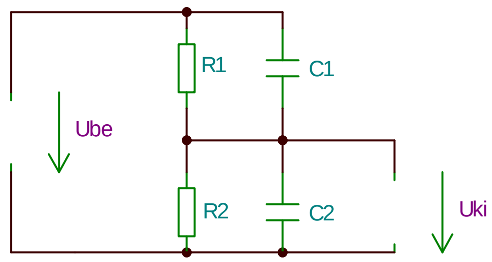
Mérőkapcsolások – 5. fejezet

/Elmélet & Képletgyűjtemény/

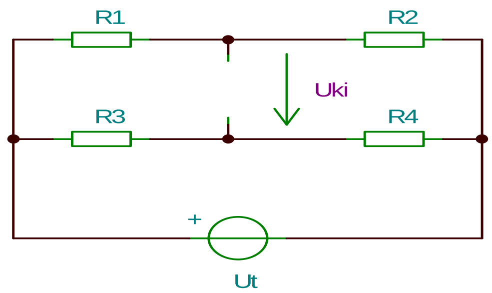
1. Kompenzált osztó:



$$a = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

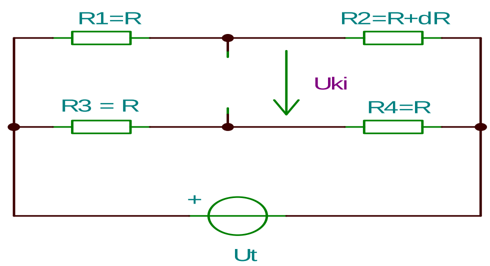
$$\tau_1 = \tau_2 \quad \Rightarrow \quad R_1 \cdot C_1 = R_2 \cdot C_2$$

2. Hídkapcsolás:



Alapértelmezett esetben: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$, a híd kimeneti fezsültsége kiegyenlített állapotban 0V.

I. 1. eset – Egy ellenállás változik



$$U_{ki} = U_T \cdot \left(\frac{R + dR}{R + R + dR} - \frac{R}{R + R} \right) = U_T \cdot \left(\frac{2 \cdot R \cdot (R + dR) - (2 \cdot R + dR) \cdot R}{2 \cdot R \cdot (2 \cdot R + dR)} \right)$$

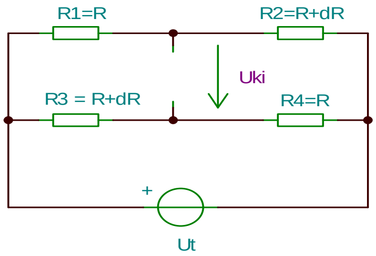
$$U_{ki} = U_T \cdot \left(\frac{2 \cdot R^2 + 2 \cdot R \cdot dR - (2 \cdot R^2 + R \cdot dR)}{4 \cdot R^2 + 2 \cdot R \cdot dR)} \right) = U_T \cdot \left(\frac{R \cdot dR}{4 \cdot R^2 + 2 \cdot R \cdot dR)} \right)$$

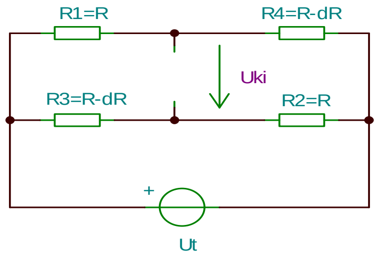
$$U_{ki} \cong \frac{U_T}{4} \cdot \frac{R \cdot dR}{R^2} = \frac{U_T}{4} \cdot \frac{dR}{R} = \frac{U_T}{4} \cdot h_R$$

Ahol h_R az ellenállásbélyeg megváltozása.

II. 2. eset – Két ellenállás változik ugyanolyan irányban

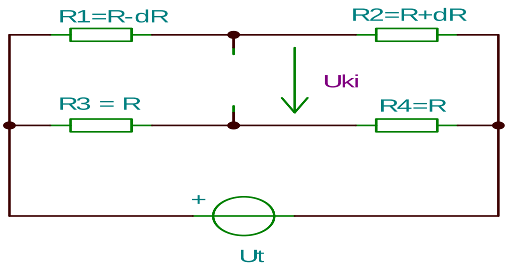
Ebben az esetben két eset lehetséges, vagy mindkét ellenállás csökken, vagy mindkét ellenállás nő (lásd alábbi ábrán):





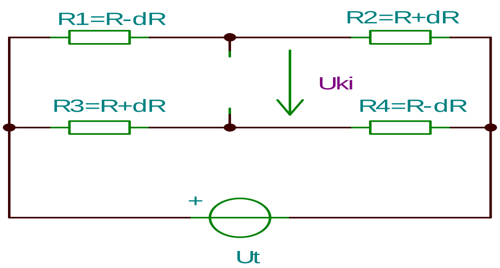
$$U_{ki} = U_T \cdot \left(\frac{R+dR}{R+R+dR} - \frac{R}{R+R+dR} \right) = U_T \cdot \left(\frac{dR}{2 \cdot R + dR} \right) \cong \frac{U_T}{2} \cdot \frac{dR}{R} = \frac{U_T}{2} \cdot h_R$$

