Karlsruher Institut für Technologie

Klassische Physik 2 Elektrodynamik SS2013

Johannes Blümer

V18 09.Juli

KIT-Centrum Elementarteilchen- und Astroteilchenphysik KCETA

Schwingkreis Forts.

$$Q(t) = Q_0 \cdot e^{i\left(\frac{iR}{2L} \pm \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}\right)t}$$

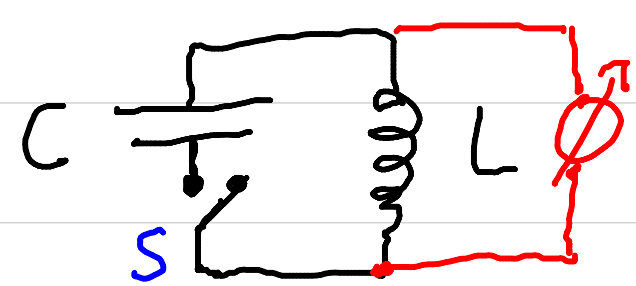
$$= \underbrace{Q_0}_{\text{Anfangsladung}} \cdot \underbrace{e^{-\frac{R}{2L}t}}_{\text{expon. Dämpfung}} \cdot \underbrace{e^{\pm i\omega t}}_{\text{Schwingungsterm}} \quad \text{mit} \quad \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$$

phys. Abkürzung

$e^{i\omega t} \rightarrow \cos \omega t$

Resultat vom letzten Do...

„langsamer Schwingkreis":



C aufladen

S schliessen

$C = 40\,\mu F \quad L = 630\,Hy \quad R = 280\,\Omega$

Kurven A, B, C: A = „schwache Dämpfung": $\omega > 0$

$$\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \quad \text{reell}$$

B = kritischer Grenzfall $\sqrt{\cdots} = 0$, d.h. $\frac{1}{LC} = \frac{R^2}{4L^2}$

C „Kriechfall": auch ohne Schwingung, aber langsamer als im B

5  Stand $12^{\underline{00}}$

<u>Erzwungene Schwingungen</u>

RCL-Kreis <u>mit</u> externer Spannungsquelle (Generator)

$$U_G = U_{G0} \cdot \cos \omega t \qquad \text{Phase} \equiv 0$$

↑ variabel

Maschenregel! Dgl! Ansatz ...

$$L\ddot{Q} + R\dot{Q} + \frac{Q}{C} = U_{G0}\cos\omega t$$ inhomogene Dgl.

Einschaltvorgang: t klein, wenige Schwingungen als Überlagerung der „freien" und erzwungenen Schwingung ... → ignorieren

betr. stationäres Verhalten → „stationäre Lösung" $I = I_{max} \cdot \cos(\omega t - \delta)$

Lösung: $$\tan\delta = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Phase richtig, Strom im Schwingkreis kann gegen I_G verschoben sein

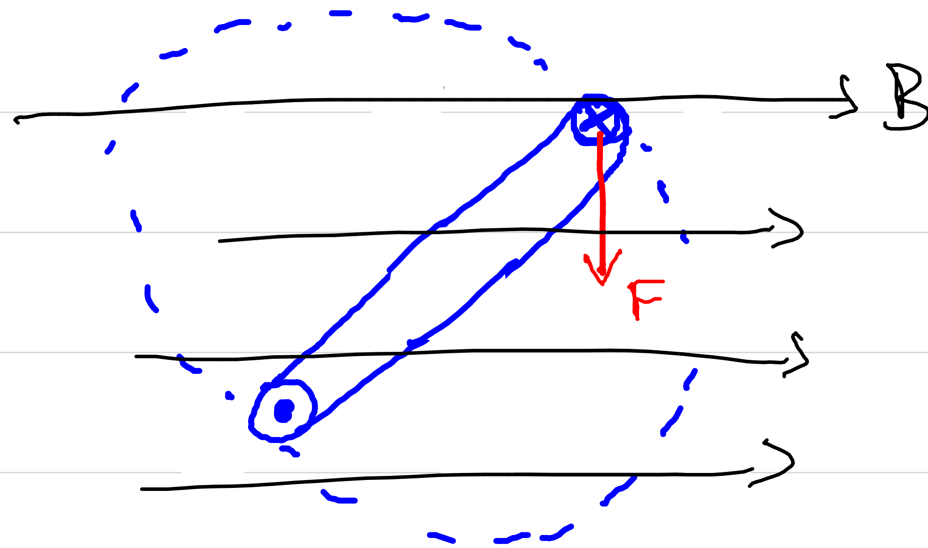
$$I_{max} = \frac{U_{G0}}{Z} = \frac{U_{G0}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Impedanz des Schwingkreises

→ „Resonanzkurven" für Q, I, U ..., P als Fkt. v. ω

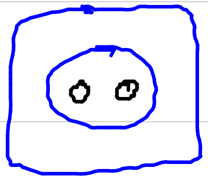
Skizze $\neq$ f"

Steuerung von Schwingungsvorgängen
- Diode : Gleichrichtung, Strom schalten
- Triode : Strommodulation, Kennlinie



F stets ↓, nicht tangential
↳ ungleichm. Verlauf von
- Drehmoment in Motoren
- induz. Spannung in Generatoren

„Steckdose"



2 Anschlüsse → 2-Phasen-Strom ⇒ Dreiphasenstrom „Drehstrom"

3 Leiter mit I, U um 120° versetzt

Math. Einschub → „fit-4-Maxwell"

$\operatorname{div} \vec{a}$, $\operatorname{rot} \vec{a}$; $\operatorname{rot}\left(\underbrace{\frac{a \vec{r}}{r^3}}_{\text{„radiales } 1/r^2\text{-Feld"}}\right) = 0$

„radiales $1/r^2$ - Feld" vgl E-Feld einer Punktladung

wichtig:

Rotation eines Gradientenfeldes = 0

Divergenz eines Wirbelfeldes = 0

Gauß'sche Satz : $\int_V \operatorname{div} \vec{A} \, dV = \int_A \vec{A} \, d\vec{A}$

Stokes' Satz : $\int_A \operatorname{rot} \vec{A} \, d\vec{A} = \oint_C \vec{A} \, d\vec{\ell}$

Amperesches Gesetz: $\oint_C \vec{B}\, d\vec{l} = \mu_0 \boxed{I}$ ← integrale Form

Gesamtstrom $I = \int_A \vec{j}\, d\vec{A}$

↓

des Amp. Gesetzes

↑

$$\oint_C \vec{B}\, d\vec{l} = \int_A \mu_0 \vec{j}\, d\vec{A}$$

vgl re. Seite von 'Stokes'

vgl li Seite v. Stokes → $\underbrace{\mu_0 \vec{j} = \mathrm{rot}\, \vec{B}}$ ← diff.-Form

"Die Wirbel von Magnetfeldern haben ihre Ursache in Stromdichten"

„Induktion vertieft" → $U_{ind} = \oint_C \vec{E}\, d\vec{s} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt}\int_{A(C)} \vec{B}\, d\vec{A}$

geschloss. Kurve

Fläche, die von C umrandet wird

Bem.: 1) Möglichkeiten, U_{ind} zu "erhalten" ΔA, ΔN, Δ Orient.
$\Delta B \Rightarrow \dot{B}$

2) Lenz'sche Regel!

3) Stokes!
$$\int_{A(C)} \mathrm{rot}\,\vec{A}\, d\vec{A} = \oint_C \vec{A}\, d\vec{l}$$

hier:
$$\oint_C \vec{E}\, d\vec{s} = \int_{A(C)} \mathrm{rot}\,\vec{E}\, d\vec{A}$$
$$= -\frac{d}{dt} \int_{A(C)} \vec{B}\, d\vec{A}$$

$\hookrightarrow$ Vgl der Terme

$$\boxed{\mathrm{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}}$$

bei festem Ort $\vec{r}$

verknüpft elektr. Wirbelfeld mit der zeitl. Änderung eines Magnetfelds

„2. Maxwell-Gl."

[Erinn. 1. Maxwell-Gl $\mathrm{div}\,\vec{E} = \rho/\varepsilon_0$]