

Übungsaufgaben mit Lösungen (*Klausurniveau*)

Üb. 21:

Berechnen Sie für die Klemmen A-B der skizzierten Schaltung in Bild 1 die Kenngrößen

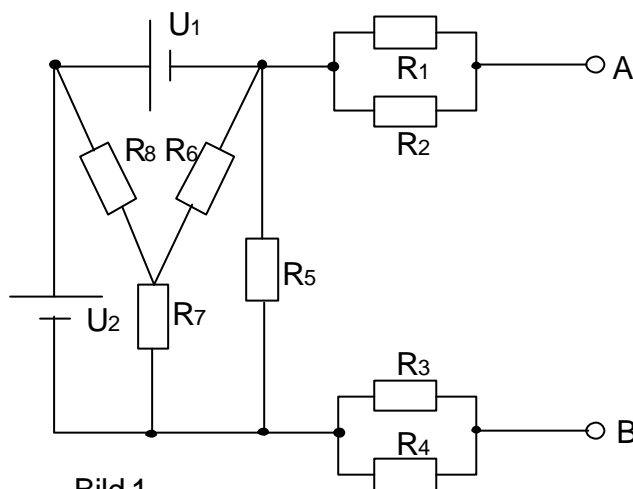


Bild 1

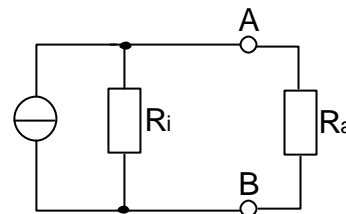


Bild 2

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = 1 \text{ k}\Omega, U_1 = 18 \text{ V}, U_2 = 12 \text{ V}$$

- a) Innenwiderstand R_i
- b) Leerlaufspannung U_L
- c) Kurzschlussstrom I_K
einer Ersatzspannungs- und -stromquelle.
- d) An die Klemmen A-B wird der Lastwiderstand R_a angeschlossen.
Wie groß muss R_a gewählt werden, damit der Wirkungsgrad der Schaltung in Bild 2 $\eta = 0,4$ beträgt?

Lösung:

- a) $R_i = 1 \text{ k}\Omega$
- b) $U_L = -6 \text{ V}$
- c) $I_K = -6 \text{ mA}$
- d) $R_a = 1,5 \text{ k}\Omega$

Üb. 22:

Ermitteln Sie in Bild 3 unter Anwendung der Zweipoltheorie und der Stern-Dreieck-Transformation den Strom I (numerisch). Verwenden Sie zur Berechnung die Ersatzschaltung in Bild 4.

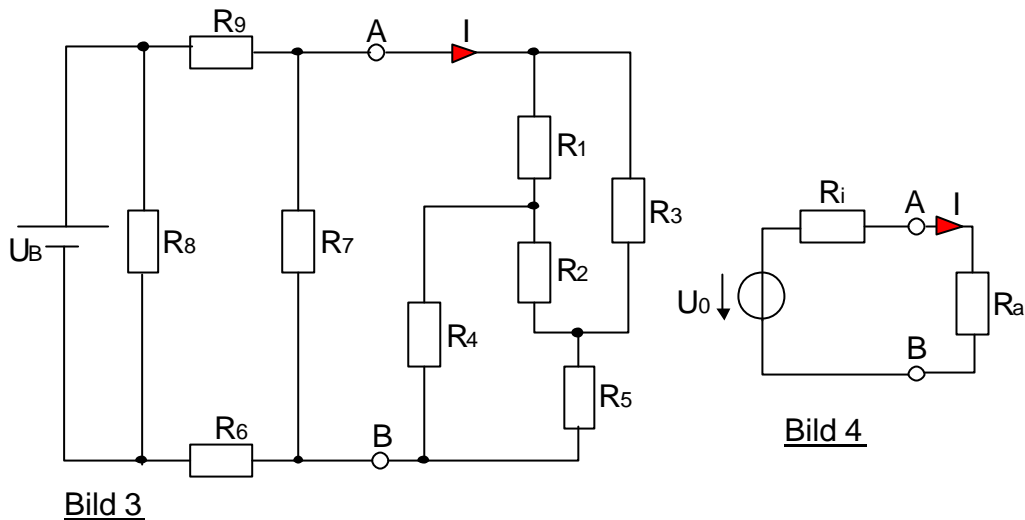


Bild 3

Bild 4

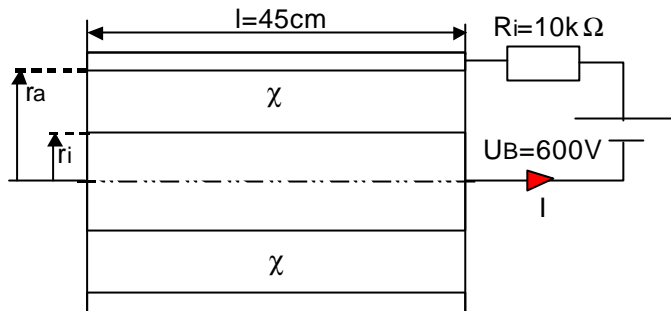
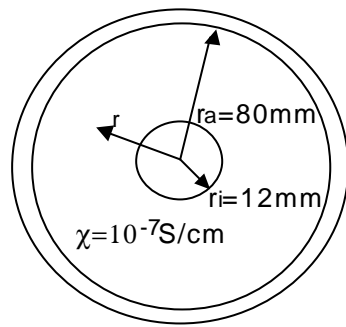
$$U_B = 24 \text{ V}, R_1 = 2 \text{ k}\Omega, R_4 = 4 \text{ k}\Omega, R_2 = R_5 = R_7 = R_8 = 1 \text{ k}\Omega, R_3 = R_6 = R_9 = 500 \Omega$$

Lösung:

$$I = 7,06 \text{ mA}$$

Üb. 23:

Gegeben sind zwei koaxiale Zylinderelektroden der Länge l , zwischen denen sich ein leitendes Medium befindet. Die ideal leitenden Zylinderelektroden werden mit einer Spannungsquelle verbunden.



