PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:
2002 - 2498

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.[7]:
H 04 R 7/00
H 04 R 17/00

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **22.01.2001**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **24.01.2000 20.04.2000 15.05.2000**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **2000/0001492 2000/0009705 2000/0011602**

(33) Země priority: **GB GB GB**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **12.02.2003**
(Věstník č. 2/2003)

(86) PCT číslo: **PCT/GB01/00212**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO01/054450**

(71) Přihlašovatel:
NEW TRANSDUCERS LIMITED, London, GB;

(72) Původce:
Harris Neil, Cambridge, GB;
Bank Graham, Woodbridge, GB;
Colloms Martin, London, GB;

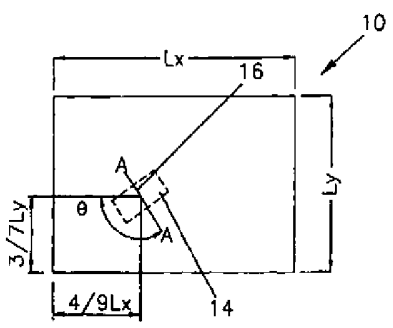
(74) Zástupce:
Hakr Eduard Ing., Přístavní 24, Praha 7, 17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

Měnič

(57) Anotace:

Měnič (14) pro produkování síly, která budí akustický zářič, jakým je např. rezonanční deska (12) k produkování akustického výstupu. Měnič (14) má zamýšlené operační frekvenční rozmezí a zahrnuje rezonanční člen, který má distribuci vidů a který je modální v operačním frekvenčním rozmezí. Parametry měniče (14) se upravují ke zlepšení modality rezonančního členu. Měnič (14) je obsažen v reproduktoru (10) nebo mikrofonu.



CZ 2002 - 2498 A3

Měnič

Oblast techniky

Vynález se týká měničů, aktuátorů nebo budičů a zejména, ale ne výhradně, měničů pro použití v akustických zařízeních, jakými jsou např. reproduktory a mikrofóny.

Dosavadní stav techniky

Do současné doby se vytvořilo velké množství měničů, aktuátorů nebo budičů, které působí silou na určitou strukturu, jakou může být např. akustičký člen reproduktoru. V současné době jsou k dispozici různé typy těchto měničů. Jako příklad se mohou uvést měniče na bázi pohybující se cívky nebo pohybujícího se magnetu, piezoelektrické nebo magnetostikční měniče. Obvyklé elektromagnetické reproduktory používající měniče na bázi cívky a magnetu převádějí 99 % své vstupní energie na teplo, zatímco piezoelektrické měniče ztrácejí pouze 1 % své vstupní energie a tudíž mají vysokou účinnost. Z tohoto důvodu jsou piezoelektrické měniče velmi používané.

Piezoelektrické měniče však mají některé nedostatky. Tak např. piezoelektrické měniče jsou velmi tuhé nebo neohebné, přičemž jejich tuhost je srovnatelná s tuhostí mosazné fólie. Z tohoto důvodu se piezoelektrické měniče obtížně uvádějí do shody s akustickým členem, zejména se vzduchem. Zvýšení tuhosti měniče posune základní rezonanční vid k vyšší frekvecni. Tudíž piezoelektrické měniče se mohou považovat za

měniče, které mají dvě operační rozmezí. První provozní rozmezí se nachází pod základní rezonancí měniče. Toto provozní rozmezí se považuje za rozmezí s regulovanou tuhostí, ve kterém se rychlost zvyšuje s frekvencí a pro výstupní odezvu je obvykle žádoucí vyrovnávací operace. To vede ke ztrátě, pokud jde o dostupnou účinnost. Druhé rozmezí představuje rezonanční rozmezí, které se nalézá za rozmezím s regulovanou tuhostí, což není obvykle dosaženo kvůli mezní povaze rezonancí.

Kromě toho, je obvykle žádoucí potlačit rezonance v měniči a proto piezoelektrické měniče se často používají ve frekvenčním rozmezí pod základní rezonancí těchto měničů nebo při základní rezonanci. V případech, kde piezoelektrické měniče se používají ve frekvenčním rozmezí nad základní frekvencí, je nutné použít tlumení k potlačení rezonančních špiček.

Problémy spojené s piezoelektrickými měniči se vyskytují rovněž u měničů zahrnujících jiné "inteligentní" materiály, jakými jsou např. magnetostrikční, elektrostrikční, nebo elektretové materiály.

Patentový dokument EP 0993 231A popisuje zvuk-generující zařízení, které zahrnuje akustickou vibrační desku a budící zařízení pro tuto akustickou vibrační desku uspořádané mezi rámem reproduktoru a akustickou vibrační deskou. Budící zařízení zahrnuje dvojici protilehlých a vzájemně odsazených piezoelektrických vibračních desek. Vnější okraje piezoelektrických vibračních desek jsou vzájemně spojeny

prstencovými distančními členy. Když se budící signál zavede do piezoelektrických vibračních desek, piezoelektrické vibrační desky se opakovaně ohýbají, přičemž jejich středy se ohýbají střídavě v opačných směrech. V tomto okamžiku jsou směry ohýbání piezoelektrických desek vždy vzájemně opačné.

Patentový dokument EP 0881 856A popisuje akustické piezoelektrické vibrační zařízení a reproduktor používající toto vibrační zařízení. V tomto zařízení oscilaci-regulující díl elastomeru je připevněn k okraji piezoelektrické oscilační desky. Tento oscilaci-regulující díl má tvar takový, že vzdálenost mezi osou, která prochází středem piezoelektrické oscilační desky a je kolmá k přímé linii spojující střed piezoelektrické oscilační desky s gravitačním středem oscilaci-regulujícího dílu, a linie procházející středem hmoty oscilaci-regulujícího dílu se mění podle této osy nebo tak, že hmota každé sekce oscilaci-regulujícího dílu rozdělená množinou přímých linií paralelních k přímé linii spojující střed piezoelektrické desky s gravitačním středem oscilaci-regulujícího dílu se mění podle osy, která je kolmá k uvedené přímé linii a prochází skrze střed piezoelektrické oscilační desky.

Patentový dokument 4,593,160 popisuje piezoelektrický reproduktor zahrnující piezoelektrické vibrační zařízení pro dosažení vibrace v ohybovém režimu, které je v axiální mezilehlé poloze neseno nosným členem, přičemž první a druhá část piezoelektrického vibračního zařízení na obou stranách nosného členu je nesena ve formě konzolového nosníku. Piezoelktrické zařízení je v částech blízkých k oběma koncům

tohoto zařízení spojeno s mebránou spojovacími členy tvořenými dráty, přičemž ohybové vlnění piezoelektrického vibračního zařízení se přenese na membránu, čímž se membrána budí. Poloha nosného členu vůči piezoelektrickému vibračnímu zařízení je zvolena tak, rezonanční frekvence první části je nižší, než je odpovídající rezonanční frekvence druhé části, a primární rezonanční frekvence (f1) druhé části je zvolena tak, že je v podstatě rovna střední hodnotě první rezonanční frekvence (F1) a druhé rezonanční frekvence (F2) první části na logaritmických souřadnicích.

Patentový dokument 4,401,857 popisuje piezoelektrický reproduktor kuželovitého typu zahrnující množinu piezoelektrických členů a reproduktorových membrán individuálně sdružených s piezoelektrickými členy, přičemž piezoelektrické členy a reproduktorové membrány jsou uspořádány do koaxiální nebo multiaxiální konfigurace. Mezi každými dvěma sousedními membránami je uspořádán tlumící člen, takže každý piezoelektrický člen je izolován od vibrací způsobených jiným piezoelektrickým členem.

Patentový dokument US 4,481,663 popisuje obvod pro uvedení elektrického zdroje zvukových signálů do shody s piezokeramickým budičem pro vysokofrekvenční reproduktor. Tento obvod zahrnuje všechny prvky pásmového filtračního obvodu, avšak s tím, že paralelní kombinace induktoru a kondenzátoru ve výstupní části filtru je nahrazena autotransformátorem nebo autoinduktorem, který převádí vstupní impedanci piezoelektrického měniče na ekvivalentní paralelní kombinaci kapacity a odporu, která společně s

indukčností autotransformátoru napájí odpor zátěže pro filtr a nahrazují kondenzátor a induktor vyloučené z výstupní části pásmového obvodu. Na výstup autotransformátoru se může zapojit dodatečný bočníkový odpor k dosažení žádoucího účinného odporu zátěže na vstupu autotransformátoru.

Patentový dokument GB 2,166,022A popisuje piezoelektrický reproduktor zahrnující množinu piezoelektrických vibračních prvků, z nichž každý zahrnuje piezoelektrickou vibrační desku a závaží spojené s touto piezoelektrickou vibrační deskou v blízkosti gravitačního středu piezoelektrické vibrační desky skrze vizkozielastickou vrstvu. V každé piezoelektrické vibrační desce se produkuje vibrační hnací síla, která působí z vnějšího okraje piezoelektrické vibrační desky směrem ven. Piezoelektrické vibrační prvky jsou vzájemně spojeny spojovacími členy, přičemž jeden z těchto piezoelektrických vibračních prvků je při vnějším okraji přímo spojen s akustickým zářičem kuželového typu k přenesení vibrační hnací síly na tento akustický zářič zejména ve vysokofrekvenční oblasti a ostatní piezoelektrické vibrační prvky přilehlé k uvedenému jednomu piezoelektrickému vibračnímu prvku produkují vibrační hnací sílu uzpůsobenou společným středofrekvenčním a nízkofrekvenčním částem pro buzení uvedeného akustického zářiče kuželového typu.

Cílem vynálezu je poskytnout zlepšený měnič.

Podstata vynálezu

Předmětem vynálezu je elektromechanický silový měnič, tj.

měnič, který je schopen generovat sílu, která budí akustický zářič k produkování akustického výstupu. Tento měnič má zamýšlené operační frekvenční rozmezí a zahrnuje rezonanční člen, který má frekvenční distribuci vidů v operačním frekvenčním rozmezí, a spojovací prostředek na rezonančním členu pro připevnění měniče k místu, na které má působit síla. Měnič tudíž může být považován za modální měnič. Spojovací prostředek může být připevněn k rezonančnímu členu v místě, které je užitečné pro sdružovací modální aktivitu rezonančního členu k tomuto místu.

Rezonanční člen může být pasivní a může být spojen spojovacím prostředkem s aktivním měničovým členem, který může být tvořen pohyblivou cívkou, pohyblivým magnetem, piezoelektrickým zařízením, magnetostrikčním zařízením nebo elektretovým zařízením. Spojovací prostředek může být připevněn k rezonančnímu členu v místě, které je užitečné pro zvýšení modální aktivity v rezonančním členu. Pasivní rezonanční člen může působit jako téměř nízkoztrátová, odporová mechanická zátěž pro aktivní člen a může zlepšit převod výkonu a mechanickou shodu mezi aktivním členem a membránou, na kterou má působit síla. Tudíž v principu pasivní rezonanční člen může působit jako krátkodobá rezonanční paměť. Pasivní rezonanční člen může mít nízké vlastní rezonanční frekvence, takže jeho modální chování je dostatečně hutné v rozmezí, ve kterém pasivní rezonanční člen provádí zatěžovací a uzpůsobovací činnost pro aktivní člen. Jeden účinnek navrženého těsného spojení aktivního členu s tímto rezonančním prvkem spočívá v rovnoměrnějším vázání síly, produkované měničem, ve frekvenčním rozmezí. To je

dosaženo příčným spojením a regulací extrémní hodnoty Q a výsledek má hladší frekvenční odezvu a je potenciálně lepší, než u jednoduchých piezoelektrických zařízeních.

Alternativně rezonanční člen může být aktivní a může být tvořen piezoelektrickým zařízením, magnetostrikčním zařízením nebo elektrotovým zařízením. Piezoelektrický aktivní člen může být realizován s předpětím, jak tomu je u piezoelektrického aktivního členu popsaného v patentovém dokumentu US 5632841, nebo může být proveden s elektrickým předpětím.

Aktivní člen může být bimorfní nebo bimorfní se středovým křidélkem nebo podložkou nebo unimorfní. Aktivní člen může být připevněn k zadní desce nebo podložce, která může být tvořena tenkou kovou deskou a může mít pevnost stejnou, jako má aktivní člen. Zadní deska je výhodně větší než aktivní člen. Zadní deska může mít průměr nebo šířku, která je třínásobně nebo čtyřnásobně větší než průměr nebo šířka aktivního členu. Parametry zadní desky mohou být upraveny ke zvýšení modální hustoty měniče. Parametry zadní desky a parametry aktivního členu mohou být upraveny ve vzájemné relaci ke zvýšení modální hustoty.

Rezonanční člen může být perforován, takže nevyzařuje nežádoucí zvuk. Alternativně rezonanční člen má akustický činný otvor, který je malý ke ztlumení akustického záření z tohoto rezonančního členu. Rezonanční člen může být tudíž akusticky v podstatě neaktivní. Alternativně, rezonanční člen může přispívat k činnosti sestavy.

Velikost spojovacího prostředku může být malá, tj. může být srovnatelná s vlnovou délkou vln v operačním frekvenčním rozmezí. To může zlepšit akustické spojení z tohoto spojovacího prostředku. To může rovněž snížit vyšší frekvenční aperturní efekt, případně snížit vysokofrekvenční spojení nebo ohybové vlny rezultující z oblasti spojení. Alternativně oblast, kterou zabírá rezonanční člen může být zvolena k selektivnímu omezení spojení vyšších frekvencí, např. k poskytnutí filtrační funkce.

Parametry, jakými jsou např. poměr stran, izotropie ohybová pevnost, izotropie tloušťky a geometrie rezonančního členu mohou být zvoleny ke zvýšení distribuce vidů v rezonančním členu v operačním frekvenčním rozmezí. Ke zvolení parametrů se mohou použít anylýzy, jakou je např. počítačová simulace používající techniku FEA nebo modelování.

Distribuce se může zvýšit tím, že se zajistí, aby první vid aktivního členu byl blízko žádoucí nejnižší operační frekvence. Distribuce se rovněž může zvýšit zajištěním dostatečné, např. vysoké, hustoty vidů v operačním frekvenčním rozmezí. Hustota vidů je výhodně dostatečná k tomu, aby aktivní člen poskytnul efekticní střední průměrnou sílu, která je v podstatě konstantní s frekvencí. Dobrý převod energie může poskytnout užitečné vyrovnání modálních rezonancí.

Naproti tomu u konvenčních měničů, které zahrnují inteligentní materiály a které jsou navrženy k provozu pod základní rezonancí konvenčních měničů, výstup se snižuje s

klesající frekvencí. V důsledku toho, aby se výstup zachoval konstantní s frekvencí, je nutné zvýšit vstupní napětí.

Alternativně nebo dodatečně se distribuce vidů může zvýšit frekvenčně rovnoměrnou distribucí rezonančních vidů ohybových vln, tj. vyrovnáním vrcholů frekvenční odezvy způsobených shlukováním nebo sdružováním vidů. Tento měnič může být tudíž známý jako měnit s distribuovanými vidy nebo měnič typu DMT.

Distribucí vidů se obvyklá dominantní vysoká amplituda rezonance rezonančního členu sníží a tudíž špičková amplituda rezonančního členu se rovněž sníží. V důsledku toho se omezí možnost opotřebení měniče a operační životnost měniče se může výrazně prodloužit. Kromě toho, možnost stejnoměrné odezvy od posunovacího typu měniče zjednodušuje požadavek na elektrickou energii, snižuje náklady budícího systému.

Měnič může zahrnovat množinu rezonančních členů, z nichž každá má distribuci vidů, přičemž vidy těchto rezonančních členů jsou uspořádány k prokládání v operačním frekvenčním rozmezí a tudíž ke zvýšení distribuce vidů v celém měniči. Rezonanční členy výhodně mají rozdílné základní frekvence. Tudíž parametry, jakými jsou zatížení, geometrie nebo ohybová tuhost rezonančních členů mohou být rozdílné.

Rezonanční členy mohou být výhodně spojeny dohromady spojovacími prostředky tvořenými, např. pevnými sloupky uspořádanými mezi členy. Rezonanční členy jsou výhodně spojeny ve spojovacích místech, které zvyšují modalitu měniče

nebo/a zlepšují spojení v místě, na které má působit síla. Parametry spojovacího prostředku mohou být zvoleny ke zvýšení modální distribuce v rezonančním členu.

Rezonanční členy mohou být uspořádány ve stohové sestavě, ve které jsou tyto členy umístěny jeden nad druhým. Spojovací místa mohou být axiálně vyrovnány. Rezonanční zařízení může být pasivní nebo aktivní nebo může být kombinací pasivního a aktivního zařízení k vytvoření hybridního měniče.

Rezonanční člen může být ve formě desky nebo může být vyhnut z planární roviny. V deskovém rezonančním členu mohou být vytvořeny zářezy k vytvoření vícerezonančního systému. Rezonanční člen může mít tvar ramene, lichobežníkový tvar, hypereliptický tvar nebo může mít obecně tvar kotouče. Alternativně rezonanční člen může být pravoúhlý a může být vyhnut z planární roviny obdélníku podél kratší osy symetrie. Tak např., patentový dokument US 5,632,841 popisuje měnič ve formě plochého pásku.

Rezonanční člen může být modální podél dvou v podstatě normálových os, z nichž každá má přidruženou základní frekvenci. Poměr dvou základních frekvencí může být upraven pro nejlepší modální distribuci, např. 9:7 (asi 1,286:1).

Jako příklad je možné uvést, že uspořádání modálního měniče může být libovolně zvoleno z množiny zahrnující plochý piezoelektrický kotouč; kombinaci alespoň dvou nebo výhodně alespoň tří plochých piezoelektrických kotoučů, dvě souhlasná piezoelektrická ramena, kombinaci množiny souhlasných

piezoelektrických ramen, zakřivenou piezoelektrickou desku, kombinaci množiny zakřivených piezoelektrických desek nebo dvě souhlasná zakřivená piezoelektrická ramena.

Proložení distribuce vidů v každém rezonančním členu může být zvýšeno optimalizací frekvenčního poměru rezonančních členů, zejména poměru frekvencí každé základní rezonance každého rezonančního členu. Tudíž, parametr každého rezonančního členu v relaci jeden vůči druhému se může měnit ke zvýšení celkévé modální distribuce měniče.