III. 3. eset – Két ellenállás változik ellentétes irányban



$$U_{ki} = U_T \cdot \left(\frac{R+dR}{R-dR+R+dR} - \frac{R}{R+R} \right) = U_T \cdot \left(\frac{dR}{2 \cdot R} \right) = \frac{U_T}{2} \cdot \frac{dR}{R} = \frac{U_T}{2} \cdot h_R$$

IV. 4. eset – Mind a négy ellenállás változik



$$U_{ki} = U_T \cdot \left(\frac{R+dR}{R-dR+R+dR} - \frac{R-dR}{R+dR+R-dR} \right) = U_T \cdot \left(\frac{2 \cdot dR}{2 \cdot R} \right) = U_T \cdot \frac{dR}{R} = U_T \cdot h_R$$

Példák

/8. hét/

5.11. feladat

Egy tartószerkezetre ható erőt nyúlásmérő ellenállásokkal mérnek, de takarékossági okokból csak két, azonos típusú és néveleges értékű ellenállást szerelnek fel. Az ellenállásokat úgy helyezik el, hogy az egyik megnyúlik (ellenállása nő), a másik összenyomódik (ellenállása csökken). Az ellenállásokat hídkapcsolásban működtetik, úgy hogy a hídkapcsolás másik két eleme közönséges ellenállás. A hidat feszültséggenerátorral gerjesztik.

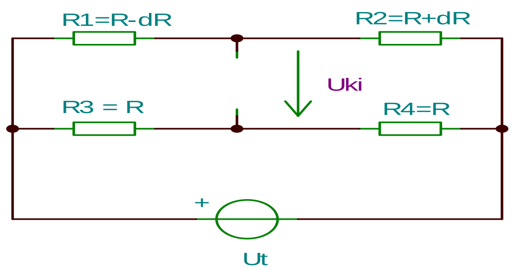
a) Rajzoljuk le, hogyan kell elhelyezni a kapcsolásban a nyúlásmérő ellenállásokat, hogy a híd kimenő feszültsége az ellenállás-változás lineáris függvénye legyen.
b) Terheletlen rendszer esetén a híd kimenőfeszültsége zérus. Mekkora a híd kimenőfeszültsége, ha a gerjesztő feszültség U_T=10V, az ellenállások néveleges értéke R=400Ω, a nyúlásmérő ellenállások relatív megváltozása pedig 0.2%.
c) Mekkora a mérés relatív hibája, a hibakomponensek worst case alapú összegzésével, ha a nyúlásmérő ellenállások tűrése 0.2%, a közönséges ellenállásoké pedig 0.5%.

Megoldás:

Jelölések:

- Nyúlásmérő bélyegek: R_I
- Nyúlásmérő bélyegek relatív megnyúlása: h_R
- Nyúlásmérő bélyegek relatív véletlen hibája: h_I
- Közönséges ellenállások: R_{II}
- Közönséges ellenállások relatív véletlen hibája: h_{II}
- Kimeneti feszültség: U_{ki}
- Kimeneti feszültség ofszet hibája az ellenállások miatt: U_{ki0}

a) Kapcsolási rajz:



b) U_{ki} meghatározása:

$$U_{ki} = U_T \cdot \left(\frac{R_I + dR_I}{R_I - dR_I + R_I + dR_I} - \frac{R_{II}}{R_{II} + R_{II}} \right) =$$

$$U_{ki} = U_T \cdot \left(\frac{R_I + dR_I}{2 \cdot R_I} - \frac{1}{2} \right) = U_T \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{dR_I}{2 \cdot R_I} - \frac{1}{2} \right) =$$

$$U_{ki} = \frac{U_T}{2} \cdot \frac{dR_I}{R_I} = \frac{U_T}{2} \cdot h_R = \underline{\underline{10mV = U_{ki}}}$$

c) Mérés hibájának meghatározása:

I. megoldás (lásd példatár megoldásában is):

Ha eltekintünk attól, hogy az egyik ágban nyúlásmérő bélyegek vannak, és csak az ellenállások relatív véletlen hibájából adódó dR változásokra koncentrálunk, akkor a legrosszabb esetben (w.c.), az egyik ágban az U_T pozitív pólusától indulva az első ellenállás csökken, a második nő, míg a másik ágban, szintén U_T pozitív pólusától indulva az első ellenállás nő, a második pedig csökken. Ugyanis ebben az esetben tolódik el a szimmetria a legjobban (természetesen ez az eset úgyis fennállhat, ha az egyik ágban az U_T pozitív pólusától indulva az első ellenállás nő, a második csökken, míg a másik ágban, szintén U_T pozitív pólusától indulva az első ellenállás csökken, a második pedig nő). Ez az eset viszont nem más, mint a hídkapcsolás azon esete, amikor is mind a 4 ellenállás változik, amire tudjuk, hogy

$$U_{ki0} = U_T \cdot h_e$$

Jelen esetben a h_e nem más, mint a két különböző típusú ellenállás relatív véletlen hibájának a súlyozott összege:

$$h_e = \frac{1}{2} \cdot h_I + \frac{1}{2} \cdot h_{II} \Rightarrow U_{ki0} = U_T \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_I + \frac{1}{2} \cdot h_{II} \right) = \underline{35mV = U_{ki0}}$$

