

# Grundlagen der Elektrotechnik B

16.08.2011

|                                                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>Name:</b>                                                                                                                                                                            |             |             |             |             |             | <b>Matrikelnummer:</b>                                                                               |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Vorname:</b>                                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1"> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Studiengang:</b>                                                                                                                                                                     |             |             |             |             |             | <input type="checkbox"/> <b>Fachprüfung</b><br><br><input type="checkbox"/> <b>Leistungsnachweis</b> |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Aufgabe:</b>                                                                                                                                                                         | <b>1</b>    | <b>2</b>    | <b>3</b>    | <b>4</b>    | <b>5</b>    | <b>Note</b>                                                                                          | <b>Note</b>  | <b>Note</b> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>(Punkte)</b>                                                                                                                                                                         | <b>(14)</b> | <b>(20)</b> | <b>(22)</b> | <b>(20)</b> | <b>(24)</b> | <b>Klausur</b>                                                                                       | <b>Tests</b> |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                         |             |             |             |             |             |                                                                                                      |              |             |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Bearbeitungszeit: 120 Minuten**

**Zugelassene Hilfsmittel:**

- eine selbsterstellte, handgeschriebene Formelsammlung (1 Blatt DIN A4, beidseitig beschrieben, keine Kopien oder Ausdrucke)
- ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner ohne grafikfähiges Display
- Zeichenmaterialien (Zirkel, Geodreieck, Lineal, Stifte...)

Bitte Studenausweis mit Lichtbild bereitlegen!

Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Verwenden Sie keine Bleistifte und keine roten Stifte.

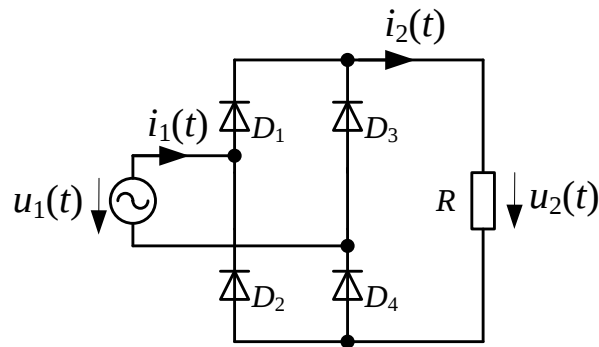
**Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe eines Endergebnisses ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.**

**Viel Erfolg!**

**Aufgabe 1: Signalkenngrößen**
**(14 Punkte)**

Gegeben sei ein Wechselstromgleichrichter, der die Netzspannung ( $U_1 = 230 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ) in eine pulsierende Gleichspannung gleichrichtet. Am Ausgang der Schaltung sei eine  $230 \text{ V} / 60 \text{ W}$  Glühlampe angeschlossen, die vereinfacht als ein ohmscher Widerstand modelliert werden kann.

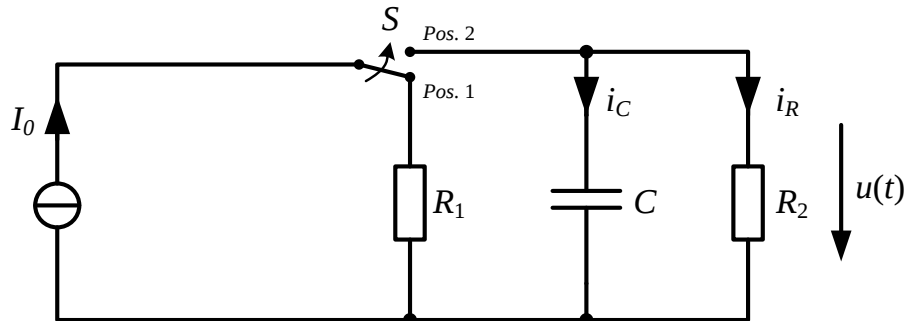
**Die Bauelemente werden als ideal angenommen!**



