

Abgabe am Dienstag den 27. Mai vor Beginn der Vorlesung

AUFGABE 1 – Induktionsspannung des Drehspulgenerators (Dynamo)

Auf einen quadratischen Rahmen mit der Seitenlänge a (Fläche $A = a^2$) werden N Windungen eines Kupferdrahts gewickelt. Diese Spule dreht sich mit einer Frequenz f in einem homogenen Feld eines Permanentmagneten (magnetische Kraftflussdichte B). Hierbei ist die Richtung des B -Felds senkrecht zur Drehachse der Spule.

- a) Leiten Sie eine Beziehung für den Zeitverlauf der Induktionsspannung $U_{\text{ind}}(t)$ her. (2 Pkt)
- b) Lässt sich Drehspulgenerator auch als Elektromotor einsetzen? Begründen Sie die Antwort. (2 Pkt)

AUFGABE 2 – Leistung des Drehspulgenerators & Effektivwerte

Der zeitliche Verlauf der Induktionsspannung des Generators sei ohne Lastwiderstand durch die folgende Beziehung gegeben: $U_{\text{ind}}(t) = U_{i0} \cos(2\pi ft)$.

Der Innenwiderstand der Spule des Drehspulgenerators habe die Größe R_i . Wir vernachlässigen nun komplizierende Phasenverschiebungen zwischen Strom und Spannung. Es folgt für die nutzbare Generatorspannung: $U_G(t) = U_{\text{ind}}(t) - I_G(t) R_i$.

- a) Wie groß ist die elektrische Nutzleistung für einen ohmschen Lastwiderstand R_L ?

Hinweis: Es gilt $I_G(t) = U_G(t)/R_L$. Zur Berechnung der elektrischen Nutzleistung P_{eff} muss die Leistung $P_G(t) = I_G(t) \cdot U_G(t)$ über eine Periodendauer gemittelt werden. Hierzu (und wegen der folgenden Aufgabenstellung) ist es sinnvoll, den sogenannten Effektivwert der Generatorspannung einzuführen. (Zur Definition der Effektivwerte von Strom und Spannung, siehe Lehrbücher.) (2 Pkt)

- b) Wie ist die Beziehung zwischen dem Effektivwert einer sinusförmigen Wechselspannung und deren Spitzenwert, also dem maximalen positiver Wert von $U(t)$? Wie hängt die Leistung eines ohmschen Verbrauchers (R_L) von dem Effektivwert der Spannung ab? Wie hoch sind Effektivwert und Spitzenwert der Netzspannungsversorgung in deutschen Haushalten? (3 Pkt)

- c) Mechanische Reibungsverluste, etc. seien vernachlässigt. Für einen Drehspulgenerator ist dann die Verlustleistung P_V durch den ohmschen Spulenwiderstand R_i bestimmt. Das heißt, die thermisch an R_i umgesetzte Leistung

entspricht der Verlustleistung. Die Nutzleistung (P_{eff}) wurde oben bereits diskutiert. Der Wirkungsgrad η des Drehspulgenerators hängt somit von R_i und R_L ab und ergibt sich nun nach: $\eta = P_{\text{eff}} / (P_{\text{eff}} + P_V)$.

Wie hoch ist der maximale Wirkungsgrad, der für $R_i = R_L$ erreicht wird? (1 Pkt)

AUFGABE 3 – Zeitverlauf des Stromes einer Induktivität

a) Wir blenden erstmal einen Teil der Realität aus und betrachten eine *ideale Spule* mit einer Induktivität von **100 mH**, deren ohmscher Widerstand Null ist. Zum Zeitpunkt $t=0$ fließt keine Strom durch die Spule und es wird nun schlagartig eine konstante Spannung von $U = 10 \text{ V}$ angelegt. Geben Sie den Zeitverlauf des Spulenstroms an ($I(t) = ?$). (2 Pkt)

b) Welche Energie steckt in dem magnetischen Feld der obigen idealen Spule nachdem eine Spannung von $U = 10 \text{ V}$ für $0,1 \text{ s}$ angelegt worden ist? Berechnen Sie die Energie durch Integration der elektrischen Leistung $P = U \cdot I(t)$. (1 Pkt)

c) Jetzt berücksichtigen wir einen ohmschen Widerstand des Drahtes der *realen Spule* von **10 Ohm**. Berechnen Sie unter Berücksichtigung des Drahtwiderstands den Zeitverlauf des Stromes! Hierbei kann das Zeitverhalten des Stromes unter der Annahme betrachtet werden, dass eine Serienschaltung des ohmschen Widerstandes (10 Ohm) und einer idealen Spule (100 mH) vorliegt. Die Aufgabe umfasst die Herleitung des Zeitgesetzes für den Spulenstrom, das Einsetzen der Zahlenwerte und eine Skizze des Zeitverlaufs des Stromes. (3 Pkt)

d) Es wird eine symmetrische Rechteckspannung an die Spule aus Aufgabe c) angelegt, die mit einer Frequenz f (Periodendauer $T = 1/f$) zwischen den Spannungswerten $+10 \text{ V}$ und -10 Volt oszilliert.

Hinweis: Dies bedeutet, dass für $t_{\text{AN}} = T/2$ die Spannung genau $+10 \text{ V}$ beträgt. Anschließend beträgt die Spannung für dasselbe Zeitintervall ($t_{\text{AUS}} = t_{\text{AN}}$) genau -10 Volt . Sie können wegen der symmetrischen Rechteckspannung davon ausgehen, dass nach einer Einschwingphase der Mittelwert des Stromes Null ist und der Stromverlauf symmetrisch zur Nulllinie ist.

Skizzieren Sie qualitativ den Zeitverlauf des Stromes über zwei Perioden (über $2T$) sowohl für $f = 1 \text{ kHz}$ als auch für $f = 1 \text{ Hz}$ (also zwei Skizzen mit unterschiedlichen Zeitachsen). Wie groß wird der jeweilige Maximalstrom? (4 Pkt)