

Ing. Petr HORA ČSAV ÚTSSK Plzeň

Ing. Miroslav KOBERNA ČSAV ÚTSSK Plzeň

Základní studie o širokopásmovém nerezonančním snímači s kuželovým aktivním prvkem a jeho použití byla prezentována na semináři AE v Peci pod Sněžkou loňského roku. Jeho sestavení bylo jedním z úkolů řešených v našem ústavu s cílem použití jednak jako sekundární standard pro cejchování snímaců AE, jednak pro další výzkum metody AE při využití možnosti vzájemně jednoznačného přiřazení fyzikálních a elektrických veličin, kterou tento snímač poskytuje.

V tomto příspěvku je uveden popis snímače AE typu standardu NBS, který byl zhotoven v našem ústavu ve spolupráci s VÚEK Hradec Králové a dále část výsledků získaných při jeho kalibraci na poloprostoru, která byla prováděna na katedře radioelektroniky ČVUT. V závěru je pak uvedeno srovnání naměřených a vypočtených průběhů pro vertikální výchylku na povrchu poloprostoru při povrchovém buzení.

Popis snímače

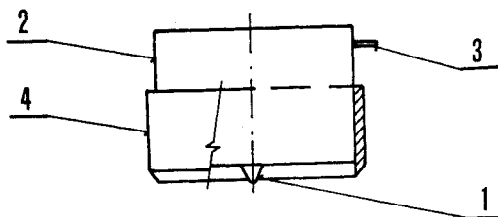
Snímač odpovídá standardu NBS uvedeném v [1] a jeho návrh je podrobně popsán ve [2]. Základem snímače je kuželový aktivní prvek zhotovený z keramiky PKM 31, vyrobený broušením z válečku polarizovaného ve směru podélné osy s napařenými stříbrnými elektrodami. Tento kuželový prvek je větší podstavou spojen se setrvačnou hmotou v její ose, obr. 1. Setrvačná hmota je realizována z mosazného válečku průměru 38 mm a výšky 25 mm, opracovaného soustružením a

vyleštěním, na čelních plochách zrcadlově. Pro připojení aktivního prvku byly odzkoušeny dva způsoby:

- a) na elektrodu byl připájen pásek z Cu fólie tloušťky $80 \mu\text{m}$ a šířky $0,5 \text{ mm}$, kužel byl poté v přípravku přilepen k setrvačné hmotě a vývod připájen na čelní plochu v jeho blízkosti;
- b) aktivní prvek byl v přípravku přilepen přímo pomocí vodivého tmelu.

Oba způsoby se ukázaly být ekvivalentní, přičemž použití vodivého tmelu výrazně urychluje práci.

Na závěr byla setrvačná hmota opatřena vývodním hrotovým konektorem pro přenos signálu a ochranným pláštěm tvořeným silonovým nákrůžkem pro zabezpečení stability snímače na povrchu.



Obr.1 Snímač s kuželovým aktivním prvkem
1-aktivní prvek, 2-setrvačná hmota,
3-konektor, 4-ochranný plášť.

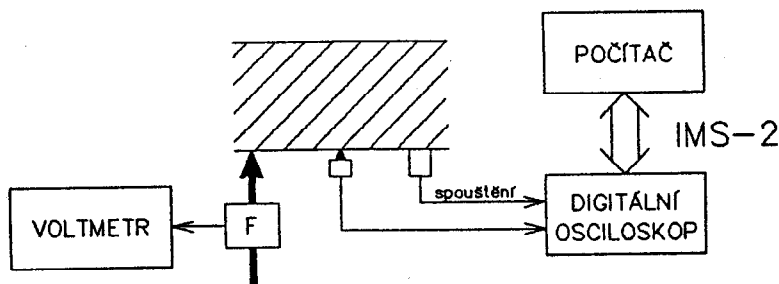
Snímač v této podobě je navržen pro činnost na horizontálním povrchu, kdy je aktivní člen přitisknut k povrchu vlastní hmotností setrvačné hmoty. Byla však s dobrými výsledky odzkoušena i jeho činnost na vertikálním povrchu při použití magnetických držáků.

Elektrické zapojení je řešeno tak, že jako signální elektroda pracuje setrvačná hmota, ze které je signál pomocí stíněného vodiče přiváděn na osciloskop a jako zemnicí

elektroda pracuje měřený povrch. Z toho plyne požadavek na dokonalé vodivé spojení aktivního členu a měřeného povrchu z důvodu potlačení parazitních kapacit vůči povrchu.

