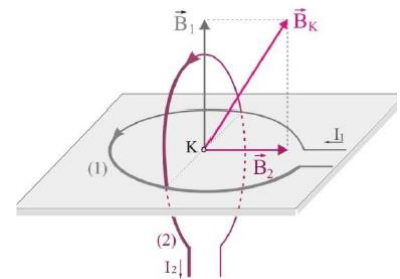
- α) αν οι αγωγοί βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο τότε στο κέντρο του κυκλικού αγωγού, τα \vec{B}_1, \vec{B}_2 θα είναι συγγραμικά με \odot ή \otimes (σχ.3)
- β) αν ο ευθύγραμμος είναι κάθετος στο επίπεδο του κυκλικού, τότε στο κέντρο του κυκλικού αγωγού τα \vec{B}_1, \vec{B}_2 θα είναι κάθετα (σχ.4)
- γ) τα ίδια ισχύουν και για 2 κυκλικούς ρευματοφόρους αγωγούς.(σχ.5)



σχ.3



σχ.4



σχ.5

2) ΜΗΚΟΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΚΥΚΛΙΚΟ ΑΓΩΓΟ ΑΚΤΙΝΑΣ r , N ΣΠΕΙΡΩΝ (ή ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΕΣ)

$$L = N \cdot 2\pi r$$

Αν με το ίδιο μήκος σύρματος σχηματίζουμε δευτερο κυκλικό αγωγό ακτίνας r' και σπείρες N' τότε

$$L = N' 2\pi r'$$

και εξισώνουμε τα δεύτερα μέλη.

3) ΑΝ ΚΟΨΟΥΜΕ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΕΣ ΣΕ κ ΙΔΙΑ ΚΟΜΜΑΤΙΑ,

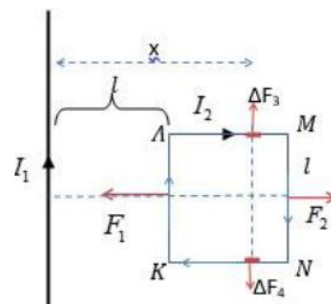
τότε για το κάθε κομμάτι έχουμε $\frac{N}{\kappa}$ σπείρες, $\frac{\ell}{\kappa}$ μήκος και $\frac{R}{\kappa}$ αντίσταση.

4) ΔΥΝΑΜΗ (ΣΥΝΣΤΑΜΕΝΗ) ΣΕ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΠΟ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟ ΡΕΥΜΑΤΟΦΟΡΟ ΑΓΩΓΟ

Οι οριζόντιοι αγωγοί του πλαισίου δέχονται δυνάμεις Laplace ίδιου μέτρου και αντίθετης φοράς. Αυτό συμβαίνει γιατί ο ευθύγραμμος αγωγός δημιουργεί ίσες εντάσεις του μαγνητικού πεδίου του σε απόσταση x από αυτόν και ανά δύο τα απέναντι στοιχειώδη τμήματα των οριζόντιων αγωγών δέχονται δυνάμεις που αλληλοαναιρούνται.

Άρα η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο πλαίσιο καθορίζεται μόνο από τη συνισταμένη των F_1, F_2 .

(δυνάμεις μεταξύ παραλλήλων ρευματοφόρων αγωγών)



5) ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΑΠΟ ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ ΦΟΡΤΙΟΥ (π.χ. ηλεκτρόνιο γύρω από πυρήνα)

Ένταση κυκλικού ρεύματος $I = \frac{q}{T} = q \cdot f$ (όπου f = συχνότητα)

$$\text{οπότε } B = \mu_0 \frac{2\pi I}{r} = \mu_0 \frac{2\pi q f}{r}$$

6) ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ (P_K, V_K)

Υπολογίζουμε ωμική αντίσταση συσκευής $R_K = \frac{V_K^2}{P_K}$

και ένταση ρεύματος κανονικής λειτουργίας $I_K = \frac{P_K}{V_K}$

Αν στα άκρα συσκευής η τάση της είναι $V \neq V_K$ δεν λειτουργεί κανονικά.

