

Νόμος του Faraday – Επαγωγή Παραδείγματα

Γεννήτριες

Οι περισσότερες σημαντικές εφαρμογές της επαγωγής Faraday είναι στις γεννήτριες και κινητήρες

Η απλούστερη γεννήτρια αποτελείται από έναν βρόχο που περιστρέφεται σε ομογενές μαγνητικό πεδίο.

Τα άκρα του βρόχου συνδέονται με κάποια δακτυλίδια που περιστρέφονται με τον βρόχο. Ηλεκτρική επαφή επιτυγχάνεται με κατάλληλα μπλοκς που βρίσκονται σε επαφή με τα δακτυλίδια.

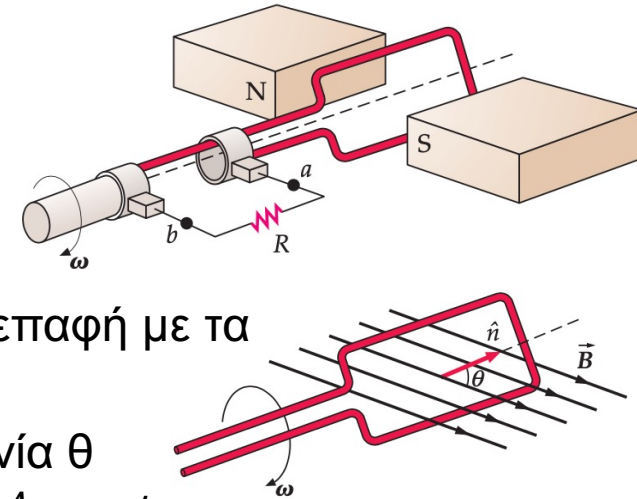
Η ροή που διέρχεται από τον βρόχο όταν σχηματίζει γωνία θ με τη διεύθυνση του μαγνητικού πεδίου είναι: $\Phi_m = NBA \cos \omega t$

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d(\vec{B} \cdot \vec{A})}{dt} = -\frac{d(NBA \cos \omega t)}{dt} \Rightarrow \mathcal{E} = -NBA \frac{d(\cos \omega t)}{dt} \Rightarrow \mathcal{E} = \omega NBA \sin \omega t$$

Αν συνδέσουμε την γεννήτρια σε ένα κύκλωμα που έχει αντίσταση R τότε το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα θα είναι:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = \frac{\omega NBA}{R} \sin \omega t$$

Το ρεύμα είναι εναλλασσόμενο ρεύμα που αλλάζει πολικότητα και έχει πλάτος ταλάντωσης: $I_0 = \omega NBA/R$



Γεννήτριες

Η ισχύς που προσφέρεται στο κύκλωμα θα είναι: $P = I|\mathcal{E}| = \frac{(\omega NBA)^2}{R} \sin^2 \omega t$

Η ροπή που αναπτύσσεται στο βρόχο θα είναι: $\tau = \mu B \sin \theta = \mu B \sin \omega t$

Επομένως η μηχανική ισχύς που προσφέρεται για να περιστραφεί ο βρόχος θα είναι:

$$P_m = \tau \omega = \mu B \omega \sin \theta = \mu B \omega \sin \omega t$$

Η διπολική ροπή ενός πηνίου με N σπείρες είναι:

$$\mu = NIA = N \frac{N\omega BA}{R} A \sin \omega t \Rightarrow \mu = \frac{\omega B N^2 A^2}{R} \sin \omega t$$

Αντικαθιστώντας στην εξίσωση της μηχανικής ισχύος: $P_m = \frac{(\omega BNA)^2}{R} \sin \omega t$

Βλέπουμε επομένως ότι η ηλεκτρική ισχύς και η μηχανική ισχύς είναι ίσες όπως ήταν αναμενόμενο

Ρεύματα Eddy

Είδαμε ότι καθώς ένας βρόχος περιστρέφεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, επάγεται ρεύμα.

Τι θα συνέβαινε αν ένας συμπαγής αγωγός περιστρέφονταν μέσα σε μαγνητικό πεδίο?

Και πάλι εμφανίζεται επαγόμενο ρεύμα το οποίο εμφανίζεται να περιστρέφεται και ονομάζεται **eddy ρεύμα**.

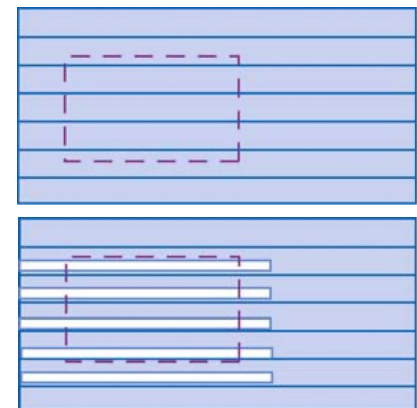
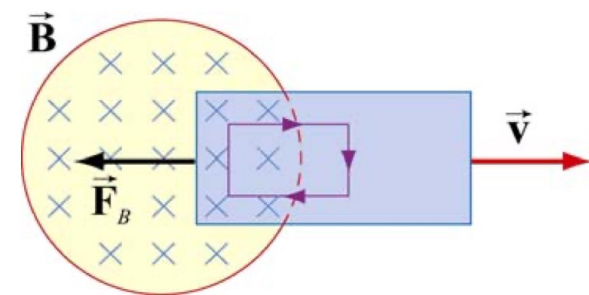
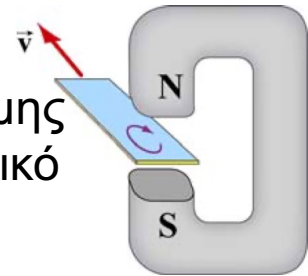
Το επαγόμενο eddy ρεύμα προκαλεί την εμφάνιση μιας μαγνητικής δύναμης η οποία κάνει δυσκολότερη την μετακίνηση του αγωγού μέσα στο εξωτερικό μαγνητικό πεδίο.

Ο αγωγός όμως παρουσιάζει αντίσταση και σαν αποτέλεσμα ο αγωγός θερμαίνεται εξαιτίας της απώλειας ισχύος: $P = I^2 R$ ή συναρτήσει της επαγόμενης ΗΕΔ: $P = \mathcal{E}^2 / R$

Αυξάνοντας τη τιμή της αντίστασης R μπορούμε να ελαττώσουμε την απώλεια ενέργειας.

Για να αυξήσουμε την αντίσταση μπορούμε να επικαλύψουμε την επιφάνεια του αγωγού με κάποιο μεταλλικό φύλλο ή να δημιουργήσουμε εγκοπές στην επιφάνεια ή να τον κατασκευάσουμε χρησιμοποιώντας λωρίδες από μη αγώγιμο υλικό

Ρεύματα eddy χρησιμοποιούνται για την καταστολή μηχανικών ταλαντώσεων, ή για το φρενάρισμα τρένων υψηλής ταχύτητας



Επαγόμενη ΗΕΔ και συστήματα αναφοράς

Στη προηγούμενη διάλεξη αναφέραμε ότι η γενική εξίσωση της κινητικής ΗΕΔ είναι:

$$\mathcal{E} = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{s} \quad \text{όπου η } \vec{v} \text{ είναι η ταχύτητα του τμήματος του αγωγού μήκους } d\vec{s}$$

Ξέρουμε ακόμα ότι η επαγόμενη ΗΕΔ που σχετίζεται με έναν ακίνητο αγωγό δίνεται από:

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E}_{nc} \cdot d\vec{s}$$

Αλλά αν ένα σώμα κινείται ή είναι ακίνητο εξαρτάται από το σύστημα αναφοράς.

Εξετάζουμε το ακόλουθο παράδειγμα:

Ένας ραβδόμορφος μαγνήτης πλησιάζει έναν αγωγίμο βρόχο.

Ένας παρατηρητής στο σύστημα αναφοράς του βρόχου βλέπει τον μαγνήτη να πλησιάζει στον βρόχο.

Εξαιτίας της κίνησης αυτής, αναπτύσσεται ένα επαγόμενο μη συντηρητικό ηλεκτρικό πεδίο, \vec{E}_{nc} το οποίο ασκεί δύναμη στα ελεύθερα ηλεκτρόνια του αγωγού.

Η δύναμη αυτή είναι: $\vec{F}_{el} = q\vec{E}_{nc}$

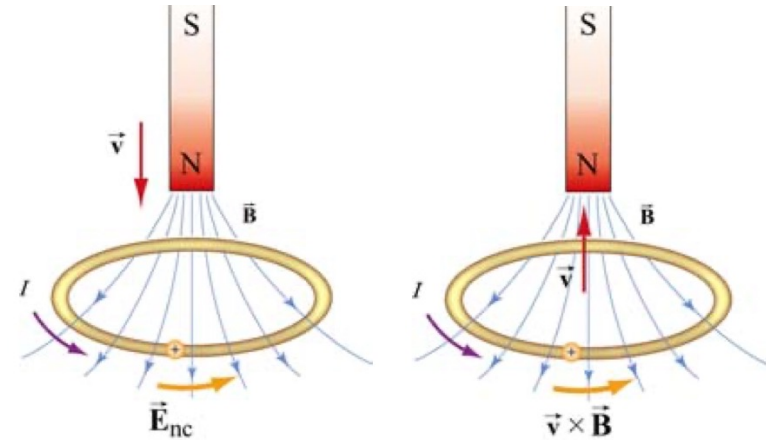
Το φορτίο ωστόσο είναι ακίνητο σύμφωνα με τον παρατηρητή στον βρόχο, και επομένως δεν αναπτύσσεται μαγνητική δύναμη στο φορτίο.

Επαγόμενη ΗΕΔ και συστήματα αναφοράς

Από την σκοπιά ενός παρατηρητή στον σύστημα αναφοράς του μαγνήτη, βλέπει τον βρόχο να κινείται προς τον μαγνήτη.

Ο βρόχος κινείται με ταχύτητα \vec{v} προς τον μαγνήτη και επομένως επάγεται κινητική ΗΕΔ στον βρόχο.

Σε αυτό το σύστημα αναφοράς, ο παρατηρητής στο σύστημα αναφοράς του μαγνήτη βλέπει τα φορτία να κινούνται με ταχύτητα \vec{v} . Επομένως ασκείται πάνω τους μαγνητική δύναμη: $\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$



Από τη στιγμή που το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται από δύο διαφορετικούς παρατηρητές με μόνη διαφορά το σύστημα αναφοράς, θα πρέπει οι δυνάμεις που ασκούνται στα φορτία όπως γίνονται αντιληπτές από τους δύο παρατηρητές να είναι ίσες:

$$\vec{F}_B = \vec{F}_{el} \Rightarrow q\vec{v} \times \vec{B} = q\vec{E}_{nc} \Rightarrow \vec{E}_{nc} = \vec{v} \times \vec{B}$$

Εν γένει, ως αποτέλεσμα της σχετικότητας, ένα ηλεκτρικό φαινόμενο που παρατηρείται από έναν παρατηρητή σε σύστημα αναφοράς Ο μπορεί να εμφανίζεται ως μαγνητικό για κάποιον άλλον παρατηρητή σε ένα σύστημα αναφοράς Ο' το οποίο κινείται με ταχύτητα \vec{v} ως προς το σύστημα αναφοράς Ο.