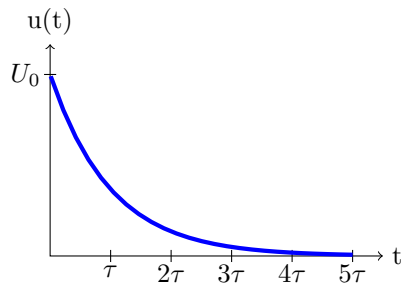
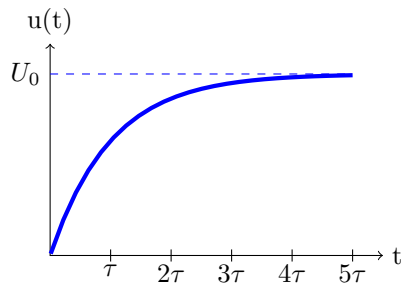


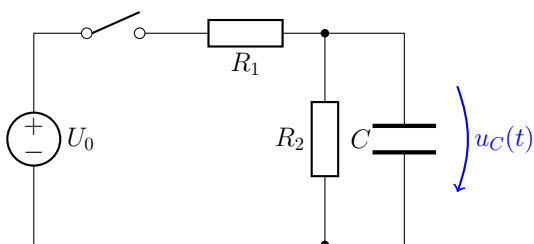
Wie heisst die Gleichung der folgender Entladefunktion?



Wie heisst die Gleichung der folgender Ladefunktion?

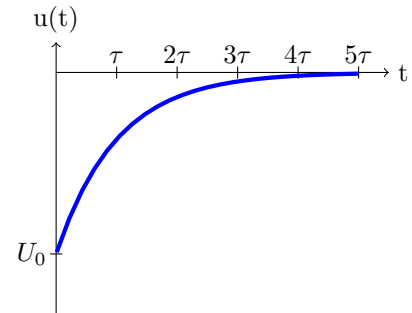


Wie kann die Spannung $u_C(t)$ berechnet werden wenn zum Zeitpunkt t_0 der Schalter geschlossen wird?



Wie lautet das einfache Induktionsgesetz?

Wie heisst die Gleichung der folgender Entladefunktion?



Wie lautet die Differenzialgleichung des Kondensators und was folgt daraus?

Was ist ein Verschiebungsstrom?

Was sind die Primär- und die Sekundäreffekte der Induktion?

2

Antwort

$$u(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Wobei U_0 negativ ist.

1

Antwort

$$u(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

4

Antwort

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{i_C}{C}$$

- Strom durch einen Kondensator bedingt einer Spannungsänderung
- Bei einem grossen Kondensator ($C \gg 0$) führen auch grosse Ströme nur zu relativ kleinen Spannungsänderungen.
- Eine grosse Spannungsänderung an einem Kondensator bedingt einem grossen Strom oder einer kleinen Kapazität

3

Antwort

$$u(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

6

Antwort

- Kirchhof ist nicht mehr allgemein gültig. Denn es kann sich nun auch Ladung ansammeln.

$$\oint_{\text{Hülle}} \vec{J} \cdot d\vec{s} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad \sum_n I_n = 0$$

Deshalb muss nun Kirchhof mit dem Verschiebungsstrom erweitert werden:

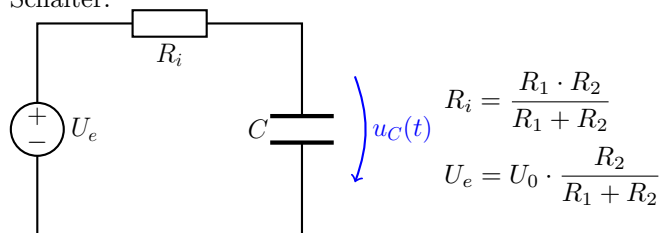
$$\oint_{\text{Hülle}} \vec{J} \cdot d\vec{s} + \frac{dQ_{\text{eingeschlossen}}}{dt}(t) = 0$$

- Der Verschiebungsstrom verursacht ebenfalls ein Magnetfeld!

5

Antwort

1. Ersatzspannungsquelle berechnen für den geschlossenen Schalter.



2. Spannung u_C berechnen.

$$u_C(t) = U_e \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

8

Antwort

Primäreffekt: Phänomen, dass ein elektrisches Feld (\rightarrow Spannung) entsteht, wenn sich das Magnetfeld ändert.
Sekundäreffekt: Phänomen, welches eintritt wenn durch die induzierte Spannung ein Strom fließen kann. Dieser Strom verursacht ein Gegenfeld nach Lenz.

Der Primäreffekt tritt immer auf. Der Sekundäreffekt kann nur auftreten wenn ein Strom fließen kann.

7

Antwort

$$u_i(t) = -\frac{d\Phi}{dt}(t)$$

Was ist elektromagnetische Induktion?

Was ist Ruheinduktion?

Wie wird im oder vom Magnetfeld
Arbeit verrichtet?

Was ist totale Induktion?

Was bedeutet Selbstinduktion und
Gegeninduktion?

Wie lautet das Ohmsche Gesetz von
Induktivitäten?

Wie lautet der vollständige
Durchflutungssatz?

Wie wird die Induktivität einer
Zylinderspule berechnet?

10

Antwort

Die zeitliche Änderung des Magnetfelds kommt von aussen. Die Geometrie in welcher eine Spannung induziert wird ruht.

12

Antwort

Die totale Induktion oder Totalinduktion kann sowohl durch eine Bewegung innerhalb eines Magnetfelds, als auch durch zeitlich veränderliche Magnetfelder entstehen – je nach Sichtweise sind die Effekte schlicht ein und dieselben.

Grundsätzlich kann somit gesagt werden, dass die Totalinduktion durch die **Bewegungsinduktion** und die **Ruheinduktion** zusammengesetzt werden kann.

14

Antwort

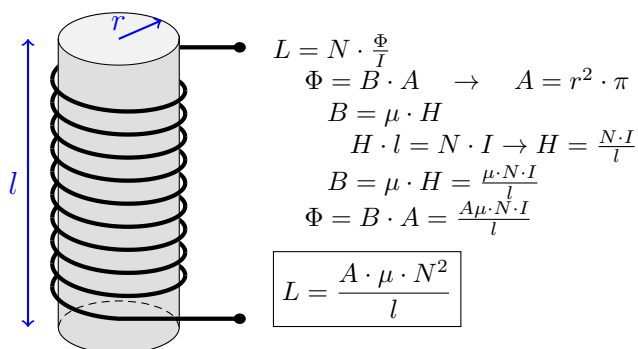
Der zeitlich veränderliche Strom i_L verursacht ein Magnetfeld und damit einen sich ebenfalls zeitlich ändernden magnetischen Fluss $\Phi(t)$. An den Anschlussklemmen entsteht somit die Spannung $u_L(t) = \frac{d\Phi}{dt}(t)$. Daraus folgt dann das Ohmsche Gesetz von Induktivitäten:

$$\frac{di_L}{dt}(t) = \frac{u_L(t)}{L}$$

16

Antwort

Das Feld innerhalb einer Zylinderspule kann als Homogen betrachtet werden.



9

Antwort

Eine induzierte Spannung durch ein zeitlich Änderung des Magnetfelds.

$$u_i(t) = -\frac{d\Phi}{dt}(t)$$

Ein Sekundäreffekt tritt dann ein wenn der Stromkreis geschlossen wird. Der fließende Strom verursacht dann ein Gegenfeld.

11

Antwort

Grundsätzlich wird eine Arbeit verrichtet, wenn etwas gegen eine Kraft bewegt wird.

1. Magnetische Flussänderung bewirken Wirbel im elektrischen Feld.
2. Der Wirbel im elektrischen Feld kann einen Strom verursachen. Dieser wiederum verursacht Wirbel im Magnetfeld.
3. Die Magnetfelder überlagern sich, wirken einander entgegen.⁴

13

Antwort

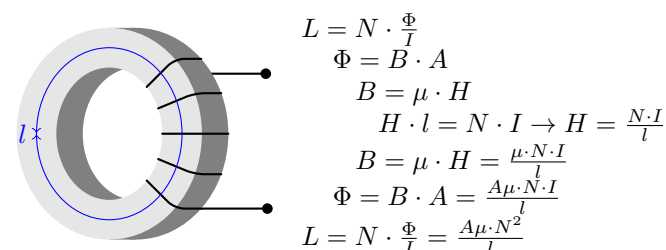
Unter Selbstinduktion versteht man die Induktionswirkung eines Stromes auf seinen eigenen Geometrie. Im Gegensatz dazu steht die Gegeninduktivität. Sie wird verursacht durch eine Stromänderung einer anderen Spule.

15

Antwort

$$\oint_{C=\partial A} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_A \left(\vec{J}_{\text{frei}} + \frac{d\vec{D}}{dt} \right) \cdot d\vec{s} \quad \dot{V}_m(t) = \Theta(t) + \frac{d\Psi}{dt}(t)$$

Beispiel: Berechnung der Induktivität einer Ringkernspule



Wie modelliert man einen idealen Übertrager (Transformator)?

Was unterscheidet ideale und reale Kopplung?

Was sind Hysterese Verluste und wie sind diese zu Erklären?

Wie können die Hystereseverluste im Leerlaufbetrieb gemessen werden?

Wie lauteten die Transformatoren Gleichungen?

Welche Verluste können Transformatoren aufweisen?

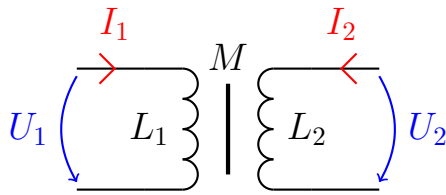
Wie Verursachen Wirbelströme im Transformator Verluste und wie kann man diese minimieren?

Wie äussert sich der Skin-Effekt und von Welchen Parameter hängt er ab?

18

Antwort

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 & M \\ M & L_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$



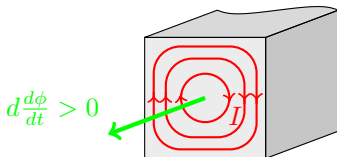
20

Antwort

- Kupferverluste vor allem auf der Seite mit der höheren Anzahl an Windungen und kleineren Leiterquerschnitt.
- Magnetisierungsverluste. (Wegen der Hysterese) Es muss mehr Energie für das Aufbauen des Magnetfelds aufgewendet werden als beim Abbauen wieder frei wird.
- Wirbelströme.

22

Antwort



Ein sich änderndes Magnetfeld (in diesem Fall ist es zunehmend), induziert ein Strom im Eisen. Dieser wiederum verursacht ein Magnetfeld welches der Änderung entgegenwirkt. (gemäss der Lenzschen Regel)

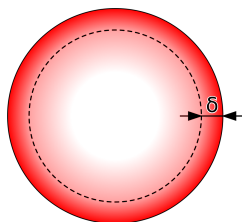
Deshalb wird in einem Transformator meistens ein geschichteter Eisenkern verwendet. Dieser lässt den Wirbelstrom nur in einer dünnen Scheibe fließen. Dadurch ist der Wirbelstrom kleiner und kann somit weniger stark dem Feld entgegen wirken.

24

Antwort

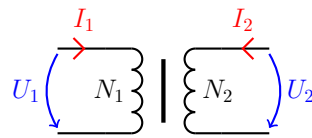
- Je höher die Frequenz, desto weniger Strom fließt der im Innern des Leiters. Und desto grösser wird dadurch der Widerstand, da die effektive Querschnittsfläche kleiner wird
- Die Eindringtiefe (Skin-Tiefe) ist wie folgt definiert:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \sigma \mu}}$$



17

Antwort



Ein Idealer Übertrager zeichnet sich dadurch aus, dass insbesondere die Eingangsleistung gleich gross ist wie die Ausgangsleistung. $P_{in} = P_{out}$

Zudem gelten folgende Gleichungen:

$$I_1 = \frac{I_2}{\ddot{u}}$$

$$U_2 = \frac{U_1}{\ddot{u}}$$

$$U_1 = U_2 \cdot \ddot{u}$$

$$\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2 \cdot \ddot{u}}{I_2} / \ddot{u} = \ddot{u}^2 \cdot R_L$$

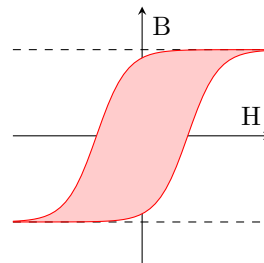
19

Antwort

- Ideale Kopplung:
 $M = \sqrt{L_1 \cdot L_2}$
- Reale Kopplung:
 $M = k \cdot \sqrt{L_1 \cdot L_2}$
- Der Kopplungsfaktor k kommt von dem Streufeld. Je mehr Streufeld desto kleiner ist k .

21

Antwort



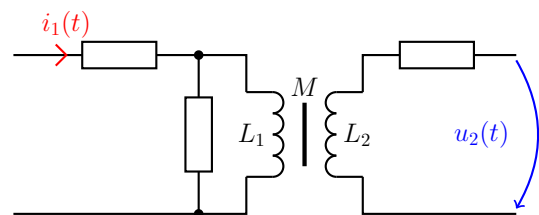
Formel Energiedichte:

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \vec{B} \cdot \vec{H}$$

Beim aufbauen des Magnetfelds muss, dank der Hysterese, mehr Energie aufgewendet werden, als beim abbauen wieder frei gesetzt wird. Dieser Verlust ist proportional zur Fläche, welche durch die Hysteresekurve eingeschlossen wird. Dieser Verlust lässt sich über die Energiedichte berechnen.

23

Antwort



$$H(t) = \frac{N \cdot i_1(t)}{l} \quad \& \quad B(t) = \frac{\int u_2(t) dt}{A}$$

$H(t)$ lässt sich durch den Durchflutungssatz berechnen.
 $B(t)$ lässt sich über die Induzierte Spannung berechnen.