- 1.1 Wie groß ist die Amplitude des Ausgangssignals  $u_2(t)$ ?
- 1.2 Geben Sie sowohl den Gleichrichtwert der Eingangsspannung, als auch den Gleichrichtwert der Ausgangsspannung an und vergleichen Sie diese beiden miteinander. Was fällt dabei auf? Geben Sie eine kurze Begründung dazu.
- 1.3 Geben Sie den Formfaktor des Ausgangssignals an. (**Hinweis:** Der Effektivwert muss nicht durch Lösung des Integrals bestimmt werden)
- 1.4 Welchen Wert hat der Widerstand  $R$ ?
- 1.5 Zeichnen Sie in einem Diagramm die Spannung  $u_2(t)$ , den Strom  $i_2(t)$ , sowie die Momentanleistung  $p_2(t)$  an der Glühlampe für eine Periode ein. Geben Sie dabei auch die Kenngrößen der Signalverläufe (Periodendauer und die jeweiligen Amplituden der drei Signale) an.

**Aufgabe 2: Ausgleichsvorgang**
**(20 Punkte)**

Gegeben sei folgendes Netzwerk mit den Widerständen  $R_1$  und  $R_2$ , dem Kondensator  $C$  und der idealen Stromquelle  $I_0$ .

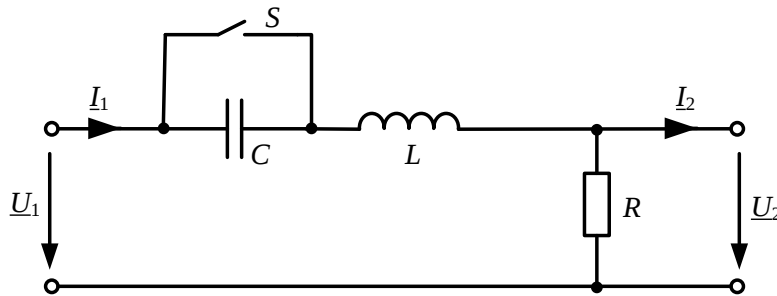


Der Schalter  $S$  sei für  $t \leq 0$  s zunächst in *Position 1* geschaltet und die Schaltung befinde sich im eingeschwungenen Zustand. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  s werde der Schalter  $S$  von *Position 1* in *Position 2* geschaltet.

- 2.1 Geben Sie die Werte der Größen  $u(t = 0^-)$ ,  $i_R(t = 0^-)$  und  $i_C(t = 0^-)$  an und begründen Sie Ihre Antwort.
- 2.2 Geben Sie die Werte der Größen  $u(t = 0^+)$ ,  $i_R(t = 0^+)$  und  $i_C(t = 0^+)$  an und begründen Sie Ihre Antwort.
- 2.3 Leiten Sie die Differentialgleichung für  $u(t)$  für  $t \geq 0$  s her.
- 2.4 Lösen Sie die Differenzialgleichung. Wie groß ist die maßgebliche Zeitkonstante  $\tau$  der Schaltung?
- 2.5 Skizzieren Sie den Spannungsverlauf  $u(t)$  sowie die Stromverläufe  $i_C(t)$  und  $i_R(t)$  für  $t \geq 0$  s. Kennzeichnen Sie in Ihrer Zeichnung die Zeitkonstante  $\tau$ , sowie die Anfangs- bzw. Endwerte der einzelnen Signalverläufe.

**Aufgabe 3: Übertragungsfunktion, komplexe Wechselstromrechnung****(22 Punkte)**

Gegeben sei folgendes Netzwerk:



Der Ausgang des Zweitors sei unbelastet, sodass für den Strom  $I_2 = 0$  A gelte. Der Wert des Widerstandes betrage  $R = 10 \Omega$  und die Induktivität der Spule sei  $L = 4$  mH.

