

Klausur Grundlagen der Elektrotechnik B

15.09.2009

Name: 						Matrikelnummer: 		
Vorname: 								
Studiengang:								
☐ Fachprüfung ☐ Leistungsnachweis								
Aufgabe: (Punkte)	1 (21)	2 (18)	3 (30)	4 (23)	5 (18)	Note Klausur	Note Tests	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 Studenausweis mit Lichtbild bereitlegen!

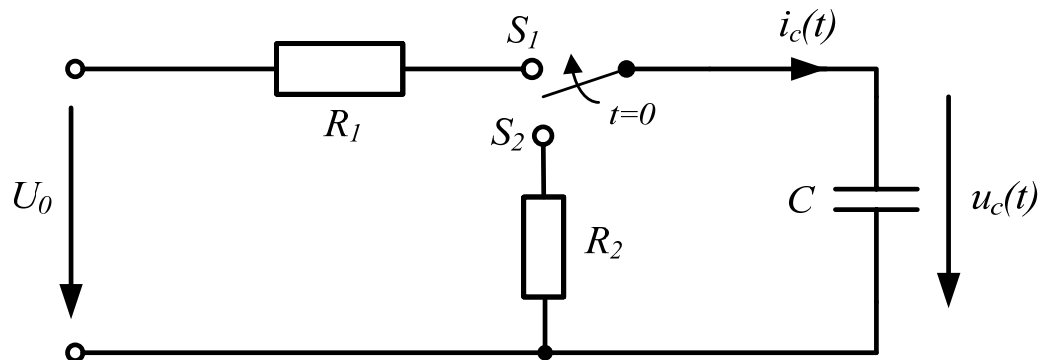
Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Bitte verwenden Sie keine roten Stifte.

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

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Ausgleichsvorgang
(21 Punkte)

Betrachtet werde folgende Schaltung:


 Es gelte: $R_2 = 0,2R_1$.

 Vor dem Zeitpunkt $t = 0$ s befinde sich der Schalter S in der Position 2, und die Schaltung befinde sich im stationären Zustand.

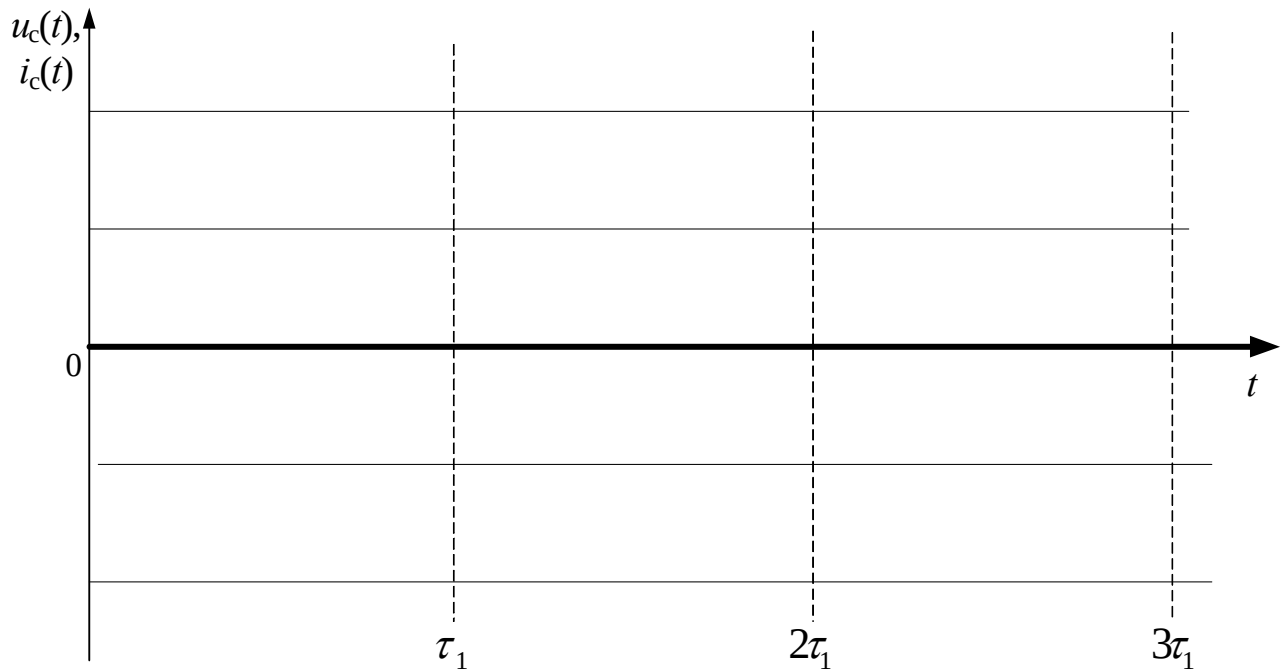
- 1.1. Wie groß ist die Spannung $u_c(t)$ zur Zeit $t < 0$ s ? (Begründung) (1 Punkt)
- 1.2. Der Schalter werde nun zum Zeitpunkt $t = 0$ s in die Position 1 umgelegt. Wie groß ist die Spannung u_c direkt nach dem Schalten? (Begründung) (1 Punkt)
- 1.3. Wie groß ist die Spannung u_c nach Abklingen des Ausgleichsvorgangs ($t \rightarrow \infty$), wenn der Schalter in Position 1 verbleibt? (Begründung) (1 Punkt)
- 1.4. Stellen Sie die Differentialgleichung für die Spannung $u_c(t)$ für $t \geq 0$ s auf. (3 Punkte)
- 1.5. Lösen Sie die Differentialgleichung. Aus Ihrer Lösung sollte ersichtlich sein, welchen Lösungsansatz Sie gewählt haben und welche Anfangsbedingungen sie bei der Lösung verwendet haben. Wie groß ist die Zeitkonstante τ_1 der Schaltung (Schalterposition 1)? (5 Punkte)

