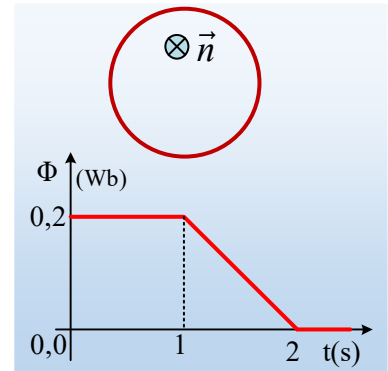


Η μαγνητική ροή και η ΗΕΔ

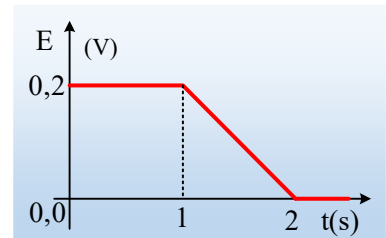
Ένας κυκλικός αγωγός με αντίσταση $R=2\Omega$ βρίσκεται μέσα σε ένα ομογενές μαγνητικό πεδίο, κάθετα στις δυναμικές γραμμές του. Στο σχήμα έχει σχεδιαστεί η κάθετος στο επίπεδο του αγωγού, ενώ στο διάγραμμα δίνεται η γραφική παράσταση της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το κυκλικό πλαίσιο, σε συνάρτηση με το χρόνο.



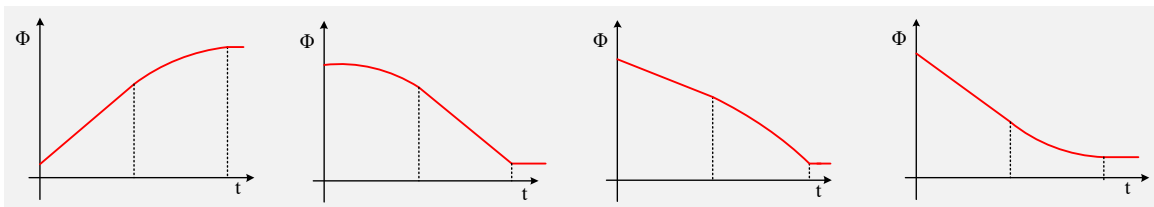
- i) Να σχεδιάσετε την ένταση του μαγνητικού πεδίου και να εξηγήσετε, γιατί και πότε, το πλαίσιο θα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Ποια η φορά του ρεύματος αυτού;
- ii) Να κάνετε την γραφική παράσταση τη ηλεκτρεγερτικής δύναμης που εμφανίζεται στο πλαίσιο, σε συνάρτηση με το χρόνο ($E=f(t)$).

iii) Πόση συνολικά θερμότητα θα παραχθεί πάνω στον αγωγό;

iv) Σε μια επανάληψη του πειράματος, πήραμε την μεταβολή της ΗΕΔ που αναπτύσσεται στο πλαίσιο σε συνάρτηση σε το χρόνο, οπότε προέκυψε το διπλανό διάγραμμα.

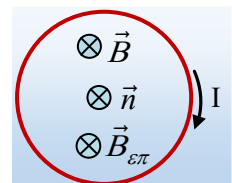


- α) Να βρεθεί η μεταβολή της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το πλαίσιο από 0-2s.
- β) Ποιο από τα παρακάτω ποιοτικά διαγράμματα, θα μπορούσε να παριστάνει την μαγνητική ροή που διέρχεται από το πλαίσιο σε συνάρτηση με το χρόνο;



Απάντηση:

i) Με βάση το διάγραμμα $\Phi-t$, η μαγνητική ροή είναι θετική, πράγμα που σημαίνει ότι η ένταση του μαγνητικού πεδίου θα έχει την κατεύθυνση της κάθετης στο πλαίσιο, αφού τότε $\Phi=B \cdot S \cdot \cos\alpha=B \cdot S$.

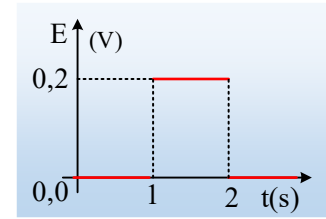


Στο πλαίσιο αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή, στα χρονικά διαστήματα που μεταβάλλεται η μαγνητική ροή. Στην περίπτωσή μας, θα έχουμε εμφάνιση ΗΕΔ άρα και επαγωγικού ρεύματος στο χρονικό διάστημα 1s-2s. Εξάλλου το ηλεκτρικό ρεύμα, σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz θα έχει τη φορά του διπλανού σχήματος, αφού τότε θα δημιουργεί ένταση μαγνητικού πεδίου $B_{επ}$, ίδιας κατεύθυνσης με το B του πεδίου, με αποτέλεσμα να αντιστέκεται στην μείωση της ροής.

ii) Σύμφωνα με τα παραπάνω, ΗΕΔ αναπτύσσεται στο πλαίσιο μόνο στο χρονικό διάστημα 1s-2s, όπου αφού η κλίση του διαγράμματος παραμένει σταθερή, θα έχουμε και σταθερή ΗΕΔ:

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{t_2 - t_1} = -\frac{0 - 0,2}{2 - 1} V = 0,2V$$

Έτσι η ζητούμενη γραφική παράσταση έχει τη μορφή του διπλανού σχήματος.



iii) Στο χρονικό διάστημα που εμφανίζεται ΗΕΔ, το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{0,2V}{2\Omega} = 0,1A$$