**Der Schalter S sei zunächst geschlossen!**

- 3.1 Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion  $\underline{H}(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)}$  und stellen Sie diese in der Form  $\underline{H}(j\omega) = \text{Re}\{\underline{H}(j\omega)\} + j \text{Im}\{\underline{H}(j\omega)\}$  dar.
- 3.2 Bestimmen Sie für allgemeine Kreisfrequenzen  $\omega$  den Betrag  $|\underline{H}(j\omega)|$  und die Phase  $\varphi(\omega)$  der Übertragungsfunktion  $\underline{H}(j\omega)$ .
- 3.3 Um was für einen Filtertyp handelt es sich?
- 3.4 Zeichnen Sie die komplexe Ortskurve des Filters. Markieren Sie die charakteristischen Frequenzen.
- 3.5 Für welche Frequenz  $\omega_1$  sind die Beträge des Real- und Imaginärteils gleich groß, d.h.  $|\text{Re}\{\underline{H}(j\omega)\}| = |\text{Im}\{\underline{H}(j\omega)\}|$ ? Zeichnen Sie den Zeiger der Übertragungsfunktion  $\underline{H}(j\omega_1)$  für diese Frequenz in der Zeichnung der komplexen Ortskurve aus Aufgabenpunkt 3.4 ein.

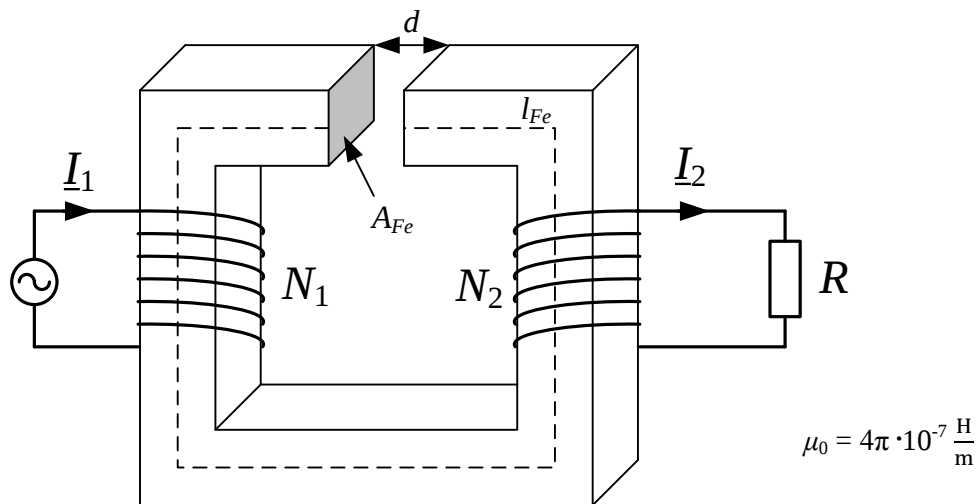
**Nun werde der Schalter S geöffnet!**

Zudem werde die Schaltung eingangsseitig an das 230 V / 50 Hz Energieversorgungsnetz angeschlossen und der Ausgang sei weiterhin unbelastet. Die Schaltung nehme dabei einen Gesamtstrom von  $I_1 = 16$  A auf. Der Phasenwinkel zwischen Spannung und Strom betrage hierbei  $\varphi_1 = -45,9^\circ$ . Die aus dem Netz entnommene Wirkleistung betrage  $P_{\text{Gesamt}} = 2560$  W.

- 3.6 Bestimmen Sie den Leistungsfaktor  $\lambda$  der Schaltung. Hat die Schaltung induktiven oder kapazitiven Charakter?
- 3.7 Bestimmen Sie die Kapazität  $C$  des Kondensators.
- 3.8 Bei welcher Frequenz  $f$  würde die Schaltung rein ohmsches Verhalten aufweisen?

**Aufgabe 4: Magnetischer Kreis**
**(20 Punkte)**

Gegeben sei der dargestellte Transformator, der bis auf den Luftspalt ideale Eigenschaften besitze, also unter anderem aus hochpermeablen Material ( $\mu_r \rightarrow \infty$ ) hergestellt sei. Eingangsseitig liege die Netzspannung ( $U_1 = 230 \text{ V}$ ,  $f_1 = 50 \text{ Hz}$ ) an, ausgangsseitig sei die Last  $R$  angeschlossen. Primärseitig habe der Transformator die Windungszahl  $N_1 = 300$  und sekundärseitig  $N_2 = 240$ . Der mittlere Eisenweg sei  $l_{Fe} = 50 \text{ cm}$  und die Querschnittsfläche  $A_{Fe} = 30 \text{ cm}^2$ . Die primärseitige Scheinleistung betrage  $S_1 = 1058 \text{ VA}$ .