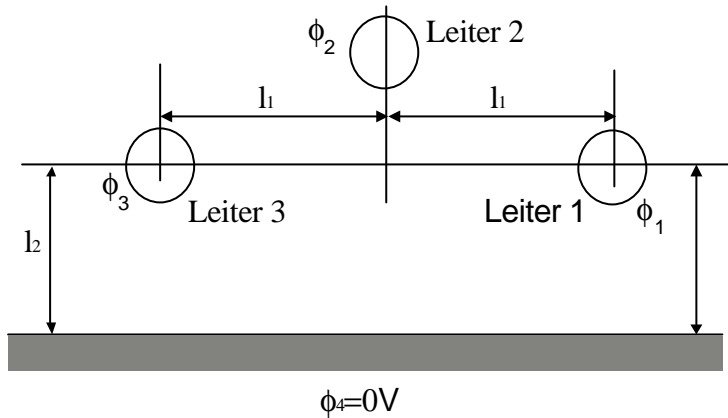
- Wie groß ist der skizzierte Strom I ?
- An welcher Stelle r ist die Feldstärke \vec{E} am größten?
- Berechnen Sie die maximale Feldstärke E_{\max} .
 - analytisch
 - numerisch in V/m
- An welcher Stelle r (numerisch) ist die Feldstärke E auf 80% des Maximalwertes abgesunken?

Lösung:

- $I = 7,78 \text{ mA}$
- $r = r_i$
- $E_{\max} = \frac{I}{2\pi r_i l \chi}$
 - $E_{\max} = 22930 \text{ V/m}$
- $r = 15 \text{ mm}$

Üb. 24:

Zwei Gleichstromleitungen haben den Abstand l_2 zu einem leitenden Gehäuse, das auf dem Potential $\Phi_4 = 0 \text{ V}$ liegt. Zwischen den Leitern 1, 2 und 3 wirkt jeweils eine Teilkapazität C_{12} , C_{13} bzw. C_{23} ; zwischen dem Gehäuse und den Leitern 1, 2 und 3 wirkt jeweils eine Teilkapazität C_{14} , C_{24} bzw. C_{34} . Für die folgenden Potentialverhältnisse wurden die Betriebskapazitäten C_{B13} zwischen den Leitern 1 und 3 und C_{B12} zwischen den Leitern 1 und 2 gemessen:



I:	$\Phi_1 = -75V$	}	$C_{B13}^I = 125pF$	II:	$\Phi_1 = -150V$	}	$C_{B13}^{II} = 230pF$
	$\Phi_2 = 0V$				$\Phi_2 = 0V$		
	$\Phi_3 = +75V$				$\Phi_3 = 0V$		
III:	$\Phi_1 = 0V$	}	$C_{B13}^{III} = 4,6 \cdot C_{12}$	IV:	$\Phi_1 = 0V$	}	$C_{B12}^{IV} = 125pF$
	$\Phi_2 = 0V$				$\Phi_2 = 150V$		
	$\Phi_3 = 150V$				$\Phi_3 = 0V$		

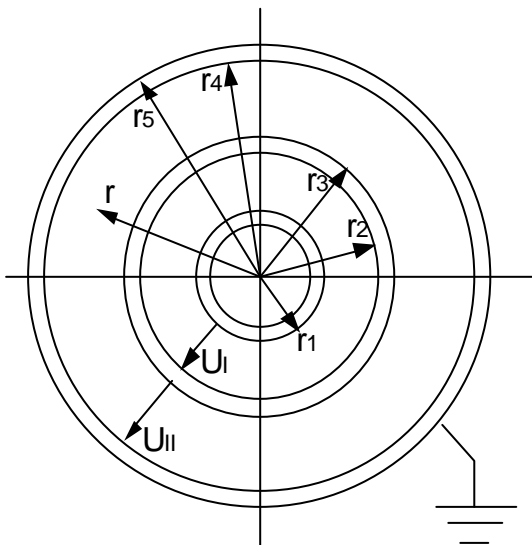
Berechnen Sie die Teilkapazitäten C_{12} , C_{13} , C_{23} , C_{14} , C_{24} und C_{34} .

Lösung:

$C_{12} = 50 \text{ pF}$, $C_{13} = 20 \text{ pF}$, $C_{23} = 50 \text{ pF}$, $C_{14} = 160 \text{ pF}$, $C_{24} = 25 \text{ pF}$, $C_{34} = 160 \text{ pF}$

Üb. 25:

Gegeben ist der skizzierte Kuglkondensator aus drei ideal leitenden Metallhohlkugeln. Auf die innere Kugel wird eine Ladung Q aufgebracht. Daraufhin herrscht zwischen der inneren und der äußeren geerdeten Kugel eine Spannung $U = 4500 \text{ V}$.



$r_1 = 10 \text{ mm}$, $r_2 = 18 \text{ mm}$, $r_3 = 20 \text{ mm}$,
 $r_4 = 38 \text{ mm}$, $r_5 = 40 \text{ mm}$

a) Berechnen Sie die elektr. Feldstärken in V/mm an den Orten $r_1 + \Delta$, $r_2 - \Delta$, $r_3 + \Delta$, $r_4 - \Delta$, $r_5 + \Delta$

mit $\Delta \rightarrow 0$.

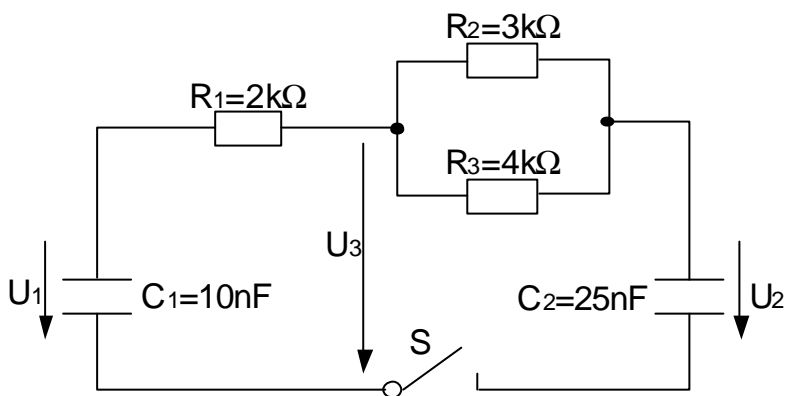
- b) Berechnen Sie die eingezeichneten Teilspannungen U_I und U_{II} .

Lösung:

- a) $E_{r1+\Delta} = 660,5 \text{ V/mm}$, $E_{r2-\Delta} = 203,9 \text{ V/mm}$, $E_{r3+\Delta} = 165,1 \text{ V/mm}$, $E_{r4-\Delta} = 45,7 \text{ V/mm}$,
 $E_{r5+\Delta} = 0$
b) $U_I = 2935,6 \text{ V}$, $U_{II} = 1564,4 \text{ V}$

Üb. 26:

Bei geöffnetem Schalter S liegt an dem Kondensator C_1 die Spannung $U_1 = 100 \text{ V}$ und an dem Kondensator C_2 die Spannung $U_2 = 20 \text{ V}$. Der Schalter S wird geschlossen und danach solange gewartet, bis kein Strom im Kreis mehr fließt.



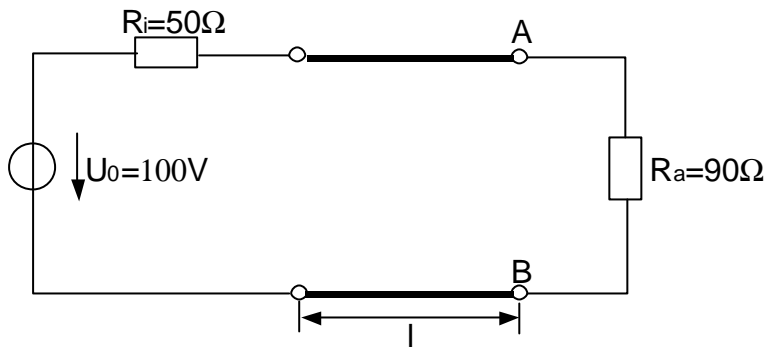
- a) Berechnen Sie die Spannung U_3 .
b) Welche Energien W_1 , W_2 und W_3 wurden in den Widerständen R_1 , R_2 und R_3 in Wärme umgesetzt?

Lösung:

- a) $U_3 = 42,9 \text{ V}$
b) $W_1 = 1,23 \cdot 10^{-5} \text{ Ws}$, $W_2 = 0,6 \cdot 10^{-5} \text{ Ws}$, $W_3 = 0,45 \cdot 10^{-5} \text{ Ws}$

Üb. 27:

Ein Generator und ein Verbraucher sind durch eine Leitung des Querschnitts $A = 6 \text{ mm}^2$ verbunden. Der Verbraucher R_a ist bei 20°C leistungsmäßig an die Klemmen A-B angepasst. Bei 20°C beträgt der mittlere Temperaturkoeffizient der Leitung $0,45 \%$ pro Grad und die Leitfähigkeit $\chi = 40 \text{ Sm/mm}^2$.



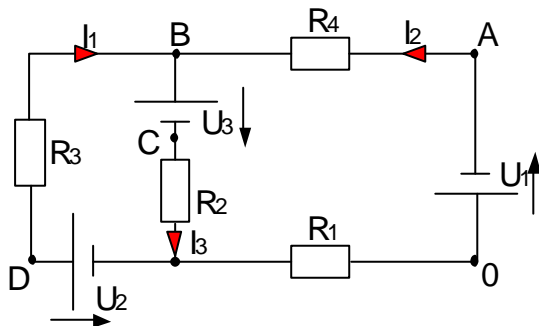
- Wie groß ist die Entfernung l ?
- Welche Leistung P_a wird an R_a umgesetzt bei -30°C ?
- Wie groß ist die Stromdichte in der Leitung bei $+30^\circ\text{C}$?

Lösung:

- $l = 4,8 \text{ km}$
- $P_a = 30,8 \text{ W}$
- $J = 91,67 \text{ mA/mm}^2$

Üb. 28:

Die skizzierte Schaltung soll mit den Kirchhoff'schen Sätzen berechnet werden. Verwenden Sie bei der Berechnung die eingezeichneten Ströme.



$$U_1 = 24 \text{ V}, U_2 = 36 \text{ V}, U_3 = 48 \text{ V}, R_1 = 50 \text{ } \Omega, \\ R_2 = 390 \text{ } \Omega, R_3 = 1 \text{ k}\Omega, R_4 = 100 \text{ } \Omega$$

- Ermitteln Sie analytisch den Strom I_2 .
- Berechnen Sie die numerischen Werte der Ströme I_1 , I_2 und I_3 .
- Bestimmen Sie die Potentiale der Punkte A, B, C und D, wenn der Punkt 0 als Bezugspunkt gewählt wird.

Lösung:

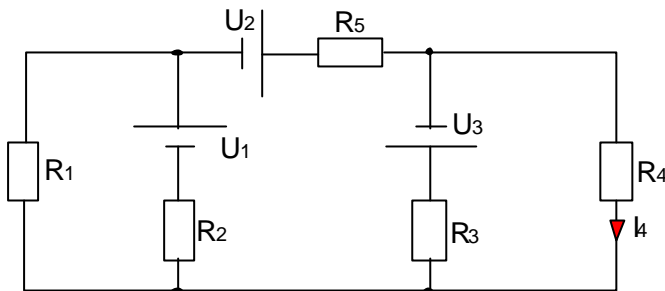
- $$I_2 = -\frac{U_2 R_2 + U_1 (R_2 + R_3) + U_3 R_3}{R_2 (R_1 + R_4) + R_3 (R_1 + R_2 + R_4)}$$
- $I_1 = 36,09 \text{ mA}, I_2 = -0,16 \text{ A}, I_3 = -122,5 \text{ mA}$
- $\varphi_A = -24 \text{ V}, \varphi_B = -8,06 \text{ V}, \varphi_C = -55,75 \text{ V}, \varphi_D = 28,03 \text{ V}$

© by O.Herzberger 2000

2002 Überarbeitet von Markus Mattern

Üb. 29:

Berechnen Sie mit Hilfe des Überlagerungssatzes den numerischen Wert des Stromes I_4 .

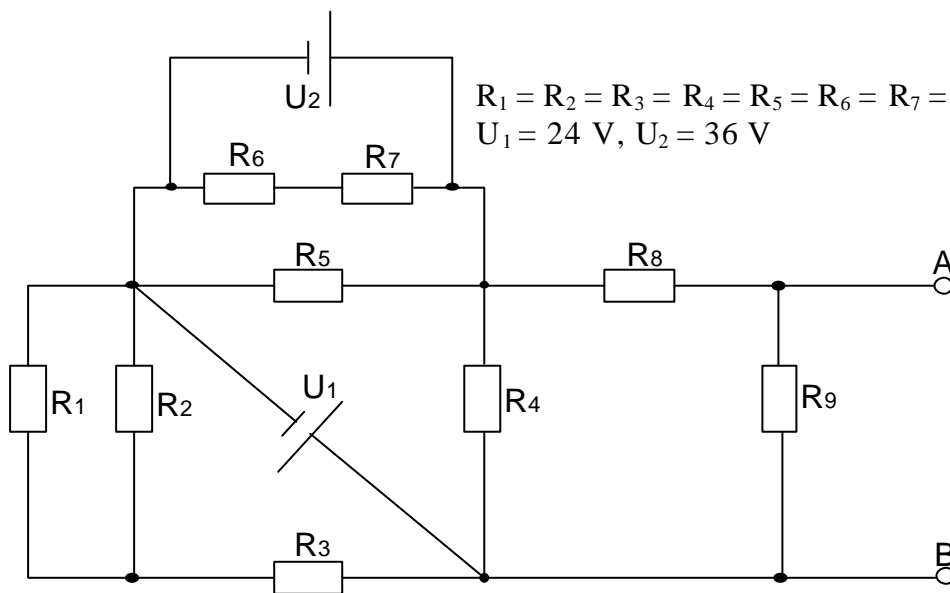


$$R_1 = R_2 = 100 \, \Omega, R_3 = R_4 = 200 \, \Omega, \\ R_5 = 500 \, \Omega, U_1 = 24 \, \text{V}, U_2 = 36 \, \text{V}, \\ U_3 = 48 \, \text{V}$$

Lösung:

$$I_4 = -64,62 \, \text{mA}$$

Üb. 30:



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = R_9 = 400 \, \Omega, \\ U_1 = 24 \, \text{V}, U_2 = 36 \, \text{V}$$

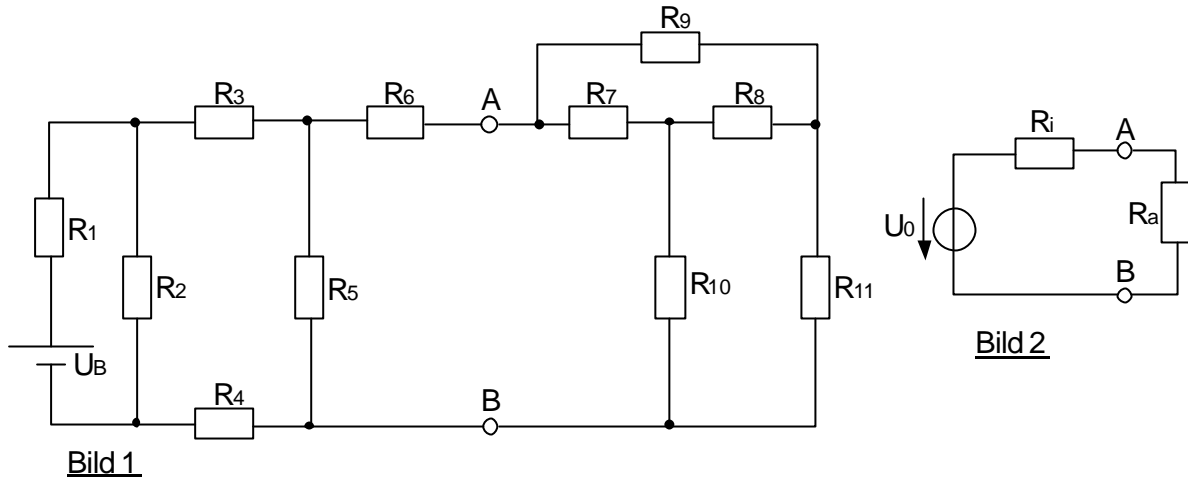
Berechnen Sie für die Klemmen A-B der skizzierten Schaltung die Kenngrößen

- Innenwiderstand R_i
- Leerlaufspannung U_L
- Kurzschlussstrom I_K einer Ersatzspannungs- und -stromquelle.

Lösung:

- $R_i = 200 \, \Omega$
- $U_L = 6 \, \text{V}$
- $I_K = 30 \, \text{mA}$

Üb. 31:



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_8 = R_{10} = R_{11} = 100 \, \Omega, \quad R_7 = R_9 = R_{11} = 300 \, \Omega, \quad U_B = 30 \, \text{V}$$

Die in Bild 1 skizzierte Schaltung soll mit der Ersatzschaltung in Bild 2 gleichwertig beschrieben werden. Bestimmen Sie numerisch die Größen U_0 , R_i und R_a .

Lösung:

$$U_0 = 4,29 \, \text{V}, \quad R_i = 171,43 \, \Omega, \quad R_a = 229,41 \, \Omega$$

Üb.32:

Ein sehr dünner Draht, der vom Strom $I = 1 \, \text{A}$ durchflossen wird, hat den Abstand $b = 6 \, \text{cm}$ von einer unendlich langen, $a = 50 \, \text{cm}$ breiten, ideal leitenden Metallplatte. Zwischen Draht und Metallplatte befindet sich ein Material mit der Leitfähigkeit $\chi = 0,1 \, \text{Sm/mm}^2$.

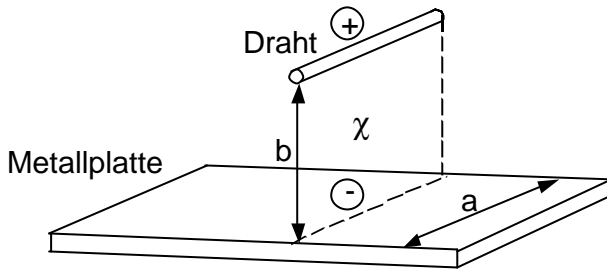
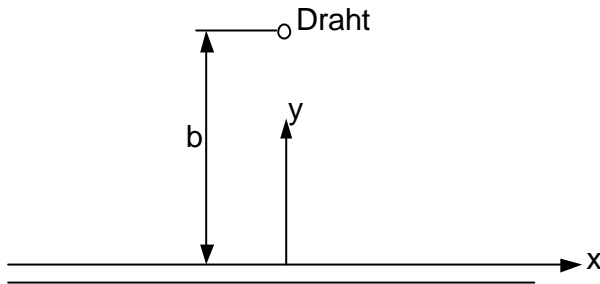


Bild 1



Metallplatte

Bild 2

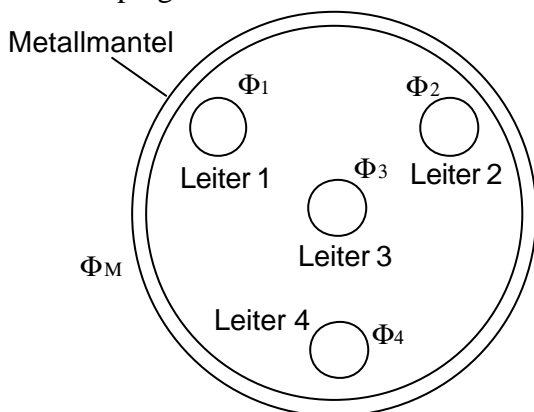
- Mit dem angegebenen Koordinatensystem in Bild 2 berechnen Sie für den Punkt P ($x = 4 \text{ cm}$, $y = 3,5 \text{ cm}$) den Feldstärkevektor \vec{E}_{ges} nach Betrag und Richtung.
- Wie groß ist der Stromdichtevektor \vec{J}_{ges} nach Betrag und Richtung im Punkt P?

Lösung:

- $|\vec{E}_{\text{ges}}| = 7,86 \cdot 10^{-7} \text{ V/cm}$, $\alpha = 54,84^\circ$
- $|\vec{J}_{\text{ges}}| = 7,86 \cdot 10^{-4} \text{ A/cm}^2$, $\alpha(\vec{J}_{\text{ges}}) = 54,84^\circ$

Üb. 33:

Gegeben ist die skizzierte symmetrische 4-Leiteranordnung. Der umhüllende Kabelmetallmantel liegt auf dem Potential $\Phi_M = 0 \text{ V}$. Zwischen den Leitern 1, 2, 3 und 4 wirkt jeweils eine Teilkapazität C_{12} , C_{13} , C_{14} , C_{23} , C_{24} bzw. C_{34} ; zwischen dem Metallmantel und den Leitern 1, 2, 3 und 4 wirkt jeweils eine Teilkapazität C_{1M} , C_{2M} , C_{3M} bzw. C_{4M} . Mit einem Kapazitätsmessgerät wurden die Teilkapazitäten $C_{23} = 146 \text{ pF}$, $C_{14} = 82 \text{ pF}$, $C_{3M} = 66 \text{ pF}$ und $C_{4M} = 157 \text{ pF}$ gemessen.



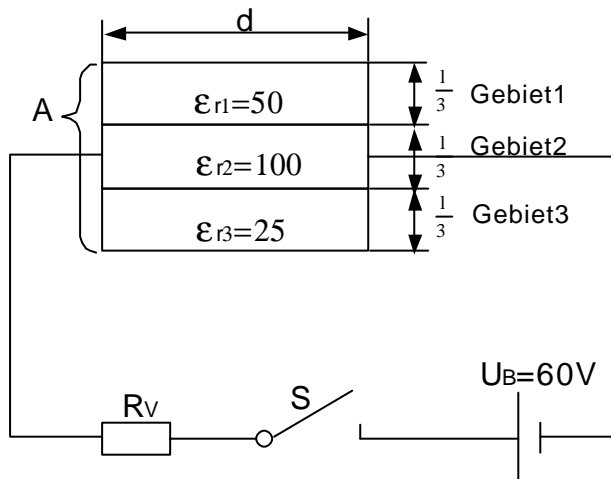
- a) Berechnen Sie die Betriebskapazität C_{B12} zwischen den Leitern 1 und 2 für folgende Potentialverteilung: $\Phi_1 = 100 \text{ V}$, $\Phi_2 = -100 \text{ V}$, $\Phi_3 = 0 \text{ V}$, $\Phi_4 = 0 \text{ V}$
- b) Ermitteln Sie die Ladungen Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 der vier Leiter sowie die Ladung Q_M des Metallmantels für die in a) gegebene Potentialverteilung.

Lösung:

- a) $C_{B12} = 274,5 \text{ pF}$
- b) $Q_1 = 5,49 \cdot 10^{-8} \text{ As}$, $Q_2 = -5,49 \cdot 10^{-8} \text{ As}$, $Q_3 = 0$, $Q_4 = 0$, $Q_M = 0$

Üb. 34 :

Der Kondensator mit längsgeschichtetem Dielektrikum ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$, $d = 2 \text{ mm}$, $A = 20 \text{ cm}^2$; Randeffekte können vernachlässigt werden) wird durch Schließen des Schalters S über einen Vorwiderstand R_V auf die Spannung U_B aufgeladen.



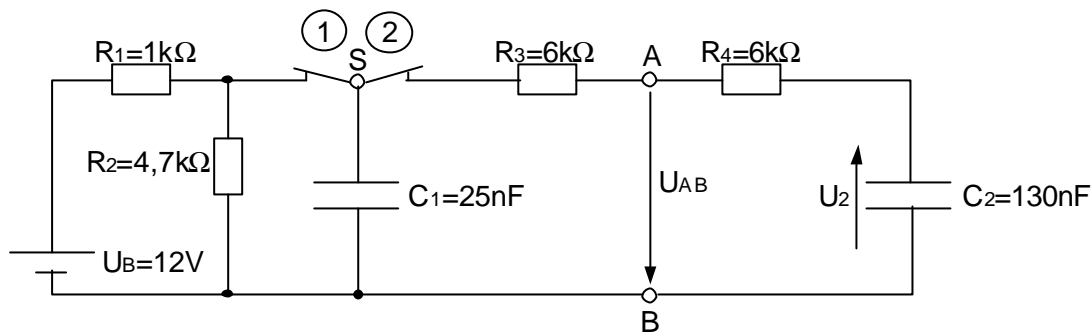
- a) Ermitteln Sie die vom Kondensator aufgenommene Ladung.
- b) Wie verteilt sich die unter a) berechnete Ladung auf die drei Gebiete?

Lösung:

- a) $Q_{\text{ges}} = 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ As}$,
- b) $Q_1 = 8,9 \cdot 10^{-9} \text{ As}$, $Q_2 = 17,7 \cdot 10^{-9} \text{ As}$, $Q_3 = 4,4 \cdot 10^{-9} \text{ As}$

Üb. 35:

In der Schalterstellung 1 liegt an dem Kondensator C_2 die Spannung $U_2 = 6 \text{ V}$. Nach dem Umschalten des Schalters S (Position 2) wird solange gewartet, bis alle Ausgleichsvorgänge abgeklungen sind.



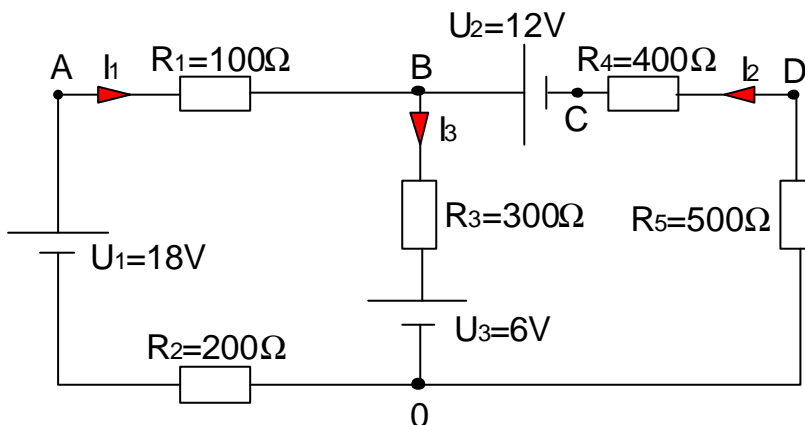
- Ermitteln Sie die Spannung U_{AB} .
- Welche Energien wurden in den Widerständen R_3 und R_4 in Wärme umgesetzt?

Lösung:

- $U_{AB} = -3,44 \text{ V}$
- $W_3 = W_4 = 1,32 \cdot 10^{-6} \text{ Ws}$

Üb. 36:

Die skizzierte Schaltung soll mit den Kirchhoff'schen Sätzen berechnet werden. Verwenden Sie bei der Berechnung die eingezeichneten Ströme.



- Ermitteln Sie analytisch den Strom I_1 .
- Berechnen Sie die numerischen Werte der Ströme I_1 , I_2 und I_3 .
- Bestimmen Sie die Potentiale der Punkte A, B, C und D, wenn der Punkt 0 als Bezugspunkt gewählt wird.

Lösung:

$$a) \quad I_1 = \frac{U_1(R_3 + R_4 + R_5) - U_3(R_4 + R_5) - U_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4 + R_5) + R_3(R_4 + R_5)}$$

$$b) \quad I_1 = 20 \text{ mA}, I_2 = 0, I_3 = 20 \text{ mA}$$

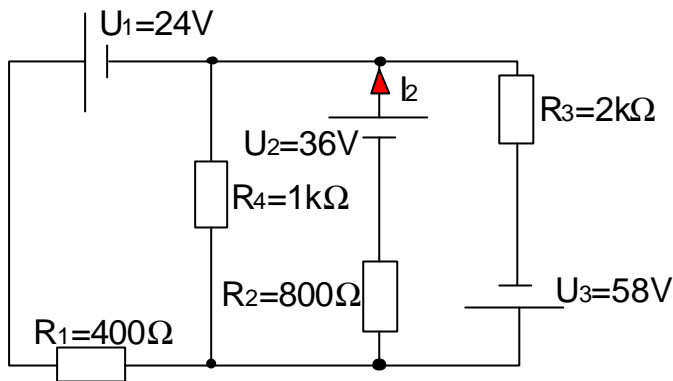
$$c) \quad \varphi_A = 14 \text{ V}, \varphi_B = 12 \text{ V}, \varphi_C = 0, \varphi_D = 0$$

© by O.Herzberger 2000

2002 Überarbeitet von Markus Mattern

Üb. 37:

Berechnen Sie mit Hilfe des Überlagerungssatzes den Strom I_2 .

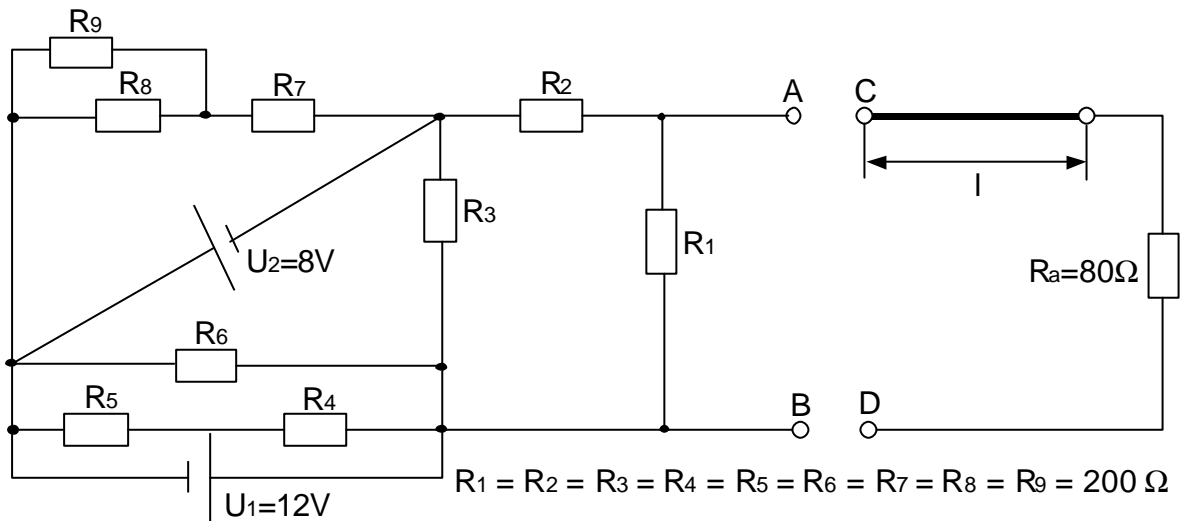


Lösung:

$$I_2 = 55,49 \text{ mA}$$

Üb. 38:

Berechnen Sie für die Klemmen A-B der skizzierten Schaltung die Kenngrößen



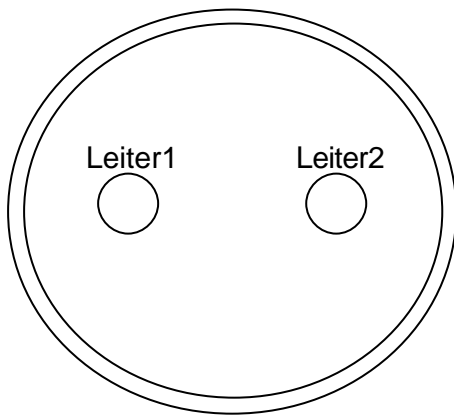
- Innenwiderstand R_i
- Leerlaufspannung U_L
- Kurzschlussstrom I_K
einer Ersatzspannungs- und -stromquelle.
- Die Klemmen A und B werden mit den Leitungsklemmen C und D verbunden. Auf der Leitung mit der Leitfähigkeit $\chi = 40 \text{ Sm/mm}^2$ herrscht bei Leistungsanpassung an den Klemmen A-C, B-D eine Stromdichte von $J = 80 \text{ mA/mm}^2$.
Wie groß ist die Leitungslänge l ?

Lösung:

- a) $R_i = 100 \Omega$
- b) $U_L = 10 \text{ V}$
- c) $I_K = 0,1 \text{ A}$
- d) $l = 250 \text{ m}$

Üb. 39:

Gegeben ist die skizzierte symmetrische 2-Leiteranordnung. Der umhüllende Kabelmantel liegt auf dem Potential $\Phi_M = 0 \text{ V}$. Zwischen den Leitern 1 und 2 wirkt eine Teilkapazität C_{12} , zwischen Leiter 1 bzw. Leiter 2 und dem leitenden Kabelmantel wirkt jeweils eine Teilkapazität C_{1M} bzw. C_{2M} . Für die folgenden Potentialverteilungen wurden die Betriebskapazitäten C_{B12} zwischen den Leitern 1 und 2 gemessen.



$$\begin{array}{l} \text{I: } \Phi_1 = -75\text{V} \\ \Phi_2 = +75\text{V} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{I: } \Phi_1 = -75\text{V} \\ \Phi_2 = +75\text{V} \end{array}} \right\} C_{B12,\text{I}} = 145\text{pF} \qquad \begin{array}{l} \text{II: } \Phi_1 = -150\text{V} \\ \Phi_2 = 0\text{V} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{II: } \Phi_1 = -150\text{V} \\ \Phi_2 = 0\text{V} \end{array}} \right\} C_{B12,\text{II}} = 185\text{pF}$$

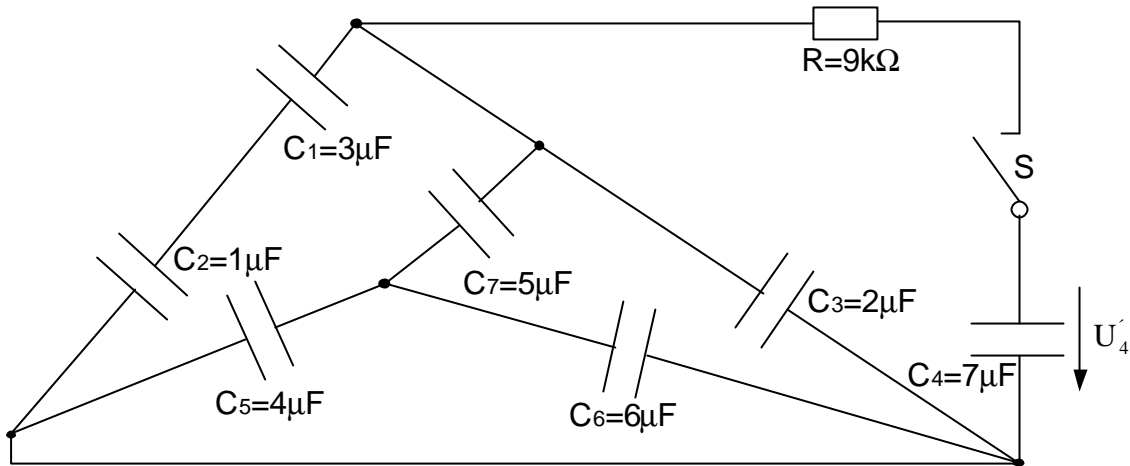
- a) Berechnen Sie die Teilkapazitäten C_{12} , C_{1M} und C_{2M} .
- b) Wie groß ist die Ladung Q_M des Kabelmantels für die Potentialverteilung
- b1) I ?
- b2) II ?

Lösung:

- a) $C_{12} = 105 \text{ pF}$, $C_{1M} = 80 \text{ pF}$, $C_{2M} = 80 \text{ pF}$
- b1) $Q_M = 0$
- b2) $Q_M = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ As}$

Üb. 40:

Bei geöffnetem Schalter S liegt an dem Kondensator C_4 die Spannung $U_4 = 50 \text{ V}$; die restlichen Kondensatoren sind entladen. Der Schalter S wird geschlossen und danach solange gewartet, bis kein Strom mehr im Kreis fließt. Welche Energie wurde im Widerstand R in Wärme umgesetzt?



Lösung:

$$W_R = 4,07 \cdot 10^{-3} \text{ Ws}$$