

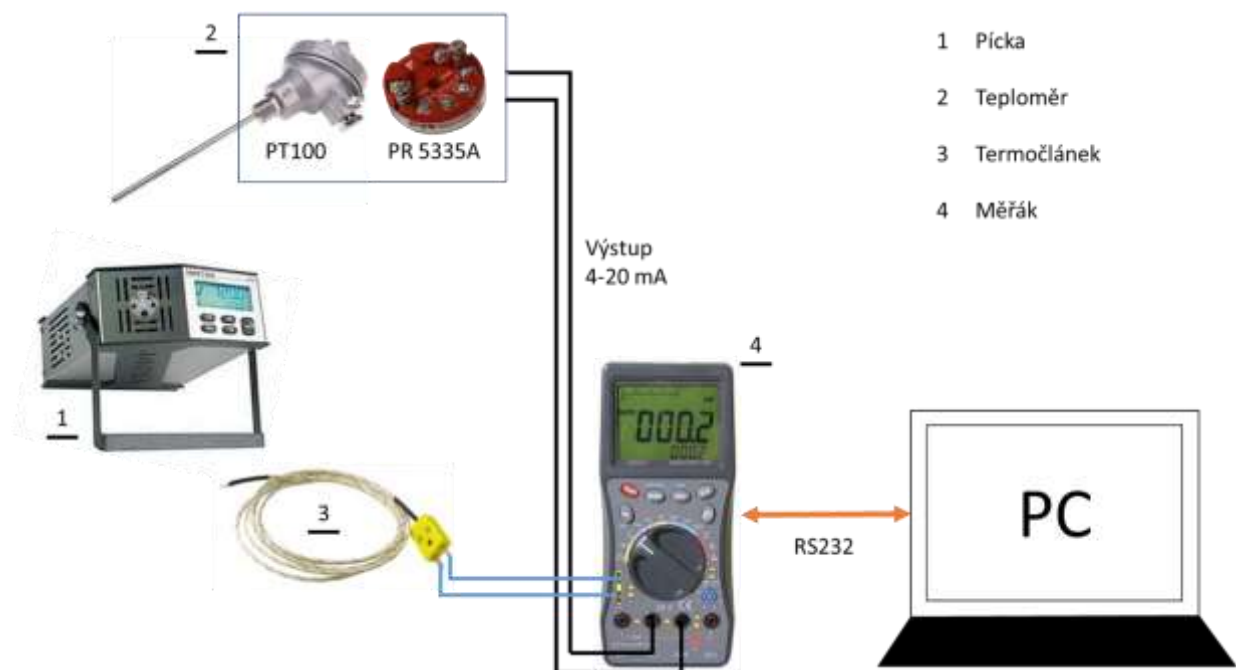
## Zapojení teploměrů

V této úloze je potřeba zapojit elektrickou pívku a zahřát na požadovanou teplotu, dále zapojit dané teploměry dle zadání a porovnávat jejich dynamické vlastnosti, tj. jejich přechodové charakteristiky.