Když se použijí dva aktivní rezonanční členy ve formě ramena, obě tato ramena mají frekvenční poměr (tj. poměr základních frekvencí) 1,27:1. V případě měniče zahrnujícího tři ramena, frekvenční poměr může být 1,315:1,147:1. V případě měniče zahrnujícího dva kotouče, frekvenční poměr může být 1,1 +/- 0,02 : 1 k optimalizování hustoty vidů vysokého řádu nebo může být 3,2 : 1 k optimalizování hustoty vidu nízkého řádu. V případě měniče zahrnujícího tři kotouče, frekvenční poměr může být 3,03:1,63:1 nebo může být 8,19:3,20:1.

Měnič může být tvořen inerciálním elektromechanickým silovým měničem. Měnič může být spojen s akustickým zářičem k buzení akustického zářiče k produkování akustického výstupu.

Tudíž druhým předmětem vynálezu je reproduktor zahrnující akustický zářič a modální měnič, jak byl výše definován, přičemž měnič je spojen skrze spojovací prostředek k akustickému zářiči k buzení akustického zářiče k produkování

akustického výstupu. Parametry spojovacího prostředku mohou být zvoleny ke zvýšení distribuce vidů v rezonančním členu v operačním frekvenčním rozmezí. Spojovací prostředek může mít stopový prostředkem, jakým je např. regulovaná vrstva adheziva.

Spojovací prostředek může být uspořádán asymetricky vzhledem k akustickému zářiči, takže měnič je asymetricky spojen s akustickým zářičem. Asymetrické spojení může být dosaženo několika způsoby, jakým je např. nastavení polohy nebo orientace měniče na akustickém zářiči vůči osám symetrie akustického zářiče nebo měniče.

Spojovací prostředek může tvořit připevňovací linii. Alternativně, spojovací prostředek může tvořit připevňovací bod nebo malou lokální připevňovací oblast, přičemž připevňovací oblast je malá vzledem k velikosti rezonančního členu. Spojovací prostředek může mít formu sloupku a může mít malý průměr, jakým je např. průměr 3 až 4 mm. Spojovací prostředek může mít malou hmotu.

Spojovací prostředek může zahrnovat více než jeden spojovací bod mezi rezonančním členem a akustickým zářiči. Spojovací prostředek může zahrnovat kombinaci připevňovacích bodů nebo/a připevňovacích linií. Tak např., se mohou použít dva připevňovací body nebo malé lokální připevňovací oblasti, z nichž jedna je uspořádána v blízkosto středu a druhá je umístěna při okraji aktivního členu. To může být výhodné pro deskové měniče, které jsou obecně pevné a mají vysokou přirozenou rezonanční frekvenci.

Alternativně se může použít pouze jeden jediný spojovací bod. To může být výhodné v případě řady množiny rezonančních členů, kde výstup všech rezonančních členů se sčítá skrze jeden jediný spojovací prostředek, takže není nutné, aby výstup byl sčítán zátěží, jakou může být např. zářič reproduktoru. Zatímco toto sčítání může být možné v rezonančním deskovém zářiči, v případě pistonické membrány to nemusí platit.

Spojovací prostředek se může zvolit tak, aby byl umístěn v antiuzlu na rezonančním členu a může bý zvolen k poskytnutí průměrné síly konstantní s frekvencí. Spojovací prostředek se může umístit mimo střed rezonančního členu.

Poloha nebo/orientace připevňovací linie se může zvolit k optimalizování modální hustoty rezonančního členu. Připevňovací linie výhodně není souhlasná s linií symetrie rezonančního členu. Tak např., v případě pravoúhlého rezonančního členu připevňovací linie je odsazena od krátké osy symetrie (středové linie) rezonančního členu. Připevňovací linie může mít orientaci, která není paralelní s osou symterie akustického zářiče.

Tvar rezonančního členu se může zvolit k poskytnutí připevňovací linie, která je vybočená z osy a je obecně ve středu hmoty rezonančního členu. Jedna výhoda tohoto provedení spočívá v tom, že měnič je připevněn ve středu hmoty a tudíž nedochází k žádné inerciální nerovnováze. To může být dosaženo asymetricky tvarovaným rezonančním členem, který může mít tvar lichoběžníku.

V případě měniče zahrnujícího ramenový nebo obecně pravoúhlý rezonanční člen připevňovací linie může probíhat přes šířku rezonančního členu. Oblast, kterou zabírá rezonanční člen může být malá vůči oblasti, kterou zabírá akustický zářič.

Měnič se může použít k buzení libovolné struktury. Tudíž reproduktor může být záměrně pistonický v alespoň části operačního frekvenčního rozmezí nebo může být reproduktorem, který je schopen pracovat s ohybovými vlnami. Parametry akustického zářiče se mohou zvolit ke zvýšení distribuce vidů v rezonančním členu v operačním frekvenčním rozmezí.

Reproduktor může být tvořen reproduktorem na bázi ohybového vlnění s rezonančními vidy, který má akustický zářič a měnič připevněný k akustickému zářiči pro buzení ohybových vln s rezonančními vidy. Tento reproduktor je popsán v mezinárodní přihlášce vynálezu WO97/09842 a dalších patentových dokumentech, a může být považován za reproduktor s distribuovanými vidy.

Akustický zářič může mít formu desky. Tato deska může být plochá a může mít malou hmotnost. Materiál akustického zářiče může být anizotropický nebo izotropický.

Vlasnosti akustického zářiče se mohou zvolit tak, aby se rezonanční vidy ohybových vln distribuovaly frekvenčně rovnoměrně, tj. aby se vyrovnaly špičky ve frekvenční odezvě způsobené shlukování nebo seskupováním vidů. Zejména vlastnosti akustického zářiče mohou být zvoleny tak, aby

distribuce nízkofrekvenčních rezonančních vidů ohybových vln byla frekvenčně rovnoměrná. Nízkofrekvenční rezonanční vidy ohybových vln jsou výhodně tvořeny deseti až dvaceti rezonančními vidy ohybových vln s nejnižšími frekvencemi.

Poloha měniče se může zvolit k podstatě rovnoměrnému spojení s rezonančními vidy ohybových vln v akustickém zářiči, zejména s nízkofrekvenčními rezonančními vidy ohybových vln. Jinými slovy, měnič se může připevnit v místě, ve kterém počet vibračně aktivních rezonančních antiuzlů v akustickém zářiči je relativně vysoký a obráceně počet rezonančních uzlů je relativně nízký. Je možné použít libovolné takové místo, avšak nejvýhodnější místa jsou v blízkosti středových míst mezi 38 % až 62 % podél každé délky a šířky, avšak mimo střed. Specifická nebo preferenční místa jsou při 3/7, 4/9 nebo 5/13 vzdálenosti podél délky a šířky, přičemž je výhodné, aby poměr pro délku byl rozdílný od poměru pro šířku. Je výhodné 4/9 délky, 3/7 šířky izotropní desky mající poměr stran 1:1,13 nebo 1:1,41.

Operační frekvenční rozmezí může mít relativně široké frekvenční rozmezí a může být ve zvukovém rozmezí nebo/a ultrazvukovém rozmezí. Je možná rovněž aplikace pro ultrazvukové a zvukové rozsahy, kde větší šířka pásma nebo/a vyšší možný výkon je užitečný kvůli provozu měniče s distribuovanými vidy. Tudíž může být dosažen provoz v rozmezím širším než je rozmezí definované jedinou přirozenou rezonancí měniče.

Nejnižší frekvence v operačním frekvenčním rozmezí je

výhodně nad předem stanovenou nižší mezní hodnotou, která je kolem základní rezonance měniče.

Tak např., v případě ramenového aktivního rezonančního členu je možné sílu odebírat ze středu ramene a tato síla se může uvést do shody s vidovým tvarem v akustickém zářiči, ke kterému je rezonanční člen připevněn. Tímto způsobem akce a reakce mohou spolupracovat ke generování konstantního výstupu s frekvencí. Spojením rezonančního členu a akustického zářiče při antiuzlu rezonančního členu se první rezonance rezonančního členu může jevit jako nízká impedance. Tímto způsobem akustický zářič by neměl zesílit rezonanci rezonančního členu.

Třetím předmětem vynálezu je mikrofón, který zahrnuje člen, který je schopen nést zvukový vstup, a výše definovaný modální měnič, který je spojen s tímto členem k poskytnutí elektrického výstupu v odezvě na incidenční akustickou energii.

Čtvrtým předměntem vynálezu je sluchadlo zahrnující výše vymezený modální aktuátor.

Pátým předmětem vynálezu je způsob výroby reproduktoru zahrnujícího rezonanční akustický zářič a výše definovaný modální měnič, přičemž podstata tohoto způsobu spočívá v tom, že zahrnuje analyzování mechanických impedancí rezonančních členů a akustického zářiče, zvolení nebo/a upravení parametrů akustického zářiče nebo/a rezonančního členu k dosažení žádoucí modality rezonančního členu nebo/a akustického

zářiče, a dosažení žádoucího převodu výkonu mezi rezonančním členem a akustickým zářičem.

Šestým předmětem vynálezu je způsob výroby reproduktoru zahrnujícího rezonanční akustický zářič a výše definovaný měnič, jehož podstata spočívá v tom, že zahrnuje analyzování nebo/a porovnání změny rychlosti a síly pro daný modálně aktivovaný akustický systém a zvolení kombinace hodnoty rychlosti a síly k dosažení zvoleného převodu výkonu.

Přehled obrázků na výkresech

Za účelem lepšího pochopení vynálezu je v následující části uveden popis příkladů provedení vynálezu, ve kterém jsou činěny odkazy na přiložené výkresy, na kterých

obr. 1 zobrazuje schématicky pohled na příklad provedení deskového reproduktoru podle vynálezu,

obr. 1a zobrazuje řez vedený podél linie A-A na obr. 1,

obr. 2 zobrazuje schématicky půdorysný pohled na parametrizovaný model měniče podle vynálezu,

obr. 2a zobrazuje řez vedený kolmo k připevňovací lini měniče zobrazeného na obr. 2,

obr. 3 zobrazuje graf nákladů vůči závěsné délce (% L) pro měnič zobrazený na obr. 2,

obr. 4 zobrazuje graf nákladů vůči poměru stran pro měnič zobrazený na obr. 2 připevněný při 44 % podél jeho délky,

obr. 5 zobrazuje graf simulace FEA frekvenční odezvy pro deskový reproduktor z obr. 1 s měničem připevněným při 44 % a 50 % podél jeho délky,

obr. 6a a 6b zobrazují půdorysné pohledy na měnič podle dalšího hlediska vynálezu,

obr. 7 zobrazuje nákladovou funkci vůči poměru stran (AR) a kuželovosti (TR) pro měnič z obr. 6a a 6b,

obr. 8 zobrazuje frekvenční odezvu pro piezoelektrický ramenový měnič,

obr. 9 zobrazuje boční pohled na příklad provedení dvojitého ramenové měniče podle vynálezu,

obr. 10 zobrazuje graf frekvenční odezvy měniče z obr. 8 a 9,

obr. 11 až 11c zobrazují grafy nákladů vůči α (frekvenční poměr) pro dvojitý ramenový měnič, trojitý ramenový měnič resp. trojitý kotoučový měnič,

obr. 11d zobrazuje graf nákladů vůči poměru poloměrů pro trojitý kotoučový měnič podle dalšího hlediska vynálezu,

obr. 12a je boční pohled na měnič s množinou rezonančního

členu podle dalšího hlediska vynálezu,

obr. 12b je půdorysný pohled na měnič z obr. 12a,

obr. 13 zobrazuje graf nákladové funkce vůči poměru stran pro měniče zahrnující dvě desky,

obr. 14 zobrazuje frekvenční odezvu (akustický tlak (dB) vůči frekvenci (Hz)) pro tři měniče s rozdílnou tloušťkou připevněné na desce,

obr. 15 zobrazuje frekvenční odezvu (akustický tlak (dB) vůči frekvenci (Hz) pro měnič podle podle vynálezu připevněný na třech rozdílných deskách,

obr. 16 zobrazuje graf síly, rychlosti a výkonu vůči měnící se zátěži,

obr. 17 zobrazuje frekvenční odezvu pro měnič podle vynálezu připevněného na desce s dodatečnými tlumícími hmotami,

obr. 18 zobrazuje boční pohled na měnič podle obr. 17,

obr. 19 zobrazuje boční pohled na měnič podle dalšího hlediska vynálezu,

obr. 20 zobrazuje půdorysný pohled na měnič podle obr. 19,

obr. 21a a 21b zobrazují boční resp. půdorysný pohled na měnič podle dalšího hlediska vynálezu,

obr. 22 zobrazuje boční pohled na měnič podle dalšího hlediska vynálezu,

obr. 23 zobrazuje boční pohled na zapouzdřený měnič podle dalšího hlediska vynálezu,

obr. 24 zobrazuje boční pohled na měnič podle vynálezu připevněný na kuželu pístonického reproduktoru a

obr. 25a a 25b zobrazují boční resp. půdorysný pohled na měnič podle dalšího hlediska vynálezu.

Příklady provedení vynálezu

Obr. 1 zobrazuje reproduktor 10 ve formě desky, který zahrnuje akustický člen ve formě rezonanční desky 12 a měnič 14 připevněný na rezonanční desce 12 k buzení ohybového vlnění v rezonanční desce 12, jak je to popsáno v patentové přihlášce WO97/09842. Reproduktory s rezonanční deskou schopnou vést ohybové vlnění popsané v patentové přihlášce WO97/09842 jsou známé jako reproduktory typu DM nebo DML. Měnič 14 je připevněn na spojovacím členu 16 a uspořádán mimo střed v místě určené souřadnicemi, z nichž jedna představuje 4/9 délky rezonanční desky 12 a druhá představuje 3/7 šířky rezonanční desky 12. To je optimální poloha pro přiložení síly na rezonanční desku 12, jak je to popsáno v patentové

přihlášce WO97/09842.

Měnič 14 je tvořen předpěťovým piezoelektrickým aktuátorem, který je popsán v patentovém dokumentu US 5632841 odpovídajícímu mezinárodní patentové přihlášce WO 96/31333 a je vyráběn společností PAR Technologies Inc. pod obchodním označením NASDRIV. Měnič 14 je tudíž aktivním rezonančním prvkem.

Jak je to zřejmé z obr. 1 a 1a, měnič 14 má tvar obdélníku a neplanární zakřivení. Tímto zakřivením se rozumí, že připevňovací člen 16 má formu připevňovací linie. Tudíž měnič 14 je připevněn k rezonanční desce 12 pouze podél linie A-A. Měnič 14 je středově připevněn, tj. připevňovací linie probíhá paralelně s kratší stranou měniče 14 podél kraší osy symetrie měniče 14 a je od této kratší strany měniče 14 odsazena o vzdálenost rovnající se polovině délky měniče 14. Připevňovací linie je orientována asymetricky a svírá s delší stranou rezonanční desky 12 úhel $\theta = 120°$. Tudíž připevňovací linie není paralelní s osami symetrie rezonanční desky.

Úhel θ orientace připevňovací linie se může zvolit modelováním středově připevněného měniče za použití měření s dvěma špatnými výsledky k nalezení optimálního úhlu. Tak např., standardní odchylka logaritmické odezvy (dB) je mírou hrubosti. Podrobnosti k této problematice jsou uvedeny v mezinárodní patentové přihlášce WO 99/41839.

Pro modelování velikost rezonanční desky je zvolena tak,

že šířka a délka rezonanční desky je 462 mm resp. 524 mm, přičemž ke zjednodušení modelu se materiál rezonanční desky se zvolí tak, že je optimální pro uvedenou velikost rezonanční desky. Výsledky modelování ukázaly, že změna úhlu na úhel 180° nemá žádný účinnek a výkon reproduktoru není nadměrně citlivý na tento úhel. Avšak úhly orientace asi od 90° do 120°poskytují zlepšení, výsledek je relativně dobrý při obou metodách. Tudíž měnič 14 by měl být orientovaný tak, že svírá s delší stranou rezonanční desky 12 úhel až k 30°.

Když se měnič 14 připevní na rezonanční desku 12 tak, že připevňovací linie probíhá podél kratší osy souměrnosti měniče 14, rezonanční frekvence obou ramen rezonanční desky 12 jsou souhlasné.

Obr. 2 zobrazuje parametrizovaný model měniče 14 ve formě aktivního rezonančního členu. Poměr šířky W ku délce L aktivního rezonančního členu a poloha x připevňovací linie podél měniče se může měnit. Aktivní rezonanční člen má pravoúhlý tvar a má délku 76 mm. Obr. 2A zobrazuje vymodelovaný měnič 14 připevněný na rezonanční desce 12 podél nestředové připevňovací linie.

Výsledky rozborů jsou zobrazeny na obr. 3 a 4. Z obr. 3 je zřejmé, že optimální bod závěsu má připevňovací linii při 43 % až 44 % podél délky rezonančního členu: funkce nákladů (měření se špatnými výsledky) se minimalizuje při této hodnotě. To odpovídá odhadu pro připěvňovacím bodě při 4/9 délky měniče. Kromě toho, počítačové modelování ukázalo, že tento připevňovací bod je platný pro rozmezí šířek měniče.

Druhý závěsný bod při 33 % až 34 % podél délky rezonančního členu se rovněž jeví být vhodným.

Obr 4. zobrazuje graf nákladů (nebo rms středového poměru) ku poměru stran (AR=W/2L) pro rezonanční člen při 44 % podél jeho délky. Optimální poměr stran je 1,06 +/- 0,01 ku 1, poněvadž nákladová funkce je minimalizována při tomto bodě.

Jak to bylo výše uvedeno, optimální úhel připevňovací linie θ vhledem k rezonanční desce 12 se může určit pro optimalizovaný měnič, zejména pro měnič s poměrem stran 1,06 :1 a připevňovacím bodem při 44 % za použití modelování. Při úhlu 0° delší část měniče směřuje dolů. V tomto modifikovaném případě, otočení připevňovací linie má výraznější účinnek, poněvadž připevňovací poloha není již symetrická. Ve výhodném příkladu provedení je úhel asi 270°, tj. delší konec měniče směřuje doleva.

Obr. 5 zobrazuje výsledky měření frekvenční odezvy měniče připevněného při jak 44 % tak i 50 % své délky. Měnič připevněný při 44 % své délky (tento případ je na obr. 5 zastoupen linií 20) poskytuje nepatrně prodloužené hloubky ve výměně pro několik zvlnění při vyšších frekvencích, než je tomu u středově připevněného měniče (tento případ je na obr. 5 zastoupen linií 22).

