

ETfTI Rechenübungen 2019

1. Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik

1.1. Ein Proton und ein Elektron befinden sich in einem Abstand von 1m. Berechne die Anziehungskräfte aufgrund der a) Elektrostatik und der b) Gravitation. Diskutiere das Ergebnis.

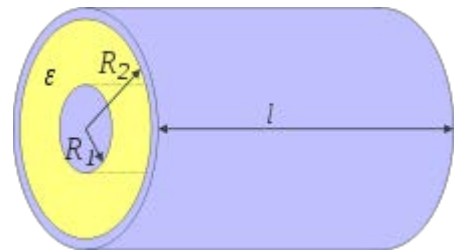
1.2. Ein elektrischer Leiter von 1m Länge wird von einem Gleichstrom von 1A durchflossen und befindet sich in einem Magnetfeld der Induktion 1Vs/m^2 . Der Draht verläuft genau senkrecht zum Magnetfeld.

1.2.a. Berechne die Kraft (skalar) auf diesen Leiter.

1.2.b. Ist die Herstellung eines Magnetfeldes von 1Vs/m^2 in Luft technisch anspruchsvoll?

1.2.c. Ist die Herstellung eines Magnetfeldes von 1Vs/m^2 in Weicheisen technisch anspruchsvoll?

1.3. Gegeben ist ein Kondensator, bestehend aus zwei konzentrischen Rohren mit Außenradius R_1 bzw Innenradius R_2 und der Länge l . Der Raum im Kondensator ist mit Luft gefüllt ($\epsilon_r = 1$).



1.3.a. Berechne die Kapazität des Kondensators.

Hinweis: Randeffekte bleiben unberücksichtigt!

1.3.b. Berechne die Feldstärke an einem beliebigen Punkt zwischen R_1 und R_2 .

1.4. Durch einen Kupferdraht mit dem Querschnitt 1mm^2 fließen bei Raumtemperatur kontinuierlich (Gleichstrom) $6 \cdot 10^{20}$ Elektronen pro Sekunde.

1.4.a. Berechne die Stromstärke.

1.4.b. Berechne die Stromdichte.

1.4.c. Diskutiere, ob dieser Leiter für diese Stromstärke geeignet ist.

2. Elementare Elektrotechnik im Gleichspannungskreis

2.1. Leite die Formel über die Serienschaltung von Widerständen aus Kirchhoffschen Regeln und Ohm'schem Gesetz ab.

2.2. Leite die Formel über die Parallelschaltung von Widerständen aus Kirchhoffschen Regeln und Ohm'schem Gesetz ab.

2.3. Leite die Spannungsteiler – Formel aus Kirchhoffschen Regeln und Ohm'schem Gesetz ab.

2.4. Die Ausgangsspannung einer idealen Spannungsquelle beträgt +10V. Daran wird ein Spannungsteiler $100\text{k}\Omega - 100\text{k}\Omega$ geschaltet. Die Ausgangsspannung des Spannungsteilers wird mit einem billigen Multimeter mit Innenwiderstand $1\text{M}\Omega$ gemessen. Berechne die gemessene Ausgangsspannung und den Messfehler.

2.5. Die Ausgangsspannung einer realen Spannungsquelle beträgt +10V. Unter Belastung mit einem Widerstand von $1\text{k}\Omega$ sinkt die Spannung auf +5V.

2.5.a. Berechne den Innenwiderstand.

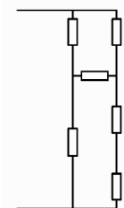
2.5.b. Berechne die Leistung, die am Lastwiderstand in Wärme umgesetzt wird.

2.6. Eine blaue LED mit einer Arbeitsspannung von 3.6V und einem Nennstrom von 20mA soll aus einer 9V Batterie korrekt betrieben werden.

2.6.a. Zeichne die Schaltung.

