|  |
| --- |
| Η κίνηση του αγωγού και η μαγνητική ροή. |

Ο αγωγός ΚΛ μήκους ℓ, μπορεί να κινείται οριζόντια, μέσα σε ένα ομογενές κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο έντασης Β, σε επαφή με δυο παράλληλους αγωγούς Αx και Γy. Μεταξύ των άκρων Α και Γ συνδέεται αντιστάτης, ενώ στον ΚΛ, μπορούμε να ασκούμε μια οριζόντια δύναμη F (η δύναμη μπορεί να είναι και αντίθετης φοράς, από αυτήν που φαίνεται στο σχήμα). Παρακάτω δίνονται τρία διαγράμματα Φ=Φ(t) για τη μαγνητική ροή που περνά από το ορθογώνιο ΑΚΛΓ, με την προϋπόθεση ότι η κάθετη στην επιφάνεια έχει φορά ίδια με την ένταση του πεδίου.



1) Αναφερόμενοι στο (α) σχήμα:

α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα δεξιά.

β) Η κίνηση του ΚΛ είναι ευθύγραμμη ομαλή.

γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F, με φορά προς τα δεξιά.

2) Αναφερόμενοι στην περίπτωση του (β) διαγράμματος:

α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα αριστερά.

β) Από 0-t1 ο αγωγός έχει σταθερή επιτάχυνση με φορά προς τα δεξιά.

γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F, με φορά προς τα αριστερά.

δ) Τη στιγμή t2 ο αγωγός είναι ακίνητος σε κάποια απόσταση από τον αντιστάτη.

3) Για την (γ) περίπτωση της ροής, όπου η καμπύλη είναι αρμονική.

α) Τη στιγμή t=0 ο αγωγός ΚΛ έχει ταχύτητα προς τα δεξιά.

β) Τη στιγμή t1 ο αγωγός έχει μηδενική ταχύτητα.

γ) τη στιγμή t2 ο αγωγός έχει επιστρέψει στην αρχική του θέση.

δ) Το έργο της δύναμης F από 0-t2 είναι ίσο με μηδέν.

Να χαρακτηρίστε τις παραπάνω προτάσεις ως σωστές ή λανθασμένες, δίνοντας και σύντομες δικαιολογήσεις.

***Απάντηση:***

Ας δούμε λίγη …θεωρία!

******Έστω ότι τη στιγμή t=0 ο αγωγός ΚΛ απέχει κατά d από τα άκρα ΑΓ και τη στιγμή t= Δt έχει μετατοπισθεί κατά Δx, κινούμενος προς τα δεξιά όπως στο σχήμα, με σταθερή ταχύτητα υ. Τότε η μαγνητική ροή που περνά από το ορθογώνιο ΑΚΛΓ τη στιγμή t, είναι ίση με:

*Φ=Β∙S∙συν0°=Β∙ℓ(d+Δx)=Β∙ℓd+Β∙ℓυ∙t*

Αλλά τότε η κλίση σε ένα διάγραμμα Φ=Φ(t):

$$\frac{dΦ}{dt}=\frac{d(Bld+Blυt)}{dt}=Blυ$$

Είναι ανάλογη της ταχύτητας υ και αν υ>0, τότε ο αγωγός κινείται προς τα δεξιά και έχουμε θετική κλίση, ενώ αν υ<0, τότε ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα αριστερά, με αρνητική κλίση (φθίνουσα συνάρτηση της ροής). Εξάλλου, αν η ταχύτητα είναι σταθερή η παραπάνω κλίση είναι σταθερή, διαφορετικά μεταβλητή κλίση σημαίνει και μεταβλητή ταχύτητα.

