

EXPERIMENTAL SETUP FOR MEASUREMENTS OF THE TEMPERATURE DEPENDENCIES

Miroslav Riško

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xrisko01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Majzner

E-mail: majzner@feec.vutbr.cz

Abstract: The goal is to build an experimental setup for the measurements of temperature dependencies of the electrical and noise characteristics of PZT ceramic samples and QCM sensors. The functional older cryostat was used as central part and the experimental setup was completed using instruments for temperature and vacuum measurements and DC power supply. The software for the setup control was programmed in Matlab environment.

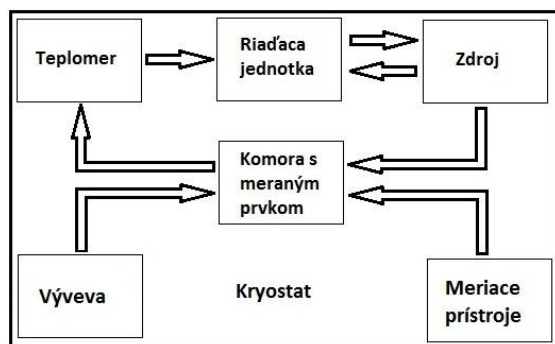
Keywords: PZT, QCM, cryostat, noise characteristics, thermal dependence

1. ÚVOD

Mojou prácou bolo vytvoriť prístroj, ktorý dokáže udržať konštantnú teplotu v rozsahu od $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tento kryostat by mal v budúcnosti slúžiť k meraniu teplotných závislostí šumových (výkonová spektrálna hustota fluktuujúceho napätia na elektródach) a elektrických (frekvenčné závislosti parametrov náhradného obvodu) charakteristík vzoriek PZT keramiky a vzoriek QCM senzorov. Tieto charakteristiky v závislosti na teplote sú dôležité z hľadiska pochopenia fyzikálnych javov prebiehajúcich priamo vo vzorkách.

2. EXPERIMENTÁLNE PRACOVISKO

Vytvoril som experimentálne pracovisko pre meranie teplotných závislostí. Jeho bloková schéma je na obrázku 1 a jeho fyzická podoba na obrázku 2. Hlavnou časťou kryostatu je komora, v ktorej sa nachádza meraná vzorka, termočlánok a výhrevná špirála. Z komory je pomocou vývevy DS102 odčerpávaný vzduch. Najvyššiu udržateľnú hodnotu vákua som dosiahol 1 Pa. Meraná vzorka je v komore umiestená v bloku, ktorý je pretiahnutý až do nádoby s kvapalným dusíkom.



Obrázok 1: Blokové schéma



Obrázok 2: Fyzická podoba

Hneď na úvod som upravil kontaktovanie vzorky v komore pre konkrétne merané vzorky. V prvom kroku bol použitý ako zdroj energie pre výhrevnú špirálu laboratórny zdroj Manson SDP 2603 [1]. Tento zdroj je ovládaný riadiacim počítačom pomocou rozhrania RS-232 [2]. Neskôr som ho nahradil zdrojom Agilent E3469A [3]. Použitý termočlánok typu T, ktorý meria aktuálnu teplotu

vzorku PZT keramiky, je pripojený k teplomeru TM-2000 [4]. Údaje z teplomeru sú opäť posielané do počítača prostredníctvom druhého rozhrania RS-232.