Zdá se, že zvýšená modální hustota nestředově umístěného měniče je nepříznivě ovlivněna inerciální nerovnováhou způsobenou polohou připevnění, která již není ve středu hmoty

pravoúhlého měniče. Kvůli tomu byl učiněn výzkum, aby se zjistilo, zda inherentní nerovnováha se může zlepšit, aniž by došlo ke ztrátě zlepšené modality.

Obr. 6a a 6b zobrazuje druhý příklad provedení měniče, zejména asymetricky tvarovaného měniče 18 ve formě rezonančního členu s lichoběžníkovým průřezem. Tvar lichoběžníka je dán dvěma parametry poměrem stran (AR) a kuželovotostí (TR). Poměr stran a kuželovitost určují třetí parametr λ, takže nějakému omezení je vyhovněno, např. stejná hmota na obou stranách vzhledem k připevňovací linii.

Omezovací rovnice pro stejné hmoty (nebo stejné plochy) je následujícící

$$\int_0^{\lambda}\left(1+2TR\left(\frac{1}{2}-\xi\right)\right)d\xi=\int_{\lambda}^{1}\left(1+2TR\left(\frac{1}{2}-\xi\right)\right)d\xi$$

Výše uvedená rovnice se snadno řeší pro buď poměr stran (TR) nebo parametr λ jako závislé proměnné k dosažení následujících rovnic:

$$TR=\frac{1-2\lambda}{2\lambda(1-\lambda)} \text{ or } \lambda=\frac{1+TR-\sqrt{1+TR^2}}{2TR}\approx\frac{1}{2}-\frac{TR}{4}$$

Ekvivalentní vyjádření se snadno dosáhnou pro vyrovnání momentu setrvačnosti nebo pro minimalizování celkového momentu setrvačnosti.

Omezovací rovnice pro stejný moment setrvačnosti (nebo stejný

druhý moment plochy) je následující:

$$\int_0^{\lambda}\left(1+2TR\left(\frac{1}{2}-\xi\right)\right)(\lambda-\xi)^2\,d\xi=\int_{\lambda}^{1}\left(1+2TR\left(\frac{1}{2}-\xi\right)\right)(\xi-\lambda)^2\,d\xi$$

$$TR=\frac{(\lambda^2-\lambda+1)(2\lambda-1)}{2\lambda^4-4\lambda^3+2\lambda-1}\quad\text{or}\quad\lambda\approx\frac{1}{2}-\frac{TR}{8}$$

Omezovací rovnice pro minimální celkový moment setrvačnosti je

$$\frac{d}{d\lambda}\left(\int_0^{\lambda}\left(1+2TR\left(\frac{1}{2}-\xi\right)\right)(\lambda-\xi)^2\,d\xi\right)=0$$

$$TR=3-6\lambda\quad\text{or}\quad\lambda=\frac{1}{2}-\frac{TR}{6}$$

Nákladová funkce (měření se špatnými výsledky) se vynese pro výsledky 40 FEA testů s poměrem stran (AR) v rozsahu od 0,9 do 1,25, s kuželovotostí (TR) od 0,1 do 0,5 a s parametrem λ omezeným pro stejnou hmotu. Měnič je tudíž připevněn ve středu hmoty. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce a zobrazeny na obr. 7, který zobrazuje nákladovou funkci vzhledem k poměru stran (AR) a kuželovitosti (TR).

tr	λ	0.9	0.95	1	1.05	1.1	1.15	1.2	1.25
0.1	47.51%	2.24%	2.16%	2.16%	2.24%	2.31%	2.19%	2.22%	2.34%
0.2	45.05%	1.59%	1.61%	1.56%	1.57%	1.50%	1.53%	1.66%	1.85%
0.3	42.66%	1.47%	1.30%	1.18%	1.21%	1.23%	1.29%	1.43%	1.59%
0.4	40.37%	1.32%	1.23%	1.24%	1.29%	1.25%	1.29%	1.38%	1.50%
0.5	38.20%	1.48%	1.44%	1.48%	1.54%	1.56%	1.58%	1.60%	1.76%

Z obr. 7 a výsledků uvedených v předcházející tabulce je

zřejmý optimální tvar 28 s poměrem stran AR= 1 a kuželovitostí TR= 0,3, poskytující parametr λ blíže k 43 %. Jedna výhoda lichoběžníkového měniče tudíž spočívá v tom, že tento měnič se může připevnit podél připevňovací linie, která je při gravitačním středu/středu hmoty, avšak ne při linii symetrie. Tento měnič má tudíž výhodně zlepšenou modální distribuci bez inerciální nerovnováhy.

Vzhledem k výše uvedenému, model optimalizovaného měniče se aplikoval na stejný výše popsaný deskový model za účelem nalezení nejlepší orientace. Tudíž, jak to bylo výše uvedeno, zvolila se velikost rezonanční desky 524,0 mm x 462,0 mm a materiál rezonanční desky optimální pro zvolenou velikost rezonanční desky. Pomocí dvou výše uvedených technik porovnání se opět zvolí optimální úhel orientace v rozmezí od 270° do 300°.

Dalším způsobem optimalizace modality měniče spočívá v použití měniče zahrnujícího dva aktivní členy, jakými jsou např. dvě koincidenční piezoelektrické ramena. Piezoelektrické rameno má množinu vidů začínající od základního vidu, přičemž vidy jsou definovány geometrií a materiálovými vlastnostmi piezoelektrického ramena. Vidy jsou velmi prostorově omezeny a limitovány věrností reprodukce reproduktoru. Tudíž se zvolí druhé piezoelektrické rameno s distribucí vidů, která je frekvenčně proložena s modální distribucí prvního piezoelektrického ramena.

Proložením distribuce se může otimalizovat celkový výstup měniče. Pro dosažení optimálního řešení se zvolí kritérium

vhodné pro dotyčný úkol. Tak např., když propustné pásmo pro dvouramenný měnič je pouze až vidům druhého řádu, není praktické otimalizovat proložení prvních deseti vidů, poněvadž to může mít nepříznivý vliv na optimalizaci prvních třech a čtyř vidů.

Jako příklad se uvažuje první piezoeletrická krystalová deska s délkou 36 mm, šířkou 12 mm a tloušťkou 350 μm, která má základní ohybovou rezonanci při asi 960 Hz. První vidy jsou uvedny v tabulce 1:

č.	frekvence (Hz)
1	957
2	2460
3	5169
4	8530

První měnič se připevnil na malou desku a frekvenční odezva je vynesena do grafu zobrazeného na obr. 8. Z tohoto grafu jsou zřejmé ostré výstupu 38 při frekvencích 830 Hz a 3880 Hz s prohlubněmi (40) při frekvencích 1,6 kHz a 7,15 kHz. Frekvence rezonancí jsou nižší než předpokládané frekvence pravděpodobně kvůli tomu, že je obtížné přesně předem stanovit mechanické vlastnosti piezoelektrického materiálu.

Odezva má velmi mnoho širokých prohlubní, které jsou použitelné, poněvadž existuje potřeba zesílit výstup v oblastech kolem prohlubní 40. Tudíž deska s komplementární množinou frekvencí, zejména množinou, která produkuje

frekvenční odezvu s vrcholy, ve které jsou prohlubně pro první měnič, se jeví být ideální.

Kratší piezoelektrický člen má vyšší základní frekvenci. Vidy pro desku s délkou 28 mm jsou zobrazeny v následující tabulce 2:

č.	frekvence (Hz)
1	1584
2	4361
3	8531
4	14062

Jak je to zřejmé z obr. 9, dvě piezoelektrická ramena mohou být kombinovány k vytvoření dvoudeskového měniče 42. Měnič 42 zahrnuje první piezoelektrické rameno 43, na jejíž zadní straně je připevněno druhé piezoelektrické rameno 51 spojovacím prostředkem ve formě sloupku 48 umístěného ve středu obou piezoelektrických desek. Každé piezoelektrické rameno je bimorfní. První piezoelektrické rameno 43 zahrnuje dvě vrstvy 44, 46 z rozdílného piezoelektrického materiálu a druhé piezoelektrické rameno 51 zahrnuje dvě vrstvy 50, 52. Polární směry každé vrstvy piezoelektrického materiálu jsou zobrazeny šipkou 49. Vrstvy 44, 50 mají opačné polární směry vzhledem k vrstvám 46, 52.

První piezoelektrické rameno 43 je připevněno na nosné struktuře 54, jakou je např. reproduktorová deska schopná nést ohybové vlnění, sdružovací prostředkem ve formě sloupku 56 umístěného ve středu prvního piezoelektrického ramene 43. Piezoelektrická ramena se mohou použít na obou stranách desky

typu DML, případně na rozdílních místech.

Připevněním první piezoelektrického ramena v jejím středu pouze vidy sudého řádu produkují výstup. Vzhledem ke skutečnosti, že druhé piezoelektrické rameno je umístěno za prvním piezoelektrickým ramenem a že obě piezoelektrická ramena jsou středově spojena sloupkami, lze uvést, že obě piezoelektrická ramena budí při osovém vyrovnání nebo stejné koincidenčí poloze.

Když jsou piezoelektrické členy spojeny dohromady, výsledná distribuce vidů není součtem samostaných množin frekvencí, poněvadž každý člen modifikuje vidy druhé členu. Obr. 10 zobrazuje rozdíl mezi měničem zahrnujícím jedinou piezoelektrickou desku (tato skutečnost je zastoupena na obr. 11 průběhem 60) a měničem zahrnujícím dvě piezoelektrické desky spojené dohromady (tato skutečnost je zastoupena na obr. 11 průběhem 62). Obě piezoelektrické desky jsou vytvořeny tak, že jejich individuální modální distribuce jsou proloženy ke zvýšení celkové modality měniče. Obě piezoelektrické desky se sčítají dohromady k produkování použitelného výstupu v žádoucím frekvenčním rozmezí. Kvůli interakci mezi piezoelektrickými deskami při jejich individuálních videch sudého řádu dochází k lokálním úzkým prohlubním.

Druhé piezoelektrické rameno se může zvolit použitím poměrů základních rezonancích těchto dvou piezoelektrických ramen. Když materiály a tloušťky jsou identické, potom poměr frekvencí je roven druhé mocnině poměru délek. Když výšší

frekvence f0 (základní frekvence) je jednoduše stanovena jako polovina mezi frekvencí f0 a f1 druhého většího piezoelektrického ramena, potom frekvence f3 menšího piezoelektrického ramena a frekvence f4 spodního piezoelektrického ramena se shodují.

Obr. 11a zobrazuje graf nákladové funkce vůči poměru frekvence pro dvě piezoelektrická ramena. Z tohoto grafu je zřejmé, že ideální poměr je 1,27 : 1, zejména tam, kde nákladová funkce je minimalizována v bodě 58. Tento poměr je ekvivalentní ke "zlatému" poměru stran (poměr frekvence f02 ku frekvenci f20) popsanému v patentové přihlášce WO97/09482.

Způsob zlepšení modality měniče může být rozšířen o použití tří piezoelektrických ramen v měniči. Obr. 11b zobrazuje úsek grafu nákladové funkce vůči poměru frekvence pro tři piezoelektrické desky. Ideální poměr je 1,315: 1,147: 1.

Způsob kombinování aktivních členů, jakými jsou např. piezoelektrická ramena, se může rozšířit o použití piezoelektrických kotoučů. Při použití dvou kotoučů poměr velikostí dvou kotoučů závisí na tom, kolik vidů se bere v úvahu. Pro vysokou řádovou modální hustotu poměr základních frekvencí asi 1,1 +/- 0,02 ku 1 může poskytnout dobré výsledky. Pro nízkou řádovou modální hustotu (tj. prvních několik vidů nebo prvních pět vidů) poměr základních frekvencích asi 3,2 : 1 je dobrý. První mezera nastane mezi druhým a třetím videm většího kotouče.

Poněvadž existuje velká mezera mezi prvním a druhým

radiálním videm v každém kotouči, mnohem lepší proložení je dosaženo se třemi piezoelektrickými kotouči spíše, než se dvěma piezoelektrickými kotouči. Když se třetí piezoelektrický kotouč přidá k měniči s dvoujicí piezoelektrických kotoučů, je zřejmé, že prvním cílem je uzavření mezi druhým a třetím videm většího kotouče z předcházejícího příkladu provedení. Avšak geometrická progrese ukazuje, že to není jediné řešení. Při použití základních frekvencí f0, α.f0 a α^2.f0 a vynesení rms(α,α^2) (rms=root mean square) na obr. 11c existují dvě principiální optima pro α. Z grafu jsou zřejmá dvě minima 65 při hodnotách kolem 1,72 a 2,90, přičemž poslední hodnota odpovídá způsobu pro uzavření mezery.

Při použití základních frekvencí f0, α.f0 a β.f0 s volností obou měřítek a použití výše uvedených hodnot α jako iniciačních hodnot se dosáhne nepatrně lepší optimální hodnoty. Parametrové páry (α,β) jsou (1,63; 3,03) a (3,20; 8,19). Tyto optimální hodnoty jsou docela mělké, čímž se rozumí, změny o 10 % nebo dokonce o 20 % v hodnotách parametrů jsou přijatelné.

Alternativní přístup pro stanovení rozdílných kotoučů, které mají být kombinovány, spočívá v tom, že náklady se považují za náklady, které jsou závislé na poměru poloměrů tří piezoelektrických kotoučů. Obr. 11d zobrazuje výsledky FEA analýzi vynesené jako tři rozdílné nákladové funkce vůči poměru poloměrů. Na obr. 11d jsou tři kotouče spojeny dohromady, ačkoliv je nutné si uvědomit, že analýza třech samostatných kotoučů vede ke stejným výsledkům.

Tři nákladové funkce jsou funkce RSCD (ratio of sum of central differences = poměr součtu středových rozdílů), funkce SRCD (sum of the ratio of central differences= součet poměrů středových rozdílů) a funkce SCR (sum of central ratios) a jsou zobrazeny na obr. 11d liniemi 64, 66 resp. 68. Pro množinu modálních frekvencích f_0, f_1, f_n, ... f_N jsou tyto funkce definovány následujícími rovnicemi:

CR:

$$RSCD = \frac{\frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N-1}(f_{n+1} + f_{n-1} - 2f_n)^2}{f_0} \qquad SCR = \frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N-1}\left(\frac{f_{n+1} \cdot f_{n-1}}{(f_n)^2}\right)$$

SCRD (suma RCD):

$$SRCD = \frac{1}{N-1}\sum_{n=1}^{N-1}\left(\frac{f_{n+1} + f_{n-1} - 2f_n}{f_n}\right)^2$$

Optimální poměr poloměrů, tj. poměr, při kterém je nákladová funkce minimalizována, je 1,3 ve všech třech linií na obr. 11d. Poněvadž druhá mocnina poměru poloměrů je rovná frekvenčnímu poměru pro tyto identické materiály a tloušťky kotoučů, výsledky 1,3*1,3 = 1,69 a analytický výsledek 1,67 jsou v dobré shodě.

Ke zlepšení celkové modality se do měniče mohou alternativně zahrnout pasivní členy. Aktivní a pasivní členy mohou být uspořádány v kaskádě. Obr. 12a a 12b zobrazují vícekotoučový měnič 70 zahrnující dva aktivní piezoelektrické členy 72 kombinované s dvěma pasivními rezonančními členy 74, tvořenými tenkými metalovými deskami, tak, že vidy aktivních

a pasivních členů jsou vzájemně proloženy. Jednotlivé členy jsou spojeny spojovacími prostředky ve formě sloupků 78 umístěných ve středu každého aktivního a pasivního členu. Uvedené členy jsou soustředně uspořádány. Každý člen má rozdílné rozměry s nejmenším a největším kotoučem umístěným na vrcholu resp. na spodku sestavy kotoučů uspořádaných jeden nad druhým. Měnič 70 je připevněn na nosném zařízení 76, jakým je např deska, spojovacím prostředkem ve formě sloupku 78 umístěným ve středu prvního pasivního členu, který je největším kotoučem.

Způsob zlepšení modality měniče se může rozšířit o měnič zahrnující dva aktivní členy ve formě piezoelektrických desek. Dvě desky o rozměrech (1 x α) a (1 x α^2) jsou spojeny při (3/7, 4/9). Obr. 13 zobrazuje graf nákladové funkce vůči poměru stran α a optimální hodnota 75 pro α je 1,14. Frekvenční poměr je tudíž asi 1,3:1 (1,14 x 1,14 = 1,2996).

Jako alternativa ke změně modálních charakteristik měniče parametry objektu, jakým je např. deska, na kterém je měnič připevněn, se mohou měnit k uvedení modality měniče do shody. Např. je-li brán v úvahu měnič ve formě aktivního rezonančního členu připevněného na desce, obr. 14 a 15 zobrazují, jakým způsobem se frekvenční odezva mění s tloušťkou měniče resp. tloušťkou nosné desky. Aktivní člen má formu piezoelektrického ramena. Obr. 14 zobrazuje tři frekvenční odezvy 84, 86, 88 pro piezoelektrické ramena s tloušťkou 177 μm, 200 μm resp. 150 μm. Obr. 15 zobrazuje tři frekvenční odezvy 90, 92, 94 pro nosnou desku s tloušťkou 1,1 mm, 0.8 mm resp. 1,5 mm.

Z obr. 14 a 15 je zřejmé, že frekvenční odezva pro nosnou desku s tloušťkou 1,1 mm se shoduje s frekvenční odezvou pro piezoelektrické rameno s tloušťkou 177 μm. Tudíž modalita nosné desky s tloušťkou 1,1 mm se shoduje s modalitou piezoelektrického ramena s tloušťkou 177 μm.

Ačkoliv měnič je modální, střední síla a rychlost se mohou odhadnout pro libovolnou zátěž nebo impedanci nosné desky. Maximální mechanický výkon je dostupný, když účinek síly a rychlost jsou při maximální hodnotě. Měnič se může použít k buzení libovolné zátěže a optimální hodnota zátěže se může zjistit vynesením rychlosti zastoupené na obr. 16 linií 170, síly zastoupené na obr. 16 linií 172 a mechanického výkonu zastoupeného na obr. 16 linií 174 vůči mechanickému odporu zátěže. Maximální výkon zastoupený na obr. 16 bodem 176 nastane, když mechanický odpor zátěže je přibližně 12 Ns/m, přičemž pro nižší mechanický odpor zátěže se rychlost zvyšuje a síla snižuje a pro vyšší mechanický odpor zátěže se rychlost snižuje a síla zvyšuje.