- 4.1 Geben Sie das Übersetzungsverhältnis  $\alpha$  an.
- 4.2 Berechnen Sie den ohmschen Widerstand  $R$  der Last.
- 4.3 Wie groß ist der Scheitelwert des primärseitigen magnetischen Verkettungsflusses  $\hat{\psi}_1$ ?
- 4.4 Berechnen Sie die maximale Flussdichte  $\hat{b}_{Fe}$  im Eisen und im Luftspalt  $\hat{b}_{Lu}$ .
- 4.5 Wie groß ist die Luftspalllänge  $d$  des gegebenen Transformators?

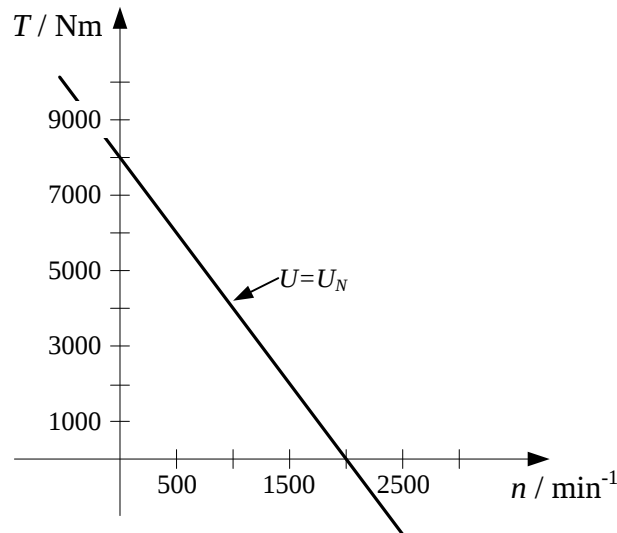
Nun soll ein identischer Transformator mit den gleichen Spezifikationen, aber ohne Luftspalt gebaut werden. Der mittlere Eisenweg  $l_{Fe}$ , sowie die Querschnittsfläche  $A_{Fe}$  sollen dabei unverändert bleiben.

- 4.6 Berechnen Sie hierfür die benötigte Permeabilität  $\mu_r$  des Kernmaterials.

### Aufgabe 5: Gleichstrommaschine

(24 Punkte)

Gegeben sei eine Gleichstrommaschine mit der dargestellten Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik. Die Nennspannung betrage  $U_N = 400$  V, die Nenndrehzahl  $n_N = 1952$  min<sup>-1</sup>.



- 5.1 Bei welchen Schaltungsarten zeigt der Gleichstrommotor das skizzierte Drehmoment-Drehzahl-Verhalten? Zeichnen Sie das dynamische Ersatzschaltbild einer Schaltungsart.
- 5.2 Bestimmen Sie den effektiven Erregerfluss  $\Psi_E'$  der sich bei Nennspannung ergibt.
- 5.3 Wie groß ist der Ankerwiderstand  $R_A$  des Motors?
- 5.4 Welcher Ankerstrom  $I_{AN}$  und welches Drehmoment  $T_N$  stellen sich im Nennpunkt ein?
- 5.5 Nehmen Sie an, dass Erreger- und Ankerkreis durch dieselbe Spannungsquelle gespeist werden. Dann fließe im Nennpunkt der Gesamtstrom  $I_N = 120$  A. Wie groß ist der ohmsche Widerstand  $R_E$  der Erregerwicklung?

Nun werde ein zusätzlicher Widerstand  $R_Z = 10$   $\Omega$  in den Erregerkreis eingebracht.

- 5.6 Geben Sie das Verhältnis  $V$  des effektiven Erregerflusses  $\Psi_E'$  nach und vor dem Zuschalten des Zusatzwiderstandes  $R_Z$  an.
- 5.7 Welche Drehzahl  $n$  liegt jetzt vor, wenn bei Nennspannung  $U_N$  weiterhin der Gesamtstrom  $I = 120$  A fließe?