<u>II. megoldás</u>:

$$U_{ki0} = U_T \cdot \left(\frac{R_I + dR_I}{R_I - dR_I + R_I + dR_I} - \frac{R_{II} - dR_{II}}{R_{II} + dR_{II} + R_{II} - dR_{II}} \right) =$$

$$U_{ki0} = U_T \cdot \left(\frac{R_I + dR_I}{2 \cdot R_I} - \frac{R_{II} - dR_{II}}{2 \cdot R_{II}} \right) = U_T \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dR_I}{R_I} - \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dR_{II}}{R_{II}} \right) =$$

$$U_{ki0} = U_T \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{dR_I}{R_I} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dR_{II}}{R_{II}} \right) = U_T \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot h_I + \frac{1}{2} \cdot h_{II} \right)$$

$$\underline{\left| U_{ki0} \right| = 35mV}$$

A mérés hibája az alapján, hogy a b) pontban 10mV-os kimeneti feszültséget kaptunk eredményül:

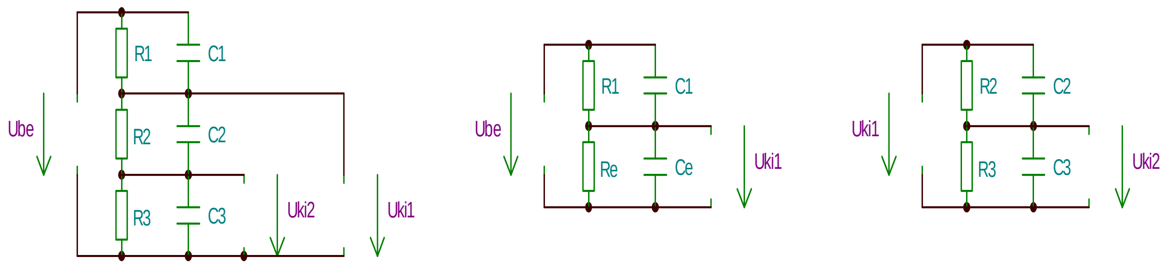
$$h_U = \left| \frac{U_{ki0}}{U_{ki}} \right| = 3.5 = \underline{\underline{350\% = h_U}}$$

5.21. feladat

Építsünk 3 ellenállásból álló kompenzált osztót, amelynek osztásarányai rendre 0.2 és 0.04! A legalsó tag ellenállása R_3=1kΩ, és vele párhuzamosan 30pF kapacitás kapcsolódik.

<u>Megoldás</u>:

1) A kompenzált osztó kapcsolási rajza:



Jól látható az ábra alapján is, hogy a megoldáshoz a 3 ellenállásból álló kompenzált osztót vissza vezetjük a 2 ellenállásból álló kompenzált osztó esetére. Előbb R_2, R_3, C_2 és C_3 elemekből álló kompenzált osztót vizsgáljuk, majd ennek eredőjét számolva kapjuk a másik osztó (R_1, C_1, R_e, C_e osztó) R_e és C_e elemeit, amiből már R_1 és C_1 is meghatározható.

2) Az osztási arányok:

$$\left.\begin{aligned} a_{12} &= \frac{U_{ki1}}{U_{be}} = 0.2 \\ a_{13} &= \frac{U_{ki2}}{U_{be}} = 0.04 \end{aligned}\right\} \Rightarrow a_{23} = \frac{U_{ki2}}{U_{ki1}} = \frac{a_{13}}{a_{12}} = 0.2$$

3) R_2 meghatározása:

$$a_{23} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad \Rightarrow \quad R_2 = R_3 \cdot \frac{1 - a_{23}}{a_{23}} = \underline{\underline{4k\Omega = R_2}}$$

4) C_2 meghatározása:

$$R_2 \cdot C_2 = R_3 \cdot C_3 \quad \Rightarrow \quad C_2 = C_3 \cdot \frac{R_3}{R_2} = \underline{\underline{7.5\,pF = C_2}}$$

5) R_1 meghatározása:

$$R_e = R_2 + R_3 = 5k\Omega$$

$$a_{12} = \frac{R_1}{R_1 + R_e} \quad \Rightarrow \quad R_1 = R_e \cdot \frac{1 - a_{12}}{a_{12}} = \left(R_2 + R_3\right) \cdot \frac{1 - a_{12}}{a_{12}} = \underline{\underline{20k\Omega = R_1}}$$

6) C_1 meghatározása:

$$C_e = C_2 \times C_3 = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = 6\,pF$$

$$R_1 \cdot C_1 = R_e \cdot C_e \quad \Rightarrow \quad C_1 = C_e \cdot \frac{R_e}{R_1} = \underline{\underline{1.5\,pF = C_2}}$$