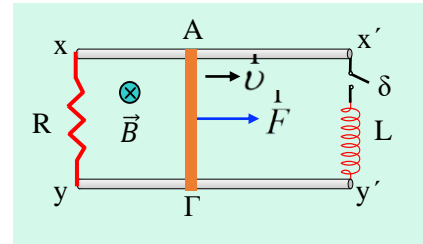


Επαγωγή με ανοικτό και κλειστό διακόπτη

Στο σχήμα, ο αγωγός ΑΓ μήκους 1m, με αντίσταση $r=1\Omega$ κινείται οριζόντια σε επαφή με δύο οριζόντιους ευθύγραμμους αγωγούς xx' και yy' , με σταθερή ταχύτητα $v=2\text{m/s}$, με την επίδραση οριζόντιας δύναμης F . Μεταξύ των άκρων x και y συνδέεται μια αντίσταση $R=3\Omega$, ενώ μέσω ενός διακόπτη, στα άκρα x' και y' συνδέεται ένα ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L=0,5\text{H}$. Στο χώρο επικρατεί ένα κατακόρυφο ομογενές μαγνητικό πεδίο έντασης $B=1\text{T}$, όπως στο σχήμα (σε κάτωψη). Σε μια στιγμή $t=0$ κλείνουμε το διακόπτη.



- i) Για αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη να βρεθούν:
 - α) Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΑΓ και η τάση στα άκρα του.
 - β) Το μέτρο της δύναμης F , καθώς και η ισχύς της.
 - γ) Η ΗΕΔ από αυτεπαγωγή στο πηνίο και ο ρυθμός μεταβολής του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο.
- ii) Μόλις τελειώσουν τα μεταβατικά φαινόμενα και σταθεροποιηθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό ΑΓ, να υπολογιστούν:
 - α) Η ενέργεια που έχει αποθηκευτεί στο πηνίο.
 - β) Ο ρυθμός με τον οποίο παρέχει ενέργεια στον αγωγό ΑΓ η δύναμη F .

Δίνεται ότι δεν υπάρχουν τριβές μεταξύ του αγωγού ΑΓ και των αγωγών xx' και yy' , οι οποίοι δεν έχουν αντίσταση.

Απάντηση:

- i) Στον κινούμενο αγωγό ΑΓ αναπτύσσεται ΗΕΔ λόγω επαγωγής, με πολικότητα, όπως στο σχήμα (το άκρο Α θετικό), ίση με:

$$E_{\varepsilon\pi} = Bvl = 1 \cdot 2 \cdot 1\text{V} = 2\text{V}$$

- α) Από τον νόμο του Ohm στο κύκλωμα ΑxyΓ για όσο χρόνο ο αγωγός ΑΓ κινείται, με ανοικτό το διακόπτη, παίρνουμε:

$$I = \frac{E_{\varepsilon\pi}}{R+r} = \frac{2\text{V}}{(3+1)\Omega} = 0,5\text{A}$$

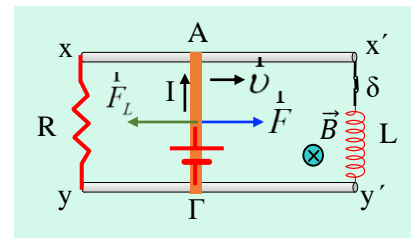
Με φορά όπως στο σχήμα. Αλλά τότε αντιμετωπίζοντας τον αγωγό ΑΓ ως μια πηγή με εσωτερική αντίσταση r , έχουμε για την πολική τάσης της:

$$V_{\pi} = V_{A\Gamma} = E_{\varepsilon\pi} - Ir = 2\text{V} - 0,5 \cdot 1\text{V} = 1,5\text{V}$$

Εναλλακτικά η παραπάνω τάση, είναι η τάση στα άκρα της αντίστασης:

$$V_{A\Gamma} = V_R = IR = 0,5 \cdot 3\text{V} = 1,5\text{V}$$

Αμέσως μετά το κλείσιμο του διακόπτη το πηνίο δεν διαρρέεται από ρεύμα, λόγω αυτεπαγωγής, συνεπώς



η κατάσταση όσον αφορά την ένταση του ρεύματος και την παραπάνω τάση, είναι η ίδια και με τον διακόπτη ανοικτό!

- β) Αφού ο αγωγός ΑΓ κινείται με σταθερή ταχύτητα, ενώ δέχεται δύναμη Laplace, με κατεύθυνση αντίθετη της ταχύτητας, θα ισχύει:

$$\Sigma F = 0 \rightarrow F = F_L = BIl = 1 \cdot 0,5 \cdot 1N = 0,5N$$

Η ισχύς της οποίας είναι ίση:

$$P_F = F \cdot v = 0,5 \cdot 2W = 1W$$

- γ) Εφαρμόζουμε τον 2° κανόνα του Kirchhoff στον βρόχο με το πηνίο:

$$E_{επ} - Ir + E_{αυτ} = 0 \rightarrow E_{αυτ} = -E_{επ} + Ir = -2V + 0,5 \cdot 4V = -1,5V$$

Το πρόσημο (-) σημαίνει ότι η πολικότητα της ΗΕΔ από αυτεπαγωγή είναι αντίθετη από την $E_{επ}$ ή αν προτιμάτε τείνει να δώσει ρεύμα αντίθετης φοράς, από το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα. Η παραπάνω ΗΕΔ, είναι ίση:

$$E_{επ} = -L \frac{di}{dt} \rightarrow \frac{di}{dt} = -\frac{E_{επ}}{L} = -\frac{-1,5}{0,5} A/s = +3 A/s$$

Πράγμα που σημαίνει ότι η ένταση του ρεύματος μόλις κλείσουμε το διακόπτη, είναι μηδενική, αλλά αυξάνεται με αρχικό ρυθμό 3 A/s και την ίδια φορά, με την φορά της έντασης που διαρρέει τον ΑΓ.

- ii) Μόλις σταθεροποιηθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, τότε η $E_{αυτ}$ μηδενίζεται, αλλά τότε με μηδενική τάση στα άκρα του πηνίου, έχουμε μηδενική τάση και στα άκρα της αντίστασης R άρα η ράβδος συμπεριφέρεται σαν μια βραχυκυκλωμένη πηγή αφού $V_{ΑΓ}=0$.

- α) Για το ρεύμα βραχυκύκλωσης του αγωγού ΑΓ έχουμε:

$$V_{ΑΓ} = E_{επ} - Ir = 0 \rightarrow I_{\beta} = \frac{E_{αυτ}}{r} = \frac{2}{1} A = 2A$$

Αλλά τότε στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου αποθηκεύεται ενέργεια ίση:

$$U_{max} = \frac{1}{2} LI_{\beta}^2 = \frac{1}{2} 0,5 \cdot 2^2 J = 1J$$

- β) Διαρκώς ο αγωγός ΑΓ κινείται με σταθερή ταχύτητα και για να συμβαίνει αυτό, αφού ο αγωγός δεν διαρρέεται από σταθερή ένταση ρεύματος, επιτυγχάνεται με την εφαρμογή μεταβλητής δύναμης F. Για την παραπάνω περίπτωση με ρεύμα έντασης ίση με I_{β} , έχουμε:

$$\Sigma F = 0 \rightarrow F' = F'_L = BI_{\beta}l = 1 \cdot 1 \cdot 1N = 1N$$

Έτσι ο ρυθμός με τον οποίο μεταφέρεται ενέργεια στον ΑΓ, μέσω του έργου της δύναμης F, είναι ίσος:

$$\frac{dW}{dt} = P_F = F' \cdot v = 1 \cdot 2W = 2W$$

