

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, zabraňuje 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:

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

α_A, α_B

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

ϑ_T, ϑ_S

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

Vytvoří-li se termoelektrický článek z vodičů stejného typu. součinitelé α se odečítají, použije-li se vodič typu n a p, pak se součinitelé α 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

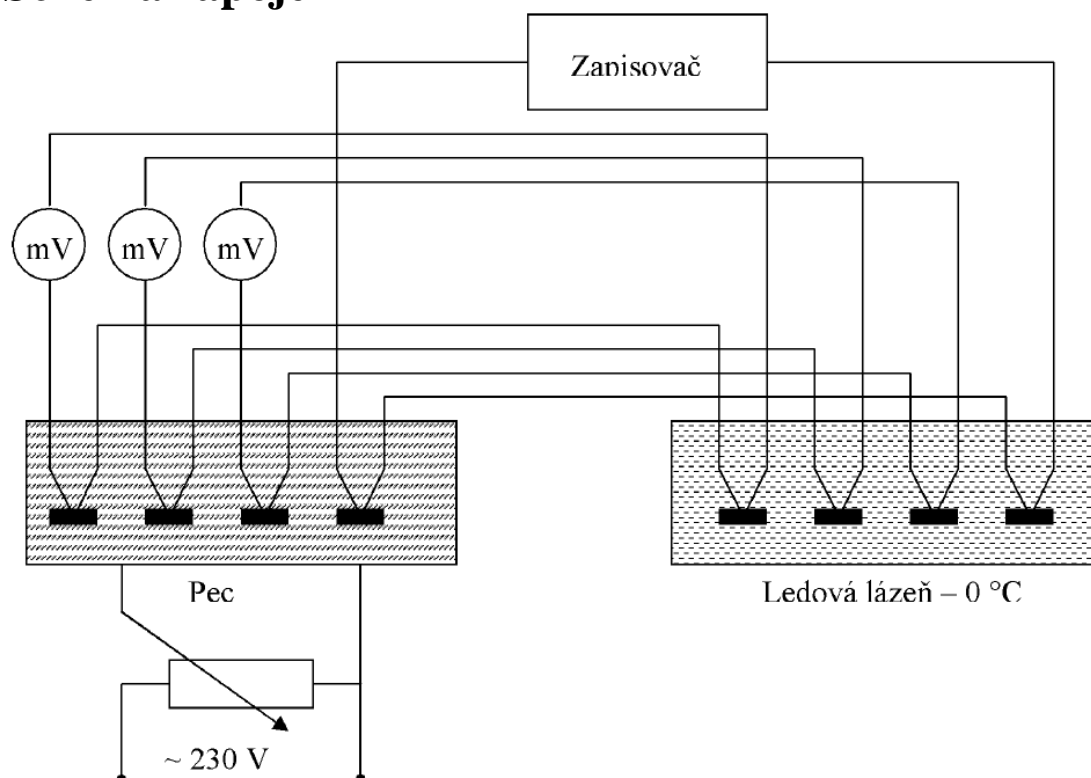
Účelem cejchování termočlánků je stanovit závislost jejich termoelektrického napětí na příslušném rozdílu teplot mezi srovnávacím a měrným koncem. Tato závislost se pak vyjadřuje tabulkou nebo cejchovní křivkou.

Porovnáním s normálem se termočlánky obvykle cejchují v elektrické peci. Při tom je nutné sledovat, aby hloubka ponoření normálu a cejchovního 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°C . Tuto metodu lze použít asi do teploty 1200°C . Při porovnávání naměřených hodnot termoelektrického napětí ověřovaného článku s hodnotami uvedenými v normě se zjistí vždy určité odchylky.

