

MŮSTKOVÉ METODY

Velmi často u snímačů se setkáváme s jevem, že snímače mají značně velikou základní hodnotu (odpor, délka, aj.), ale změny jež snímače měří jsou velmi malé 1% - 1‰ i menší (např. změna odporu na teplotě aj.). Tyto malé změny jsou těžko měřitelné. Proto se používá můstkové zapojení snímačů.

Můstek má základní funkci v tom, že provádí **rozdíl** signálu mezi dvěma body C - D – takže výstup je úměrný změnám a konstantní velké hodnoty se eliminují. Častým doplňkem můstků je zesilovač (u moderního snímače je přímo zabudován), jehož hlavním úkolem je zesílit malá rozdílová napětí, zmenšit výstupní impedanci a provést unifikaci výstupního signálu

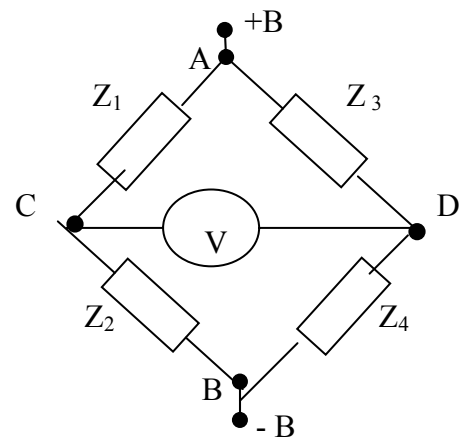
Vlastnosti unifikace:

napětíový výstup – $U = 0 \div \pm 10$ V, vhodný pro velkou vzdálenost, ale náchylnost k rušení (desítky km)

proudový výstup – $I = 0$ či $4 \div 20$ mA, menší vzdálenost (km), malé rušení a navíc může tento snímač kontrolovat přerušení smyčky.

Zapojení můstku:

Označení impedancí Z znamená, že mohou představovat jednotlivé součástky R,L,C i jejich kombinace



Můstky dělíme:

stejnoseměrné zdroj napětí U_B 5 ÷ 10 V,
nebo zdroj proudu

střídavé $\sim U_B = 1 \div 5$ V, $f = 5 \div 100$ kHz

impulzové – více můstků, jedna aparatura, přepínač

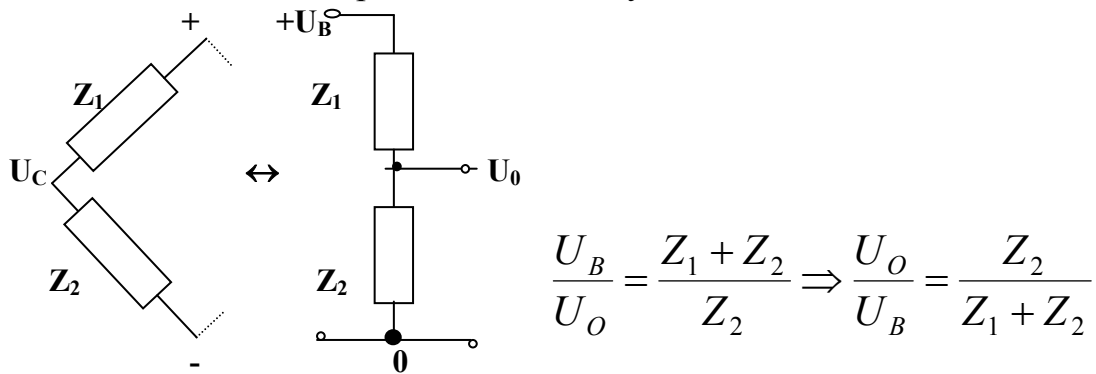
vyvážené – kompenzujeme odporem na 0 (kompenzační)

nevyvážené – měříme velikost rozvážení můstku

můstek má dvě úhlopříčky A – B napájecí (+B a –B)

C – D měřicí

Při řešení můstku vycházíme z řešení klasického děliče napětí:
pomocí Kirhoffových zákonů můžeme dělič řešit:



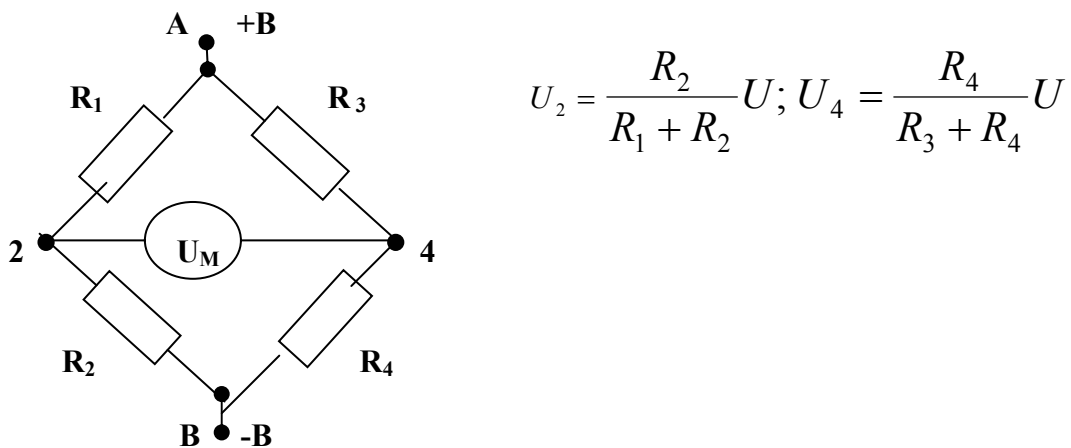
Napětí úbytky na odporech je úměrné dle velikosti jejich odporů (impedancí).

$$U_0 = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} U_B$$

Vyvážený můstek měří tak, že vyvažujeme některým odporem můstek tak, aby napětí (či proud) na měřící diagonále bylo nulové. Velikost odporu pak odpovídá měřené veličině. Toto vyvažování se provádí často automaticky a dosahuje se velké přesnosti, ale v praxi se používá málo.

Nevyvážený můstek se používá v praxi velmi často, protože výstupní napětí je přímo úměrné měřené veličině. V současnosti je kvalitní a citlivá zpracující technika, vysoký vstupní odpor, takže se můstky měří naprázdno.

Výpočet nevyváženého můstku Ve skriptech je uveden výpočet je-li R_V (zatěžovací odpor) konečný, avšak zesilovače či měřící přístroje mají $R_V \rightarrow \infty$, tím se výpočet můstku zjednoduší:



Přiložíme-li měřící přístroj ke svorkám 2 a 4 (do měřící diagonály), tento ukáže rozdíl $U_M = U_2 - U_1$

S použitím výpočtu pro dělič napětí můžeme zjistit podmínku rovnováhy

$$U_M = U_2 - U_4 = U \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) = \frac{R_2(R_3 + R_4) - R_4(R_1 + R_2)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U =$$

$$\frac{R_2 R_3 + R_2 R_4 - R_1 R_4 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U = \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} U$$

podmínka rovnováhy: $U_M = 0$ (čitatel zlomku = 0, z toho plyne $\underline{R_2 R_3 = R_1 R_4}$. Často se v můstku používají stejné odpory :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_0; \text{ je-li např. měřící odpor } R_1 = R_0 + \Delta R$$

kde ΔR vyjadřuje malou měřenou veličinu pak se výsledný vztah zjednoduší

$$U_M = U \cdot \frac{R_0 \cdot R_0 - (R_0 + \Delta R) \cdot R_0}{(R_0 + \Delta R + R_0) \cdot 2R_0} = \frac{-\Delta R}{4R_0 + 2\Delta R} \cdot U \rightarrow 0$$

(při tomto předpokladu vznikne nepřesnost)

$$U_M = \frac{\Delta R}{4R_0} \cdot U \Rightarrow \text{citlivost můstku } K = \frac{\Delta U_M}{\Delta R} = \frac{U}{4R} \left[\frac{V}{\Omega} \right].$$

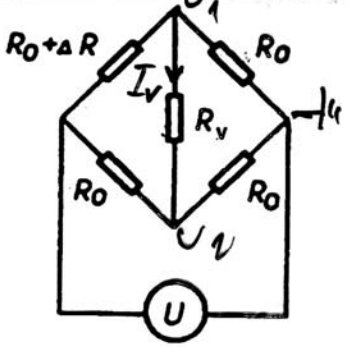
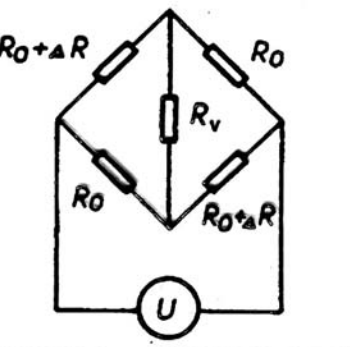
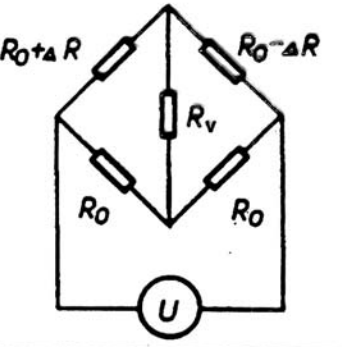
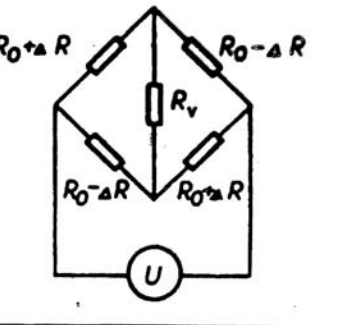
Velikost napětí U_M je odvislé též podle počtu měřících odporů např. jsou-li všechny čtyři odpory měřící, pak

$$U_M = \frac{(R_0 + \Delta R)^2 - (R_0 - \Delta R)^2}{(R_0 - \Delta R + R_0 + \Delta R)(R_0 + \Delta R + R_0 - \Delta R)} U =$$

$$\frac{R_0^2 + 2\Delta R R_0 + \Delta R^2 - R_0^2 + 2\Delta R R_0 - \Delta R^2}{4R_0^2} U = \frac{4R_0 \Delta R}{4R_0^2} U = \frac{\Delta R}{R_0} U$$

$$U_M = \frac{\Delta R}{R_0} U - \text{není zde chyba způsobená velikostí } \Delta R.$$

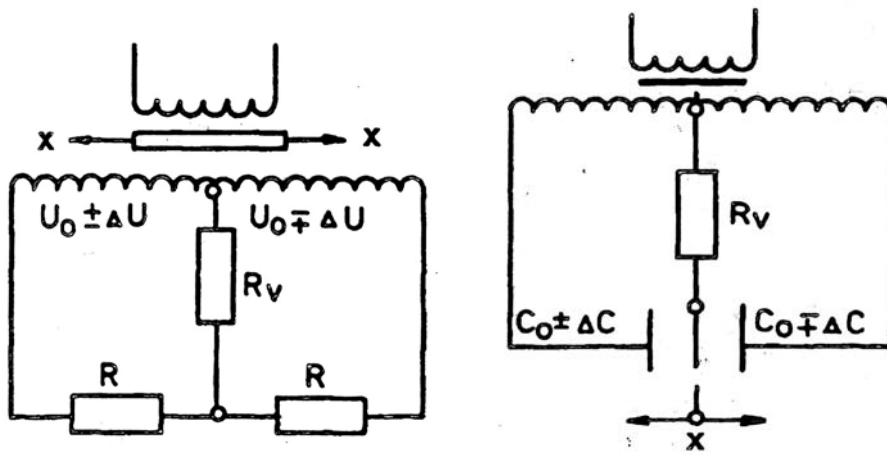
Pochopit v můstku měření, kompenzaci.

| Zapojení | Proud v úhlopříčce | Citlivost můstku |
|---|---|---|
|  | $I_v = \frac{U}{R_0} \frac{\pm \Delta R}{4(R_v + R_0)}$ $I_v = I_0 \frac{\pm \Delta R}{4(R_v + R_0)}$ | $S_m = \frac{U}{4(R_v + R_0)}$ $S_m = I_0 \frac{R_0}{4(R_v + R_0)}$ |
|  | $I_v = \frac{U}{R_0} \frac{2\Delta R}{4(R_v + R_0)}$ $I_v = I_0 \frac{2\Delta R}{4(R_v + R_0)}$ | $S_m = \frac{2U}{4(R_v + R_0)}$ $S_m = I_0 \frac{2R_0}{4(R_v + R_0)}$ |
|  | $I_v = \frac{U}{R_0} \frac{2\Delta R}{4(R_v + R_0)}$ $I_v = I_0 \frac{2\Delta R}{4(R_v + R_0)}$ | $S_m = \frac{2U}{4(R_v + R_0)}$ $S_m = I_0 \frac{2R_0}{4(R_v + R_0)}$ |
|  | $I_v = \frac{U}{R_0} \frac{4\Delta R}{4(R_v + R_0)}$ $I_v = I_0 \frac{4\Delta R}{4(R_v + R_0)}$ | $S_m = \frac{4U}{4(R_v + R_0)}$ $S_m = I_0 \frac{4R_0}{4(R_v + R_0)}$ |

Střídavé můstky napájené střídavým nejčastěji sinusovým napětím.

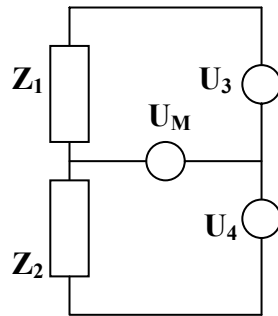
Zde místo R napíšeme Z. S použitím Eulerových vzorců získáme dvě podmínky rovnováhy $|Z_2| \cdot |Z_3| = |Z_1| \cdot |Z_4|$ - odporová

$\varphi_2 + \varphi_3 = \varphi_1 + \varphi_4$ - fázová



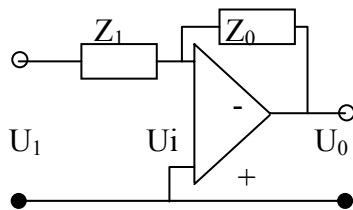
Diferenciální můstky: používají se často u kapacitních, indukčních snímačů

Půlmůstek



Kapacity či indukčnosti jsou obvykle zapojeny do půlmůstku a měřená veličina ovlivňuje hodnoty Z_1 a Z_2 opačně. Další půlmůstek je vytvořen pomocí přesných odporů, zabudovaných často do aparatury, nebo je vytvořen pomocí dvou proti sobě zapojených přesných napěťových zdrojů.

Zesilovač – operační (řeší matemat. funkce) vlastnosti $A \rightarrow \infty, R_i \rightarrow \infty$ nekmitá, dolní propust (DP)



$$\frac{U_1 - U_i}{Z_1} + \frac{U_0 - U_i}{Z_0} = 0 \quad U_i = \frac{U_0}{A} \rightarrow 0$$

$$\frac{U_1}{Z_1} + \frac{U_0}{Z_0} = U_i \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_0} \right)$$

$$U_0 = -\frac{Z_0}{Z_1} U_1$$

vhodné i pro R