

---

## Online-Leistungsnachweis 2/2

---

Start: am 27.01.2021, 10:00 Uhr

Ende: am 27.01.2021, 11:00 Uhr

Bearbeitungszeit: 60 Minuten

Gesamtpunktzahl: 45 Punkte

**Abgabe:** bis spätestens 11:15!

**eine PDF-Datei mit handschriftlichen Lösungen  
in MOODLE Datenbank**

1. Bearbeiten Sie die Aufgaben **handschriftlich** auf dem Aufgabenblatt!
2. Falls Sie keine Möglichkeit haben die Klausur auszudrucken, dann lösen Sie die Aufgaben in digitaler Form direkt im PDF, z.B. mit FoxiReader.
3. Exportieren Sie das Ergebnis in eine (!) PDF-Datei mit maximaler Größe 10MB. Falls mehrere Dateien abgegeben werden, wird nur die zuerst abgegebene Datei gewertet!
4. Lösungen zu einer Aufgabe werden nur innerhalb des zugehörigen Lösungsfeldes gewertet. Falls der Platz nicht ausreicht, so verwenden Sie das Lösungsfeld der englischen Version und machen dies entsprechend kenntlich. Angaben außerhalb der Lösungsfelder werden nicht gewertet!
5. Geben Sie in jeder Rechnung und zu jedem (Teil-)Ergebnis die Einheiten an!
6. Geben Sie den Rechenweg klar strukturiert und leserlich an!
7. Als Hilfsmittel sind sämtliche Vorlesungsunterlagen sowie die darin angegebene Literatur zugelassen.

## Eidesstattliche Versicherung

### Persönliche Angaben

Name: \_\_\_\_\_  
(Last name)

Vorname: \_\_\_\_\_  
(First name)

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_  
(Student-ID)

Studiengang: \_\_\_\_\_  
(Program)

### Angaben zur Prüfung

Name der Prüfung: \_\_\_\_\_  
(Title of the exam)

Prüfer: \_\_\_\_\_  
(Examiner)

Prüfungsdatum: \_\_\_\_\_  
(Exam date)

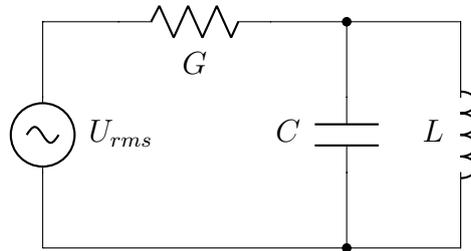
Sehr geehrte Damen und Herren,  
hiermit versichere ich an Eides statt,  
dass ich die oben bezeichnete Leistung  
selbstständig und ohne unzulässige  
fremde Hilfe sowie ohne Heranziehung  
nicht zugelassener Hilfsmittel bearbei-  
tet habe. Mir ist bewusst, dass der Ver-  
stoß gegen prüfungsrechtliche Regel-  
ungen über die Täuschung bei der Er-  
bringung von Prüfungsleistungen eine  
Ordnungswidrigkeit darstellt und die  
Abgabe einer unrichtigen Versicherung  
an Eides statt als Straftat geahndet  
wird.

To whom it may concern,  
I declare in lieu of an oath that I have  
worked on the above-mentioned assess-  
ment independently and without un-  
authorized assistance. I also confirm  
that I have not used any non-permiss-  
ible resources. I am aware that the  
violation of examination regulations on  
cheating during examinations consti-  
tutes an administrative offense. I am  
also aware that making a false  
declaration in lieu of an oath is  
punished as a criminal offense.

Ort, Datum: \_\_\_\_\_  
(Place, date)

Unterschrift: \_\_\_\_\_  
(Signature)

