Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik
Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker

Klausur Grundlagen der Elektrotechnik B

28.08.2006

Name:				Matrikel-Nr.:			
Studiengang:				☐ Fachprüfung ☐ Leistungsnachweis			
Aufgabe:	1 (10 Pkt.)	2 (22 Pkt.)	3 (20 Pkt.)	4 (25 Pkt.)	5 (23 Pkt.)	Σ (100 Pkt.)	Note

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 Studienausweis und Lichtbildausweis (Personalausweis oder Reisepass) bereitlegen!

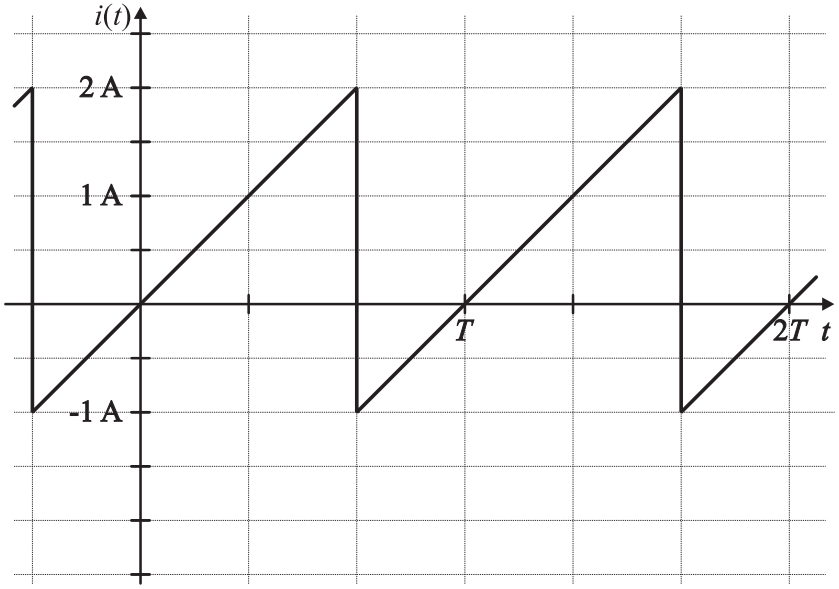
Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Bitte verwenden Sie keine roten Stifte.

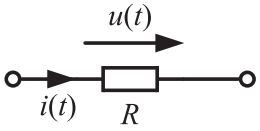
Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe einer Zahlenwertlösung ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Effektivwert, Mittelwert und Leistung (10 Punkte)

Ein Widerstand $R = 10\,\Omega$ werde von dem nachfolgend abgebildeten, periodischen Strom $i(t)$ durchflossen. Die Periodendauer sei T.

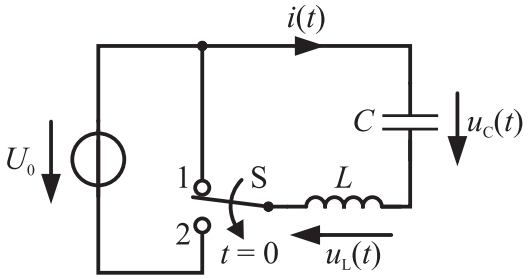




1. <u>Berechnen</u> Sie den Effektivwert I des Stromes $i(t)$.
2. Lesen Sie den Mittelwert $\overline{i}$ des Stromes aus der Zeichnung ab (ohne Rechnung).
3. Skizzieren Sie in obiger Zeichnung für $0 \leq t \leq 2T$ den zeitlichen Verlauf $p(t)$ der Leistung, die am Widerstand R umgesetzt wird.
4. Berechnen Sie die mittlere Leistung $P = \overline{p}$, die am Widerstand R umgesetzt wird.

Aufgabe 2: Schwingkreis **(22 Punkte)**

Gegeben sei folgende Schaltung. Der Schalter S stehe zunächst für $t < 0$ in Position 1.



1. Geben Sie für diese Schalterstellung
   a) die Resonanzfrequenz f_0 des aus L und C bestehenden Serienschwingkreises,
   b) den Kennwiderstand Z_0 an.

Für Zeiten $t < 0$ gelte: $i(t < 0) = 0\,\mathrm{A}$, $u_\mathrm{C}(t < 0) = 0\,\mathrm{V}$.
Der Schalter S werde nun zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ von Position 1 auf Position 2 geschaltet.

