

# **ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

## **FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

### **KATEDRA ELEKTROENERGETIKY**



## **Základy elektrotepelných procesů**

### **Termočlánky**

**Vypracoval:**

Jan Kaska

**Ostatní členové měřicího týmu:**

Lukáš Knepr

Cvičení

Čt 14:50 - 16:30

Datum měření  
6.10.2016

Datum vypracování  
9.10.2016

Školní rok  
2016/17

Semestr  
zimní

Ročník  
3.

# Úkol měření

Proveďte cejchování dvou druhů termočlánků (Ch-A, Fe-Ko) podle normálu (normálem je termočlánek NiCr-Ni). Cejchování proveďte alespoň pro čtyři teploty.

## Teoretický úvod

### I. Termoelektrický jev

Podstata termoelektrického jevu je přímá přeměna tepelné energie v elektrickou a naopak. Vysvětlení vzniku termoelektrického napětí můžeme provést na základě teorie o rozdělení vodičů na monopolární typu n a p a na vodiče ambipolární. Monopolární vodič typu n obsahuje většinou nosiče záporných elektrických nábojů (elektrony), zatímco vodič typu p nosiče zdánlivě kladných nábojů (díry). Oba typy vodičů se navzájem liší způsobem přemísťování elektrických nábojů ve vodiči, je-li na něm teplotní rozdíl. Monopolární vodič typu n (měď) se chová tak, že při jeho zahřátí se volné elektrony přemísťují k chladnějšímu konci vodiče. Tím vzniká na chladnějším konci přebytek záporných nábojů (záporná polarita) a na teplejším konci kladná polarita. Vodič typu p (konstantan) se při stejném smyslu teplotního spádu, jako u typu n, chová opačně (chladnější konec má kladnou polaritu).

Tento pohyb částic ve vodičích se děje jen uvnitř vodiče samotného, protože potenciální hráz, vytvořená ionty krystalické mřížky, zabráňuje vystoupení elektronů z vodiče. Spojí-li se však dokonale vodivě dva různé kovy, mohou elektrony z kovu s nižší potenciální hrází přestupovat do kovu s vyšší potenciální hrází a vytvářet tak elektrický proud spojenými vodiči. Tímto způsobem se vysvětluje vznik termo-elektrického článku.

Velikost termoelektrického napětí je závislá na druhu použitých kovů a rozdílu teplot spojů. Tuto závislost lze vyjádřit vztahem:

$$U = (\alpha_A - \alpha_B) \cdot (\vartheta_T - \vartheta_S) \quad [\text{mV}], \text{ kde}$$

$\alpha_A, \alpha_B$

součinitelé určující velikost termoelektrického napětí příslušné použitým materiálům  $[\text{mV}/^\circ\text{C}]$

$\vartheta_T, \vartheta_S$

teplota teplého a studeného spoje  $[\text{}^\circ\text{C}]$

Vytvoří-li se termoelektrický článek z vodičů stejného typu. součinitelé  $\alpha$  se odečítají, použije-li se vodič typu n a p, pak se součinitelé  $\alpha$  sčítají a termoelektrického napětí dosáhne maximální velikosti.

Úměrnosti termoelektrického napětí k rozdílu teplot obou spojů termoelektrického článku se využívá nejčastěji k měření teplot. Zpravidla je známa teplota studeného (srovnávacího) spoje a pomocí napětí a cejchovní křivky pro použité materiály lze určit teplotu teplého (měrného) spoje.