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

Příklad výpočtu dvouprocentní odchylky:

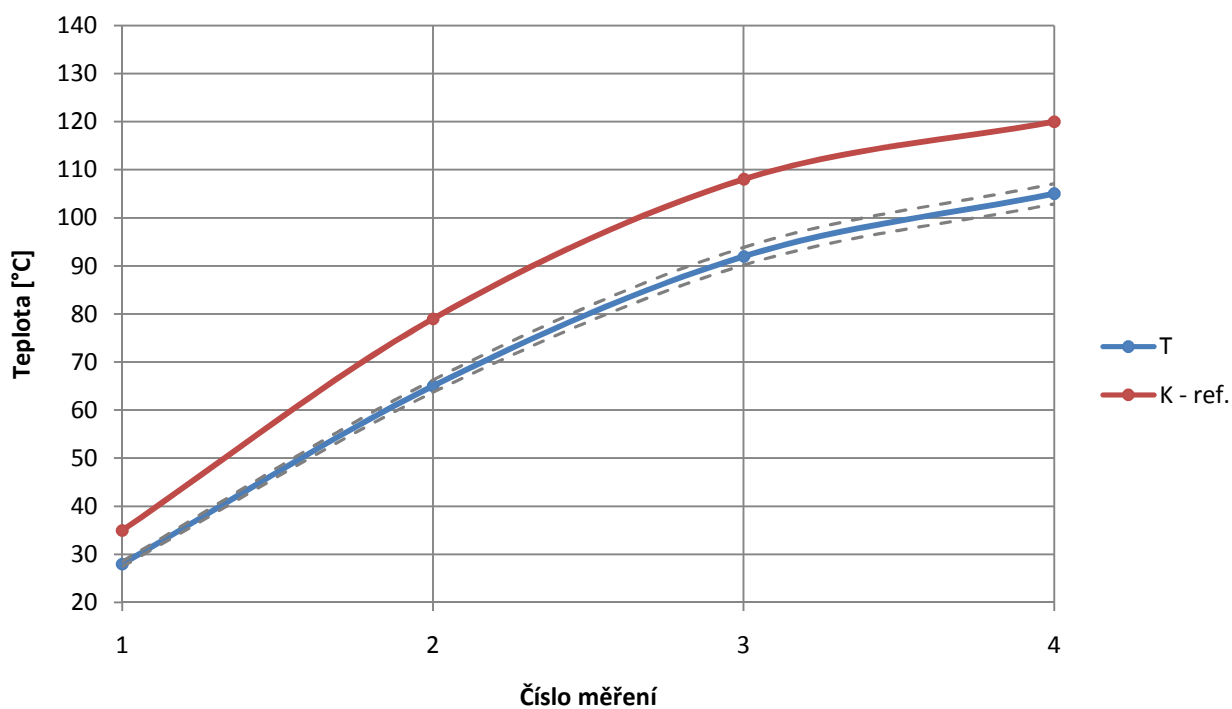
$$T_1 = 28^{\circ}\text{C}$$

$$T_{11\%} = \frac{T_1}{100} = \frac{28}{100} = 0,28^{\circ}\text{C}$$

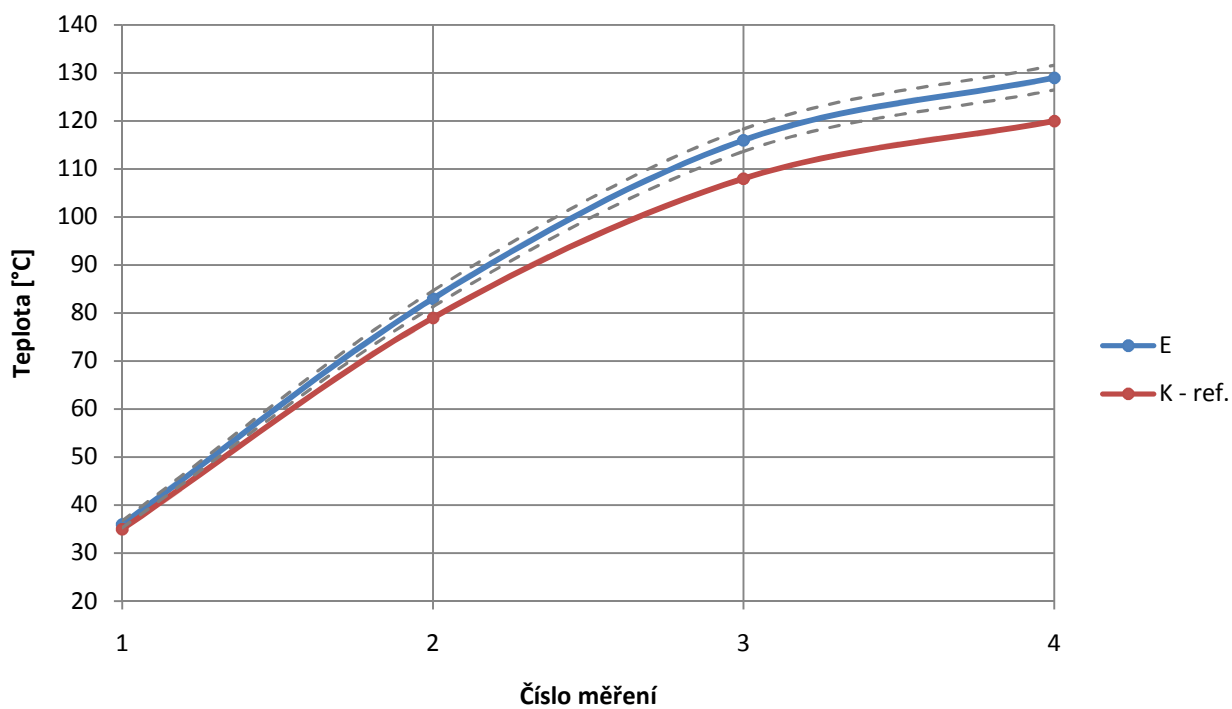
$$T_{\text{odchylka}} = \pm 2 \cdot T_{11\%} = \pm 2 \cdot 0,28 = \pm 0,56^{\circ}\text{C}$$

