



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Výukové texty

pro předmět

Měřicí technika

(KKS/MT)

na téma

Podklady k principu měření můstkových metod

Autor: Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Podklady k principu měření můstkových metod

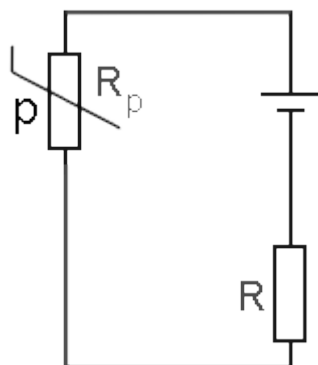
Můstkové zapojení měřicích součástek je elektronické zařízení, které převádí signál (převážně neelektrické veličiny - síla, teplota, tenze atd.) na unifikovaný napěťový signál (-5V až +5V, -10V až +10V nebo 0V až +10V apod.).

Příklad:

Jaký je důvod, že se tlak, tenze, síla atd. neměří pomocí tenzoelektrické součástky přímo, ale v můstkovém zapojení? Jaká je výhoda můstkového zapojení? Vypočítejte odpor tenzoelektrické součástky, znáte-li v zapojení odpory rezistorů i reostatu.

Řešení

K měření se můstková zapojení využívají velmi často. Důvodem je přesnost metody. Předpokládejme, že měříme v sériovém zapojení bez můstku (obr. 1).



obr. 1 zapojení obvodu termistoru

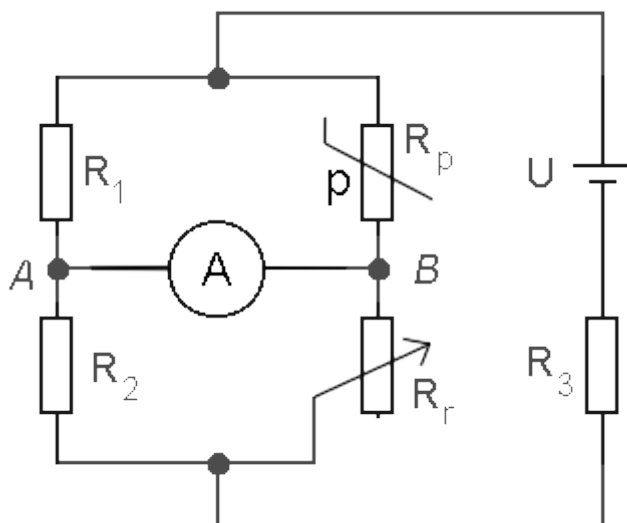
Bude-li $R=1000 \Omega$ a $R_p=500 \Omega$ a napětí baterie $U=4,5 \text{ V}$, bude obvodem protékat proud

$$I = \frac{U}{R + R_p} = 3 \text{ mA}$$

Změní-li se odpor tenzoelektrické součástky o jedno procento, tj. o 5Ω , na $R_p=505 \Omega$, bude protékající proud $I=2,99 \text{ mA}$. Změna proudu tedy činí pouhou jednu setinu miliampéru. Měříme-li proud na přístroji s rozsahem 10 mA , nemáme šanci takto malou změnu proudu zaznamenat.

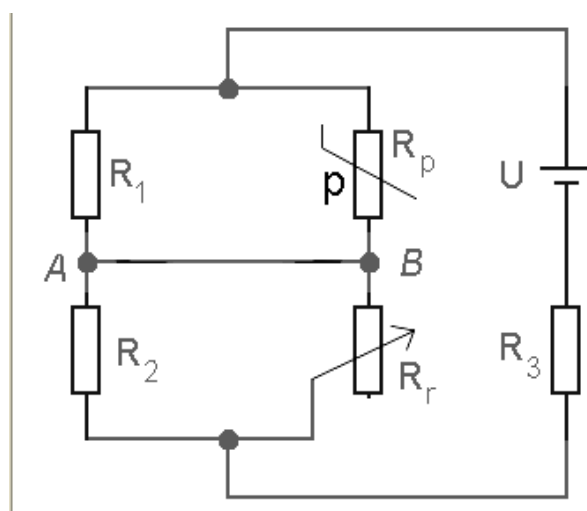
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Jiná situace nastává při měření v můstkovém zapojení (obr. 2).