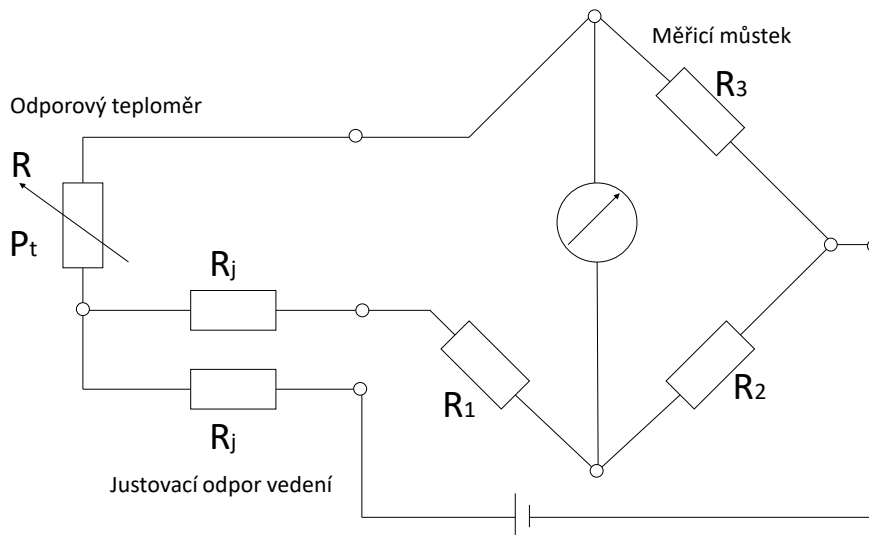
### Zadání

1. Zapojte termočlánek k měřicímu přístroji (viz, obr. 1) a změřte přechodové charakteristiky pro vybrané skokové změny teploty.
2. Zapojte odporový teploměr s převodníkem PR 5335a k měřicímu přístroji (viz, obr. 1) a změřte přechodové charakteristiky pro vybrané skokové změny teploty..
3. Porovnejte dynamické vlastnosti obou teploměrů na základě porovnání jejich časových konstant.

### Schéma zapojení



Obr. 1 Zapojení komponent úlohy

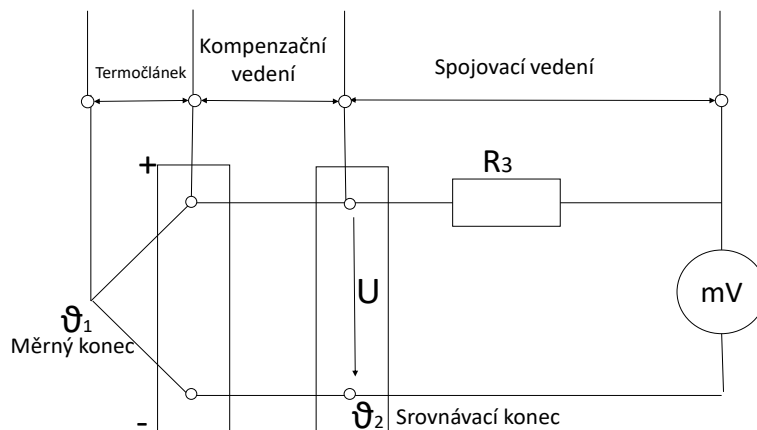


Obr. 2 Připojení odporového teploměru Pt100 k měřicímu můstku s kompenzací vlivu odporu přívodů  
Pozn. justovací odpory  $R_j$  jsou už zapojeny v měřicím přípravku

## Teoretický rozbor

**Termoelektrický článek** tvoří dva vodiče z materiálů odlišných termoelektrických vlastností. Tyto jsou na jednom konci svařeny. Volným koncům se říká srovnávací konec termočlánu. Mezi vodiči srovnávacího konce vznikne termoelektrické napětí, jestliže na měrný konec působí teplota  $\vartheta_m$  odlišná od teploty  $\vartheta_s$  působící na srovnávací konec. Termoelektrické napětí je funkcí rozdílu teplot obou míst:

$$U = f * (\vartheta_m - \vartheta_s)$$



Obr. 3: Termoelektrický článek a jeho připojení k měřicímu přístroji

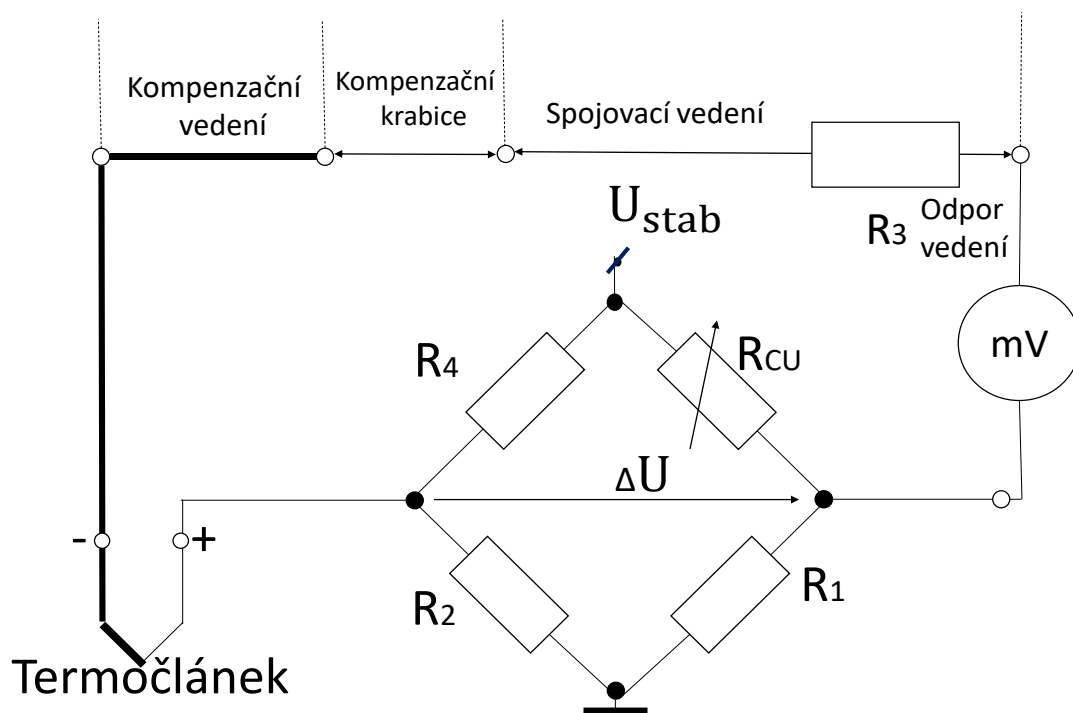
Prakticky se termočlánu zapojují tak, že měrný spoj se vloží do místa, jehož teplotu chceme měřit, druhé dva konce termočlánu (srovnávací spoj) se vzájemně nespojují a

vloží se do místa stálé teploty, např. do termostatu nebo kompenzační krabice. Na tyto dva konce se napojí běžné prodlužování vedení z homogenního materiálu, které vzniklé napětí přivádí k měřicímu přístroji.

### Kompenzace (není součástí laboratorní úlohy)

Při aktivní kompenzaci vlivu teploty srovnávacího spoje  $e$  do obvodu termočlánu přivádí napětí z pomocného zdroje, jehož velikost závisí na teplotě srovnávacího spoje. Kompenzační obvod ke v podstatě Wheatstonův můstek. Můstkové odpory  $R_1, R_2, R_4$  jsou z manganinového drátu a jsou na teplotě téměř nezávislé. Odpor  $R_{Cu}$  mění svoji hodnotu se srovnávací teplotou, tím se rozbíjí můstek a v měřící diagonále dostaneme potřebné kompenzační napětí.

Kompenzační obvody se běžně vyrábějí pro určitý typ termoelektrického snímače s určením rozsahu kompenzace. Obvod kompenzuje i mimo tento rozsah, ovšem s větší chybou. Předpokladem pro dobrou činnost je, aby teplotně závislý odpor  $R_{Cu}$  měl stejnou teplotu jako srovnávací spoj termočlánu. Aktivní kompenzační obvody jsou většinou napájeny z průmyslové sítě (+6Vss).



