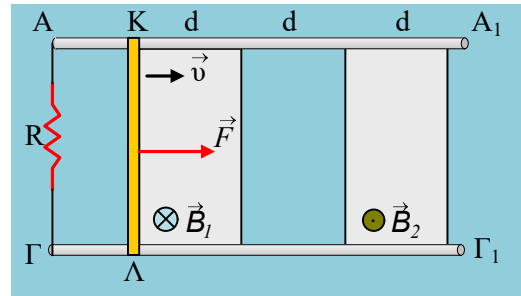


Όχι δεν θέλουμε κίνηση πλαισίου

Ο αγωγός ΚΛ μήκους $\ell=1\text{m}$, μπορεί να κινείται οριζόντια, με σταθερή ταχύτητα $v=2\text{m/s}$, με την επίδραση κατάλληλης οριζόντιας δύναμης F , σε επαφή με δυο παράλληλους αγωγούς AA_1 και $\Gamma\Gamma_1$ χωρίς τριβές. Κάποια στιγμή, την οποία θεωρούμε ως $t=0$, ο αγωγός ΚΛ εισέρχεται σε μια περιοχή πλάτους $d=0,4\text{m}$, στην οποία υπάρχει ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B_1=0,5\text{T}$, με φορά προς τα κάτω, όπως στο σχήμα. Συνεχίζει σε μια περιοχή πλάτους επίσης d , στην οποία δεν υπάρχει μαγνητικό πεδίο για να φτάσει σε ένα δεύτερο ομογενές μαγνητικό πεδίο, του ίδιου πλάτους με ένταση $B_2=0,5\text{T}$, αντίθετης κατεύθυνσης από το προηγούμενο. Ο αγωγός ΚΛ και οι δύο αγωγοί AA_1 και $\Gamma\Gamma_1$ δεν παρουσιάζουν αντίσταση, ενώ μεταξύ των άκρων A και Γ συνδέεται αντιστάτης με αντίσταση $R=0,2\Omega$.



Θεωρώντας την κάθετη στην επιφάνεια που ορίζουν οι αγωγοί να έχει φορά προς τα κάτω, ίδια με την ένταση B_1 , να βρεθούν οι συναρτήσεις και να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις σε συνάρτηση με το χρόνο:

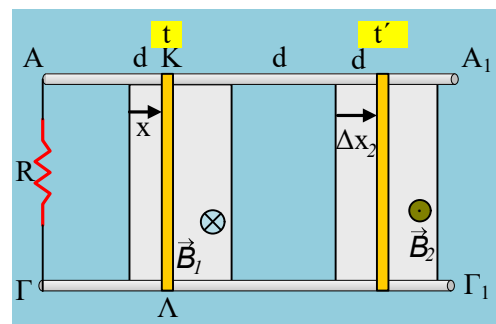
- i) της μαγνητικής ροής που διέρχεται από το ορθογώνιο ΑΚΛΓ.
- ii) Της ΗΕΔ που αναπτύσσεται πάνω στον κινούμενο αγωγό ΚΛ.
- iii) Της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη.
- iv) Της δύναμης Laplace που ασκείται στον ΚΛ
- v) Της απαραίτητης δύναμης F για την παραπάνω κίνηση της ράβδου.

Απάντηση:

- i) Έστω ότι τη χρονική στιγμή t , ο αγωγός ΚΛ έχει μετατοπισθεί κατά x μέσα στο πρώτο πεδίο, ευρισκόμενος στη θέση που δείχνει το σχήμα. Τη στιγμή αυτή, από το σχηματιζόμενο ορθογώνιο ΑΚΛΓ διέρχεται μαγνητική ροή:

$$\Phi = B_1 \cdot S \cdot \sin\theta = B_1 \cdot \ell \cdot x = B_1 \cdot \ell \cdot vt \rightarrow$$

$$\Phi = 0,5 \cdot 1 \cdot 2t = t \text{ (S.I.) (1)}$$



Η παραπάνω σχέση ισχύει, μέχρι να φτάσει ο αγωγός ΚΛ στο δεξιό άκρο του πεδίου, δηλαδή μέχρι τη στιγμή, όπου $x=d$, οπότε:

$$x = v \cdot t_1 \rightarrow t_1 = \frac{d}{v} = \frac{0,4}{2} \text{ s} = 0,2\text{s}$$

