

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

289 637

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 1994 - 3336

(22) Přihlášeno: 29.12.1994

(30) Právo přednosti:
14.01.1994 US 1994/182317

(40) Zveřejněno: 13.12.1995
(Věstník č. 12/1995)

(47) Uděleno: 11.01.2002

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: 13.03.2002
(Věstník č. 3/2002)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl. ⁷:
G 01 F 1/34

(73) Majitel patentu:

WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION,
Pittsburgh, PA, US;

(72) Původce vynálezu:

Lyman Walter George, Monroeville, PA, US;

(74) Zástupce:

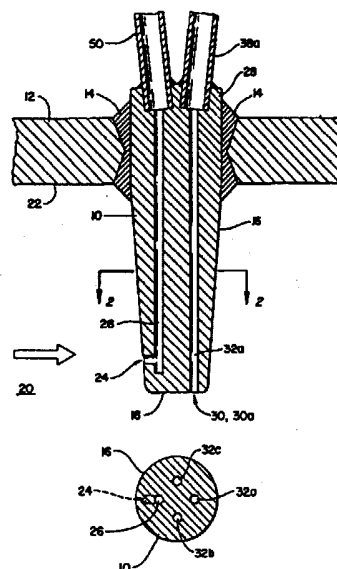
Švorčík Otakar JUDr., Hálkova 2, Praha 2, 12000;

(54) Název vynálezu:

Sonda pro měření průtoku kapaliny v trubici

(57) Anotace:

Řešení se týká sond na měření průtoku chladicí vody tam, kde nedostatek kolen vylučuje možnost použití kolenových sondových bodů pro měření průtoku, zejména v potrubí do jaderného reaktorového systému. V podlouhlém sondovém tělese (10), osazeném v trubici (12) a vystupujícím do nitra trubice (12) z její stěny (22), je vytvořen společný snímací otvor (24) dynamického tlaku, orientovaný v podstatě ve směru (F) proudění kapaliny v trubici (12), a nejméně dva snímací otvory (30a, 30b, 30c) statického tlaku, orientované každý ve směru odkloněném od směru orientace snímacího otvoru (24) dynamického tlaku. Snímací otvory (30a, 30b, 30c) statického tlaku jsou spojeny každý samostatným spojovacím kanálem (32a, 32b, 32c), procházejícím sondovým tělesem (10), s prvním vstupem (34a, 34b, 34c) odpovídajícího senzoru (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku, zatímco snímací otvor (24) dynamického tlaku je připojen k odpovídajícímu druhému vstupu (48a, 48b, 48c) každého ze senzorů (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku.



CZ 289637 B6

Sonda pro měření průtoku kapaliny v trubici

Oblast techniky

5

Vynález se týká sond na měření průtoku tekutiny a konkrétně sond na měření průtoku, způsobů měřit průtok chladicí vody reaktoru ve studené ramenové trubici jaderného reaktorového systému, kde nedostatek kolen ve studené ramenové trubici vylučuje použití snímacích odběrů v kolenech (elbow taps; dále: kolenových sondových bodů) pro měření průtoku.

10

Dosavadní stav techniky

15

20

Vodou chlazené reaktory mají v typickém případě nejméně dvě "studené ramenové trubice" ("cold leg" pipe), které přivádějí každá velké průtokové množství chladicí vody do reaktoru. Chladicí voda se v typickém případě přivádí do reaktoru z výstupů výměníků tepla používaných pro vývin páry. Je důležité sledovat průtok chladicí vody těmito trubicemi. Jestliže průtok chladicí vody výrazně poklesne, teplota chladiva v reaktoru by vzrostla a reaktor by se mohl přehřát, čímž by došlo k jeho poškození a případnému úniku velkých množství radioaktivního materiálu do chladicí vody. Vodou chlazené reaktory se proto v typickém případě uzavírají, jestliže se průtok chladiva sníží pod předem určenou hodnotu, v typickém případě 90 % normální úrovně průtoku chladiva.

25

30

Většina známých chlazených reaktorových systémů má ve studených ramenových trubkách vedoucích chladicí vodu kolena. Tyto systémy v typickém případě používají kolenové sondové body pro měření průtoku chladicí vody. V tomto uspořádání je jeden sondový bod umístěn na vnitřním zakřivení kolena s druhý sondový bod na vnějším zakřivení kolena. Vzhledem k dynamice průtoku tekutiny trubkovými koleny je tlak naměřený sondovým bodem na vnějším zakřivení obecně vyšší, než tlak naměřený sondovým bodem na vnitřním zakřivení. Rozdíl tlaku mezi oběma polohami je indikativní pro velikost průtoku touto trubicí.

35

Senzor (vysílač) rozdílového tlaku, funkčně připojený ke každému ze sondových bodů, poskytuje mechanismus pro monitorování průtoku tímto kolenem. Ve známých reaktorových systémech se použije více dvojic kolenových sondových bodů, přičemž každá dvojice je provozně spojena s vyhrazeným vysílačem rozdílového tlaku, pro poskytování redundantních měření proudu chladicí vody. Když alespoň dva ze tří nebo čtyř signálů udávají podmínku nízkého průtoku, je vydán spouštěcí signál pro uzavření reaktoru.