### II. Cejchování termočlánků

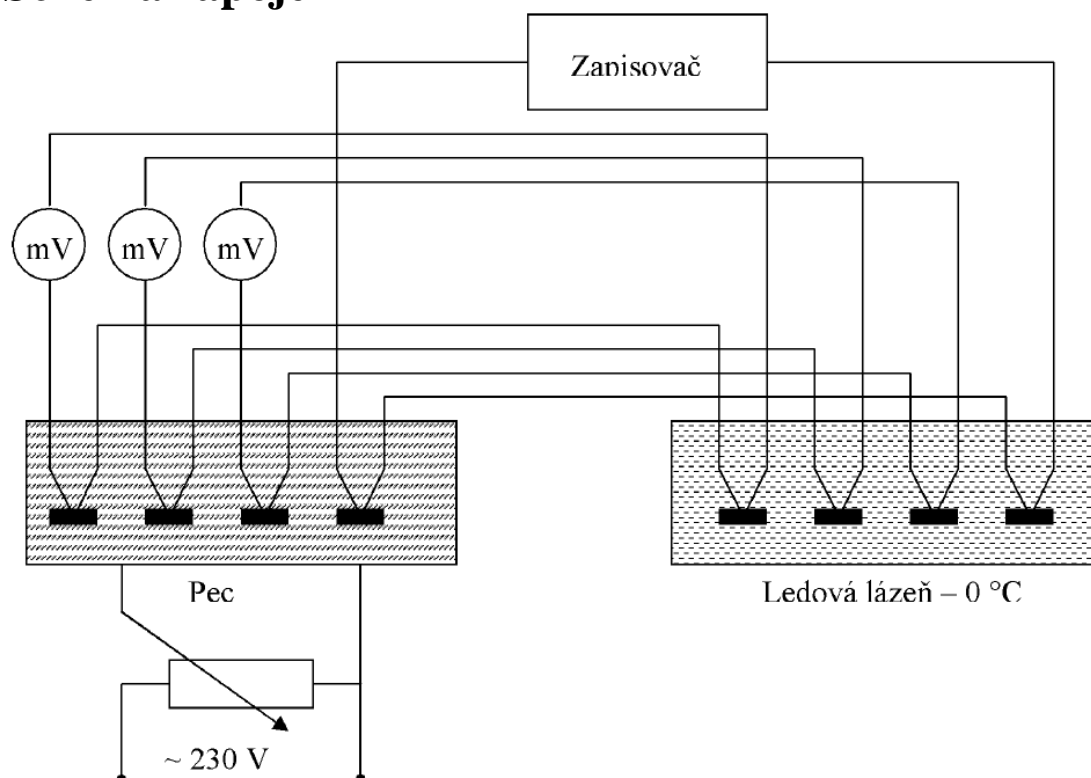
Účelem cejchování termočlánků je stanovit závislost jejich termoelektrického napětí na příslušném rozdílu teplot mezi srovnávacím a měrným koncem. Tato závislost se pak vyjadřuje tabulkou nebo cejchovní křivkou.

Porovnáním s normálem se termočlánky obvykle cejkují v elektrické peci. Při tom je nutné sledovat, aby hloubka ponoření normálu a cejkovného článku v peci byla stejná a tím bylo zaručeno jejich umístění v místě stejné teploty. Teplota v místě peci musí být zvyšována pomalu, protože mnohdy by se při rychlém růstu teploty nemohla vyrovnat časová zpoždění při měření teploty ověřovaného termočlánku a normálu.

Teplota srovnávacího konce bývá  $0^{\circ}\text{C}$ . Tuto metodu lze použít asi do teploty  $1200^{\circ}\text{C}$ . Při porovnávání naměřených hodnot termoelektrického napětí ověřovaného článku s hodnotami uvedenými v normě se zjistí vždy určité odchylky.

Výsledkem cejkování je korekční křivka.

## Schéma zapojení



## Postup měření

Tři druhy termočlánků (Fe-Ko, Ch-A, normál NiCr-Ni) jsou ponořeny jedním koncem v lázni vody s ledem o teplotě  $0^{\circ}\text{C}$  a druhým koncem v pídce, která se vytápí.

Pro docílení pomalého růstu teploty, je pec napájena z regulačního transformátoru sníženým napětím. Zvyšování teploty sledujte na záznamovém zapisovači.