Έχοντας αυτά υπόψη, ας δούμε τα τρία ερωτήματα:

1. Για το (α) διάγραμμα, η ροή αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου, αλλά τότε αυξάνεται το εμβαδόν του ορθογωνίου, πράγμα που μπορεί να συμβεί αν ο αγωγός κινείται προς τα δεξιά. Έτσι:

α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα δεξιά. **(Σ)**

β) Η κίνηση του ΚΛ είναι ευθύγραμμη ομαλή. **(Σ),** αφού έχουμε σταθερή κλίση στο διάγραμμα Φ(t).

γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F, με φορά προς τα δεξιά. **(Σ)** Λόγω μεταβολής της μαγνητικής ροής εμφανίζεται ΗΕΔ από επαγωγή και το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα. Σύμφωνα με τον κανόνα του Lenz η φορά του επαγωγικού ρεύματος θα είναι αυτή που έχει σημειωθεί στο διπλανό σχήμα, οπότε η εμφανιζόμενη δύναμη Laplace να τείνει να σταματήσει τον αγωγό.

Αλλά τότε για να έχουμε κίνηση με σταθερή ταχύτητα, είναι απαραίτητη και η εξάσκηση και μιας αντίθετης δύναμης F, με φορά προς τα δεξιά, όπως στο σχήμα.

1. Μιλώντας για το (β) διάγραμμα:

α) Ο αγωγός ΚΛ κινείται προς τα αριστερά. **(Σ),** αφού η ροή μειώνεται.

β) Από 0-t1 ο αγωγός έχει σταθερή επιτάχυνση με φορά προς τα δεξιά. **(Λ).**
Η κλίση της γραφικής παράστασης από 0-t1 παραμένει σταθερή, πράγμα που σημαίνει κίνηση με σταθερή ταχύτητα.

 γ) Στον αγωγό ΚΛ πρέπει να ασκούμε σταθερού μέτρου δύναμη F, με φορά προς τα αριστερά. **(Λ),** αφού σταθερού μέτρου δύναμη απαιτείται αν ασκήσουμε μέχρι τη στιγμή t1, όπου έχουμε κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Στη συνέχεια ο αγωγός επιβραδύνεται και σταματά μετά από λίγο…

δ) Τη στιγμή t2 ο αγωγός είναι ακίνητος σε κάποια απόσταση από τον αντιστάτη. **(Σ).** Βλέπουμε τη μαγνητική ροή να σταθεροποιείται, πράγμα που σημαίνει ότι σταματά η κίνηση του αγωγού.

1.  Για την (γ) περίπτωση της ροής.

α) Τη στιγμή t=0 ο αγωγός ΚΛ έχει ταχύτητα προς τα δεξιά. **(Σ).** Η κλίση της ροής είναι θετική (εφθ>0), συνεπώς και υ>0.

β) Τη στιγμή t1 ο αγωγός έχει μηδενική ταχύτητα. **(Σ).** Τη στιγμή t1 η κλίση dΦ/dt είναι μηδενική, αλλά τότε και υ=0.

γ) τη στιγμή t2 ο αγωγός έχει επιστρέψει στην αρχική του θέση. **(Σ).** Τη t2 η μαγνητική ροή έχει την ίδια τιμή με τη ροή τη στιγμή t=0. Αλλά αυτό σημαίνει ότι έχουμε και το ίδιο εμβαδόν του ορθογωνίου ΑΚΛΓ.

δ) Το έργο της δύναμης F από 0-t2 είναι ίσο με μηδέν **(Λ).** Το έργο της δύναμης F είναι θετικό και ίσο με την ηλεκτρική ενέργεια που εμφανίζεται στο κύκλωμα, αφού η αρχική ταχύτητα του ΚΛ είναι ίση και με την ταχύτητά του τη στιγμή t2 (οι δυο κλίσεις κατά απόλυτο τιμή ίσες). Εξάλλου η κατάσταση περιγράφεται από τα σχήματα:



Με βάση τα οποία βλέπουμε ότι και στα δύο χρονικά διαστήματα η δύναμη έχει την φορά της ταχύτητας, συνεπώς παράγει θετικό έργο.

***dmargaris@gmail.com***