

**Oponentský posudek habilitační práce Ing. Martina Pustky, PH.D.
"Spektrální vlastnosti kruhových piezokeramických rezonátorů"**

Jak naznačuje titul, práce se zabývá piezoelektrickými rezonátory z keramického materiálu ve tvaru válce, materiál je polarizován ve směru osy válce a čelní plochy válce jsou zcela pokryty elektrodami.

V práci je po krátkém úvodu vlastní výklad rozdělen do pěti kapitol se čtyřmi dodatky. V první kapitole je vymezen předmět zkoumání, zavedeny rozměry rezonátorů a základní typy jejich kmitů a nakonec sestavena rešerše prací, které byly v souvislosti s příbuznými náměty publikovány.

Ve druhé kapitole jsou formulovány obecné (linearizované) rovnice pro piezoelektrický jev, zaveden pojem koeficientu elektromechanické vazby a jsou představena náhradní elektrická zapojení, simulující elektrické chování rezonátoru. Rozepsáním obecných rovnic pro piezoelektrikum daného typu v kartézských a cylindrických souřadnicích se zabývají dodatky A a B.

Ve třetí kapitole je podáno odvození vztahů pro nejjednodušší aproximace kmitání rezonátorů (prosté módy). Výsledné vzorce jsou sestaveny do tabulky v dodatku C. Dále jsou ve třetí kapitole stručně uvedeny komplikovanější vztahy získané z publikací, které se zabývají zpřesněním zmíněných jednoduchých aproximací.

Kapitola čtvrtá se zabývá porovnáním výsledků vyhodnocených různými metodami z předchozí kapitoly. Výsledky jsou diskutovány zejména z hlediska proměnlivé geometrie rezonátoru, ta se charakterizuje parametrem α , zavedeným jako poměr průměru rezonátoru ku jeho tloušťce.

V páté kapitole se na vybraných příkladech pokračuje v tomto porovnávání, diskutuje se, jak vybírat nejvhodnější geometrii rezonátoru pro různá použití. Zajímavé je porovnávání vypočtených výsledků s výsledky experimentu - pro vybrané vzorky byla proměřena závislost impedance na frekvenci.

Práce je doplněna užitečným seznamem prací, důležitých pro studium piezoelektrických jevů a publikovaných v průběhu takřka jednoho sta let. V seznamu nalezneme, kromě jiných publikací autora, i knižní publikaci [8]. Autor je jejím spoluautorem a zpracoval tam kapitolu 3 a dodatky B,C,D. Předkládaná habilitační práce na ni částečně navazuje.

V průběhu čtení práce jsem nenarazil na závažnější nedostatky, nicméně bych zde uvedl některé své nepřilíš podstatné připomínky.

Pro koeficient vazby, definovaný v obecném případě vztahem (2.16), se na základě citace [60] uvádějí pro speciální případy vztahy (2.17). V následující kapitole, např. v oddílu 3.1.1, se ovšem tyto vztahy používají při odvozování rovnic právě pro ony speciální případy. Nebylo by vhodné rovnice získané v tomto oddílu použít i k vyhodnocení výrazu ve vztahu (2.16) a ověřit tak platnost obecné definice (2.16)? Celé odvození by tak bylo kompaktnější a obešlo se bez odkazu na [60].

Nebylo by dále vhodnější, výklad z odstavce 2.1 přesunout až za odstavec 2.3, kde jsou zavedeny obecné rovnice, z nichž důsledky v odstavci 2.1 uvedené vyplývají? Pokud by se na začátek práce měl zařadit nějaký text, který by hned na začátku čtenáře nenásilně uváděl do problematiky, volil bych kupříkladu odstavec 5.2. Osobně se mi velmi líbí, jak se v něm velmi instruktivně ukazuje, jak u rezonátoru s α blízkým k jedničce dostáváme pro různé módy komplikované prostorové rozložení kmitové výchylky, jaký je frekvenční průběh impedance a proč je snazší získat přibližné řešení pro mezní případy - dlouhou tyč nebo plochý disk.

Pokud jde o používaný výraz "tvar knutů", nepokládám bych ho z jazykového hlediska za příliš šťastně zvolený termín, pod tímto pojmem bych si osobně, pokud už vůbec něco, představil spíše třeba časovou závislost výchylky - průběh sinusový, harmonický, anharmonický, obdélníkový, pilovitý...

Konečně soudím, že řada čtenářů by ocenila informaci o přístroji, který byl použit pro měření frekvenční závislosti impedance.

Nehledě k uvedeným připomínkám, předloženou práci pokládám za velmi užitečný příspěvek k porozumění chování piezoelektrických rezonátorů daného typu a k usnadnění jejich aplikace v technické praxi. K podobným závěrům lze dospět i pokud jde o další výše zmíněné práce autora. Předložená práce tedy splňuje požadavky kladené na habilitační práci. Doporučuji pokračovat v habilitačním řízení její obhajobou před vědeckou radou.

V Praze 29.2.2020

Doc. RNDr. Jaromír Fährnich, CSc.
Univerzita Karlova, matematicko-fyzikální fakulta