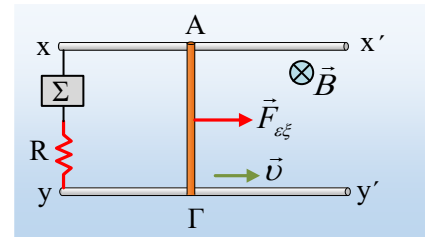


Η δύναμη Laplace και η ηλεκτρική ισχύς.

Ο αγωγός ΑΓ, κινείται οριζόντια σε επαφή με δύο οριζόντιους μεταλλικούς παράλληλους στύλους, χωρίς τριβές, μέσα σε ένα κατακόρυφο μαγνητικό πεδίο, όπως στο σχήμα, με την επίδραση μιας μεταβλητής εξωτερικής δύναμης $F_{εξ}$. Κάποια στιγμή t_1 ο αγωγός έχει ταχύτητα $v=4\text{m/s}$, η εξωτερική δύναμη μέτρο $F_{εξ}=1\text{N}$, ενώ ο αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα $i=0,6\text{A}$. Δίνονται η μάζα του αγωγού $m=0,4\text{kg}$, το μήκος του $\ell=1\text{m}$, αντίσταση δεν έχει, όπως δεν έχουν αντίσταση και οι παράλληλοι στύλοι, $B=1\text{T}$, $R=2\Omega$ ενώ η συσκευή Σ, είναι ένας ηλεκτρικός καταναλωτής, χωρίς να γνωρίζουμε τι ακριβώς κάνει (μπορεί να είναι για παράδειγμα μια λάμπα, αλλά μπορεί να είναι και ένας κινητήρας).



Για την στιγμή αυτή t_1 να υπολογιστούν:

- i) Η επιτάχυνση του αγωγού ΑΓ.
- ii) Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΑΓ.
- iii) Η ισχύς της δύναμης Laplace και ο ρυθμός με τον οποίο η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική στο κύκλωμα.
- iv) Η ισχύς που καταναλώνει η συσκευή Σ.

Απάντηση:

Εξαιτίας της κίνησης του αγωγού ΑΓ αυξάνεται η μαγνητική ροή που διέρχεται από την επιφάνεια $xAGy$, με αποτέλεσμα ο κινούμενο αγωγός να λειτουργεί σαν πηγή με ΗΕΔ λόγω επαγωγής:

$$E = Bv\ell = 1 \cdot 4 \cdot 1\text{V} = 4\text{V}$$

Με πολικότητα όπως στο σχήμα, αφού τότε το επαγωγικό ρεύμα έχει

φορά από το Γ προς το Α, με αποτέλεσμα η ασκούμενη δύναμη Laplace να έχει κατεύθυνση αντίθετη της ταχύτητας, προς τα αριστερά. Το μέτρο της δύναμης Laplace είναι ίσο:

$$F_L = B \cdot i \cdot \ell = 1 \cdot 0,6 \cdot 1\text{N} = 0,6\text{N}.$$

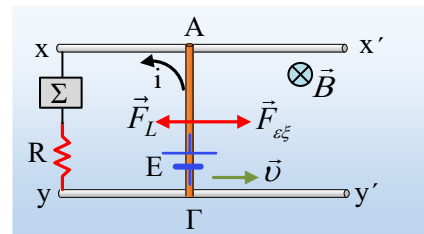
- i) Εφαρμόζοντας τον 2^ο νόμο του Νεύτωνα για την κίνηση του αγωγού ΑΓ, βρίσκουμε τη (στιγμιαία) επιτάχυνσή του:

$$\Sigma F = ma \rightarrow a = \frac{F_{εξ} - F}{m} = \frac{1\text{N} - 0,6\text{N}}{0,4\text{kg}} = 1\text{m/s}^2.$$

- ii) Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΑΓ είναι ίσος:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{dW_{ολ}}{dt} = \frac{|\Sigma F| \cdot |dx| \cdot \sigma \nu \alpha}{dt} = |\Sigma F| \cdot |v| = mav = 0,4 \cdot 1 \cdot 4\text{J/s} = 1,6\text{J/s}$$

- iii) Για την ισχύ της δύναμης Laplace, έχουμε:



$$P_{F_L} = \frac{dW_{F_L}}{dt} = \frac{|F_L| \cdot |dx| \cdot \sigma \nu \alpha}{dt} = -|F_L| \cdot |v| = -0,6 \cdot 4J/s = -2,4J/s$$

Όπου το αρνητικό της πρόσημο, σημαίνει ότι αφαιρείται ενέργεια, από την ράβδο ΑΓ, μέσω του έργου της δύναμης Laplace, η οποία ασκείται πάνω της.

Ο ρυθμός με τον οποίο η μηχανική ενέργειας μετατρέπεται σε ηλεκτρική, είναι ίσος με την ισχύ της εμφανιζόμενης ΗΕΔ από επαγωγή:

$$\frac{dE}{dt} = P_E = E \cdot i = 4 \cdot 0,6J/s = 2,4J/s$$

Αν κάποιος αναρωτιόταν τι απέγινε η ενέργεια που αφαιρεί η δύναμη Laplace από τον αγωγό ΑΓ, η απάντηση βρίσκεται στην ηλεκτρική ισχύ της «πηγής» Ε. Όση ενέργεια αφαιρεί η δύναμη Laplace, τόση εμφανίζεται ως ηλεκτρική ενέργεια που παρέχει στο κύκλωμα η πηγή Ε, λόγω επαγωγής.

iv) Τι θα απογίνει η ηλεκτρική ενέργεια που η πηγή παρέχει στο κύκλωμα (τα 2,4J/s); Ένα μέρος καταναλώνεται πάνω στην αντίσταση R μετατρέπόμενη σε θερμότητα Joule:

$$P_R = P_Q = i^2 \cdot R = 0,6^2 \cdot 2W = 0,72W$$

Το υπόλοιπο μέρος καταναλώνεται από την συσκευή Σ, χωρίς να γνωρίζουμε σε τι πρόκειται να μετατραπεί:

$$P_\Sigma = P_E - P_R = 2,4W - 0,72W = 1,68W$$

Σχόλια:

1) Λίγο περισσότερο ανάλυση κυκλώματος:

Η τάση στα άκρα του αγωγού ΑΓ είναι ίση $V_{AG}=E=4V$. Η τάση αυτή είναι ίση με το άθροισμα των τάσεων στα στοιχεία του κυκλώματος R και Σ:

$$V_{AG}=E=V_R+V_\Sigma \rightarrow V_\Sigma=V_{AG}-iR=4V-0,6 \cdot 2V=2,8V$$

Αλλά τότε η ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος που μεταφέρεται στην συσκευή Σ, είναι ίση:

$$P_\Sigma = V_\Sigma \cdot i = 2,8V \cdot 0,6A = 1,68W$$

2) Αν βρούμε την ισχύ της εξωτερικής δύναμης $P_{F_{εξ}}=F_{εξ} \cdot v=1 \cdot 4W=4W$, μπορούμε να επιβεβαιώσουμε την διατήρηση της ενέργειας, αφού μέσω του έργου της $F_{εξ}$ μεταφέρεται στον ΑΓ ενέργεια 4J/s, από τα οποία τα 2,4J/s αφαιρούνται και μετατρέπονται σε ηλεκτρική ενέργεια, μέσω του έργου της F_L , ενώ τα υπόλοιπα 1,6J/s αυξάνουν την κινητική ενέργεια του αγωγού.

dmargaris@gmail.com