Kalibrace snímače impulsní metodou

Postup kalibrace standardního snímače impulsní metodou se opírá o znalosti časových závislostí vertikálních výchylek na povrchu poloprostoru při povrchovém i podpovrchovém buzení skokovou funkcí síly viz. [3], [4] a [5]. Budeme-li tedy budit poloprostor skokovou silou, můžeme porovnávat signál z kónického snímače s vypočtenými průběhy a tím získat frekvenční charakteristiku referenčního kónického snímače. Můžeme použít povrchové i podpovrchové buzení. Schéma zařízení pro kalibraci referenčního kónického snímače při povrchovém buzení je znázorněno na obr.3.



Obr.3 Schéma zařízení pro kalibraci kónického snímače při povrchovém buzení

Pod blokem, který je na obr.3 označen F, se skrývá zařízení pro měření síly při zlomu tenké skleněné kapiláry použité pro buzení. Údaj o celkové síle při zlomu kapiláry je nezbytný pro absolutní kalibraci snímačů. Zařízení pro měření síly sestává z tenzometrického můstku, který je

natmelen na duralovém mezičlátku, vyvažování a voltmetru. Použité tenzometry jsou polovodičové. Dva tenzometry jsou natmeleny na tenké tyčce mezičlátku, která slouží k rozdrčení kapiláry, a další dva tenzometry jsou natmeleny na rozšířené části mezičlátku a slouží pro teplotní kompenzaci.

Kapiláry použité pro generování budící síly ve tvaru skokové funkce mají pro správnou funkci kalibračního zařízení klíčový význam. Námi použité kapiláry byly z křemenného skla a měly vnější průměr $100\mu\text{m}$ a vnitřní $50\mu\text{m}$. Při jedněch z prvních pokusů o kalibraci jsme používali skleněné kapiláry o vnějším průměru 1mm , které nebyly téměř použitelné, neboť praskaly postupně.

Ocelový blok ve tvaru válce použitý při kalibraci měl průměr 195mm a výšku 140mm . Obě podstavy ocelového válce byly vyhlazeny do zrcadlového lesku. Válec spočíval na třech ocelových kuličkách, které byly zapuštěny v ocelových válečcích podpěrného zařízení.

Signál z kónického snímače byl veden do digitálního osciloskopu (KIKUSUI 7201A). Spouštěcí signál byl odebírán z klasického rezonančního snímače akustické emise, který byl umístěn v blízkosti budícího zdroje. Oba signály - signál z kónického snímače i signál spouštěcí - byly navzorkovány kmitočtem 20MHz a uloženy do paměti osciloskopu. Signál z kónického snímače, sestávající z 1024 hodnot (záznam dlouhý $51.2\mu\text{s}$ se vzorkovacím krokem $0.05\mu\text{s}$), byl po přenesení z osciloskopu do počítače PC AT podroben dalšímu zpracování, které vypadalo následovně:

- a) vybrat ze záznamu úsek dlouhý $25.6\mu\text{s}$ (512 vzorků), který není ovlivněn žádnými odrazy od stěn bloku,
- b) z tohoto vybraného úseku vzít pouze každý druhý vzorek, neboť vzorkovací krok je zbytečně malý (vysoké kmitočty jsou značně ovlivněny šumem a nás zajímá kmitočtová charakteristika pouze do 1MHz); máme tedy záznam dlouhý $25.6\mu\text{s}$ se vzorkovacím krokem $0.1\mu\text{s}$ (256 vzorků),
- c) vypočítat teoretický průběh výchylky se stejnými časovými parametry,