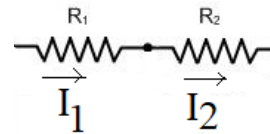
7) ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕ ΠΗΓΗ

7.1) Σύνδεση αντιστάσεων κατά σειρά

$$I_1 = I_2 = I_{O\Lambda}$$

$$R_{O\Lambda} = R_1 + R_2$$

$$V_{O\Lambda} = V_1 + V_2$$

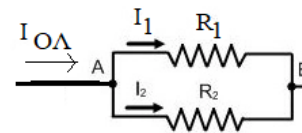


7.2) Σύνδεση αντιστάσεων κατά διακλάδωση (παράλληλα)

$$V_{O\Lambda} = V_1 = V_2$$

$$I_1 + I_2 = I_{O\Lambda}$$

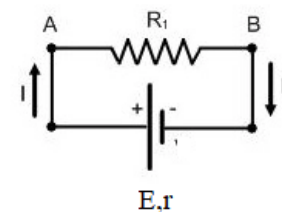
$$R_{O\Lambda} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



7.3) Κλειστό κύκλωμα με πηγή ΗΕΔ και εσωτερική αντίσταση r

$$I_{O\Lambda} = \frac{E}{R+r}$$

πολική τάση πηγής (στα άκρα) $V_{\Pi} = E - I_{O\Lambda} \cdot r$



7.4) Θερμότητα joule σε αντίσταση αν I = σταθερό: $Q = I^2 \cdot R \cdot \Delta t$

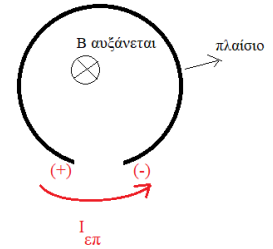
7.5) Ρυθμός παραγωγής θερμότητας σε R (ισχύς): $P = I^2 \cdot R$ (SI: 1Watt)

7.6) Ρυθμός προσφοράς ενέργειας από πηγή (ισχύς πηγής): $P = E \cdot I$

8) ΕΠΑΓΩΓΗ

8.1) Προσδιορισμός φοράς επαγωγικού ρεύματος σε κλειστό πλαίσιο λόγω μεταβολής μαγνητικού πεδίου, (ή μαγνήτη που μετακινείται μπροστά από το πλαίσιο)

Αν ένα κλειστό πλαίσιο βρίσκεται εντός εξωτερικού μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου B , εμφανίζεται $I_{επ}$ τέτοιας φοράς ώστε να αναιρέσει την μεταβολή αυτή (κανόνας Lenz), δηλαδή αν η B αυξάνεται να τη μειώσει (άρα δημιουργεί δικό του $B_{επ}$ αντίθετης φοράς) ενώ αν η B μειώνεται να την αυξήσει (άρα δημιουργεί δικό του $B_{επ}$ ίδιας φοράς).



Αν το πλαίσιο είναι ανοικτό τότε εμφανίζεται $E_{επ}$ αλλά όχι $I_{επ}$, άρα ούτε αντίδραση στις μεταβολές.

Την πολικότητα της $E_{επ}$ προσδιορίζουμε θεωρώντας υποθετικά το πλαίσιο κλειστό με αντιστάτη και ανάλογα με τη φορά του $I_{επ}$ που θα δημιουργούσε, καθορίζεται η πολικότητα της $E_{επ}$.

$$\text{Επαγωγική τάση λόγω μεταβολής } B: \quad E_{επ} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\Delta B \cdot A}{\Delta t} \right|$$

9) ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ ΣΕ ΚΙΝΟΥΜΕΝΗ ΑΓΩΓΙΜΗ ΡΑΒΔΟ

Όταν μια αγώγιμη ράβδος μήκους ℓ κινείται με ταχύτητα v (κάθετη στη ράβδο) μέσα σε μαγνητικό πεδίο και σαρώνει επιφάνεια εμβαδού $A = \ell \cdot \Delta x$ κάθετη στη B , εμφανίζει ΗΕΔ επαγωγής

$$E_{επ} = Bv\ell$$

οπότε συμπεριφέρεται σαν ηλεκτρική πηγή με $ΗΕΔ = E_{επ}$ και εσωτερική αντίσταση r .

