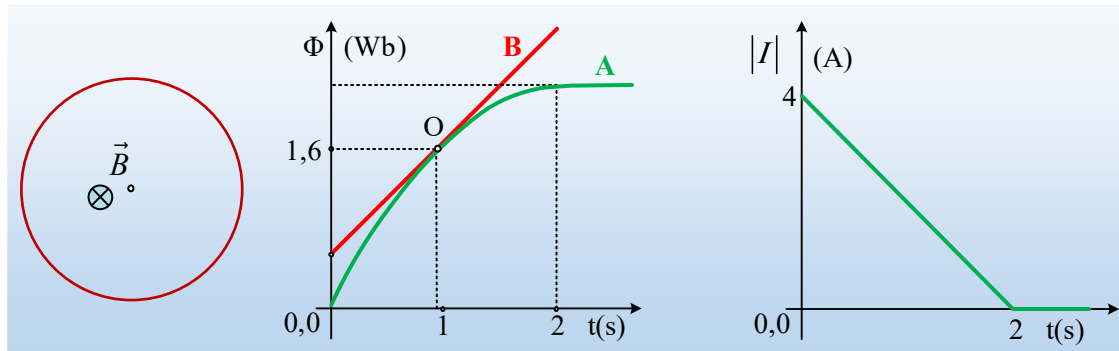


Δύο διαφορετικοί τρόποι μεταβολής της ροής

Ένα αγώγιμο κυκλικό πλαίσιο με αντίσταση $R=0,5\Omega$ βρίσκεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο με το επίπεδό του κάθετο στις δυναμικές γραμμές, όπως στο πρώτο από τα παρακάτω σχήματα. Στο μεσαίο σχήμα βλέπετε την καμπύλη A για την μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το επίπεδο του πλαισίου, σε συνάρτηση με το χρόνο, ενώ στο δεξιό σχήμα την αντίστοιχη μεταβολή της απόλυτης τιμής της έντασης του ρεύματος που διαρρέει το πλαίσιο, λόγω επαγωγής.



- i) Να υπολογίσετε τον στιγμιαίο ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής τις χρονικές στιγμές $t_0=0$ και $t_1=1$ s.
- ii) Πόσο φορτίο πέρασε από μια διατομή του αγωγού στο χρονικό διάστημα 0-1s;
- iii) Να υπολογιστεί η αρχική μαγνητική ροή ($t_0=0$) που διέρχεται από το επίπεδο του πλαισίου, καθώς και ο μέσος ρυθμός μεταβολής της μαγνητικής ροής στο χρονικό διάστημα 0-1s.
- iv) Σε μια επανάληψη του πειράματος, η μαγνητική ροή μεταβάλλεται όπως η κόκκινη ευθεία B του σχήματος, όπου αυτή εφάπτεται στην καμπύλη A, στο σημείο O, τη στιγμή $t_1=1$ s. Να κάνετε τη γραφική παράσταση της έντασης του ρεύματος, που διαρρέει τον κυκλικό αγωγό σε συνάρτηση με το χρόνο, για το χρονικό διάστημα 0-2s και να υπολογίσετε την μέση ΗΕΔ που εμφανίστηκε στο πλαίσιο στο παραπάνω χρονικό διάστημα.

Απάντηση:

- i) Από το διάγραμμα της έντασης του ρεύματος, σε συνάρτηση με το χρόνο, υπολογίζουμε την ΗΕΔ από επαγωγή που εμφανίζεται στο πλαίσιο:

$$|I_0| = \frac{|E_0|}{R} \rightarrow |E_0| = |I_0| R = 4 \cdot 0,5V = 2V \rightarrow$$

$$|E_0| = \left| -\frac{d\Phi_0}{dt} \right| \rightarrow \left| \frac{d\Phi_0}{dt} \right| = |E_0| = 2Wb / s$$

Με βάση τώρα το μεσαίο διάγραμμα, παρατηρούμε ότι η ροή αυξάνεται συνεχώς ο παραπάνω ρυθμός είναι θετικός, δηλαδή $\frac{d\Phi_0}{dt} = +2Wb / s$.

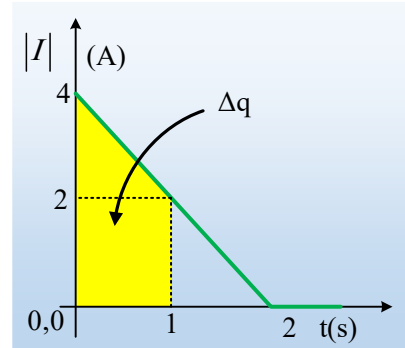
Με βάση τη γεωμετρία στο διάγραμμα I-t, προκύπτει ότι τη στιγμή $t_1=1$ s, η ένταση του ρεύματος είναι $|I_1|=2$ A (γιατί;), οπότε δουλεύοντας με τον ίδιο, όπως για την στιγμή t_0 , τρόπο, θα πάρουμε:

$$\left| \frac{d\Phi_I}{dt} \right| = |E_I| = |I_I| R = 2 \cdot 0,5V = 1Wb/s \rightarrow$$

$$\frac{d\Phi_I}{dt} = +1Wb/s$$

ii) Σε ένα διάγραμμα I-t, μπορούμε να το εκμεταλλευτούμε για να υπολογίσουμε το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του αγωγού. Έτσι με βάση το σχήμα, το εμβαδόν του κίτρινου τραπεζιού, είναι αριθμητικά ίσο με το φορτίο που διέρχεται από μια διατομή του πλαισίου στο χρονικό διάστημα 0-1s:

$$\Delta q = \frac{4+2}{2} IC = 3C$$



iii) Εφαρμόζουμε τον νόμο του Neumann στο διάστημα από 0-1s:

$$\Delta q = \frac{\Delta\Phi}{R} \rightarrow \Delta\Phi = \Delta q \cdot R \rightarrow \Phi_I - \Phi_0 = \Delta q \cdot R \rightarrow$$

$$\Phi_0 = \Phi_I - \Delta q \cdot R = 1,6Wb - 3 \cdot 0,5Wb = 0,1Wb$$

Ενώ για τον μέσο ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής, στο διάστημα αυτό, θα έχουμε:

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_I - \Phi_0}{\Delta t} = \frac{1,6 - 0,1}{1} Wb/s = 1,5Wb/s$$

iv) Στο δεύτερο πείραμα η γραφική παράσταση της σχέσης Φ-t είναι μια ευθεία η οποία παρουσιάζει σταθερή κλίση $\frac{d\Phi}{dt}$, ίση με την κλίση της καμπύλης A, τη στιγμή $t_1=1s$. Δηλαδή έχουμε:

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \frac{d\Phi_{A,1}}{dt} = 1Wb/s$$

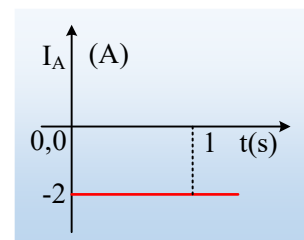
Αλλά τότε από τον νόμο της επαγωγής, θα έχουμε για την ΗΕΔ από επαγωγή στο πλαίσιο:

$$E_B = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -1V$$

Σταθερή και ανεξάρτητη του χρόνου. Αλλά τότε το πλαίσιο θα διαρρέεται από ρεύμα σταθερής έντασης:

$$I_B = \frac{E_B}{R} = \frac{-1V}{0,5\Omega} = -2A$$

Με γραφική παράσταση όπως στο σχήμα.

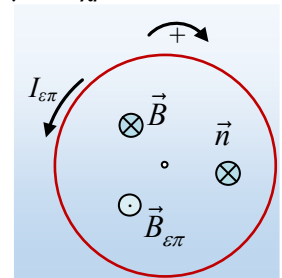


Με βάση τα παραπάνω, αφού η κλίση της ευθείας παραμένει σταθερή, η μέση ΗΕΔ θα είναι ίση με την ΗΕΔ κάθε στιγμή, δηλαδή:

$$E_{B,μέση} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = E_B = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -1V$$

Σχόλια:

- Αξίζει να τονισθεί ότι η στιγμιαία ΗΕΔ από επαγωγή, υπολογίζεται μέσω του στιγμιαίου ρυθμού μεταβολής της μαγνητικής ροής $E = -\frac{d\Phi}{dt}$, ως η κλίση της καμπύλης Φ - t σε κάθε θέση. Η κλίση αυτή πρακτικά βρίσκεται φέρνοντας την εφαπτομένη της καμπύλης σε ένα της σημείο. Παραπάνω στο πρώτο πείραμα η ροή μεταβάλλεται σύμφωνα με την καμπύλη που μας δόθηκε, μια παραβολή (συνάρτηση 2^{ου} βαθμού), με αποτέλεσμα να έχουμε μεταβλητή ΗΕΔ από επαγωγή. Τη στιγμή t_1 , η στιγμιαία ΗΕΔ, θα είναι ίση με την κλίση της ευθείας που χαράχθηκε στο 2^ο πείραμα, δηλαδή ίση με την σταθερή ΗΕΔ που εμφανίζεται στο πλαίσιο αν η ροή μεταβάλλεται γραμμικά με το χρόνο.
- Η μαγνητική ροή δόθηκε θετική, πράγμα που σημαίνει ότι η κάθετη στο πλαίσιο έχει την ίδια κατεύθυνση της έντασης του πεδίου, η οποία αυξάνεται. Με βάση τον κανόνα του Lenz στο πλαίσιο θα εμφανιστεί ΗΕΔ η οποία θα προκαλέσει επαγωγικό ηλεκτρικό ρεύμα $I_{επ}$, με φορά όπως στο σχήμα, ώστε να αντισταθεί στην αύξηση του B , δημιουργώντας ένα δεύτερο επαγωγικό μαγνητικό πεδίο έντασης $B_{επ}$, αντίθετης φοράς.



Ο νόμος της επαγωγής $E = -\frac{d\Phi}{dt}$ μας δίνει αρνητική ΗΕΔ και άρα αρνητική ένταση ηλεκτρικού ρεύματος. Το αρνητικό πρόσημο μας δείχνει την φορά του ρεύματος, όπως στο σχήμα, αντίθετης φοράς από την δεξιόστροφη φορά που με βάση τον δεξιόστροφο κοχλία θα μας έδινε την κάθετη \vec{n} στο πλαίσιο.

- Δεν πρέπει να θεωρούμε ότι υπάρχει κάποια αντίφαση ανάμεσα στα διαγράμματα της έντασης για τις δυο παραπάνω περιπτώσεις. Ας επισημανθεί ότι δόθηκε ως δεδομένο όχι η γραφική παράσταση της έντασης I , αλλά της απόλυτης τιμής της έντασης $|I|$. Ενώ στο ερώτημα iv) ζητήθηκε η γραφική παράσταση της έντασης.

Υλικό Φυσικής-Χημείας

Γιατί το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους...

Επιμέλεια:

Διονόσης Μάργαρης