Obr.2 Zapojení obvodu termistoru

Podmínka rovnováhy na můstku: Jestliže ampérmetrem nemá protékat proud, musí být body A, B na stejném potenciálu (je mezi nimi nulové elektrické napětí). To že ampérmetrem neprotéká proud, lze zjistit velice přesně, protože ho používáme na jeho nejmenším rozsahu. V tom případě můžeme ampérmetr zkratovat (nahradit ho vodičem) a poměry v obvodu se nezmění (obr. 3).



Obr. 3 Zapojení obvodu termistoru (paralelní)

Tedy rezistory R_1 a R_p jsou spojeny paralelně a rezistory R_2 a R_r jsou spojeny rovněž paralelně. Na paralelně spojených rezistorech je stejné elektrické napětí, $U_{R1} = U_{Rp}$.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$$U_{R2} = U_{Rr}.$$

Protože mezi body A, B neteče proud, je proud procházející rezistorem R_1 stejný jako rezistorem R_2 a proud procházející tenzoelektrickou součástkou s odporem R_p je stejný jako proud procházející reostatem R_r , $I_{R1} = I_{R2}$, $I_{Rp} = I_{Rr}$.

Z Ohmova zákona máme $U = RI$. Dosadíme do výše uvedených rovnic pro elektrická napětí

$$U_{R1} = U_{Rp}$$

$$U_{R2} = U_{Rr}$$

$$R_1 I_{R1} = R_p I_{Rp} \quad I_{R1} = I_{R2}, I_{Rp} = I_{Rr}$$

$$R_2 I_{R2} = R_r I_{Rr}$$

Vydělením obou rovnic proudy zmizí a máme

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_p}{R_r}$$

$$R_p = R_r \frac{R_1}{R_2}$$

Známe-li odpory ostatních rezistorů, vypočteme z tohoto vztahu odpor tenzoelektrické součástky.

Změní-li se odpor tenzoelektrické součástky nyní, začne ampérmetrem procházet proud. I když tento proud nebude velký, spolehlivě ho zaznamenáme, protože ampérmetr je nastaven na svůj nejcitlivější rozsah (například v řádu mikroampér).

Můstkové zapojení je tedy daleko citlivější na změny než sériové zapojení.

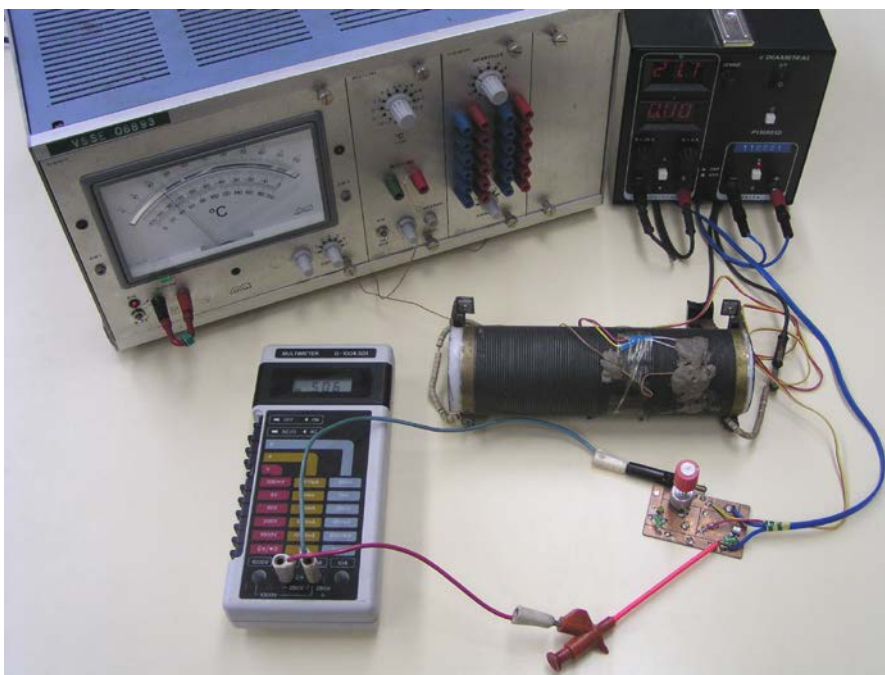
Můstkové měření teploty:

Měřeným objektem je termistor, který je následně zapojen do můstkového zapojení (viz obr. 4 a 5) u kterého je důležité vykompenzování na určitou hodnotu. Měření se provádí pro sledování růstu teploty v závislosti růstu napětí na termistoru a následně po kompenzaci pro sledování růstu teploty v závislosti růstu napětí celého stejnosměrného můstku. Tyto závislosti jsou pak vyneseny do grafů a ohodnoceny.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



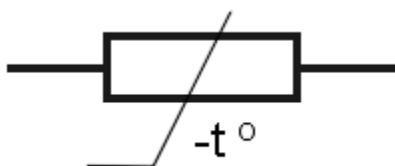
Obr. 4 – Měření charakteristiky termistoru (celkové uspořádání měření)



Obr. 5 – Měření pro zapojený můstek s termistorem (celkové uspořádání měření)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

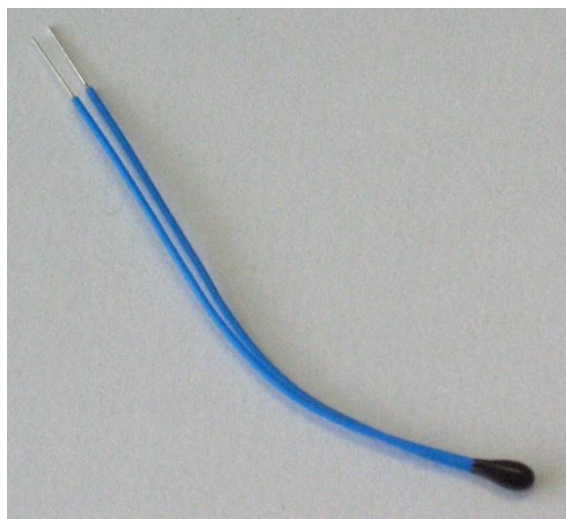
Termistor (viz obr. 6 a 7) je elektrotechnická součástka, jejíž elektrický odpor je závislý na teplotě. Jedná se o polovodičovou součástku, která se používá jako teplotně citlivá součástka. Jeho odpor klesá s teplotou, přičemž změna odporu s teplotou je daleko rychlejší než u kovů.



Obr. 6. Schematická značka termistoru

Rozlišujeme druh NTC a PTC termistor. NTC je termistor s negativním teplotním koeficientem, což znamená, že se zahřátím součástky odpor klesá. U PTC termistoru se zahřátím odpor roste.

NTC termistor se používá jako teplotní čidlo. PTC termistor lze využít například k omezení proudu obvodem, kdy průchod většího množství proudu vyvolá ohřátí součástky, které má díky tomu vyšší odpor.



Obr. 7. Termistor pro měření teploty



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

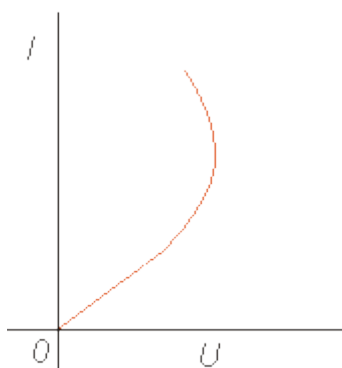


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

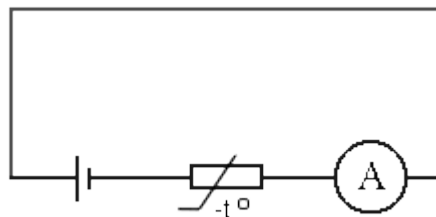
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Využití termistoru

1. Měření teploty. Musíme být známa VA charakteristika termistoru (viz obr. 8).
Nejjednodušeji lze měřit v zapojení na uvedeném na obr. 4.



Obr. 8. Obecná VA charakteristika termistoru



Obr. 9. Měření teploty pomocí termistoru

Takto ovšem platí, že čím je větší teplota, tím nižší je odpor termistoru, tedy tím větší proud jím prochází a termistor se pak zahřívá i teplem, které je způsobeno průchodem elektrického proudu (Jouleovo teplo). Tomu se dá odpomoci např. zapojením podle obr. 7.