**Aufgabe 1: Impedanz und Übertragungsfunktion (15 Punkte)**



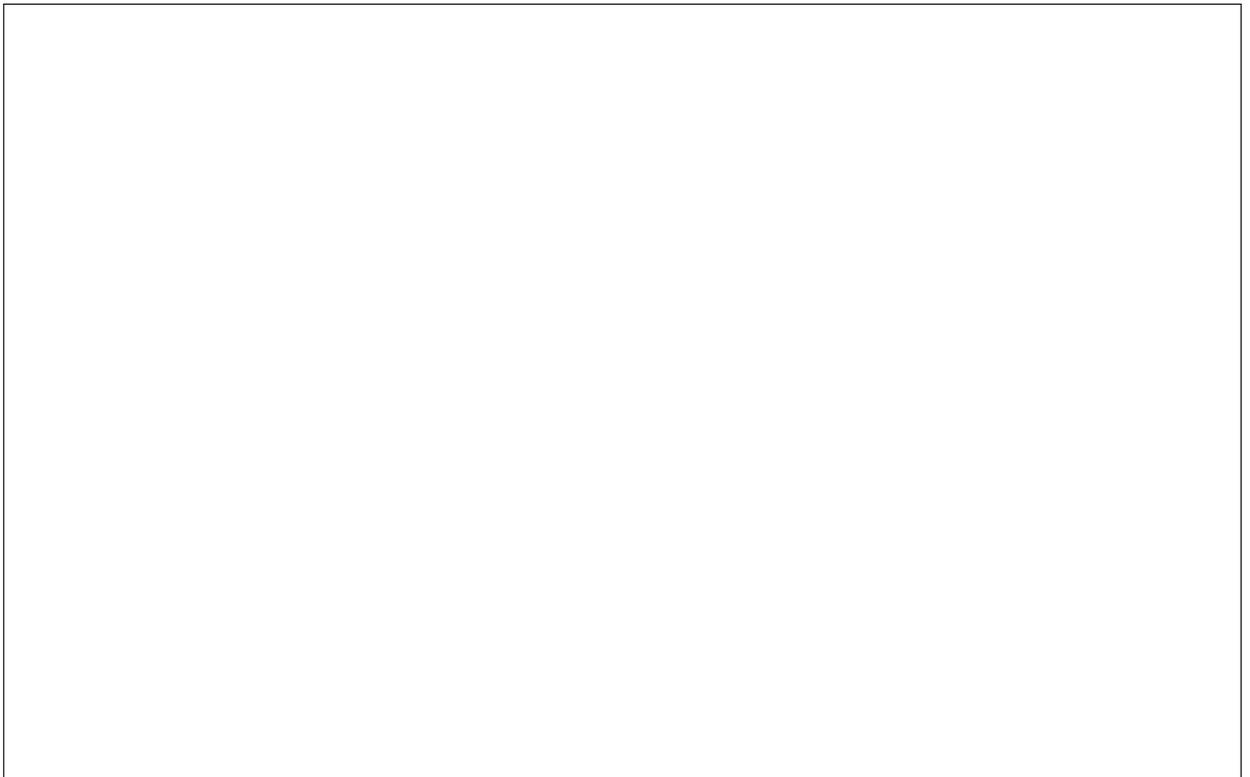
$$\begin{aligned}U_{rms} &= 6 \text{ V} \\f &= 1 \text{ kHz} \\G &= 0.1 \text{ S} \\C &= 100 \text{ } \mu\text{F} \\L &= 20 \text{ mH}\end{aligned}$$

1. Geben Sie die Ersatzimpedanz der gezeigten Schaltung in komplexer (5 Punkte) kartesischer Koordinatendarstellung an.

2. Die Spannung  $U_R$  am Widerstand  $R$  sei die Ausgangsspannung. (3 Punkte)  
Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion  $H(j\omega)$  in komplexer Euler'scher Darstellung.

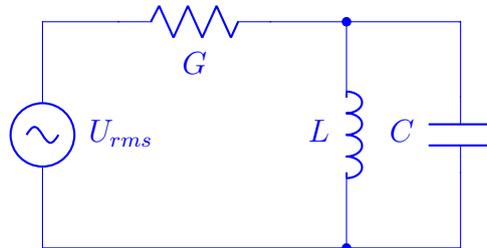


3. Bestimmen Sie die Phasenverschiebung  $\phi$  an den Bauelementen, (7 Punkte)  
 $\phi_R$ ,  $\phi_C$  und  $\phi_L$  sowie den Wirkleistungsfaktor der Schaltung.