Obr. 17 zobrazuje výsledky dosažené přidáním malých hmot 104 ke koncům piezoelektrického měniče 106 majícího spojovací prostředek 105, jak je to zobrazeno na obr. 18. Na obr. 17 jsou zobrazeny frekvenční odezvy 108, 110 a 112 pro měnič s žádnou hmotou, piezoelektrické rameno se dvěma hmotami o hmotnosti 0,67 g resp. měnič se dvěma hmotami s hmotností 2g. Piezoelektrické rameno se dvěma hmotami o hmotnosti 2g se ideálně uvede do shody, poněvadž frekvenční odezva 110 má méně změn ve středním rozmezí 1 kHz do 5kHz, ve srovnání s frekvenčními odezvami 108, 112 pro měnič s žádnou hmotou a

piezoelektrickým ramenem se dvěma hmotami s hmotností 0,67 g.

Obr. 19 a 20 zobrazují měnič 114 tvořený inerciálním elektrodynamickým budičem s pohyblivou cívkou, jakým je např. budič popsaný v patentové přihlášce WO97/09842, který má kmitací cívku tvořící aktivní člen 115 a pasivní rezonanční člen ve formě modální desky 118. Aktivní člen 115 je připevněn na modální desce 118 a jeho střed je uspořádán mimo střed modální desky 118. Modální deska 118 je připevněna na nosné desce 116 spojovacím prostředkem 120. Spojovací prostředek 120 probíhá paralelně s osou Z aktivního členu 115, avšak neprobíhá paralelně s osou 119 kolmou k rovině nosné desky 116. Tudíž měnič 114 není souhlasný s osou Z. Do aktivního členu se přivádí elektrický signál skrze elektrické drátové vodiče 122.

Jak je to zřejmé z obr. 20, modální deska 118 je perforována k omezení akustické radiace generované z modální desky 118. Aktivní člen 115 je umístěn mimo střed modální desky 118, např. v optimálním připevňovacím místě, tj. (3/7, 4/9). Kromě toho měnič 114 je uspořádán mimo střed nosné desky 116, např. rovněž v optimální připevňovací poloze, tj. (3,7, 4/9). Měnič 114 tudíž není souhlasný s ani jednou ze dvou normálových os (X,Y), které jsou v rovině nosné desky 116.

Obr. 21a a 21b zobrazuje měnič 124 zahrnující aktivní piezoelektrický rezonanční člen, který je spojovacím prostředkem 126 ve formě sloupku připevněn k nosné desce 128. Jak měnič 124 tak i nosná deska 128 mají poměr šířky ku délce

1:1,13. Spojovací prostředek 126 není vyrovnán s žádnou s os (130,X,Y,Z) měniče nebo desky. Kromě toho, spojovací prostředek 126 je umístěn v optimální poloze mimo střed jak měniče 124 tak i nosné desky 128.

Obr. 22 zobrazuje měnič 132 ve formě aktivního piezoelektrického rezonančního členu ve formě piezoelektrického ramena. Měnič 132 je spojen s nosnou deskou 134 dvěma spojovacími prostředky 136 ve formě sloupků. Jeden sloupek je umístěn v blízkosti konce 138 piezoelektrického ramena a druhý sloupek je umístěn v blízkosti středu piezoelektrického ramena.

Obr. 23 zobrazuje měnič 140 zahrnující dva aktivní rezonanční členy 142, 143 spojené spojovacím prostředkem 144 a krytem 148, který obklopuje spojovací prostředek 144 a rezonanční členy 142. Měnič je tudíž odolný proti otřesům a nárazům. Kryt 148 je vyroben z pryže s nízkou mechanickou impedancí nebo srovnatelného polymeru, takže nebrání provozu měniče 140. Když použitý polymer je odolný vůči vodě, měnič 140 může být vyroben jako vodotěsný.

Vrchní rezonanční člen 142 je větší než spodní rezonanční člen 143, který je spojen s nosnou deskou 145 skrze spojovací prostředek ve formě sloupku. Sloupek je umístěn ve středu spodního rezonančního členu 143. Z krytu 148 vybíhají vodiče 150 pro každý aktivní člen k umožnění dobrého připevnění k zátěžovému zařízení (není zobrazeno).

Obr. 24 zobrazuje měnič 152 podle vynálezu, který působí silou na membránu 154 pro pístový reproduktor. Mebrána 154 má

tvar kuželu, k jehož vrcholu je připevněn měnič. Membrána 154 je nesena v ozvučnici 156 pružným zakončením 158.

Obr. 25a a obr. 25b zobrazují měnič 160 ve formě deskového aktivního rezonančního členu. V rezonančním členu jsou vytvořeny zářezy 162, které definují jazýčky 164 tudíž tvoří vícerezonanční systém. Rezonanční člen je připevněn na nosné desce 168 spojovacím prostředkem ve formě sloupku 166.

Vynález je možné považovat za protějšek k nosné desce schopné nést distribuované vidy, jakou je nosná deska, která je popsana v patentové přihlášce WO97/09842, a u které je měnič proveden jako objekt s distribuovanými vidy. Kromě toho, síla z měniče je odejmuta z místa, které by normálně bylo použito jako budící místo pro buzení distribuovaných vidů, tj. optimální místo (3/7, 4/9).

Průmyslová využitelnost

Vynález poskytuje měnič, který má zlepšený výkon, a reproduktor nebo mikrofón, který používá tento měnič.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Elektromechanický silový měnič zahrnující rezonanční člen a spojovací prostředek na rezonančním členu pro připevnění měniče k místu, na které má působit síla, v y z n a č e n ý t í m, že měnič má zamýšlené operační frekvenční rozmezí, přičemž rezonanční člen má frekvenční distribuci vidů v tomto operačním frekvenčním rozmezí a parametry rezonačního členu jsou zvoleny ke zvýšení distribuce vidů v tomto rezonančním členu v operačním frekvenčním rozmezí.

2. Měnič podle nároku 1, v y z n a č e n ý t í m, že spojovací prostředek je připevněn k rezonančnímu členu v místě, které je užitečné pro spojení modální aktivity rezonančního členu s tímto místem.

3. Měnič podle nároku 1 nebo 2, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen je pasivní a měnič zahrnuje spojovací prostředek, kterým rezonanční člen je spojen s aktivním měničovým členem.

4. Měnič podle nároku 3, v y z n a č e n ý t í m, že spojovací prostředek je připevněn k rezonančnímu členu v místě, které je užitečné pro zvýšení modální aktivity v

rezonančním prostředku.

5. Měnič podle nároku 3 nebo 4, v y z n a č e n ý t í m, že aktivní člen je zvolen z množiny zahrnující pohybující cívku, pohybující magnet, piezoelektrické zařízení, magnetostrikční zařízení, elektrostrikční zařízení a elektretové zařízení.

6. Měnič podle některého z nároků 3 až 5, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen je perforovaný.

7. Měnič podle nároku 1 nebo 2, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen je aktivní.

8. Měnič podle některého z předcházejících nároků, v y - z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen má akustický účinný otvor, který je malý k moderování akustické radiace z rezonančního členu.

9. Měnič podle nároku 7 nebo 8, v y z n a č e n ý t í m, že aktivní člen je zvolen z množiny zahrnující piezoelektrické zařízení, magnetostrikční zařízení, elektrostrikční zařízení a elektrotové zařízení.

10. Měnič podle nároku 9, v y z n a č e n ý t í m, že aktivní člen je předpěťové piezoelektrické zařízení.

11. Měnič podle některého z nároků 5, 9 a 10, v y z n a č e n ý t í m, že aktivní člen je piezoelektrickým zařízením, které připevněno na deskovém nosném členu, přičemž šířka nosného členu je alespoň dvojnásobkem šířky piezoelektrického zařízení.

12. Měnič podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen je modální podél dvou normálových os.

13. Měnič podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m, že velikost spojovacího prostředku je srovnatelná s vlnovou délkou vln v operačním frekvenčním rozmezí nebo je nižší než vlnová délka vln v operačním frekvenčním rozmezí.

14. Měnič podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m, že v operačním frekvenčním rozmezí spojený rezonanční člen má hustotu vidů, která je dostatečná k tomu, aby aktivní člen poskytoval efektivní střední průměrnou sílu, která je konstantní s frekvencí.

15. Měnič podle některého z předcházejícíh nároků, v y z n a č e n ý t í m, že parametry jsou zvoleny z množiny zahrnující poměr stran, izotropii ohybové pevnosti, izotropii tloušťky a geometrii.

16. Měnič podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen má formu desky.

17. Měnič podle nároku 16, v y z n a č e n ý t í m, že v rezonanční desce jsou vytvořeny zářezy k vytvoření vícerezonančního systému.

18. Měnič podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen nebo každý rezonanční člen má tvar desky.

19. Měnič podle některého z předcházejících nároků 1 až 17, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen nebo každý rezonanční člen má tvar kotouče.

20. Měnič podle nároku 16 nebo 18, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen je pravoúhlý.

21. Měnič podle některého z nároků 1 až 17, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen je lichoběžníkový.

22. Měnič podle nároku 18 nebo 20, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční člen je vyhnut z planární roviny.

23. Měnič podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m, že zahrnuje množinu rezonančních členů, z nichž každý má distribuci vidů, přičemž vidy rezonančních členů jsou uspořádány k proložení v operačním frekvenčním rozmezí, a spojovací prostředek pro spojení rezonančních členů dohromady.

24. Měnič podle nároku 23, když je závislý na nároku 18, v y z n a č e n ý t í m, že zahrnuje dvě ramena mající frekvenční poměr 1,27:1.

25. Měnič podle nároku 23, když je závislý na 18, v y z n a č e n ý t í m, že zahrnuje tři ramena mající frekvenční poměr 1,315:1,147:1.

26. Měnič podle nároku 23, když je závisislý na 19, v y z n a č e n ý t í m, že zahrnuje dva kotoučové členy mající frekvenční poměr 1,1 +/- 0,02 ku 1.

27. Měnič podle nároku 23, když je závislý na 19, v y z n a č e n ý t í m, že zahrnuje dva kotoučové členy, které mají frekvenční poměr 3,21:1.

28. Měnič podle nároku 23, v y z n a č e n ý t í m, že rezonanční členy z množiny rezonančních členů mají formu

kotoučů a množina zahrnuje alespoň tři kotoučové členy.

29. Měnič podle nároku 28, v y z n a č e n ý t í m, že tři kotoučové členy mají frekvenční poměr 3,03:1,63:1 nebo 8,19:3,20:1.

30. Inerciální elektromechanický silový měnič podle některého z předcházejících nároků.

31. Reproduktor zahrnující akustický zářič a měnič podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m, že měnič je spojen s akustickým zářičem k buzení akustického zářiče k produkování akustického výstupu.

32. Reproduktor podle nároku 31, v y z n a č e n ý t í m, že parametry spojovacího prostředku jsou zvoleny k regulaci distribuce vidů v rezonančním členu v operačním frekvenčním rozmezí.

33. Reproduktor podle nároku 31 nebo 32, v y z n a č e n ý t í m, že spojovací prostředek je uspořádán asymetricky vzhledem k akustickému zářiči.

34. Reproduktor podle některého z nároků 31 až 33, v y z n a-

č e n ý t í m, že spojovací prostředek tvoří připevňovací linii.

35. Reproduktor podle nároku 34, v y z n a č e n ý t í m, že připevňovací linie není souhlasná s linií symetrie rezonančního členu.

36. Reproduktor podle nároku 34 nebo 35, v y z n a č e n ý t í m, že připevňovací linie není paralelní s osou symetrie akustického zářiče.

37. Reproduktor podle některého z nároků 31 až 36, v y z n a-č e n ý t í m, že tvar rezonančního členu je zvolen k poskytnutí vyosené připevňovací linie, která je obecně ve středu hmoty členu.

38. Reproduktor podle některého z nároků 31 až 37, v y z n a-č e n ý t í m, že tvar měniče je lichoběžníkový.

39. Reproduktor podle nároku 31 nebo 32, v y z n a č e n ý t í m, že spojovací prostředek zabírá malou lokální oblast nebo místo připevnění.

40. Reproduktor podle některého z nároků 31 až 39, v y -

z n a č e n ý t í m, že spojovací prostředek je uspořádán mimo střed rezonančního členu.

41. Reproduktor podle nároku 40, v y z n a č e n ý t í m, že spojovací prostředek je uspořádán v antiuzlu rezonančního členu.

42. Reproduktor podle některého z nároků 39 až 41, v y z n a-č e n ý t í m, že spojovací prostředek zahrnuje více než jedno spojovací místo mezi rezonančním členem a akustickým zářičem.

43. Reproduktor podle některého z nároků 31 až 42, v y z n a-č e n ý t í m, že akustický zářič má pistonický charakter v alespoň části jeho operačního frekvenčního rozmezí.

44. Reproduktor podle některého z nároků 31 až 43, v y z n a-č e n ý t í m, že akustický zářič je schopen nést ohybové vlny a měnič je schopen budit ohybové vlny v akustickém zářiči k produkování akustického výstupu.

45. Reproduktor podle nároku 44, v y z n a č e n ý t í m, že akustický zářič je schopen nést rezonanční vidy ohybových vln a budič je schopen budit rezonanční vidy ohybových vln.

46. Reproduktor podle nároku 45, v y z n a č e n ý t í m, že parametry akustického zářiče jsou zvoleny ke zvýšení distribuce vidů v rezonančním členu v operačním frekvenčním rozmezí.

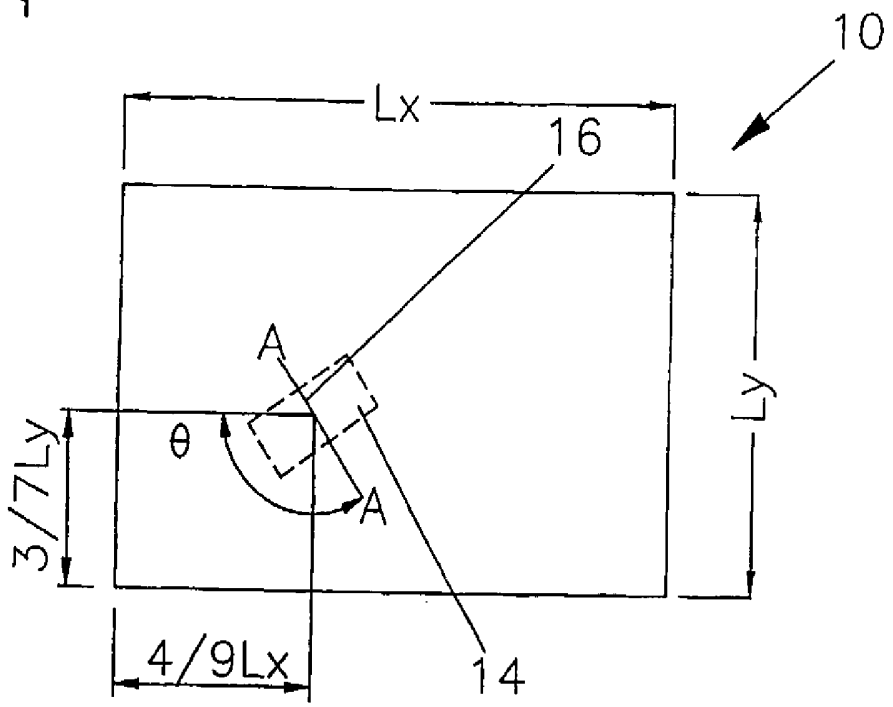
47. Reproduktor podle nároku 45 nebo 46, v y z n a č e n ý t í m, že parametry akustického zářiče a parametry rezonančního členu jsou zvoleny ve vzájemné relaci ke zvýšení distribuce vidů v reproduktoru v operačním frekvenčním rozmezí.

48. Reproduktor podle některého z nároků 31 až 47, v y z n a-č e n ý t í m, že oblast, kterou zabírá rezonanční člen je malá ve srovnání s oblastí, kterou zabírá akustický zářič.

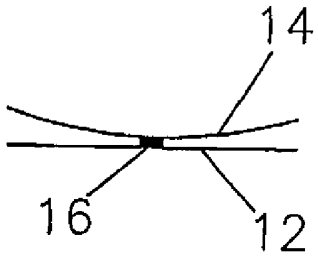
49. Způsob vytvoření reproduktoru zahrnujícího rezonanční akustický zářič a měnič podle některého z nároků 1 až 30, v y z n a č e n ý t í m, že zahrnuje analýzu mechanických impedancí rezonančních členů a akustického zářiče, zvolení nebo/a upravení parametrů akustického zářiče nebo/a rezonančního členu k dosažení žádoucí modality rezonančního členu nebo/a akustického zářiče a dosažení žádoucího převodu výkonu mezi rezonančním členem a akustickým zářičem.

50. Mikrofón, v y z n a č e n ý t í m, že zahrnuje člen, který je schopen nést zvukový vstup a měnič podle některého z nároků 1 až 30 spojený s tímto členem k poskytnutí elektrického výstupu v odezvě na dopadající akustickou energii.

