विद्युतचुंबकीय प्रेरण अध्ययन नोट्स

विषय सूची

1. विद्युतचुंबकीय प्रेरण का परिचय
2. विद्युतचुंबकीय प्रेरण का फैराडे का नियम
3. लेंज का नियम और प्रेरित धारा की दिशा
4. गतिज वि.वा.ब. (EMF) और प्रेरित धारा
5. स्व-प्रेरण और पारस्परिक प्रेरण
6. प्रेरकत्व
7. प्रेरक में संचित ऊर्जा
8. भँवर धाराएँ
9. विद्युतचुंबकीय प्रेरण के अनुप्रयोग
10. मुख्य अवधारणाओं का सारांश

विद्युतचुंबकीय प्रेरण का परिचय

विद्युतचुंबकीय प्रेरण वह प्रक्रिया है जिसमें एक परिवर्तनशील चुंबकीय क्षेत्र किसी चालक में एक विद्युतचालक बल (EMF) प्रेरित करता है।

- **मुख्य अवधारणा**: जब एक चालक को परिवर्तनशील चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है, तो चालक में एक विद्युत धारा प्रेरित होती है।
- **खोज**: माइकल फैराडे और जोसेफ हेनरी ने 1830 के दशक में विद्युतचुंबकीय प्रेरण की खोज की।
- **सिद्धांत**: प्रेरित EMF परिपथ के माध्यम से चुंबकीय फ्लक्स के परिवर्तन की दर के समानुपाती होता है।

विद्युतचुंबकीय प्रेरण का फैराडे का नियम

फैराडे का नियम कहता है कि परिपथ में प्रेरित EMF, परिपथ के माध्यम से चुंबकीय फ्लक्स के परिवर्तन की ऋणात्मक दर के बराबर होता है।

$$\mathcal{E} = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

- **जहाँ**:
- $\mathcal{E}$ प्रेरित EMF (वोल्ट) है
- N कुंडली में फेरों की संख्या है
- Φ_B चुंबकीय फ्लक्स (वेबर) है
- t समय (सेकंड) है

© 2023-2025 Copyright SATHEE

- **महत्वपूर्ण परिभाषा**:

> ***चुंबकीय फ्लक्स*** *(Φ_B) चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता (B), क्षेत्रफल (A), और चुंबकीय क्षेत्र और क्षेत्रफल के अभिलंब के बीच के कोण (θ) के कोसाइन का गुणनफल होता है।*
>
> $$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

- **उदाहरण**: 100 फेरों वाली एक कुंडली और 0.5 Wb/s के परिवर्तनशील चुंबकीय फ्लक्स में प्रेरित EMF होगी:

$$\mathcal{E} = -100 \cdot 0.5 = -50 \text{ V}$$

लेंज का नियम और प्रेरित धारा की दिशा

लेंज का नियम परिपथ में प्रेरित धारा की दिशा निर्धारित करता है।

- **कथन**: प्रेरित EMF और धारा की दिशा इस प्रकार होती है कि यह उस चुंबकीय फ्लक्स में परिवर्तन का विरोध करती है जिसने इसे उत्पन्न किया।
- **मुख्य अवधारणा**: प्रेरित धारा एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है जो मूल फ्लक्स में परिवर्तन का विरोध करता है।
- **उदाहरण**: यदि एक चुंबक को कुंडली की ओर ले जाया जाता है, तो प्रेरित धारा एक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करेगी जो चुंबक को विपरीत दिशा में धकेलती है।

गतिज वि.वा.ब. (EMF) और प्रेरित धारा

गतिज EMF वह EMF है जो एक चालक में प्रेरित होता है जब वह चुंबकीय क्षेत्र में गति करता है।

- **सूत्र**:

$$\mathcal{E} = B \cdot l \cdot v$$

- B चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता है
- l चालक की लंबाई है
- v चालक का वेग है
- **उदाहरण**: 0.2 T चुंबकीय क्षेत्र में 0.5 m लंबा चालक 2 m/s के वेग से गतिमान:

$$\mathcal{E} = 0.2 \cdot 0.5 \cdot 2 = 0.2 \text{ V}$$

© 2023-2025 Copyright SATHEE

स्व-प्रेरण और पारस्परिक प्रेरण

स्व-प्रेरण

- **परिभाषा**: वह घटना जिसमें एक कुंडली में परिवर्तनशील धारा उसी कुंडली में एक EMF प्रेरित करती है।
- **सूत्र**:

$$\mathcal{E} = -L\frac{di}{dt}$$

- L स्व-प्रेरकत्व (हेनरी) है
- $di\ /\ dt$ धारा के परिवर्तन की दर है

पारस्परिक प्रेरण

- **परिभाषा**: वह घटना जिसमें एक कुंडली में परिवर्तनशील धारा समीपस्थ कुंडली में एक EMF प्रेरित करती है।
- **सूत्र**:

$$\mathcal{E}_2 = -M\frac{di_1}{dt}$$

- M पारस्परिक प्रेरकत्व (हेनरी) है
- i_1 प्राथमिक कुंडली में धारा है

प्रेरकत्व

स्व-प्रेरकत्व

- **परिभाषा**: कुंडली द्वारा स्वयं में धारा परिवर्तन का विरोध करने की क्षमता।
- **इकाई**: हेनरी (H)
- **स्व-प्रेरकत्व को प्रभावित करने वाले कारक**:
- कुंडली में फेरों की संख्या
- कोर पदार्थ (जैसे, लौह कोर प्रेरकत्व को बढ़ाता है)
- कुंडली की ज्यामिति

पारस्परिक प्रेरकत्व

- **परिभाषा**: एक कुंडली द्वारा दूसरी कुंडली में EMF प्रेरित करने की क्षमता।
- **इकाई**: हेनरी (H)
- **पारस्परिक प्रेरकत्व को प्रभावित करने वाले कारक**:
- कुंडलियों की निकटता
- कुंडलियों की अभिविन्यास

SATHEE

© 2023-2025 Copyright SATHEE

- कोर पदार्थ

प्रेरक में संचित ऊर्जा

प्रेरक में संचित ऊर्जा, जब उसमें धारा प्रवाहित होती है, निम्न सूत्र द्वारा दी जाती है:

$$U = \frac{1}{2}Li^2$$

- **जहाँ**:
- U संचित ऊर्जा (जूल) है
- L प्रेरकत्व (हेनरी) है
- i धारा (एम्पीयर) है
- **उदाहरण**: 2 H प्रेरकत्व और 3 A धारा में संचित ऊर्जा:

$$U = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 = 9 \text{ J}$$

भँवर धाराएँ

भँवर धाराएँ चालकों में परिवर्तनशील चुंबकीय क्षेत्र द्वारा प्रेरित धाराएँ होती हैं।

- **मुख्य अवधारणा**: भँवर धाराएँ चालकों में बंद लूप में प्रवाहित होती हैं और ऊष्मा के रूप में ऊर्जा हानि का कारण बन सकती हैं।
- **अनुप्रयोग**:
- ट्रेनों में चुंबकीय ब्रेकिंग
- प्रेरण तापन
- अविनाशी परीक्षण
- **हानियाँ**:
- ट्रांसफार्मर और मोटरों में ऊर्जा हानि
- विद्युत मोटरों में धातु भागों का तापन

SATHEE

© 2023-2025 Copyright SATHEE

विद्युतचुंबकीय प्रेरण के अनुप्रयोग

अनुप्रयोग	विवरण	उदाहरण
ट्रांसफार्मर	AC परिपथों में वोल्टेज स्तर परिवर्तित करना	विद्युत वितरण
जनरेटर	यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में रूपांतरित करना	विद्युत संयंत्र
मोटर	विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में रूपांतरित करना	इलेक्ट्रिक वाहन
इंडक्शन कुकटॉप	विद्युतचुंबकीय प्रेरण का उपयोग करके भोजन गर्म करना	रसोई उपकरण
चुंबकीय ब्रेकिंग	घर्षण के बिना गति कम करना	रोलर कोस्टर

मुख्य अवधारणाओं का सारांश

- **विद्युतचुंबकीय प्रेरण** चुंबकीय क्षेत्र में परिवर्तन के कारण चालक में EMF उत्पन्न करने की प्रक्रिया है।
- **फैराडे का नियम** प्रेरित EMF को चुंबकीय फ्लक्स के परिवर्तन की दर से संबंधित करता है।
- **लेंज का नियम** प्रेरित धारा की दिशा निर्धारित करता है।
- **गतिज EMF** चुंबकीय क्षेत्र में गतिमान चालक में प्रेरित EMF होता है।
- **स्व-प्रेरण** और **पारस्परिक प्रेरण** कुंडलियों में विद्युतचुंबकीय प्रेरण के प्रकार हैं।
- **प्रेरकत्व** कुंडली द्वारा धारा परिवर्तन का विरोध करने की क्षमता को मापता है।
- **प्रेरक में संचित ऊर्जा** की गणना सूत्र $U = \frac{1}{2}Li^2$ का उपयोग करके की जाती है।
- **भँवर धाराएँ** प्रेरित धाराएँ हैं जो ऊर्जा हानि का कारण बन सकती हैं लेकिन व्यावहारिक अनुप्रयोग भी होते हैं।

SATHEE

© 2023-2025 Copyright SATHEE