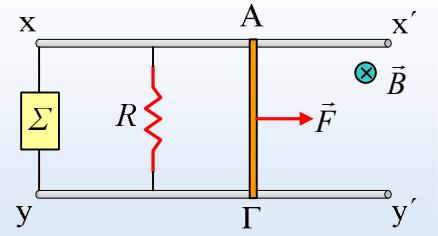


Επαγωγή και ισχύς συσκευής

Ο αγωγός ΑΓ έχει μάζα 1kg , μήκος $l=1\text{m}$ και αντίσταση $r=0,5\Omega$, κινείται δε οριζόντια σε επαφή με δύο οριζόντιους μεταλλικούς παράλληλους στύλους xx' και yy' , χωρίς τριβές, μέσα σε ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο $B=1\text{T}$, με την επίδραση μιας εξωτερικής οριζόντιας δύναμης μέτρου $F=2,5\text{N}$, όπως στο σχήμα. Κάποια στιγμή t_1 ο αγωγός έχει ταχύτητα $v=4\text{m/s}$, προς τα δεξιά, ενώ ο αντιστάτης με αντίσταση $R=2\Omega$ διαρρέεται από ρεύμα έντασης $i_1=1,5\text{ A}$. Οι στύλοι δεν έχουν αντίσταση ενώ η συσκευή Σ , που συνδέεται στα άκρα xy , δεν είναι ωμικός καταναλωτής.



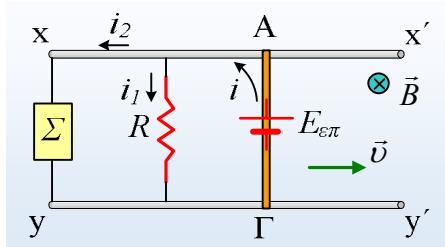
Για την στιγμή αυτή τι να υπολογιστούν:

- i) Η ΗΕΔ από επαγωγή που αναπτύσσεται στον αγωγό ΑΓ, καθώς και η τάση V_{AG} .
 - ii) Η επιτάχυνση του αγωγού ΑΓ.
 - iii) Ο ρυθμός μεταβολής της κινητικής ενέργειας του αγωγού ΑΓ.
 - iv) Η ισχύς που καταναλώνει η συσκευή Σ. Τι ποσοστό της ενέργειας που μεταφέρεται στον αγωγό μέσω της δύναμης F , καταναλώνεται από την συσκευή Σ;

Απάντηση:

- i) Καθώς ο αγωγός ΑΓ κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο κάθετα στις δυναμικές γραμμές και με ταχύτητα υ κάθετη στον αγωγό, αναπτύσσεται πάνω του μια ΗΕΔ από επαγωγή, με θετικό πόλο προς το άκρο της Α και με τιμή:

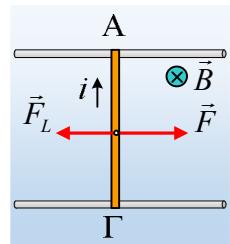
$$E_{\varepsilon\pi} = Bvl = 1 \cdot 4 \cdot IV = 4V$$



Αποτέλεσμα είναι να διαρρέεται από ρεύμα, με φορά όπως στο σχήμα, έντασης i_1 , η οποία διακλαδίζεται σε ένταση i_1 η οποία διαρρέει τον αντιστάτη R και ένταση i_2 η οποία διαρρέει την συσκευή Σ . Όσον αφορά την τάση στα άκρα του ΛG , είναι ίση με την τάση στα άκρα του αντιστάτη (και ίση με την τάση μεταξύ των δύο παραλλήλων στύλων). Αλλά αυτή η τάση είναι ίση:

$$V_{A\Gamma} = V_R = i_l R = I,5 \cdot 2V = 3V$$

- ii) Στον αγωγό ΑΓ, εκτός της εξωτερικής δύναμης F , ασκείται και δύναμη Laplace από το μαγνητικό πεδίο, η οποία με βάση τον κανόνα των τριών δακτύλων, προκύπτει να έχει αντίθετη φορά, όπως στο σχήμα. Αξίζει να προσέξουμε ότι οι δυο δυνάμεις ασκούνται στο μέσον του ΑΓ, οπότε δεν έχουν ροπή ως προς το κέντρο μάζας και ο αγωγός δεν πρόκειται να περιστραφεί εκτελώντας μόνο μεταφορική κίνηση.