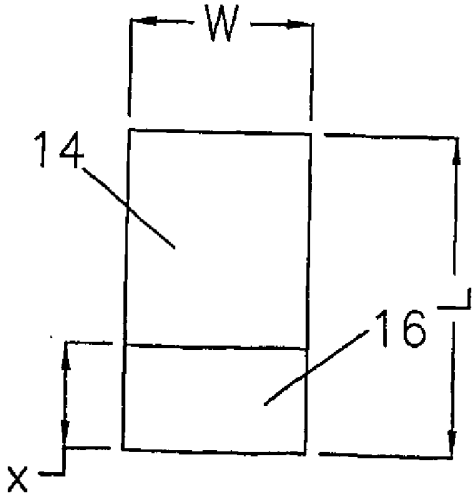
OBR. 1



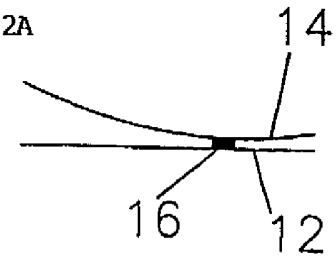
OBR. 1A

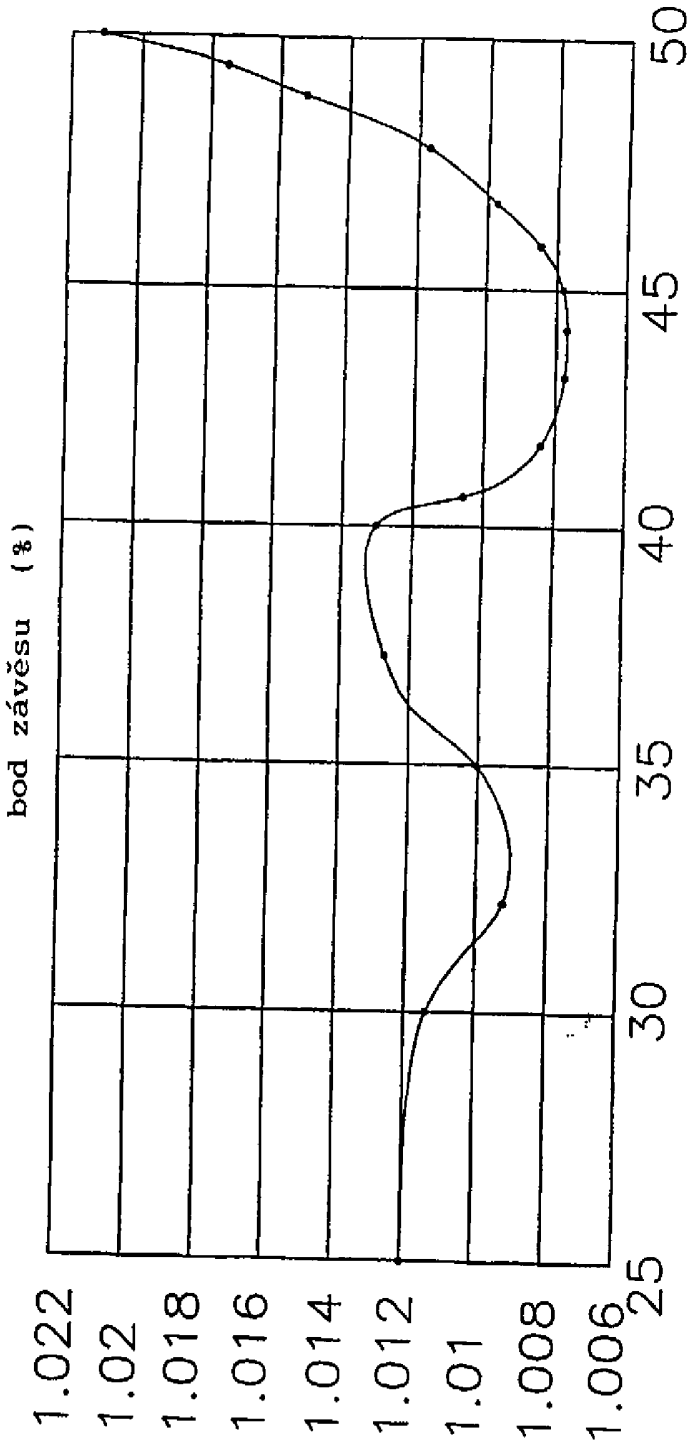


OBR. 2

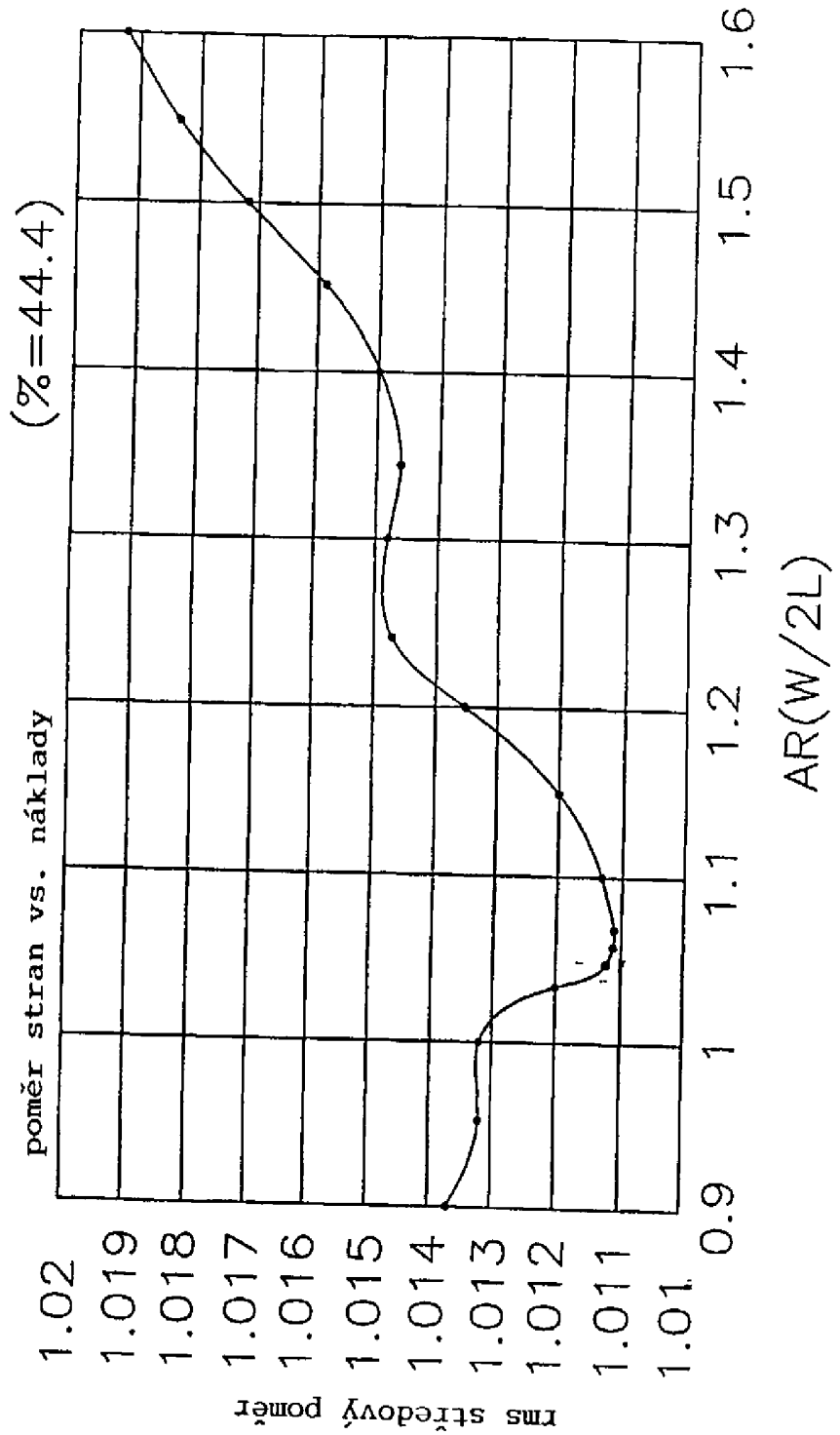


OBR.2A



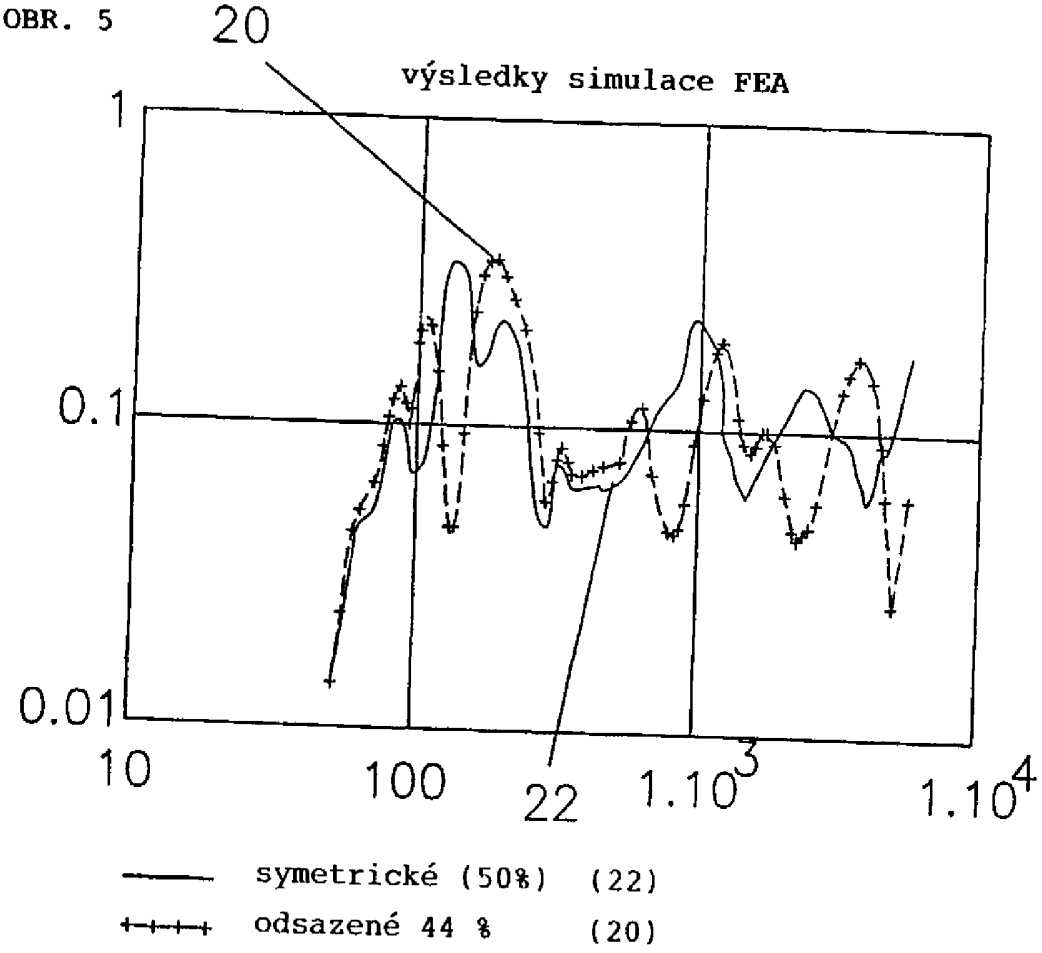

bod závěsu (%)
1.022
1.02
1.018
1.016
1.014
1.012
1.01
1.008
1.006
25
30
35
40
45
50

OBR. 3


poměr stran vs. náklady
(%=44.4)
rms střední poměr
1.02
1.019
1.018
1.017
1.016
1.015
1.014
1.013
1.012
1.011
1.01
0.9
1
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
1.6
AR(W/2L)

OBR. 4

OBR. 5



OBR. 6A

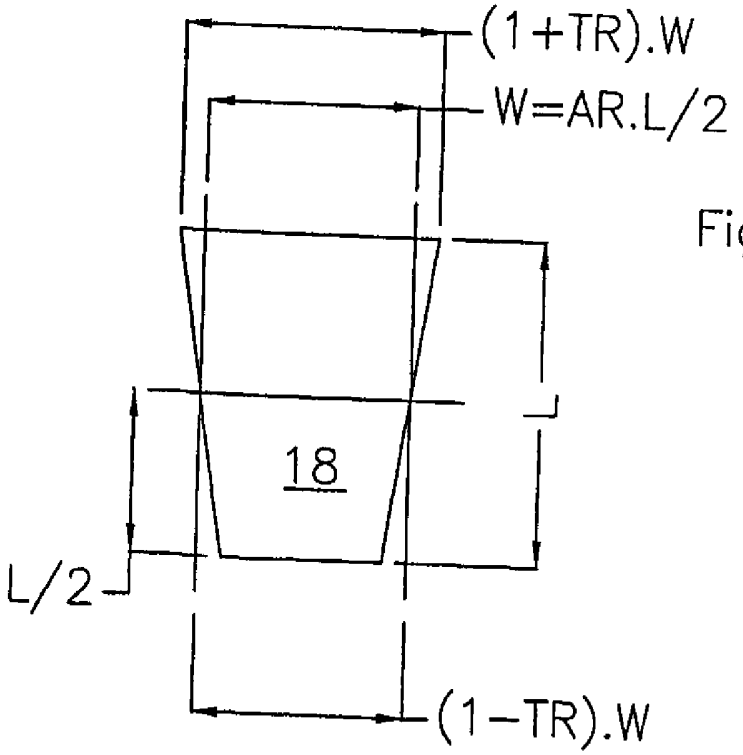
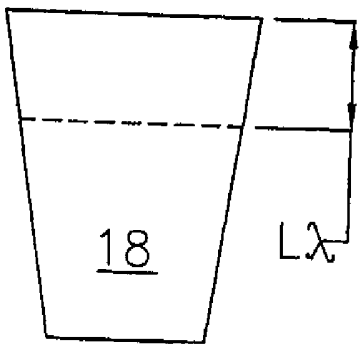
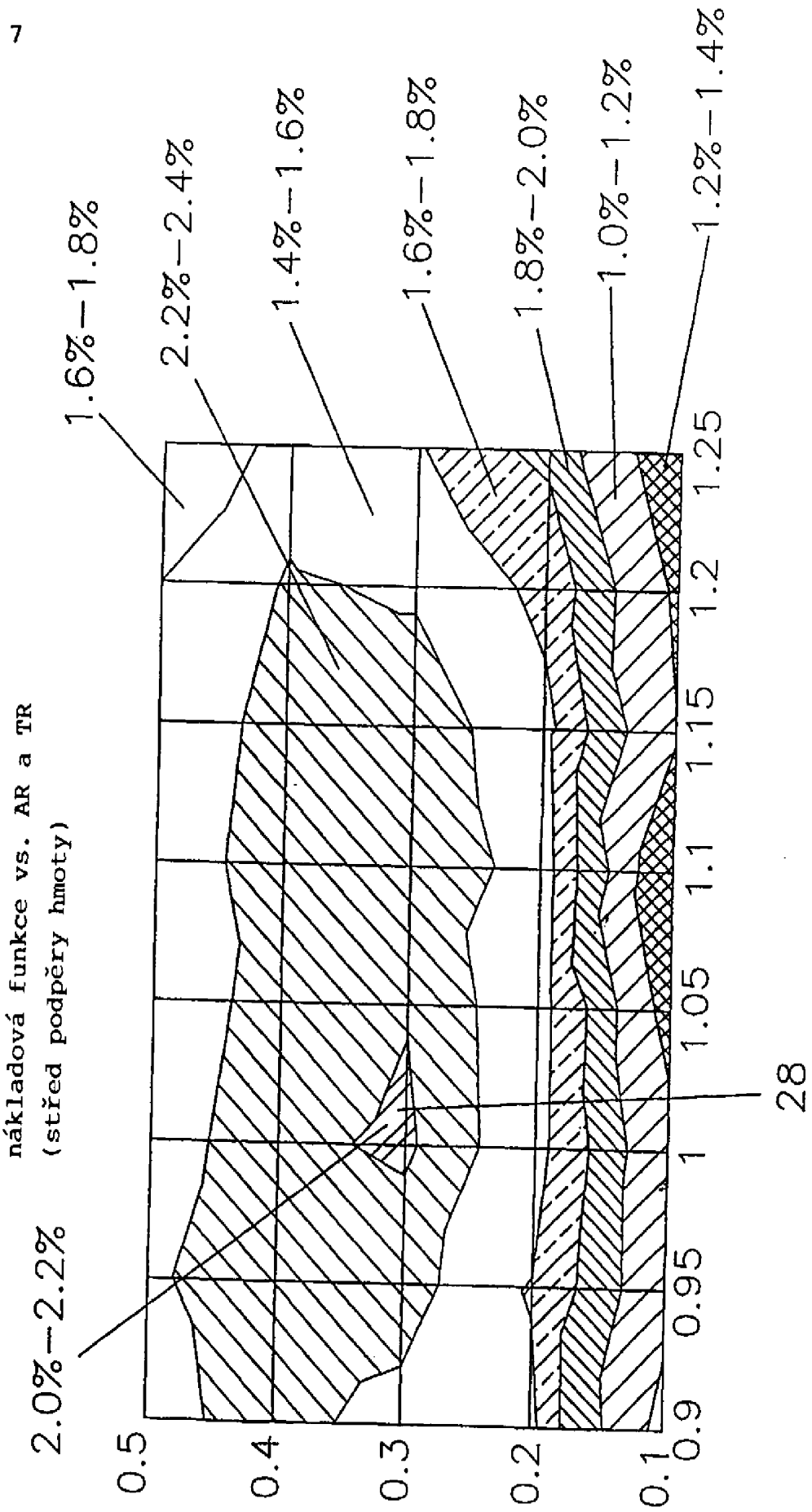