## Impedance and Transfer Function

(15 Points)



$$U_{rms} = 6 \text{ V}$$

$$f = 1 \text{ kHz}$$

$$G = 0.1 \text{ S}$$

$$C = 100 \text{ } \mu\text{F}$$

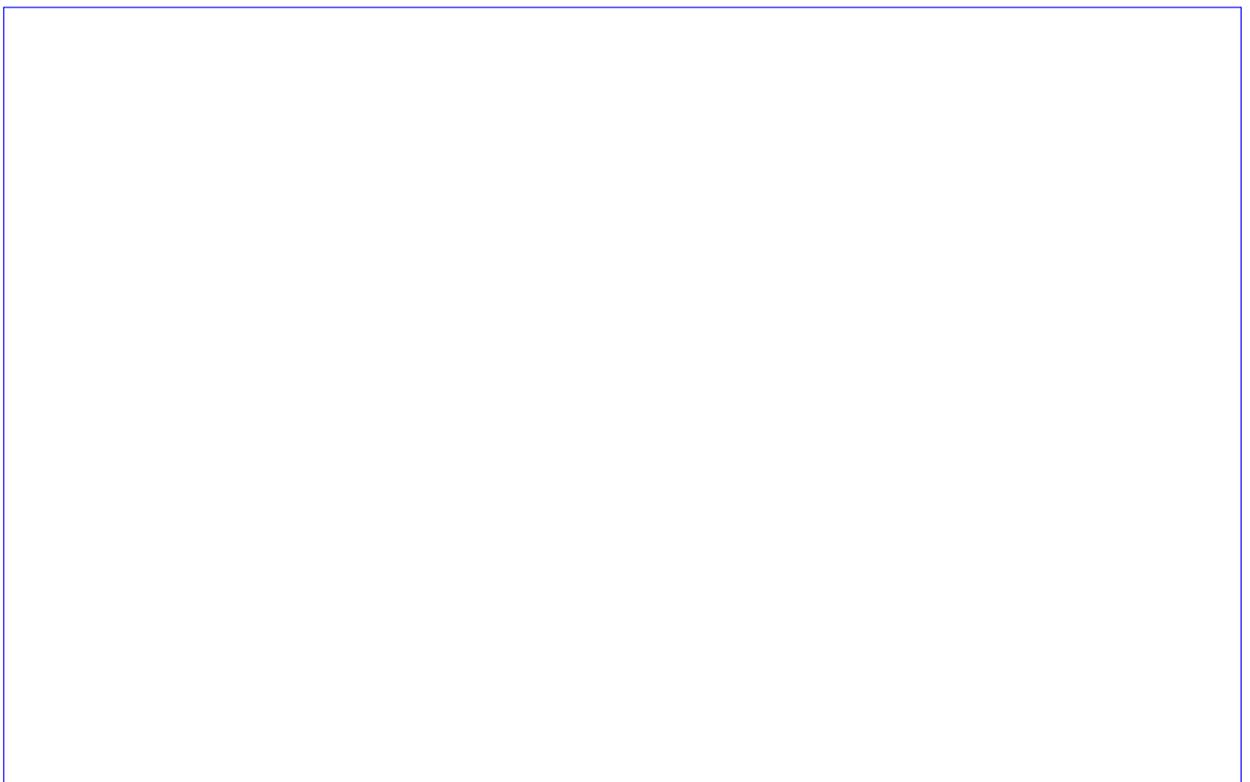
$$L = 20 \text{ mH}$$

1. Give the total impedance of the shown circuit in complex cartesian format. (5 Points)

2. Let voltage  $U_R$  at the resistance  $R$  be the output voltage. Give the transfer function  $H(j\omega)$  in complex Euler notation. **(3 Points)**

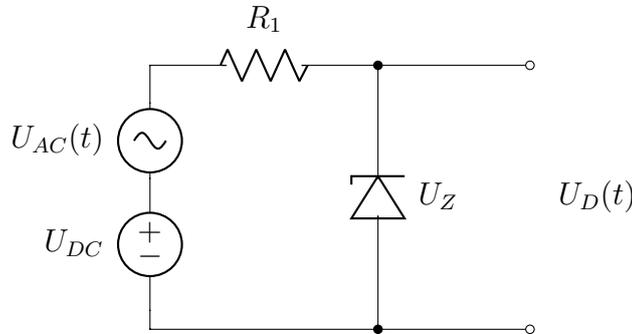


3. Calculate the phase shift  $\phi$  for each of the components  $\phi_R$ ,  $\phi_C$  und  $\phi_L$  and the power factor of the circuit. **(7 Points)**



**Aufgabe 2: Stabilisierung mit Z-Diode**

**(15 Punkte)**



$$\begin{aligned}
 U_{AC,0} &= 5 V_{peak} \\
 U_{DC} &= 3 V \\
 f &= 1 kHz \\
 R_1 &= 50 \Omega \\
 U_Z &= ? \\
 U_{diff} &= 0.7V \\
 r_Z &= 5 \Omega
 \end{aligned}$$

