

ELECTRONIC NOISE TEMPERATURE DEPENDENCE OF PIEZOCERAMIC SENSORS

Petr Shromáždil

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xshrom00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Majzner
E-mail: majzner@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

Piezoelectric materials for electrotechnical represent upward trend due to development in the branch of electrotechnology in present time. The task is to measure the power spectrum density of the noise voltage on the electrodes in a sample depending on temperature. Sensor of PZT ceramics is a measured sample.

1. ÚVOD

Piezoelektrické materiály pro elektrotechnické účely představují v současné době velký vzestup díky rozvoji v oborech elektrotechnologie. Úkolem je změření výkonové spektrální hustoty šumového napětí na elektrodách zkoumaného vzorku v závislosti na teplotě. Měřeným vzorkem je snímač z PZT keramiky.

2. ROZBOR

Piezoelektrický jev tvoří základní materiálovou vlastnost, která se dotýká námi zkoumaných piezokeramických snímačů. Obecně lze tento jev rozdělit na přímý a nepřímý v závislosti na způsobu polarizace. V důsledku mechanického namáhání vzniká na plochách středově nesymetrických krystalů elektrický náboj. Elektrický náboj je tomuto tlaku přímo úměrný. Tento jev byl nazván přímý piezoelektrický jev. Jednotlivé směry mechanického namáhání lze rozdělit na příčné, podélné a stříhové. Nepřímý piezoelektrický jev naopak spočívá v působení vnějšího elektrického pole.

Rozhodujícím prvkem při vzniku piezoelektrického jevu je souvislost struktury krystalové mřížky spolu s polohou středu základní buňky této mřížky. Tradiční piezokeramické materiály mají perovskytovou krystalovou strukturu. Jedná se o celou třídu materiálů se stejnou symetrií.

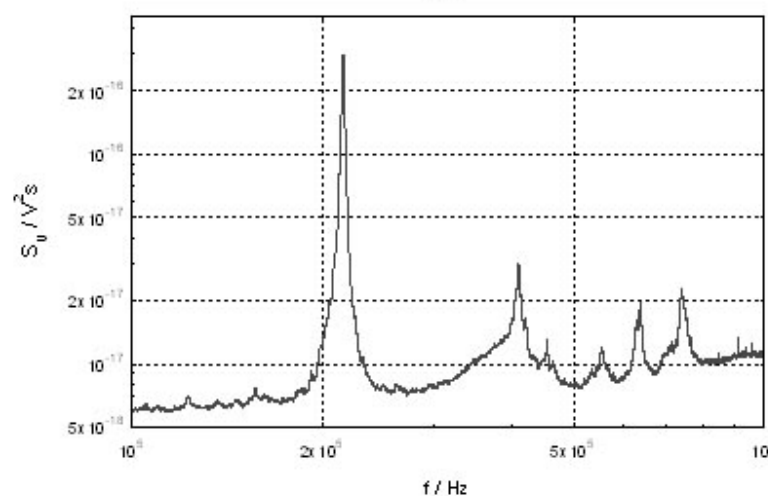
Mezi důležité parametry piezoelektrických látek patří Curieova teplota. Udává teplotu fázového přechodu mezi feroelektrickou a paraelektrickou fází látky. Obdobně je tak nazývána teplota, při které feromagnetismus látek zaniká. Typická Curieova teplota pro sloučeninu PbTiO_3 činí 490°C , pro sloučeninu PbZrO_3 činí 230°C .

3. PZT KERAMIKA

Sledovaná piezokeramika se skládá z tuhých roztoků zirkoničitanu olovnatého PbZrO_3 (PZ) a titaničitanu olovnatého PbTiO_3 (PT). Nejčastější složení je v poměru 48% PZ a 52% PT. V této oblasti se nachází morfotropní fázová hranice. Zde v důsledku společného výskytu dvou fází materiálu dochází k extrémnímu nárůstu materiálových vlastností. Objev tuhých roztoků typu titaničitan-zirkoničitan olovnatý ($\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$) přinesl významný posun vpřed, mluvíme-li o piezoelektrických veličinách a jejich teplotní i časovou stabilitu. Jde o materiály perovskutové struktury, kde je typickým zástupcem sloučenina BaTiO_3 . Namísto základní buňky jsou místo iontů Ba^{2+} ionty Pb^{2+} . Tím je dosaženo vyšší hodnoty Curieovy teploty. Nahradíme-li část iontů Ti^{4+} ionty Zr^{4+} , posuneme tím celý systém do oblasti přechodu mezi tetragonální a rhombickou fází. V této hraniční oblasti narůstají hodnoty elektromechanické vazby a materiál lze vzhledem k poklesu jeho koerzivních sil polarizovat pod Curieovou teplotou. V tuhém roztoku tohoto molárního složení je koeficient elektromechanické vazby zhruba dvojnásobný oproti systému BaTiO_3 . V porovnání s původním BaTiO_3 se podařilo u soustav na bázi tuhých roztoků dosáhnout podstatného zvýšení piezoelektrických konstant, zvýšení hodnot činitele mechanické jakosti, zlepšení časové i teplotní stability kmitočtu, rozšíření oblasti pracovních teplot vlivem posunutí Curieovy teploty do oblasti vyšších teplot apod.

