

Aufgabe 1 (**)

3 Punkte

Ein Plattenkondensator mit der Kapazität $C_0 = 10 \text{ nF}$ ist an eine Spannungsquelle mit der konstanten Spannung $u_0 = 100 \text{ V}$ angeschlossen. Das Dielektrikum zwischen den Platten sei Luft. Dabei sind die Platten je positiv und negativ mit der Ladungsmenge q_0 besetzt. Nun wird der Raum zwischen den Kondensatorplatten mit einem Dielektrikum mit $\epsilon_r = 3$ gefüllt. Dies verursacht eine Änderung der Kapazität. Berechnen Sie die daraus resultierende Ladung q_{neu} .

Gehen Sie für die Berechnung von der Annahme aus, dass der Kondensator die ganze Zeit an eine konstante Spannungsquelle u_0 angeschlossen ist.

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- den Zusammenhang zwischen der Kapazität eines Plattenkondensators und dessen Fläche, Plattenabstand und Dielektrizitätskonstante
- den Zusammenhang zwischen der Ladung eines Kondensators, dessen Spannung und Kapazität

Aufgabe 2 (***)

3 Punkte

Die Betreiber des Braunkohlebaggere '293' möchten die Energiekosten für den Bemessungsbetrieb des Schaufelrads verringern. Die Bemessungsleistung beträgt $P_N = 5 \text{ MW}$ bei einem Bemessungsschlupf von $s_N = 1\%$ und $\cos(\varphi) = 0,92$. Die Statorkupfer- und Eisenverluste können vernachlässigt werden. Der aktuelle Industriestrompreis für gelieferte Scheinleistung S liegt bei $K_{\text{kVAh}} = 0,1 \frac{\text{EUR}}{\text{kVAh}}$. Die Energiekosten werden mit der folgenden Formel ermittelt:

$$K_E(S, t) = K_{\text{kVAh}} \cdot S \cdot t$$

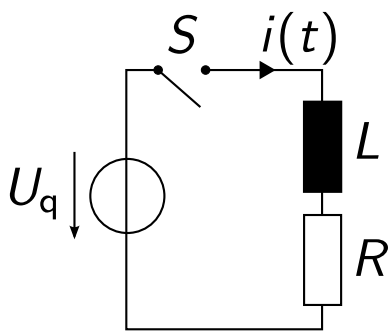
Bestimmen Sie die Kostenersparnis, wenn die Blindleistung um 85% reduziert wird und der Schaufelradantrieb für **einen Monat** durchgehend im Bemessungsbetrieb verwendet wird (1 Tag = 24 Stunden, 1 Monat = 30 Tage).

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- den Zusammenhang zwischen der mechanischen Leistung, der elektrischen Leistung und dem Schlupf bei Vernachlässigung der Statorkupfer- und Eisenverluste
- den Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor, elektrischer Wirk- und Scheinleistung
- den geometrischen Zusammenhang zwischen elektrischer Wirk-, Schein- und Blindleistung

Aufgabe 3 (*)

3 Punkte



Eine Aachener Bank plant die Anschaffung eines neuen elektromagnetischen Schlosses zur Verriegelung des Tresors. Dazu soll zunächst geprüft werden, ob im Notfall der Tresor in genügend kurzer Zeit schließt. Das Schloss wird durch die Reihenschaltung der Spule $L = 20 \text{ mH}$ und den Widerstand $R = 10 \Omega$ beschrieben. Die Schaltung wird über eine Gleichspannungsquelle mit $U_q = 12 \text{ V}$ versorgt. Der Strom $i(t)$ muss 90 % seines Endwertes erreichen, damit das Schloss sicher schließt. In der Zeit vor Beginn des Schließvorgangs ($t < t_0$) ist der Schalter S geöffnet. Zum Zeitpunkt t_0 wird der Schalter geschlossen.

