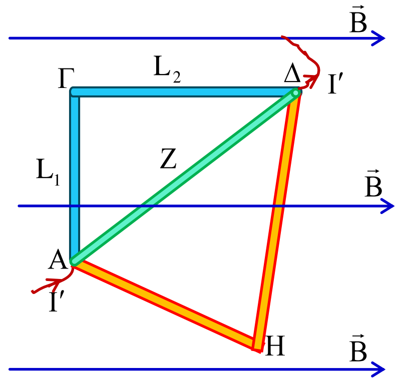
14. Δύναμη Laplace σε σύστημα αγωγών (5ο μέρος)



Τα άκρα Α,Δ τριών ομοεπιπέδων αγωγών ΑΓΔ, ΑΖΔ και ΑΗΔ με ίσες αντιστάσεις τροφοδοτούνται από τη ίδια πηγή με ένταση του ρεύματος $I'=7{,}5A$. Ο αγωγός ΑΓΔ αποτελείται από δύο ευθύγραμμα τμήματα ΑΓ, ΓΔ με $ΑΓ \perp ΑΔ$ που έχουν μήκη $L_1=0{,}6m$ και $L_2=0{,}6\sqrt{3}m$ αντίστοιχα, ο αγωγός ΑΖΔ είναι ευθύγραμμος, ενώ ο αγωγός ΑΗΔ αποτελείται δύο ευθύγραμμα τμήματα ΑΗ και ΗΔ με άγνωστα μήκη.

Το σύστημα των τριών αγωγών είναι μέσα σε ομογενές μαγνητικό πεδίο του οποίου οι δυναμικές γραμμές είναι παράλληλες με το αγώγιμο τμήμα ΓΔ.

Αν ο αγωγός ΑΓΔ δέχεται δύναμη Laplace $F_1=3N$, να υπολογίσετε,

α. το μέτρο της έντασης $\vec{B}$ του μαγνητικού πεδίου,

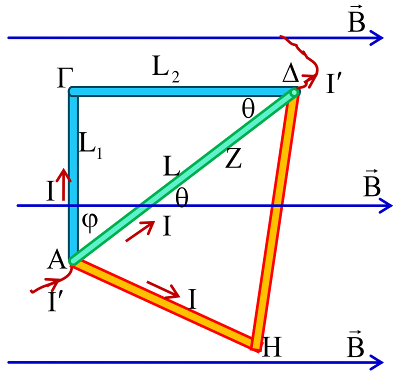
β. τις δυνάμεις Laplace που δέχονται οι αγωγοί ΑΖΔ και ΑΗΔ,

γ. τη συνισταμένη Laplace που ασκείται στο σύστημα και των τριών αγωγών.

Στρέφουμε αντιωρολογιακά το σύστημα των αγωγών περί άξονα που διέρχεται από το Α και είναι κάθετος στο επίπεδο των αγωγών και το ακινητοποιούμε σε διάφορες θέσεις. Να βρείτε:

δ. ύστερα από πόση γωνία στροφής (που ακινητοποιούμε το σύστημα) ο αγωγός ΑΗΔ δέχεται την μέγιστη και ελάχιστη τιμή του μέτρου της δύναμης Laplace , οι οποίες τιμές να υπολογισθούν.

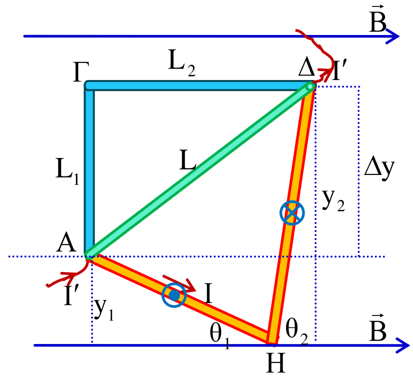
Απάντηση



α. Επειδή οι αγωγοί έχουν ίδια αντίσταση R, ίδια άκρα και συνεπώς ίδια τάση τροφοδοσίας θα διαρρέονται από ρεύματα ίση έντασης $I=\frac{V_{A\Delta}}{R}$ και θα ισχύει $I'=3I \Rightarrow I=2{,}5A$.

Για τη δύναμη Laplace που ασκείται στο αγωγό ΑΓΔ ισχύει $\vec{F}_{1,A\Gamma\Delta}=\vec{F}_{L,A\Gamma}+\vec{F}_{L,\Gamma\Delta}$ και επειδή $\Gamma\Delta // \vec{B}$ έχουμε $\vec{F}_{L,\Gamma\Delta}=0$, οπότε $\vec{F}_{1,A\Gamma\Delta}=\vec{F}_{L,A\Gamma} \Rightarrow F_{1,A\Gamma\Delta}=F_{L,A\Gamma}=BIL_1$

$B=\frac{F_{1,A\Gamma\Delta}}{IL_1} \xrightarrow{S.I} B=2T$.