V okamžiku, kdy se začne teplota zvyšovat, napájení vypněte. Jelikož má systém teplotní setrvačnost, bude se nějakou chvíli ještě teplota zvyšovat. V okamžiku, kdy se ustálí teplota (sledujte zapisovač), odečtěte hodnoty napětí na měřených termočláncích.

Poté opět zapněte vytápění pícky a pokračujeme stejným postupem, dokud nenaměříte alespoň čtyři sady hodnot.

Sestrojte naměřené charakteristiky a porovnejte je s dovolenou odchylkou závislosti (stanovenou výrobcem).

## Použité přístroje

Autotransformátor	RA5 ; 120/220 ; 50Hz	7503
Pec	ESA	5897
Multimetr	Mastech MY-65	-
Zapisovač	Omega	22897
4x °C mV metr	Ganz	29759 ; 29761 ; 29758 ; 29756

## Naměřené a vypočítané hodnoty

číslo měření		1	2	3	4
<b>T</b> Cu-CuNi	[mV]	1,1	2,7	3,9	4,6
	[°C]	28	65	92	105
<b>E</b> NiCr-CuNi	[mV]	2,2	5,2	7,4	8,3
	[°C]	36	83	116	129
<b>J</b> Fe-CuNi	[mV]	1,7	4,2	5,95	6,8
	[°C]	33	80	113	128
<b>K - ref.</b> NiCr-NiAl	[mV]	1,4	3,2	4,4	4,9
	[°C]	35	79	108	120

Příklad výpočtu dvouprocentní odchylky:

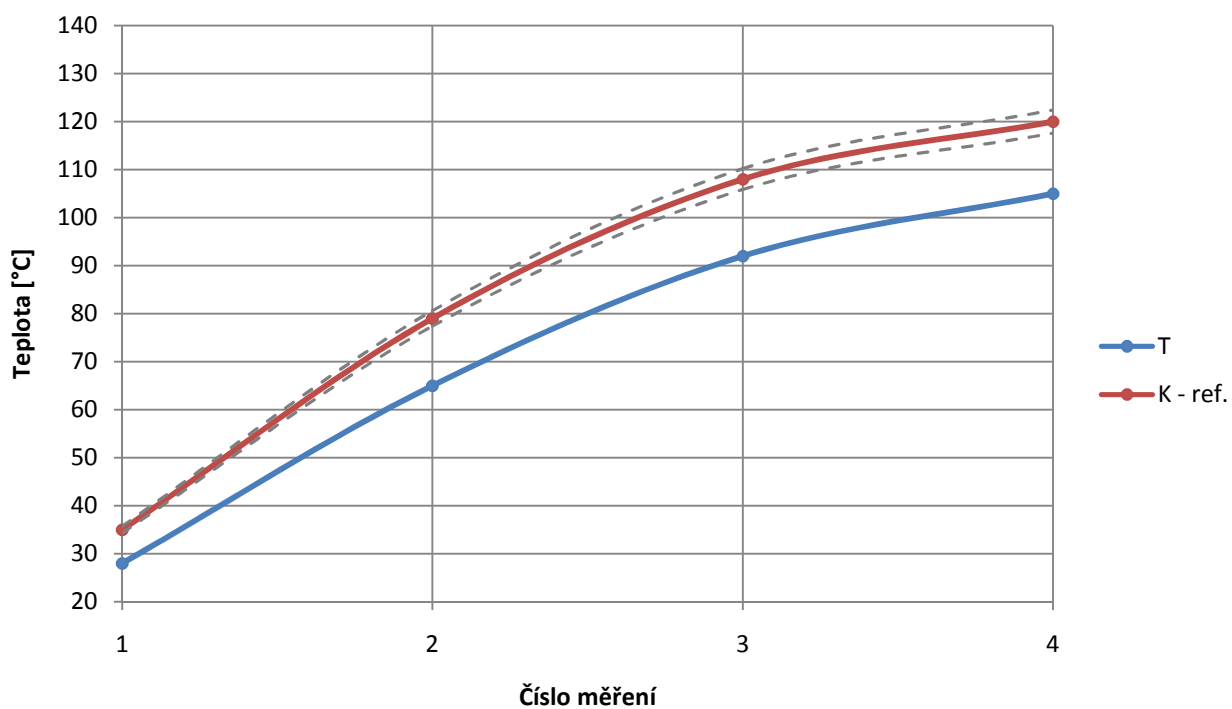
$$T_1 = 35^{\circ}\text{C}$$

$$T_{1\%} = \frac{T_1}{100} = \frac{35}{100} = 0,35^{\circ}\text{C}$$

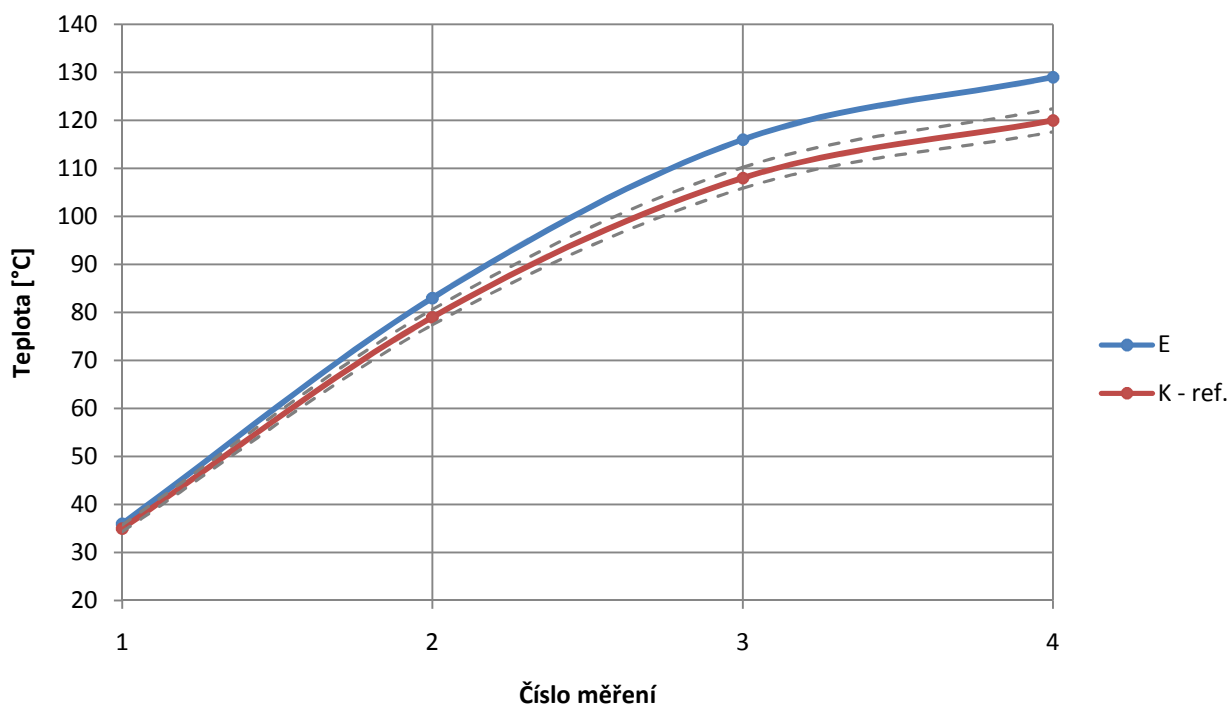
$$T_{\text{odchylka}} = \pm 2 \cdot T_{1\%} = \pm 2 \cdot 0,35 = \pm 0,7^{\circ}\text{C}$$