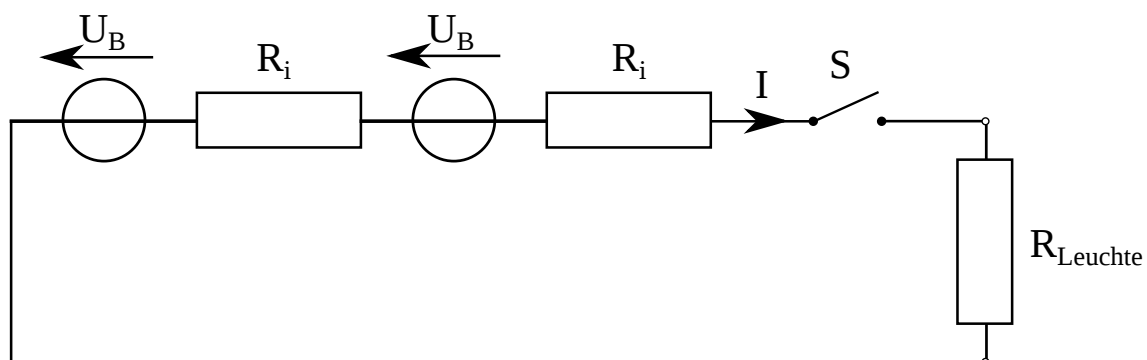
Bestimmen Sie für $t \geq t_0$ den Zeitpunkt t_1 an dem der Spulenstrom $i(t)$ auf 90 % seines Endwertes gestiegen ist.

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- die Anfangs- und Endwertmethode zur Bestimmung der Lösung der Differentialgleichung, die den Strom $i(t)$ für $t \geq t_0$ beschreibt

Aufgabe 4 (**)

3 Punkte



Batterieart		Innenwiderstand R_i	Spannung U_B
Alkali-Mangan	AlMn	$0,15 \Omega$	$1,5 \text{ V}$
Nickel-Cadmium	NiCd	$0,01 \Omega$	$1,2 \text{ V}$
Nickel-Metallhydrid	NiMH	$0,03 \Omega$	$1,2 \text{ V}$
Zink-Kohle	ZnC	$0,50 \Omega$	$1,5 \text{ V}$

Tabelle 1: Übersicht von Batterien und Akkumulatoren.

Ihre Taschenlampe benötigt neue Batterien. In Ihrem Supermarkt haben Sie die Auswahl zwischen zwei Alkali-Mangan Batterien und zwei Nickel-Metallhydrid Akkumulatoren. Berechnen Sie die Differenz der Ströme $\Delta I = I_{\text{AlMn}} - I_{\text{NiMH}}$ bei geschlossenem Schalter S . Der Strom I_{AlMn} fließt bei dem Einsatz von zwei Alkali-Mangan Batterien und I_{NiMH} bei zwei Nickel-Metallhydrid Akkus. Auf der Halogen-Glühlampe sind die Kenndaten $P = 2,4 \text{ W}$ bei $U = 2,8 \text{ V}$ angegeben.

Betrachten Sie dazu sowohl den Widerstand R_{Leuchte} der Glühlampe, die Innenwiderstände R_i , als auch die Spannungsquellen U_B als konstant.

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- den Zusammenhang zwischen Leistung, Spannung und Widerstand
- die Maschengleichung des Netzwerks

Aufgabe 5 (**)

3 Punkte

Der bekannte Waagenhersteller „Heavyweight“ bringt sein neues Waagenmodell „Superweight 2000“ auf den Markt. Sie als bekannter Waagentestingenieur sollen die Waage auf ihre Funktionsfähigkeit hin untersuchen. Zur Bestimmung der Masse einer Person wird die in der Abbildung gezeigte Wheatstone'sche Messbrücke mit einem Dehnungsmessstreifen (DMS) verwendet. Der angegebene Graph beschreibt den Zusammenhang zwischen Personenmasse und veränderbarem Widerstand des DMS.