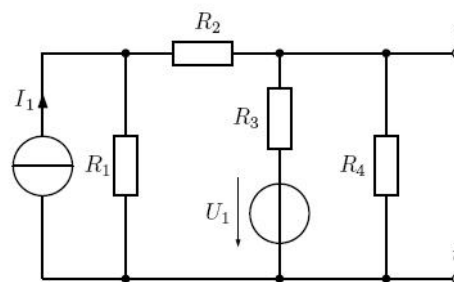
2.6.b. Berechne Art und Wert des nötigen Bauelementes.

2.7. Gegeben sei ein Widerstandsnetzwerk. Alle Widerstände sind ideal mit dem Wert R. Berechne den Gesamtwiderstand R_g .



2.8. Gegeben ist folgendes Netzwerk:

$$\begin{array}{llll} R_1 = 3\ \Omega & R_2 = 2\ \Omega & R_3 = 2\ \Omega & R_4 = 5\ \Omega \\ I_1 = 3,75\ \text{A} & U_1 = 18\ \text{V} & & \end{array}$$



2.8.a. Berechne die Spannung zwischen den Anschlüssen s und t.

2.8.b. Berechne den Innenwiderstand der realen Spannungsquelle s-t.

2.9. Eine elektrische Quelle besteht aus einer idealen Spannungsquelle und einem dazu in Serie geschalteten Innenwiderstand. Mit einem idealen Voltmeter bestimmst Du die Leerlaufspannung zu 35V. Mit einem idealen Amperemeter bestimmst Du den Kurzschlußstrom zu 15,909 mA.

2.9.a. Welchen Wert hat der Innenwiderstand dieser Quelle?

2.9.b. Welchen Widerstand muss ein Verbraucher haben, um die maximale Leistung aus dieser Quelle zu entnehmen (Leistungsanpassung)?

2.9.c. Welche elektrische Leistung in W wird unter diesen Umständen am Verbraucher umgesetzt? (Hinweis: Der Lastwiderstand verändert den Gesamtstrom!)

2.9.d. Welche Wärmeleistung in W erwärmt unter diesen Umständen die elektrische Quelle?

3. Elementare Elektrotechnik im Wechselspannungskreis

3.1. Ein elektrisches Gerät mit Netzversorgung 230Veff wird mit einer Schmelzsicherung mit einem Trennvermögen von 35A abgesichert. Der Netzanschluss ist von der als ideal betrachteten Quelle 20m entfernt, zur Verbindung werden 4mm² Leitungen verwendet. Der spezifische Widerstand der Leitung beträgt 17mΩ · mm²/ m. (An Hin- und Rückleitung sowie den Unterschied zwischen Veff, Vss und Vs denken!)

3.1.a. Berechne den Maximalstrom im Kurzschlussfall.

3.1.b. Entscheide, ob die gewählte Sicherung für diesen Einsatzzweck geeignet ist.

3.2. Eine billige Insektenfalle wird ohne Transformator aus dem 230Veff Lichtstromnetz betrieben. Durch eine geeignete Gleichrichtung (welche?) mit Siebung wird Gleichspannung gewonnen. Welcher Spannung wird das Schadinsekt gegebenenfalls ausgesetzt?

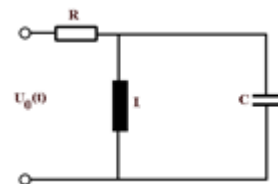
3.3. Ein Transformator liefert auf der Sekundärseite eine sinusförmige Wechselspannung mit einer Amplitude von 12Veff. Berechne die zu erwartende Ausgangsspannung nach Brücken – Gleichrichtung mit Silizium – Dioden ($U_D = 0.7V$) und Siebung.

3.4. Gegeben sei ein LC - Parallelschwingkreis, alle Bauteile sind ideal.

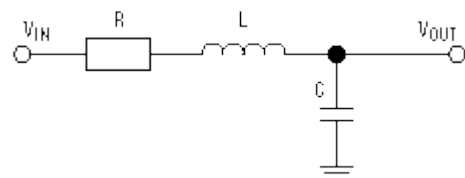
3.4.a. Skizziere die Übertragungsfunktion.

3.4.b. Gib die Resonanzfrequenz an.