Όμοια και την απόσταση μεταξύ των δύο πεδίων θα χρειαστεί χρονικό διάστημα $\Delta t=0,2\text{s}$ να την διανύσει, όπως επίσης θα κινηθεί ξανά για $0,2\text{s}$, μέσα στο δεύτερο πεδίο, από το οποίο θα εξέλθει τη στιγμή $t_3=0,6\text{s}$, αφού ο αγωγός κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Αλλά τότε αν πάρουμε κάποια στιγμή t που ο αγωγός να κινείται μέσα στο δεύτερο πεδίο, έχοντας μετακινηθεί κατά $\Delta x_2=v \cdot (t-0,4)$, μέσα σε αυτό, η μαγνητική ροή που θα διέρχεται από το πλαίσιο θα είναι ίση:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = B_1 \cdot \ell \cdot d + B_2 \cdot (\ell \cdot \Delta x_2) \cdot \sin 180^\circ = B_1 \cdot \ell \cdot d - B_2 \cdot \ell \cdot v \cdot (t - 0,4) \rightarrow$$

$$\Phi = 0,5 \cdot 1 \cdot 0,4 - 0,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot (t - 0,4) = 0,2 - t + 0,4 = 0,6 - t \text{ (S.I.) (2)}$$

Με βάση αυτά η ζητούμενη γραφική παράσταση έχει τη μορφή του διπλανού σχήματος.

- ii) Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται πάνω στον κινούμενο αγωγό, υπολογίζεται από τον νόμο της επαγωγής, όπου έχουμε για τα τρία παραπάνω χρονικά διαστήματα:

$$\text{Από } 0-0,2\text{s: } E = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{0,2-0}{0,2-0} \text{ V} = -1\text{V}$$

$$\text{Από } 0,2\text{s}-0,4\text{s: } E = -\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$$

$$\text{Από } 0,4\text{s}-0,6\text{s: } E = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{0-0,2}{0,6-0,4} \text{ V} = 1\text{V}$$

Και η αντίστοιχη γραφική παράσταση αυτή του δεύτερου σχήματος.

- iii) Αλλά και για την ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη, θα έχουμε από το νόμο του Ohm:

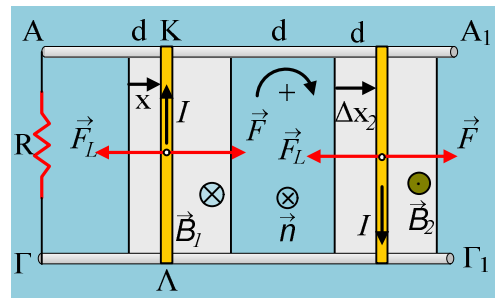
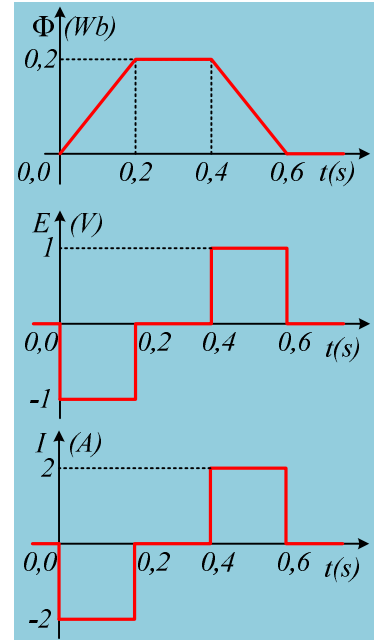
$$\text{Από } 0-0,2\text{s: } I = \frac{E}{R} = \frac{-1}{0,5} \text{ A} = -2\text{A}$$

$$\text{Από } 0,2\text{s}-0,4\text{s: } I = \frac{E}{R} = 0$$

$$\text{Από } 0,4\text{s}-0,6\text{s: } I = \frac{E}{R} = \frac{1}{0,5} \text{ A} = 2\text{A}$$

Με γραφική παράσταση αυτή του τρίτου σχήματος.