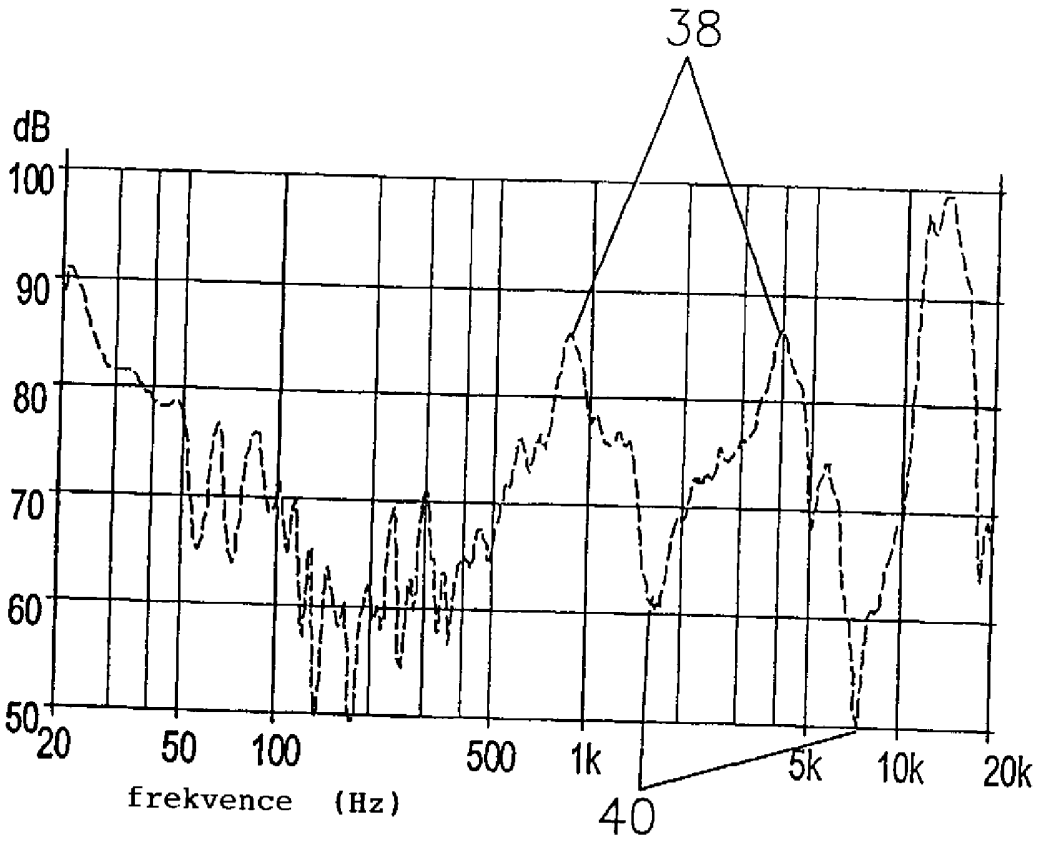
Fig 6b



OBR. 7

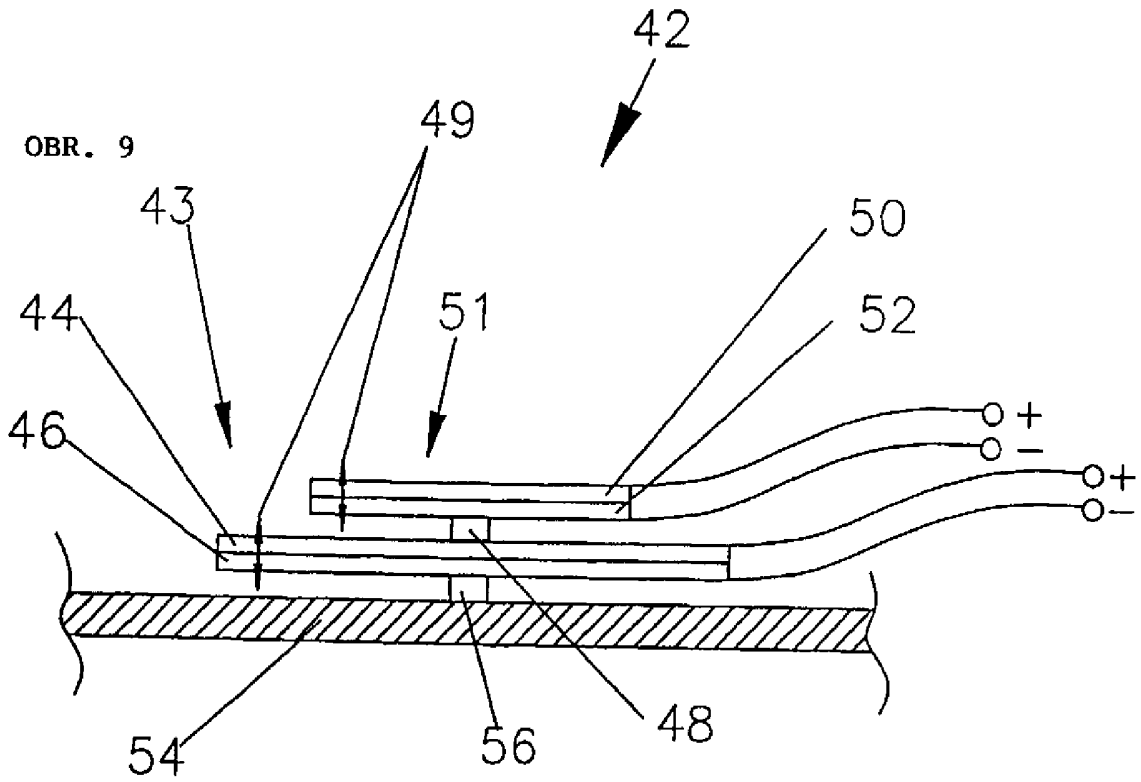

nákladová funkce vs. AR a TR
(střed podpěry hmoty)
1.6%–1.8%
2.2%–2.4%
1.4%–1.6%
1.6%–1.8%
1.8%–2.0%
1.0%–1.2%
1.2%–1.4%
2.0%–2.2%
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.9
0.95
1
1.05
1.1
1.15
1.2
1.25
28

