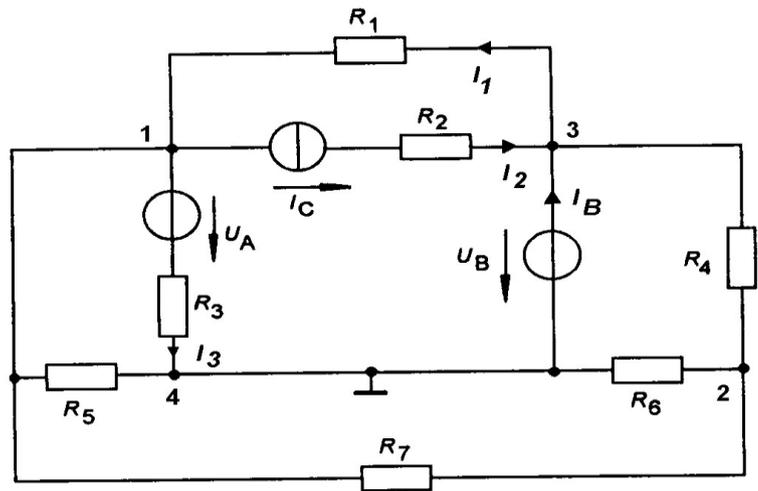


Aufgabe A (/ 25)

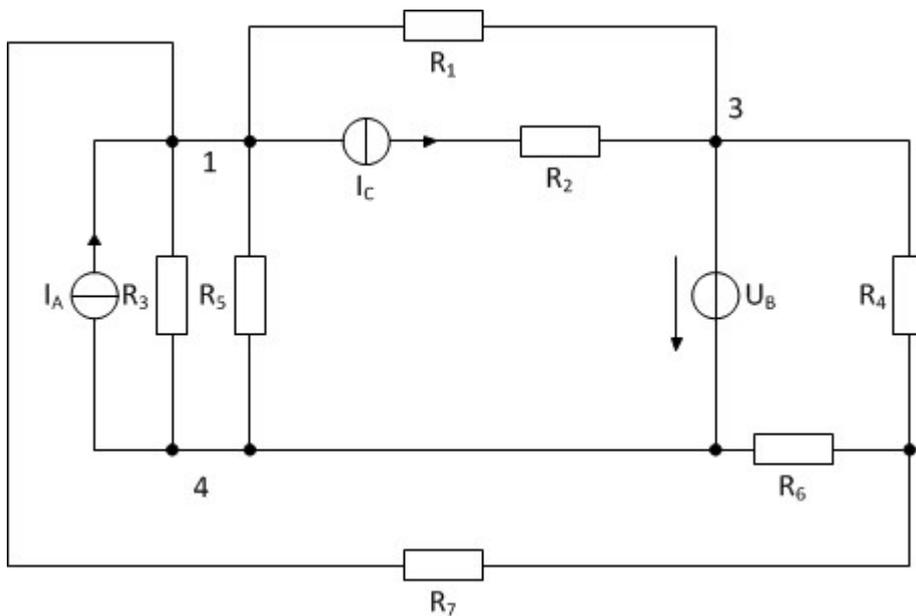
Das gegebene Netzwerk soll nach dem Knotenpotenzialverfahren berechnet werden.

$$U_A = 4 \text{ V}, \quad U_B = 2 \text{ V}, \quad I_C = 3 \text{ A},$$

$$R_{1..7} = 1 \Omega$$



1. Zeichnen Sie ein geeignetes Ersatzschaltbild des Netzwerkes. **Bitte Knoten- und Stromnummerierung wie beschriftet beibehalten.** (5P)



Stellen Sie das Gleichungssystem für das Netzwerk auf und bestimmen Sie die Potentiale an den Knoten 1 bis 3. (10P)

$$\begin{pmatrix} G_1 + G_3 + G_5 + G_7 & -G_7 & -G_1 \\ -G_7 & G_4 + G_6 + G_7 & -G_4 \\ -G_1 & -G_4 & G_1 + G_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ U_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_A G_3 - I_C \\ 0 \\ I_C + I_B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} G_1 + G_3 + G_5 + G_7 & -G_7 \\ -G_7 & G_4 + G_6 + G_7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_A G_3 + U_B G_1 - I_C \\ U_B G_4 \end{pmatrix}$$