# Grafy

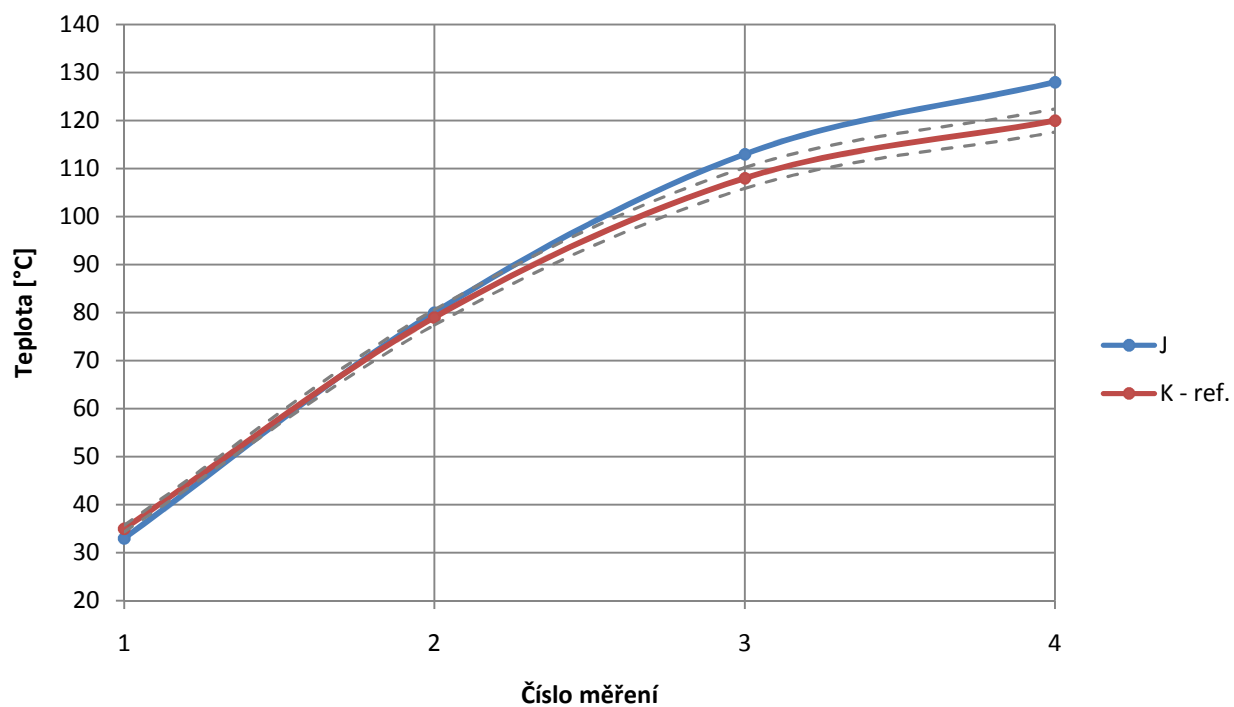
## Termočlánek typu T



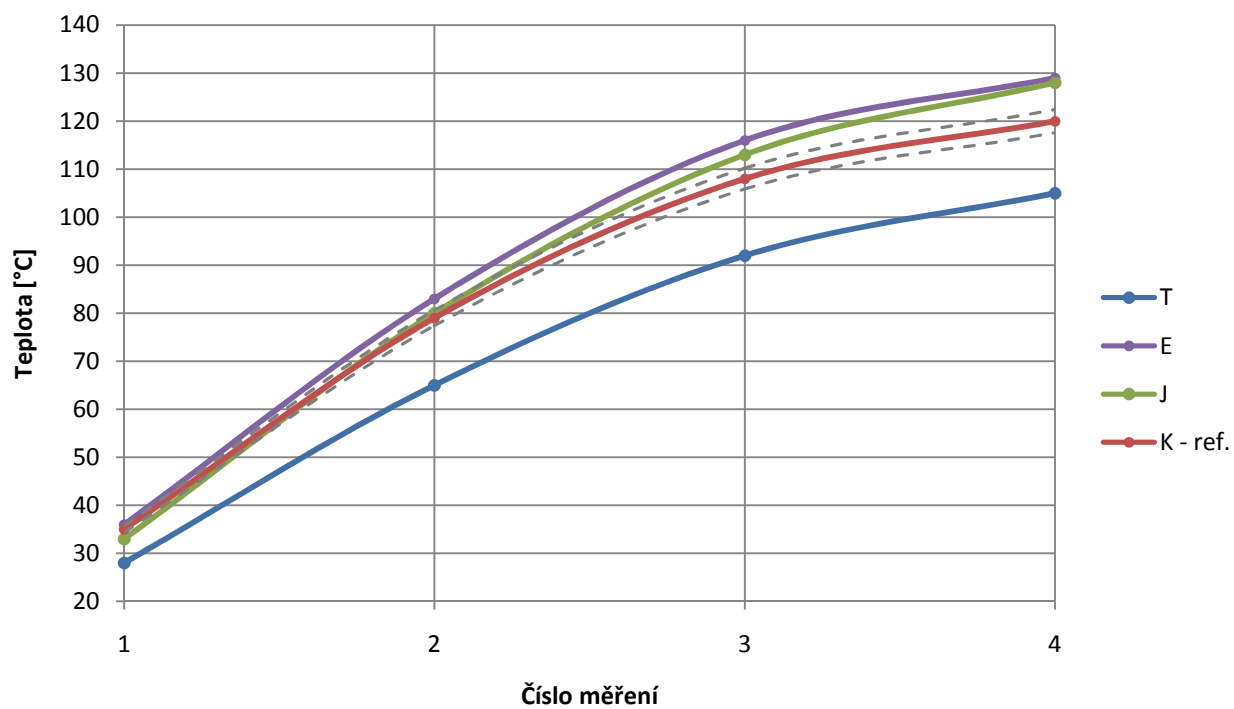
## Termočlánek typu E



## Termočlánek typu J



## Celkový přehled



## Závěr

Z měření vyplývá, že od reference se nejvíce odchyluje termočlánek typu T (Cu-CuNi), termočlánek se odchyluje o 7°C už při prvním pokusném měření bez zapnuté pícky. Jako mnohem přesnější se ukázaly termočlánky E (NiCr-CuNi) a J (Fe-CuNi). V případě termočlánu typu J se teplota neodchyluje od reference o více než  $\pm 2\%$  (dovolená odchylka) až téměř do 90°C. Se zvyšující se teplotou je odchylka překročena a při posledním měření už činí rozdíl teplot mezi referenčním článkem a článkem typu J 8°C. Velmi podobná je potom i křivka termočlánu typu E, obecně však termočlánek typu J vychází z našeho měření jako nejpřesnější. Naměřené