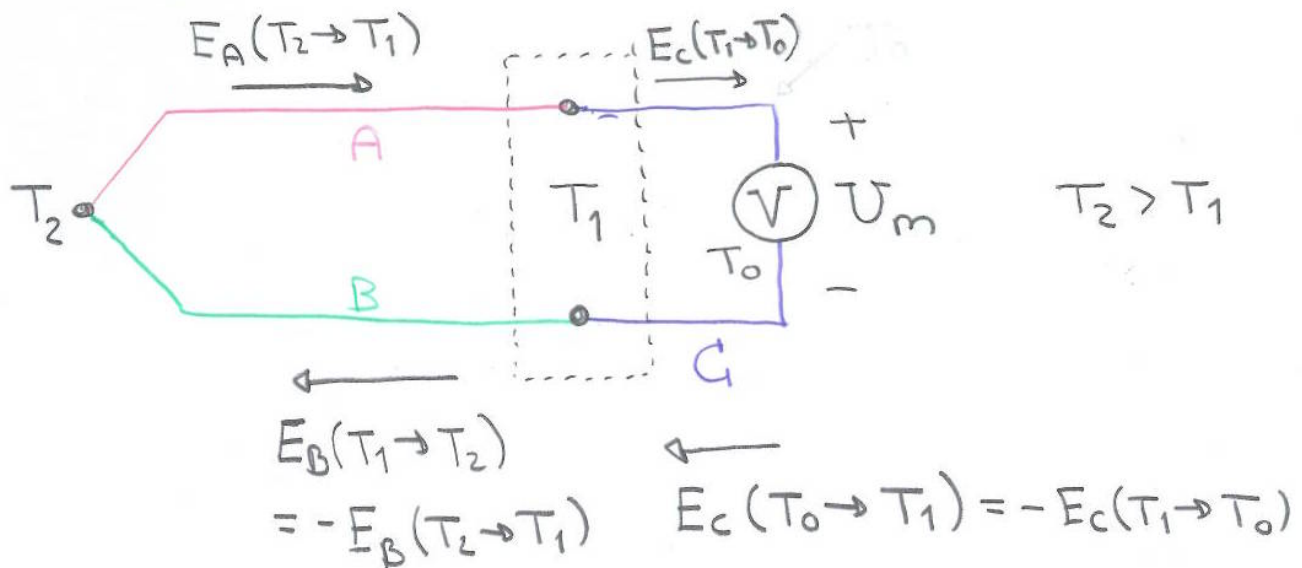


Introduktion till termoelement

Två trådar av olika material som är ihoplödade.

Temp. gradient skapar EMK $\Rightarrow$ används för temp. mätning



$$\begin{aligned} U_m &= -\cancel{E_C(T_1 \rightarrow T_0)} - E_B(T_2 \rightarrow T_1) + E_A(T_2 \rightarrow T_1) + \cancel{E_C(T_1 \rightarrow T_0)} \\ &= E_A(T_2 \rightarrow T_1) - E_B(T_2 \rightarrow T_1) \\ &= E_{AB}(T_2 \rightarrow T_1) \end{aligned}$$

Olinjärt samband mellan spänning & temp. $\Rightarrow$ använd tabell (appendix B i kursbok).

Obs! I tabell anges

$E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^\circ)$, men vad händer om $T_1 \neq 0^\circ\text{C}$ (t.ex. rumstemperatur)