 Zum Zeitpunkt $t = \tau_1$ werde der Schalter S wieder in Position 2 geschaltet.

- 1.6. Die Zeitkonstante der Schaltung in der Schalterposition 2 sei τ_2 . Wie groß ist das Verhältnis der Zeitkonstanten τ_1/τ_2 ? (1 Punkt)
- 1.7. Ermitteln Sie zum Zeitpunkt $t = \tau_1$ sowie zum Zeitpunkt $t = 2\tau_1$ die Spannung $u_c(t)$ in Abhängigkeit von U_0 . (Hinweis: Eine erneute Herleitung der DGL für $t \geq t_1 = \tau_1$ ist nicht erforderlich!) (4 Punkte)

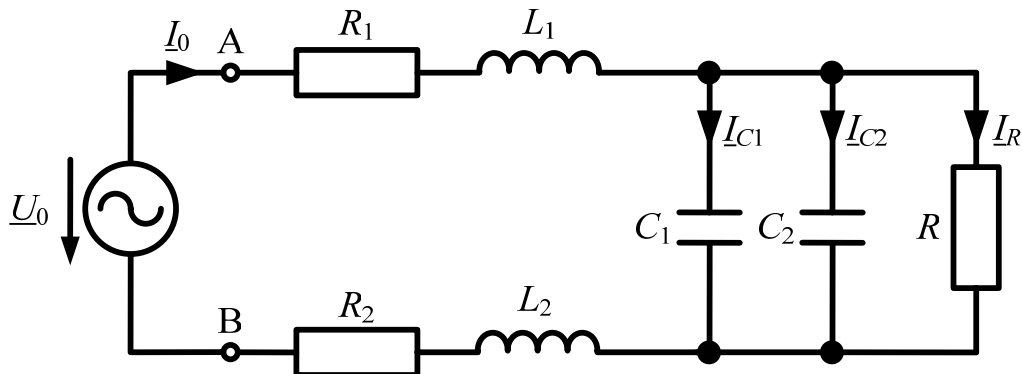
 Die Schaltung soll nun alternierend in Schalterposition 1 und 2 betrieben werden. Die Zeitdauer zwischen den Umschaltvorgängen ist jeweils gleich der Zeitkonstante τ_1 .