hodnoty jsou přesto stále spíše orientačními. Dané odchylky mohou být způsobeny nedokonalé vodivým spojením jednotlivých kovů termočlánu, rozdílnou polohou článků v pícce či ve studené lázni nebo odečtem hodnot před úplným ustálením teploty. Vliv mělo i přepočítávání mV na °C pomocí tabulky, kdy byla hledána nejbližší hodnota v mV k námi naměřené.

T	<del>1,1</del>	<del>2,7</del>	<del>3,9</del>	<del>4,6</del>
Cm - K $\alpha$	1,1 37°	2,7 65°	3,9 92°	4,6 105°
E	2,2	5,2	7,4	8,3
Ch - K $\alpha$	36°	83°	116°	124°
D	1,7	4,2	6,95	6,8
F $\alpha$ - K $\alpha$	33°	80°	113°	128°
Eu - K	1,4	3,2	4,4	4,9
Ni Cu - NiAl	35°	79°	109°	120°

1-2%

Přístroje 1/ Amla TP - RAS ; 120/220; 50Hz  
(7503)

2/ Pec ESA (9897)

3/ Multimetr Moshon MK-65

4/ Zapisovač Omega (22992)

5) 4x barev °C mV (29761,

29759,

29798,

29750)



6.10.2014 14:50