



Experimentalphysik II – Elektrizitätslehre
Sommersemester 2021

Übungsblatt 12

Besprechung in der Woche ab dem 05.07.2020

Aufgabe 43: Vom Windpark in die Steckdose (4P)

Elektrische Energie muss nicht nur erzeugt werden, sondern auch geeignet zum Verbraucher gelangen, insbesondere wenn man in Zukunft etwa Windenergie von der Nordsee oder Sonnenenergie aus der Nordafrika nutzen möchte. Dabei ist von besonderem Interesse, dass die Übertragung der Energie möglichst verlustarm erfolgt. Um eine effektive Übertragung zu gewährleisten wird der Strom in der Regel auf höhere Spannungen hochtransformiert und durch sogenannte Hochspannungsleitungen transportiert.

- a) Schätzen Sie rechnerisch ab, welche Leistung ein Windpark in der Nordsee einspeisen muss, damit Sie als Verbraucher im Saarland Fernsehen können. Machen Sie ihre Abschätzung für am Windpark eingespeiste Wechselspannungen von $U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$ und $U_{\text{eff}} = 110 \text{ kV}$. Gehen Sie davon aus, dass außer den Leitungsverlusten keine weiteren Verluste auftreten, insbesondere arbeite der Transformator in der örtlichen Trafostation verlustfrei. Eine typische Hochspannungsleitung besteht aus einem mehradrigen Stahlkern mit einer Gesamtquerschnittsfläche von 60 mm^2 , der von einem Geflecht aus Aluminiumadern mit einer Gesamtfläche von 257 mm^2 umgeben ist. (1P)

Weitere Daten: $\rho_{\text{Stahl}} = 0,1 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$, $\rho_{\text{Alu}} = 0,027 \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

- b) Berechnen Sie, welche Spannung in den beiden Fällen bei der Trafostation im Saarland „ankommt“. Bestimmen Sie für beide Fälle mögliche Windungszahlen des Transformators am Ende der Leitung im Saarland, um bei Ihnen zu Hause eine Wechselspannung von $U_{\text{eff}} = 230 \text{ V}$ zur Verfügung zu stellen. (1P)
- c) Berechnen Sie, bei welcher eingespeisten Spannung die Leitungsverluste auf 1% begrenzt werden können. (1P)
- d) Recherchieren Sie zwei weitere Möglichkeiten, um elektrische Energie vom Windpark in der Nordsee zu den saarländischen Verbrauchern zu transportieren. Diskutieren Sie Vor- und Nachteile. (1P)

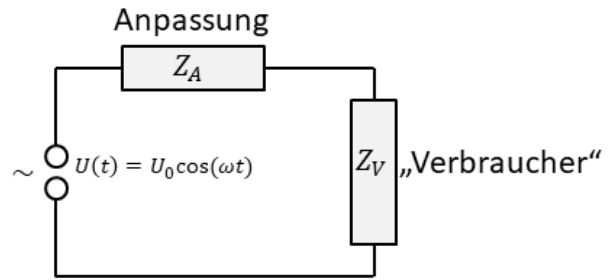
Aufgabe 44: Impedanz-Anpassung (2P)

Nehmen wir an, wir haben einen *Verbraucher* mit komplexem Widerstand Z_V , der an eine Wechselspannungsquelle mit komplexem Innenwiderstand Z_A angeschlossen ist. In der Regel möchte man möglichst viel Leistung auf diesen Verbraucher übertragen. Dies gelingt nur, wenn die komplexen Widerstände von elektrischer Quelle und Verbraucher einander angepasst sind (durch Anpassung von Z_A).

Man spricht hierbei von Impedanz-Anpassung. Der Verbraucher steht hier stellvertretend für ein Netzwerk, dass sowohl ohmsche Widerstände als auch Kondensatoren oder Spulen enthalten kann, also daher im Allgemeinen einen komplexwertigen Widerstand besitzt. Nehmen Sie im Folgenden an, dass für den Widerstand Z_V des Verbrauchers gilt:

$$Z_V = R_V + i(\omega L_V - 1/(\omega C_V))$$

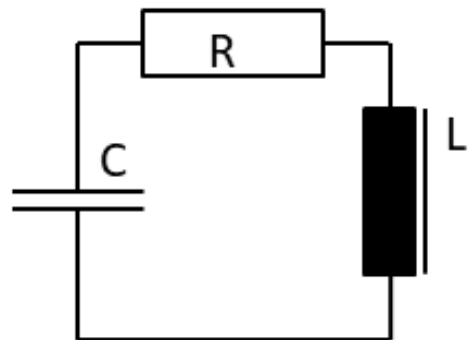
Die Wechselspannungsquelle lege eine Spannung $U(t) = U_0 \cos(\omega t)$ an. Stellen Sie einen Term für die Wirkleistung auf und zeigen Sie, dass diese Wirkleistung maximal wird für gleiche Wirkwiderstände aber entgegengesetzt gleich große Blindwiderstände.



Aufgabe 45: Gedämpfter Schwingkreis (5P)

Ein gedämpfter elektrischer Schwingkreis besteht im Wesentlichen aus einem Kondensator der Kapazität C , einer Spule mit Induktivität L sowie einem ohmschen Widerstand R .

- Bestimmen Sie die Differentialgleichung für die Ladung auf dem Kondensator. (1P)
- Lösen Sie die DGL mithilfe eines geeigneten Ansatzes. Unterscheiden Sie dabei drei Fälle der Dämpfung in Abhängigkeit der Systemparameter R , L , C . Berechnen Sie weiterhin die Resonanzfrequenz der gedämpften Schwingung. (2P)
- Skizzieren Sie den Ladungs- und Stromverlauf für die drei Fälle. (1P)
- Der Kondensator trage nun zu Beginn ($t=0$) die Ladung $Q=0.01$ C. Berechnen Sie, nach welcher Zeit t die maximale Spannung im Stromkreis unter $U=10$ V abgesunken ist. ($R=100 \Omega$, $L=200$ mH, $C=100 \mu\text{F}$). (1P)



Aufgabe 46: Radiostation (2P)

Das Radioprogramm SR1 wird von einer senkrechten Dipolantenne (Höhe 208 m) auf der Göttelborner Höhe bei einer Frequenz von 88,0 MHz gesendet. Die gesamte abgestrahlte Leistung beträgt dabei 100 kW. Berechnen Sie die Intensität des Signals auf dem Saarbrücker Universitätscampus, welcher näherungsweise 10 km waagerecht von der Station entfernt ist.

Hinweis: $\int_0^\pi \sin(\theta)^3 d\theta = \frac{4}{3}$