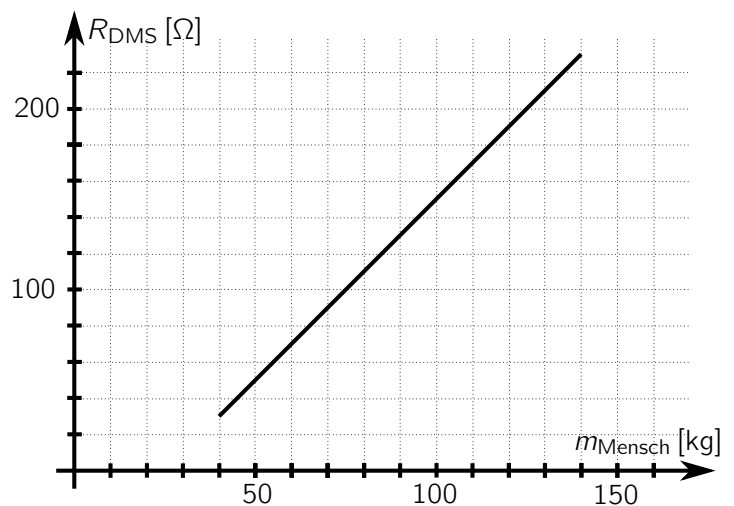
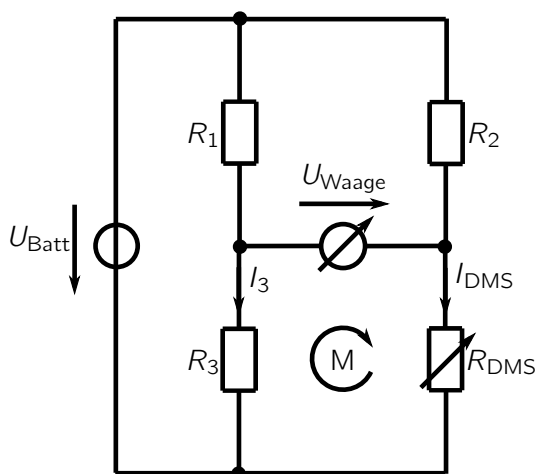
Weiterhin ist bekannt, dass die Messbrücke bei einer Person mit der Masse von $m_{\text{Mensch}} = 75 \text{ kg}$ abgeglichen ist. Folgende Widerstandswerte sind gegeben: $R_1 = 400 \Omega$ und $R_2 = 200 \Omega$.

Beim Wiegen einer Testperson messen Sie eine Spannung von $U_{\text{Waage}} = 1,5 \text{ V}$ sowie die Ströme $I_3 = 15 \text{ mA}$ und $I_{\text{DMS}} = 10 \text{ mA}$.

Welche Masse hat die Testperson?

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- das Verhältnis der Widerstände bei abgeglichener Messbrücke
- die Gleichung für den unteren Maschenumlauf M



Aufgabe 6 (**)

3 Punkte

Für den Einsatz im Tagebau, bei dem die Minimierung der Stillstandszeit von übergeordneter Bedeutung ist, wird aufgrund ihrer Robustheit eine dreisträngige Asynchronmaschine mit einer Bemessungsleistung von $P_N = 5 \text{ MW}$ und $2p = 6$ Polen als Schaufelradantrieb des Braunkohlebagger '293' eingesetzt. Die Maschine besitzt einen Bemessungsschlupf von $s_N = 1 \%$ und wird statorseitig mit $f_N = 50 \text{ Hz}$ gespeist.

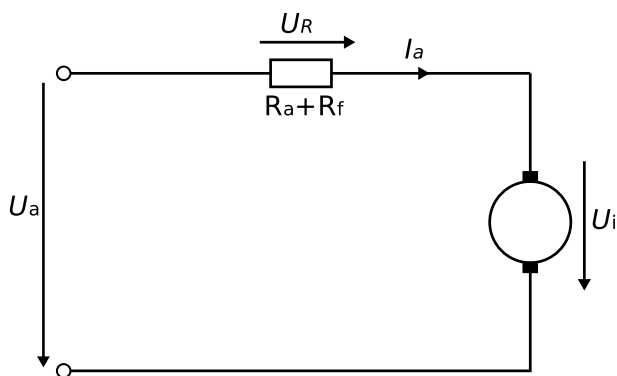
Berechnen Sie das Drehmoment M_N im Bemessungspunkt der Maschine.

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- den Zusammenhang zwischen Speisefrequenz, Schlupf und mechanischer Drehzahl
- den Zusammenhang zwischen Drehmoment und mechanischer Leistung

Aufgabe 7 (**)

