# Mezglu spriegumu metode (MSM)

Dans Laksis

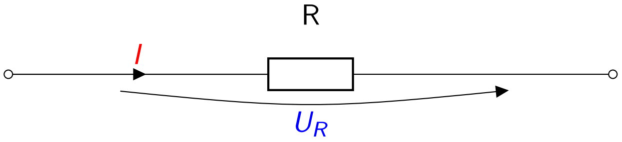
LaTeX

2019

# Oma likums

Kas ir spriegums? $\rightarrow$ Potenciālu starpība $([\Phi] = V)$

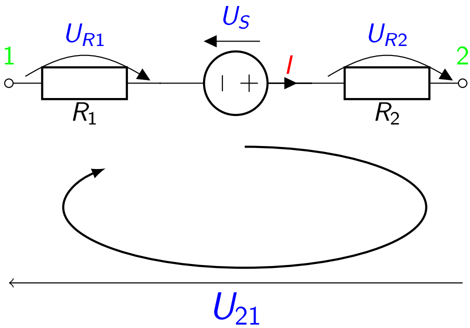
Iepriekš esam izmantojuši Oma likumu vienam R elementam




$$U = I \cdot R \quad vai \quad I = \frac{U}{R}$$

# Ievads MSM

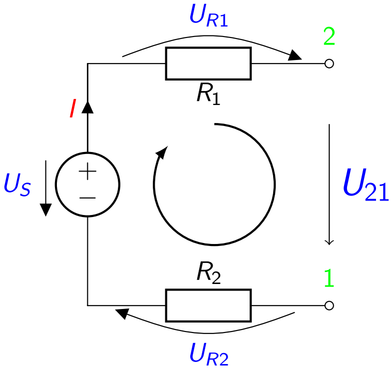
MSM būs nepieciešams Oma likums nedaudz sarežģītākā formā:




KSpL: $+U_{21} + U_{R_1} - U_S + U_{R_2} = 0$

# Ievads MSM

Ekvivalenti pārveido shēmu




$$U_{21} = \varphi_2 - \varphi_1 \;, \qquad U_{R_1} = I \cdot R_1 \;; \quad U_{R_2} = I \cdot R_2$$

$$(\varphi_2 - \varphi_1) + I \cdot R_1 - U_S + I \cdot R_2 = 0$$

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + U_S}{R_1 + R_2}$$

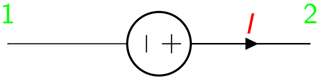
# Ievads MSM

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + U_S}{R_1 + R_2}$$

Tiek "izdalīts" rezistīvo elementu spriegums

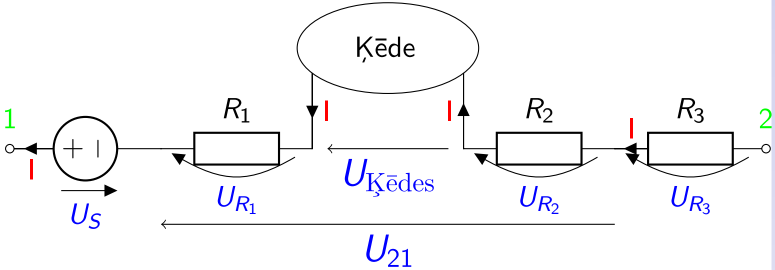
To mēs daram **tikai virknes** slēgumam (posmam) vai zaram

Strāva plūst no $\varphi_1$ uz $\varphi_2$




SpA strāvas virziena sakrīt ar zara strāvas virzienu, tāpēc ir "+", pretējā gadījumā būtu "-"

# Piemērs Nr.1

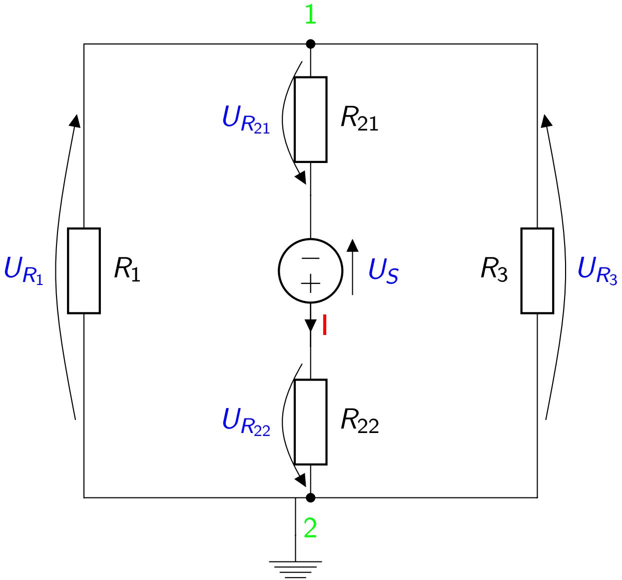



$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + U_{\text{Ķēdes}} + U_S}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Aprēķinot strāvu var ņemt vērā arī rezistoru spriegumu kritumus

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + U_{\text{Ķēdes}} + U_S - U_{R_2}}{R_1 + R_2 + R_3}$$

# Piemērs Nr.2



# Piemērs Nr.2



ZSM - 3 vienādojumi
KSM - 2 vienādojumi

---

MSM - **1** vienādojums

$$n_1 = m - 1 - z_{tikaiU_S}$$

| | | |
|---|---|---|
| $I_1 = \frac{\varphi_2-\varphi_1}{R_1} = (\varphi_2 - \varphi_1)\cdot G_1$ | $I_2 = \frac{\varphi_1-\varphi_2+U_S}{R_{21}+R_{22}} = (\varphi_1 - \varphi_2 + U_S)\cdot G_2$ | $I_3 = \frac{\varphi_2-\varphi_1}{R_3} = (\varphi_2 - \varphi_1)\cdot G_3$ |
| $G_1 = \frac{1}{R_1}$ | $G_2 = \frac{1}{R_{21}+R_{22}}$ | $G_3 = \frac{1}{R_3}$ |

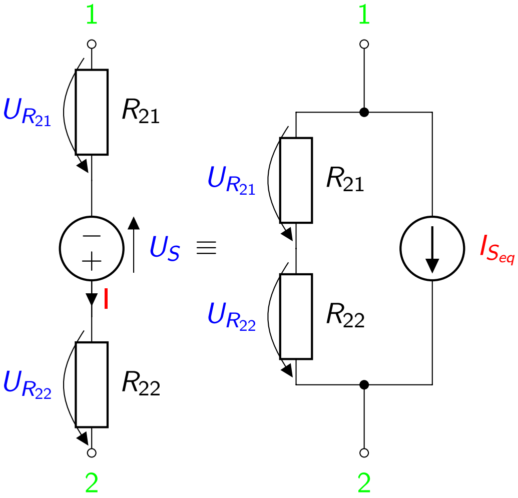
Sākumā zara kopējā pretestība un tad vadītspēja

1. mezglā pielieto KStL: $-I_1 + I_2 - I_3 = 0$

$$-(\varphi_2 - \varphi_1)\cdot G_1 + (\varphi_1 - \varphi_2 + U_S)\cdot G_2 - (\varphi_2 - \varphi_1)\cdot G_3$$

# Piemērs Nr.2

Sprieguma avotu ķēdē var pārveidot par strāvas avotu




$$I_{S_{eq}} = \frac{U_S}{R_{21}+R_{22}} = U_S \cdot G_2$$

# Piemērs Nr.2

Mezglam pievienoto zaru vadītspēju summa

Aprakstāmā mezgla un cita mezgla savienojošo zaru vadītspēju summa

$$\varphi_1 \cdot \overbrace{(G_1 + G_2 + G_3)} - \varphi_2 \cdot \overbrace{(G_1 + G_2 + G_3)} = -U_S \cdot G_2$$

Potenciāls, kurš tiek apakstīts vienmēr ir ar "+" zīmi

Visu pārējo mezglu potenciāli tiek aprakstīti ar "-" zīmi

Mezglam pievienoto StA vai ekvivalento StA vērtību summa. Jāņem vērā avota virziens!

# Piemērs Nr.2

Ķēdē viens mezgls (jebkurā vietā) var tikt izvēlēts par bāzes mezglu (atskaites punkts) ar jebkādu potenciāla vērtību.

$$\text{Parasti: } \varphi_{\text{bāzes}} = 0 \text{ V}$$

Ķēžu simulātori:

- LTSpice
- PSpice
- NGSpice
- u.c.

izmanto tieši MSM, tieši tāpēc simulātoros vienmēr pievieno zemi! ASND vai SND elementus.

# Piemērs Nr.2





Mūsu piemērā izvēlēsimies $\varphi_2 = 0$ V

$$\downarrow$$

$$\varphi_1 \cdot (G_1 + G_2 + G_3) = -U_S \cdot G_2$$

Viens nezināmais - viens vienādojums

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = |\varphi_2 = 0| = \varphi_1$$

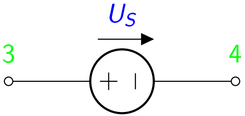
turpmāk neizmantosim ne $\varphi_1$, ne $U_{12}$, bet gan $U_1$, indeksam ir atzīmēts tikai mezgla numurs, bāzes mezgla numurs netiek rakstīts.

# MSM algoritms

**1.** Saskaitīt mezglu skaitu - m

**2.** Identificēt un saskaitīt zarus, kuros ir tikai SpA elements - $z_{tikai\ U_S}$

Ja mēs zinam $U_4$ un $U_S$, tad




$U_3 = U_4 + U_S$ Avots "dara" savu darbu - palielina potenciālu

Un otrādi $U_4 = U_3 - U_S$

**3.** Ja avotā ir atkarīgie avoti, tad avotu kontrolējošos lielumus izteiks caur potenciāliem (spriegumiem).

**4.** Izvēlēties bāzes mezglu!

**5.** Izmantojot KStL sagatavo vienādojumu sistēmu ar $n_1 = m - 1 - z_{tikai\ U_S}$ vienādojumiem un aprēķināt to.

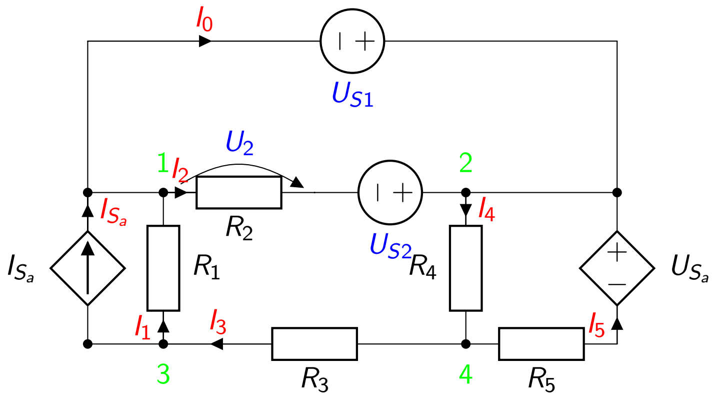
**6.** Aprēķināt strāvas izmantojot potenciālus (spriegumus).

# MSM aprēķina piemērs





$I_{S_a} = \frac{1}{2} \cdot U_2$ $\qquad$ $U_{S_a} = 2 \cdot I_3$



# MSM aprēķina piemērs

ZSM - 3 vienādojumi
KSM - 2 vienādojumi
MSM - **1** vienādojumi

---

**1.)** m = 4 $\qquad z_{tikai\ U_S} = 1$

**2.)** $n_1 = m - 1 - z_{U_S} = 2$

**3.)** $I_{S_a} = \frac{1}{2} \cdot U_2 = \frac{1}{2} \cdot I_2 \cdot R_2 =$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{U_1 - U_2 + U_{S_2}}{R_2} \right) \cdot R_2 = \frac{1}{2} \cdot (U_1 - U_2 + U_{S_2})$$

$$U_{S_a} = 2 \cdot I_3 = 2 \cdot \left( \frac{U_4 - U_3}{R_3} \right) = 2 \cdot (U_4 - U_3) \cdot G_3$$

**4.)** $U_1 = 0\ \text{V} \rightarrow U_2 = U_1 + U_S = U_S$

# MSM aprēķina piemērs



**5.)** 3, 4

$$\begin{cases} U_3 \cdot (G_1 + G_3 + 0) - U_4 \cdot G_3 - U_1 \cdot (G_1 + 0) - U_2 \cdot 0 = -I_{S_a} \\ -U_3 \cdot G_3 + U_4 \cdot (G_3 + G_4 + G_5) - U_1 \cdot 0 - U_2 \cdot (G_4 + G_5) = U_{S_a} \cdot G_5 \end{cases}$$

$I_{S_a}$ un $U_{S_a}$ vietā ievieto 3. punktā iegūtos apzīmējumus

$$\begin{cases} U_3 \cdot (G_1 + G_3) - U_4 \cdot G_3 = -\frac{1}{2} \cdot (-U_2 + U_{S_2}) \\ -U_3 \cdot G_3 + U_4 \cdot (G_3 + G_4 + G_5) = -2 \cdot G_3 \cdot G_5 \cdot (U_4 - U_3) + U_2 \cdot (G_4 + G_5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_3 \cdot (G_1 + G_3) - U_4 \cdot G_3 = -\frac{1}{2} \cdot (-U_2 + U_{S_2}) \\ -U_3 \cdot (G_3 + 2 \cdot G_3 \cdot G_5) + U_4 \cdot (G_3 + 2 \cdot G_3 \cdot G_5 + G_4 + G_5) = U_2 \cdot (G_4 + G_5) \end{cases}$$

**6.)** Piemēram $\quad I_5 = \frac{U_4 - U_2 + U_{S_a}}{R_5} = \frac{U_4 - U_2 + 2 \cdot I_3}{R_5} = \frac{U_4 - U_2 + 2 \cdot \frac{U_4 - U_3}{R_3}}{R_3}$

$I_0$ - tikai caur KStL!