



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

197627

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 H 3/00

(22) Přihlášeno 12. 8. 77

(21) [PV 5329—77]

(40) Zveřejněno 31. 8. 79

(45) Vydáno 30.07.82

(75) Autor vynálezu: SALAVA TOMÁŠ, ing., CSC., Praha

(54) ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ AKUSTICKÝCH IMPEDANCÍ

Vynález se týká zařízení pro měření akustických impedancí, kde měřená akustická impedance se vypočte z činitele odrazu, u něhož se řeší nejjednodušší možné uspořádání pro impulsový budicí signál.

Pro měření akustických impedancí byla již navržena řada měřicích metod, z nichž žádnou nelze použít bez omezení. Známé jsou např. metody na principu akustického interferometru a dále např. akustické nebo elektroakustické impedanční můstky, komparační metody a metody založené na principu zdroje konstantní a známé akustické objemové rychlosti. V současné době jsou nejvýhodnější metody využívající elektroakustických měničů, které pracují jako zdroje známé objemové rychlosti a metody s použitím tzv. impedančních hlavice.

Měření na principu zdroje konstantní objemové rychlosti jsou v podstatě obdobou měření elektrických impedancí zdrojem známého a konstantního elektrického proudu. Metody používající tzv. akustických impedančních hlavice jsou vlastně obdobou předchozí metody, přičemž se v tomto případě zjišťuje akustická objemová rychlost tekoucí do měřené akustické impedance ze spádu akustického tlaku na pomocné známé akustické impedanci v akustické impedanční hlavici. Všechny tyto metody jsou určeny především pro měření jednoduchými harmonickými signály. Obě poslední uvedené metody umožňují měření plynule v závislosti na kmitočtu nebo na čase, což je v některých případech mě-

ření akustických impedancí nezbytné. Měření plynule v závislosti na kmitotu jednoduchým harmonickým signálem s pozvolna plynule měnícím kmitočtem vyžaduje k měření vždy určitý čas, takže nelze měřit takto impedance, které se s časem rychle mění. To je hlavní nevýhoda všech těchto metod.

Tuto nevýhodu odstraňují impulsové měřicí metody, kde měřicím signálem je buď jediný nebo po určitém čase opakovaný akustický impuls. Pro imp. měření lze užít jako zdrojů konstantní akustické objemové rychlosti, tak zařízení s akustickými impedančními hlavici. Při tom lze např. postupovat tak, že se impulsové signály vždy vhodným postupem převedou na odpovídající spektra a kmitočtová závislost měřené akustické impedance se vypočte z komplexního poměru komplexních amplitud odpovídajících složek spektra.

Impulsovémi metodami lze však zjistit akustickou impedanci také — a to výhodněji — z činitele odrazu. V tomto případě může být výhodou především jednodušší potřebné zařízení. Pro měření akustických impedancí tímto způsobem byla již navržena měřicí metoda s dlouhým válcovým zvukovodem a dvěma měřicími mikrofony a metoda s dvěma mikrofony a dvojitém válcovým zvukovodem. Nevýhodou obou těchto metod je stále ještě zbytečná složitost potřebného zařízení. Tuto nevýhodu odstraňuje zařízení pro měření akustických impedancí, které je tvořeno zdrojem akustického

signálu připojeným z jedné strany ke zvukovodu, který má alespoň v části své délky konstantní průřez, přičemž k druhému konci tohoto zvukovodu je připojena při měření měřená akustická impedance a do tohoto zvukovodu zasahuje měřicí mikrofon pro měření akustického tlaku, který je do zvukovodu zasunut otvorem vytvořeným ve stěně zvukovodu a to ve vzdálenosti buď stejné od zdroje akustického signálu jako od měřené akustické impedance, nebo v místě bližším k měřené akustické impedanci.

Příklad zařízení podle tohoto vynálezu je znázorněn schématicky na obr. 1. Zde znázorňuje 1 zdroj akustického signálu, kterým může být vhodný elektroakustický měnič nebo např. jiskřiště; dále je 2 válcový zvukovod, 3 je doplněk zvukovodu s otvorem pro měřicí mikrofon 4; 6 je měřená impedance, např. vzorek porézního materiálu upevněný v držáku 5. Jestliže se ze zdroje akustického signálu 1 vyšle do zvukovodu 2 krátký akustický impuls, postupuje tlaková vlna zvukovodem ve směru k měřené akustické impedanci 6, na níž dojde k částečnému odrazu. Zpět směrem ke zdroji postupuje pak doražená tlaková vlna, která se však opět částečně odrazí od zdroje a postupuje zpět v opačném směru. K částečným odrazům dochází i vlivem malé nehomogenity způsobené v místě zasunutí mikrofonu tím, že membrána mikrofonu nemůže zcela hladce vyplnit stěnu zvukovodu. Tlaková vlna je také v tomto místě nepatrně deformována. Tento vliv se však uplatní stejně pro tlakovou vlnu postupující od zdroje signálu i pro tlakovou vlnu odraženou, postupující opačným směrem. Tím se pak tento vliv eliminuje, což je mimořádně výhodné.

Předpokládejme nyní, že elektrický výstup měřicího mikrofonu 4 je připojen např. k analogové číslicovému převodníku spojenému s číslicovou pamětí. Jestliže po vyslání tlakového impulsu ze zdroje 1 zaznamenejme časový průběh napětí na výstupu měřicího mikrofonu 4 získáme průběh, v němž bude za určitých podmínek obsažen postupně signál odpovídající tlakové vlně dopadající na měřenou impedanci resp. na vyšetřované rozhraní a dále pak signál odpovídající tlakové vlně odražené. Tento případ je znázorněn na obr. 2. Zde znázorňuje v pravouhlých souřadnicích křivka $um(t)$ časový průběh napětí um na výstupu měřicího mikrofonu v zachyceném časovém intervalu T . Předpokládejme, že známe přesně rychlost šíření tlakové vlny ve zvukovodu. Označíme tuto rychlost znakem c^z a dále označíme vzdálenost středu membrány měřicího mikrofonu 4 v uspořádání podle obr. 1 od zdroje akustického signálu 1 znakem d^1 a vzdálenost středu membrány mikrofonu 4 k rozhraní k němuž zjišťujeme měřenou impedanci znakem d^2 . Jestliže bude časový interval T menší než čas T^2 , pro který lze napsat vztah:

$$T^2 = 2 \{d^1 + d^2\} / c^z, \quad (1)$$

pak v intervalu T může být zachycen pouze časový průběh první dopadající a první odražené tlakové vlny. Na obr. 2 je vyznačen nejprve in-

terval T_0 , kde má signál $um(t)$ ještě nulovou hodnotu, dále navazuje interval T^1 obsahující úsek, který odpovídá dopadající tlakové vlně a interval T^2 v němž je zachycen odpovídající časový průběh pro první odraženou tlakovou vlnu. Pro další zpracování musí být zvolen úsek T^1 tak, aby platilo:

$$T^1 < 2 \cdot d^2 / c^z. \quad (2)$$

Dále se zpracují úseky odpovídající intervallům T^1 a T^2 jako analogové nebo číslicové obrazy dopadající a odražené tlakové vlny. Celý výpočet lze provést velmi rychle číslicovým počítačem s využitím rychlých algoritmů pro transformaci časových průběhů signálu na jejich spektra. Označíme-li např. n -tou spektrální komponentu odpovídající signálu $um(t)$ v časovém intervalu T^1 symbolem $C_1(n)$ a odpovídající komponentu pro signál $um(t)$ v intervalu T^2 , symbolem $C^2(n)$, pak měřenou akustickou impedanci Z^{ax} bude možné vypočíst např. užitím vztahu

$$Z^{ax} = \frac{1 + R(n)}{1 - R(n)} \cdot \frac{c^z \cdot \rho}{S^z} \quad (3)$$

Ve vztahu (3) je S^z světlý průřez zvukovodu, c^z je rychlost šíření zvuku ve zvukovodu, ρ je specifická hmotnost vzduchu a dále je

$$R(n) = \frac{C^2(n)}{C^1(n)} \quad (4)$$

Aby bylo možné tento jednoduchý postup použít je pouze třeba, aby zdroj akustického signálu byl schopen vyslat do zvukovodu impuls, dobou trvání nejvýše rovný časovému intervallu T^1 . Podle skutečné délky trvání akustického impulsu vyslaného ze zdroje akustického signálu je pak třeba volit vzdálenost d^2 , tj. vzdálenost přípojného místa pro akustickou impedanci od měřicího mikrofonu tak, aby časová délka impulsu byla menší než čas odpovídající intervallu T^1 podle vztahu (2). Pokud se nepodaří získat dostatečně krátký budící signál, lze také v oddělení dopadajícího signálu a signálu odraženého použít tzv. cepstrální techniky.

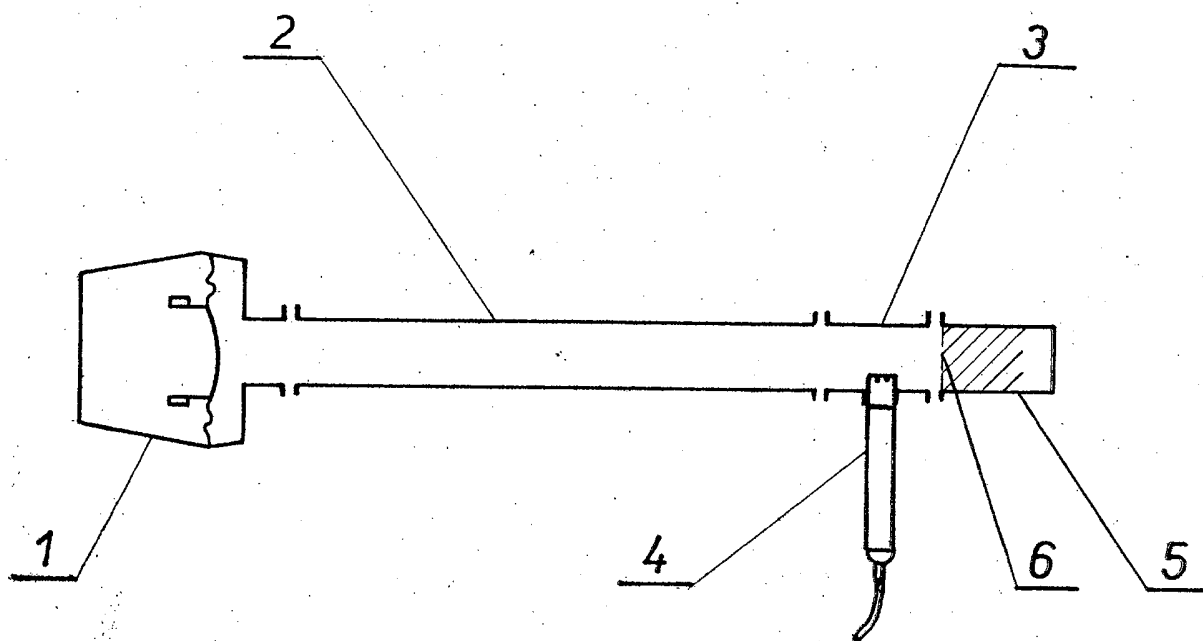
Příklad konstrukčního řešení zařízení podle tohoto vynálezu je na obr. 3. Zde je 1 — zdroj akustického signálu např. budící jednotka tlakového reproduktoru, dále je 2 válcový zvukovod, 3 je doplněk zvukovodu s otvorem pro zasunutí měřicího mikrofonu, 4 je měřicí mikrofon a 6 je měřená impedance, např. vzorek porézního materiálu upevněný v držáku 5. Výhodné je zvláště provedení s rozebíratelným zvukovodem v dílech, z něhož lze tvořit různé sestavy zařízení, např. s různými délkami d^1 a d^2 a s proměnnými průřezy apod.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