- 1.8. Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Spannung $u_c(t)$ und des Stromes $i_c(t)$ über der Zeit im Intervall $[0, 3\tau_1]$ in das nachfolgende Diagramm ein. Geben Sie die Momentanwerte von $u_c(t)$ und $i_c(t)$ zu den Schaltzeitpunkten $t = \tau_1, 2\tau_1, 3\tau_1$ in Abhängigkeit von U_0, R_1 und R_2 an. Als Anfangswerte können $u_c(t = 0^-) = i_c(t = 0^-) = 0$ angenommen werden. (Hinweis: Die Aufgabe kann allein aufgrund der vorangegangenen Rechenergebnisse gelöst werden!) (5 Punkte)



Aufgabe 2: Komplexe Wechselstromrechnung, Leistung
(18 Punkte)

Gegeben sei folgendes Netzwerk:



Zahlenwerte:

$$\begin{aligned} \underline{U}_0 &= 230 \text{ V}; & f &= 50 \text{ Hz}; & \omega &= 2\pi f \\ R_1 &= R_2 = 0,5 \, \Omega; & L_1 &= L_2 = 60 \text{ mH}; & C_1 &= C_2 = 50 \, \mu\text{F}; & R &= 200 \, \Omega. \end{aligned}$$

- 2.1. Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ zwischen den Klemmen A-B des rechten Netzwerkteils in Abhängigkeit von $R_1, R_2, L_1, L_2, C_1, C_2, R$ und ω (allgemeine Form, keine Zahlenwerte). Stellen Sie die Impedanz $\underline{Z}$ in der arithmetischen Form ($\underline{Z} = x + jy$) dar. (3 Punkte)

Für die angegebenen Zahlenwerte der Frequenz und der anderen Parameter bestimmen Sie:

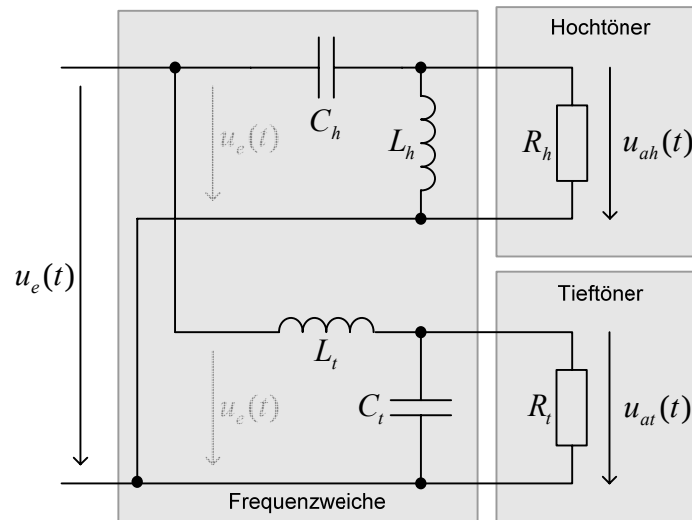
- 2.2. Berechnen Sie den Zahlenwert der Impedanz $\underline{Z}$ und stellen Sie diese nach Betrag und Phase ($\underline{Z} = |\underline{Z}| \cdot e^{j\varphi}$) dar. (4 Punkte)
- 2.3. Berechnen Sie den Gesamtstrom $\underline{I}_0$. (2 Punkte)
- 2.4. Bestimmen Sie den Phasenwinkel $\varphi = \varphi_{\underline{U}_0} - \varphi_{\underline{I}_0}$ zwischen angelegter Spannung $\underline{U}_0$ und Gesamtstrom $\underline{I}_0$. (2 Punkte)
- 2.5. Berechnen Sie die komplexe Leistung des gesamten Systems. (2 Punkte)

Die Blindleistung des Gesamtsystems soll nun durch ein zu den Klemmen A-B parallel zu schaltendes Bauelement so kompensiert werden, dass ein Gesamtleistungsfaktor von $\cos\varphi' = 0,85$ (induktiv) erreicht wird.

- 2.6. Welches Bauelement ist dafür zu wählen? (1 Punkt)
- 2.7. Dimensionieren Sie das Kompensationsbauelement. (2 Punkte)
- 2.8. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm der komplexen Leistungszeiger vor und nach der Blindleistungskompensation. (2 Punkte)

Aufgabe 3: Frequenzweiche für eine 2-Wege Lautsprecherbox
(30 Punkte)

Eine Frequenzweiche für eine 2-Wege Lautsprecherbox soll untersucht werden. Dabei können die Lautsprecher näherungsweise als ohmsche Widerstände mit einer Impedanz von $R_h = R_t = 4 \Omega$ betrachtet werden.