ÖVNING 1

att räkna: 2.21,
2.24, 2.25, 3.5,
3.12

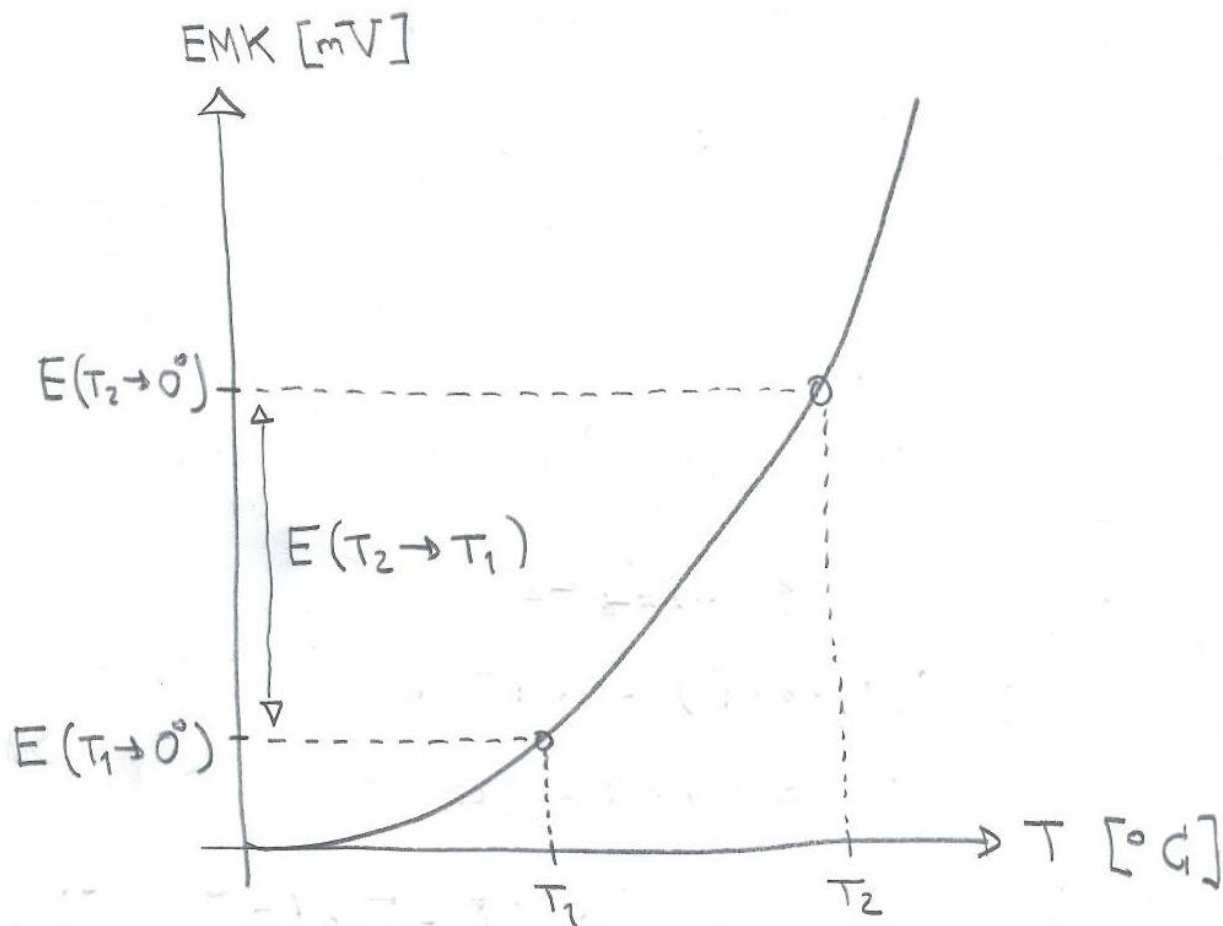
Rätt metod

$$E(T_2 \rightarrow 0^\circ) = E(T_2 \rightarrow T_1) + E(T_1 \rightarrow 0^\circ)$$

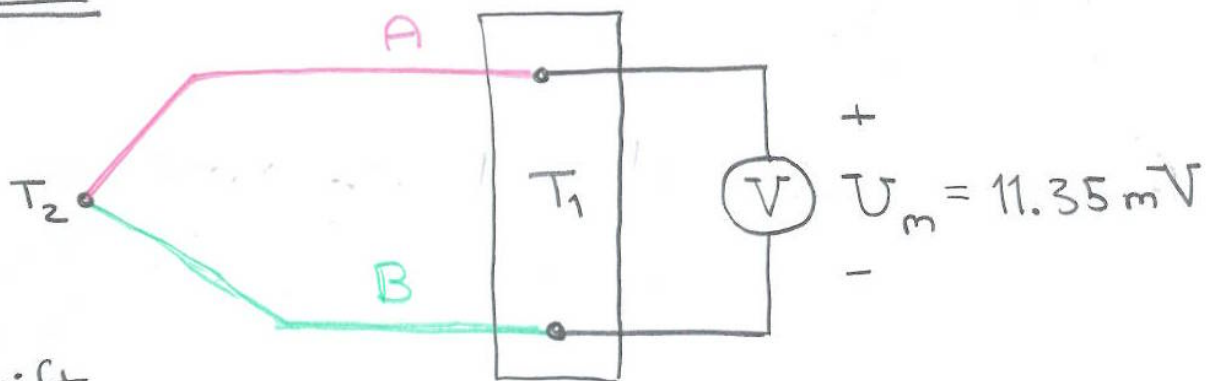
Fel metod (boken)

$$E(T_2 \rightarrow T_1) \neq E(T_2 - T_1 \rightarrow 0^\circ) \leftarrow \text{Fel!}$$

Olinjärt samband mellan EMK & temp.



2.21



Uppgift

Bestäm T_2 om

a) $T_1 = 0^\circ \text{C}$

b) $T_2 = 20^\circ \text{C}$

Lösning

a) $U_m = E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^\circ) = 11.35 \text{ mV}$

App. B $\Rightarrow \underline{\underline{T_2 = 238^\circ \text{C}}}$

b) $U_m = E_{AB}(T_2 \rightarrow 20^\circ) = 11.35 \text{ mV}$

$= E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^\circ) - E_{AB}(20^\circ \rightarrow 0^\circ)$

$\Rightarrow E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^\circ) = 11.35 \text{ mV} + \underbrace{E_{AB}(20^\circ \rightarrow 0^\circ)}$

$= 12.14 \text{ mV}$

$= 0.790 \text{ mV}$

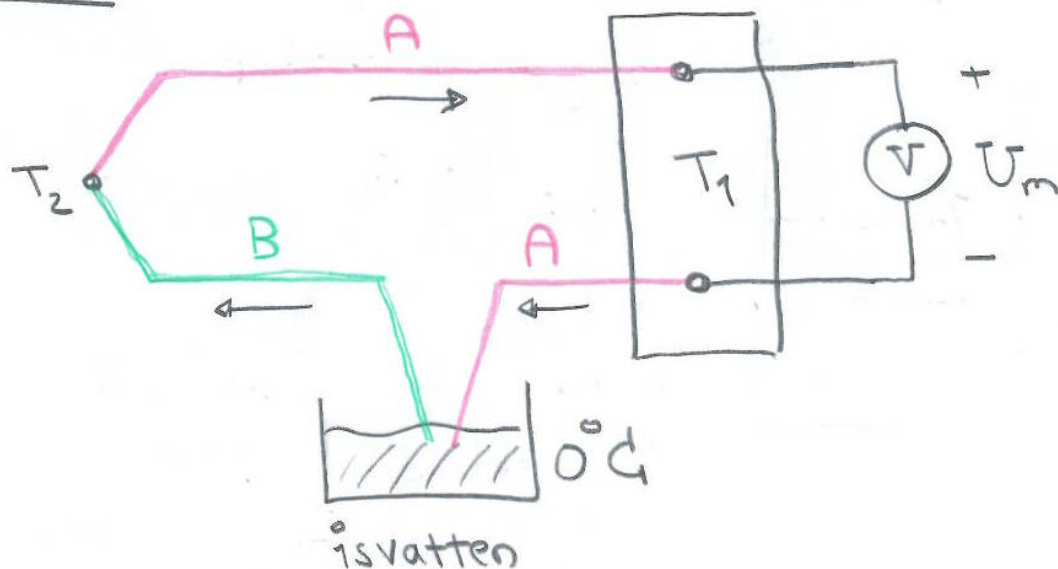
(från app. B)

App. B $\Rightarrow \underline{\underline{T_2 = 252^\circ \text{C}}}$

↗ obs!

Fel i facit.