3.4.c. Nenne die Stromentnahme der Schaltung aus der Quelle bei Resonanzfrequenz.



3.5. Gegeben sei ein RLC - Tiefpassfilter. $L = 10mH$, $C = 2.533\mu F$.



a) Wähle R, um ein Butterworth – Filter zu erhalten. Berechne auch die Grenzfrequenz. Die Filter – Koeffizienten sind aus den einschlägigen Tabellenwerken zu entnehmen.

b) Wähle R, um ein Bessel – Filter zu erhalten. Berechne auch die Grenzfrequenz. Die Filter – Koeffizienten sind aus den einschlägigen Tabellenwerken zu entnehmen.

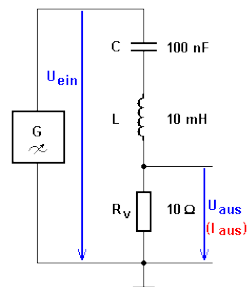
c) Wähle R , um ein Tschebyscheff – Filter mit 3dB Welligkeit zu erhalten. Berechne auch die Grenzfrequenz. Die Filter – Koeffizienten sind aus den einschlägigen Tabellenwerken zu entnehmen.

3.6. Gegeben sei ein LC - Serienschwingkreis, alle Bauteile sind ideal.
 $U_{\text{ein}} = 1\text{Veff Sinus}$.

3.6.a. Skizziere die Übertragungsfunktion.

3.6.b. Gib die Resonanzfrequenz f_0 an. Wir gehen davon aus, dass R_v dermaßen niederohmig ist, dass er die Resonanzfrequenz nicht nennenswert verändert.

3.6.c. Berechne die Stromentnahme der Schaltung aus der Quelle bei Resonanzfrequenz.



3.7. Ein elektrisches Gerät entnimmt dem Lichtstromnetz 230Veff 50Hz einen Strom von 1Aeff. Zwischen Spannung und Strom besteht eine Phasenverschiebung von $+60^\circ$. Hinweis: Spannung und Strom werden voneinander unabhängig gemessen.

3.7.a. Gib den Leistungsfaktor an.

3.7.b. Gib Scheinleistung S , Wirkleistung P und Blindleistung Q an.

3.7.c. Entscheide ob das Gerät induktiv oder kapazitiv wirkt.

3.7.d. Mit welchem Bauelement von welchem Wert kompensierst Du den Blindstrom?

3.7.e. Welche fatalen Konsequenzen kann eine genaue Kompensation nach sich ziehen?

3.8. Begründe die Einführung der Zeigerdarstellung in der Wechselstromtechnik.

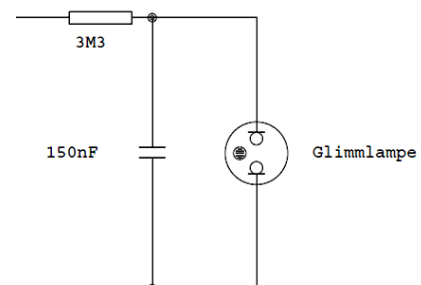
3.9. Leite die allgemeinen Formeln eines Bodediagramms eines Tiefpassfilters erster Ordnung (Abschwächung und Phasenverschiebung) ab.

3.10. Diese Kippschaltung wird mit einer Gleichspannung von 120V betrieben. Die Zündspannung der Glimmlampe sei 70V, die Löschspannung 0V.

Hinweise: Die Brenndauer kannst Du vernachlässigen. Löschspannung 0V bedeutet, dass die Glimmlampe den Kondensator vollständig entlädt.

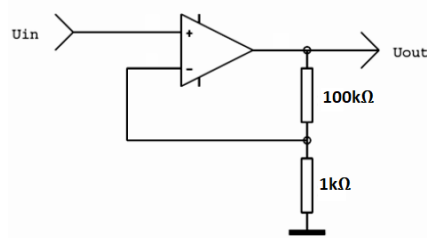
3.10.a. Skizziere den Verlauf der Spannung an der Glimmlampe.

3.10.b. Gib die Periodenzeit und die Frequenz des Blinkens an.

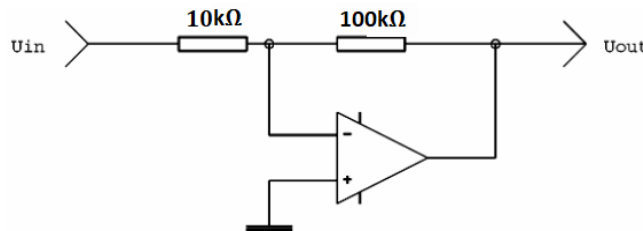


4. Operationsverstärker

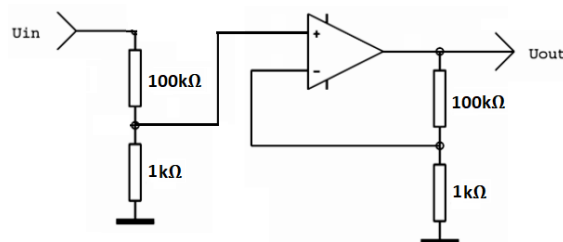
4.1. Entwickle eine Schaltung, welche eine Eingangsspannung mit Faktor +101 verstärkt. Der Operationsverstärker hat eine Transitfrequenz von 1MHz. Berechne die höchste Frequenz, bei der die angegebene Verstärkung erreicht wird.



4.2. Entwickle eine Schaltung, welche eine Eingangsspannung mit Faktor -10 verstärkt. Der Operationsverstärker hat eine Transitfrequenz von 1MHz. Berechne die höchste Frequenz, bei der die angegebene Verstärkung erreicht wird.



4.3. Entwickle ein kondensatorloses und spulenloses Tiefpassfilter erster Ordnung $f_g = 10\text{kHz}$ mit einem Operationsverstärker, dessen Transitfrequenz 1MHz beträgt. Gib die Verstärkung an und ergänze einen Spannungsteiler, der diese Verstärkung wieder auf 1 ausgleicht.



4.4. Eine ideale Wechselspannungsquelle liefert eine sinusförmige Spannung von 1kHz 10Vss. Entwickle eine Schaltung mit Operationsverstärker, welche daraus eine Cosinusspannung gleicher Amplitude erzeugt. Wähle als Kondensator 10nF.

4.5. Eine Signalquelle erzeugt eine Spannung, der ein Fehlersignal von 200mVss in Form von Rauschen und Brummen überlagert ist. Entwickle eine Schaltung mit einem Operationsverstärker, welche bei negativen Signalspannungen ein positives Logiksignal und bei positiven Signalspannungen ein negatives Logiksignal abgibt und das von den Fehlersignalen unbeeinflusst bleibt. Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers betrage $\pm 10\text{V}$.

5. Spektren

5.1. Eine 2π periodische Wechselspannung habe die Funktionswerte $+1$ im Intervall $[0;\pi[$ und -1 im Intervall $[\pi;2\pi[$.

5.1.a. Berechne das Linienspektrum.

5.1.b. Welche beiden Vereinfachungen kannst Du allein durch Überlegen machen?

5.2. Eine 2π periodische Wechselspannung habe die Funktionswerte $+1$ im Intervall $[-\pi;0[$ und -1 im Intervall $[0;\pi[$.

5.2.a. Berechne das Linienspektrum.

5.2.b. Welche beiden Vereinfachungen kannst Du allein durch Überlegen machen?

5.3. Berechne die komplexwertige Fourier – Transformierte einer Entladekurve. Deren Funktionswert ist im Intervall $]-\infty;0]$ Null, ansonsten e^{-t} .

5.4. Eine 2π periodische Wechselspannung sei im Intervall $[-\pi;\pi]$ durch folgende Abtastwerte definiert: $-0.5, -0.4, -0.3, -0.2, -0.1, 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$. Berechne das Linienspektrum.

5.5.a. Beschreibe die Notwendigkeiten einer Fensterfunktion.

5.5.b. Nenne Vor- und Nachteile von Rechteck und Blackman-Harris.