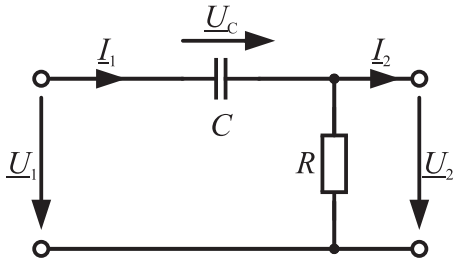
2. Geben Sie die Werte folgender Größen direkt nach dem Schaltvorgang an (mit Begründung):
   a) Strom im Resonanzkreis: $i(t = 0^+)$,
   b) Spannung über dem Kondensator C: $u_\mathrm{C}(t = 0^+)$,
   c) Spannung über der Spule L: $u_\mathrm{L}(t = 0^+)$.
3. Bestimmen Sie die *zeitlichen Mittelwerte* folgender Größen, die sich für $t > 0$ einstellen (mit Begründung):
   a) Strom im Resonanzkreis: $\overline{i}$,
   b) Spannung über der Spule L: $\overline{u_\mathrm{L}}$,
   c) Spannung über dem Kondensator C: $\overline{u_\mathrm{C}}$.
4. Stellen Sie die Differenzialgleichung (DGL) für den Strom $i(t)$ für Zeiten $t > 0$ auf.
5. Lösen Sie diese Differenzialgleichung:
   a) Geben Sie den allgemeinen Ansatz zur Lösung der DGL an.
   b) Ermitteln Sie die Schwingungsgleichung für den Strom $i(t)$ für Zeiten $t > 0$ durch Einsetzen der Anfangsbedingungen.

Hinweis: Der Aufgabenpunkt 6 kann unabhängig von den Aufgabenpunkten 4 und 5 gelöst werden!

6. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf des Stromes $i(t)$ sowie der Spannungen $u_\mathrm{C}(t)$ und $u_\mathrm{L}(t)$ (keine Rechnung nötig!)

Aufgabe 3: Übertragungsfunktion, komplexe Wechselstromrechnung (20 Pkt.)

Gegeben sei folgender elektrischer Vierpol:



1. Bestimmen Sie die Spannungs-Übertragungsfunktion $\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = \dfrac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ bei unbelastetem Ausgang, d. h. $\underline{I}_2 = 0$.

   Stellen Sie die Übertragungsfunktion in der Form $\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = \mathrm{Re}\{\underline{H}(\mathrm{j}\omega)\} + \mathrm{j}\mathrm{Im}\{\underline{H}(\mathrm{j}\omega)\}$ dar.

2. Für welche Frequenz ω_1 sind die Beträge des Realteils und des Imaginärteils gleich groß, d. h. $|\mathrm{Re}\{\underline{H}(\mathrm{j}\omega_1)\}| = |\mathrm{Im}\{\underline{H}(\mathrm{j}\omega_1)\}|$?

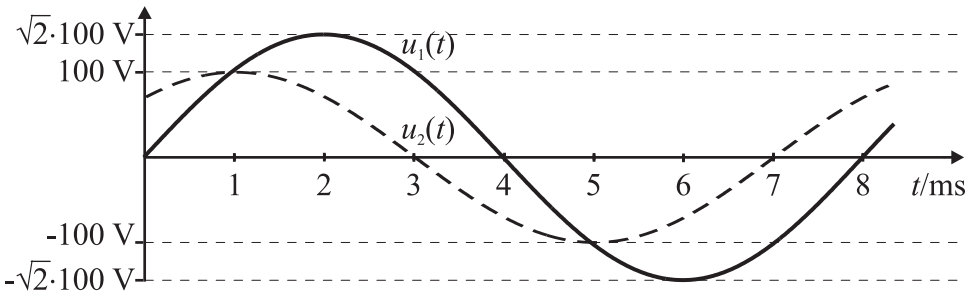
3. Bestimmen Sie für allgemeine Kreisfrequenzen ω den Betrag $|\underline{H}(\mathrm{j}\omega)|$ und die Phase $\varphi(\omega)$ der Übertragungsfunktion $\underline{H}$.

4. Schätzen Sie $|\underline{H}(\mathrm{j}\omega)|$ und $\varphi(\omega)$ für Kreisfrequenzen $\omega \ll \omega_1$ und $\omega \gg \omega_1$ ab (Geradennäherung). Bestimmen Sie die logarithmische Verstärkung $A(\omega)$ in dB für beide Bereiche.

5. Skizzieren Sie die Verstärkung $A(\omega)$ und den Phasengang $\varphi(\omega)$ in dem Bodediagramm auf der nächsten Seite (Geradennäherung).