Grafy

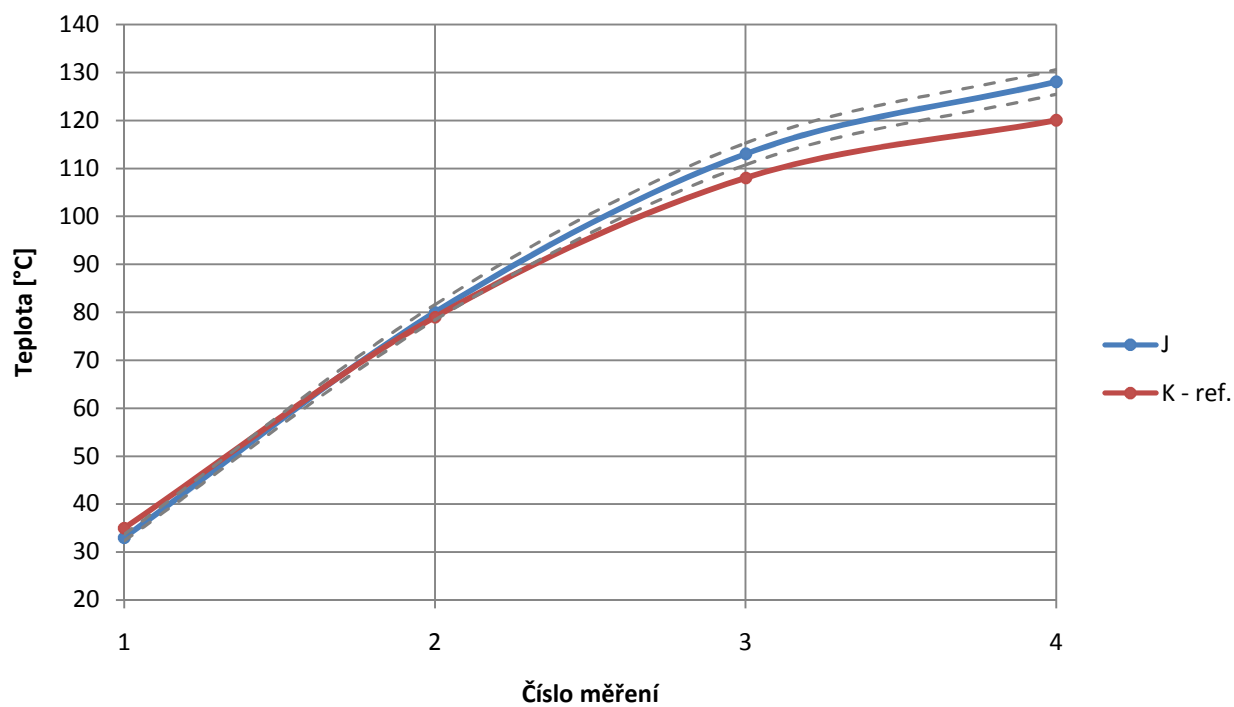
Termočlánek typu T



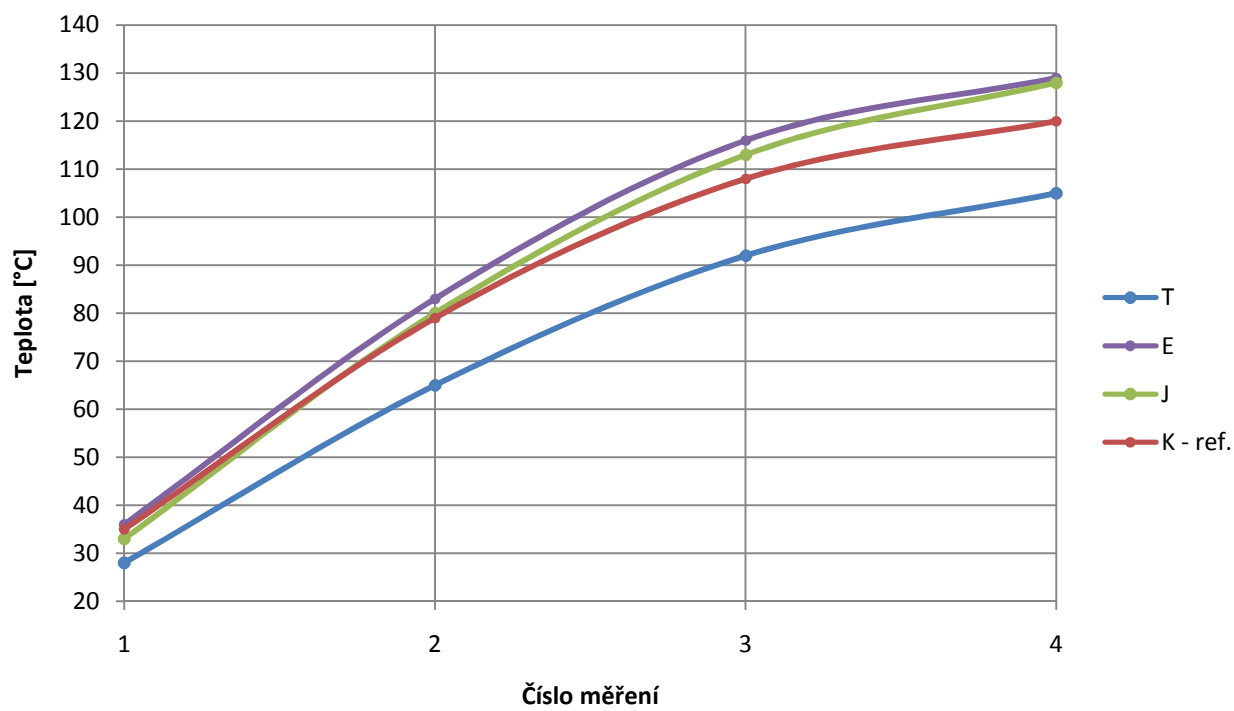
Termočlánek typu E



Termočlánek typu J



Celkový přehled



Závěr

Z měření vyplívá, 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	1,1	2,7	3,9	4,6
Cm - K α	1,1 37°	2,7 65°	3,9 92°	4,6 105°
E	2,2	5,2	7,4	8,3
Cu - K α	36°	83°	116°	124°
D	1,7	4,2	6,95	6,8
Fe - K α	33°	80°	113°	128°
Pu - K	1,4	3,2	4,4	4,9
Ni Cu - NiAl	35°	79°	109°	120°

1-2%

Přístroj 1/ Aula TD - 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