

Zweipole
ooooo

Spannungsteiler
oo

Überlagerung
ooooooo
oooo
oo

Dreieck <-> Stern
oooooo

Gleichungen
ooooooo

Pflicht-Themen, die noch offen sind
o

Teil I

Themenfeld 12.1 - Gleichstromnetzanalyse

Zweipole
ooooo

Spannungsteiler
oo

Überlagerung
ooooooo
oooo
oo

Dreieck <-> Stern
oooooo

Gleichungen
ooooooo

Pflicht-Themen, die noch offen sind
o

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz
(Pflicht)

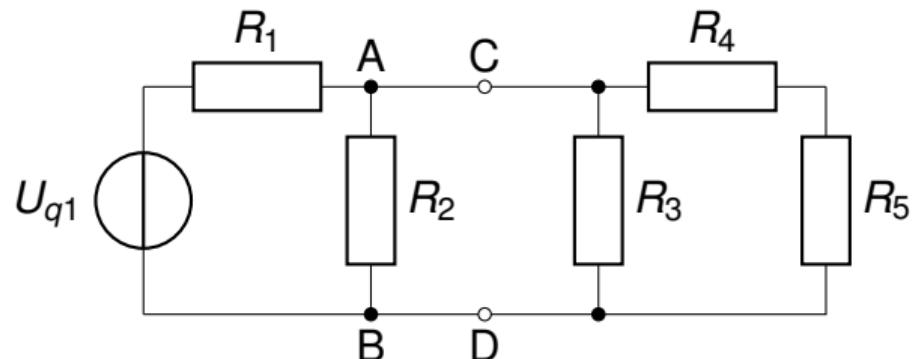
Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen
(Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Zweipole

In der Schaltung unten sollen die Widerstände R_3 bis R_5 als ein virtuelles Bauteil dargestellt werden.



Werte für Berechnung

$$R_1 = 10\Omega$$

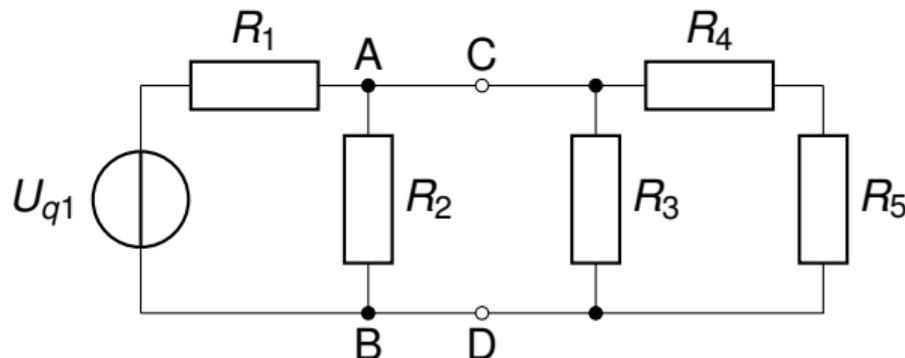
$$R_2 = 20\Omega$$

$$R_3 = 30\Omega$$

$$R_4 = 40\Omega$$

$$R_5 = 50\Omega$$

$$U_{q1} = 5V, \\ U_{q2} = 12V$$



Berechnung des Ersatzwiderstands

$$R_{45} = R_4 + R_5 \quad (1)$$

$$R_{45} = 40\Omega + 50\Omega \quad (2)$$

$$R_{45} = 90\Omega \quad (3)$$

$$\frac{1}{R_{3||45}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{45}} \quad (4)$$

$$\frac{1}{R_{3||45}} = \frac{1}{30\Omega} + \frac{1}{90\Omega} \quad (5)$$

$$R_{3||45} = 22,5\Omega \quad (6)$$

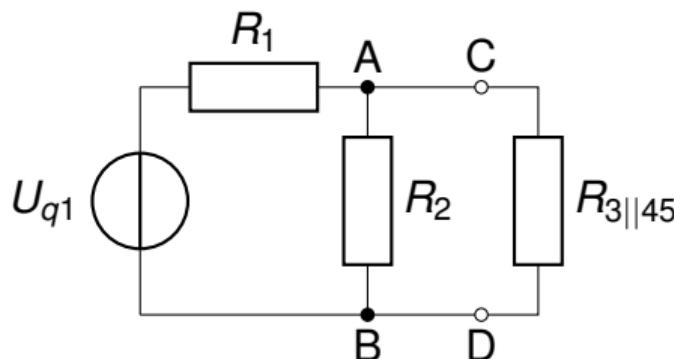


Abbildung: Berechnung
des Ersatzwiderstands

Übungen zu Zweipole I

Berechnen Sie jeweils den Ersatzwiderstand zwischen den Klemmen C und D zur Schaltung unten.

- a $R_1 = R_2 = 220\Omega$ $R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$
- b $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 560\Omega$
- c $R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 150\Omega$ $R_3 = 120\Omega$

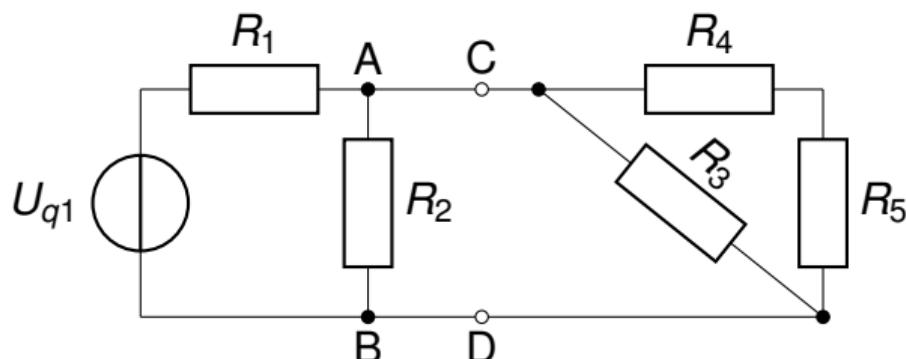


Abbildung: Schaltung zu Übung Ersatzzweipol - Teil 1

Übungen zu Zweipole II

Berechnen Sie jeweils den Ersatzwiderstand zwischen den Klemmen C und D zur Schaltung unten.

- a $R_1 = R_2 = 220\Omega$ $R_3 = R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 470\Omega$
- b $R_1 = R_2 = R_3 = 150\Omega$ $R_5 = 230\Omega$ $R_4 = 560\Omega$
- c $R_1 = R_2 = R_4 = R_5 = 150\Omega$ $R_3 = 120\Omega$

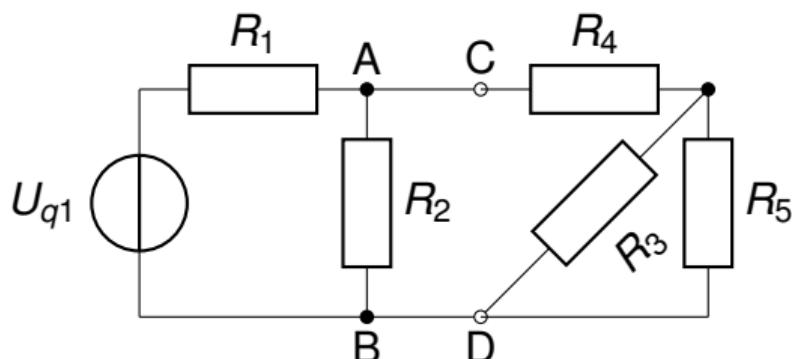
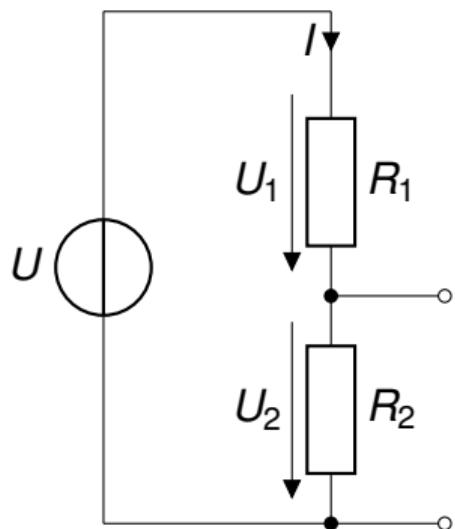


Abbildung: Schaltung zu Übung Ersatzzweipol - Teil 2

Zweipole
○○○○○Spannungsteiler
●○Überlagerung
○○○○○
○○○
○○Dreieck <-> Stern
○○○○○Gleichungen
○○○○○○Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Spannungsteiler



$$U = U_1 + U_2 \quad (7)$$

$$I = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{U}{R_1 + R_2} \quad (8)$$

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} \quad (9)$$

$$U_2 = I * R_2 \quad (10)$$

$$U_2 = \frac{U}{R_{ges}} * R_2 \quad (11)$$

$$U_2 = \frac{U}{R_1 + R_2} * R_2 \quad (12)$$

$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (13)$$

Zweipole
○○○○○Spannungsteiler
●○Überlagerung
○○○○○
○○○
○○Dreieck <-> Stern
○○○○○Gleichungen
○○○○○○Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Übungsaufgaben zu Spannungsteiler

U [V]	R ₁ [Ω]	R ₂ [Ω]	I _{R1}	I _{R2}
5	220	330		
12	220	470		
12	220		12 mA	
12	470			10,4 mA
	560	120	22 mA	
	470	1,5k	3,3 mA	

Zweipole
ooooo

Spannungsteiler
o o

Überlagerung
● o o o o o
o o o o
o o

Dreieck <-> Stern
ooooo

Gleichungen
ooooooo

Pflicht-Themen, die noch offen sind
o

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Aufgaben zu Überlagerung

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

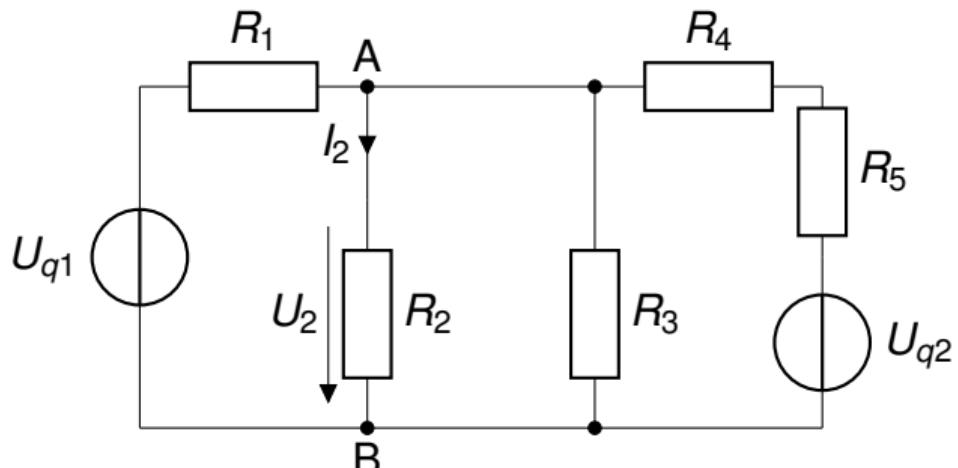
Überlagerung
○●○○○○○
○○○○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

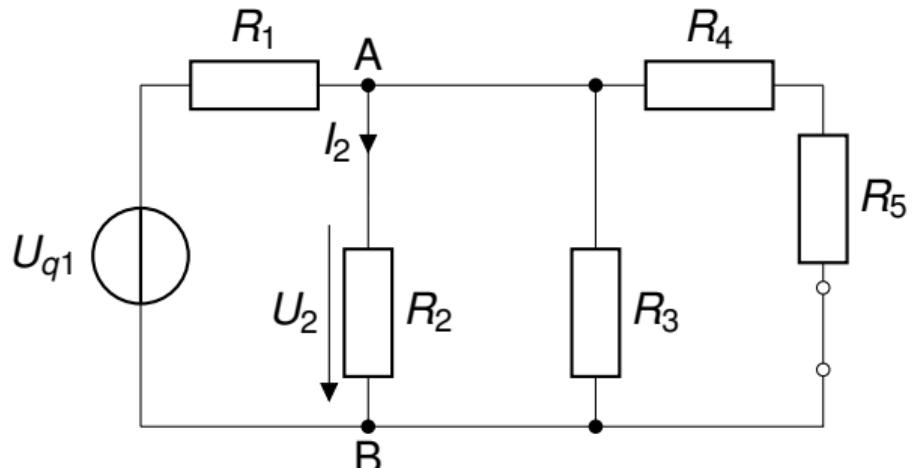
Zwei Spannungsquellen U_1 und U_2



$$\begin{aligned}R_1 &= 10\Omega, R_2 = 20\Omega \\R_3 &= 30\Omega, R_4 = 40\Omega \\R_5 &= 50\Omega \\U_{q1} &= 5 V, U_{q2} = 12 V\end{aligned}$$

Abbildung: Überlagerung, Schaltung 1, Zwei Quellen aktiv

Zwei Spannungsquellen U_1 und U_2



$$\begin{aligned}R_1 &= 10\Omega, \quad R_2 = 20\Omega \\R_3 &= 30\Omega, \quad R_4 = 40\Omega \\R_5 &= 50\Omega \\U_{q1} &= 5 \text{ V}, \quad U_{q2} = 12 \text{ V}\end{aligned}$$

Abbildung: Nur Quelle eins aktiv

Zweipole
○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○●○○○
○○○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Berechnung Ersatzwiderstand I

$$U_{2'} = I_2 * R_2 || R_3 || R_4 + R_5 \quad (14)$$

$$U_{2'} = I_2 * \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4+R_5}} \quad (15)$$

I_2 ist nicht bekannt.

Zweipole
○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○●○○
○○○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Berechnung Ersatzwiderstand II

$$U_{q1} = U_1 + U_2 \quad (16)$$

$$U_2 = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_{45}}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{45}} \quad (17)$$

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○●○
○○○○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Einsetzen I

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_{45}}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{45}} \quad (18)$$

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}} \quad (19)$$

(20)

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○●
○○○○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Einsetzen II

$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{R_2 || R_3 || R_{45}}{R_1 + R_2 || R_3 || R_{45}}$$
$$U_{2'} = U_{q1} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4 + R_5}}}$$

$$U_{2'} = 5 V * \frac{10,59 \Omega}{10 \Omega + 10,59 \Omega} \quad (21)$$

$$U_{2'} = 5 V * 0,514 \quad (22)$$

$$U_{2'} = 2,57 V \quad (23)$$

Zweipole
○○○○

Spannungsteiler
○○

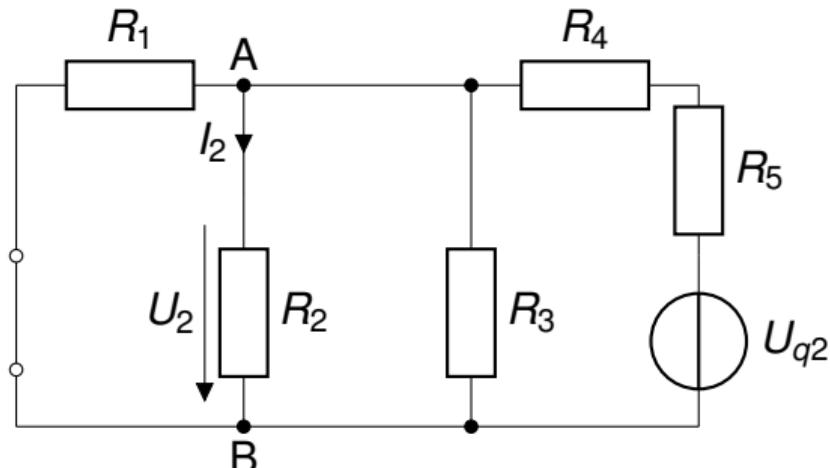
Überlagerung
●○○○○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Zwei Spannungsquellen U_1 und U_2



$$\begin{aligned}R_1 &= 10\Omega, R_2 = 20\Omega \\R_3 &= 30\Omega, R_4 = 40\Omega \\R_5 &= 50\Omega \\U_{q1} &= 5 V, U_{q2} = 12 V\end{aligned}$$

Abbildung: Nur Quelle zwei aktiv

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○●○○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Quelle 2, Einsetzen I

$$U_{2''} = U_{q2} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}{R_4 + R_5 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} \quad (24)$$

(25)

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○●○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Quelle 2, Einsetzen II

$$U_{2''} = U_{q2} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}{R_4 + R_5 + \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} \quad (26)$$

$$U_{2''} = 12 \text{ V} * \frac{\frac{1}{\frac{1}{10 \Omega} + \frac{1}{20 \Omega} + \frac{1}{30 \Omega}}}{40 \Omega + 50 \Omega + \frac{1}{\frac{1}{10 \Omega} + \frac{1}{20 \Omega} + \frac{1}{30 \Omega}}} \quad (27)$$

$$U_{2''} = 12 \text{ V} * 0,057 \quad (28)$$

$$U_{2''} = 0,685 \text{ V} \quad (29)$$

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○●○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Addition

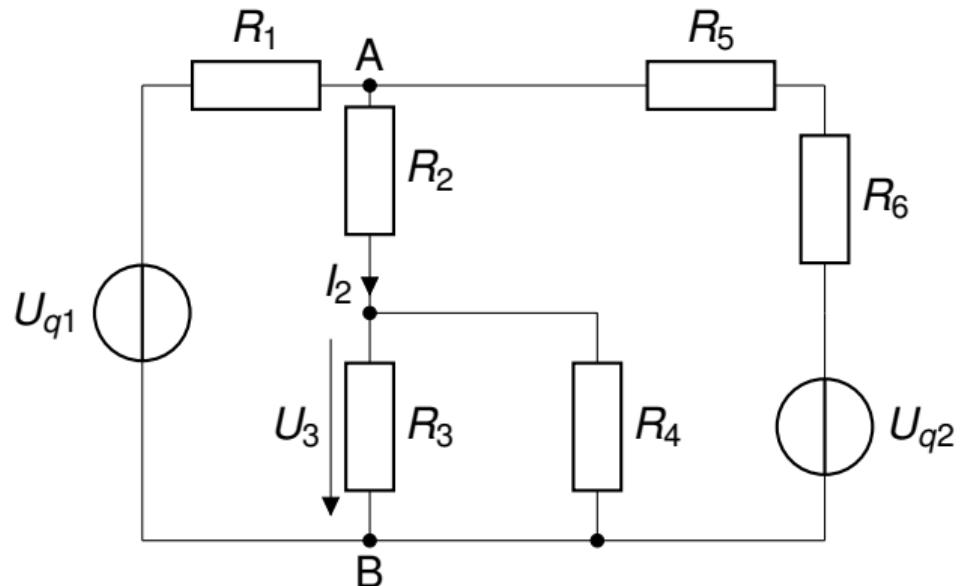
Zum Abschluss werden die beiden Teilspannungen addiert.

$$U_2 = U_{2'} + U_{2''} \quad (30)$$

$$U_2 = 2,57 \text{ V} + 0,685 \text{ V} \quad (31)$$

$$U_2 = 3,26 \text{ V} \quad (32)$$

Schaltung 2



$$\begin{aligned} R_1 &= 100\Omega, R_2 = 220\Omega \\ R_3 &= 270\Omega, R_4 = 470\Omega \\ R_5 &= 560\Omega, R_6 = 180 \Omega \\ U_{q1} &= 12 V, U_{q2} = 15 V \end{aligned}$$

Abbildung: Überlagerung, Schaltung 2

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

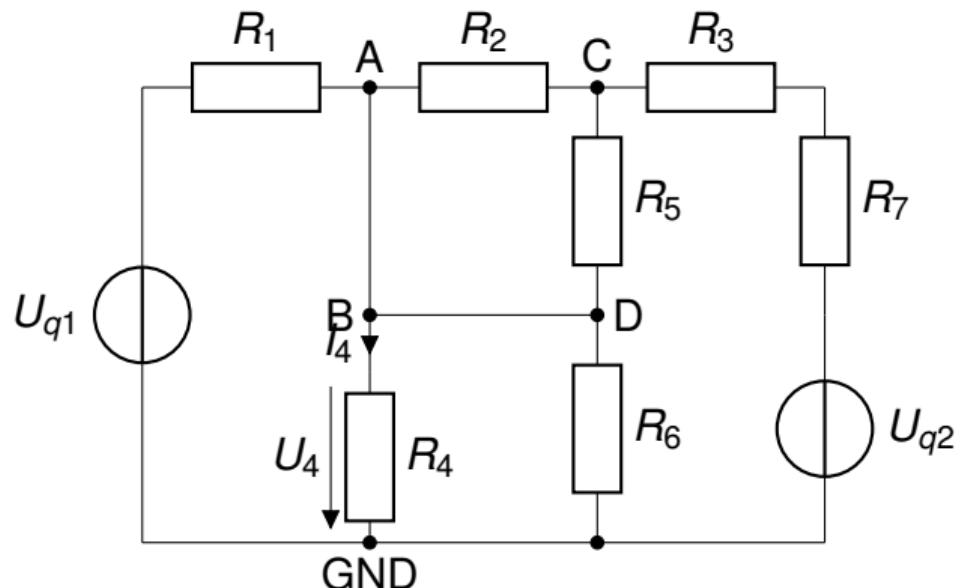
Überlagerung
○○○○○○○○○●

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Schaltung 3



$$\begin{aligned} R_1 &= 100 \Omega, R_2 = 220 \Omega \\ R_3 &= 270 \Omega, R_4 = 470 \Omega \\ R_5 &= 470 \Omega, R_6 = 560 \Omega \\ R_7 &= 120 \Omega \\ U_{q1} &= 12 V, U_{q2} = 15 V \end{aligned}$$

Abbildung: Überlagerung, Schaltung 3

Zweipole
ooooo

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
●○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○○
○○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○●○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Messbrücke

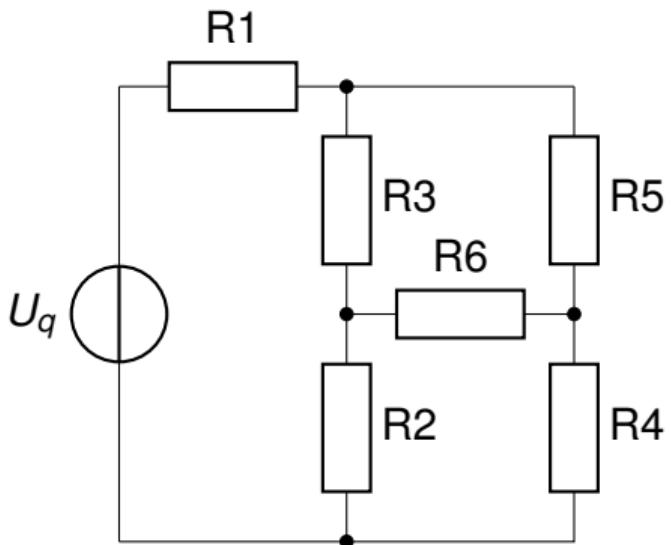


Abbildung: Messbrücke

Zweipole
ooooo

Spannungsteiler
o

Überlagerung
ooooooo
oooo
oo

Dreieck <-> Stern
o●oooo

Gleichungen
ooooooo

Pflicht-Themen, die noch offen sind
o

Messbrücke

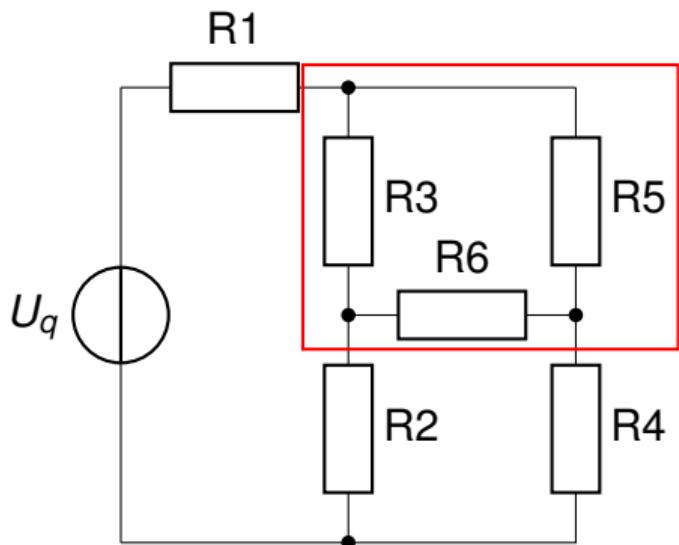


Abbildung: Messbrücke

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

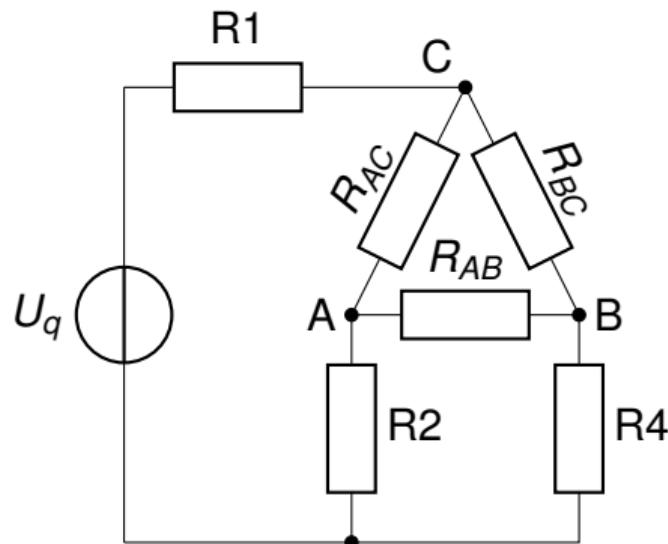
Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○●○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Messbrücke - Stern-Dreieck



$$R_{AC} = R_3$$

$$R_{AB} = R_6$$

$$R_{BC} = R_5$$

Abbildung: Messbrücke

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○●○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Umwandlung Dreieck -> Stern

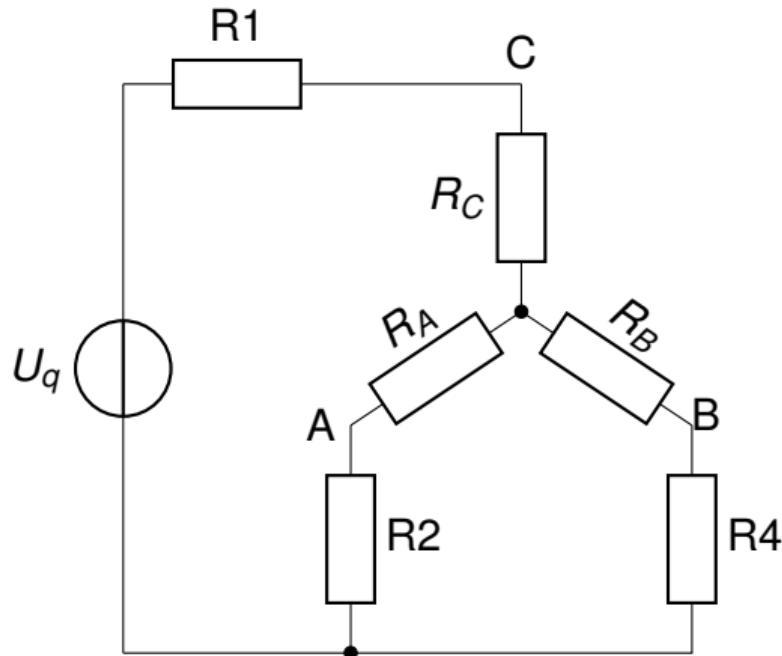
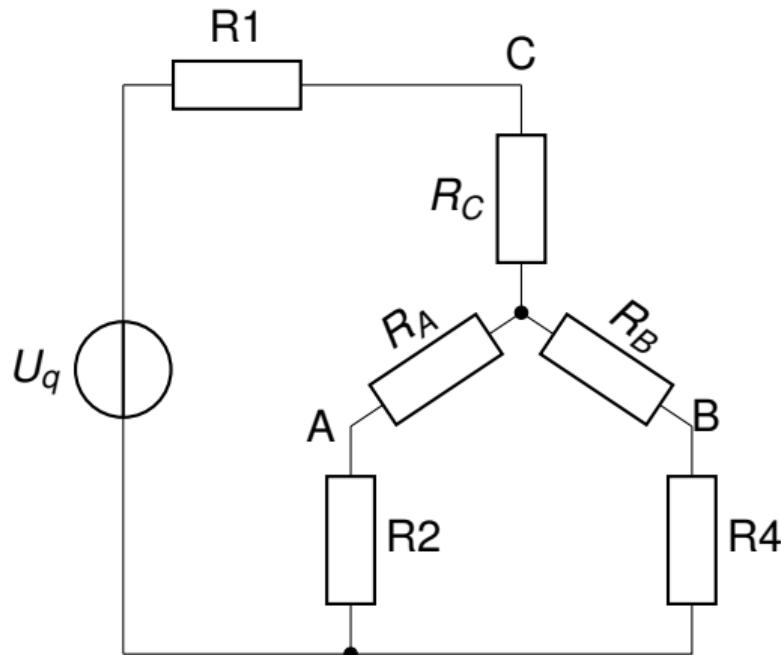


Abbildung: Messbrücke

Umwandlung Dreieck -> Stern



$$R_A = \frac{R_{AC} \cdot R_{AB}}{R_{AC} + R_{AB} + R_{BC}}$$

$$R_B = \frac{R_{AB} \cdot R_{BC}}{R_{AC} + R_{AB} + R_{BC}}$$

$$R_C = \frac{R_{AC} \cdot R_{BC}}{R_{AC} + R_{AB} + R_{BC}}$$

Abbildung: Messbrücke

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○●○

Gleichungen
○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Umwandlung - Stern- > Dreieck

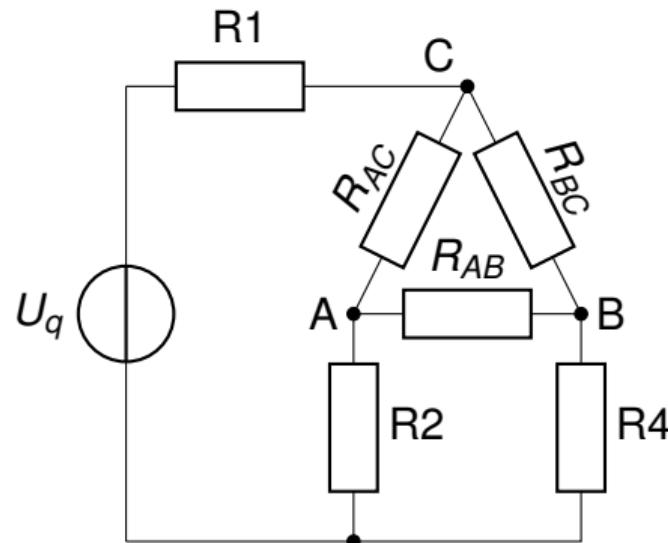


Abbildung: Messbrücke

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

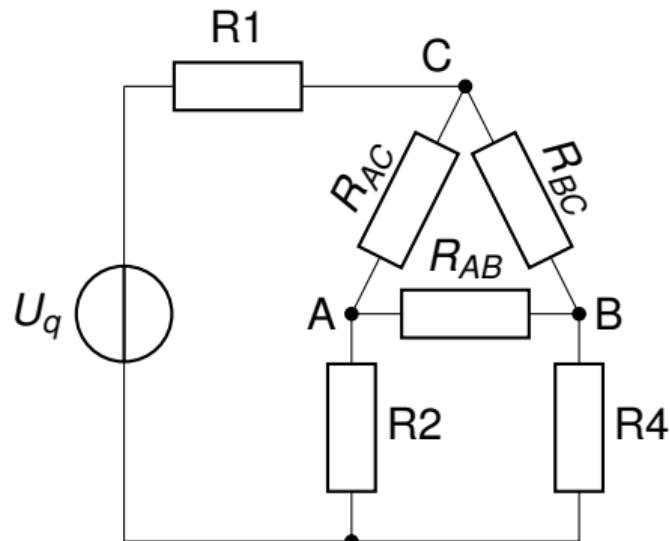
Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○●○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Umwandlung - Stern- > Dreieck



$$R_{AB} = \frac{R_A \cdot R_B}{R_C} + R_A + R_B$$

$$R_{AC} = \frac{R_A \cdot R_C}{R_B} + R_A + R_C$$

$$R_{BC} = \frac{R_B \cdot R_C}{R_A} + R_B + R_C$$

Abbildung: Messbrücke

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

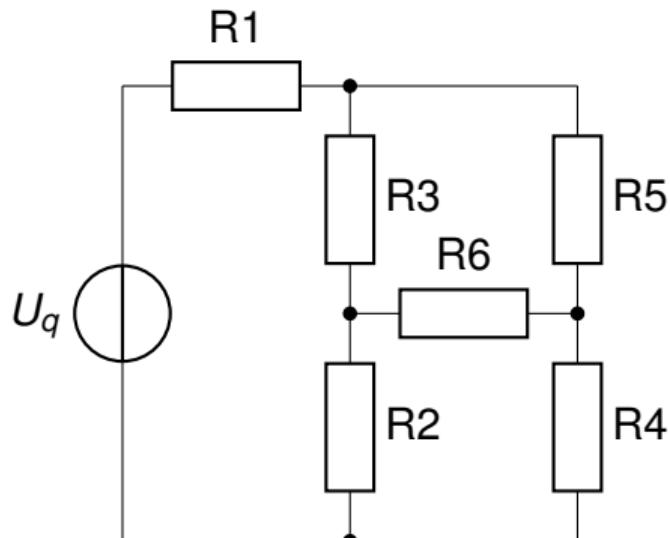
Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○●

Gleichungen
○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Aufgabe: Messbrücke



$$R_1 = 220 \Omega$$

$$R_2 = 470 \Omega$$

$$R_3 = 330 \Omega$$

$$R_4 = 330 \Omega$$

$$R_5 = 560 \Omega$$

$$R_6 = 390 \Omega$$

$$U_q = 5 V$$

$$R_4 = R_{\text{Mess}}$$

gesucht: Strom und Spannung an R_6 , R_4 und R_5

Abbildung: Messbrücke

Zweipole
ooooo

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○○○
○○○○○○○
○○○○○○○

Dreieck <-> Stern
ooooo●

Gleichungen
ooooooo

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Lösung zu Messbrücke

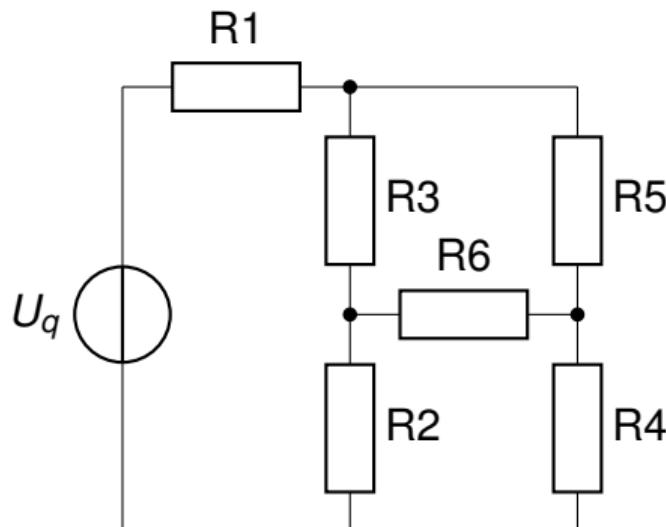


Abbildung: Messbrücke

$$R_1 = 220 \Omega$$

$$R_2 = 470 \Omega$$

$$R_3 = 330 \Omega$$

$$R_4 = 330 \Omega$$

$$R_5 = 560 \Omega$$

$$R_6 = 390 \Omega$$

$$U_q = 5 V$$

$$I_4 = 4,2 \text{ mA}, \quad I_5 = 3,3 \text{ mA}, \quad I_6 = 890 \mu\text{A}$$
$$U_4 = 1,4 \text{ V}, \quad U_5 = 3,6 \text{ V}, \quad U_6 = 0,35 \text{ V}$$

Zweipole
ooooo

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
ooooo

Gleichungen
●○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Inhalt

Zweipoltheorie (Pflicht)

Spannungsteiler

Überlagerungsverfahren nach Helmholtz (Pflicht)

Dreieck <-> Stern-Umwandlung (Pflicht)

Knoten- und Maschengleichungen (Pflicht)

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○●○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Schaltung - Maschen

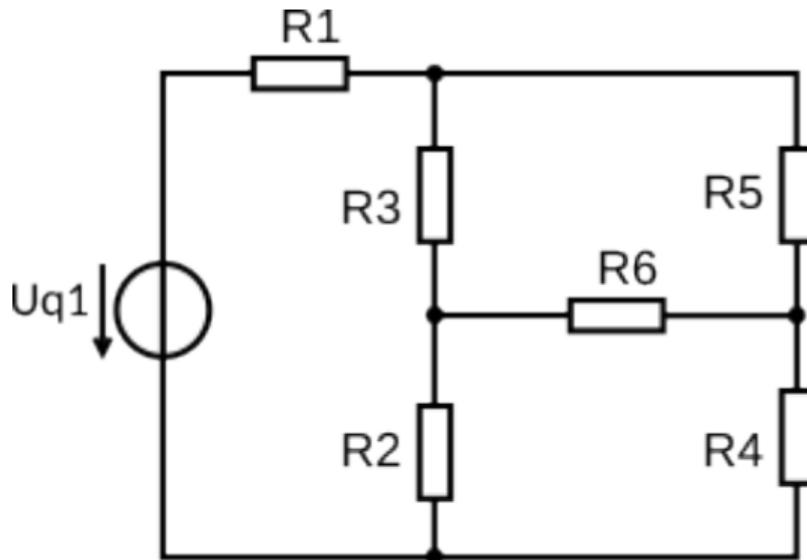


Abbildung: Messbrücke

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○●○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Schaltung - Maschen

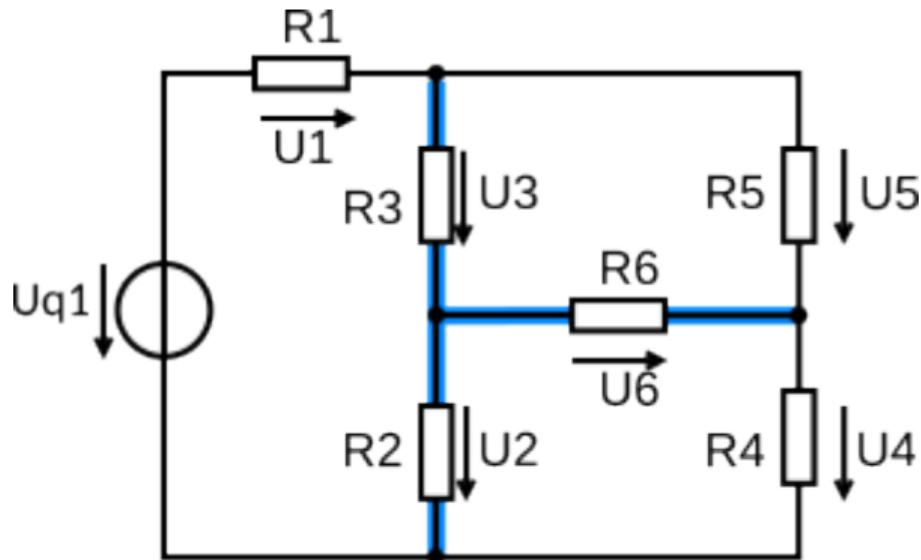


Abbildung: Messbrücke mit vollständigem Baum

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○●○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Schaltung - Maschen

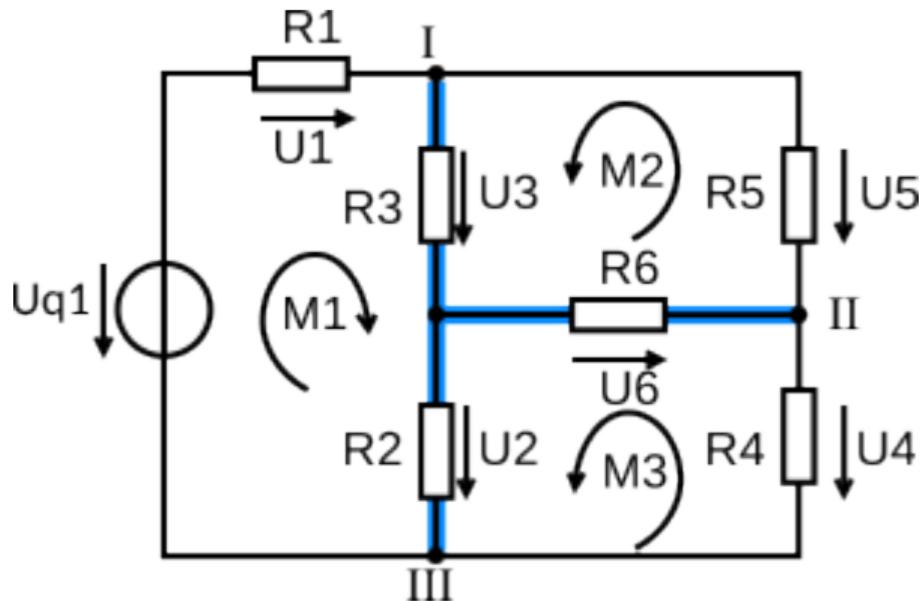


Abbildung: Messbrücke mit vollständigem Baum und Maschen

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○●○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Gleichungen für Maschen und Knoten

$$M_1 : -U_{q1} + U_1 + U_3 + U_2 = 0 \quad (33)$$

$$M_2 : U_3 + U_6 - U_5 = 0 \quad (34)$$

$$M_3 : U_2 - U_6 - U_4 = 0 \quad (35)$$

(36)

Knotengleichungen:

$$I: I_1 - I_3 - I_5 = 0 \quad (37)$$

$$II: I_3 - I_2 - I_6 = 0 \quad (38)$$

$$III: I_2 + I_4 - I_1 = 0 \quad (39)$$

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○●○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Berechnung der Ströme

$$-U_{q1} + I_1 * R_1 + I_3 * R_3 + I_2 * R_2 = 0 \quad (40)$$

$$I_3 * R_3 + I_6 * R_6 - I_5 * R_5 = 0 \quad (41)$$

$$I_2 * R_2 - I_6 * R_6 - I_4 * R_4 = 0 \quad (42)$$

Zweipole
○○○○Spannungsteiler
○○Überlagerung
○○○○○○
○○○○
○○Dreieck <-> Stern
○○○○○Gleichungen
○○○○●○○Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

LGS aufstellen

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ R_1 & R_2 & R_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & 0 & R_5 & R_6 \\ 0 & R_2 & 0 & R_4 & 0 & R_6 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \\ I_4 \\ I_5 \\ I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ U_{q1} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$R_1 = 220\Omega, R_2 = 470\Omega, R_3 = 330\Omega, R_4 = 330\Omega, R_5 = 560\Omega, R_6 = 390\Omega$$

$$U_q = 5V$$

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○●○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Gekürzte Darstellung der Matrix

$$\left(\begin{array}{cccccc|c} 1 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ R_1 & R_2 & R_3 & 0 & 0 & 0 & Uq1 \\ 0 & R_2 & 0 & R_4 & 0 & R_6 & 0 \\ 0 & 0 & R_3 & 0 & R_5 & R_6 & 0 \end{array} \right)$$

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○
○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○●

Pflicht-Themen, die noch offen sind
○

Stufenform - Beispiel

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 3 & 2 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}$$

Zweipole
○○○○○

Spannungsteiler
○○

Überlagerung
○○○○○
○○○
○○

Dreieck <-> Stern
○○○○○

Gleichungen
○○○○○○

Pflicht-Themen, die noch offen sind
●

Pflicht-Themen, die noch offen sind

Folgende Themen sind gemäß Prüfungserlass für die Prüfung 2026 Pflicht, aber noch nicht ausgearbeitet.

- Kreisstromverfahren
- Knotenspannungsverfahren

Die Themen folgen demnächst hier.