1. Bestimmen Sie die Zener-Spannung  $U_Z$ , sodaß die Spannung  $U(t)$  **(1 Punkt)**  
 $6.2 V$  nicht übersteigt.

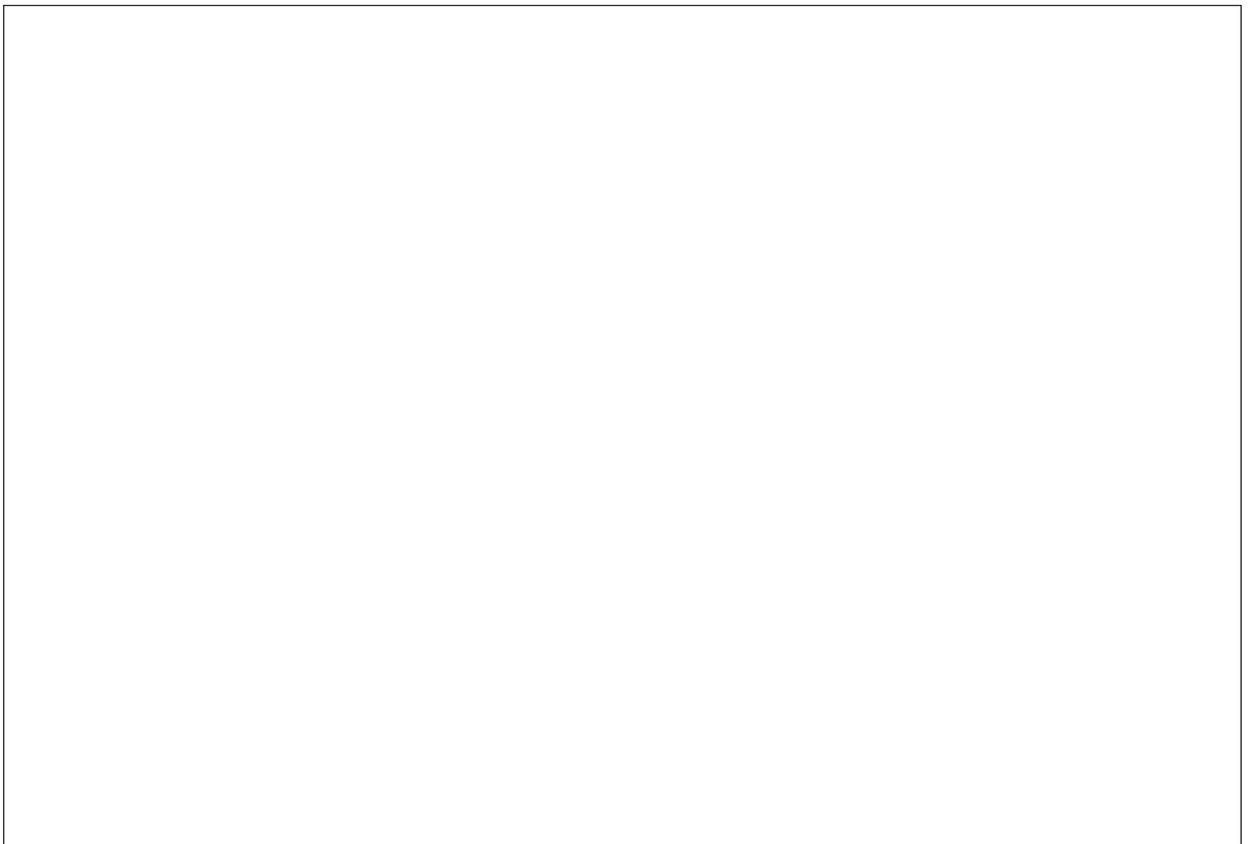
2. Zeichnen Sie die Spannung an  $U_{DC}(t) + U_{AC}(t)$  und  $U_D(t)$  über die **(3 Punkte)**  
 Zeit. Erläutern Sie das Funktionsprinzip der Zener-Diode.

3. Zeichnen Sie die linearisierte Ersatzschaltung für  $U_L > U_Z$  und die **(3 Punkte)**  
 Spannungen  $U_{DC}(t) + U_{AC}(t)$  und  $U_D(t)$  wie in Teil 2 dieser Aufgabe.

