

Επαγόμενα πεδία

Ένα μαγνητικό πεδίο μπορεί να μην είναι σταθερό, αλλά χρονικά μεταβαλλόμενο.

Πειράματα που πραγματοποιήθηκαν το 1831 (από τους Michael Faraday και Joseph Henry) έδειξαν ότι ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μπορεί να επάγει ΗΕΔ σε ένα κύκλωμα.

Το επαγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα συνοδεύεται από μια *επαγόμενη ΗΕΔ*.

Η επαγόμενη ΗΕΔ δίνεται από τον νόμο του Faraday για την επαγωγή.

Michael Faraday

1791–1867

Βρετανός φυσικός και χημικός.

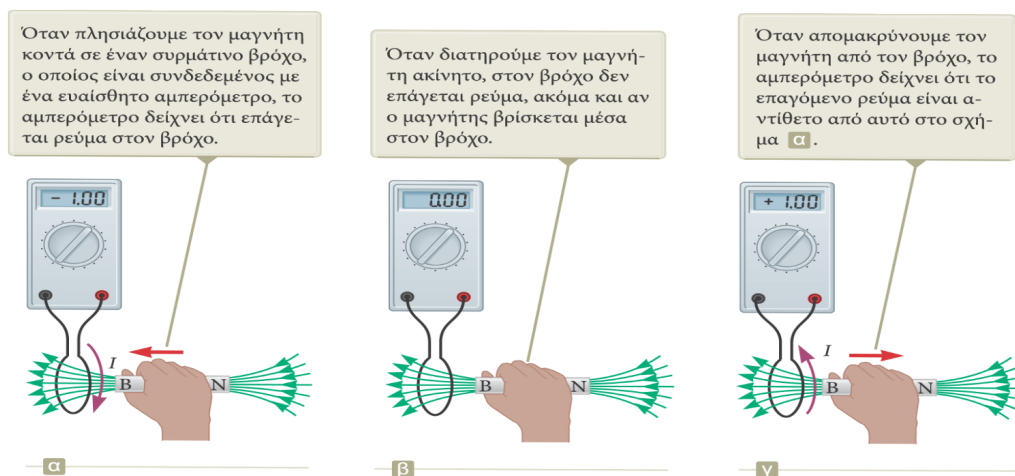
Σπουδαίος πειραματικός φυσικός.

Στις συνεισφορές του στη μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων συγκαταλέγονται:

- Η ανακάλυψη του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής.
- Η εφεύρεση του ηλεκτρικού κινητήρα, της γεννήτριας, και του μετασχηματιστή.
- Η διατύπωση των αρχών της ηλεκτρόλυσης.



Πείραμα επαγόμενου ρεύματος



Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει προς τον βρόχο ή απομακρύνεται από αυτόν, το αμπερόμετρο καταγράφει ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης, το αμπερόμετρο καταγράφει ηλεκτρικό ρεύμα και όταν ο βρόχος πλησιάζει προς τον μαγνήτη ή απομακρύνεται από αυτόν.

Επομένως, ο βρόχος αντιδρά στη σχετική κίνηση του μαγνήτη ως προς αυτόν.

Συσχετίζουμε αυτή την αντίδραση με τη μεταβολή του μαγνητικού πεδίου. Η αντίδραση αυτή είναι το επαγόμενο ρεύμα που δημιουργεί η επαγόμενη ΗΕΔ.

Το πείραμα του Faraday – Διάταξη

Το πρωτεύον πηνίο είναι συνδεδεμένο με έναν διακόπτη και μια μπαταρία. Το σύρμα είναι τυλιγμένο γύρω από ένα σιδερένιο δακτύλιο. Γύρω από τον σιδερένιο δακτύλιο είναι επίσης τυλιγμένο ένα δευτερεύον πηνίο. Το δευτερεύον πηνίο δεν είναι συνδεδεμένο με μπαταρία, δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένο με το πρωτεύον πηνίο και είναι συνδεδεμένο με αμπερόμετρο.

- Τη στιγμή που κλείνει ο διακόπτης, η ένδειξη του αμπερόμετρου αλλάζει. Από μηδενική γίνεται είτε θετική είτε αρνητική και αμέσως μετά μηδενίζεται ξανά.
- Τη στιγμή που ανοίγει ο διακόπτης, η ένδειξη του αμπερόμετρου αλλάζει είτε σε αρνητική είτε σε θετική τιμή (αντίθετη με το προηγούμενο πρόσημό της) και μετά ξαναγίνεται μηδέν.
- Όταν στο πρωτεύον κύκλωμα υπάρχει σταθερό ρεύμα, ή δεν υπάρχει καθόλου ρεύμα, η ένδειξη του αμπερόμετρου είναι μηδενική.