OBR. 8

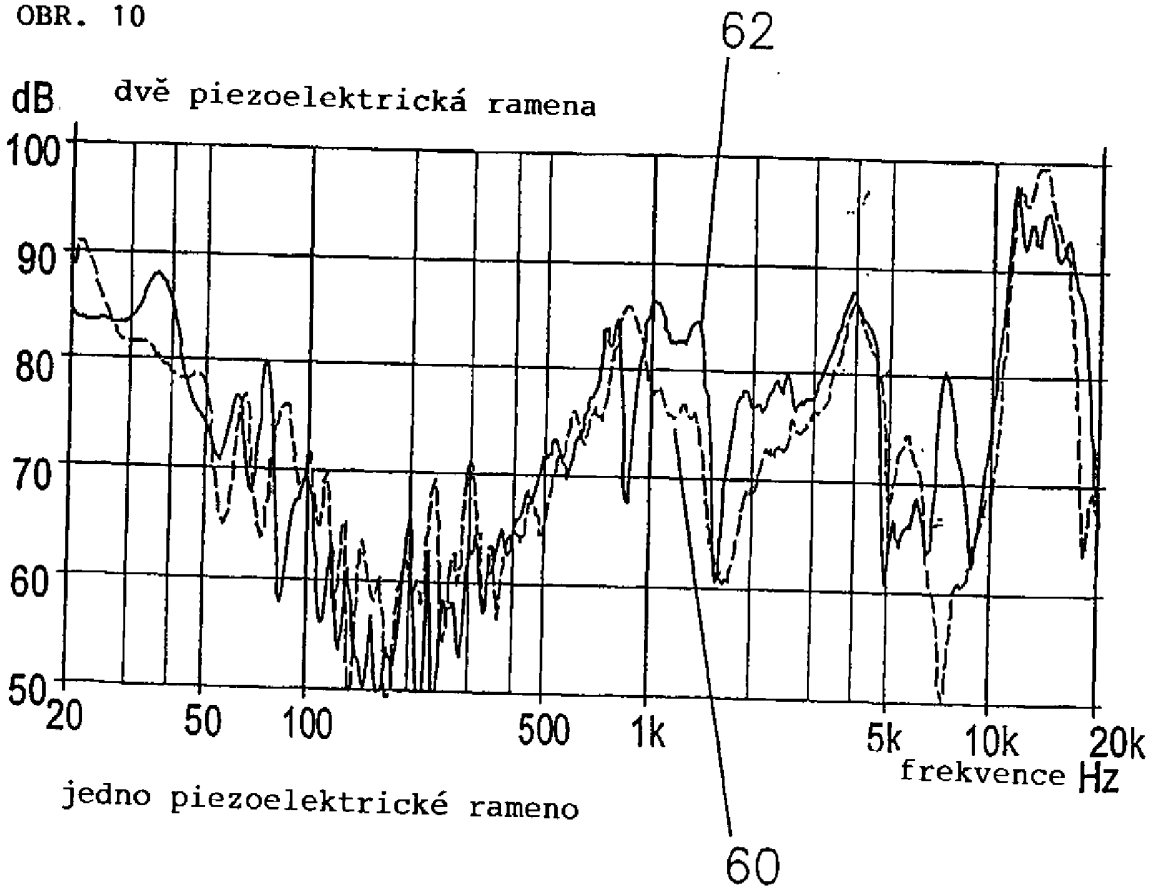

38
dB
100
90
80
70
60
50
20
50
100
500
1k
5k
10k
20k
frekvence (Hz)
40

18.07.02

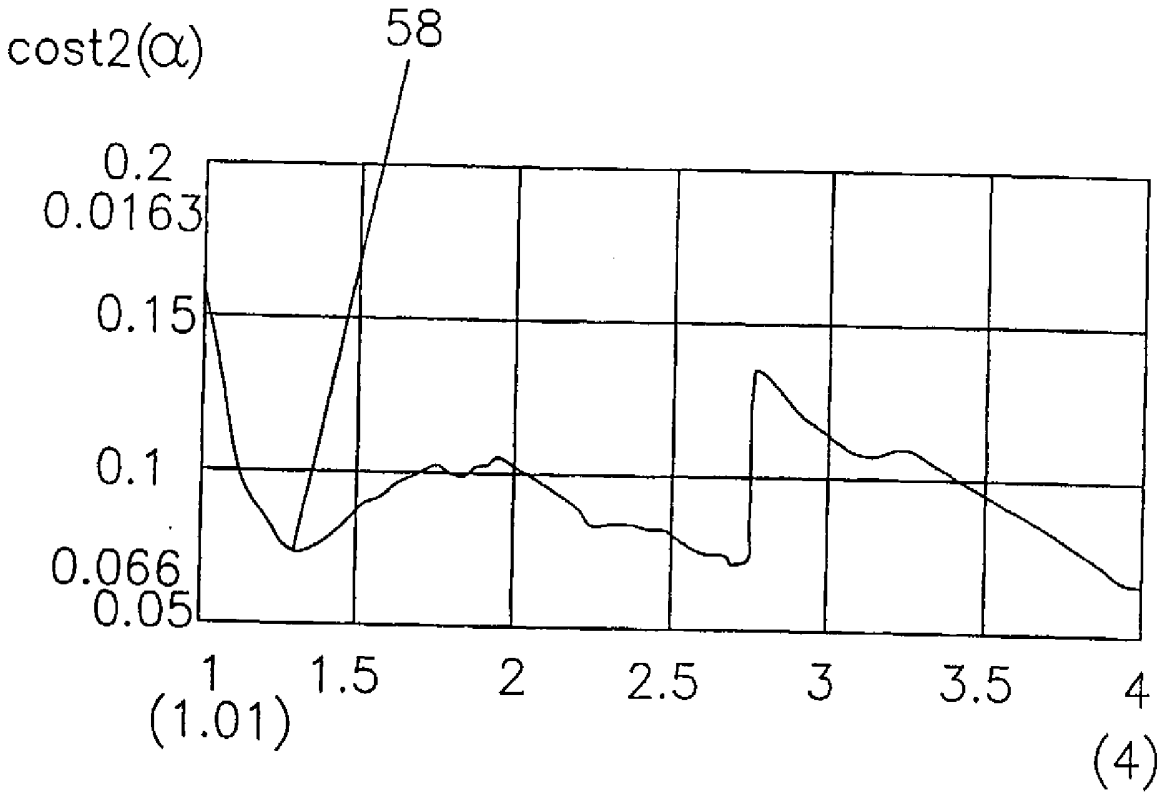
OBR. 9



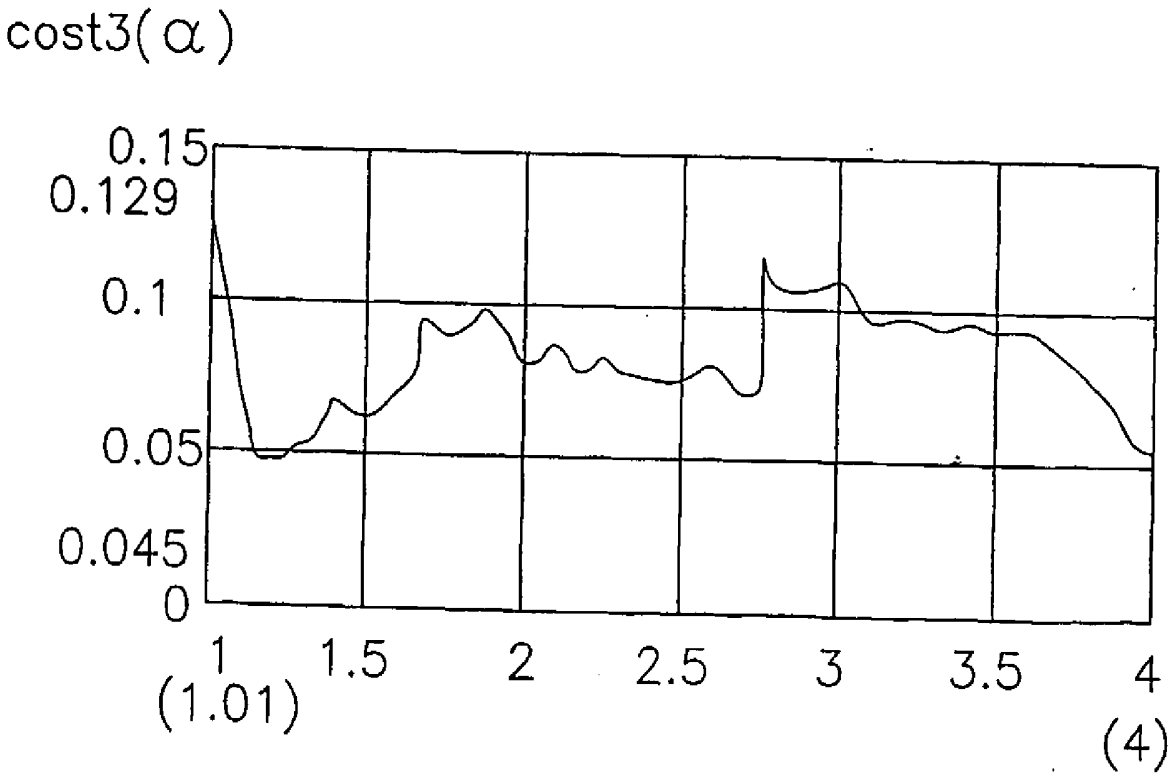
OBR. 10



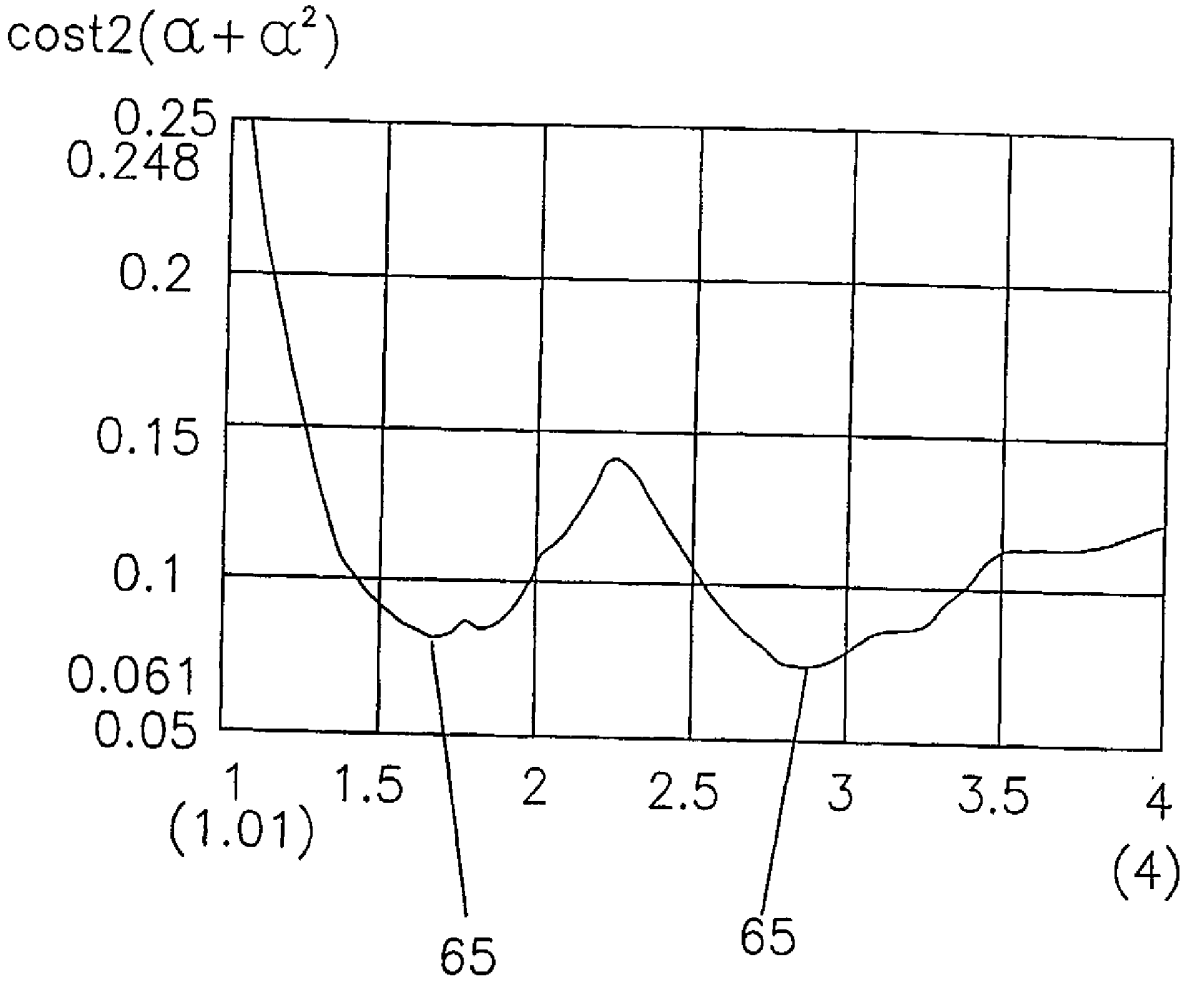
OBR. 11A



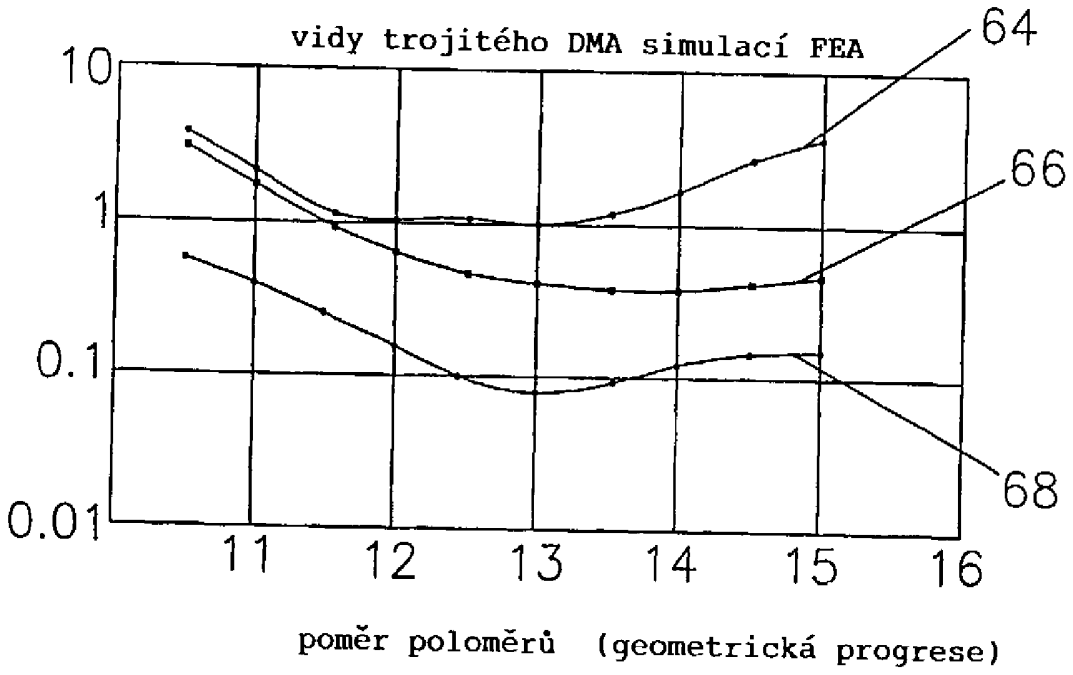
OBR. 11B



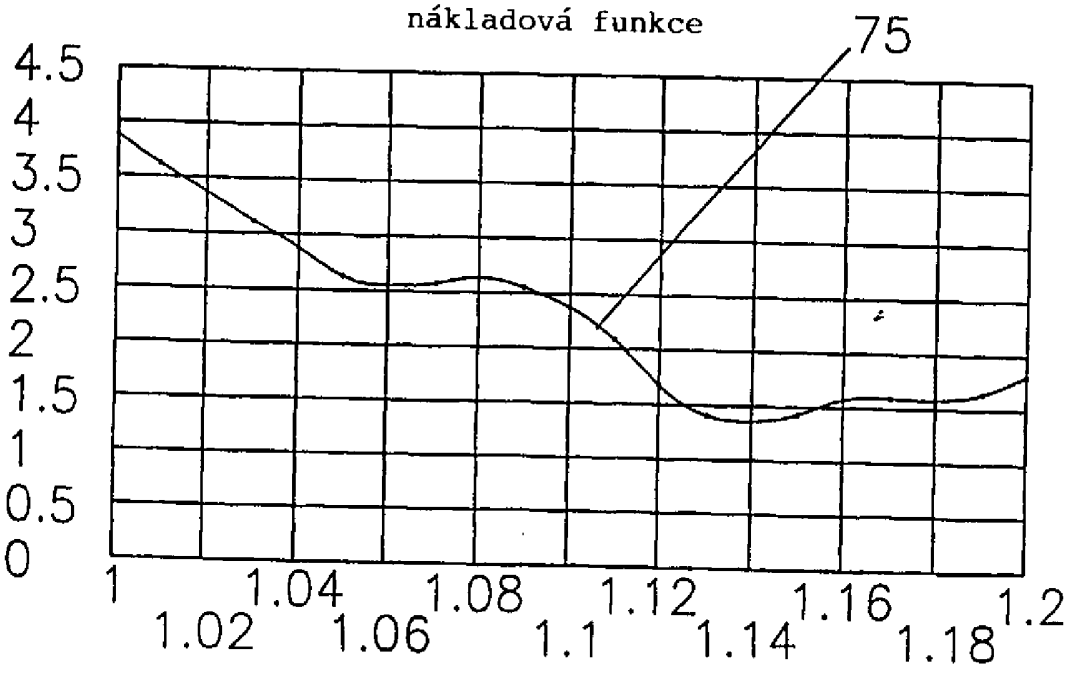
OBR. 11C



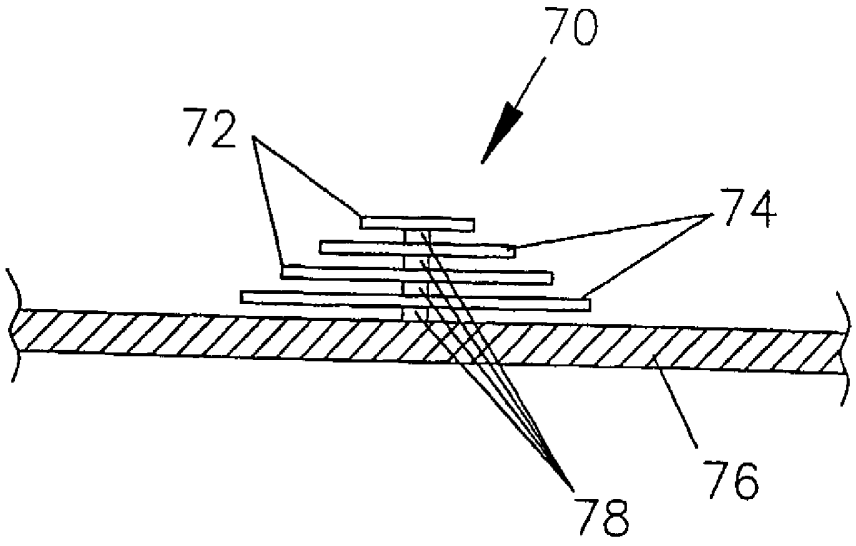
OBR. 11D



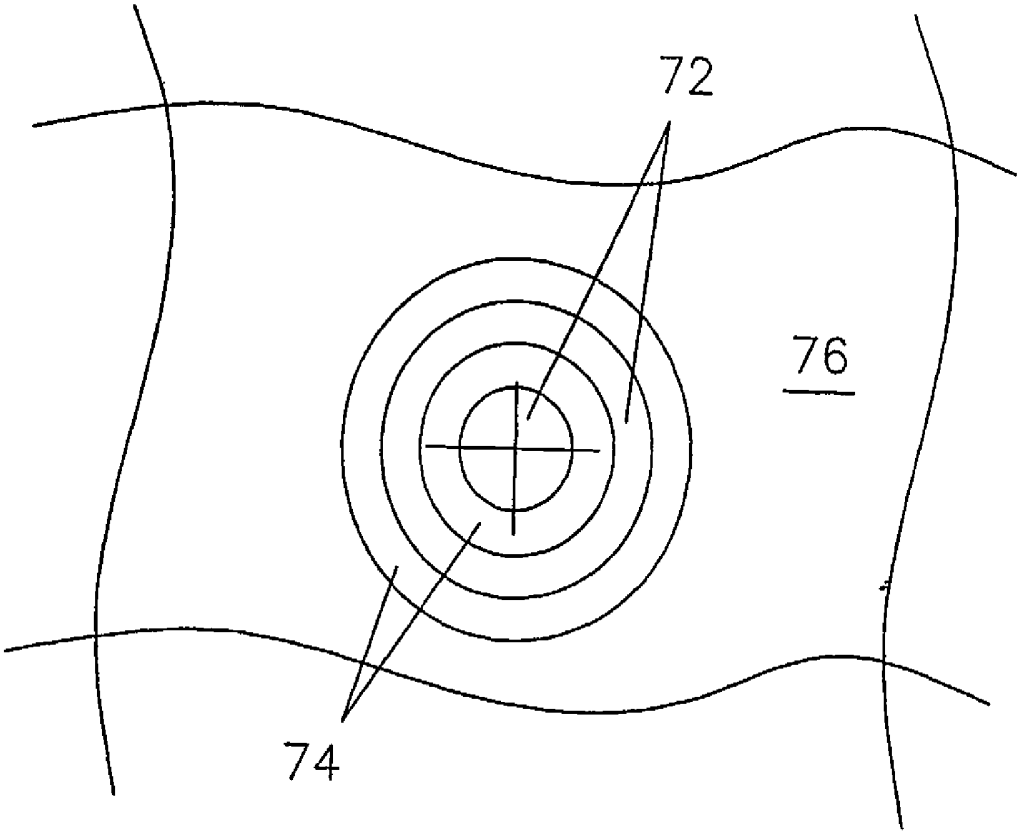
OBR. 13

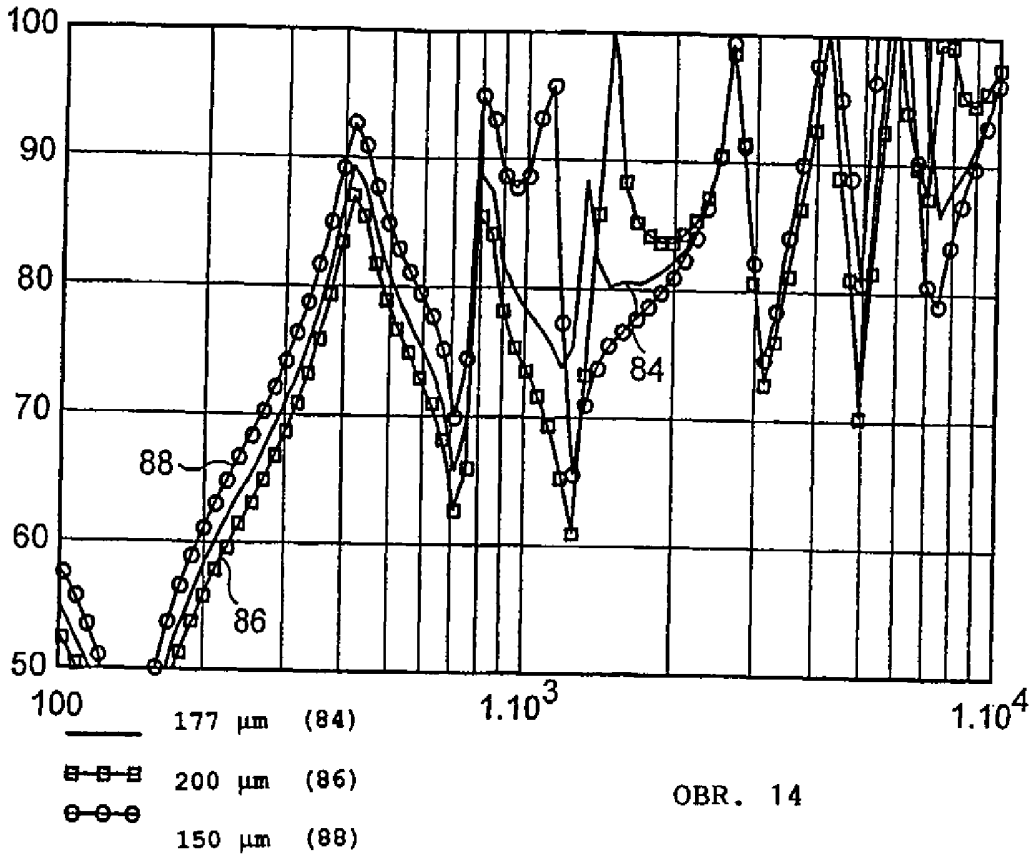


OBR. 12A

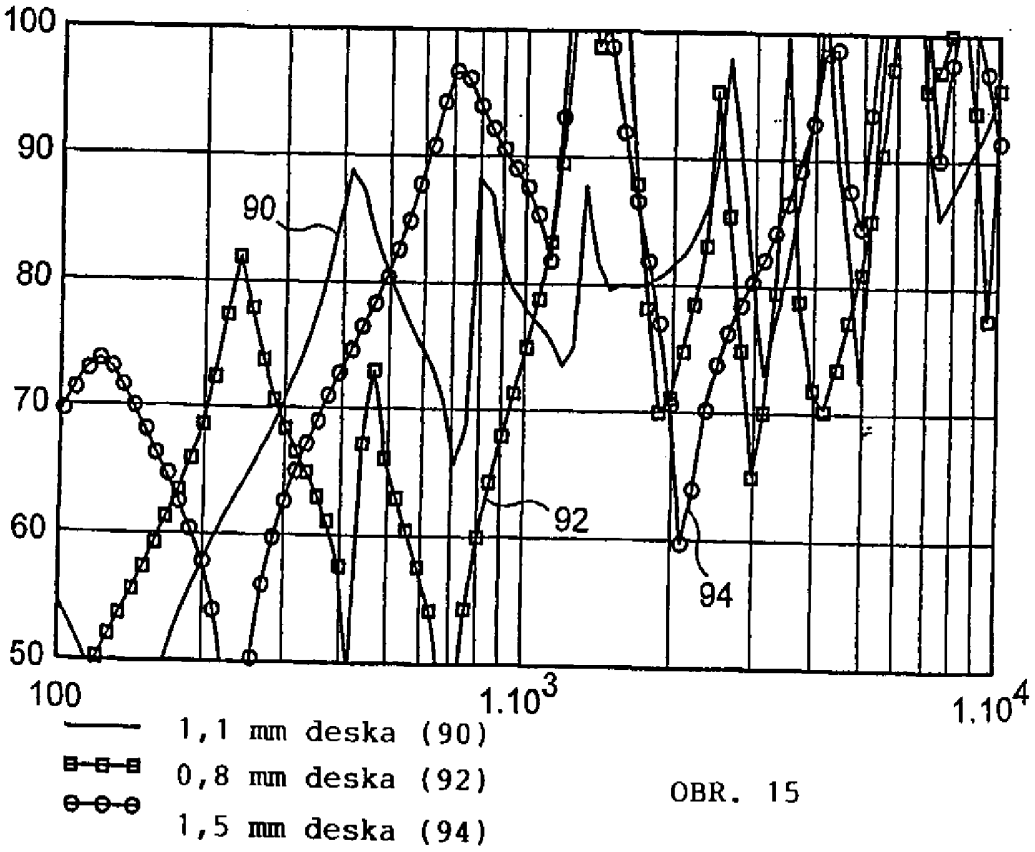


OBR. 12B



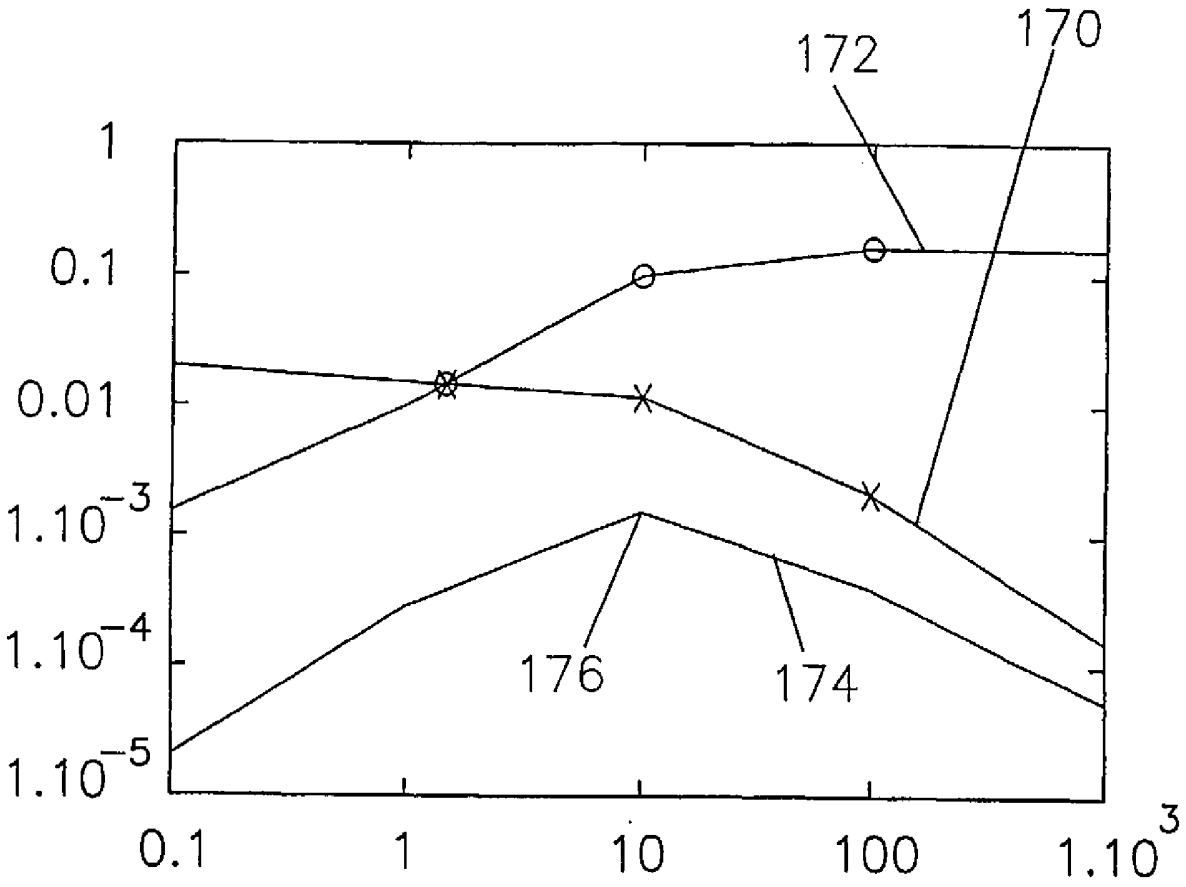

100
90
80
70
60
50
100
1.10^3
1.10^4
84
88
86
177 µm (84)
200 µm (86)
150 µm (88)

OBR. 14

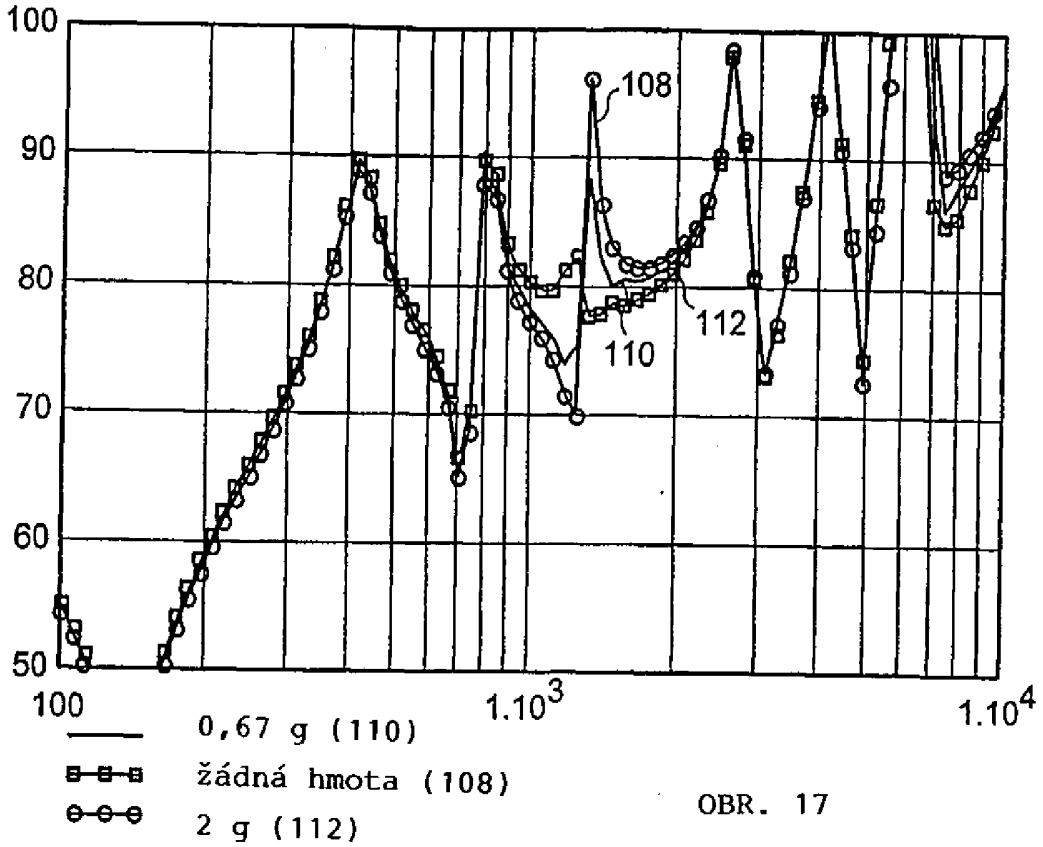

100
90
80
70
60
50
100
1.10^3
1.10^4
90
92
94
1,1 mm deska (90)
0,8 mm deska (92)
1,5 mm deska (94)

OBR. 15

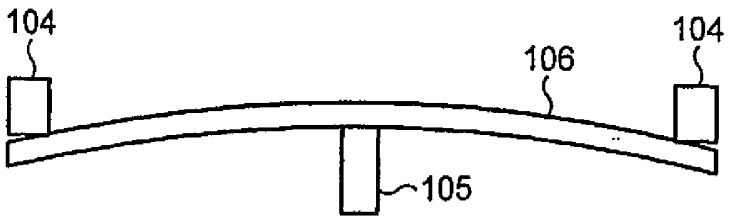
OBR. 16


172
170
1
0.1
0.01
1.10⁻³
1.10⁻⁴
1.10⁻⁵
176
174
0.1
1
10
100
1.10³
mechanický odpor (Nt/m)

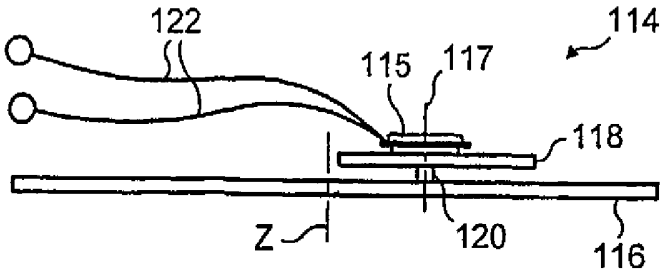
18.07.02



OBR. 17

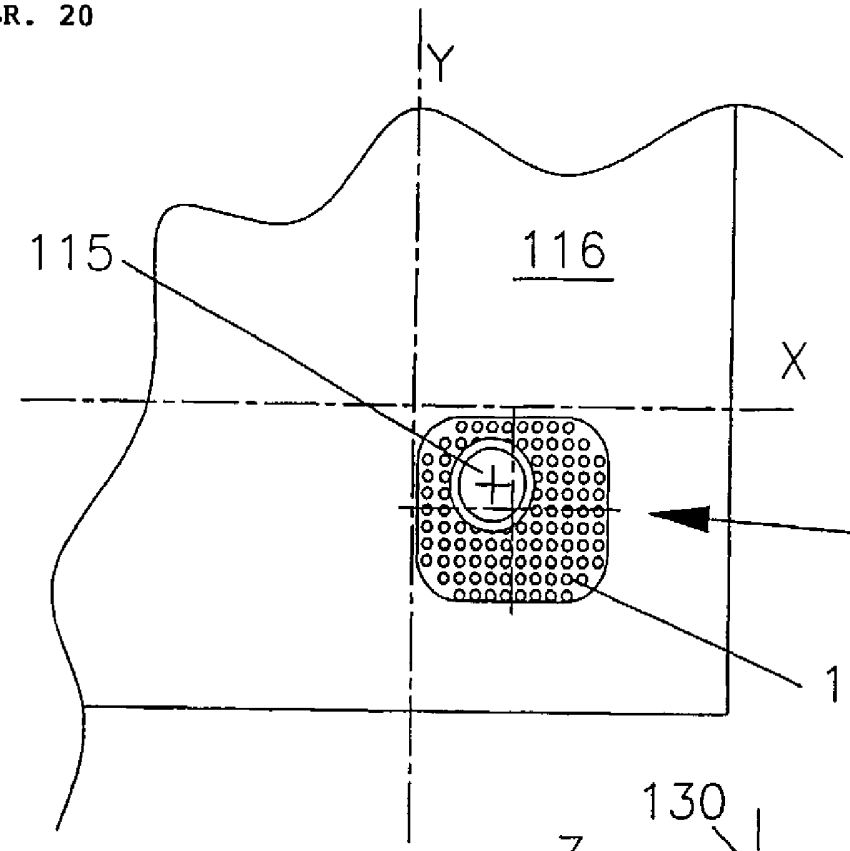


OBR. 18

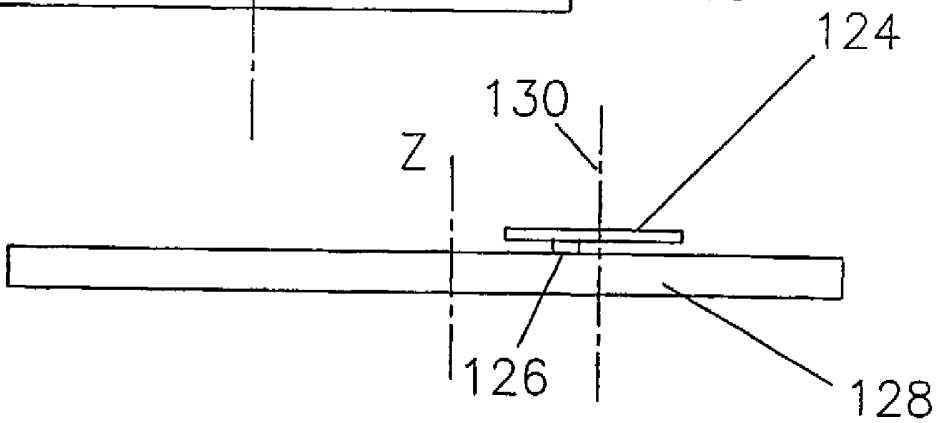


OBR.19

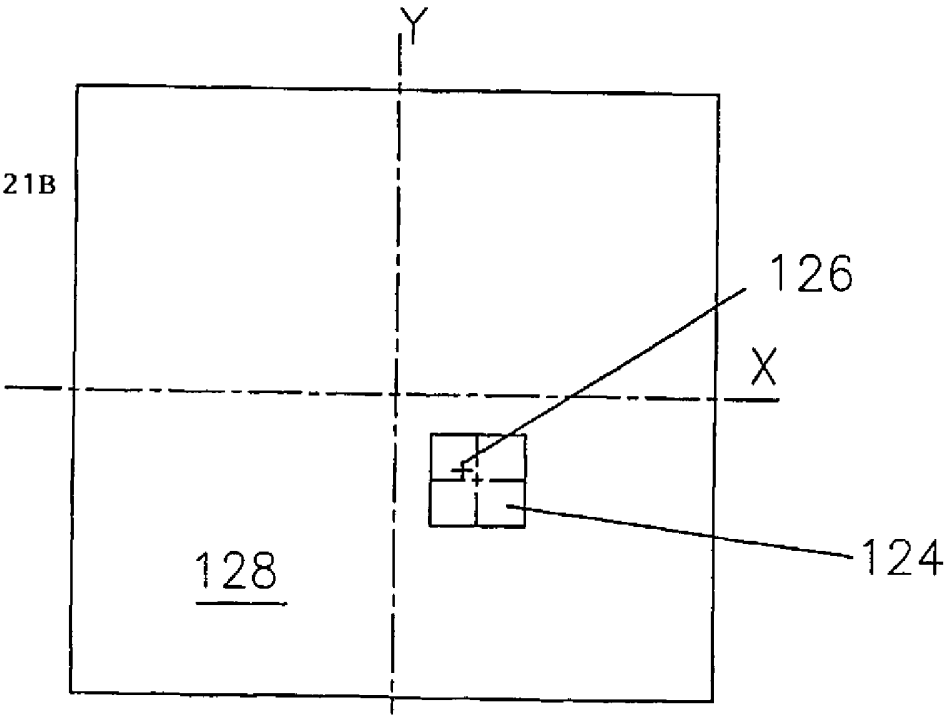
OBR. 20



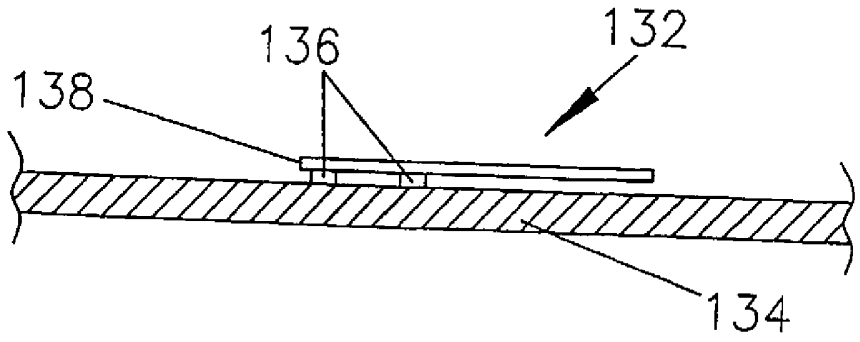
OBR. 21A



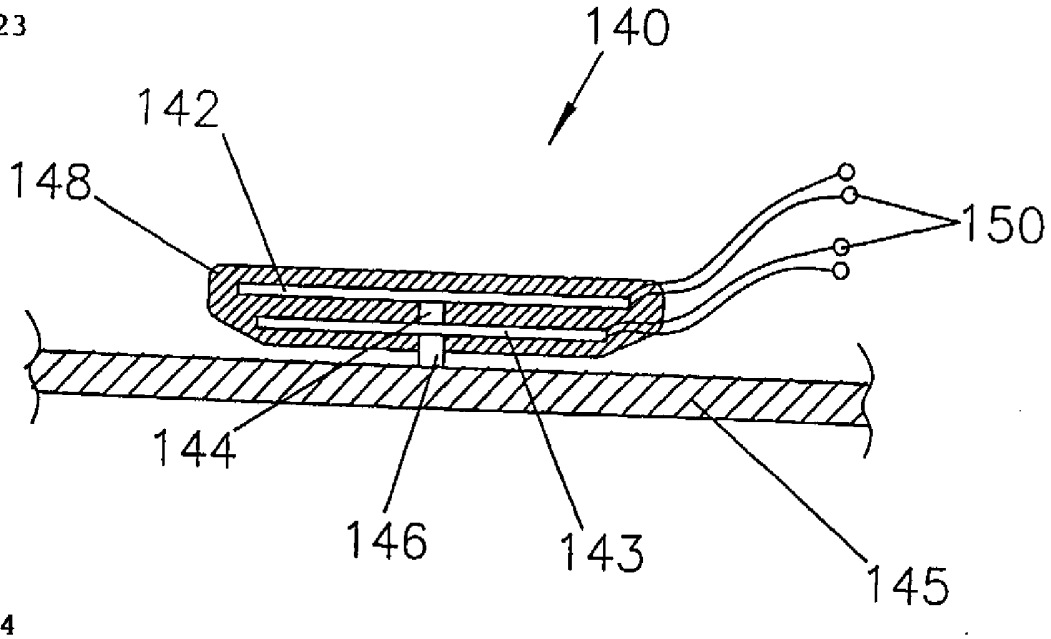
OBR. 21B



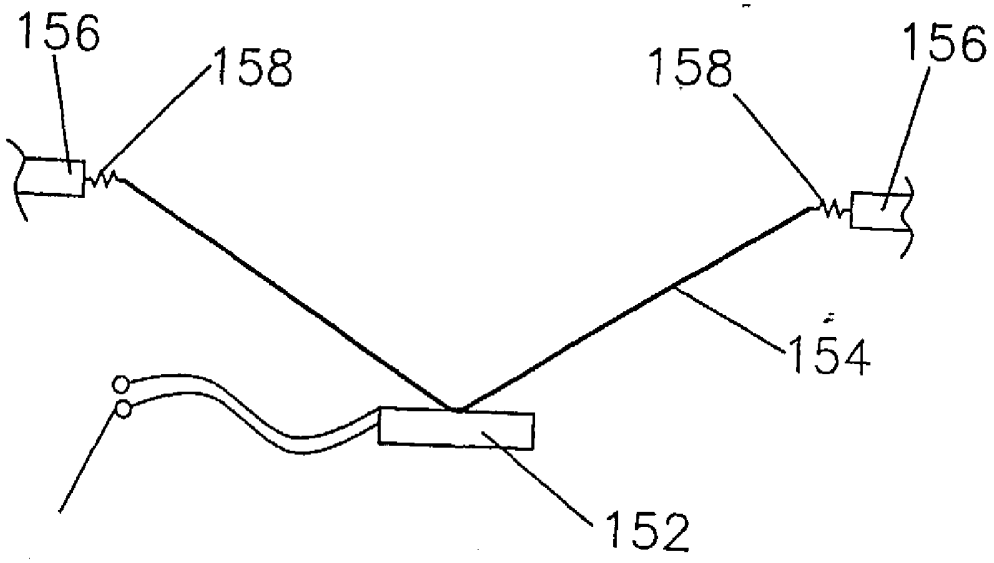
OBR. 22



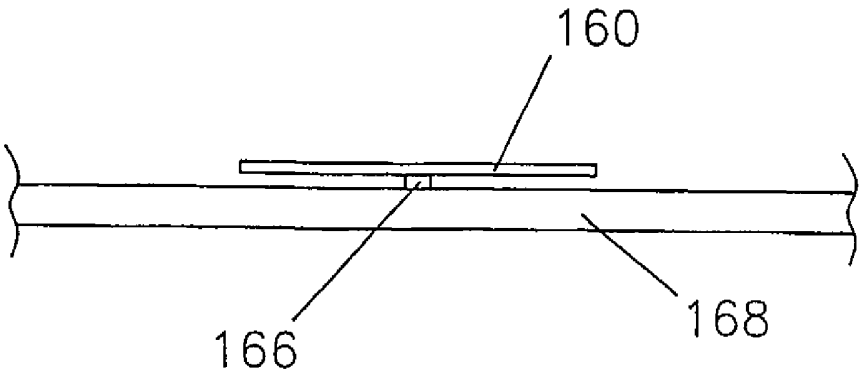
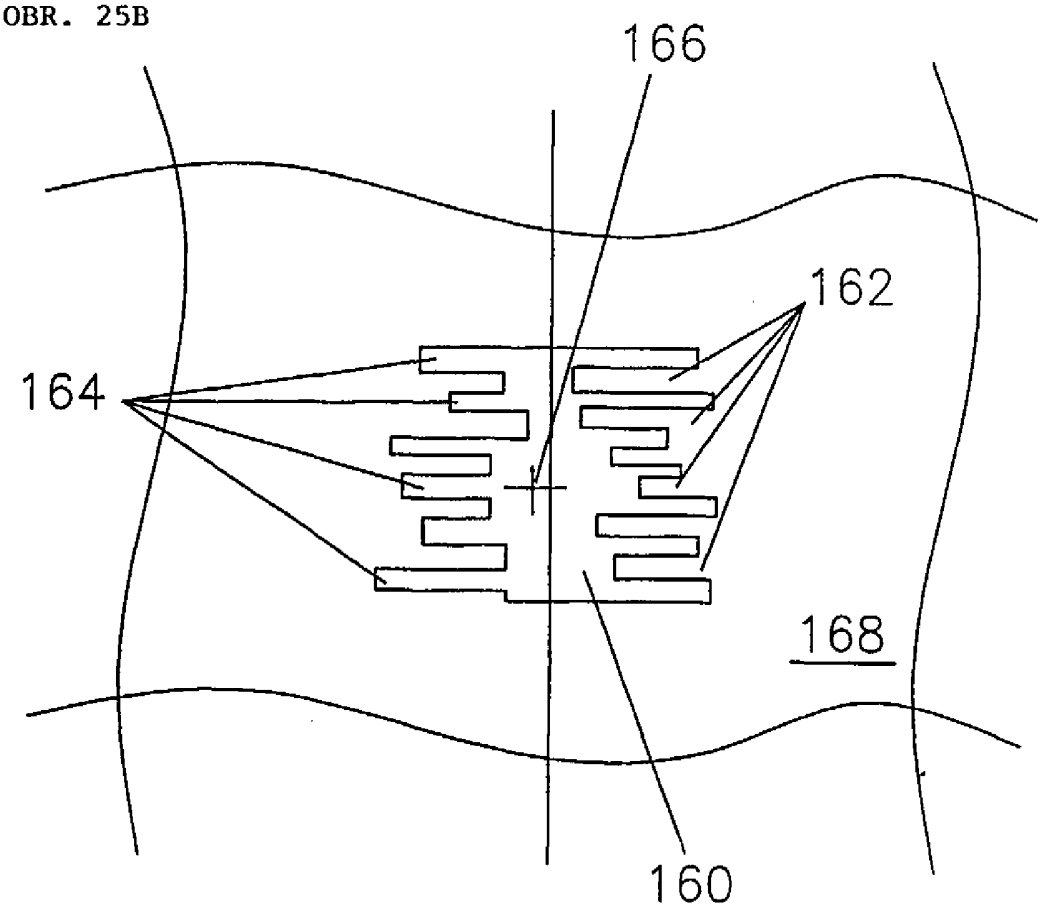
OBR. 23



OBR. 24



OBR. 25A



OBR. 25B