β. $F_{2,AZ\Delta}=BIL\eta\mu\theta \Rightarrow F_{2,AZ\Delta}=BIL\frac{L_1}{L} \Rightarrow F_{2,AZ\Delta}=BIL_1$

$\xrightarrow{S.I} \mathbf{F_{2,AZ\Delta}=3N}$

$\vec{F}_{2,AH\Delta}=\vec{F}_{L,AH}+\vec{F}_{L,H\Delta} \Rightarrow F_{3,AH\Delta}=-F_{L,AH}+F_{L,H\Delta} \Rightarrow$

$F_{3,AH\Delta}=-BI(AH)\eta\mu\theta_1+BI(H\Delta)\eta\mu\theta_2 \Rightarrow$

$F_{3,AH\Delta}=-BIy_1+BIy_2 \Rightarrow F_{3,AH\Delta}=BI(y_2-y_1) \Rightarrow$

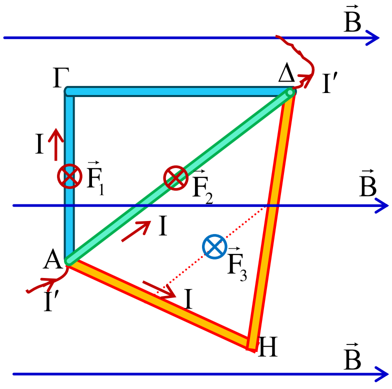
$F_{3,AH\Delta}=BI(\Delta y) \Rightarrow F_{3,AH\Delta}=BIL_1$

Σχόλιο 1:

Παρατηρούμε ότι και στους τρεις αγωγούς οι δυνάμεις Laplace έχουν ίδια τιμή $F_L=BIL_1$ ή $\mathbf{F_L=BI\cdot\Delta y}$ ή $\mathbf{F_L=BIL\eta\mu\theta}$ που σημαίνει ότι:

Η δύναμη Laplace που ασκείται σε κάθε ρευματοφόρο αγωγό τυχαίου σχήματος με άκρα τα Α, Δ ισούται με την δύναμη Laplace που ασκείται σε υποθετικό ρευματοφόρο αγωγό που διαρρέεται από την ίδια ένταση ρεύματος και ,

- ενώνει ευθύγραμμα τα άκρα Α και Δ ή
- έχει μήκος την προβολή του αγωγού με άκρα Α, Δ σε διεύθυνση κάθετη στις δυναμικές γραμμές.



Περισσότερα με γενική απόδειξη για αγωγό τυχαίου σχήματος στο βιβλίο μου Φυσική Γ΄ Λυκείου - Ηλεκτρομαγνητισμός σελίδες 85-92

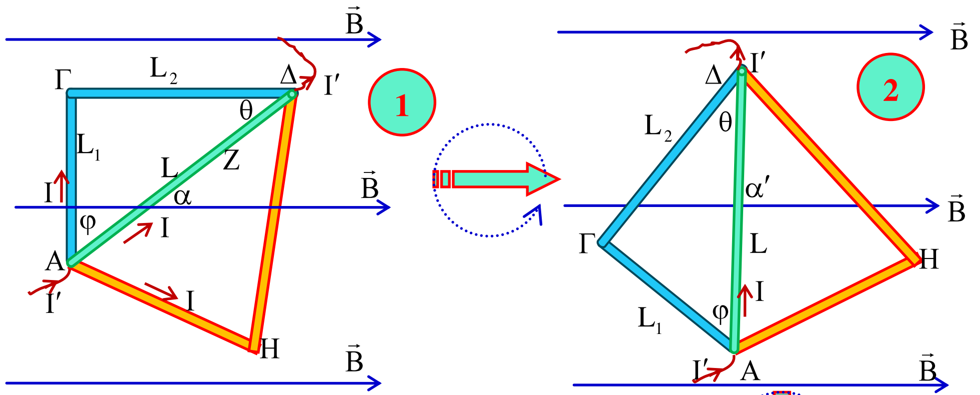
[δείτε: Ηλεκτρομαγνητισμός]

γ. $\vec{F}_{o\lambda}=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3 \Rightarrow F_{o\lambda}=F_1+F_2+F_3 \Rightarrow F_{o\lambda}=9N$

δ. Όπως είδαμε η δύναμη Laplace που δέχεται ο αγωγός ΑΗΔ ισούται με την δύναμη Laplace που δέχεται ο ΑΖΔ … οπότε στη στροφή του συστήματος η μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση της Laplace στην ΑΗΔ, ισούται η μεγιστοποίηση ή ελαχιστοποίηση της Laplace στην ΑΖΔ.

Παρατηρούμε $(AZ\Delta)=L=\sqrt{L_1^2+L_2^2} \xrightarrow{S.I} L=1{,}2m$ και $\eta\mu\theta=\frac{L_1}{L} \xrightarrow{S.I} \eta\mu\theta=0{,}5 \Rightarrow$

$\theta=30^0$ και $\varphi=60^0$.



- $F_{L,AH\Delta}=F_{L,AZ\Delta}=BIL\eta\mu\alpha$ και αυτή μεγιστοποιείται όταν ημα=1 , δηλαδή όταν $\alpha'=90^0$ που το σύστημα έχει στραφεί κατά $\Delta\alpha=\alpha'-\alpha \Rightarrow \Delta\alpha=\alpha'-\theta \Rightarrow \Delta\alpha=60^0$ με $F_{L,AH\Delta_{max}}=BIL\eta\mu 90^0 \Rightarrow F_{L,AH\Delta_{max}}=BIL \Rightarrow F_{L,AH\Delta_{max}}=6N$ (Σχήμα 2).
- $F_{L,AH\Delta}=F_{L,AZ\Delta}=BIL\eta\mu\alpha$ το μέτρο της οποίας ελαχιστοποιείται όταν ημα=0, δηλαδή όταν $\alpha''=180^0$ που το σύστημα έχει στραφεί κατά $\Delta\alpha=\alpha''-\alpha \Rightarrow \Delta\alpha=\alpha''-\theta \Rightarrow \Delta\alpha=150^0$ με $F_{L,AH\Delta_{min}}=BIL\eta\mu 180^0 \Rightarrow F_{L,AH\Delta_{min}}=0$ (Σχήμα 3).