Αν το κύκλωμα είναι κλειστό, εμφανίζεται ρεύμα $I_{επ} = E_{επ}/R_{ολ}$ και F_L στη ράβδο η οποία αντιστέκεται στην κίνηση (Lenz). Με βάση τη φορά της F_L στη ράβδο καθορίζεται και η φορά του $I_{επ}$ και η πολικότητα της $E_{επ}$.

Η F_L στη ράβδο εξαρτάται από ταχύτητα της ράβδου, άρα αναλόγως και το είδος της κίνησης της ράβδου.

9.1) Οριακή ταχύτητα

Οριακή ταχύτητα ονομάζουμε την τελική σταθερή ταχύτητα που αποκτά η ράβδος και συμβαίνει, όταν σε αυτήν $\Sigma F = 0$.

9.2) Κίνηση μέχρι να αποκτήσει οριακή ταχύτητα

Η επιτάχυνση της ράβδου $a = \Sigma F/m \neq$ σταθερή εφόσον $F_L \neq$ σταθερή.

Υπολογίζουμε αρχική επιτάχυνση a_0 ράβδου (όταν ξεκινά την κίνηση της) και:

α) Αν $a_0 > 0$ εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση με φθίνουσα επιτάχυνση μέχρι που $a = 0$ (στη v_{op})

β) Αν $a_0 < 0$ εκτελεί επιβραδυνόμενη κίνηση με φθίνουσα επιτάχυνση μέχρι που $a = 0$ (στη v_{op})

9.3) Κίνηση από τη v_{op} και μετά

Εφόσον $\Sigma F = 0$ κάνει Ε.Ο.Κ

9.4) Υπολογισμός επαγωγικού φορτίου

α) $q_{επ} = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \left| \frac{B \cdot \ell \cdot \Delta x}{R} \right|$

β) Αν γνωρίζουμε εξίσωση $I=f(t)$, από το εμβαδό διαγράμματος

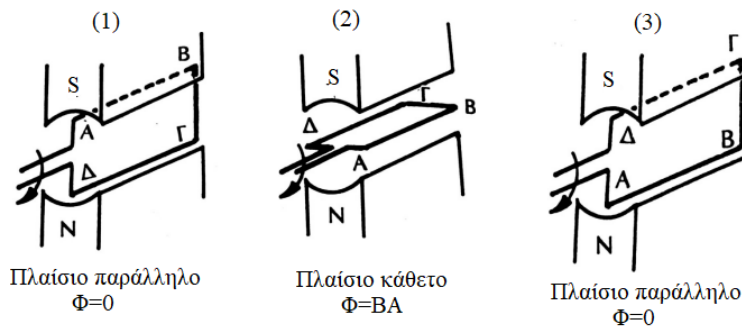
(π.χ όταν η επιτάχυνση $a=σταθ$ οπότε ισχύουν $v=v_0+at$ και $\Delta x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$)

γ) Αν συμβαίνει αυξομειωση Φ σε διάφορα Δt , τότε

i) για το φορτίο που μετατοπίστηκε υπολογίζουμε το $\Delta\Phi_{ολ}$ ή από το εμβαδό στο I-t αλγεβρικά.

ii) για το φορτίο που πέρασε υπολογίζουμε $|\Delta\Phi|$ σε κάθε επιμέρους Δt και προσθέτουμε ή από το εμβαδό I-t προσθέτουμε τια απόλυτες τιμές.