Frequenzweiche für eine 2-Wege Lautsprecherbox
(Hinweis: Achten sie auf Reihen- und Parallelschaltung der Elemente.)

3.1. Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz der Parallelschaltung von L_h und R_h . (2 Punkte)

3.2. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{H}_h(j\omega) = \frac{u_{ah}}{u_e}$ und bringen Sie diese in die

Form $\underline{H}_h(j\omega) = \frac{\underline{f}_h(j\omega)}{1 + j \frac{2d_h}{\omega_{0h}} \cdot \omega - \frac{1}{\omega_{0h}^2} \cdot \omega^2}$, um den Dämpfungsgrad d_h und die Kenn-

kreisfrequenz ω_{0h} später durch Koeffizientenvergleich identifizieren zu können. (5 Punkte)

3.3. Bestimmen Sie den Betrag $H_h(j\omega) = |\underline{H}_h(j\omega)|$. (2 Punkte)

3.4. Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz der Parallelschaltung von C_t und R_t . (2 Punkte)

3.5. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{H}_t(j\omega) = \frac{u_{at}}{u_e}$ und bringen Sie diese in die

Form $\underline{H}_t(j\omega) = \frac{\underline{f}_t(j\omega)}{1 + j \frac{2d_t}{\omega_{0t}} \cdot \omega - \frac{1}{\omega_{0t}^2} \cdot \omega^2}$, um den Dämpfungsgrad d_t und die Kenn-

kreisfrequenz ω_{0t} später durch Koeffizientenvergleich identifizieren zu können. (5 Punkte)

3.6. Bestimmen Sie den Betrag $H_t(j\omega) = |\underline{H}_t(j\omega)|$. (2 Punkte)

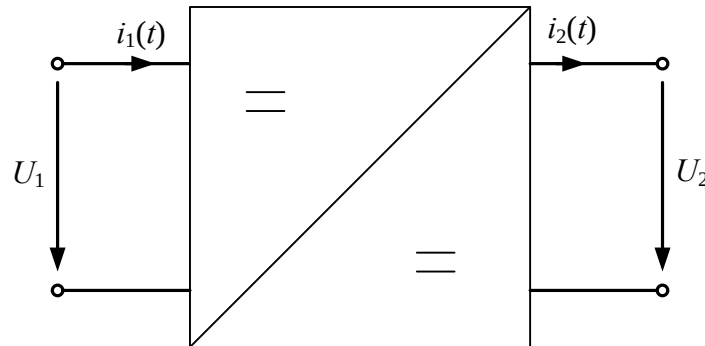
Die Kapazitäten und Induktivitäten einer konkreten Frequenzweiche eines bekannten Herstellers haben bei oben dargestellter Topologie folgende Werte: $C_h=6,8\text{ }\mu\text{F}$, $L_h=0,15\text{ mH}$, $L_t=0,5\text{ mH}$, $C_t=22\text{ }\mu\text{F}$.

- 3.7. Berechnen Sie den Dämpfungsgrad d_h , die Kennfrequenz f_{0h} und die Flankensteilheit in dB pro Dekade für $\omega \rightarrow 0$ von $H_h(\omega)$. (7 Punkte)
- 3.8. Berechnen Sie den Dämpfungsgrad d_t , die Kennfrequenz f_{0t} und die Flankensteilheit in dB pro Dekade für $\omega \rightarrow \infty$ von $H_t(\omega)$. (7 Punkte)

Aufgabe 4: Gleichstromsteller, Kenngrößenberechnung

(23 Punkte)

Es soll ein Gleichstromsteller entworfen werden, welcher folgende Eigenschaften besitzt. Die Eingangsspannung wird durch eine Batterie bereitgestellt und beträgt $U_1 = 12 \text{ V}$. Das Gerät soll eine Ausgangsspannung von $U_2 = 36 \text{ V}$ liefern. Die Nennausgangsleistung soll $P_2 = 360 \text{ W}$, die Schaltfrequenz $f = 20 \text{ kHz}$ betragen.