2.24



Fråga

Vad är fördelen med denna koppling?

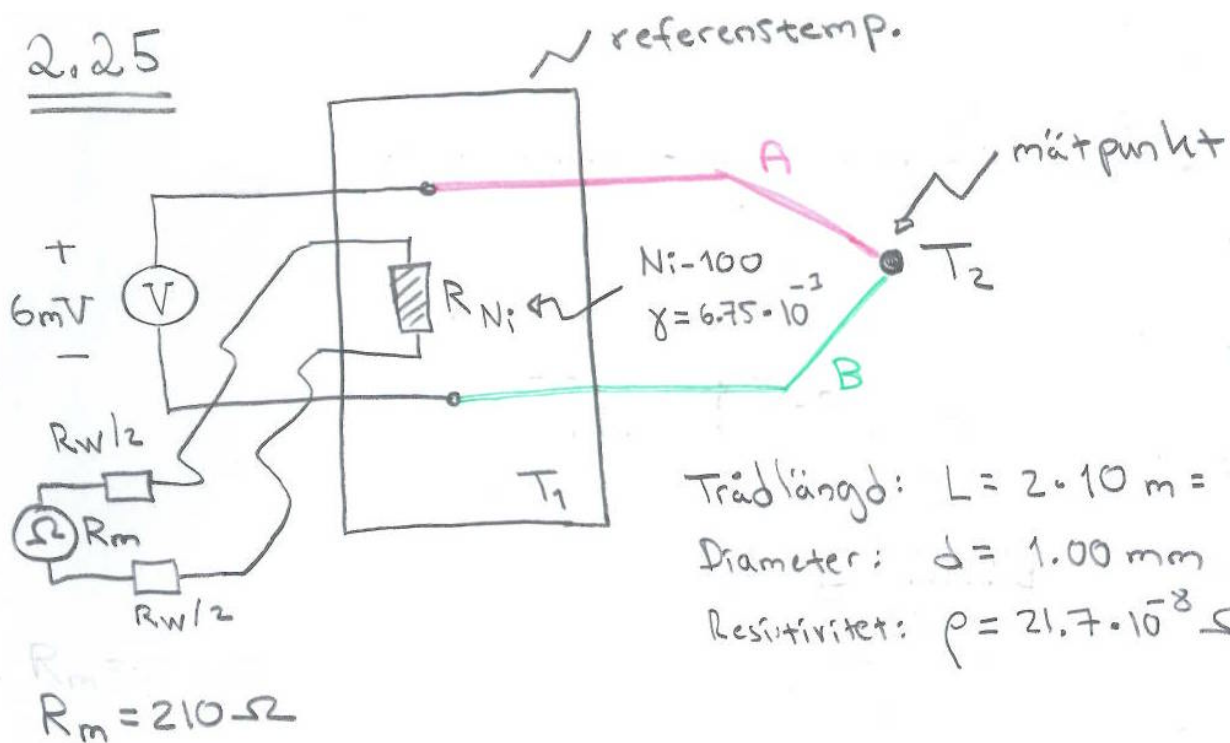
Lösning

$$\begin{aligned}U_m &= E_A(T_1 \rightarrow 0^\circ) + E_B(0^\circ \rightarrow T_2) + E_A(T_2 \rightarrow T_1) \\&= E_A(T_2 \rightarrow 0^\circ) + E_B(0^\circ \rightarrow T_2) \\&= E_A(T_2 \rightarrow 0^\circ) - E_B(T_2 \rightarrow 0^\circ) \\&= E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^\circ)\end{aligned}$$

Mätningen beror ej på referenstemp. T_1 !

Lätt att slå upp i tabell, T_1 behöver ej mätas.

2.25



Uppgift

Vilken temp. har vi i mätpunkten?

Lösning

Vi gör tre st. olika mätningar

1. Resistansmätning med tvåtrådsmetoden.
2. Mätning av ref. temp. med Ni-100 (motståndstemp.)
3. Mätning av temp. i mätpunkt med typ-T termoelem.

1. Tvåtrådsmetoden $\Rightarrow$ mäter även resistans i trådarna.

$$R_m = R_{Ni} + R_W \Rightarrow R_{Ni} = R_m - R_W$$

$$R_W = \rho \frac{L}{A} = \frac{\rho L}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \frac{\rho L}{\pi \frac{d^2}{4}} = \rho \frac{4L}{\pi d^2}$$
$$= 21.7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{4 \cdot 20}{\pi \cdot 10^{-6}} = 5.5 \Omega$$

$$\Rightarrow R_{Ni} = R_m - R_W = 210 \Omega - 5.5 \Omega = \underline{\underline{204.5 \Omega}}$$

2.

$$R_{Ni} = 100(1 + \gamma T_1), \quad \gamma = 6.75 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow T_1 &= \frac{1}{\gamma} \left(\frac{R_{Ni}}{100} - 1 \right) \\ &= \frac{1}{6.75 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{204.5}{100} - 1 \right) \\ &= \underline{\underline{154.81 \text{ } ^\circ\text{C}}} \end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned} U_m &= E_{AB}(T_2 \rightarrow T_1) \\ &= E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^\circ) - E_{AB}(T_1 \rightarrow 0^\circ) \end{aligned}$$

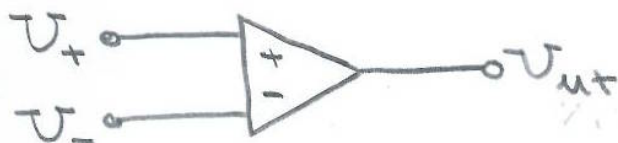
$$\begin{aligned} \Rightarrow E_{AB}(T_2 \rightarrow 0^\circ) &= \underbrace{U_m}_{= 6 \text{ mV}} + \underbrace{E_{AB}(T_1 \rightarrow 0^\circ)}_{\approx 6.956 \text{ mV}} \\ &= 12.956 \text{ mV} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{T_2 = 267 \text{ } ^\circ\text{C}}} \quad \leftarrow \text{från app. B i kursboken.}$$

Introduktion till CMRR

$$CMRR = 20 \log_{10} \left| \frac{F_{NM}}{F_{CM}} \right|$$

Förstärkare



Normalmodsspänning

$$V_{NM} = V_+ - V_-$$

Normalmodsförstärk.

$$= F_{NM}$$

Vi vill att: normal-mode

$$V_{ut} = F_{NM} (V_+ - V_-) = F_{NM} V_{NM}$$

I verkligheten:

$$V_{ut} = F_{NM} V_{NM} + \underbrace{F_{CM} V_{CM}}_{\text{ej önskvärt}}$$

common-mode

pga. obalans i komponentvärden (t.ex. resistorer och icke-ideala OP-ampar).

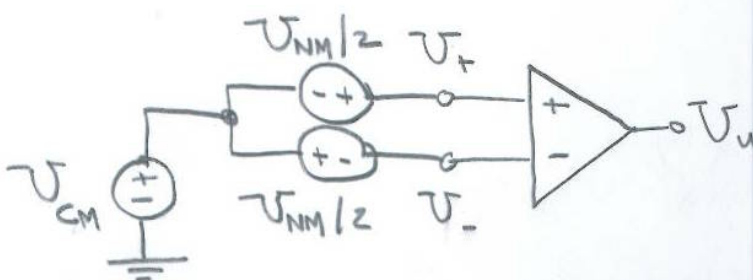
där V_{CM} är den gemensamma spänningen på V_+ och V_- .

$$V_{CM} = \frac{V_+ + V_-}{2}$$

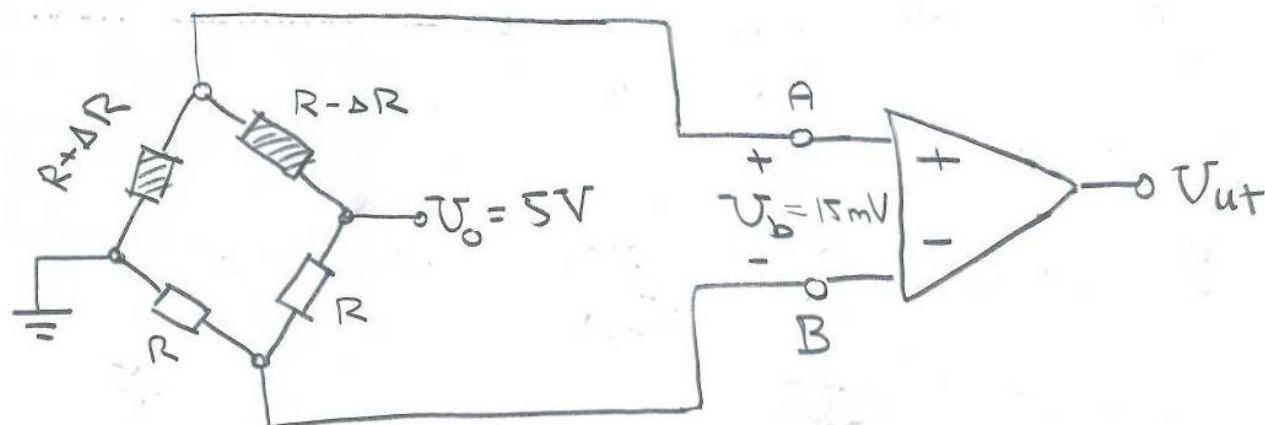
Alla signaler kan skrivas som summa av CM- och NM-signaler.

$$\begin{aligned} V_+ &= \frac{V_+}{2} + \frac{V_+}{2} + \frac{V_-}{2} - \frac{V_-}{2} = \frac{V_+ + V_-}{2} + \frac{V_+ - V_-}{2} \\ &= V_{CM} + V_{NM}/2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_- &= \frac{V_-}{2} + \frac{V_-}{2} + \frac{V_+}{2} - \frac{V_+}{2} = \frac{V_+ + V_-}{2} - \frac{V_+ - V_-}{2} \\ &= V_{CM} - V_{NM}/2 \end{aligned}$$



3.5 Wheatstonebrygga & instrumentförstärkare



 = föjningsgivare

 = resistor

Uppgift

Bestäm vilket CMRR som krävs för att mätfelet på grund av U_0 ska vara mindre än 0.5%.

Lösning

Spänningsdelning $\Rightarrow$

$$\bullet U_B = \frac{R}{2R} U_0 = \frac{1}{2} U_0 = 2.5V$$

$$\bullet U_A = \frac{R + \Delta R}{2R + \Delta R - \Delta R} = \underbrace{\frac{R}{2R} U_0}_{= 2.5V} + \underbrace{\frac{\Delta R}{2R} U_0}_{= U_B = 15mV}$$

Vad är U_{NM}, U_{CM} ?

$$U_{NM} = U_A - U_B = \cancel{2.5V} + U_B - \cancel{2.5V} = U_B = 15mV$$

$$U_{CM} = \frac{U_A + U_B}{2} \approx 2.5V$$

Instrument-förstärkare :

$$U_{ut} = F_{NM} U_{NM} + \underbrace{F_{CM} U_{CM}}_{\text{störning}}$$

$$CMRR = 20 \log_{10} \left| \frac{F_{NM}}{F_{CM}} \right|$$

Vi vill att:

$$F_{CM} < 0.005 \cdot F_{NM} \cdot \frac{U_{NM}}{U_{CM}}$$

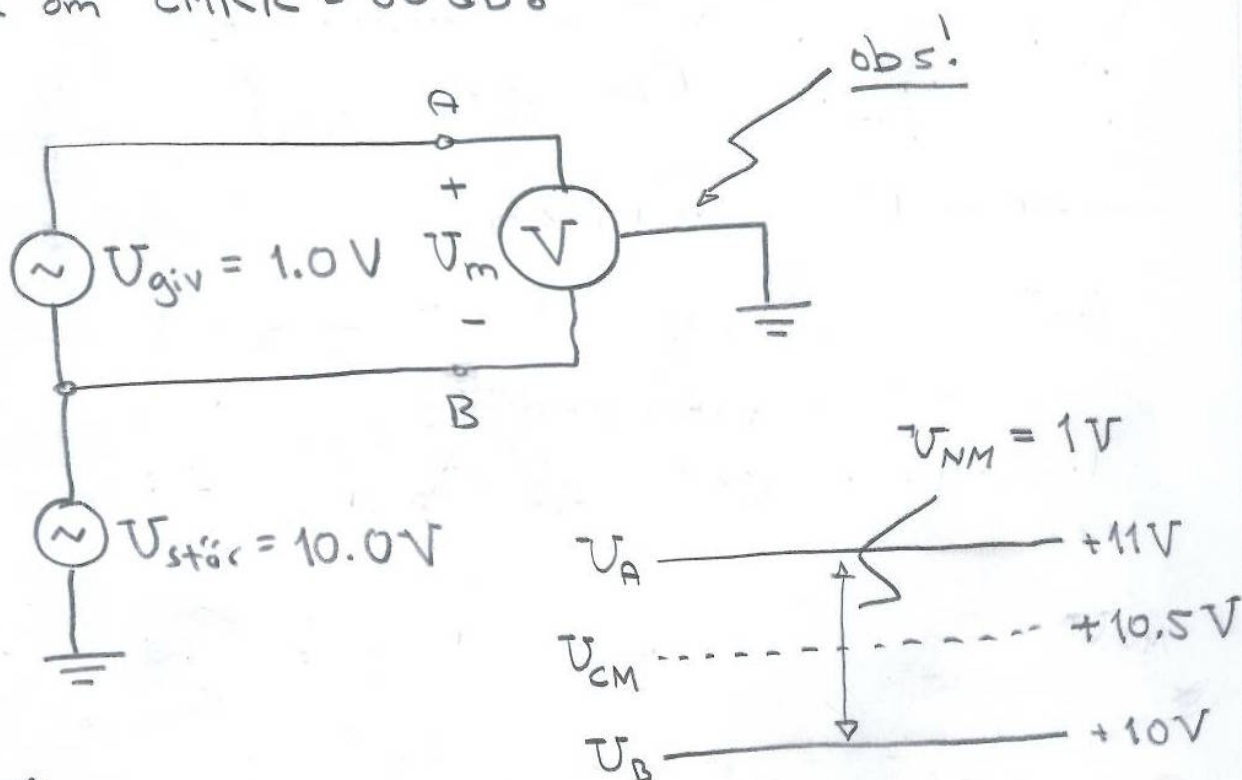
$$\Rightarrow \frac{F_{NM}}{F_{CM}} > \frac{U_{CM}}{0.005 \cdot U_{NM}} = \frac{2.5}{0.005 \cdot 15 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^5}{3}$$

$$\Rightarrow CMRR > 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{10^5}{3} \right) = 90.45$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{CMRR > 91 \text{ dB}}} \quad (\text{avrunda uppåt})$$

3.12

Vilken spänning kommer voltmeteren att visa om $\text{CMRR} = 60 \text{ dB}$?



Lösning

$$\left. \begin{array}{l} U_A = U_{\text{stör}} + U_{\text{giv}} \\ U_B = U_{\text{stör}} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} U_{\text{NM}} = U_A - U_B = 1 \text{ V} \\ U_{\text{CM}} = \frac{U_A + U_B}{2} = 10.5 \text{ V} \end{array}$$

Voltmeteren förstärker inte signalen $\Rightarrow F_{\text{NM}} = 1$.

$$\text{CMRR} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{F_{\text{NM}}}{F_{\text{CM}}} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{F_{\text{CM}}} \right)$$

$$\Rightarrow F_{\text{CM}} = 10^{-\frac{\text{CMRR}}{20}} = 10^{-\frac{60}{20}} = 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow U_m &= F_{\text{NM}} U_{\text{NM}} + F_{\text{CM}} U_{\text{CM}} \\ &= 1 \cdot 1 + 10^{-3} \cdot 10.5 \\ &= \underline{\underline{1.015 \text{ V}}} \end{aligned}$$