π.χ 1 στη παρακατω περιστροφή πλαισίου



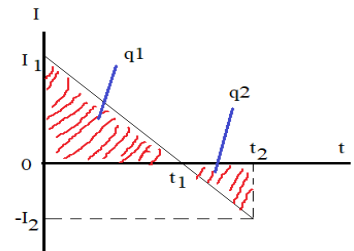
Φορτίο που μετατοπίστηκε: $\Delta\Phi_{(1-3)}=0$ άρα $q=0$

Φορτίο που πέρασε: $\left| \Delta\Phi_{(1-2)} \right| = BA$ άρα $q_1 = BA/R$
 $\left| \Delta\Phi_{(2-3)} \right| = BA$ άρα $q_2 = BA/R$ και $q=q_1+q_2 = 2BA/R$

π.χ.2 στο διάγραμμα I(t) του σχηματος

Φορτίο που μετατοπίστηκε: $q = q_1+q_2$ (αλγεβρικά)

Φορτίο που πέρασε: $q = |q_1| + |q_2|$



9.5) Υπολογισμός θερμότητας μέχρι που αποκτά v_{op}

Επειδή $I \neq σταθερό$ δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε $Q=I^2 \cdot R \cdot \Delta t$,

άρα εφαρμόζουμε ΘΜΚΕ και $Q = |W_{F_L}|$

Το απόλυτο έργο της F_L μετατρέπεται πάντα σε ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα και τελικά σε θερμότητα.

(για στοιχειώση μετατόπιση $|W_{F_L}| = F_L \cdot dx = BI\ell dx = BI\ell \cdot vdt = Eεπ \cdot I \cdot dt = Eηλ$)

Προσοχή! Αν υπάρχουν και τριβές τότε έχουμε και θερμότητα λόγω τριβών που υπολογίζεται από το $|W_T| = T \cdot \Delta x$

Οπότε $Q_{ολ} = Q_R + Q_{TP}$

9.6) Στιγμιαίος ρυθμός προσφοράς έργου από F (ισχύς F)

$$P_F = F \cdot v$$

9.7) Όταν δίνεται διάγραμμα $\Phi(t)$ υπολογίζουμε την $E_{επ}$ λαμβάνοντας υπόψη και το πρόσημο (-) στον τύπο $E_{επ} = -\Delta\Phi/\Delta t$ διότι συμβαίνει αλλαγή πολικότητας σε κάθε Δt .

10) ΜΕΣΗ ΙΣΧΥΣ ΕΝΑΛΛ. ΡΕΥΜΑΤΟΣ (από τι εξαρτάται)

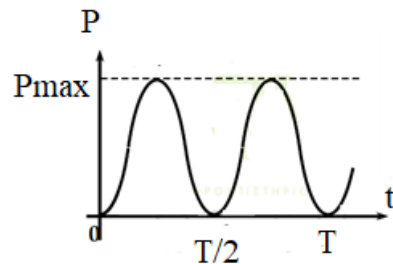
$$\bar{P} = \frac{V_{εν}^2}{R} = \frac{V^2}{2R} = \frac{N^2 \omega^2 B^2 A^2}{2R} \text{ (σταθερή με το χρόνο)}$$

$$\text{Θερμότητα σε } R \text{ σε χρόνο } T : Q = I_{εν}^2 \cdot R \cdot T = \frac{V_{εν}^2}{R} \cdot T = \frac{N^2 \omega^2 B^2 A^2}{2R} \cdot T = \frac{N^2 \omega^2 B^2 A^2}{2R} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \pi \frac{N^2 B^2 A^2}{R} \cdot \omega$$

11) ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΙΣΧΥΣ ΕΝ. ΡΕΥΜ.

$P = v \cdot i = V \cdot I \cdot \eta \mu^2 \omega t$
μεταβάλλεται με το χρόνο, όχι αρμονικά

$P_{\max} = V \cdot I = 2\bar{P}$
Το εμβαδό του διαγράμματος εκφράζει την ενέργεια που καταναλώνεται στην R και μεταρέπεται σε θερμότητα.