3 Punkte



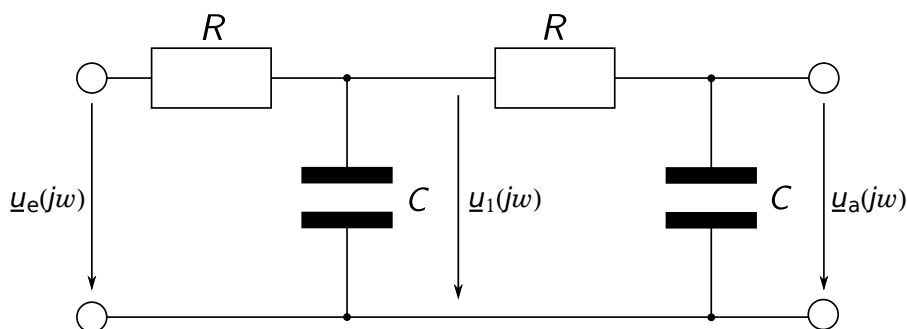
Ein niederrheinischer Förster fährt nach einem heftigen Sturm durch seinen Waldabschnitt. Auf seinem Weg liegt ein Baum, der aus dem Weg geräumt werden muss. Dazu benutzt er die Seilwinde an seinem Auto. Diese verwendet einen Gleichstromreihenschlussmotor mit Getriebe, der vom Bordnetz mit $U_a = 12\text{ V}$ gespeist wird. Beim Ziehen des Baumes erzeugt die Gleichstrommaschine ein Drehmoment von $M = 10\text{ Nm}$ und $k_2\phi$ beträgt $0,6\text{ Vs}$. Der Anker- und Erregerwiderstand haben zusammen $0,1\ \Omega$. Bestimmen Sie die induzierte Spannung U_i , die in diesem Betriebspunkt vorliegt.

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- den formelmäßigen Zusammenhang zur Berechnung des Drehmoments einer Gleichstrommaschine in Abhängigkeit von Motorkonstanten, magnetischem Fluss und Ankerstrom
- die Maschinengleichung der Ankerspannung U_a in Abhängigkeit von der induzierten Spannung, dem Ankerstrom und dem Anker- und Erregerwiderstand

Aufgabe 8 (***)

3 Punkte



Die Bauteile des dargestellten Tiefpassfilters haben folgende Größen:

- $R = 10\ \Omega$
- $C = 15,9\ \mu\text{F}$

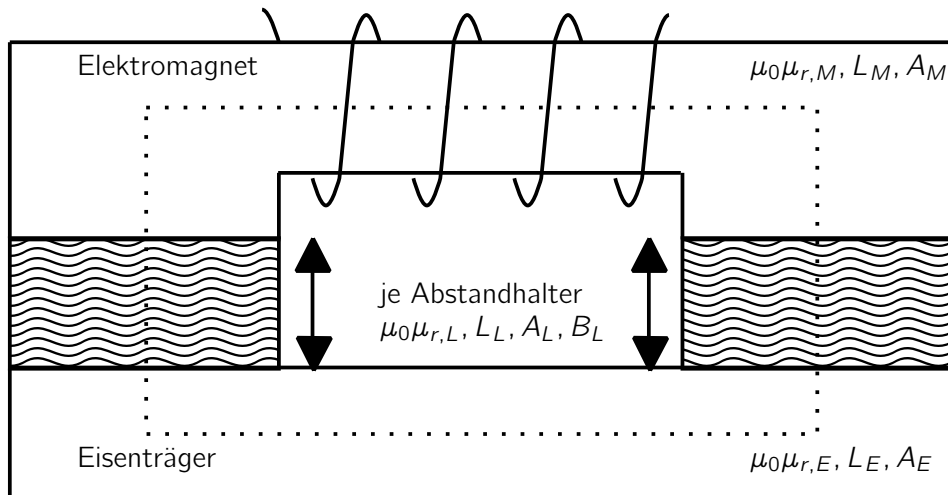
Berechnen Sie den Betrag $|F(j\omega)| = \left| \frac{\underline{u}_a(j\omega)}{\underline{u}_e(j\omega)} \right|$ der Übertragungsfunktion des Tiefpasses für die Frequenz $f = 1\text{ kHz}$.

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- die Formel für die komplexe Impedanz \underline{X}_C bezüglich der Kapazität C
- die Formel für eine komplexe Gesamtimpedanz \underline{X}_g einer Parallelschaltung der Impedanzen \underline{X}_1 und \underline{X}_2
- die Formel für den Spannungsteiler bezüglich der komplexen Spannungen \underline{u}_1 und \underline{u}_a und der Impedanz \underline{X}_C und R

Aufgabe 9 (***)

3 Punkte



Ein Eisenträger soll mit einem Elektromagneten angehoben werden. Dabei garantiert ein Abstandhalter einen konstanten Luftspalt zwischen Elektromagnet und Eisenträger. Magnetische Streuflüsse sind zu vernachlässigen. Wie groß ist der benötigte Strom bei $n = 100$ Windungen in der Spule, wenn auf den Eisenträger eine Kraft von 19.620 N wirken soll?