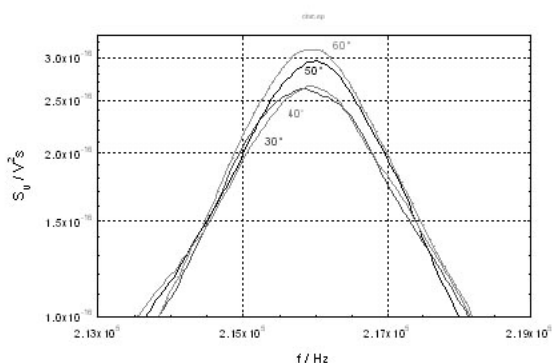
4. POPIS MĚŘENÍ

Cílem práce je sledování frekvenční závislosti výkonové spektrální hustoty šumového napětí S_U v závislosti na teplotě a to hlavně polohu a velikost rezonančních špiček v měřeném spektru. Po nastavení komunikace s přístroji, tedy napájecím zdrojem a měřicí ústřednou, se realizuje cyklus pro nastavení teploty s krokem po 10°C . Měření se uskutečnilo v rozmezí teplot 30 až 100°C . Regulace teploty v komoře je realizována změnou velikosti elektrického proudu, který protéká topnou spirálou. Měřený vzorek je nutné před samotným měřením S_U uvést do stavu blízkému termodynamické rovnováze. Z tohoto důvodu byl vzorek před samotným měřením vystaven požadované teplotě po dobu 2 hodin. Tento celý proces se opakuje pro všechny zvolené teploty. Obrázek 1 znázorňuje celkový pohled na změřený průběh frekvenční závislosti výkonové spektrální hustoty šumového napětí S_U pro teplotu 30°C v rozmezí 10kHz až 1MHz .

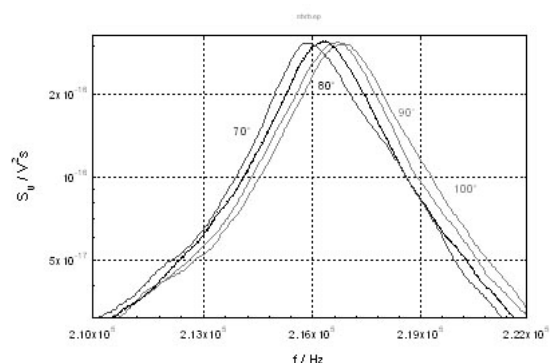


Obrázek 1: Frekvenční závislost S_u pro teplotu 30°C

Při detailním porovnání všech měřených teplot pozorujeme chování měřené veličiny S_U v závislosti na aktuální teplotě. Z naměřených průběhů je patrné, že pro teploty od 30 do 60°C je rezonanční frekvence stejná, ale mění se velikost amplitudy výkonové spektrální hustoty šumového napětí (Obrázek 2). Od teploty 70 až 100°C se naopak amplituda výkonové spektrální hustoty šumového napětí nemění, je však posunuta hodnota frekvence na vyšší hodnoty v závislosti na rostoucí teplotě (Obrázek 3).



Obrázek 2: Frekvenční závislost S_U při teplotě vzorku $T= 30, 40, 50$ a 60°C



Obrázek 3: Frekvenční závislost S_U při teplotě vzorku $T= 70, 80, 90$ a 100°C

5. ZÁVĚR

Měřeným vzorkem byl PZT snímač akustické emise vyrobený z materiálu PCM-51. Pro realizaci úkolu jsem navrhl a sestavil pracoviště pro změření frekvenční závislosti výkonové spektrální hustoty šumového napětí S_U v závislosti na teplotě. Programovou část úlohy jsem realizoval v prostředí programu MATLAB. Výsledkem měření je zobrazení polohy a velikosti rezonančních špiček v měřeném spektru. Z naměřených charakteristik je patrné chování této závislosti, která je rozdílná pro teploty 30 až 60°C a pro teploty 70 až 100°C.

Tento projekt bude rozveden v podobě diplomové práce. Zlepšena bude regulace nastavované teploty a bude rozšířena část zpracování naměřených závislostí.

LITERATURA

- [1] Čermák F.: Keramická piezoelektrika. TESLA-Výzkumný ústav pro sdělovací techniku A.S.Popova, Praha, 1970, ISBN 06-110-70
- [2] Bálek, R.: Úvod do akustiky, [cit. 2008-02-11]. Dostupné z WWW: acs.feld.cvut.cz/old/uak/ulohy/ultra-prednasky.pdf