Obr. 4: Princip aktivní kompenzace srovnávacího spoje termočlánu

**Odporové teploměry** kovové se používají nejčastěji pro měření teplot v rozsahu  $-20$  až  $200\text{ }^\circ\text{C}$ , kde je napětí termoelektrického článku příliš nízké a nehodí se k přesnému měření. Měření teploty elektrickými odporovými teploměry je založeno na změně elektrického odporu kovů v závislosti na teplotě, což lze popsat pro rozsah  $0$  až  $630\text{ }^\circ\text{C}$  u platinového teploměru vztahem:

$$R(\vartheta) = R(0) * |1 + A * \vartheta + B * \vartheta^2|$$

kde  $R(0)$ ,  $R(\vartheta)$  jsou hodnoty odporu při teplotě  $0^\circ\text{C}$  a  $\vartheta^\circ\text{C}$ ,  $\vartheta$  je měřená teplota ve  $^\circ\text{C}$ ,  $A$  je konstanta součinitele odporu, pro platinu  $3,9075 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ,  $B$  je konstanta součinitele odporu ( pro Pt  $-0,575 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-2}$ )

Vlastní měřicí odporový článek je obvykle plochého nebo válcovitého tvaru s bifilárním vinutím drátu o průměru kolem 0,04 mm. Jako izolace se používá slída, sklo a keramika a před vnějšími vlivy je chráněn ochrannou jímkou. Odporové hodnoty jsou definovány podle normy ČSN 258302.

Typ	prvek	teplot. rozsah [ $^\circ\text{C}$ ]	termoele. napětí [mV/ $^\circ\text{C}$ ]
J	Fe-ko	-200 až 750 (1000)	až 42,825
K	ch-a	-50 (-200) až 1150 (1350)	-5,97 až 50,633
S	PtRh10-Pt	0 (-20) až 1400 (1600)	0 až 17,973
T	Cu-ko	-200 až 350 (400)	-5,60 až 17,816
T	Cu-Ni	-200 až 100	-4,25 až 10,16
B	PtRh30-Pt	500 (0) až 1800	0 až 12,426
E	ch - k	-50 (-200) až 600 (1000)	-8,824 až 68,783
N	NiCrSi-NiSi	0 (-270) až 1300	-4,434 až 47,502

ko ... konstantan (spec. odporová slitina na bázi Ni a Cu)  
 ch ... chromel  
 a ... alumel  
 k ... kapet. baterii.

Obrázek 6: Tabulka parametrů pro jednotlivé termoelektrické články  
[\[http://images.slideplayer.cz/12/4069480/slides/slide\\_44.jpg\]](http://images.slideplayer.cz/12/4069480/slides/slide_44.jpg)