6. Um welchen Filtertyp handelt es sich?

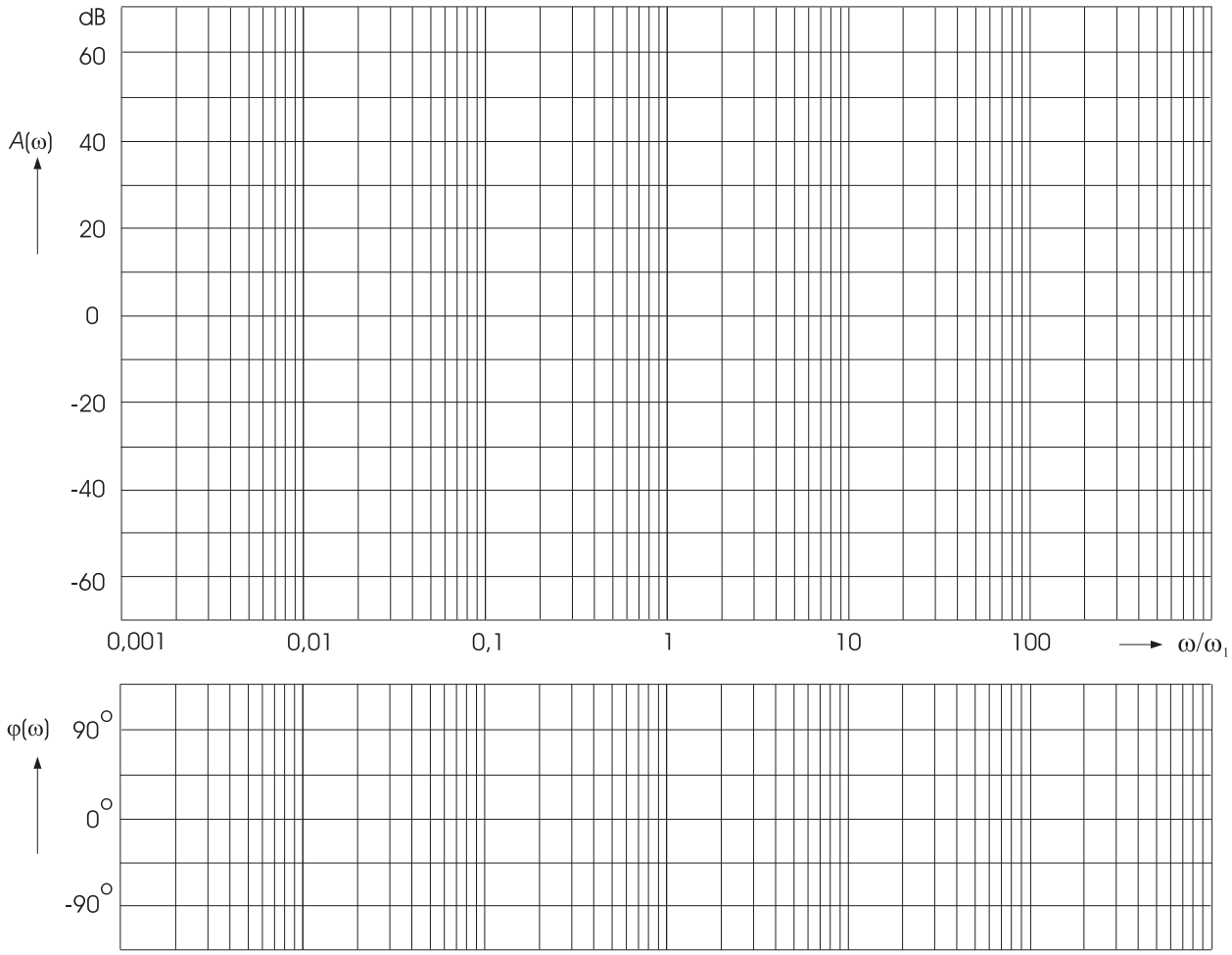
Am Eingang und Ausgang des Vierpols werden folgende Spannungsverläufe für $u_1(t)$ und $u_2(t)$ gemessen:



7. Geben Sie die komplexen Effektivwertzeiger $\underline{U}_1$ und $\underline{U}_2$ sowie die Frequenz $f = \dfrac{\omega}{2\pi}$ der Spannungen $u_1(t)$ und $u_2(t)$ an.

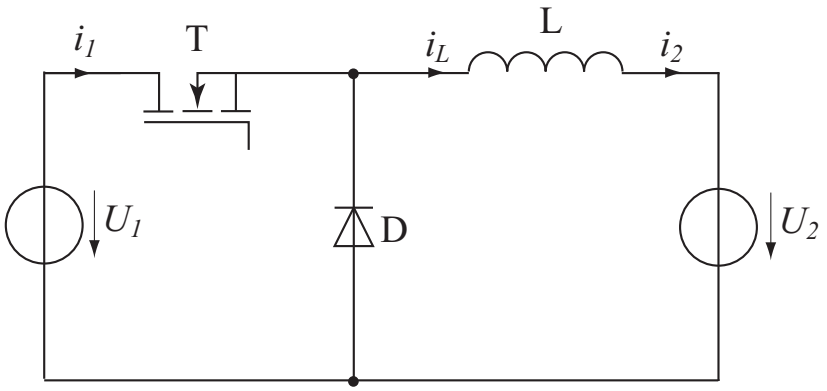
8. Bestimmen Sie die Kapazität des Kondensators C aus obiger Schaltung für $R = 100\,\Omega$.

