



Lösung der Übungsaufgabe ÜA_1_5.3.D:

15.09.2022

• **Innenwiderstand:**

Durch die leerlaufende Stromquelle A sind R_2 und R_3 zueinander parallelgeschaltet.

Die kurzgeschlossenen Spannungsquellen B und C machen diese Parallelschaltung unwirksam. Aus der Sicht der Trennstelle D und E liegen dann R_1 und R_5 parallel zueinander.

$$R_i = R_1 // R_5 = 0,5 R$$

• **Kurzschlussstrom:**

Der Kurzschlussstrom wird im einfachsten Fall über die Leerlaufspannung $U_L = U_{DE}$ berechnet. Über die rechte Masche (analysiert im Uhrzeigersinn) erhält man einen Ansatz über I_{15} (\downarrow). Dieser Strom kann über HELMHOLTZ oder die obere Masche (rechte Seite: $R_1 - R_5 - U_C - U_B$) bestimmt werden.

$$I_K(\downarrow) = \frac{U_L}{R_i} \quad \text{mit:} \quad U_L(\downarrow) = I_{15} \cdot R_5 + U_C = \frac{U_B - U_C}{R_1 + R_5} \cdot R_5 + U_C = 0,5 \cdot (U_B + U_C)$$

$$I_K = \frac{U_L}{R_i} = \frac{0,5 \cdot (U_B + U_C)}{0,5 R} = \frac{U_B + U_C}{R}$$

• **Lösung mit Zahlenwerten:**

Geg.: $I_A = 4 \text{ mA}$; $U_B = 10 \text{ V}$; $U_C = 6 \text{ V}$; alle $R = 1 \text{ k}\Omega$

$$R_i = 500 \Omega; \quad U_L = 8 \text{ V}; \quad I_K = 16 \text{ mA}$$

Ende dieser Lösung

Zusatzaufgabe:

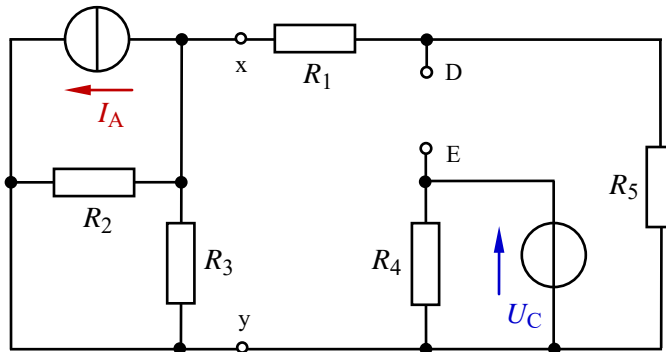
Die Spannungsquelle B wird durch einen Leerlauf ersetzt (siehe Bild ÜA_1_5.3.D_1 – oben).

Rechnen Sie für diesen Fall die Kombination $I_A - R_2 - R_3$ in eine reale Spannungsquelle um. Wie ändern sich die Leerlaufspannung, der Kurzschlussstrom und der Innenwiderstand?

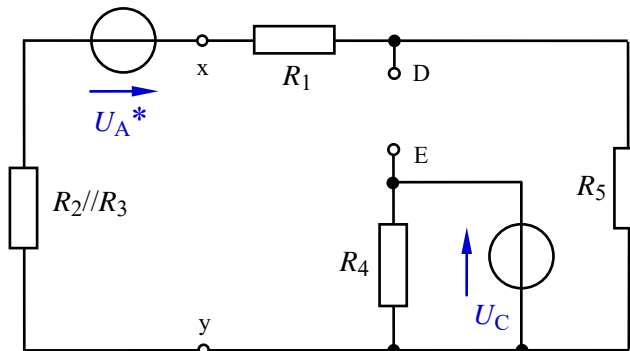
Anmerkung: Die Werte der Zusatzaufgabe können jetzt nicht mehr mit den Werten der originalen Aufgabenstellung vergleichbar sein. Die schaltungstechnische Struktur hat sich ja verändert, da die Quelle B durch einen Leerlauf ersetzt wird.

Lösung: (vgl. Lehrbuch: Abschn. 5.3 – Bild 5.7)

Wir zeichnen zunächst die neue Schaltung und führen die Umrechnung durch:



Innenwiderstand:
 $R_{iZ} = R_5 // (R_1 + R_2 // R_3) = 0,6R$
 Umrechnung:
 $U_A^*(\rightarrow) = I_A \cdot R_2 // R_3$



Leerlaufspannung:
 $U_L^*(\downarrow) = -I_{15}^* \cdot R_5 + U_C$ mit:
 $I_{15}^*(\uparrow) = \frac{U_A^*}{R_1 + R_2 // R_3 + R_5}$

Bild ÜA_1_5.3.D_1: Schaltung zur Zusatzaufgabe

$$U_L^*(\downarrow) = -\frac{U_A^*}{R_1 + R_2 // R_3 + R_5} \cdot R_5 + U_C = -\frac{I_A \cdot R_2 // R_3}{R_1 + R_2 // R_3 + R_5} \cdot R_5 + U_C$$

$$U_L^* = -\frac{I_A \cdot 0,5R}{2,5} + U_C = \frac{-I_A \cdot R + 5U_C}{5} = 5,2 \text{ V} \quad \text{und:} \quad I_K^* = \frac{U_L^*}{R_{iZ}} = \frac{5,2 \text{ V}}{600 \Omega} = 8,6 \text{ mA}$$

• Probe der Zahlenwerte über eine MICROCAP-Simulation:

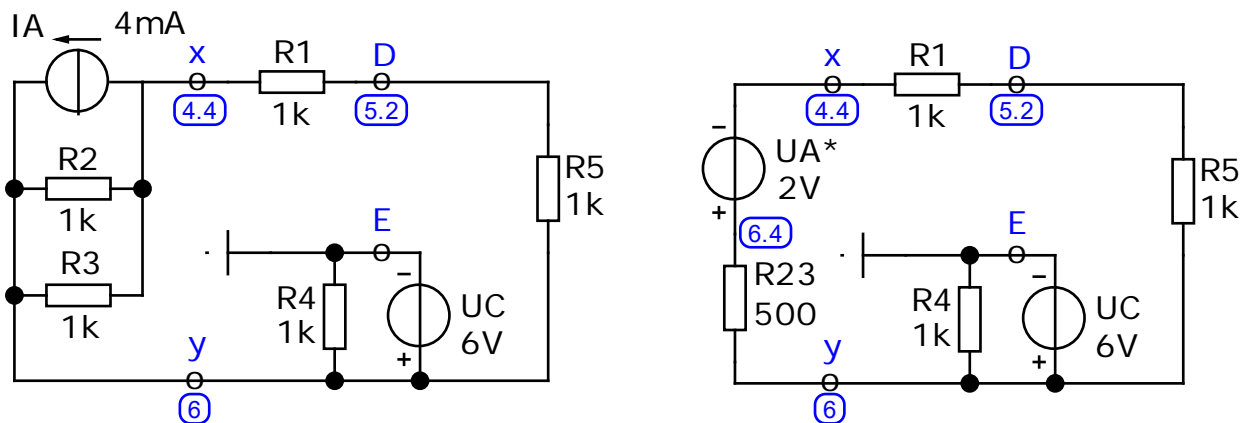


Bild ÜA_1_5.3.D_2: Simulationsschaltung zur Zusatzaufgabe mit den Ergebnissen einer DC-Analyse für U_L

Wir erkennen, dass eine Umrechnung von einer Spannungsquelle in eine Stromquelle zum gleichen elektrischen Verhalten zwischen zwei Punkten (hier: x und y) führt. Im Inneren der beiden Quellen laufen allerdings andere Vorgänge ab.