2. Měření průtokového množství. Termistor se napřed elektrickým proudem ohřeje na jistou teplotu a pak se ponoří do proudu kapaliny nebo plynu a tak se ochlazuje. Ochlazení závisí na průtoku (při dané teplotě látky, která protéká).

3. Měření teploty na dálku a na špatně přístupných místech. Jednou termistor někam zabudují a pak mohou na vzdáleném stanovišti měřit, nebo mohou pomocí miniaturních termistorů (tzv. perličkový termistor) měřit teplotu v lidském těle, uvnitř motorů apod.

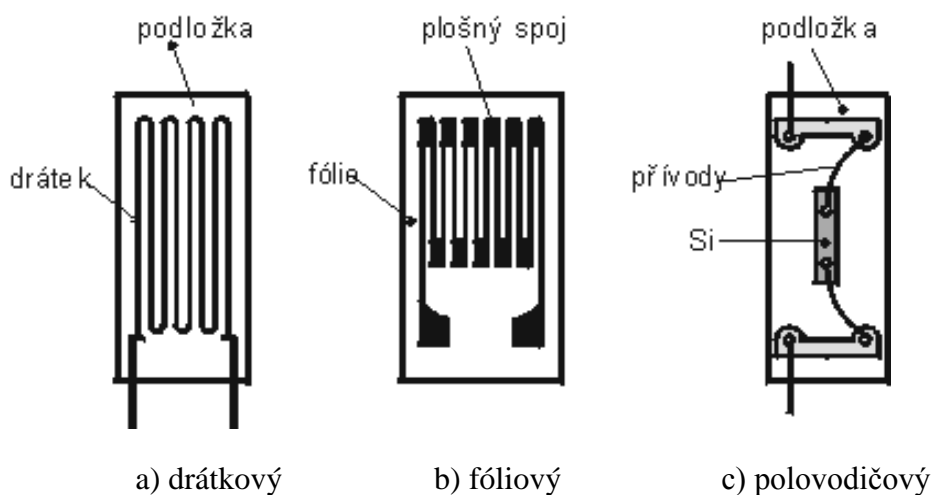
4. Převodník z teploty na napětí. Napětí je pak možno jednoduše měřit voltmetrem, osciloskopem, počítačem...

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Můstkové měření síly:

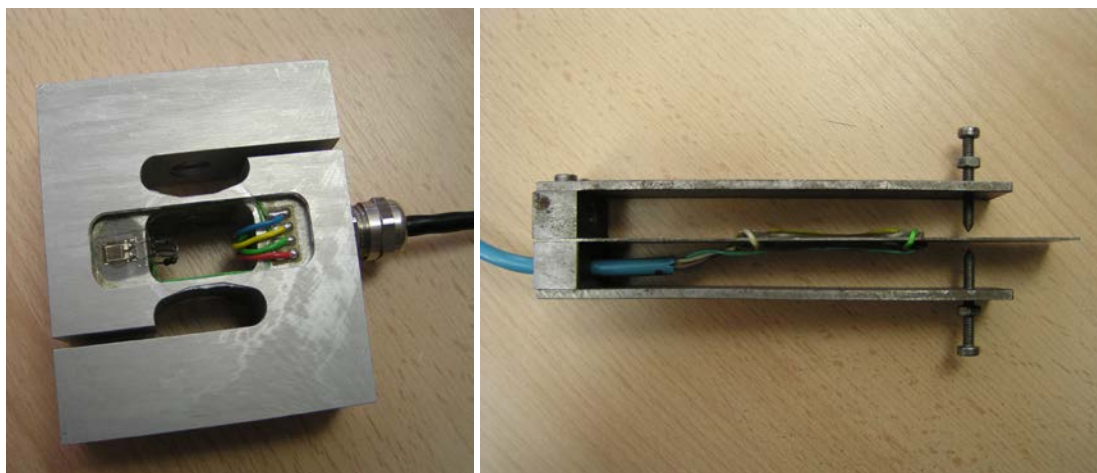
Tenzometry:

Tenzometr je odporový senzor, jehož změna odporu je závislá na jeho deformaci. Je velice malý. Několik tenzometrů je nalepeno na deformovaném tělese snímače. Vlivem působení síly na snímač, vznikají deformace. Tenzometry podle toho mění odpor a mi dostáváme reálný obraz o průběhu sil.