$$\varphi_1 = 1 \text{ V}$$

$$\varphi_2 = 1 \text{ V}$$

$$\varphi_3 = 2 \text{ V}$$

2. Berechnen Sie die Ströme I_1 , I_2 , I_3 und I_B . (5P)

$$I_1 = (\varphi_3 - \varphi_1)G_1$$

$$I_2 = I_C$$

$$I_3 = (\varphi_1 - \varphi_4 - U_A)G_3$$

$$I_B = I_1 - I_2 + (\varphi_3 - \varphi_2)G_4$$

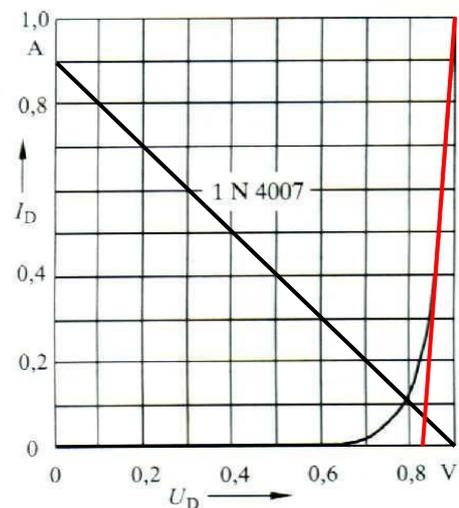
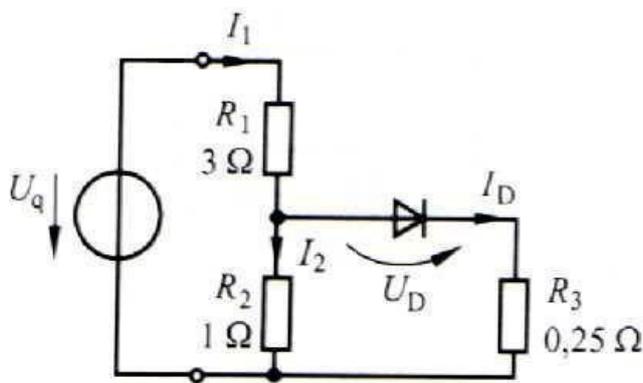
3. Welche Leistung P bringt die Spannungsquelle U_B und welche die Stromquelle I_C auf? (5P)

$$P_B = I_B U_B$$

$$P_C = I_C (\varphi_1 - \varphi_3 - I_C G_2)$$

Aufgabe B (/ 20)

Gegeben ist folgende Schaltung mit einem nichtlinearen Zweipol in Form einer Diode. Die I - U -Kennlinie des nichtlinearen Zweipols ist in der Grafik dargestellt.



1. Die Eingangsspannung beträgt $U_q = 3,6$ V.

1.1 Bestimmen Sie an der Diode den Strom I_D und die Spannung U_D . (7P)

$$R_i = R_3 + (R_1 \parallel R_2)$$

$$U_E = U_q \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_D = 100 \text{ mA} \quad U_D = 0,8 \text{ V}$$

1.2 Wie groß sind die beiden Ströme I_1 und I_2 ? (4P)

$$I_2 = \frac{U_D + I_D R_3}{R_2} = 0,825 \text{ A}$$

$$I_1 = I_D + I_2 = 0,925 \text{ A}$$

1.3 Berechnen Sie die Leistungen sämtlicher Bauelemente. **(5P)**

$$P_D = U_D I_D$$

$$P_{R3} = I_D R_3$$

$$P_{R2} = I_2 R_2$$

$$P_{R1} = I_1 R_1$$

$$P_q = -U_q I_1$$

2. Im Bereich $0,4 \text{ A} < I_D < 1 \text{ A}$ ist die Kennlinie der Diode als lineare Funktion zu betrachten.

Bestimmen Sie in diesem Bereich die lineare Ersatzspannungsquelle, durch welche die Diode annähernd ersetzt werden kann. **(4P)**

$$U_{DE} = 0,82 \text{ V}$$

$$R_{DE} = \frac{0,05 \text{ V}}{0,6 \text{ A}} = 0,083 \Omega$$

Aufgabe C (/ 20)