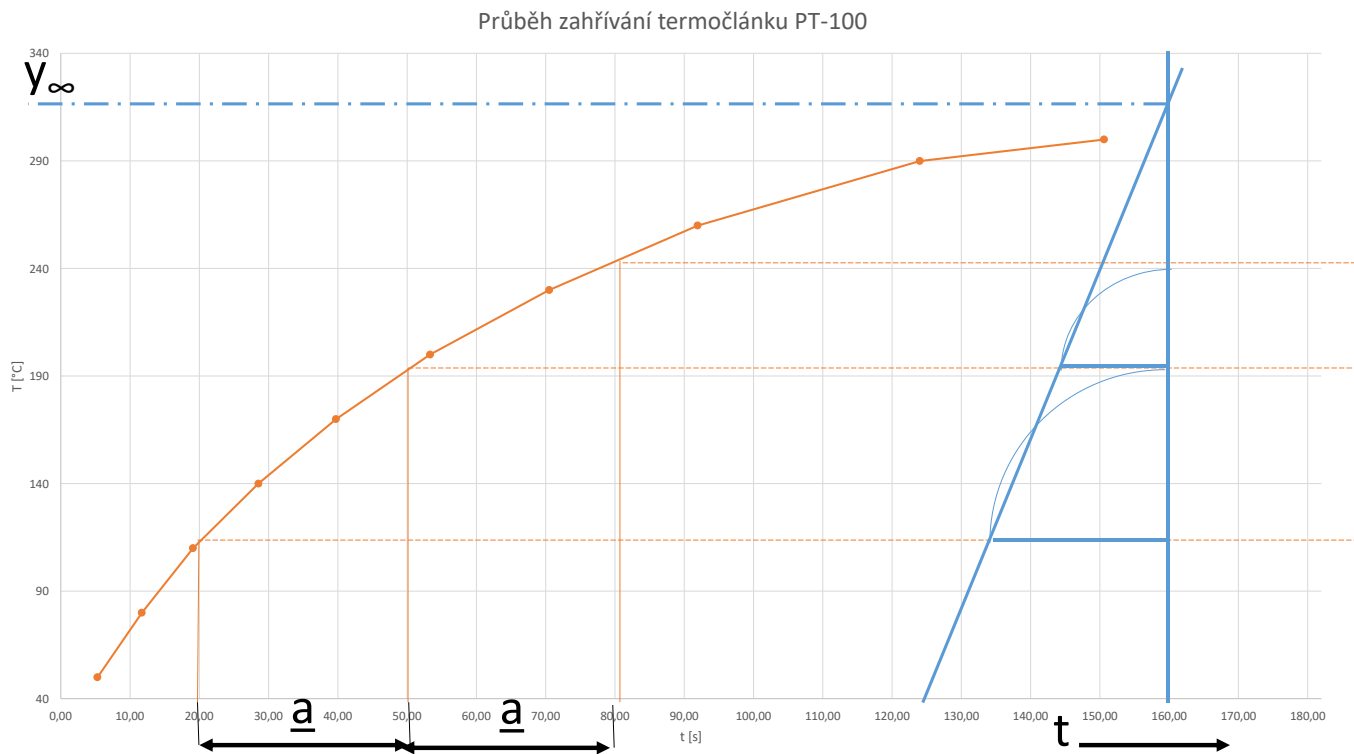
## Postup měření

- Nastavte postupně teploty na píce (100 $^\circ\text{C}$ , 150 $^\circ\text{C}$ , 200 $^\circ\text{C}$ ). Teplotu na displeji pícky berte jako referenční hodnotu.
- Zapněte aplikaci v PC pro obsluhu měřicího přístroje (PT100 - měření proudu, Termočlánek - měření teploty).
- Proveďte měření pro jednotlivé skoky teploty pro PT100 a termočlánek. Dále pro PT100 je třeba provést převod naměřeného průběhu (proudového výstupu převodníku 4-20 mA) na hodnoty stupně celsia (dle, lineární statické charakteristika PT100).
- Porovnejte dynamické vlastnosti obou typů teploměrů tak, že experimentálně změříme jejich přechodové charakteristiky. Zjistíme časové konstanty snímačů (doba, za kterou dosáhne údaj teploměru 63,2% teploty pícky, jestliže provedeme skokovou změnu z teploty okolí laboratoře na teplotu pícky). Ustálenou hodnotu ověřte grafickou metodou.
- Vyjádřete se k vlastnostem obou typů teploměrů, porovnáme jejich časové konstanty, odhadněte relativní statické chyby teploměrů porovnáním ustálené výstupní teploty čidel,

at' už zjištěné experimentálně nebo graficky s teplotou pícky. Zhodnot'te podmínky měření a jejich vliv na přesnost zjištěných údajů.