Σημείωση: Παίρνοντας την κάθετη στη επιφάνεια να έχει φορά προς τα κάτω, ορίζουμε και την δεξιόστροφη φορά περιμετρικής διαγραφής ΑΚΛΓΑ ως θετική. Αλλά τότε η ένταση του ρεύματος (και η ΗΕΔ) από 0-0,2s είναι αρνητική, αφού έχει τη φορά που έχει σημειωθεί στο διπλανό σχήμα, διαρρέει δηλαδή τον αντιστάτη με φορά από το Α στο Γ, ενώ αντίθετα από 0,4s-0,6s η ένταση είναι θετική, αφού είναι δεξιόστροφη, στον δε αντιστάτη έχει φορά από το Γ στο Α.



- iv) Θα μπορούσαμε βέβαια να στηριχτούμε στον κανόνα του Lenz για την εύρεση της φοράς του ρεύματος, σε κάθε περίπτωση. Έτσι στο πρώτο πεδίο, η ένταση του ρεύματος στον αγωγό ΚΛ θα έχει φορά προς τα πάνω, αφού μόνο τότε η ασκούμενη από το πεδίο δύναμη Laplace, έχει φορά προς τα αριστερά, τείνοντας να εμποδίσει την παραπέρα κίνηση του αγωγού. Όταν ο αγωγός βρεθεί στο δεύτερο πεδίο, τότε η ένταση του ρεύματος θα έχει αντίθετη φορά, για να μπορέσει η δύναμη Laplace ξανά να αντιστέκεται στην κίνηση και να έχει φορά προς τα αριστερά. Θεωρώντας δηλαδή την φορά προς τα δεξιά ως θετική (η φορά της ταχύτητας) η δύναμη Laplace έχει φορά προς τα αριστερά, με αρνητική τιμή και μέτρο:

$$\text{Από } 0-0,2\text{s: } F_L = B_1 \cdot I_1 \cdot \ell = 0,5 \cdot 2 \cdot 1\text{N} = 1\text{N}$$

Από $0,2\text{s}=0,4\text{s}$: $F_L=0$ και

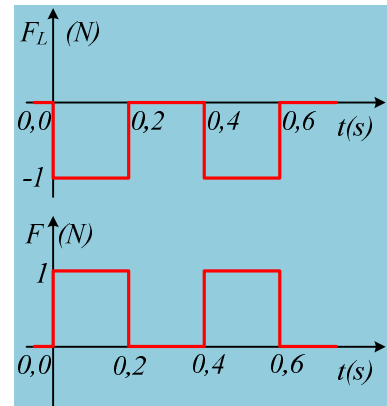
Από $0,4\text{s}=0,6\text{s}$: $F_L=B_2 \cdot I_2 \cdot \ell = 0,5 \cdot 2 \cdot 1\text{N}=1\text{N}$

Η ζητούμενη με βάση αυτά, γραφική παράσταση, είναι αυτή του διπλανού σχήματος.

- ν) Για να μπορεί να κινείται ο αγωγός με σταθερή ταχύτητα, θα πρέπει να δέχεται και οριζόντια δύναμη F , με φορά προς τα δεξιά και μέτρο $F=1\text{N}$ και στα δύο χρονικά διαστήματα, όπου ο αγωγός περνά μέσα από τα μαγνητικά πεδία, αφού πρέπει:

$$\Sigma F=0 \rightarrow F-F_L=0 \rightarrow F=F_L.$$

Στο 2^ο σχήμα, έχει δοθεί η αντίστοιχη γραφική παράσταση.



dmargaris@gmail.com