Gegeben sind:

$$U_{q1} = 12 \text{ V},$$

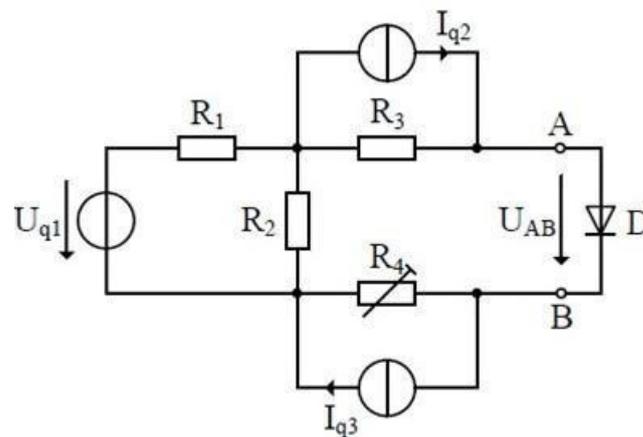
$$I_{q2} = 10 \text{ mA},$$

$$I_{q3} = 80 \text{ mA},$$

$$R_1 = 60 \Omega,$$

$$R_2 = 60 \Omega,$$

$$R_3 = 100 \Omega,$$



1.1 Berechnen Sie die Ersatzspannungsquelle sowie die Ersatzstromquelle für die zweipolige Schaltung zwischen den Klemmen A und B. Der Widerstand R_4 beträgt 10Ω . **(15P)**

Innenwiderstand berechnen

$$R_i = R_3 + R_4 + (R_1 \parallel R_2) = R_3 + R_4 + (R_1^{-1} + R_2^{-1}) = 140 \Omega$$

Spannungsquelle aktiv

$$U'_{AB} = U'_{R2} = U_{q1} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Stromquelle 2 aktiv

$$U''_{AB} = U''_{R3} = I_{q2} R_3$$

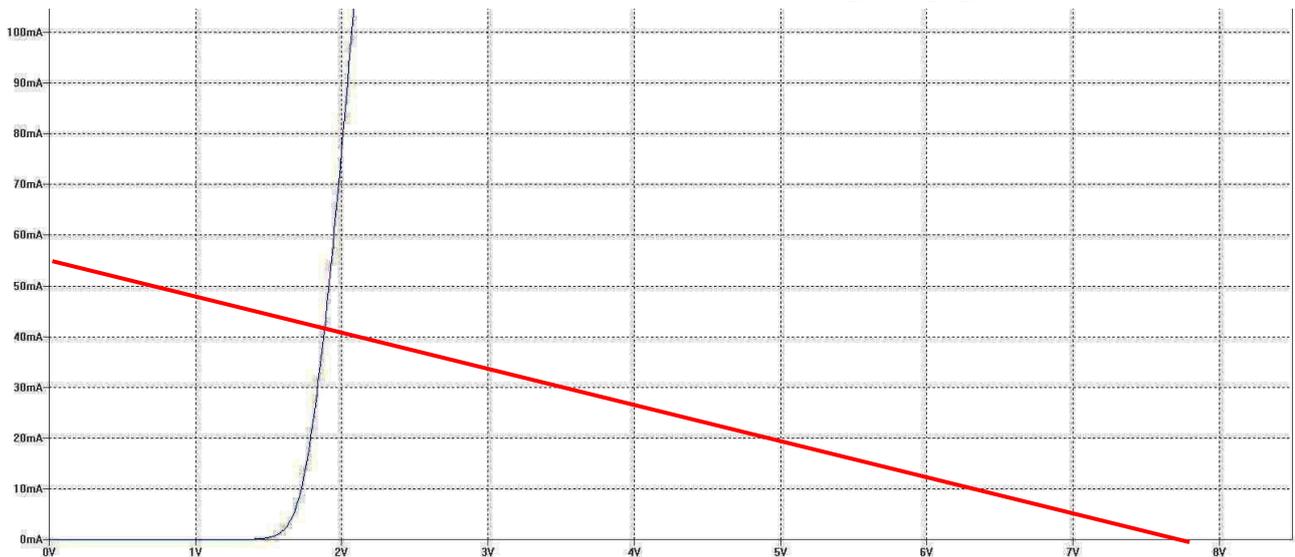
Stromquelle 3 aktiv

$$U'''_{AB} = U'''_{R4} = I_{q3} R_4$$

$$U_{AB} = U'''_{AB} + U''_{AB} + U'_{AB} = 7,8 \text{ V}$$

$$I_K = \frac{U_{AB}}{R_i} = 55,7 \text{ mA}$$

1.2 Berechnen Sie die Leistung an der Diode (5P) $P_D = U_D I_D \approx 75,6 \text{ mW}$



Aufgabe D (/ 25)

Ein Motor mit der Leistung $P_n = 20 \text{ kW}$ und dem Wirkungsgrad $\eta = 0,9$ soll bei einer Motorspannung von $U_M = 230 \text{ V}$ über eine Kupferleitung mit der Länge $l = 500 \text{ m}$ betrieben werden. ($k_{Cu} = 56 \text{ Sm/mm}^2$)

1.1 Erstellen Sie das elektrische Ersatzschaltbild der Anordnung und tragen Sie alle elektrischen Größen ein.

1.2 Wie groß ist der Strom I_L auf der Leitung ?

1.3 Welcher Leiterquerschnitt A_L ist erforderlich, wenn der Leistungsverlust auf der Leitung maximal 5% der elektrischen Leistung des Motors sein darf? Wie groß ist der Widerstand R_L der Leitung?