Tab. 1 Tabulka pro záznam naměřených hodnot

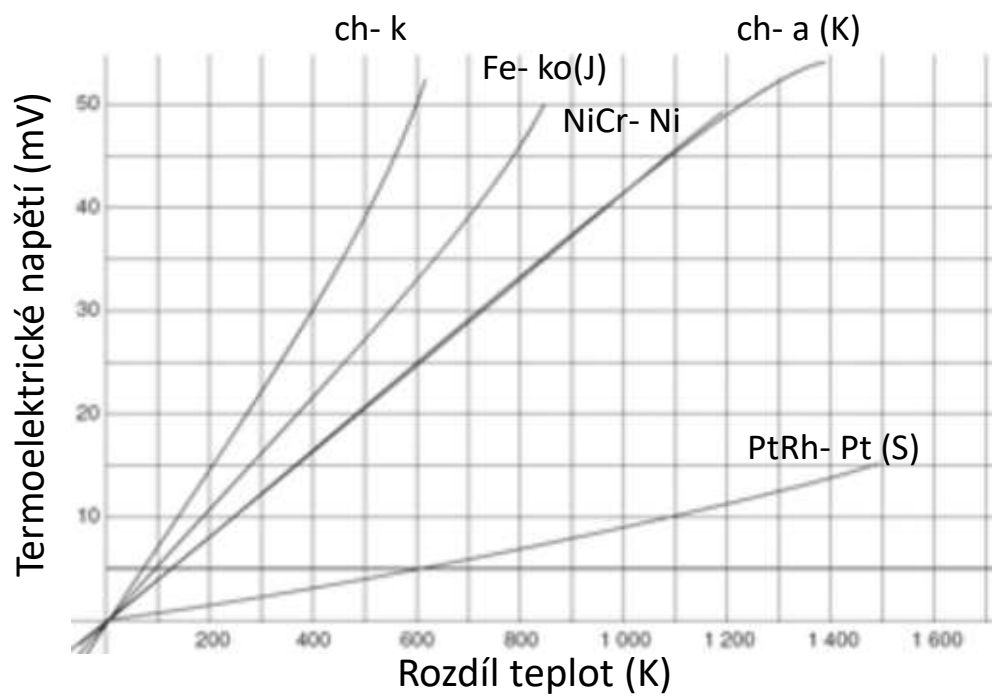
PT-100		Fe-Ko	
Teplota [°C]	Čas [s]	Teplota [°C]	Čas [s]
20	0	30	0



Obr. 5 Grafická konstrukce ustálené hodnoty přechodové charakteristiky soustavy prvního řádu

### Postup grafické konstrukce:

Máme část přechodové charakteristiky, stejné časové úseky  $\underline{a}$  na sebe navazující, a časovou osu. Nakreslíme pomocnou svislici a promítneme na ni přírůstky v obou úsecích  $\underline{a}$ . Získané body sklopíme o  $90^\circ\text{C}$ . Takto vzniklé body spojíme, průsečík této spojnice se svislicí leží na asymptotě přechodového děje. Asymptota je zakreslena čerchovanou čarou. Těto metody se používá ke konstrukci ustálené hodnoty při velkých časových konstantách.



Obr. 6 Závislost termoelektrického napětí na rozdílu teplot měřicího a srovnávacího spoje u vybraných termočlánků

## Kontrolní otázky

1. Jaký je princip termočlánku?
2. Jaký je princip odporového teploměru?
3. Způsoby kompenzace teploty srovnávacího konce u termočlánků
4. Co je to justovací odpor spojovacího vedení teploměrů s měřidlem?
5. Co je to časová konstanta snímače?
6. Napište obecný vztah pro odpor kovu v závislosti na teplotě.
7. Napište obecný vztah pro termoelektrické napětí v závislosti na teplotě měřené a teplotě srovnávací.

## Odpovědi k otázkám

1. Termoelektrický článek tvoří dva vodiče z materiálů odlišných termoelektrických vlastností, Tyto jsou na jednom konci svařeny (měrný konec). Volným koncům se říká srovnávací konec termočlánku. Mezi vodiči srovnávacího konce vznikne termoelektrické napětí.
2. Měření teploty elektrickými odporovými teploměry je založeno na změně elektrického odporu kovů v závislosti na teplotě.
3. Aktivní kompenzace tzv. Wheatstonův můstek.
4. Je to odpor pro dostavení ohmického odporu přívodů na jmenovitou hodnotu 16 W.
5. doba, za kterou dosáhne údaj teploměru 63,2% teploty píčky, jestliže provedeme skokovou změnu z teploty okolí laboratoře na teplotu píčky.
6.  $R(\vartheta) = R(0) * |1 + A * \vartheta + B * \vartheta^2|$ .
7.  $U = f * (\vartheta_m - \vartheta_s)$ .