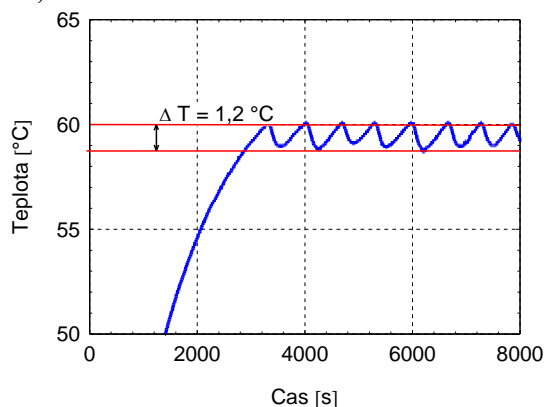
3. REGULÁCIA TEPLoty

Aplikáciu pre riadenie teploty v kryostate som naprogramoval pomocou Matlabu. Najskôr bola teplota riadená pomocou dvojstavového regulátora. Akonáhle teplota klesla pod nastavenú hodnotu, výhrevnou špirálou tiekol prúd o veľkosti 1A. Ak bola teplota vyššia ako požadovaná, bol zdroj prúdu od výhrevnej špirály odpojený. Ako vyzerá regulácia teploty nastavená na hodnotu 60°C pomocou dvojstavového regulátora je vidieť na obrázku 3, z ktorého je evidentné, že teplota je udržiavaná v rozmedzí 59°C až 60°C. Zvlnenie teploty ΔT je možné vylepšiť voľbou prúdu do výhrevnej špirály.

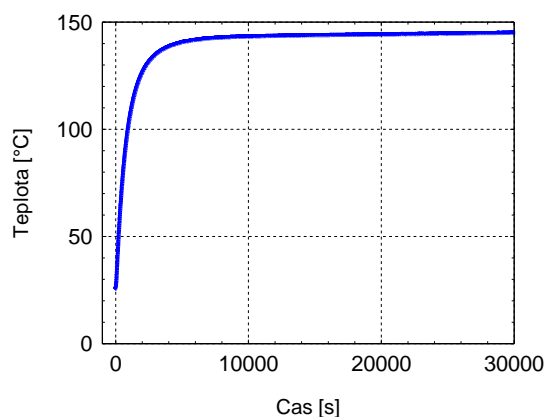
Aby bola dosiahnutá kvalitnejšia regulácia teploty, bolo nutné naprogramovať PSD regulátor a na základe prechodovej charakteristiky nastaviť jeho parametre. Prechodová charakteristika (odozva na jednotkový skok riadiacej veličiny) je na obrázku 4. Pre výpočet riadiacej veličiny som zvolil prírastkový algoritmus [5], kde je zmena veľkosti riadiacej veličiny Δu daná rovnicou (1):

$$\Delta u(kT) = k_R \left\{ e(kT) - e[(k-1)T] \right\} + \frac{T}{T_I} e(kT) + \frac{T_D}{T} \left\{ e(kT) - 2e[(k-1)T] + e[(k-2)T] \right\} \quad (1)$$

kde k je okamih vzorkovania, T je vzorkovacia perióda, e je regulačná odchýlka, k_R , T_I a T_D sú parametre regulátora. Z rovnice (1) je evidentné, že pre potrebu výpočtu zmeny riadiacej veličiny je potrebné poznať aktuálnu, minulú a predminulú veľkosť regulačnej odchýlky. Vzorkovaciu periódu T som zvolil 40s. Z dôvodu, že zdroj Manson SDP 2607 vykazoval pravidelné výpadky v komunikácii, a to po každých 65 minútach, na dobu jednej až troch minút, tak som ho musel nahradiť zdrojom Agilent E3649A. Tento nový zdroj je ovládaný pomocou zbernice GPIB (IEEE488). Po nastavení parametrov regulátora, som opäť spravil skúšobné merania a ich výsledky sú zobrazené na obrázku 5. Regulátor postupne nastavoval teploty v kryostate 100°C, 80°C, 120°C a 50°C.