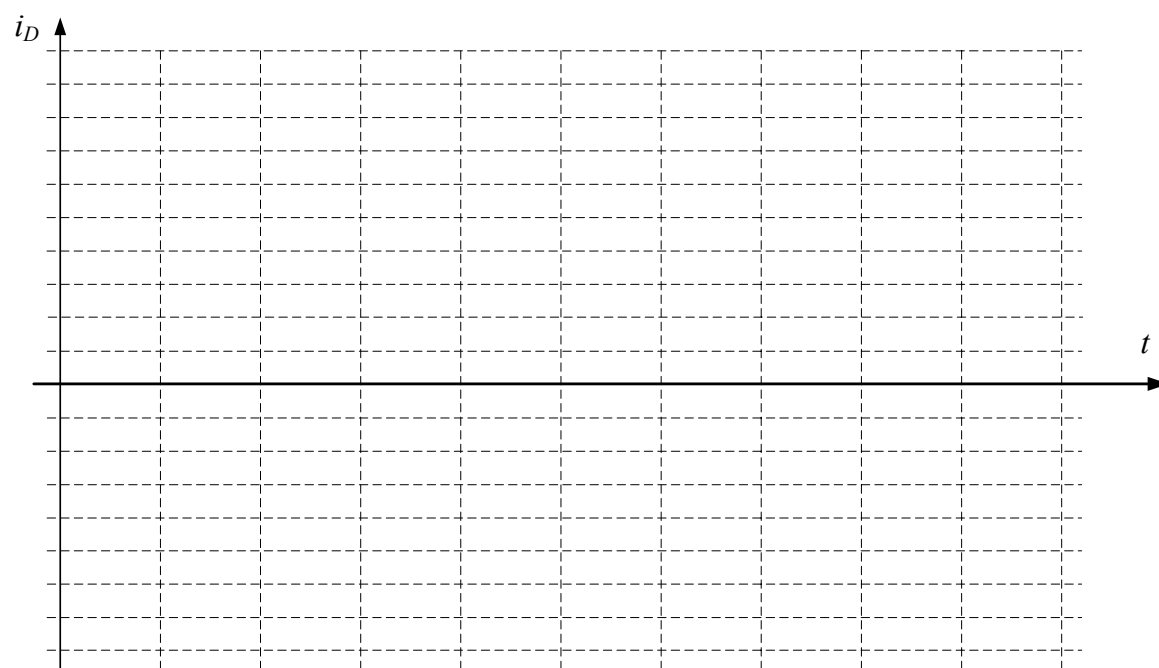
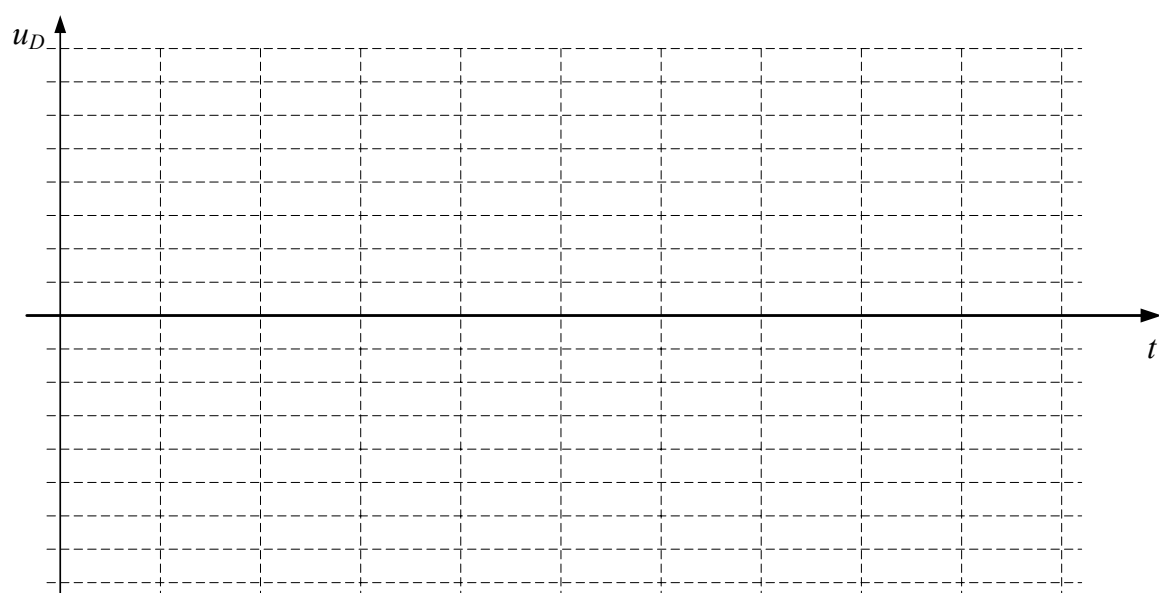