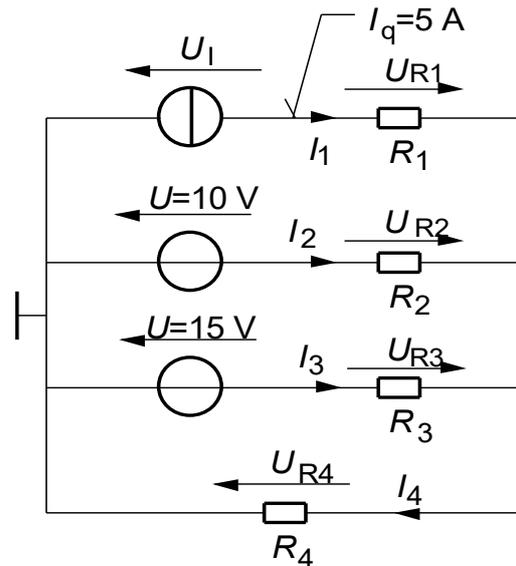
1.4 Wie groß muss die Spannung U_A am Leitungsanfang sein?

1.5 Wie groß ist der Gesamtwirkungsgrad η_{Gesamt} der Anlage?

Aufgabe E (/ 35)

1.1 In der im Bild dargestellten Schaltung sind mittels des **Überlagerungsverfahrens** die Ströme I_1, I_2, I_3 und I_4 zu bestimmen.

Die Widerstände haben folgende Werte:
 $R_1 = 2 \Omega, R_2 = 4 \Omega, R_3 = 8 \Omega, R_4 = 8 \Omega$.

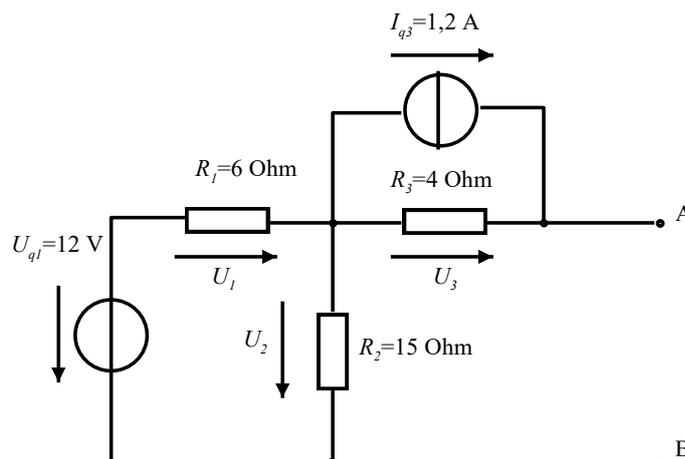


1.2 Es sind die Spannungen an den Widerständen zu berechnen.

1.3 Die Spannung U_1 an der Stromquelle ist zu berechnen.

Aufgabe F (/ 50)

1.1 Berechnen Sie die Ersatzspannungsquelle sowie die Ersatzstromquelle für die zweipolige Schaltung zwischen den Klemmen A und B. **(20/50)**



- 1.2 Welche Spannung U_{AB} liegt an den Klemmen, wenn zwischen diesen ein Widerstand $R_V = 22 \Omega$ angeschlossen wird. Berechnen Sie in diesem Fall die Spannungen U_1 , U_2 und U_3 . **(15/50)**
- 1.3 Berechnen Sie die Leistungen sämtlicher Zweipole, wenn der Widerstand $R_V = 22 \Omega$ angeschlossen ist. Schreiben Sie die Leistungsbilanz zwischen den aktiven und den passiven Zweipole auf. **(15/50)**

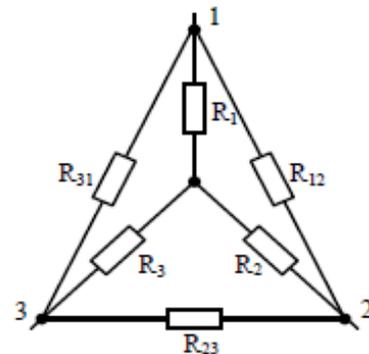
Formelsammlung Grundlagen der Elektrotechnik I und II

Grundlagen

<p>Elektrischer Widerstand und Leitwert</p> $R = \frac{U}{I} = \frac{l}{\kappa \cdot A} = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad G = \frac{1}{R}$	<p>Elektrische Leistung</p> $P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$
<p>Parallelschaltung von Widerständen</p> $R_{\text{ges}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ $\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$	<p>lineare Approximation</p> $\Delta R_{(\theta)} = R_{(\theta_0)} \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$ <p>quadratische Approximation</p> $R_{(\theta)} = R_{(\theta_0)} \cdot [1 + \alpha \cdot \Delta \theta + \beta \cdot \Delta \theta^2]$
<p>Knotengleichung</p> $\sum I = 0$ <p>Maschengleichung</p> $\sum U = 0$	<p>Wirkungsgrad</p> $\eta = \frac{P_{\text{ab}}}{P_{\text{zu}}}$ <p>Elektrische Energie</p> $W_{\text{elektr.}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$

Stern-Dreieck Umformung

$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_3}$	$R_1 = \frac{R_{12} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$
$R_{23} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_1}$	$R_2 = \frac{R_{12} \cdot R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$
$R_{31} = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_2 \cdot R_3 + R_3 \cdot R_1}{R_2}$	$R_3 = \frac{R_{23} \cdot R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$



Komplexe Wechselstromrechnung

<p>Induktivität</p> $\underline{Z}_L = jX_L \quad \text{mit} \quad X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$	<p>Komplexe Scheinleistung</p> $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* = P + jQ$
<p>Kapazität</p> $\underline{Z}_C = -jX_C \quad \text{mit} \quad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$	<p>Schein-, Wirk- und Blindleistung</p> $S^2 = P^2 + Q^2$

Bode-Diagramm

Dämpfung $a = 20dB \cdot \log(\underline{\hat{u}})$	Phase $\varphi = \arg(\underline{\hat{u}}) = \operatorname{atan2}\left(\frac{\operatorname{Im}(\underline{\hat{u}})}{\operatorname{Re}(\underline{\hat{u}})}\right)$
--	---

Schwingkreise

Resonanzfrequenz $\omega_{\text{res}} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	obere Grenzfrequenz $\omega_{\text{og}} = \frac{1}{2RC} + \sqrt{\omega_{\text{res}}^2 + \frac{1}{(2RC)^2}} = \frac{R}{2L} + \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$
Kennwiderstand $Z_k = \sqrt{\frac{L}{C}}$	untere Grenzfrequenz $\omega_{\text{ug}} = -\frac{1}{2RC} + \sqrt{\omega_{\text{res}}^2 + \frac{1}{(2RC)^2}} = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\omega_0^2 + \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$
Verstimmung $v = \frac{\omega}{\omega_{\text{res}}} - \frac{\omega_{\text{res}}}{\omega}$	Güte des Reihen- bzw. Parallelschwingkreises $Q_r = \frac{Z_k}{R_r}$ $Q_p = \frac{R_p}{Z_k}$
Dämpfung $d = \frac{1}{Q}$	Bandbreite $\Delta\omega = d \cdot \omega_{\text{res}}$

Elektrisches Feld

Elektr. Verschiebungsdichte $\vec{D} = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \vec{E}$	Verschiebungsdichte $D = \frac{Q}{A}$	Elektr. Potential $\varphi = -\int \vec{E} \cdot d\vec{s}$	Kapazität $C = \frac{Q}{U}$
Elektr. Strömungsdichte $\vec{S} = \kappa \cdot \vec{E}$	Stromdichte $S = \frac{I}{A}$	Elektr. Spannung $U_{12} = \int_{s1}^{s2} \vec{E} \cdot d\vec{s}$	Elektr. Feldkonstante $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$

Magnetisches Feld

Magnetische Feldstärke eines stromdurchflossenen Leiters $H_{\text{Leiter}} = \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot r}$	Magnetischer Widerstand $R_m = \frac{l}{\mu \cdot A}$
Magnetische Flussverkettung $\Psi = N \cdot \Phi = \frac{I \cdot N^2}{R_g}$	Selbstinduktivität $L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N^2}{R_m}$
Induktionsspannung $u_{\text{ind.}} = -\frac{d\Psi}{dt}$	Magnetische Feldkonstante $\mu_0 = 1,2566 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m}$