4. Berechnen Sie die Spannung  $U_D(t)$  für das linearisierte Modell aus (4 Punkte)  
Aufgabenteil 3 dieser Aufgabe.

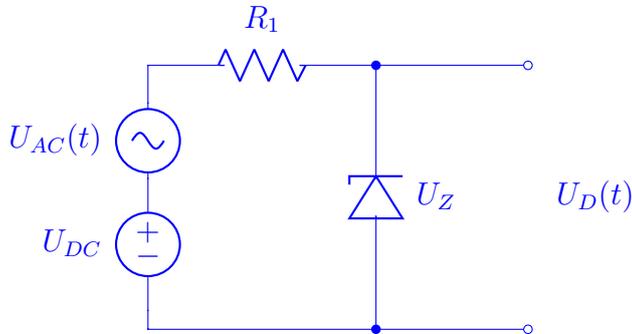


5. Berechnen Sie den Glättungsfaktor  $G$  und die Stabilisierung  $S$  für die (4 Punkte)  
gezeigte Schaltung mit den gegebenen Werten und für  $\Delta U_{DC}/U_{DC} = 0.1$ .



## Stabilization with Z-diode

(15 Points)



$$U_{AC,0} = 5 V_{peak}$$

$$U_{DC} = 3 V$$

$$f = 1 kHz$$

$$R_1 = 50 \Omega$$

$$U_Z = ?$$

$$U_{diff} = 0.7V$$

$$r_Z = 5 \Omega$$

1. Determine the Zener voltage  $U_Z$ , so that  $U_D(t)$  does not exceed 6.2 V.

(1 Points)

2. Draw the voltages  $U_{DC}(t) + U_{AC}(t)$  and  $U_D(t)$  over time in a diagram. Explain the principle of operation of the Zener diode.

(3 Points)

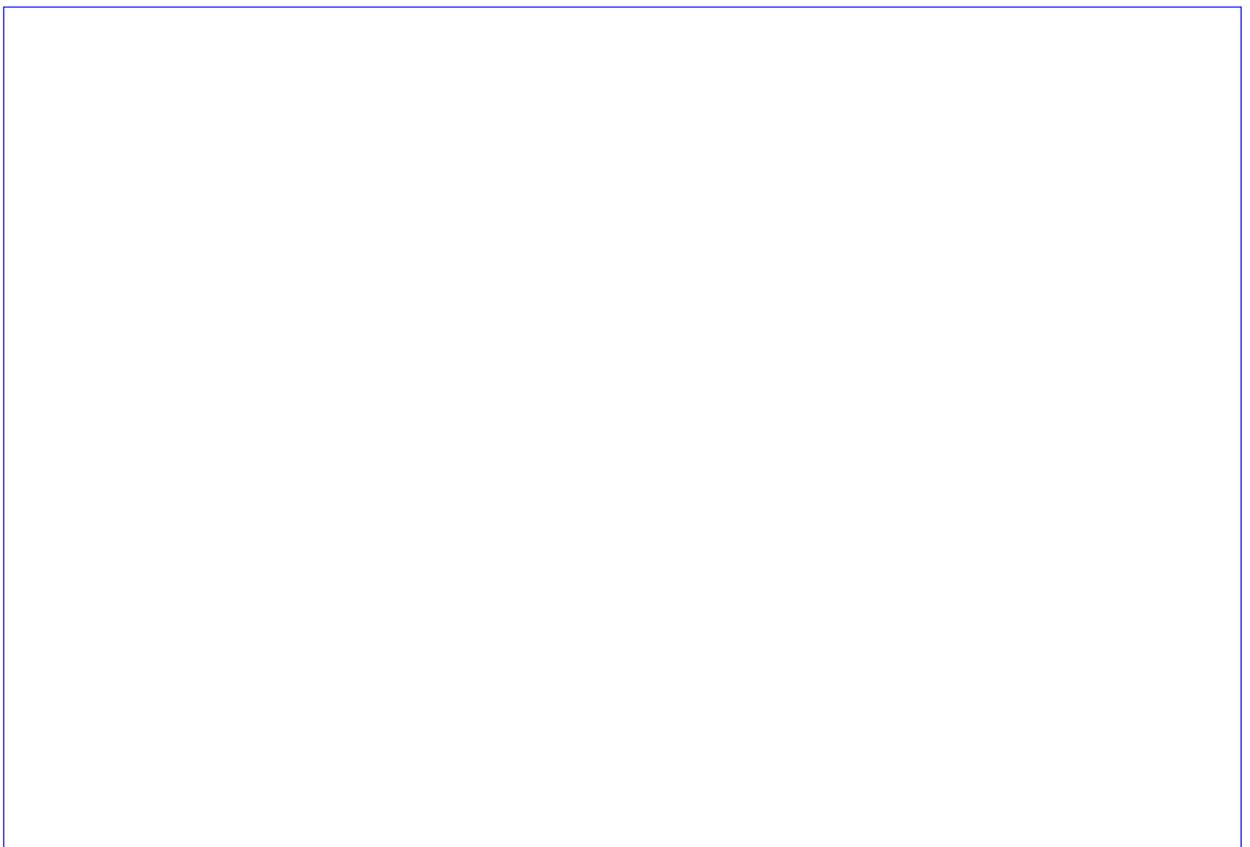
3. Draw the linear replacement circuit for  $U > U_Z$  and the progress of voltages  $U_{DC}(t) + U_{AC}(t)$  and  $U_D(t)$  as in part 2 of this exercise.

(3 Points)

4. Calculate the voltage  $U_D(t)$  for the linear model in part 3 of this exercise. **(4 Points)**



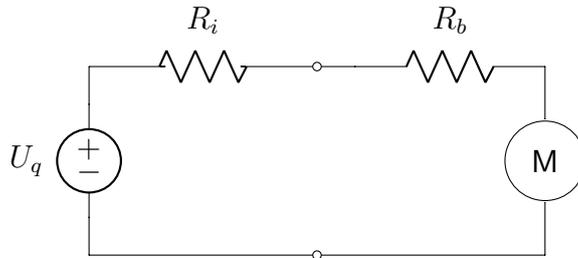
5. Calculate the smoothing factor  $G$  and die stabilization factor  $S$  for the shown circuit from the given values and for  $\Delta U_{DC}/U_{DC} = 0.1$ . **(4 Points)**



**Aufgabe 3: Energie und Leistung**

**(15 Punkte)**

Sie sind als Teil eines Teams von Entwicklungsingenieuren verantwortlich für die Konzeptionierung des Leistungselektronik eines Elektroautos. Im Fahrzeug soll ein DC-Elektromotor (M) verbaut werden, der eine maximale Leistung von  $100\text{kW}$  bei  $400\text{V}$  liefert.



$$P_{M,max} = 100 \text{ kW}$$

$$P_{M,1} = 66 \text{ kW}$$

$$P_{M,2} = 80 \text{ kW}$$

$$U_q = 400 \text{ V}$$

1. Wie groß darf der Innenwiderstand  $R_i$  des Akkus und der Widerstand des Bordnetzes  $R_b$  sein, damit der DC-Motor mindestens  $P_{M,1} = 66\text{kW}$  Leistung liefert? **(4 Punkt)**

2. Ihnen stehen Akkuzellen mit je  $0,2kWh$  bei  $80V$  und einem Innenwi- **(3 Punkte)**  
derstand  $R'_i = 10\Omega$  zur Verfügung. Wieviele Zellen und in welcher An-  
ordnung benötigen Sie für ein Akkupaket mit  $400V$  Nennspannung  
und  $500m\Omega$  Innenwiderstand? Wieviel Energie hat dieser Akku?

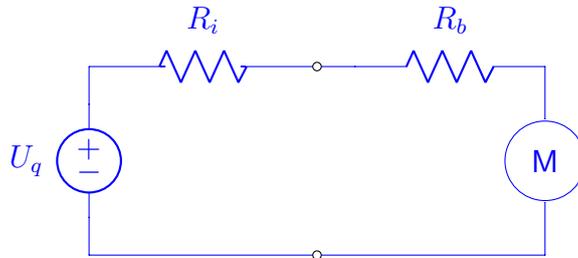
3. Zeichnen Sie den maximal zulässigen Widerstand des Bordnetzes  $R_b$  **(4 Punkte)**  
über dem Innenwiderstand des Akkupakets  $R_i$  für  $0\Omega \leq R_i \leq 1\Omega$ .