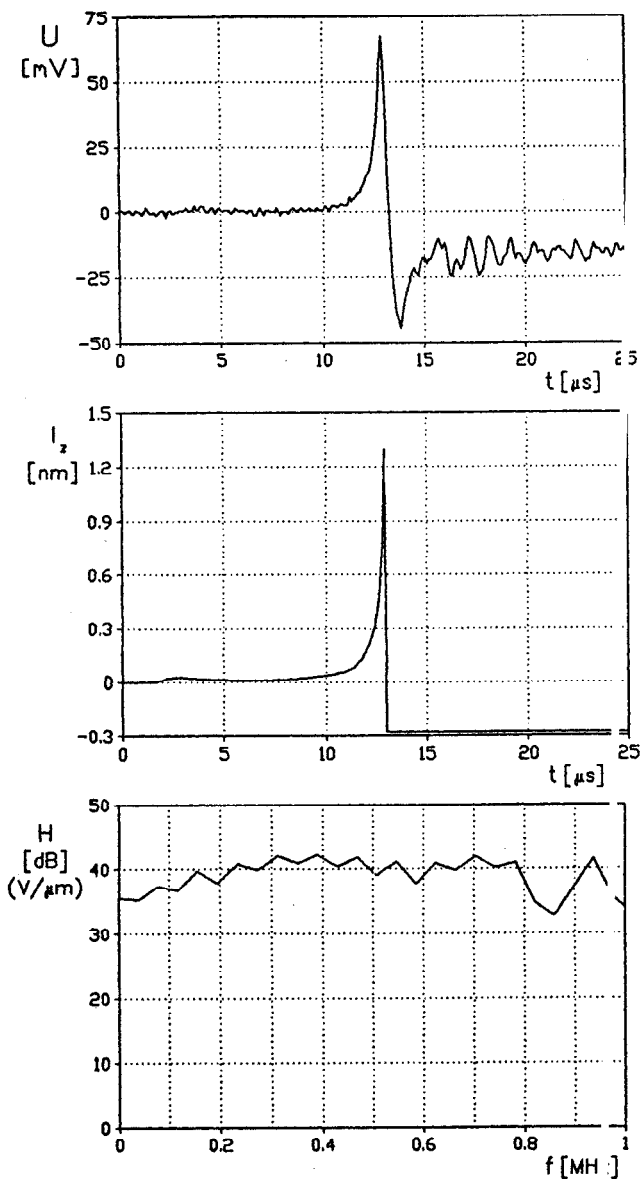
- d) provést FFT signálů získaných podle bodu b) a c),
e) vydělit tato spektra.

Na obr.4 jsou zobrazeny výsledky kalibrace; nahoře je průběh naměřeného signálu, uprostřed teoretický průběh výchyly a dole je frekvenční charakteristika snímače vyjádřená v dB vztažených k $V/\mu m$.

Závěr

Získané výsledky potvrzují literaturní údaje o možnosti použití snímače jako sekundárního standardu pro kalibraci snímačů AE. Průběh výstupního napětí je možno se značnou určitostí přiřadit průběhu povrchové výchyly vyvolané budící silou. Zákmity na průběhu vyvolané parazitními kapacitami bude možno odstranit dalším zdokonalováním elektrického zapojené obvodu.

V příspěvku popsaná metoda kalibrace umožňuje absolutně kalibrovat snímače AE a tím dává možnost kvantitativně porovnávat snímače různých firem. V nejbližší budoucnosti bude velmi užitečné použít při kalibraci rozměrnější zkušební ocelový blok, aby bylo možno zaznamenat větší časový úsek signálu, který by nebyl rušen odrazy od stěn ocelového bloku. Tímto by se zvětšila frekvenční rozlišovací schopnost kalibrace. Další možností, které by vedla ke zkvalitnění kalibrační metody, by bylo použít místo zkušební ocelového válce ocelový pás popřípadě ocelovou polokouli. S těmito změnami by bylo zapotřebí provést i odpovídající výpočty výchylek pro nekonečný pás.



Obr. 4 Charakteristiky kónického snímače při povrchové kalibraci

Literatura

- [1] Proctor, T. M. Jr.:
An improved piezoelectric acoustic emission transducer;
J. Acoust. Soc. Am., Vol. 71, 1982, str. 1163-1168
- [2] Koberna, M.:
Návrh širokopásmového snímače AE
s kuželovým aktivním prvkem
Výzkumná zpráva ČSAV ÚTSSK 70VP/1989
- [3] Cagniard, L.:
Reflexion et réfraction des ondes
séismiques progressives;
Gauthiér-Villars, Paříž, 1939
[Reflection and refraction of progressive seismic waves;
anglický překlad Flynn, E. A. a Dix, C. H.
McGraw-Hill, New York, 1962]
- [4] Mooney, H. M.:
Some numerical solutions for Lamb's problem
B. Seism. Soc. Am., Vol. 64, 1974, str. 473-491
- [5] Pekeris, C. L.; Lifson, H.:
Motion of the surface of a uniform elastic
half-space produced by a buried pulse;
J. Acoust. Soc. Am., Vol. 29, 1957, str. 1233-1238