Die Schaltung befinde sich im stationären Zustand, alle Bauelemente seien ideal.

- 4.1. Welche Topologie kann für diese Anforderungen verwendet werden? Zeichnen Sie das Schaltbild. (3 Punkte)

Zur Vereinfachung seien die Ein- und Ausgangsspannung zunächst als ideal geglättet und konstant angenommen.

- 4.2. Wie groß muss das Tastverhältnis D gewählt werden? (2 Punkte)
- 4.3. Wie groß ist der Ausgangsnennstrom I_2 ? (arithm. Mittelwert des pulsierenden Ausgangsstroms) (1 Punkt)
- 4.4. Die Stromschwankung Δi_L soll bei Nennleistung max. 20 % des Nennstromes betragen. Welchen Wert muss die Induktivität der Drossel L aufweisen? (3 Punkte)
- 4.5. Skizzieren Sie maßstäblich den zeitlichen Verlauf des Stroms $i_D(t)$ und der Spannung $u_D(t)$ an der Diode im Diagramm auf der folgenden Seite. Wie groß muss der arithmetische Mittelwert $\bar{i}_D$ des Diodenstroms sein? (5 Punkte)
- 4.6. Berechnen Sie den Effektivwert U_D der Diodenspannung $u_D(t)$. (4 Punkte)
- 4.7. Bei gleichbleibender Ein- und Ausgangsspannung wird der Ausgangsstrom verringert, bei welchem Laststrom arbeitet der Gleichstromsteller an der Lückgrenze? (Die Lückgrenze zeichnet sich dadurch aus, dass das Minimum des pulsierenden Ausgangsstroms gleich Null ist.) (2 Punkte)
- 4.8. Die Ausgangsspannung werde nun durch einen Kondensator bei parallel geschalteter Last geglättet. Wie groß muss die Kapazität des Kondensators gewählt werden, damit die Spannungsschwankung im Nennbetrieb max. 5 % beträgt. (3 Punkte)



Aufgabe 5: Gleichstrommaschine**(18 Punkte)**

Gegeben ist eine permanentmagnet-erregte Gleichstrommaschine für den 12V-Betrieb.

Es sind folgende Angaben über den Motor bekannt:

- $n_n = 1000 \text{ min}^{-1}$
- $\eta_n = 0,6$
- $P_{n,el} = 5 \text{ W}$
- $U_n = 12 \text{ V}$
- Es wurde die Sprungantwort des Drehmomentes auf einen Sprung der Spannung von 0V auf Nennspannung bei konstanter Drehzahl gemessen. Die ermittelte Zeitkonstante beträgt 4 ms.

Es soll die Drehzahl-Drehmomentenkennlinie des Motors bestimmt werden. Gehen Sie dazu folgendermaßen vor:

- 5.1. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild (transienter Betrieb). (2 Punkte)
- 5.2. Bestimmen Sie das Nenndrehmoment und den Nennstrom. (3 Punkte)
- 5.3. Bestimmen Sie den Ankerwiderstand und den Erregerfluss und die Ankerinduktivität. (4 Punkte)
- 5.4. Geben Sie die Drehfrequenz als Funktion des Drehmomentes als Formel an. (4 Punkte)
- 5.5. Zeichnen Sie die Drehkreisfrequenz ω in Abhängigkeit des Drehmomentes T in die Skizze ein und kennzeichnen Sie wesentliche Punkte. (3 Punkte)
- 5.6. Geben Sie die Zahlenwerte für diese Punkte an. (2 Punkte)