4. Wie groß muss der Widerstand des Bordnetzes sein, um bei sonst gleichen Bedingungen eine Leistung von  $P_{M,2} = 80kW$  zu erreichen? **(4 Punkte)**

## Energy and Power

(15 Points)

As a member of a team of development engineers you are responsible for the power electronics concept of an electric car. The vehicle is supposed to be equipped with a dc motor (M) with a maximum power of  $100\text{kW}$  at  $400\text{V}$ .



$$P_{M,max} = 100 \text{ kW}$$

$$P_{M,1} = 66 \text{ kW}$$

$$P_{M,2} = 80 \text{ kW}$$

$$U_q = 400 \text{ V}$$

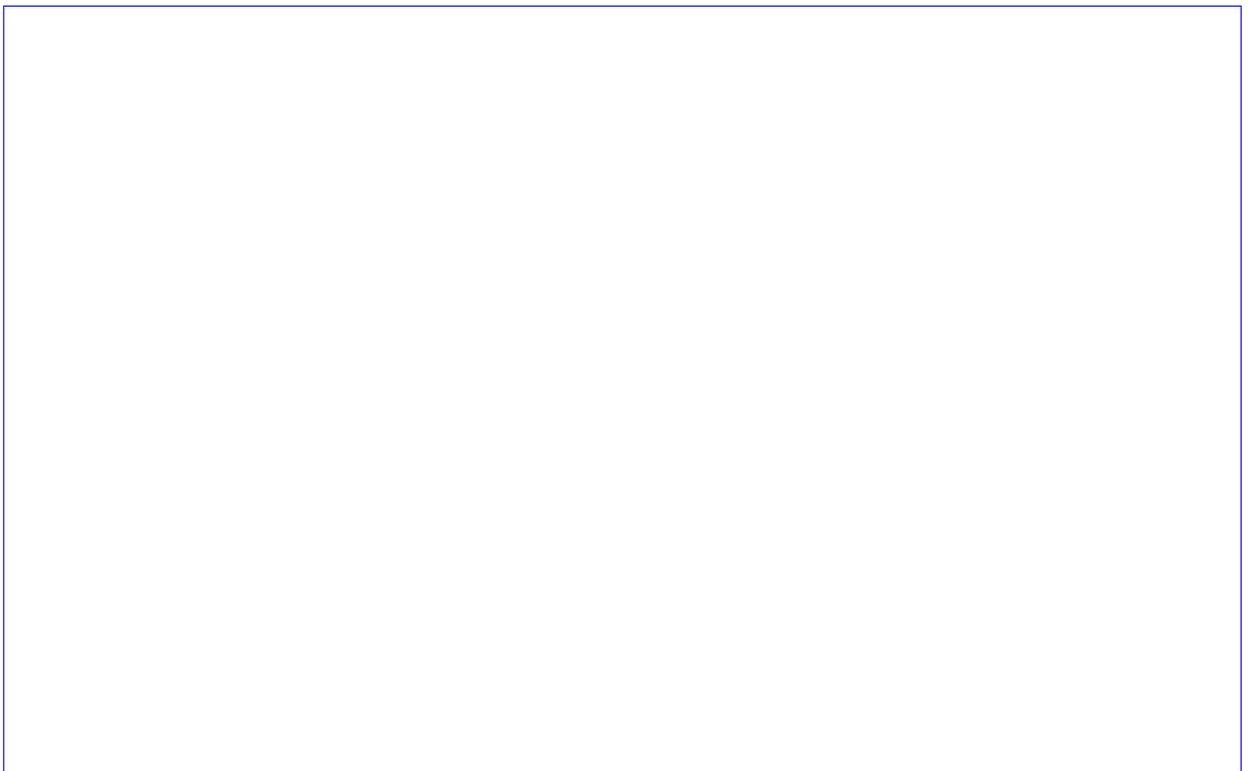
1. What is the maximum internal resistance of the battery  $R_i$  and on-board power supply network  $R_b$  so that the power of the dc-motor is at least  $P_{M,1} = 66\text{kW}$ ?

(4 Points)

2. You have battery cells with each  $0,2kWh$  at  $80V$  and an internal resistance  $R'_i = 10\Omega$  available. How many cells and in what configuration are needed for a battery pack with  $400V$  nominal voltage and inner resistance of  $500m\Omega$ ? How much energy has this battery?



3. Draw the maximum eligible resistance of the on board power-supply network  $R_b$  over the inner resistance of the battery pack  $R_i$  with  $0\Omega \leq R_i \leq 1\Omega$ .



4. What is the resistance of the on board power-supply network to get a power  $P_{M,2} = 80kW$  under equal circumstances. (4 Points)