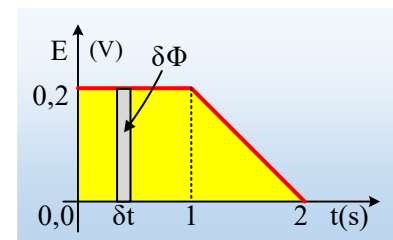
Οπότε από τον νόμο του Joule, υπολογίζουμε την συνολική θερμότητα που παράγεται στην αντίσταση του κυκλικού αγωγού σε χρονικό διάστημα $\Delta t=1s$:

$$Q_{\theta} = I^2 R \cdot \Delta t = 0,1^2 \cdot 2 \cdot 1J = 0,02J$$

iv) Από τον νόμο της επαγωγής, για την ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται σε ένα πλαίσιο, σε ένα μικρό χρονικό διάστημα δt , έχουμε:

$$E = -\frac{d\Phi}{dt} \rightarrow E = -\frac{\delta\Phi}{\delta t} \rightarrow \delta\Phi = -E \cdot \delta t \quad (1) \rightarrow$$

$$|\delta\Phi| = |E \cdot \delta t|$$



Βλέπουμε δηλαδή ότι για ένα μικρό χρονικό διάστημα δt , μπορούμε να υπολογίσουμε την μεταβολή της μαγνητικής ροής από το γινόμενο $E \cdot \delta t$, ίσο αριθμητικά με το γκρι εμβαδόν του ορθογώνιου, που έχει σημειωθεί στο σχήμα. Αλλά τότε η συνολική μεταβολή της μαγνητικής ροής στο χρονικό διάστημα 0-2s θα είναι αριθμητικά ίση με το εμβαδόν του κίτρινου τραapeζιού του σχήματος:

$$|\Delta\Phi_{ολ}| = \frac{B + \beta}{2} \nu = \frac{2+1}{2} 0,2Wb = 0,3Wb$$

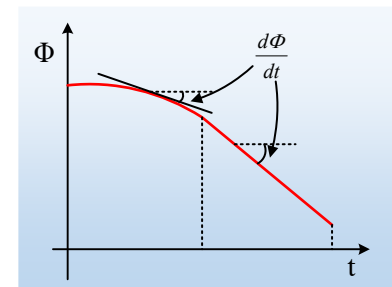
Αλλά τότε από την (1) προκύπτει ότι:

$$\Delta\Phi_{ολ} = -|\Delta\Phi_{ολ}| = -0,3Wb$$

Όπου το αρνητικό πρόσημο, σημαίνει ότι η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια του κυκλικού αγωγού μειώνεται.

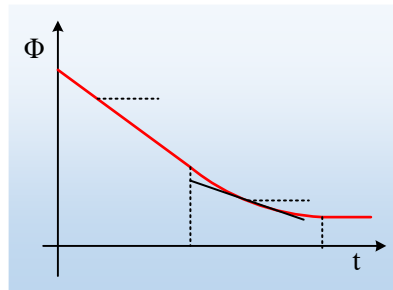
v) Με βάση την παραπάνω φράση, η μαγνητική ροή μειώνεται, άρα το πρώτο διάγραμμα αποκλείεται.

Ας πάρουμε το διπλανό διάγραμμα. Η κλίση στο διάγραμμα, μας δίνει, σε κάθε σημείο τον ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής. Αλλά αφού η συνάρτηση είναι φθίνουσα (η ροή μειώνεται) η κλίση είναι αρνητική, συνεπώς έχουμε θετική ΗΕΔ από επαγωγή. Με βάση το σχήμα βλέπουμε ότι όταν η ροή μεταβάλλεται γραμμικά, η ΗΕΔ είναι σταθερή, ενώ όταν η γραμμή είναι καμπύλη η ΗΕΔ μεταβάλλεται. Έτσι στο διάγραμμα αυτό από 0-1s η κλίση αυξάνεται, άρα θα αυξάνεται και η ΗΕΔ.



Εμείς θέλουμε να έχουμε αρχικά σταθερή ΗΕΔ και στη συνέχεια η ΗΕΔ να μειώνεται. Συνεπώς θέλουμε η

γραφική παράσταση Φ - t , αρχικά να είναι ευθεία γραμμή και στη συνέχεια καμπύλη, της οποίας η κλίση να μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Τα στοιχεία αυτά τα έχει η τελευταία καμπύλη, η οποία είναι και αυτή που μπορεί να περιγράψει την μεταβολή της μαγνητικής ροής.



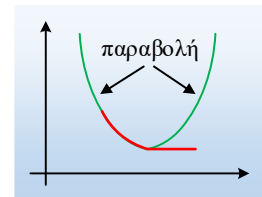
Σχόλιο:

Με λίγα περισσότερα μαθηματικά:

Από 0-1s η ΗΕΔ είναι σταθερή, πράγμα που σημαίνει ότι η μαγνητική ροή είναι συνάρτηση 1^{ου} βαθμού, (αφού τότε η παράγωγός της είναι σταθερή). Από 1s-2s η ΗΕΔ είναι πρώτου βαθμού, αλλά τότε αυτή προέρχεται από παραγωγή συνάρτησης 2^{ου} βαθμού, η οποία είναι η συνάρτηση της μαγνητικής ροής $\Phi(t)$.

Αλλά τότε η γραφική παράσταση της μαγνητικής ροής θα είναι μια παραβολή με τα κοίλα άνω και τη στιγμή $t_2=2s$ η ροή θα παίρνει την ελάχιστη τιμή της (κορυφή της παραβολής, αφού η παράγωγος είναι μηδενική), στην οποία και σταθεροποιείται.

Στην μελέτη μας χρησιμοποιήσαμε το τμήμα με κόκκινο χρώμα στο διπλανό σχήμα.



dmargaris@gmail.com