Die Formel für die gesamte Anziehungskraft des Elektromagneten (umfasst beide Luftspalte) lautet:

$$\bullet F_{\text{mag}} = 2 \cdot B_L^2 \cdot \frac{A_L}{2\mu_L}$$

Verwenden Sie die folgenden Zahlenwerte:

(μ_r =relative Permeabilität, L =mittlere magnetische Länge, A =Querschnittsfläche):

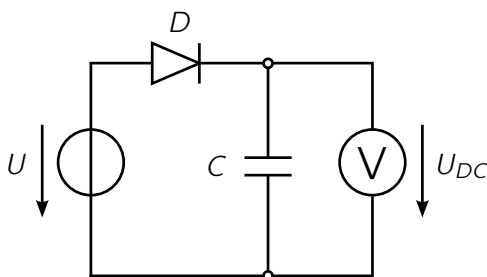
- Eisenträger: $L_E = 1 \text{ m}$; $A_E = 0,2 \text{ m}^2$; $\mu_{r,E} = 1000$
- Luftspalt: $L_L = 0,1 \text{ m}$; $A_L = 0,6 \text{ m}^2$; $\mu_{r,L} = 1$
- Elektromagnet: $L_M = 2 \text{ m}$; $A_M = 0,6 \text{ m}^2$; $\mu_{r,M} = 3000$

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- das Durchflutungsgesetz in Abhängigkeit der auftretenden magnetischen Feldstärken
- den Zusammenhang zwischen magnetischer Feldstärke und magnetischer Flussdichte
- den Zusammenhang zwischen magnetischem Fluss, magnetischer Flussdichte und Fläche

Aufgabe 10 (*)

3 Punkte



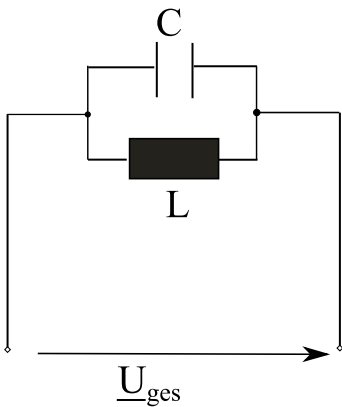
Für die Qualitätsprüfung von Dioden verwendet ein Halbleiterhersteller die links abgebildete Einweggleichrichterschaltung. Zur Berechnung der Referenzspannung wird dabei angenommen, dass die Diode und die Kapazität ideal sind. Das Voltmeter ist ebenfalls als ideal zu betrachten und hat einen unendlich großen Innenwiderstand. Wie groß ist die am Voltmeter angezeigte Gleichspannung U_{DC} , wenn der Effektivwert der eingespeisten Wechselspannung $U_{\text{eff}} = 100 \text{ V}$ beträgt?

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- die Beziehung zwischen Effektivwert und Scheitelwert einer sinusförmigen Spannung

Aufgabe 11 (*)

3 Punkte



Gegeben ist der folgende ideale Parallelschwingkreis. Eine Spule und ein Kondensator sind parallel zur Spannung \underline{U}_{ges} geschaltet. Gehen Sie für die Berechnung von den folgenden Bauteildaten aus:

- $L = 0,2 \text{ H}$
- $C = 0,5 \text{ mF}$

Berechnen Sie die Resonanzfrequenz f_0 .

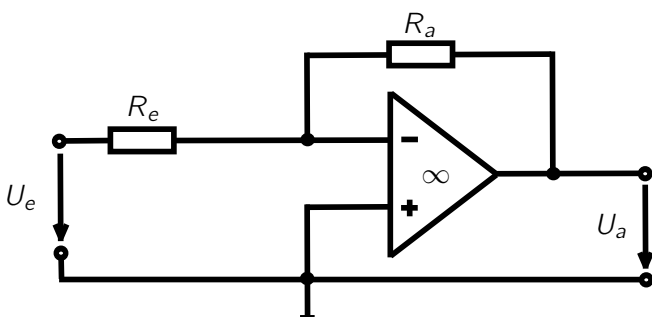
Hinweis zur Berechnung der Resonanzfrequenz f_0 : Bei einem idealen Schwingkreis ist die Impedanz \underline{Z}_{ges} an den Klemmen unendlich groß.