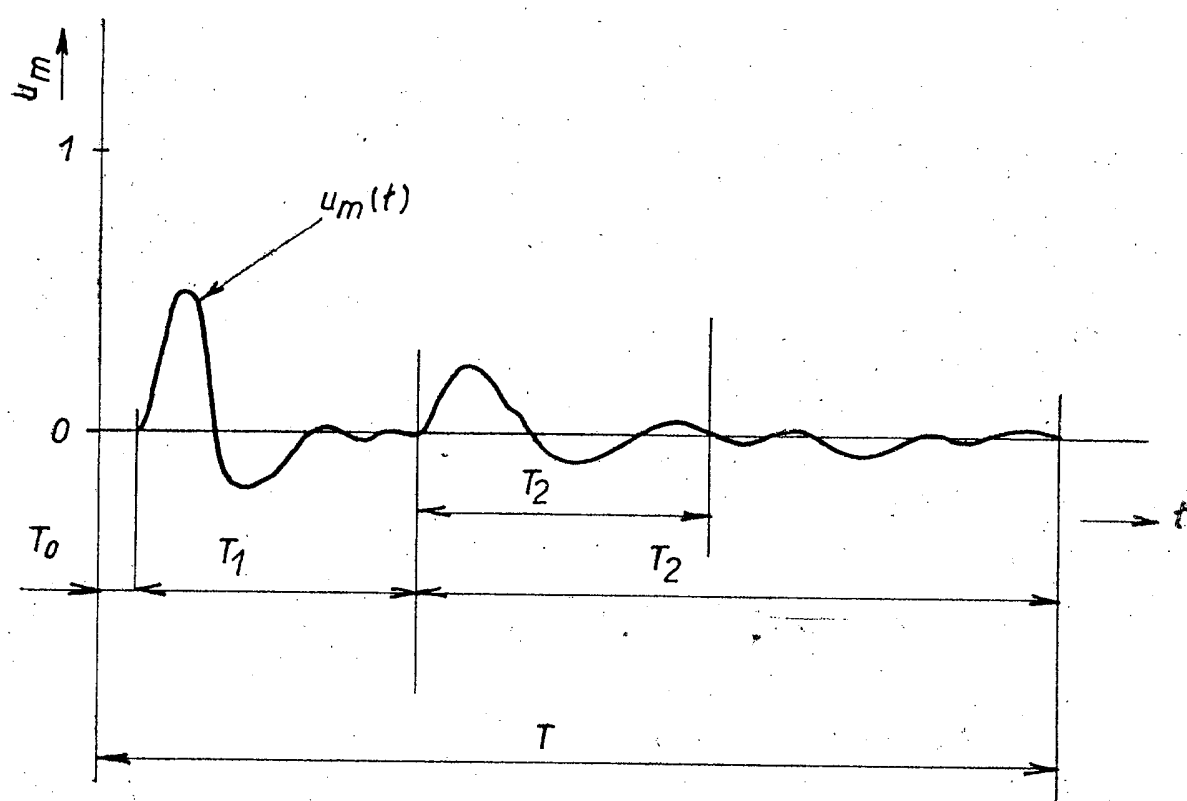
1. Zařízení pro měření akustických impedancí sestávající ze zdroje akustického signálu, zvukovodu a měřicího mikrofonu, vyznačené tím, že zdroj akustického signálu (1) je připojen k jednomu konci zvukovodu (2), k jehož druhému konci je připojena měřená akustická impedance (6) a do zvukovodu (2) je zasunut měřicí

mikrofon (4) otvorem vytvořeným ve stěně zvukovodu (2), a to ve vzdálenosti buď stejné od zdroje akustického signálu (1) jako od měřené impedance (5) nebo v místě bližším k měřené akustické impedanci (5), přičemž zvukovod (2) má alespoň v části své délky konstantní průřez.

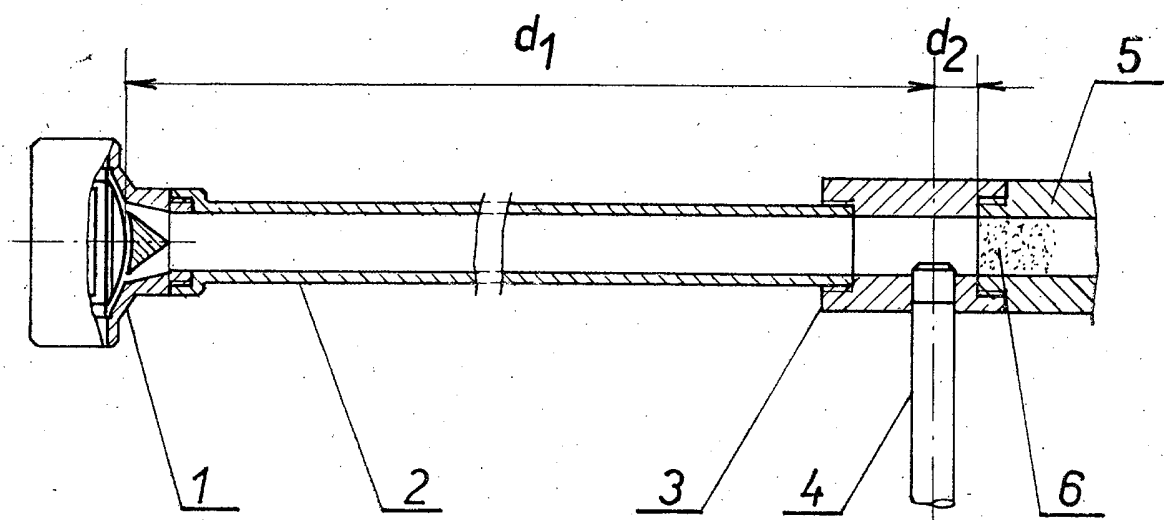
2. Zařízení podle bodu 1C, vyznačené tím, že zvukovod (2) sestává alespoň ze dvou dílů, které jsou uzpůsobeny ke vzájemnému spojení, například jsou opatřeny závity, přičemž alespoň jeden díl zvukovodu (2) je opatřen otvorem pro zasunutí měřicího mikrofону (4) a pro jeho upevnění v tomto dílu.



Обр. 1



Обр. 2



Обр. 3