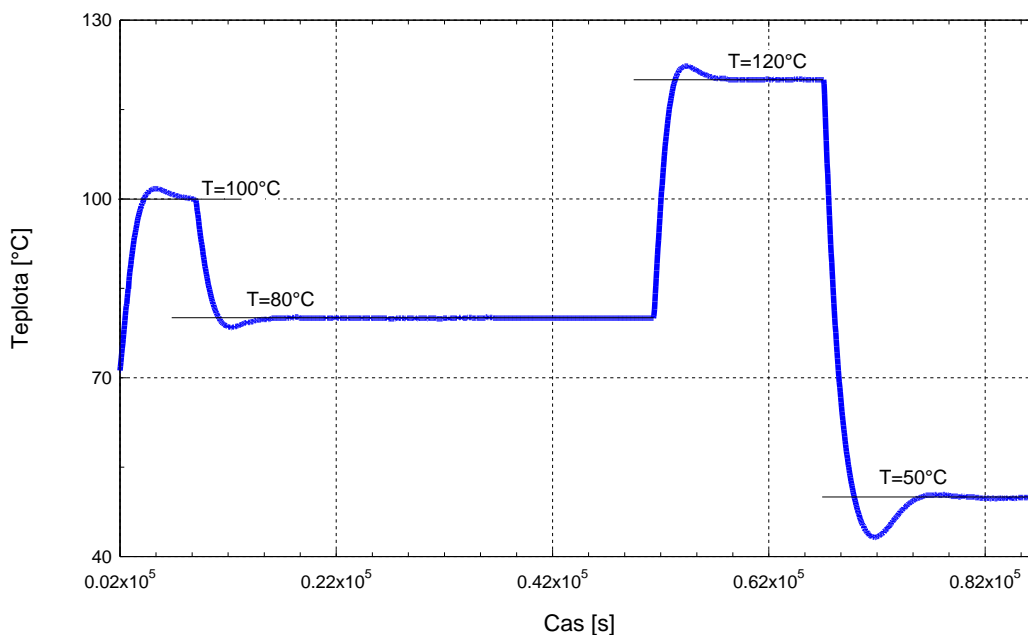


Obrázok 3: Graf znázorňujúci činnosť dvojstavového regulátora



Obrázok 4: Prechodová charakteristika regulovanej sústavy

PSD regulátor dokáže udržiavať teplotu omnoho presnejšie ako dvojstavový regulátor. S aktuálne nastavenými parametrami regulátora sa čas potrebný k ustáleniu teploty pohybuje okolo 2 hodín pri rozkmitě $\Delta T < 0.2^\circ\text{C}$. V súčasnej dobe pracujem na nájdení optimálnych parametrov regulátora, ktoré by znížili čas potrebný k ustáleniu teploty aspoň na 1 hodinu.



Obrázek 5 : Graf znázorňující činnost PSD regulátoru

4. ZÁVER

Výsledkom mojej práce je funkčný kryostat. Kryostat je vybavený komorou s elektródami, do ktorých je možné vložiť vzorku PZT keramiky tak, aby bola spoľahlivo kontaktovaná v celom teplotnom rozsahu merania. Druhý elektródový systém umožňuje kontaktovanie QCM senzorov a vzorky vodivých polymérov. Naprogramovaný regulátor je schopný udržiavať nastavenú teplotu a v súčasnej dobe prebieha optimalizácia jeho parametrov. Momentálne pracujem na doplnení riadiaceho programu o časti, ktoré budú komunikovať s prístrojom pre meranie frekvenčných závislostí parametrov náhradného elektrického obvodu meraného vzorku. Vzhľadom k pyroelektrickému javu, ktorý sa vyskytuje u meraných vzoriek, bude nutné sa vysporiadať s prítomnosťou náboja na elektródach v dôsledku zmeny teploty, ktorým je vzorka vystavená.

Riadiaci program bude taktiež obsahovať merania napätia na elektródach vzoriek v časovej oblasti a výpočet jeho výkonovej spektrálnej hustoty v závislosti na teplote, ktorá je momentálne na ústave fyziky sledovaná ako pre vzorky keramiky, tak aj pre vzorky vodivých polymérov a QCM senzorov.

REFERENCE

- [1] *REMOTE PROGRAMMING SWITCHING MODE DC regulated Power Supplies* [online].: Manson Engineering Industrial Ltd, 2009 [cit. 2011-03-03]. Dostupné z WWW: <http://www.manson.com.hk/en/support_download.php>.
- [2] *HW | Vše o elektronice a programování* [online]. 2011 [cit. 2011-03-25]. HW server představuje –Sériová linka RS-232. Dostupné z WWW: <http://hw.cz/rs-232#konektory>.
- [3] *Agilent E364xA Dual Output DC Power Supplies* [online]. [s.l.] : Agilent Technologies, 2009 [cit. 2011-03-24]. Dostupné z WWW: < <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/E3646-90001.pdf>>.
- [4] *Infračervený teploměr TM 2000.*: Lutron, 2003. 16 s.
- [5] BALÁTĚ, Jaroslav. *Automatické Řízení*. Praha : BEN - technická literatura, 2003. 663 s. ISBN 80-7300-020-2.