Η τάση στα άκρα ΑΓ του αγωγού, δεν είναι τίποτα άλλο, από την πολική τάση της «πηγής», αφού ουσιαστικά ο αγωγός ΑΓ λειτουργεί σαν μια πηγή. Έτσι για την ένταση του ρεύματος i, που διαρρέει τον αγωγό

ΑΓ, με βάση την τάση στα άκρα του παίρνουμε:

$$V_{AG} = E - ir \rightarrow i = \frac{E - V_{AG}}{r} = \frac{4 - 3}{0,5} A = 2A$$

Οπότε για το μέτρο της δύναμης Laplace έχουμε:

$$F_L = Bil = 1 \cdot 2 \cdot IN = 2N$$

Οπότε εφαρμόζοντας τον θεμελιώδη νόμο της δυναμικής για τον αγωγό, παίρνουμε:

$$\Sigma F_x = ma \rightarrow a = \frac{F - F_L}{m} = \frac{2,5 - 2}{1} m/s^2 = 0,5 m/s^2.$$

Να επισημανθεί ότι οι κατακόρυφες δυνάμεις (βάρος και δυνάμεις στήριξης) αλληλοεξουδετερώνονται και δεν καθορίζουν, ούτε επηρεάζουν την κίνηση του αγωγού ΑΓ.

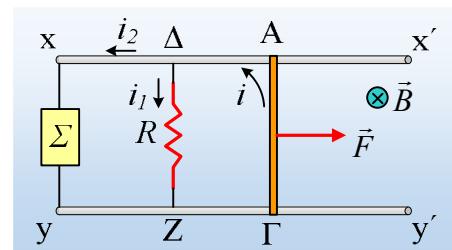
iii) Εφαρμόζοντας το Θ.Μ.Κ.Ε. για τον αγωγό ΑΓ θα πάρουμε:

$$\frac{dK}{dt} = \Sigma F \cdot v = (2, 5 - 2) \cdot 4 J/s = 2 J/s$$

iv) Εφαρμόζοντας τον 1° κανόνα του Kirchhoff στον κόμβο Δ , όπου διακλαδίζεται το ηλεκτρικό ρεύμα, παίρνουμε:

$$i = i_1 + i_2 \rightarrow i_2 = i - i_1 = 2A - 1,5A = 0,5A$$

Αλλά τότε, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τάση στα άκρα της συσκευής είναι ίση με την τάση στα άκρα του αντιστάτη, θα έχουμε:



$$P_{\Sigma} = V_{\Sigma} \cdot i_r = 3V \cdot 0,5A = 1,5W$$

Ενέργεια στον αγωγό Α μεταφέρεται μέσω του έργου της δύναμης F , με ρυθμό ίσο με την ισχύ της F :

$$\frac{dW_F}{dt} = P_F = F \cdot v = 2,5N \cdot 4m/s = 10J/s$$

Αλλά τότε το ζητούμενο ποσοστό είναι ίσο:

$$\pi = \frac{P_{\Sigma}}{P_E} 100\% = \frac{1,5}{10} 100\% = 15\%$$

Σχόλιο:

Αν υπολογίσουμε την ισχύ που μετατρέπεται σε θερμότητα στους αντιστάτες (R και r), θα έχουμε:

$$P_O = i_l^2 R + i^2 r = 1,5^2 \cdot 2W + 2^2 \cdot 0,5W = 6,5W$$

Αν στην παραπάνω ισχύ προσθέσουμε την ισχύ της συσκευής Σ , βρίσκουμε $8W$, η οποία είναι η ηλεκτρική ισχύς στο κύκλωμα ή αν θέλετε ίση με την ισχύ $E_{\varepsilon\pi}$, αφού $P_{E_{\varepsilon\pi}} = E_{\varepsilon\pi} \cdot i = 4 \cdot 2W = 8W$.

Аллá аn eстiásoнuмe σtοn αgωgό AГ, pаírnei eнérgeia méso τoυ érgou tηs dýnāmēs F μe ρuθmuó 10J/s, eνw aφaipeítai eнérgeia méso tηs dýnāmēs Laplace, aφou η iσχύs tηs eίnai $P_{F_L} = -|F_L| \cdot v = -2 \cdot 4W = -8W$. H eнérgeia πou aφaipeítai méso τoυ érgou tηs dýnāmēs Laplace eμfαnίzetai σan ηlεktriκή eнérgeia σtο kύ-klωma, eνw mέso τoυ Θ.M.K.E. βrήkame σtο iii) εrώtηma óti tа uпóloipa (10W-8W=2W) pаraмeñouν σtοn αgωgό AГ, aுξánoнtaç tηn κinηtikή tηn eнérgeia.

dmargaris@gmail.com