Diagramm Aufgabe 3.5:



Aufgabe 4: Gleichstromsteller **(25 Punkte)**

Zum Aufladen eines Mobiltelefones vom KFZ-Bordnetz mit der Bordnetzspannung $U_1 = 13{,}5\,\mathrm{V}$ werde ein Tiefsetzsteller eingesetzt. Die Eingangsspannung des Mobiltelefons betrage $U_2 = 4{,}5\,\mathrm{V}$.



Beide Spannungen U_1 und U_2 können als **konstant** angenommen werden. Die Induktivität der idealen Spule betrage $L = 10\,\mu\mathrm{H}$. Die Schaltfrequenz betrage $f_\mathrm{s} = 100\,\mathrm{kHz}$. Alle Bauelemente seien ideal.

1. Zeichnen Sie die Ersatzschaltbilder für die beiden Schaltzustände des Transistors T.
2. Stellen Sie die Maschengleichungen für beide Schaltzustände des Transistors auf.
3. Leiten Sie allgemein für den stationären Zustand das Tastverhältnis D her und bestimmen Sie den Zahlenwert für die angegebenen Spannungen. Geben Sie die Einschaltzeitdauer T_e und die Ausschaltzeitdauer T_a an.
4. Zeichnen Sie qualitativ die Spannungs- und Stromverläufe an der Induktivität L für den stationären Zustand. Geben Sie die maximalen und minimalen Spannungswerte an und kennzeichnen Sie diese im Diagramm.
5. Berechnen Sie die Stromschwankungsbreite Δi_L des Spulenstromes für das Tastverhältnis D aus Aufgabenpunkt 3. Bei welchem Laststrom $I_\mathrm{2,Lück}$ liegt die Lückgrenze?

Im Folgenden sei die Eingangsspannung U_1 weiterhin konstant, die Ausgangsspannung U_2 soll aber mit dem Tastverhältnis verändert werden.

6. Leiten Sie allgemein den Zusammenhang zwischen der Stromschwankungsbreite Δi_L und dem Tastverhältnis D her.
7. Bei welchem Tastverhältnis D wird die Stromschwankungsbreite Δi_L maximal? Wie groß ist diese Stromschwankungsbreite $\Delta i_\mathrm{L,max}$ für die oben angegebenen Parameter?
8. Skizzieren Sie den Verlauf der Stromschwankungsbreite Δi_L in Abhängigkeit des Tastverhältnisses D.

Aufgabe 5: Gleichstrommaschine **(23 Punkte)**

Gegeben sei eine Reihenschlussgleichstrommaschine.

1. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild für den **in**stationären Fall.
2. Stellen Sie die Maschengleichung für den **in**stationären Fall auf.

Zunächst werde die Maschine stationär mit einer Gleichspannung U betrieben.

3. Leiten Sie die Drehmoment-Drehzahlkennlinie $T = f(\omega)$ her.
4. Skizzieren Sie die Kennlinie $T = f(\omega)$ (einschließlich negativer ω). Geben Sie das Anlaufdrehmoment $T(\omega = 0)$ an und kennzeichnen Sie es im Diagramm. Für welche Drehfrequenz ω_∞ wächst das Drehmoment T über alle Grenzen ($T \to \infty$)?

Die Reihenschlussgleichstrommaschine werde nun an einer Wechselspannung $\underline{U}$ mit der Frequenz ω_{el} betrieben.

5. a) Stellen Sie für konstante mechanische Drehfrequenzen ω die Maschengleichung für die Klemmenspannung $\underline{U}$ für den quasistationären Fall in Abhängigkeit von ω_{el} und ω auf (in komplexer Schreibweise).
   b) Bestimmen Sie den Betrag $I = |\underline{I}|$ des komplexen Klemmenstroms $\underline{I}$.
6. a) Bestimmen Sie die allgemeine Formel für das mittlere Drehmoment $\overline{T}$ in Abhängigkeit von der mechanischen Drehfrequenz ω (Hinweis: $\overline{i^2} = I^2$).
   b) Für welche mechanische Drehfrequenz ω_{max} wird das mittlere Drehmoment $\overline{T}$ maximal?
   c) Wie groß ist das maximale mittlere Drehmoment $\overline{T}_{\mathrm{max}}$ in diesem Punkt?
7. Skizzieren Sie qualitativ den **zeitlichen** Verlauf des Drehments $T(t)$ für eine feste mechanische Drehfrequenz ω. Geben Sie die Pulsfrequenz ω_{T} des Drehmomentes an.