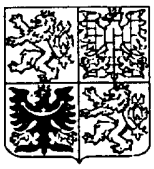
PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:
284 916

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **3900-90**
(22) Přihlášeno: **07. 08. 90**
(40) Zveřejněno: **12. 08. 92**
(Věstník č. 8/92)
(47) Uděleno: **08. 02. 99**
(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **14. 04. 99**
(Věstník č. 4/99)

(13) Druh dokumentu: **B6**
(51) Int. Cl.[6]:
G 01 F 1/32

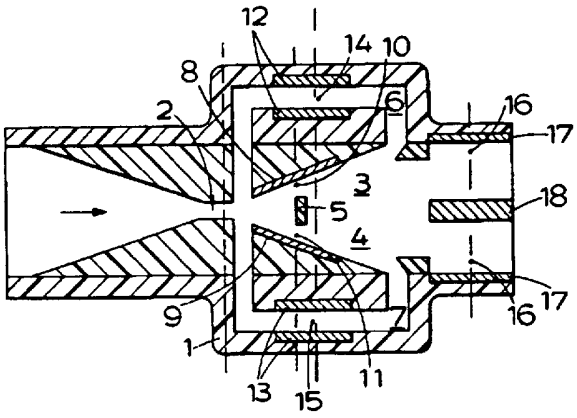
(73) Majitel patentu:
SEVERN TRENT WATER LIMITED,
Birmingham, GB;

(72) Původce vynálezu:
Sanderson Michael Langley, Cranfield, GB;
Heritage John Rymer, Camberley, GB;

(74) Zástupce:
Všetečka Miloš JUDr., Žitná 25, Praha 1,
11504;

(54) Název vynálezu:
Průtokoměr pro elektricky vodivé kapaliny

(57) Anotace:
Průtokoměr je typu fluidíkového oscilátoru a je vhodné pro měření elektricky vodivých kapalin, například pro měření dodávání vody do domácnosti. Sestává ze zpětnovazebného oscilátoru s magnety (8, 9, 12, 13) vytvářejícími magnetické pole napříč alespoň jedné průtočné dráhy, a z páru elektrod (10, 11, 14, 15, 16) snímajících výsledný rozdíl potenciálů napříč průtočné dráhy. Frekvence snímaného signálu je mírou rychlosti proudění a počet cyklů potom dává celkový průtok během jedné periody.



CZ 284 916 B6

Průtokoměr pro elektricky vodivé kapaliny

Vynález se týká průtokoměru pro elektricky vodivé kapaliny, pracujícího na principu fluidikového oscilátoru.

Je dobře známo, že frekvence oscilace fluidíkového oscilátoru je závislá (ačkoli ne nutně lineárně) na množství, které jím protéká. Této skutečnosti bylo využito jako základu pro měření průtoku kapalin i plynů. Nejde však o nikterak jednoduchou záležitost, zejména když měření má být přesné v toleranci jednoho nebo dvou procent a když se tlak tekutiny značně mění.

Jedním způsobem snímání oscilací, u dřívějších návrhů, je snímání tlakovými snímači nebo tepelnými snímači. Tlakové snímače pracují elektromagneticky, například tak, že reagují na pohyb kuličky uvězněné a oscilující v kanále nebo štěrbině umístěné mezi dvěma kanály.

Zvláštní problém nastává při měření spotřeby vody, kde je požadováno udržování přesnosti měření při poklesu rychlosti proudění až do poměru 200 ku 1. Přestože v tomto případě se rychlost bude měnit v tomto odpovídajícím rozsahu 200 ku 1, změny tlaku, které mají být snímány, se budou při stejném rozsahu proudění měnit koeficientem 40 000 ku 1. Je tedy téměř nemožné udržovat jakýkoli stupeň přesnosti v tomto celém rozsahu snímání tlaku při použití jen jednoho tlakového snímače.

Proto je žádoucí snímat oscilace nikoli prostředky, které reagují na tlak, ale prostředky, ve kterých je amplituda signálu závislá spíše než na tlaku na rychlosti změn podmínek proudění, takže dynamický rozsah snímaného signálu je řádově stejný jako rozsah průtoku tekutiny.

Současně existuje silná snaha nahradit existující mechanická vodní měřidla, která mají opotřebovatelné části a jsou náchylná ke korozi stejně jako k opotřebení a dále, se zvyšující se potřebou dálkového odečítání údajů se vyžaduje přizpůsobení oddělených elektrických snímacích prostředků, jako jsou paprskové spínače, vydávajících elektrický signál, který může být dále zpracován. Tyto spínače obsahují vnější zdroj energie a skříňku s odděleným elektrickým vybavením těsně vedle a odděleně od mechanického měřidla.

Další nevýhodou známých mechanických měřidel je nelineárnost při nízkých rychlostech proudění, jaké jsou při použití v domácnosti, hlavně jako výsledek "váznutí" pohybujících se částí.

Cílem vynálezu je proto vytvořit zlepšenou formu fluidíkového oscilátoru jako průtočného měřidla schopného zpracování velmi širokého rozsahu poklesu proudění a vyžadujícího minimální příkon. Dalším cílem je dosažení adekvátní linearity v celém rozsahu aniž by bylo potřeba komplexních korekčních obvodů nebo tabulek.

Tyto cíle jsou dosaženy průtokoměrem pro elektricky vodivé kapaliny podle vynálezu, jehož podstatou je, že oscilace fluidíkového oscilátoru měřidla jsou snímány elektromagneticky použitím magnetického pole napříč proudění a snímání výsledné elektromotorické síly vzniklé v samotné kapalině se provádí pomocí páru vhodně umístěných elektrod, v příčném směru k proudění a k magnetickému poli. Kapalina musí být samozřejmě dostatečně elektricky vodivá, ale tato vodivost může být velmi nízká, protože to co se snímá je pouze rozdíl potenciálů a není tedy potřeba velkého elektrického proudu.

Jednou z velmi vhodných kapalin je obyčejná voda a vynález má zvláštní cenu při měření přívodu vody do domácnosti, protože nastávají velké poklesy proudění a přesnost měření musí vyhovovat určitým zákonným požadavkům. Další výhodou vynálezu pro tento zvláštní účel jsou nízké náklady, žádná údržba (protože nejsou žádné pohyblivé díly v proudící tekutině) a mini-

mální požadavky na dodávanou energii. Ve skutečnosti není pro samotné čidlo potřeba energie žádná, protože elektromotorická síla vzniká elektromagnetickým indukčním účinkem, takže je nutná pouze energie pro prostředky zesilující a zpracovávající generovaný signál.

Podle dalšího znaku vynálezu obsahuje průtokoměr alespoň dva páry elektrod, které jsou zapojeny souměrně pro zdvojení signálu a jejich diferenčním spojením jsou eliminovány chyby, například způsobené změnami elektrochemických potenciálů na elektrodách vzniklými kolísáním statického tlaku. Elektrody mohou být umístěny v hlavních drahách proudění nebo ve zpětnovazebních drahách nebo v obou těchto drahách.

Fluidíkový oscilátor může být známého typu, ačkoli rozdělovač je s výhodou proveden ve formě příčné stěny spíše než břitu, protože bylo zjištěno, že skýtá spolehlivější oscilaci při širokém rozsahu průtoků.

Magnetické pole nebo magnetická pole jsou s výhodou vytvářena permanentními magnety (bez dodávání energie), které mohou být začleněny do tělesa oscilátoru v průběhu jeho výroby. Když jsou magnety vyrobeny z elektricky nevodivého materiálu, jako je plastem ovázaný ferit, jeho čela mohou tvořit část stěn kanálů, čímž jsou magnetické mezery mezi póly co nejmenší.

Podle dalšího znaku vynálezu, který může být rovněž použit u fluidíkového měřidla průtoku používajícího snímače jiného než elektromagnetického typu, které byly popsány výše, je vylepšena linearita, zejména při velmi malém proudění, modifikací vstupní trysky tak, že místo aby měla obvyklý obdélníkový příčný průřez, je rozšířena nahoře nebo dole nebo nahoře i dole (termíny nahoře a dole jsou myšleny ve svislé rovině souměrnosti oscilátoru). Rozšíření může být provedeno stupňovitě a celkový příčný průřez má potom profil tvaru T nebo I, jak bude objasněno později.

Dále bude popsáno příkladné provedení průtokoměru, vhodného pro měření přívodu vody do domácnosti, s odkazem na přiložené výkresy, na nichž

obr. 1 znázorňuje podélný řez průtokoměrem jeho hlavní osou,

obr. 2 příčný řez podle čáry A-A z obr. 1,

obr. 3 příčný řez podle čáry B-B z obr. 1,

obr. 4 příčný řez podle čáry C-C z obr. 1,

obr. 5 příčný řez podle čáry D-D z obr. 1, s modifikovaným provedením a

obr. 6 znázorňuje graf závislosti frekvence oscilace na průtoku, ukazující výsledky kalibračních testů a znázorňující výhody modifikace podle obr. 5.

Fluidíkový oscilátor znázorněný na obr. 1 je v zásadě známého provedení, s tělesem 1 obsahujícím vstupní trysku 2 obdélníkového příčného průřezu vedoucí do páru kanálů 3 a 4 oddělených rozdělovačem 5, kterým je v tomto případě plochá stěna, příčná k proudění. Zpětnovazebné vratné smyčky 6 a 7 vedou z hlavních kanálů 3 a 4 zpět do opačných stran dráhy tekutiny u vstupní trysky 2.

Jak je dobře známo, vlivem Coandova efektu se proud tekutiny přimkne ke stěně jednoho z kanálů 3, 4, ale potom se účinkem působení zpětné vazby tekutiny přemístí napříč k druhé stěně, opakovaně se vrací zpět a dopředu s frekvencí závislou na rychlosti průtoku. Jde tedy o tak zvaný zpětnovazebný oscilátor.

Jiným známým druhem je relaxační oscilátor, jehož činnost je analogická s elektronickým nezávislým bistabilním nebo relaxačním oscilátorem, ale předložený vynález je použitelný zejména u zpětnovazebného oscilátoru, protože známé relaxační oscilátory jsou méně stabilní.

V běžném případě se frekvence může měnit v rozsahu od 0,15 do 30 Hz pro rozsah průtoku od 0,15 litrů za minutu do 30 litrů za minutu, za předpokladu, že rozměry a veličiny jsou takové, že na každý litr vody, která proteče, proběhne 60 cyklů.

Pro umožnění snímání způsobem podle vynálezu byly do stěn kanálů 3, 4 zabudovány permanentní magnety 8, 9 pro vytvoření magnetických polí napříč drah proudění vody. V nejjednodušší verzi by bylo dostatečné mít jen jedno magnetické pole v jednom kanálu, ale v praxi, z důvodů uvedených níže, je jich vytvořeno víc.

Magnety 8, 9 tvoří část stěn kanálů 3 a 4. Vytvářejí mezi sebou pole napříč obou kanálů 3, 4 a když proud vody přejde z jednoho kanálu do druhého, změna rychlosti vody v každém kanálu 3, 4 zase způsobí vznik elektromotorické síly kolmo k proudění a k poli, přičemž tato elektromotorická síla je snímána v kanálu 3 párem prvních elektrod 10 a v kanálu 4 párem druhých elektrod 11, jejichž umístění je znázorněno na obr. 3.

Je nutno si uvědomit, že napětí objevující se napříč dvou párů elektrod 10, 11 bude střídavé a tak když jsou zapojeny do dvojčinného obvodu, získá se signál s dvojnásobnou amplitudou.

Ve znázorněném příkladu jsou rovněž upraveny další dva páry magnetů 12 a 13 vytvářející magnetické pole napříč zpětnovazebných vratných smyček 6 a 7 a vzniklé elektromotorické síly jsou snímány třetím a čtvrtým párem elektrod 14 a 15. Ty mohou byt použity místo prvních a druhých elektrod 10, 11 v hlavním kanálu, tj. není nutné mít obě sady, ale při použití obou a potom měřením poměru velikostí těchto dvou signálů je možno kompenzovat alespoň do prvního řádu nelinearitu ve faktoru měřidla jako funkci rychlosti proudění. Magnety mohou být běžně dostupnými prodávanými magnety, například o složení samarium-kobalt, ale protože tyto sintrované (slinuté) magnety jsou elektricky vodivé, je potřebné izolovat je od skutečné vody v kanálech pro zabránění zkratování vzniklými elektromotorickými silami. Když je těleso 1 měřidla vytvarováno z plastu, není to důležité, protože plastický materiál může být zformován kolem magnetů, ale to znamená, že magnetické mezery mezi póly jsou širší než je potřeba, což znamená, že magnetická pole jsou slabší. Proto se dává přednost použití feritu ovázaného plastem a vystavení magnetů proudu, čímž jsou magnetické mezery mezi póly shodné s šířkou průtočných kanálů.

Když se vyžaduje větší silnější magnetické pole než může být vytvořeno individuálně rozmístěnými magnety, je možno použít polouzavřených magnetických obvodů, tj. podkovovitých magnetů nebo vně umístěných magnetů s pólovými nástavci v polohách magnetů znázorněných na obrázcích. Celá oblast mezi každým hlavním kanálem 3, 4 a přilehlou vratnou smyčkou 6, 7 může být tvořena magnetem.

Ve vratných smyčkách 6, 7 je vedení připojující elektrody čtvrté a páté 15, 16 umístěno ve středu dráhy proudění, ale v hlavních kanálech 3, 4 je co možná nejvíc těsně u stěny, jak je znázorněno na obr. 3. Napětí vzniklé ve vratných smyčkách 6, 7 má tendenci být menší než napětí vzniklé v hlavním kanále 3, 4, protože ačkoli je zde silnější magnetické pole než pole v hlavním proudu vyplývající z kratší dráhy toku, rychlost hlavního proudu je podstatně větší než rychlost tekutiny ve vratné smyčce 6, 7. Zmenšení indukovaného signálu v hlavním proudu znamená, že elektromotorické síly vzniklé v hlavním proudu jsou obvykle větší než síly indukované ve vratné smyčce, pouze s koeficientem 2.

Ve znázorněném příkladu jsou rovněž upraveny elektrody 16 a magnetická pole vytvořená magnety 17 a 18 na výstupu dráhy tekutiny. Středový magnet 18 tvoří rozdělovač, který v tomto

místě dosud udržuje dvě oddělené dráhy. Je to však pouze možná alternativa k čidlům v hlavních kanálech 3, 4 a/nebo ve vratných smyčkách 6, 7 a obecně není nutné používat všechny tři sady elektrod současně. Nicméně, jak bylo uvedeno dříve, pro uvedení vynálezu do praxe stačí pouze jedno magnetické pole a jeden pár elektrod.

Jak je vidět z obr. 2 a 3, jsou signály ze dvou vratných smyček 6, 7 vedeny do inverzního a neinverzního vstupu diferenciálního zesilovače, který je propojuje do dvojčinného zapojení a signály z hlavních kanálů 3, 4 jsou vedeny do dalšího operačního zesilovače. Výstupy z těchto zesilovačů mohou být skombinovány do jakéhokoli tvaru, který je nejlepší, například poměr mezi nimi je signálem, který je nezávislý na mnoha vnějších faktorech.

Další zpracování signálů není předmětem vynálezu, stačí pouze uvést, že se získají signály o počáteční amplitudě co možná největší (obvykle řádu 2 až 400 mikrovoltů) a měří se jejich frekvence jako údaj o rychlosti proudu a/nebo se počítá celkový počet cyklů za periodu pro změření celkového proudu. Když není vztah mezi frekvencí a rychlostí proudu dostatečně lineární v celém požadovaném rozsahu, nástroj musí být kalibrován a výsledek kalibrování se použije pro programování korekčního obvodu, s účinkem řady vyhledávacích tabulek, kterým signál prochází, aby vytvořil konečný tvar představující proud tekutiny.

To může být včleněno do mikročipu, který může být připevněn v nebo na pouzdru nástroje, a celý nástroj je samostatný, vcelku se svým vybavením pro záznam dat. Protože signál z elektrod vzniká samostatným prouděním, není potřeba žádného vnějšího zdroje napětí a je pouze nutno napájet obvody pro zpracování signálů. Tento malý požadavek může splnit baterie vmontovaná do nástroje, s životností několika let.

Používání korekčních obvodů je však nežádoucí a lepší je, když je to možné, dosáhnout lineárnosti v celém požadovaném rozsahu přímo vlastním návrhem. Obr. 6 je grafem kalibračních testů, ve kterém je znázorněno množství pulsů nebo cyklů na litr průtoku vůči rychlosti proudění. Horizontální stupnice je logaritmická od 0,001 litru za sekundu do 1 litru za sekundu. Ideálně by měly body ležet v jedné horizontální přímce.

Graf ukazuje, že s proudem o šířce 3 mm, alespoň pro průtoky větší než 0,05 litrů za sekundu je počet pulsů na litr v rozmezí ±2 % kolem hodnoty 68,165, ale při nízkých průtočných poměrech se hodně sníží až na asi 57 pulsů na litr při rychlosti proudění kolem 0,0035 litru za sekundu. Je nutno si uvědomit, že se zde jedná pouze o frekvenci fluidíkového oscilátoru a nemá to nic dělat se způsobem, kterým je snímána, ať už elektromagneticky (jak bylo popsáno výše), nebo jiným známým způsobem.

Obr. 5 znázorňuje možné vylepšení, které bylo nalezeno, pro zlepšení lineárnosti citlivosti, zejména při nízkých rychlostech proudění. Místo vstupní trysky rovinného obdélníkového příčného průřezu, je tato rozšířena nahoře a dole, takže tvoří průřez tvaru I; může stačit rozšíření pouze na jednom konci do tvaru T. Současně se její šířka může zmenšit.

Obr. 6 znázorňuje podstatné vylepšení získané s tryskou, která je široká 2 mm, ale má nahoře a dole štěrbiny upravené tak, jak je znázorněno na obr. 5. Citlivost je lineární a v rozsahu ±2 % při 0,004 litru za sekundu a v rozsahu ±5 % při 0,003 litru za sekundu.

Důvod tohoto vylepšení není v současnosti zcela jasný, ale lze předpokládat, že při nízkých průtočných rychlostech vytvářejí dráhy v horní a dolní části trysky zdroj přídavného proudění ke zpětnému proudění ve vratných smyčkách, čímž způsobí přepínání proudu. Při vysokých rychlostech proudění je impedance drah v horní a dolní části trysky ke kolísajícímu proudění taková, že dráha nemůže vytvářet přídavné proudění. Tento mechanismus má vliv na zvýšení přepínání proudu při nízkých průtočných rychlostech.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Průtokoměr pro elektricky vodivé kapaliny, který obsahuje zpětnovazební fluidíkový oscilátor se vstupní tryskou, vstupním kanálem, rozdělovačem pro rozdělení toku ze vstupního kanálu do prvního a druhého hlavního kanálu, z každého z nichž vede zpětnovazební smyčka do protilehlých stran vstupního kanálu, a alespoň jedním snímačem připojeným k elektrickému měřícímu přístroji, **vyznačující se tím**, že kanály jsou jednak opatřeny zdroji příčného magnetického toku, například magnety (8, 9, 12, 13, 17, 18), solenoidy nebo stěnami z magnetických materiálů, a jednak jsou opatřeny páry prvních elektrod (10), druhých elektrod (11), třetích elektrod (14), čtvrtých elektrod (15) a pátých elektrod (16). které jsou umístěny napříč magnetického toku a toku vodivé kapaliny.

2. Průtokoměr podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že páry prvních elektrod (10), druhých elektrod (11) a pátých elektrod (16) jsou umístěny v jednom z hlavních kanálů.

3. Průtokoměr podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že páry třetích elektrod (14) a čtvrtých elektrod (15) jsou umístěny nejméně v jedné zpětnovazební smyčce (6, 7).

4. Průtokoměr podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že ve zpětnovazební smyčce (6, 7) jsou umístěny páry třetích elektrod (14) a čtvrtých elektrod (15), přičemž v hlavním kanálu je umístěn buď pár prvních elektrod (10) a druhých elektrod (11), a/nebo pár pátých elektrod (16).

5. Průtokoměr podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že páry prvních elektrod (10), druhých elektrod (11), třetích elektrod (14) a čtvrtých elektrod (15) jsou uspořádány v dvojčinném zapojení.

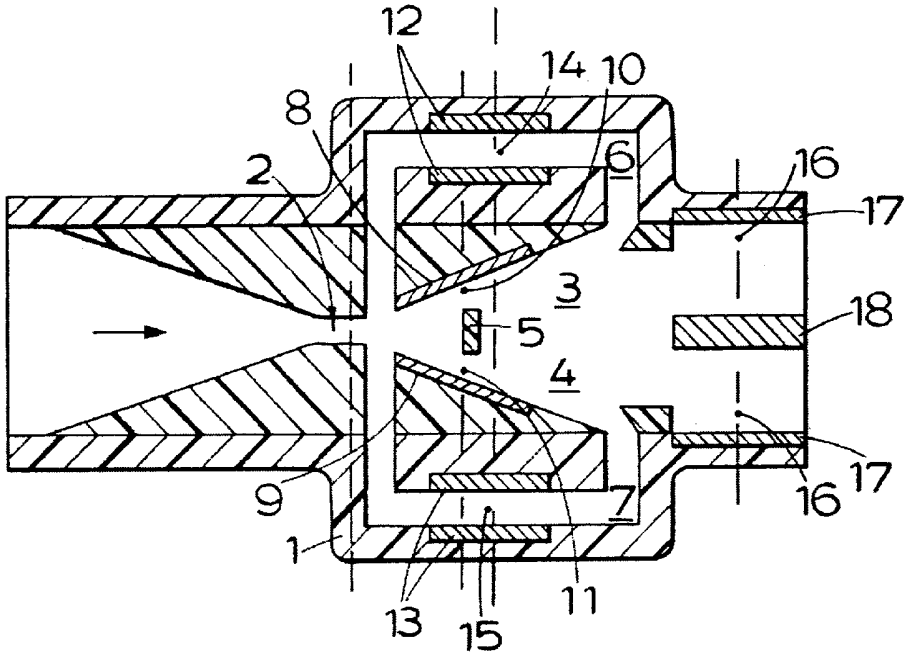
6. Průtokoměr podle kteréhokoliv z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že nejméně jeden ze zdrojů příčného magnetického pole je permanentní magnet.

7. Průtokoměr podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že magnet je zapuštěn do stěn pouzdra průtokoměru a je elektricky izolován od protékající kapaliny.

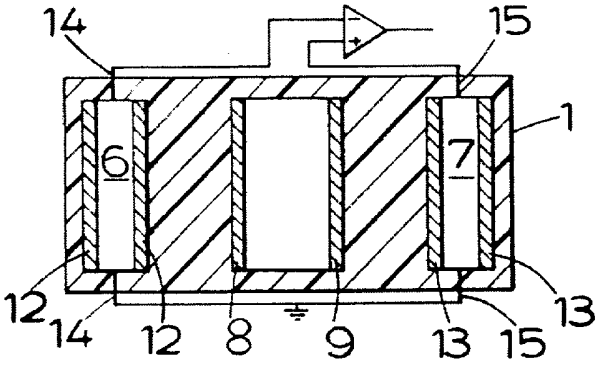
8. Průtokoměr podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že magnet je z elektricky nevodivého materiálu a tvoří část stěny jednoho z kanálů.

9. Průtokoměr podle kteréhokoliv z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že příčný průřez vstupní trysky je obdélníkový a nejméně na jednom konci bočně rozšířený tak, že tvoří průřez ve tvaru "T" nebo " I".

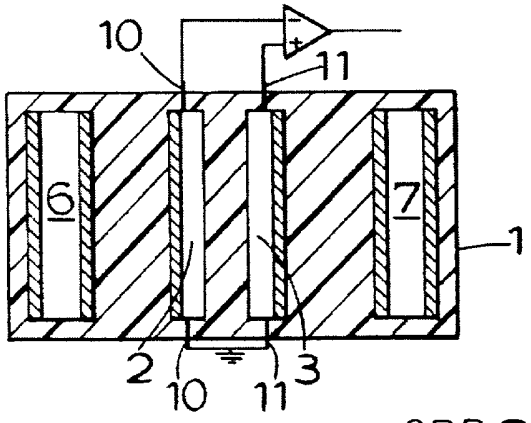
2 výkresy



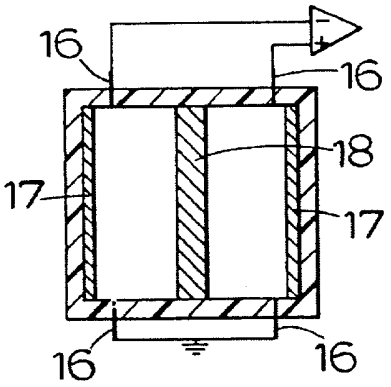
OBR. 1



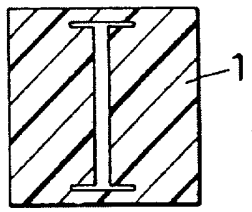
OBR. 2



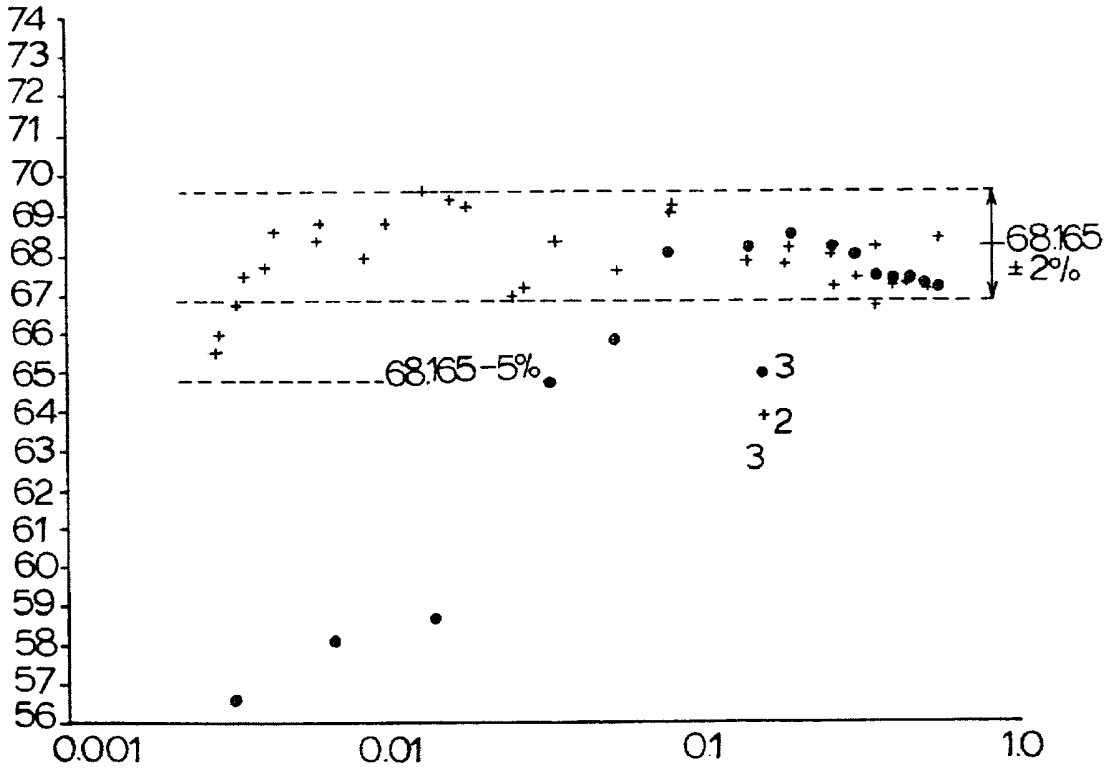
OBR. 3



OBR 4



OBR 5



OBR 6

Konec dokumentu