'Αρα...

Ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο επάγει ηλεκτρικό ρεύμα σε έναν βρόχο (στην πειραματική διάταξη, αυτό είναι το ρεύμα στο δευτερεύον κύκλωμα).

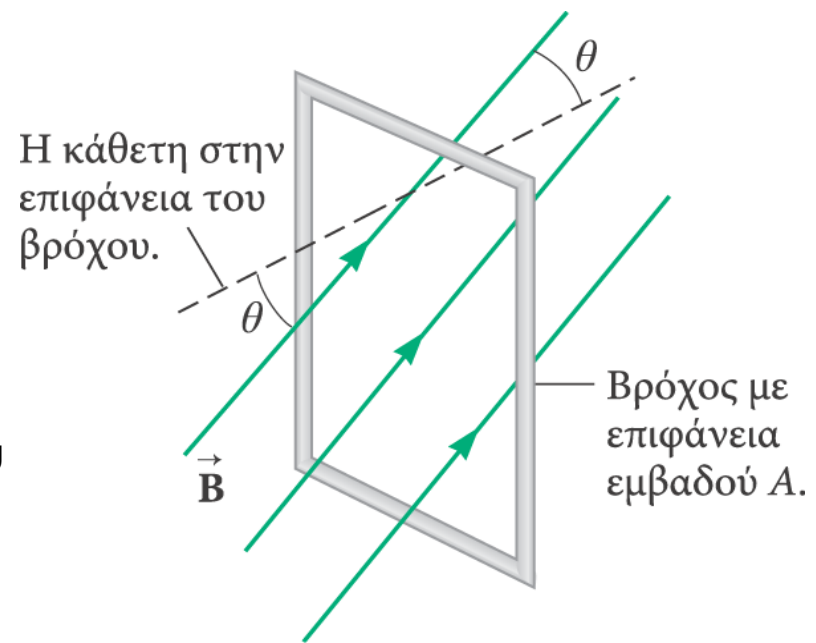
Το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει στον βρόχο ΗΕΔ από επαγωγή.

Η ύπαρξη μαγνητικής ροής, από μόνη της, δεν αρκεί για να δημιουργηθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή. Για να συμβεί αυτό, η μαγνητική ροή πρέπει να μεταβάλλεται.

Μεταβολή της μαγνητικής ροής έχουμε:

- 1) Όταν το μέτρο του μαγνητικού πεδίου μεταβάλλεται με τον χρόνο.
- 2) Όταν η επιφάνεια που περικλείει ο βρόχος μεταβάλλεται με τον χρόνο.
- 3) Όταν η γωνία θ μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και της καθέτου στον βρόχο μεταβάλλεται με τον χρόνο.

Με οποιονδήποτε συνδυασμό των παραπάνω.



Ο κανόνας του Lenz

Σύμφωνα με τον νόμο του Faraday, η ΗΕΔ από επαγωγή και ο ρυθμός μεταβολής της ροής έχουν αντίθετα αλγεβρικά πρόσημα.

Αυτή η παρατήρηση έχει μια φυσική ερμηνεία, η οποία είναι γνωστή ως κανόνας του Lenz (διατυπώθηκε από τον Γερμανό φυσικό Heinrich Lenz):

Ο κανόνας του Lenz: *Το επαγόμενο ρεύμα σε έναν βρόχο έχει φορά τέτοια ώστε να δημιουργεί μαγνητικό πεδίο, το οποίο αντιτίθεται στη μεταβολή της μαγνητικής ροής που διαπερνά τον βρόχο.*

Δηλαδή, το επαγόμενο ρεύμα τείνει να διατηρεί αμετάβλητη την αρχική μαγνητική ροή που διαπερνά τον βρόχο.

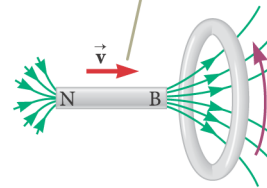
Παράδειγμα

Κοντά σε έναν μεταλλικό βρόχο τοποθετείται ένας μαγνήτης.

i. Βρείτε τη φορά του ρεύματος που επάγεται στον βρόχο καθώς ο μαγνήτης ωθείται προς τον βρόχο (σχήματα α και β).

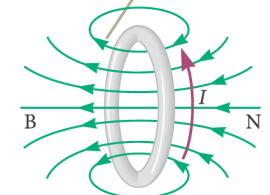
ii. Βρείτε τη φορά του ρεύματος που επάγεται στον βρόχο καθώς ο μαγνήτης απομακρύνεται από τον βρόχο (σχήματα γ και δ).

Όταν ο μαγνήτης πλησιάζει τον ακίνητο αγωγό βρόχο, επάγεται ρεύμα με την εικονιζόμενη φορά. Οι γραμμές μαγνητικού πεδίου δημιουργούνται από τον ραβδόμορφο μαγνήτη.



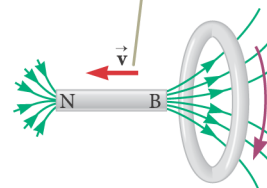
α

Αυτό το επαγόμενο ρεύμα δημιουργεί ένα δικό του μαγνητικό πεδίο, προς τα αριστερά, το οποίο αντιτίθεται στην αύξηση της εξωτερικής ροής.



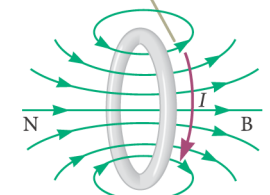
β

Όταν ο μαγνήτης απομακρύνεται από τον ακίνητο αγωγό βρόχο, επάγεται ρεύμα με την εικονιζόμενη φορά.



γ

Αυτό το επαγόμενο ρεύμα δημιουργεί ένα δικό του μαγνητικό πεδίο, προς τα δεξιά, το οποίο αντιτίθεται στη μείωση της εξωτερικής ροής.



δ

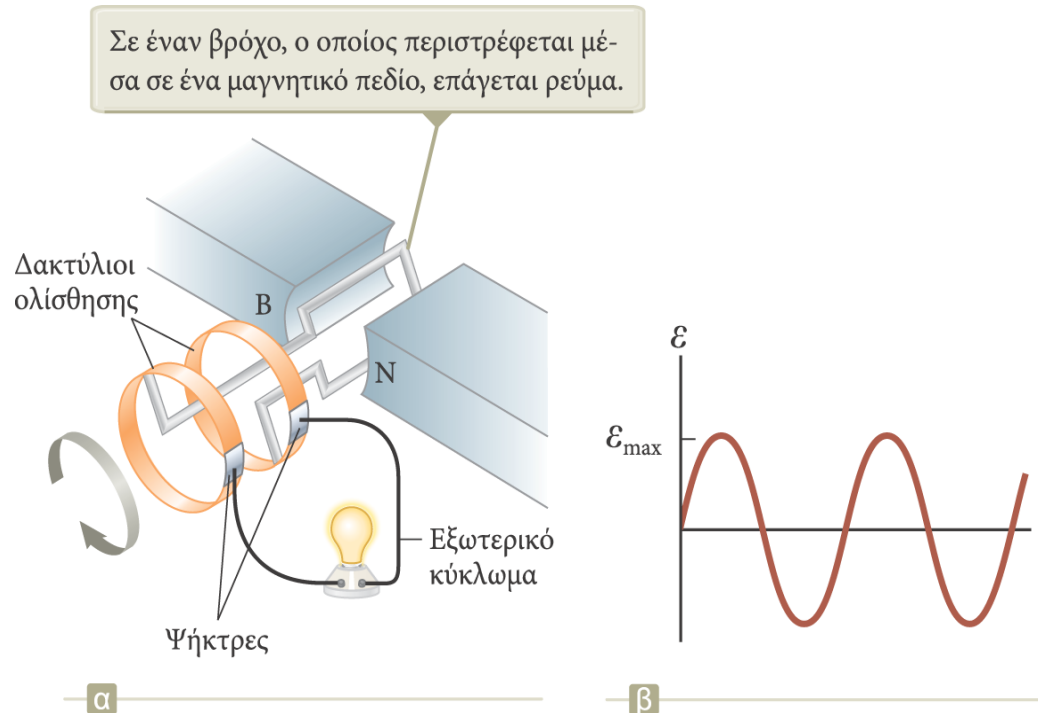
Επαγόμενη ΗΕΔ και ηλεκτρικά πεδία

Νόμος του Faraday:

$$\int_C \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt} \left(\int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} \right)$$

Το επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο είναι ένα μη συντηρητικό πεδίο, το οποίο παράγεται από ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο (αν ήταν συντηρητικό το επικαμπύλιο ολοκλήρωμα του γινομένου $\vec{E} \cdot d\vec{s}$ επάνω σε έναν κλειστό βρόχο θα ήταν ίσο με μηδέν).

Γεννήτριες



Μια γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης αποτελείται από έναν συρμάτινο βρόχο, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο από κάποιο εξωτερικό μέσο.

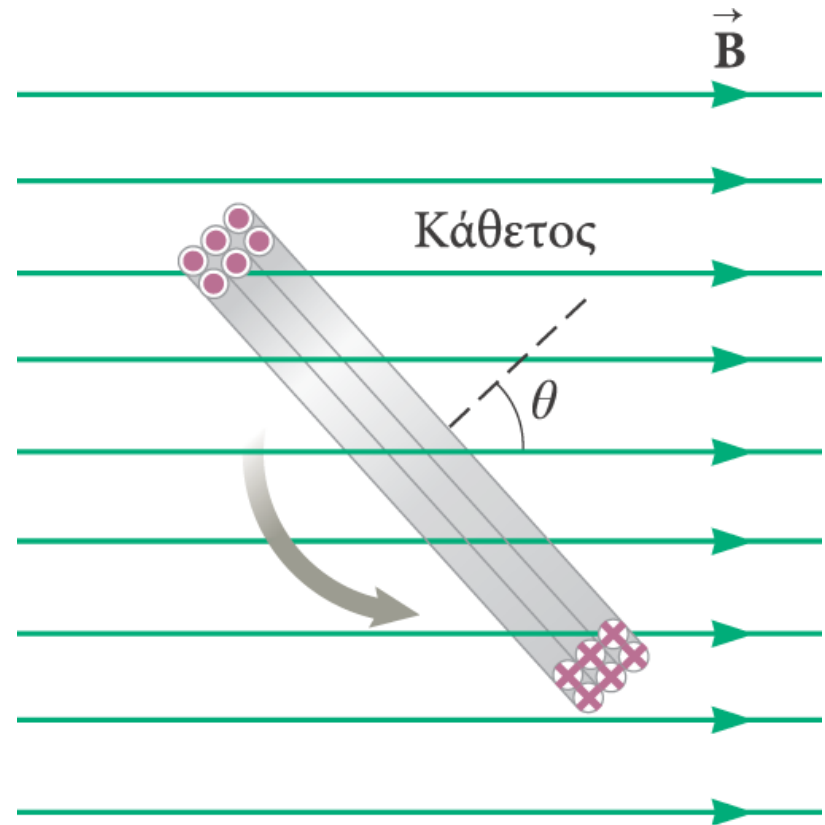
Οι ηλεκτρικές γεννήτριες προσλαμβάνουν ενέργεια μέσω (μηχανικού) έργου και την αποδίδουν μέσω ηλεκτρισμού.

Περιστρεφόμενος βρόχος σε μαγνητικό πεδίο.

Θεωρούμε έναν βρόχο με N σπείρες, ίσου μεταξύ τους εμβαδού, ο οποίος περιστρέφεται μέσα σε ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο με γωνιακή ταχύτητα ω .

Η μαγνητική ροή που διαπερνά τον βρόχο σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή t είναι:

$$\Phi_B = BA \cos\theta = BA \cos(\omega t).$$



Επαγόμενη ΗΕΔ στον περιστρεφόμενο βρόχο

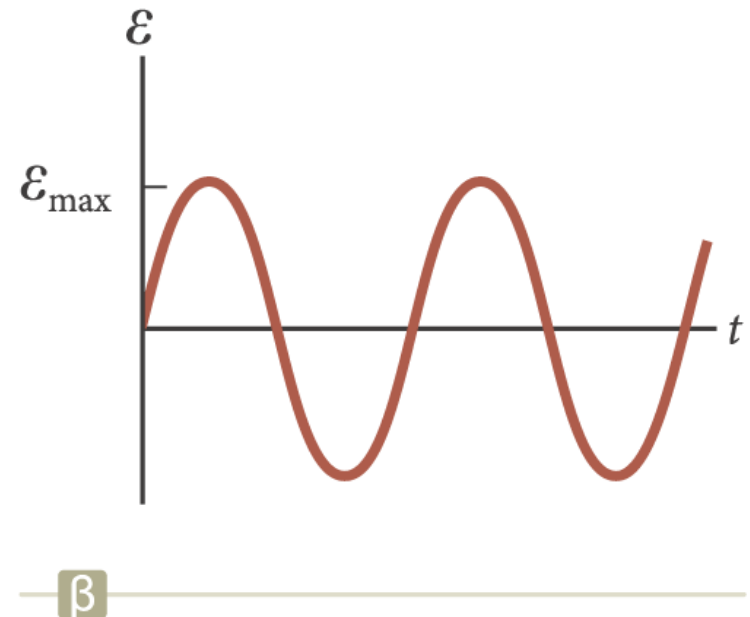
Η ΗΕΔ που επάγεται στον βρόχο είναι:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} = NAB\omega \sin(\omega t)$$

Η ΗΕΔ μεταβάλλεται ημιτονοειδώς.