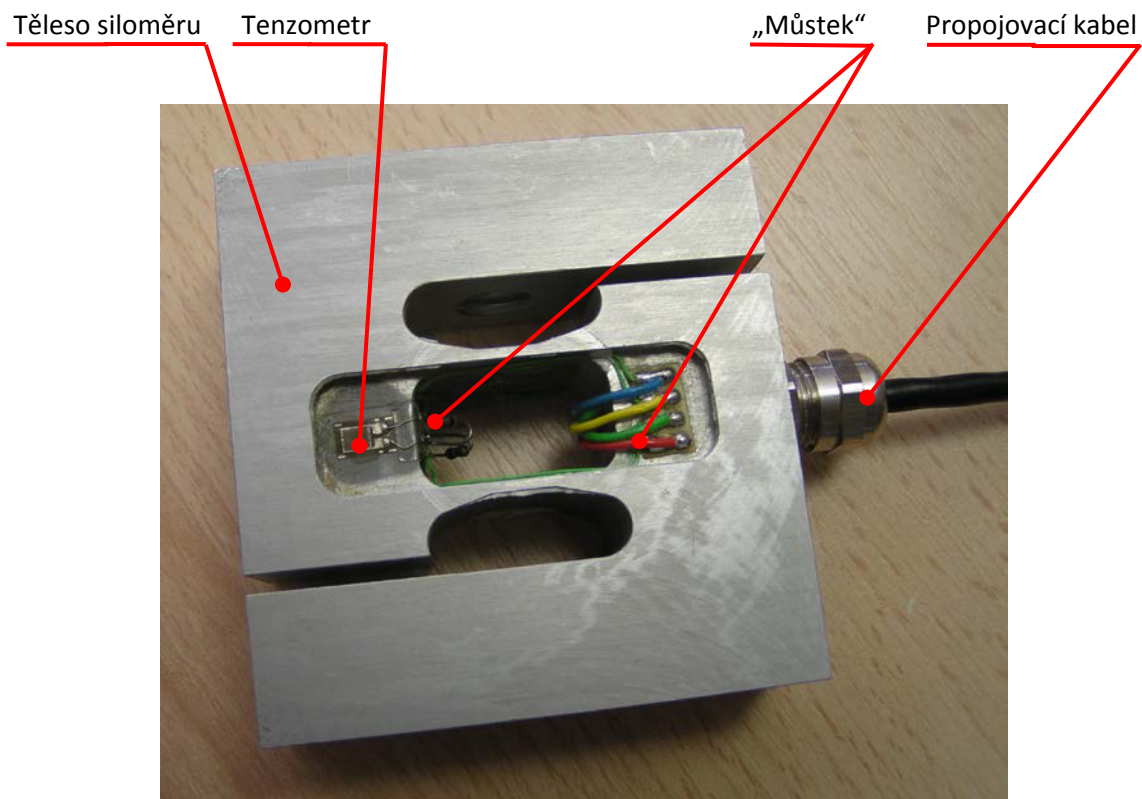
Obr. 10. Provedení odporových tenzometrů

1) Ukázkové měření síly pomocí tenzometrického můstku a měřicího přístroje.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 11. Detailní zobrazení zapojení tenzometrů do „můstku“ ve snímacím čidle tvaru „S“ a „nosníku“



Obr. 12. Popis celkového uspořádání tenzometrického snímače síly





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obr. 13. Měření síly digitálním siloměrem (celkové uspořádání snímače)

Seznam použitých přístrojů:

univerzální dvojitý stabilizovaný zdroj

Univerzální teploměr

Digitální multimetr

Digitální siloměr Lutron, FG-5100

Součástky: Termistor PT100, přesné odpory $1\text{K}\Omega$ a kompenzační potenciometr $5\text{K}\Omega$, topná spirála

Poděkování

Investice do rozvoje vzdělávání.

Tento výukový text je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu č. CZ.1.07/2.2.00/28.0206 „Inovace výuky podpořená praxí“.