Handout der Übungsstunde vom 7. Mai 2020
Woche 11

Bibiana Prinoth
bibi@galactic-gossip.ch
http://galactic-gossip.ch

Inhaltsverzeichnis

1 Induktivität

1.1 Selbstinduktion

Der Strom durch eine Spule erzeugt ein Magnetfeld. Das Magnetfeld ist proportional zum Strom I. Der magnetische Fluss durch die Spule ist dann definiert durch:

$$\Phi_{\mathrm{mag}} = LI \tag{1}$$

L ist dabei die Selbstinduktivität der Spule. In der Regel ist L nicht einfach zu bestimmen.

1.1.1 Beispiel: Zylinderspule

Als Beispiel betrachten wir die Selbstinduktivität einer Zylinderspule der Länge 10 cm mit 100 Windungen und einer Querschnittsfläche von 5 cm^2.

Wird der Strom in einer Spule verändert, so wird eine Spannung induziert. Die Spannung, welche durch die Selbstinduktion induziert wird, berechnet sich aus dem Faraday'schen Gesetz.

$$U_{\mathrm{ind}} = -L\frac{\mathrm{d}I}{\mathrm{d}t} \tag{2}$$

Wird der Strom in einem Stromkreis verändert, so wird ebenfalls eine Spannung induziert. Haben wir zusätzlich eine Spule im Stromkreis, so vernachlässigen wir den Teil die Selbstinduktion des Kreises.

1.2 Gegenseitige Induktion

Der Fluss durch einen der Kreise hängt nicht nur vom Strom durch diesen Kreis ab, sondern auch vom Strom im Nachbarkreis. Der Fluss durch A_2 wird also durch die entstehenden Felder aufgrund der Ströme definiert.

$$\Phi_{\mathrm{mag},21} = M_{21}I_1 \tag{3}$$

M_{21} ist dabei die gegenseitige Induktivität. Die gegenseitigen Induktivitäten $M_{12} = M_{21}$ sind gleich gross.

2 Wechselstromkreise

Spulen und Kondensatoren verhalten sich grundlegend anders in Wechselstromkreisen, als in Gleichstromkreisen. Ein Kondensator kann in einem Gleichstromkreis vollständig aufgeladen werden; dann ist der Stromfluss unterbrochen. In einem Wechselstromkreis hingegen fliesst ständig Ladung auf die Platten und von den Platten ab. Ist die Frequenz des Wechselstroms hinreichend hoch, so setzt der Kondensator dem Stromfluss nahezu keinen Widerstand entgegen. Eine Spule hingegen hat im Gleichstromkreis nur einen sehr geringen Ohm'schen Widerstand. Fliesst aber ein Wechselstrom - ändert sich also die Stromstärke periodisch-, so wird in der Spule eine Gegenspannung proportional zur Änderung des Stroms. je höher die Frequenz des Wechselstroms ist, desto grösser ist die induzierte Spannung und damit der Widerstand, der dem Stromfluss entgegensteht.

2.1 Der frei-schwingende, gedämpfte RLC-Schwingkreis

2.2 Beschreibung durch komplexe Zahlen

Wir schauen uns die Theorie dazu nächste Woche an, jedoch hier ein paar Formeln, welche ihr für die Serie benutzen könnt.

Die **elektromotorische Kraft** $\mathcal{E}(t)$ ist gegeben durch

$$\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0 e^{i\omega t} \tag{4}$$

Der **komplexe Strom** kann beschrieben werden durch

$$I = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} e^{i(\omega t + \alpha)} \tag{5}$$

Die **Admittanz** ist definiert als

$$Y = \frac{e^{i\alpha}}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \tag{6}$$

Die **Phase** α ist definiert durch

$$\alpha = \arctan \frac{\mathrm{Im}(Y)}{\mathrm{Re}(Y)} \tag{7}$$

2.3 Beispiel: Gegenseitige Induktivität

Die untenstehende Figur zeigt zwei gekoppelte Schaltkreise: der erste besteht aus einem Generator, der die Wechselspannung $V = V_0 \cos(\omega t)$ speist, einem Widerstand R und einer Spule mit Selbstinduktivität L_1; der zweite besteht aus einem Kondensator mit Kapazität C und einer Spule mit Selbstinduktivität L_2. Die Kopplung erfolgt durch die zwei Spulen, die eine gegenseitige Induktivität L_{12} besitzen und einen entgegengesetzten Wickelsinn haben. Nehmen Sie an, dass $L_1 = L_2 = L_{12} \equiv L$ ist.