Η επαγόμενη ΗΕΔ παίρνει τη μέγιστη τιμή της, \mathcal{E}_{\max} ($= NAB\omega$), όταν $\omega t = 90^\circ$ ή 270° . (Δηλαδή όταν το μαγνητικό πεδίο είναι παράλληλο στην επιφάνεια των σπειρών του πηνίου και ο ρυθμός μεταβολής της ροής είναι μέγιστος.)

Η επαγόμενη ΗΕΔ μηδενίζεται, όταν $\omega t = 0^\circ$ ή 180° . (Δηλαδή όταν το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετο στην επιφάνεια των σπειρών του πηνίου και ο ρυθμός μεταβολής της ροής είναι μηδενικός.)



Κινητήρες

Οι κινητήρες (ή μοτέρ) είναι συσκευές οι οποίες δέχονται ενέργεια μέσω ηλεκτρισμού και αποδίδουν ενέργεια με την παραγωγή (μηχανικού) έργου. Στην ουσία, ο κινητήρας είναι μια γεννήτρια που λειτουργεί αντίστροφα.

Το πηνίο τροφοδοτείται με (εναλλασσόμενο) ρεύμα από μια μπαταρία, οπότε η ροπή που αναπτύσσεται στο ρευματοφόρο πηνίο προκαλεί την περιστροφή του. Με την προσάρτηση του περιστρεφόμενου πηνίου σε κάποια εξωτερική συσκευή, μπορούμε να παράγουμε ωφέλιμο μηχανικό έργο.

Όμως, εφόσον το πηνίο περιστρέφεται μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο, επάγεται ΗΕΔ στο πηνίο.

- Αυτή η επαγόμενη ΗΕΔ πάντα τείνει να ελαττώσει το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο.
- Καθώς αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής του πηνίου, αυξάνεται και η τιμή της αντιηλεκτρεγερτικής δύναμης (αντι-ΗΕΔ).

Το ρεύμα στο περιστρεφόμενο πηνίο περιορίζεται από την αντι-ΗΕΔ.

- Χρησιμοποιούμε τον όρο *αντι-ΗΕΔ* για να δείξουμε ότι πρόκειται για επαγόμενη ΗΕΔ που τείνει να μειώσει το ρεύμα τροφοδοσίας.

Αυτή η επαγόμενη ΗΕΔ είναι η αιτία για την οποία οι απαιτήσεις ισχύος για την εκκίνηση και τη λειτουργία ενός κινητήρα είναι μεγαλύτερες όταν το μηχανικό φορτίο του κινητήρα είναι μεγάλο απ' ό,τι όταν είναι μικρό.

Υβριδικά συστήματα κίνησης

Στα αυτοκίνητα με υβριδικά συστήματα κίνησης, για τη βελτίωση της εξοικονόμησης καυσίμου και τη μείωση των ρύπων, συνδυάζονται ένας βενζινοκινητήρας και ένας ηλεκτροκινητήρας. Σε αυτά, η ισχύς παρέχεται στους τροχούς είτε από τον βενζινοκινητήρα είτε από τον ηλεκτροκινητήρα.

Σε κανονικές συνθήκες οδήγησης, ο ηλεκτροκινητήρας επιταχύνει το αυτοκίνητο από την ακινησία μέχρι να φτάσει περίπου τα 24 km/h. Στον χρόνο που απαιτείται γι' αυτή την επιτάχυνση, ο βενζινοκινητήρας παραμένει εκτός λειτουργίας, οπότε δεν καταναλώνεται καύσιμο και δεν εκπέμπονται ρύποι.

Σε υψηλότερες ταχύτητες, ο βενζινοκινητήρας και ο ηλεκτροκινητήρας συνεργάζονται έτσι ώστε ο βενζινοκινητήρας να λειτουργεί στην πιο αποδοτική ισχύ του ή πολύ κοντά σε αυτήν.

Ως αποτέλεσμα, με την ίδια ποσότητα βενζίνης, το υβριδικό αυτοκίνητο διανύει σημαντικά μεγαλύτερη απόσταση σε σχέση με ένα κλασικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο.