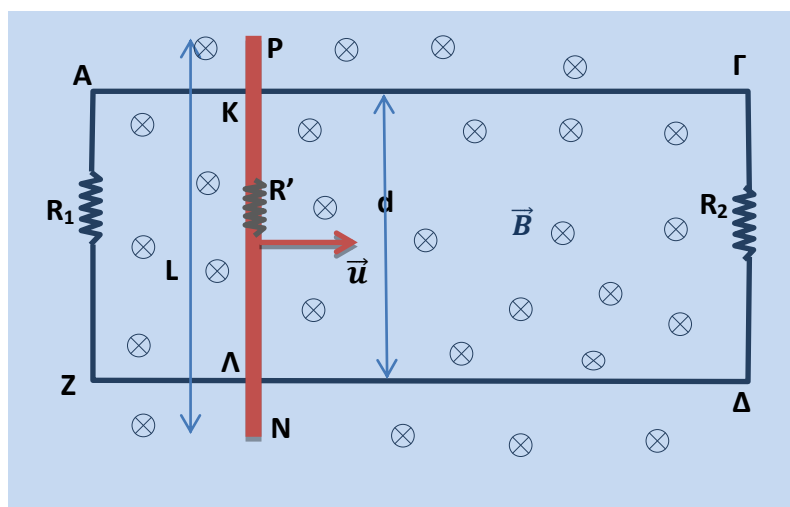


ΑΣΚΗΣΗ



Στο σχήμα απεικονίζεται αγωγός NP μήκους L και αντίστασης R , που κινείται με σταθερή ταχύτητα $\vec{u}$ κάθετα στις δυναμικές γραμμές του ομογενούς μαγνητικού πεδίου $\vec{B}$, που εκτείνεται σε όλο το χώρο. Το μεταλλικό πλαίσιο ΑΓΔΖ έχει αντιστάσεις R_1 στην ΑΖ και R_2 στην ΓΔ, ενώ οι πλευρές ΑΓ και ΔΖ δεν έχουν αντίσταση. Ο κινούμενος αγωγός δεν παρουσιάζει τριβές στην κίνησή του, και είναι διαρκώς σε επαφή με τους αγωγούς ΑΓ και ΖΔ, που έχουν αρκετό μήκος. Είναι $AZ = \Gamma\Delta = d$.

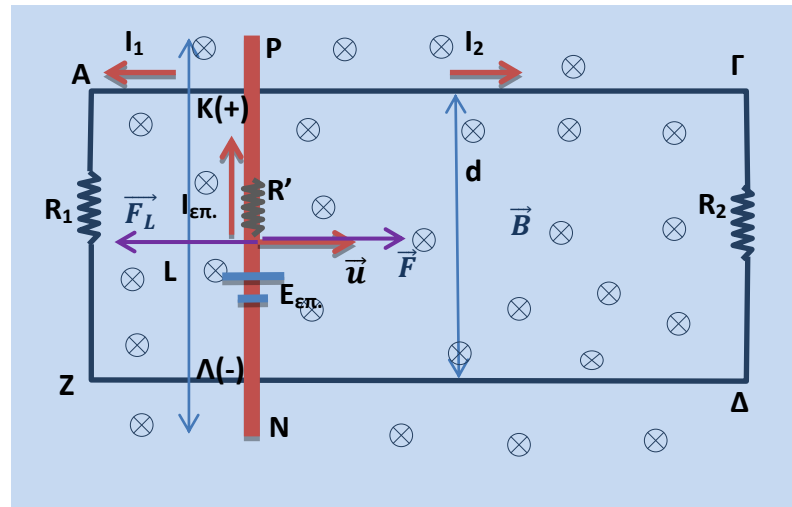
Δίνονται:

$$L = 0.6\text{m}, d = 0.5\text{m}, R = 3.6\Omega, R_1 = 3\Omega, R_2 = 6\Omega, B = 1\text{T}, u = 6\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ζητούνται:

- 1) οι εντάσεις των ρευμάτων σε κάθε κλάδο του κυκλώματος
- 2) Η δύναμη που ασκούμε στον αγωγό PN
- 3) Ο ρυθμός που προσφέρουμε ενέργεια στο σύστημα
- 4) Η ΗΕΔ που αναπτύσσεται στον κινούμενο αγωγό, καθώς και η τάση V_{KL}
- 5) Το φορτίο που πέρασε από μια διατομή του αγωγού ΚΛ σε χρόνο 0.5s

Απαντήσεις



1. Κατ' αρχήν ο νόμος του Faraday $E_{επαγ.} = -\frac{d\Phi}{dt}$ είναι γενικός τύπος και καλύπτει όλες τις περιπτώσεις εμφάνισης Η.Ε.Δ. από επαγωγή, οποτεδήποτε μεταβάλλεται η μαγνητική ροή. Η ΗΕΔ είναι **εν δυνάμει**, δηλαδή αν τα άκρα του αγωγού συνδεθούν σε κύκλωμα, τότε θα έχουμε επαγωγικό ρεύμα

$$I_{επαγ.} = \frac{E_{επαγ.}}{R_{ολ.}}, \text{ εφόσον δεν υπάρχει άλλη πηγή ρεύματος.}$$

Στην προκειμένη περίπτωση, η ΗΕΔ στον αγωγό PN θα είναι

$$E_{επαγ.(PN)} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{B \cdot \Delta A}{\Delta t} = -\frac{B \cdot L \cdot dx}{dt} \xrightarrow{u=\frac{dx}{dt}} E_{επαγ.(PN)} = -B \cdot L \cdot u$$

Το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι, αν τα άκρα P,N συνδεθούν με αγωγούς σε αντίσταση, τότε η φορά του επαγωγικού ρεύματος που θα προκαλέσει στο κύκλωμα, θα είναι τέτοια, ώστε να αναιρέσει την αύξηση της μαγνητικής ροής από αυτό.

Φανταστείτε ότι ο PN στο παραπάνω σχήμα, συνδέεται μόνο με την R_1 , τότε το επαγωγικό ρεύμα θα είχε φορά αντίθετη της κίνησης των δεικτών του ρολογιού (αριστερόστροφο). Έτσι, το επαγόμενο μαγνητικό πεδίο εξαιτίας του ρεύματος, θα είχε δυναμικές γραμμές αντίθετες από του εξωτερικού

μαγνητικού πεδίου B, αφού θα τείνει να μειώσει την αυξανόμενη μαγνητική ροή, εξαιτίας της κίνησης του PN .

Στην περίπτωση της παραπάνω άσκησης, ναι μεν η ΗΕΔ αναπτύσσεται σε όλο τον αγωγό NP, αλλά το κύκλωμα που κλείνει είναι σε τμήμα του ΚΛ, άρα η ΗΕΔ που θα “δώσει” ρεύμα στο κύκλωμα, είναι στο τμήμα ΚΛ ίση με

$E_{επαγ.(ΚΛ)} = -B \cdot d \cdot u$, με πολικότητα Κ(+) και Λ(-), αφού το επαγωγικό ρεύμα που θα προκαλούσε στον αριστερό βρόχο ΡΑΖΝ , θα ήταν αριστερόστροφο προκειμένου να μειώσει την αυξανόμενη μαγν.ροή από αυτό.

Ομοίως, εξαιτίας της μείωσης της μαγνητικής ροής από το βρόχο ΡΓΔΝ, η πολικότητα της ΗΕΔ στον ΚΛ θα ήταν Κ(+) και Λ(-), προκειμένου να αυξήσει την μειούμενη μαγν.ροή από αυτό.

Άρα το παραπάνω κύκλωμα **ισοδυναμεί** με μια πηγή στον ΚΛ με ΗΕΔ μέτρου $|E_{επαγ.(ΚΛ)}| = B \cdot d \cdot u = 3V$, με πολικότητα Κ(+) και Λ(-). Το επαγωγικό ρεύμα που την διαρρέει είναι $I_{επ.} = \frac{|E_{επαγ.(ΚΛ)}|}{R_{ολ.}}$

$$R_{ολ.} = R' + R_{1,2} = R' + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{όμως}$$

$$\frac{R'}{R} = \frac{\rho \frac{d}{L}}{\rho \frac{L}{S}} = \frac{d}{L} \Rightarrow R' = \frac{d}{L} \cdot R = \frac{0.5}{0.6} \cdot 3.6 = 3\Omega \quad \text{άρα } R_{ολ.} = 3 + \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 5\Omega$$

$$\text{Έτσι } I_{επ.} = \frac{3}{5} = 0,6A$$

Η πολική τάση στα άκρα της ΚΛ θα είναι

$$V_{ΚΛ} = |E_{επαγ.(ΚΛ)}| - I_{επ.} \cdot R' = 3 - 0.6 \cdot 3 = 1.2V = V_1 = V_2$$

$$I_1 = \frac{V_{ΚΛ}}{R_1} = 0,4 A \quad I_2 = \frac{V_{ΚΛ}}{R_2} = 0,2 A$$

2. Αφού η ταχύτητα του ΚΛ είναι σταθερή, έχουμε

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F = F_L = B \cdot I_{επ.} \cdot d = 1 \cdot 0.6 \cdot 0.5 = 0.3N$$

3. Ο ρυθμός που προσφέρουμε ενέργεια στο σύστημα μέσω του έργου

$$\text{της F, άρα } \frac{dW}{dt} = \frac{F \cdot dx}{dt} = F \cdot u = 0.3 \cdot 6 = 1.8J/s$$

4. Η ΗΕΔ στον PN είναι μέτρου

$$|E_{\varepsilon\pi\alpha\gamma\cdot(PN)}| = B \cdot L \cdot u = 1 \cdot 0,6 \cdot 6 = 3,6V \text{ με πολικότητα P(+) και N(-).}$$

Η πολική τάση στα άκρα της ΚΛ θα είναι

$$V_{KL} = |E_{\varepsilon\pi\alpha\gamma\cdot(KL)}| - I_{\varepsilon\pi.} \cdot R' = 3 - 0,6 \cdot 3 = 1,2V$$

5. Το φορτίο που πέρασε από μια διατομή του αγωγού ΚΛ σε χρόνο 0.5s είναι $q = I_{\varepsilon\pi.} \cdot \Delta t = 0,6 \cdot 0,5 = 0,3C$