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- die Gleichung für den Gesamtleitwert (Admittanz) $\underline{Y}_{ges} = \frac{1}{\underline{Z}_{ges}}$ der Parallelschaltung in Abhängigkeit von L , C und der Kreisfrequenz ω

Aufgabe 12 (*)

3 Punkte



Gegeben ist folgende Schaltung eines als ideal angenommenen Operationsverstärkers für ein Prüfstandsmesssystem. In einer Messung wird die Eingangsspannung U_e angelegt und die Ausgangsspannung U_a gemessen. Der Widerstand R_a ist gegeben. Bestimmen Sie den unbekanntes Widerstand R_e .

Gehen Sie für die Berechnung von den folgenden Annahmen aus:

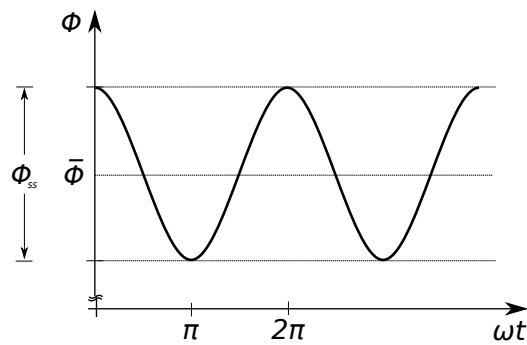
- $U_e = 3 \text{ V}$
- $U_a = -6 \text{ V}$
- $R_a = 4 \Omega$

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- die Spannungsübertragungsfunktion des Operationsverstärkers in der dargestellten Verschaltung

Aufgabe 13 (*)

3 Punkte



(a) Flussverlauf

Die Zündsteuerung eines Verbrennungsmotors besteht aus einem Flusssensor und einem rotierenden Sensorrad.

Mit Drehung des Rotors stellt sich der magnetische Flussverlauf, dargestellt in Abbildung (a), im Inneren einer Spule ein. ϕ_{ss} bezeichnet dabei den Spitze-Spitze-Wert der Flussabweichung um den Mittelwert $\bar{\phi}$. Der Flussverlauf wird als kosinusförmig angenommen.

Berechnen Sie den Wert der am Ausgang der Zündsteuerung anliegenden, induzierten Spannung $U_{ind}(t)$ zum Zeitpunkt $t = 1 \text{ ms}$.

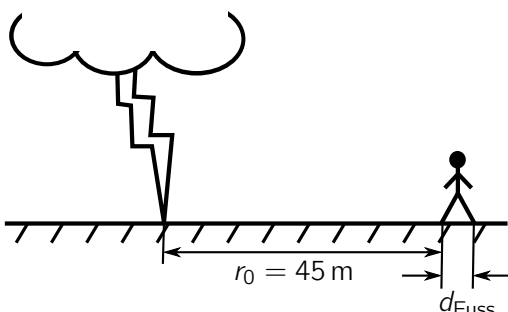
- Maximale Flussabweichung: $\phi_{ss} = 10 \mu\text{Vs}$
- $n_{Windungen} = 200$
- $f = 100 \text{ Hz}$
- Zeitpunkt $t = 1 \text{ ms}$

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- den Zusammenhang zwischen der induzierten Spannung und dem zeitlichen Verlauf des magnetischen Flusses

Aufgabe 14 (*)

3 Punkte



Während eines Unwetters ist ein Blitz in Ihrer Nähe auf dem Boden eingeschlagen. Der Abstand des Blitzeinschlags zu dem näheren Ihrer Füße r_0 beträgt 45 m. Sie stehen exakt seitlich zum Einschlagspunkt, d. h. beide Füße und die Stelle des Einschlags befinden sich auf einer Geraden. Wie weit dürfen Ihre Füße auseinander stehen (d_{FuSS}), damit der Betrag der entstehenden Schrittspannung $|U_s| = 100 \text{ V}$ nicht überschreitet? Der Verlauf des elektrischen Feldes auf dem Boden kann mit der Gleichung:

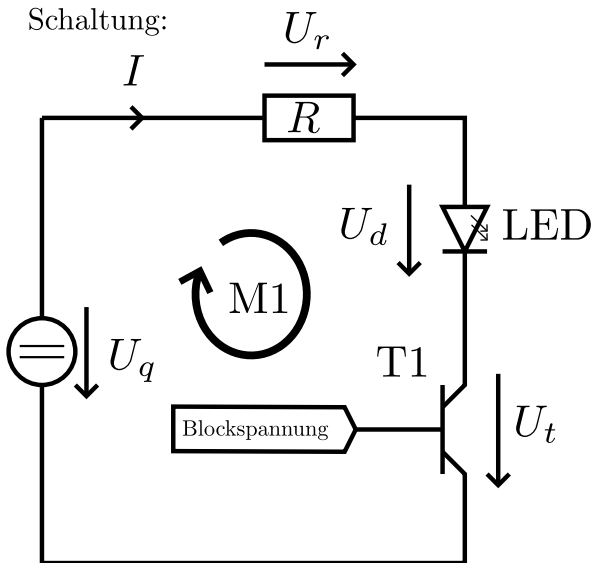
$$E(r) = A_0 \frac{1}{r^2}, \text{ mit } A_0 = 800 \text{ kVm}$$

beschrieben werden. Die Position $r = 0 \text{ m}$ beschreibt die Stelle des Blitzeinschlags.

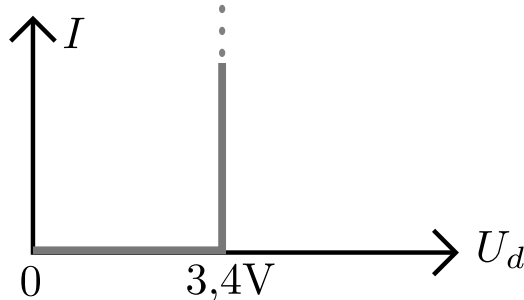
Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- den integralen Zusammenhang zwischen der Spannung U_{AB} und dem elektrischen Feld E zwischen zwei Punkten an den Orten r_A und r_B

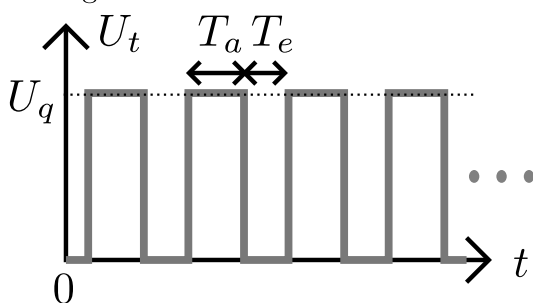
Schaltung:



Diodenkennlinie:



Transistor mit Blockspannung angesteuert:



Für die Instrumententafel eines Kraftfahrzeuges (Kfz) wird eine weiße Leuchtdiode (LED) mit der Durchlassspannung U_d verwendet. Die Instrumentenbleuchtung soll mittels Pulsweitenmodulation (PWM) in der Helligkeit gesteuert werden. Hierfür wird die links gezeigte Schaltung mit dem Widerstand R und dem Transistor T1 verwendet. Der Transistor T1 wird durch eine hochfrequente Blockspannung geschaltet.

Der Transistor kann dabei als idealer Schalter angenommen werden. Somit stellt der Transistor im ausgeschalteten Zustand (T_a) einen geöffneten Schalter dar. Im eingeschalteten Zustand (T_e) beträgt der Spannungsabfall am Transistor $U_t = 0V$.

Die Spannung des Kfz-Bordnetzes sei U_q . Die Frequenz, mit der die PWM getaktet wird, sei so, dass parasitäre Kapazitäten und die Induktivität der Leitungen vernachlässigt werden können.

Die Diode soll so gesteuert werden, dass sie die mittlere Leistung \bar{P} aufnimmt.

- $U_d = 3,4V$
- $U_q = 14V$
- $R = 16\Omega$
- $\bar{P} = 0,34W$

Wie muss das Tastverhältnis $\left(\frac{T_e}{T_a+T_e}\right)$ gewählt werden, damit die LED eine mittlere elektrische Leistung von $\bar{P} = 0,34W$ aufnimmt?

Nutzen Sie als Lösungsansatz:

- die Kirchhoffsche Maschengleichung der Masche M1
- das Ohmsche Gesetz
- den Zusammenhang zwischen der elektrischen Leistung, der elektrischen Spannung und des elektrischen Stroms