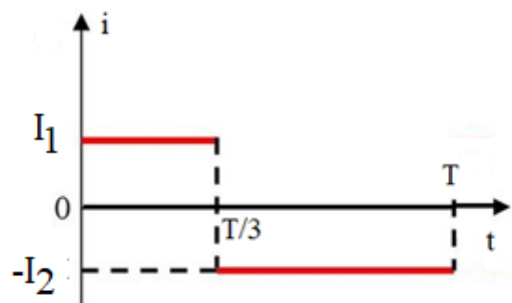
12) ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΥ ΕΝΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ $i(t)$

Υπολογίζουμε τη θερμότητα που εκλύεται από το εναλλασσόμενο ρεύμα του διαγράμματος

$$Q = I_1^2 R \frac{T}{3} + I_2^2 R \frac{2T}{3}$$

σε χρονικό διάστημα μιας περιόδου T και εξισώνουμε χρησιμοποιώντας τον ορισμό

$$Q = I_{εν}^2 \cdot R \cdot T.$$



13) ΕΙΣΟΔΟΣ ΑΓΩΓΙΜΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΣΕ ΟΜΟΓΕΝΕΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ

Τετράγωνο αγώγιμο πλαίσιο την $t=0$ αρχίζει να εισέρχεται σε Ο.Μ.Π. κινούμενο με σταθερή ταχύτητα v .

α) Φάση εισόδου ($0 \leq t < a/v$)

Θεωρούμε το πλαίσιο σε τυχαία θέση όπου έχει μετατοπιστεί η μπροστινή πλευρά $\Gamma\Delta$ κατά $x=vt$

$$\Phi = B \cdot S = B \cdot a \cdot x = B \cdot a \cdot vt$$

$$E_{\text{επ}} = - \Delta\Phi / \Delta t = - B \cdot a \cdot v \text{ (σταθερή)}$$

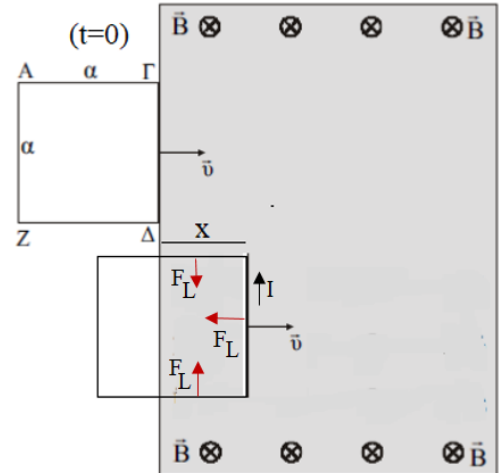
$$I_{\text{επ}} = E_{\text{επ}} / R_{\text{ολ}} \text{ (φοράς απο κανόνα Lenz)}$$

Οι F_L που ασκούνται στις οριζόντιες πλευρές είναι αντίθετες και εξουδετερώνονται, οπότε η συνολική F_L στο πλαίσιο είναι μόνο αυτή στην πλευρά $\Gamma\Delta$.

$$F_L = B \cdot I \cdot a$$

Αν για το πλαίσιο δίνεται η αντίσταση ανά μονάδα μήκους του R^* , τότε $R_{\text{ολ}} = R^* \cdot 4a$

Για να κινείται με v =σταθερή πρέπει $\Sigma F=0$ άρα να δέχεται $F_{\text{εξ}}$ αντίθετη της F_L



β) Φάση κίνησης εξ'ολοκλήρου εντός του B ($t \geq a/v$)

$$\Phi = B \cdot S = B \cdot a^2 = \text{σταθερή}$$

$$E_{\text{επ}} = 0, I_{\text{επ}} = 0 \text{ άρα και } F_L = 0$$

Ομοίως εργαζόμαστε στη φάση εξόδου.

ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΘΑΝΑΣΗΣ