

TSKS06 Linjära system för kommunikation

Kursdel Elektriska kretsar

Föreläsning 3

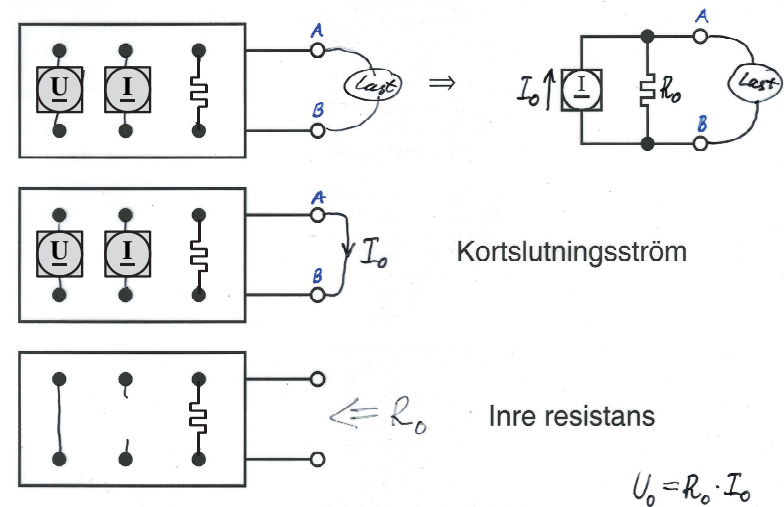
Likströmsteori: Tvåpoler och problemlösning

Mikael Olofsson

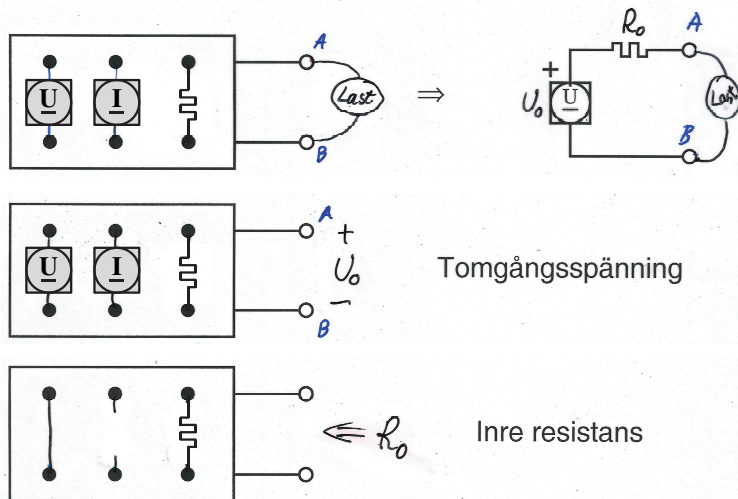
Institutionen för Systemteknik (ISY)

Ämnesområdet Elektroniska system

Nortons teorem



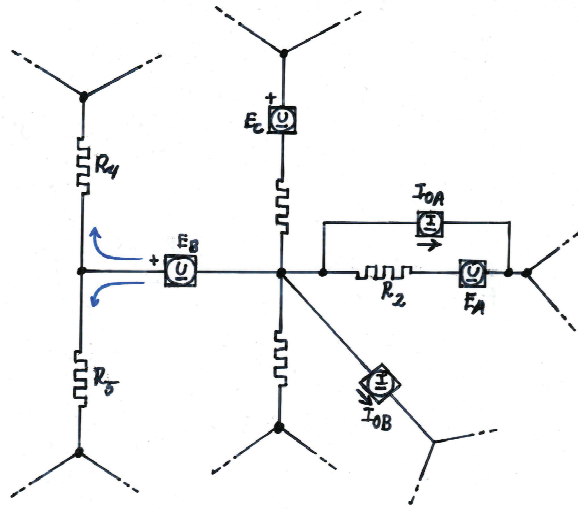
Tvåpolssatsen (Thevenins tvåpolekvivalent)



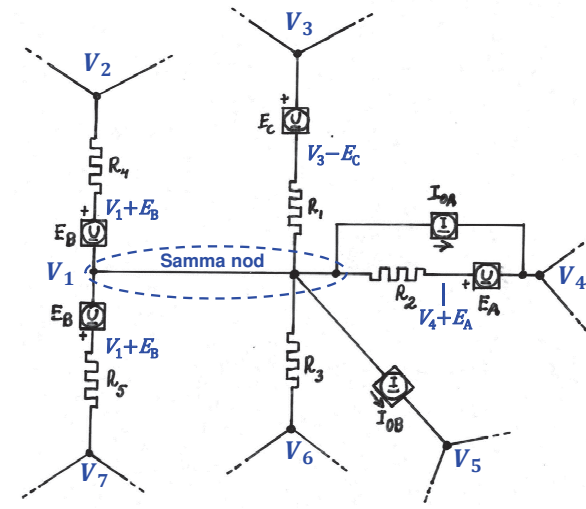
Metodik Nodanalys

- 1* **Eliminera grenar bestående av ensamma ideala spänningskällor.**
- 2* **Jorda en nod.**
- 3* **Inför nodpotentialer i övriga noder.**
- 4* **Inför referensriktningar för strömmarna i varje gren, och ställ upp en ekvation för varje nod (utom den jordade) med KCL.**

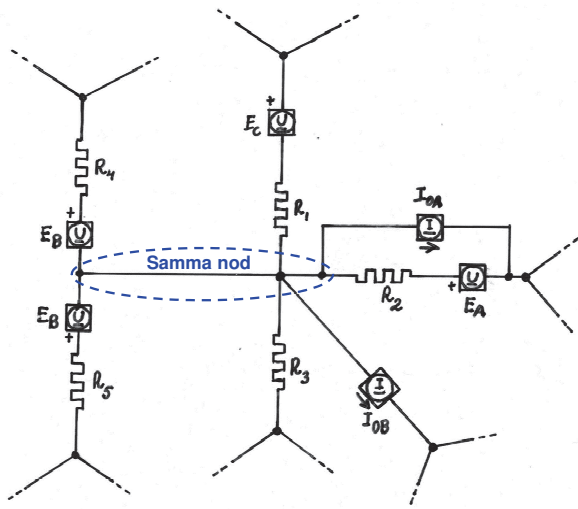
Exempel Nodanalys – Eliminera ensam spänningskälla



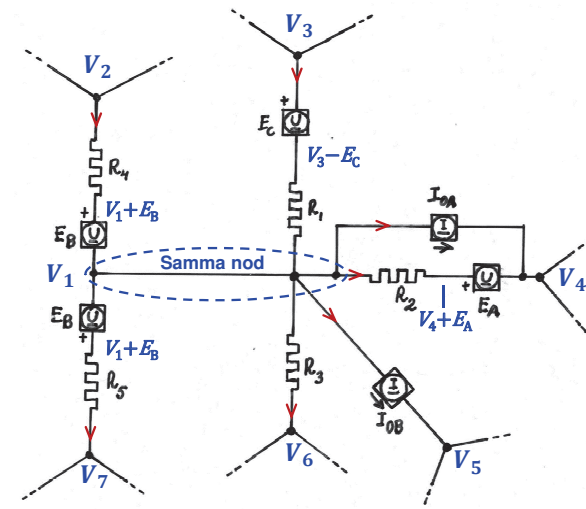
Exempel Nodanalys – Inför nodpotentialer



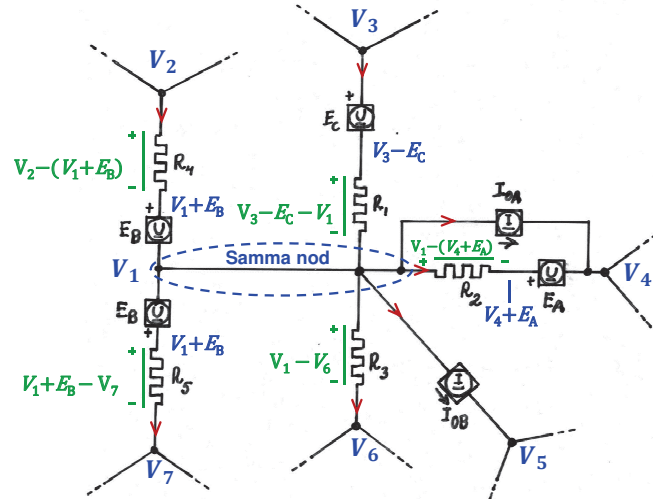
Exempel Nodanalys – Identifiera noder



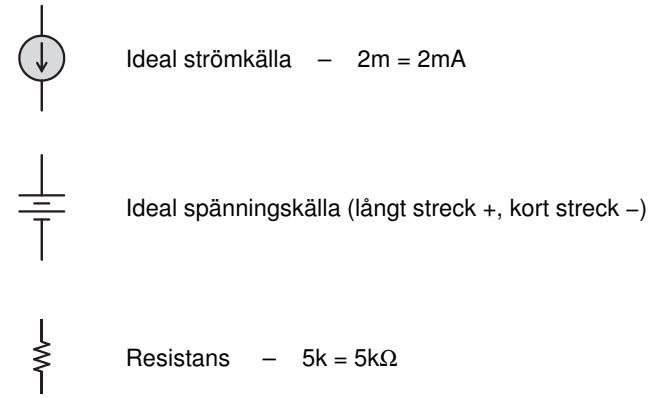
Exempel Nodanalys – Strömmar



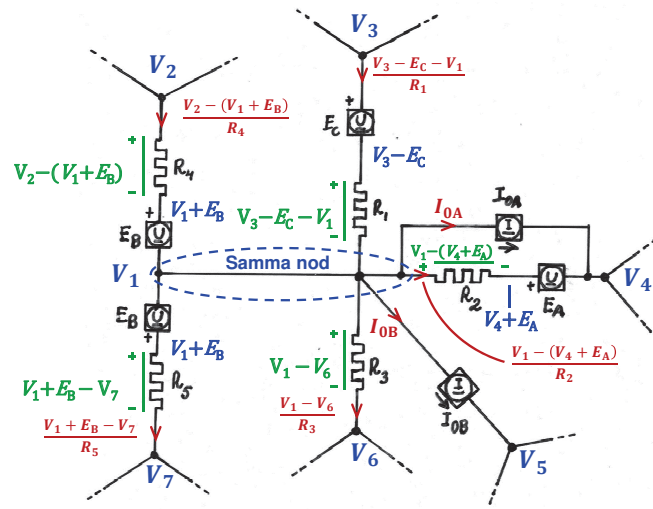
Exempel Nodanalys – Spänningar över resistanser



Symboler i inlämningsuppgift 1



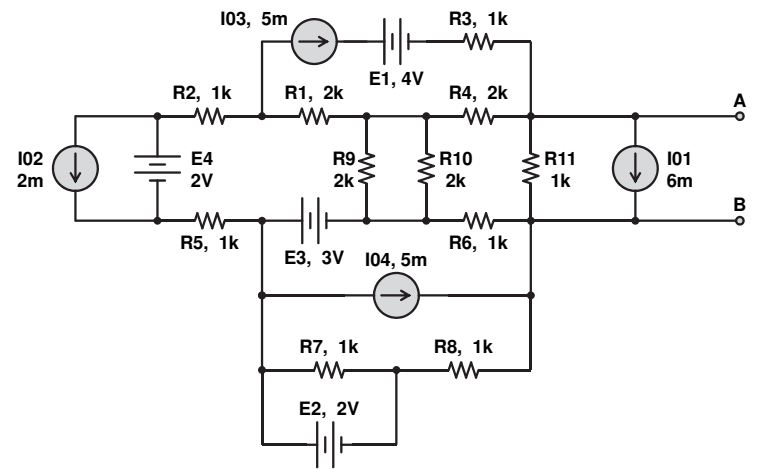
Exempel Nodanalys – Teckna Kirchhoffs strömlag



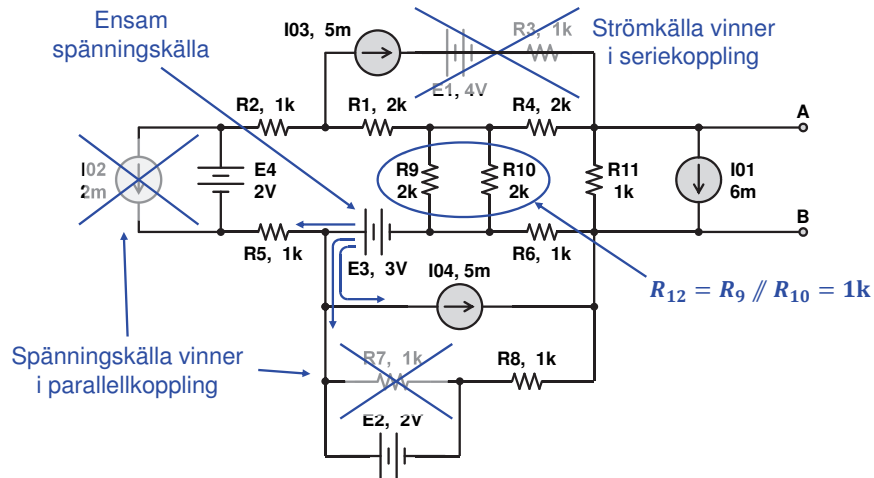
KCL i pkt 1: $\frac{V_2 - (V_1 + E_B)}{R_4} + \frac{V_3 - E_C - V_1}{R_1} - I_{0A} - \frac{V_1 - (V_4 + E_A)}{R_2} - I_{0B} - \frac{V_1 - V_6}{R_3} - \frac{V_1 + E_B - V_7}{R_5} = 0$

Exempel likströmsteori (typ inlämning 1)

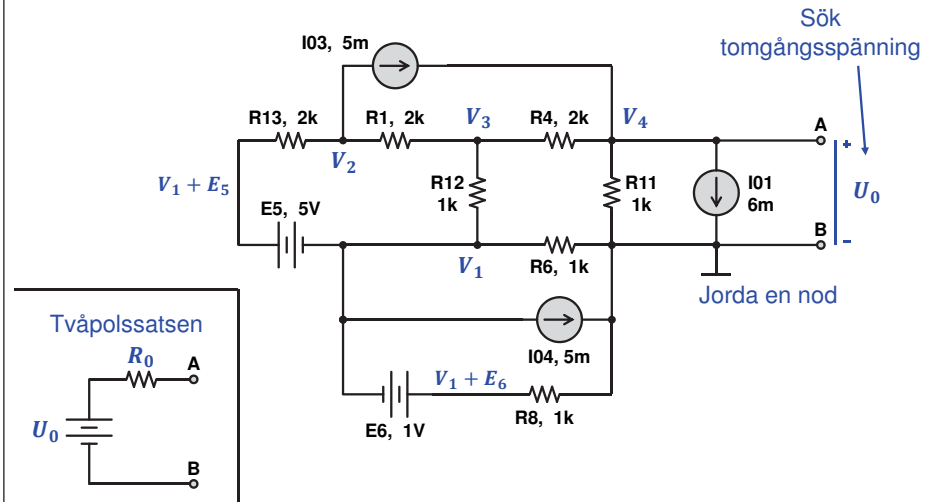
Ersätt denna krets med en theveninekvivalent. Samtliga källor är ideala.



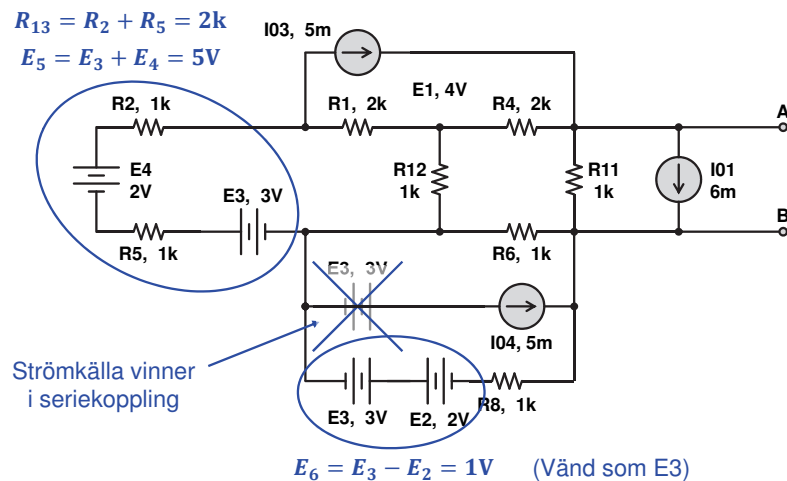
Exempel likströmsteori – förenklingar



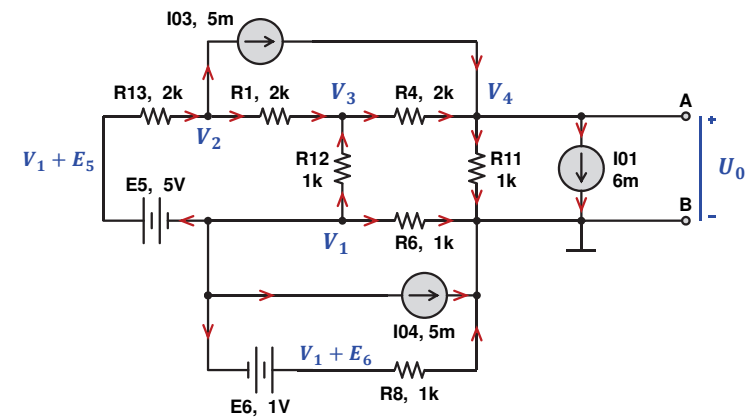
Exempel likströmsteori – Potentialer, mm



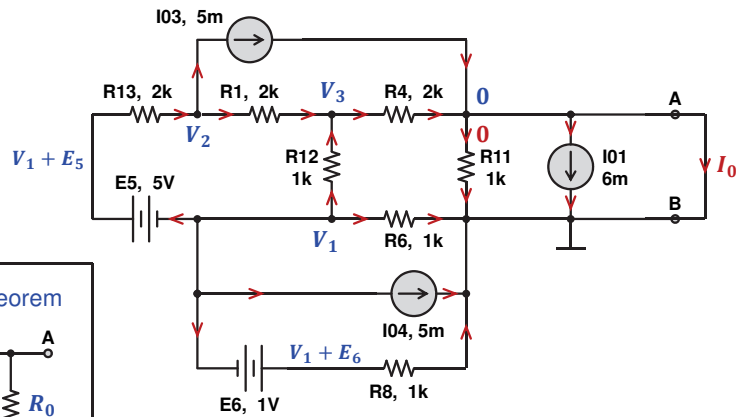
Exempel likströmsteori – fler förenklingar



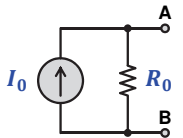
Exempel likströmsteori – Strömmar



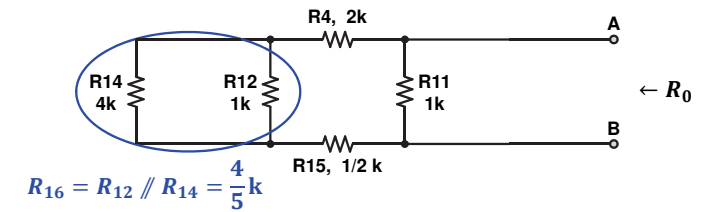
Exempel likströmsteori – Kortslutningsström



Nortons teorem

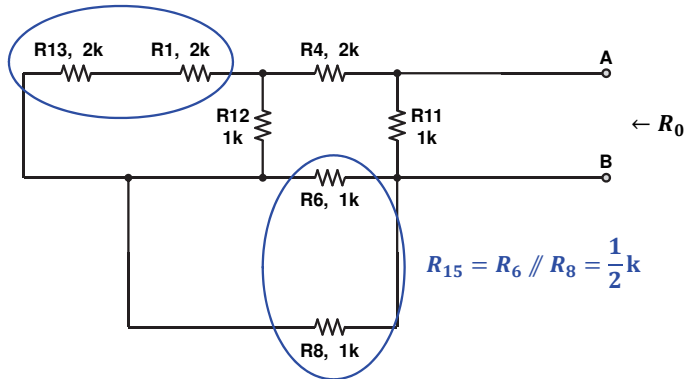


Exempel likströmsteori – Resistans



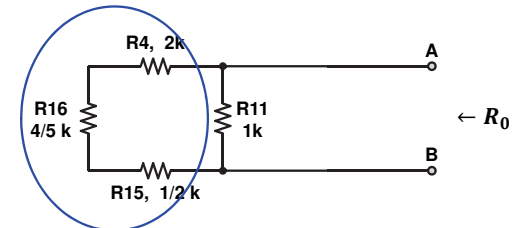
Exempel likströmsteori – Resistans

$$R_{14} = R_{13} + R_1 = 4 \text{ k}$$

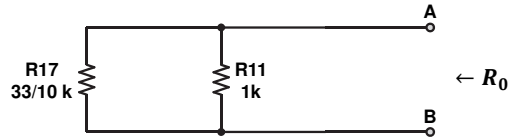


Exempel likströmsteori – Resistans

$$R_{17} = R_4 + R_{16} + R_{15} = \frac{33}{10} \text{ k}$$



Exempel likströmsteori – Resistans



$$R_0 = R_{11} \parallel R_{17} = \frac{33}{43} \text{ k}$$

Kontroll: $R_0 = \frac{U_0}{I_0} = \frac{33}{43} \text{ k}$



Effektbegreppet

Grunduttryck: $P = UI$

Källor avger (vanligen) elektrisk effekt

Resistorer konsumerar elektrisk effekt

För ett helt nät gäller

$$\sum_k P_k = 0$$

Anteckningar från tavlan

Följande sidor innehåller mina anteckningar av det som hamnade på tavlan då jag löste exemplet. Dessa anteckningar innehåller lite mer än vad som faktiskt hamnade på tavlan.

Bestämning av tomgångsspänning 1

$$\text{Nod 1: } \frac{V_1 + E_5 - V_2}{R_{13}} + \frac{V_1 - V_3}{R_{12}} + \frac{V_1 - 0}{R_6} + I_{04} + \frac{V_1 + E_8 - 0}{R_8} = 0$$

$$\text{Nod 2: } \frac{V_1 + E_5 - V_2}{R_{13}} - \frac{V_2 - V_3}{R_1} - I_{03} = 0$$

$$\text{Nod 3: } \frac{V_2 - V_3}{R_1} + \frac{V_1 - V_3}{R_{12}} - \frac{V_3 - V_4}{R_4} = 0$$

$$\text{Nod 4: } \frac{V_3 - V_4}{R_4} + I_{03} - \frac{V_4 - 0}{R_{11}} - I_{01} = 0$$

Bestämning av tomgångsspänning 3

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_8} & -\frac{1}{R_{13}} & -\frac{1}{R_{12}} & 0 \\ -\frac{1}{R_{13}} & \frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} & 0 \\ -\frac{1}{R_{12}} & -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_4} & -\frac{1}{R_4} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{R_4} & \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{11}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{E_5}{R_{13}} - \frac{E_8}{R_8} - I_{04} \\ \frac{E_5}{R_{13}} - I_{03} \\ 0 \\ I_{03} - I_{01} \end{pmatrix}$$

Bestämning av tomgångsspänning 2

$$\left(\frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_8}\right)V_1 - \frac{1}{R_{13}}V_2 - \frac{1}{R_{12}}V_3 = -\frac{E_5}{R_{13}} - \frac{E_8}{R_8} - I_{04}$$

$$-\frac{1}{R_{13}}V_1 + \left(\frac{1}{R_{13}} + \frac{1}{R_1}\right)V_2 - \frac{1}{R_1}V_3 = -I_{03} + \frac{E_5}{R_{13}}$$

$$-\frac{1}{R_{12}}V_1 - \frac{1}{R_1}V_2 + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_4}\right)V_3 - \frac{1}{R_4}V_4 = 0$$

$$-\frac{1}{R_4}V_3 + \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_{11}}\right)V_4 = I_{03} - I_{01}$$

Bestämning av tomgångsspänning 4

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{2} + 1 + 1 & -\frac{1}{2} & -1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} + \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 0 \\ -1 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} + 1 + \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} + 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2.5 - 1 - 5 \\ 2.5 - 5 \\ 0 \\ 5 - 6 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 3.5 & -0.5 & -1 & 0 \\ -0.5 & 1 & -0.5 & 0 \\ -1 & -0.5 & 2 & -0.5 \\ 0 & 0 & -0.5 & 1.5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -8.5 \\ -2.5 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Enheter $\begin{matrix} \nearrow \\ A \end{matrix}$ $\frac{1}{k\Omega}$ V mA

Bestämning av tomgångsspänning 5

$$D = |A| = 3.5 \cdot \begin{vmatrix} 1 & -0.5 & 0 \\ -0.5 & 2 & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 1.5 \end{vmatrix} + 0.5 \cdot \begin{vmatrix} -0.5 & -0.5 & 0 \\ -1 & 2 & -0.5 \\ 0 & -0.5 & 1.5 \end{vmatrix} - 1 \cdot \begin{vmatrix} -0.5 & 1 & 0 \\ 0 & -0.5 & -0.5 \end{vmatrix}$$

$$= 3.5(1 \cdot 2 \cdot 1.5 - 1 \cdot 0.5 \cdot 0.5 - 0.5 \cdot 0.5 \cdot 1.5) + 0.5(-0.5 \cdot 2 \cdot 1.5 - 0.5^3 - 0.5 \cdot 1 \cdot 1.5) - (-0.5^2 - 0.5) = \dots = 5.375$$

$$A_4 = \begin{pmatrix} 3.5 & -0.5 & -1 & -8.5 \\ -0.5 & 1 & -0.5 & -2.5 \\ -1 & -0.5 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & -0.5 & -1 \end{pmatrix}$$

*Sammen
vedtaget.*

$$D_4 = |A_4| = -12.25$$

$$V_4 = \frac{D_4}{D} = -2.2791 \text{ V}$$

$$U_0 = V_4 - 0 = -2.2791 \text{ V}$$

Bestämning av kortslutningsström 2

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_8} & -\frac{1}{R_3} & -\frac{1}{R_2} \\ -\frac{1}{R_3} & \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_1} & -\frac{1}{R_1} \\ -\frac{1}{R_2} & -\frac{1}{R_1} & \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{E_5}{R_3} - \frac{E_6}{R_8} - I_{04} \\ \frac{E_5}{R_3} - I_{03} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 3.5 & -0.5 & -1 \\ -0.5 & 1 & -0.5 \\ -1 & -0.5 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -8.5 \\ -2.5 \\ 0 \end{pmatrix}$$

a

b

Bestämning av kortslutningsström 1

$$\text{Nod 1: } \frac{V_1 + E_5 - V_2}{R_3} + \frac{V_1 - V_3}{R_2} + \frac{V_1 - 0}{R_6} + I_{04} + \frac{V_1 + E_6 - 0}{R_8} = 0$$

$$\text{Nod 2: } \frac{V_1 + E_5 - V_2}{R_3} - \frac{V_2 - V_3}{R_1} - I_{03} = 0$$

$$\text{Nod 3: } \frac{V_2 - V_3}{R_1} + \frac{V_1 - V_3}{R_2} - \frac{V_3 - 0}{R_4} = 0$$

Bestämning av kortslutningsström 3

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{pmatrix} = A^{-1} \cdot b = \begin{pmatrix} -4.5152 \\ -6.7273 \\ -3.9399 \end{pmatrix}$$

$$I_k = I_{03} + \frac{V_3 - 0}{R_4} - I_{01} - 0 = 5 + \frac{-3.9399}{2} - 6 = -2.9697 \text{ mA}$$