# Η δύναμη Laplace και το έργο της.

Δίνεται η πρόταση:

«Το έργο της δύναμης Laplace, η οποία ασκείται σε έναν αγωγό, μετράει την μηχανική ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική στο κύκλωμα».

Είναι σωστή η πρόταση αυτή; Ας το ελέγξουμε, με την βοήθεια κάποιων εφαρμογών.

***Εφαρμογή 1η :***

 Στο διπλανό σχήμα, βλέπουμε το γνωστό σύστημα οριζόντιων αγωγών, χωρίς αντίσταση, όπου ο κινούμενος αγωγός ΑΓ έχει μήκος ℓ=1m και κινείται προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα υ=4m/s, με την επίδραση κατάλληλης εξωτερική δύναμης. Αν R=2Ω και Β=1Τ, να βρεθούν:

i) Η ασκούμενη δύναμη Laplace στον αγωγό ΑΓ και η ισχύς της.

ii) Η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνεται στον αντιστάτη R.

***Απάντηση:***

Στον αγωγό ΑΓ αναπτύσσεται λόγω επαγωγής ΗΕΔ:

*Ε=Βυℓ=1∙4∙1V=4V*

Με πολικότητα όπως στο σχήμα, αφού τότε το κύκλωμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και η ασκούμενη δύναμη Laplace αντιστέκεται στην κίνηση (η αιτία που την προκάλεσε…).

Οπότε από τον νόμο του Οhm, παίρνουμε:



* 1. Τότε στον αγωγό ασκείται δύναμη Laplace μέτρου:

*FL=Β∙Ι∙ℓ=1∙2∙1Ν=2Ν*

Η ισχύς της οποίας είναι:



* 1. Εξάλλου η ηλεκτρική ενέργεια που εμφανίζεται στο κύκλωμα είναι ίση:

*Ρηλ=Ε∙Ι=4∙2W=8W*

Βλέπουμε δηλαδή ότι η αρχική **πρόταση ισχύει**. Η δύναμη Laplace αφαιρεί ενέργεια από τον αγωγό ΑΓ 8J/s, τα οποία εμφανίζονται ως ηλεκτρική ενέργεια και τελικά σαν θερμότητα στον αντιστάτη, αφού:

*ΡQ=Ι2∙R=22∙2W=8W.*

***Εφαρμογή 2η :***

Στο διπλανό σχήμα, βλέπουμε το ίδιο σύστημα αλλά τώρα ο αγωγός ΑΓ συγκρατείται ακίνητος στην θέση του απέχοντας 1m από τα αριστερά άκρα των δύο παραλλήλων αγωγών, όπου συνδέεται ο αντιστάτης. Αν τώρα μεταβάλλεται το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου με ρυθμό , για την χρονική στιγμή όπου Β=1Τ, να βρεθούν:

i) Η ασκούμενη δύναμη Laplace στον αγωγό ΑΓ και η ισχύς της,

ii) Η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνεται στον αντιστάτη R.

***Απάντηση:***

Στον κλειστό βρόχο- τετράγωνο με πλευρά 1m αναπτύσσεται λόγω επαγωγής ΗΕΔ εξαιτίας της μεταβολής της μαγνητικής ροής.

i) Έτσι θεωρώντας την κάθετη στο επίπεδο, να έχει την φορά της έντασης του μαγνητικού πεδίου, θα έχουμε:



Ποια είναι η πολικότητα της ΗΕΔ αυτής; Θα πρέπει να δημιουργεί επαγωγικό ρεύμα, με τέτοια φορά, που να αντιστέκεται στην αύξηση του Β, δημιουργώντας ένα δεύτερο μαγνητικό πεδίο έντασης Βεπ αντίθετης φοράς, όπως στο σχήμα. Αλλά τότε με βάση τον κανόνα του δεξιού χεριού η ένταση του ρεύματος έχει φορά, όπως στο σχήμα, από το Γ στο Α, ενώ η δύναμη Laplace, με κατεύθυνση προς τα αριστερά έχει μέτρο:



Βέβαια ο αγωγός ΑΓ παραμένει ακίνητος (προφανώς του ασκούμε και μια αντίθετη εξωτερική δύναμη για να τον συγκρατούμε…), οπότε η δύναμη Laplace δεν παράγει έργο και η ισχύς της είναι μηδενική.

ii) Η ηλεκτρική ισχύς που εμφανίζεται στο κύκλωμα είναι ίση:

*Ρηλ=*

Εδώ με βάση τα αποτελέσματα αυτά, βλέπουμε ότι η πρόταση που μας δόθηκε, **δεν ισχύει**! Η δύναμη Laplace δεν παράγει έργο, δεν αφαιρεί κάποια μηχανική ενέργεια, ενώ το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα. Η μετατροπή της ενέργειας δεν συνδέεται με το έργο της δύναμης Laplace.

***Εφαρμογή 3η :***

Στο διπλανό σχήμα, βλέπουμε το ίδιο σύστημα (με ίδια δεδομένα) αλλά τώρα έχουμε παρεμβάλει μια πηγή Ε1 σε σειρά με την αντίσταση. Σε μια στιγμή ο αγωγός ΑΓ κινείται προς τα δεξιά με ταχύτητα υ=4m/s, ενώ διαρρέεται από ρεύμα έντασης Ι=3Α, όπως στο σχήμα.

Για τη στιγμή αυτή να βρεθούν:

i) Η ασκούμενη δύναμη Laplace στον αγωγό ΑΓ και η ισχύς της,

ii) Η ηλεκτρική ισχύς που καταναλώνεται στον αντιστάτη R.

***Απάντηση:***

i) Με τον κανόνα των τριών δακτύλων βρίσκουμε ότι τώρα η δύναμη Laplace έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά, ίδια με την κατεύθυνση της ταχύτητας, όπως στο σχήμα. Για το μέτρο της έχουμε:

*FL=Β∙Ι∙ℓ=1∙3∙1Ν=3Ν*

Ενώ η ισχύς της θα είναι:



Η θετική τιμή της ισχύος σημαίνει ότι μέσω της δύναμης Laplace προσφέρεται ενέργεια στον αγωγό, αυξάνοντας την κινητική του ενέργεια, σε αντίθεση με την 1η εφαρμογή…

ii) Η ηλεκτρική ισχύς που μετατρέπεται σε θερμότητα στον αντιστάτη R θα είναι ίση:

*ΡQ=Ι2∙R=32∙2W=18W*

Προφανώς δεν υπάρχει καμιά συσχέτιση μεταξύ της ισχύος της δύναμης και της ηλεκτρικής ισχύος στο κύκλωμα! Η πρόταση **δεν ισχύει**.

**Συμπέρασμα:**

Με βάση τα παραπάνω, μόνο στην 1η από τις παραπάνω εφαρμογές ισχύει η πρόταση ότι:

«Το έργο της δύναμης Laplace, η οποία ασκείται σε έναν αγωγό, μετράει την μηχανική ενέργεια που μετατρέπεται σε ηλεκτρική στο κύκλωμα».

Η πρόταση ισχύει στην περίπτωση που εξαιτίας της **κίνησης** του αγωγού, το κύκλωμα διαρρέεται από **επαγωγικό** ρεύμα (ρεύμα που οφείλεται αποκλειστικά στο φαινόμενο της επαγωγής) και η δύναμη Laplace οφείλεται στο ρεύμα αυτό. Όχι σε κάθε περίπτωση…

***dmargaris@gmail.com***