40

45

Uspořádání typu Westinghouse AP600 se liší od reaktorových systémů podle známého stavu techniky v tom, že ve studených ramenových trubicích nejsou kolena, kde by se mohly instalovat kolenové sondové body. Kolenové sondové body osazené na zakřivení velkého průměru ve studené ramenové trubici by neposkytovaly dostatečný rozdílový tlak pro účinné měření. V uspořádání typu Westinghouse AP600 jsou ke každému generátoru páry připojeny dvě chladné ramenové trubice, takže rozdílový tlak naměřený přes svazek trubek generátoru páry by udával celkový průtok dvěma studenými ramenovými trubicemi, ale neudával by jednotlivé smyčkové průtoky. Pro nové reaktorové systémy, jako je systém AP600, které nemají kolena ve studených ramenových trubicích, je proto zapotřebí zajistit schopnost alternativního měření průtoku.

50

Podstata vynálezu

Vynález přináší sondu na měření průtoku kapaliny v trubici s více senzory rozdílového tlaku, obsahující sondové těleso, vystupující do trubice z její stěny, jejíž podstatou je, že v sondovém tělese je vytvořen společný snímací otvor dynamického tlaku, orientovaný v podstatě ve směru

proudění kapaliny v trubici, a nejméně dva snímací otvory statického tlaku, orientované každý ve směru odkloněném od směru orientace snímacího otvoru dynamického tlaku, přičemž snímací otvory statického tlaku jsou spojeny každý samostatným spojovacím kanálem, procházejícím sondovým tělesem, s prvním vstupem odpovídajícího senzoru, rozdílového tlaku, zatímco snímací otvor dynamického tlaku je připojen k odpovídajícímu druhému vstupu každého ze senzorů rozdílového tlaku.

Snímacím otvorem se zde rozumí příslušná koncová část kanálu v sondovém tělese, přímo navazující na vnitřní prostor trubice jakožto snímané prostředí, tedy nejen vlastní "otevření" na tomto konci, ale i bezprostředně přilehle navazující průchodový úsek. Osa této koncové části kanálu neboli bezprostředně přilehle navazujícího průchodového úseku vymezuje orientaci snímacího otvoru, o níž se výše hovoří. Snímací otvor dynamického tlaku je tak v tomto smyslu orientován ve směru proudění kapaliny v trubici (po proudu).

Podle dalšího znaku vynálezu je snímací otvor dynamického tlaku vytvořen v obvodové stěně sondového tělesa.

Podle dalších znaků vynálezu může být snímací otvor statického tlaku umístěn v koncové stěně tělesa sondového tělesa, ležící v odstupu od vnitřního povrchu trubice, nebo může být v obvodové stěně sondového tělesa, anebo může být zvoleno takové uspořádání, že některé ze snímacích otvorů statického tlaku jsou umístěny v koncové stěně a některé jsou umístěny v obvodové stěně.

Podle jiného znaku vynálezu je nejméně jeden snímací otvor statického tlaku je orientován kolmo ke směru proudění kapaliny v trubici, v němž je orientován snímací otvor dynamického tlaku.

Podle dalšího znaku vynálezu jsou senzory rozdílového tlaku připojeny každý k procesoru měřících signálů sondy.

Sonda je uzpůsobena pro použití s více vysílači rozdílového tlaku pro měření proudění kapaliny v potrubí, jako například chladicí vody reaktoru v potrubí vedoucím do jaderného reaktoru ze zdroje chladicí vody.

Každý senzor rozdílového tlaku tak snímá stejný dynamický tlak ze společného snímacího otvorového vstupu dynamického tlaku. Každý senzor rozdílového tlaku však také snímá statický tlak pocházející z rozdílného ze snímacích otvorů statického tlaku, než jaký je snímán jiným ze senzorů rozdílového tlaku. Rozdíl mezi dynamickým tlakem a statickým tlakem je úměrný druhé mocnině velikosti proudu chladicí vody.

Vynález umožňuje měření průtoku chladicí vody ve vodou chlazeném systému jaderného reaktoru, jako ve studeném výstupním rameni tlakového vodoparního generátoru. Pro toto měření se sondové těleso, jak je popsáno výše, umístí do trubice, když je reaktor uzavřen, a vytvoří se spojení k senzorům rozdílového tlaku. Pro každý senzor rozdílového tlaku se zjišťuje základní hodnota, tj. počáteční hodnota průtoku, a to měřením počátečního rozdílového tlaku každým ze senzorů během provozu reaktoru poprvé, s výhodou při spouštění zařízení, když systém pracuje při normální teplotě a s plným průtokem v systému. Čtení počátečního rozdílového tlaku z každého ze senzorů se zaznamená nebo uloží pro další použití, například v elektronické paměti, která je zahrnuta do procesoru.

Během následujícího chodu reaktorového systému se měří pomocí senzorů druhý soubor rozdílových tlaků. Druhý soubor rozdílových tlaků se srovná procesorem s počátečním souborem rozdílových tlaků. Procesor potom poskytuje spouštěcí signál podle předem určené logiky, jako například když nejméně dva jednotlivé rozdílové tlaky druhého souboru rozdílových tlaků jsou menší, než je předem určený procentuelní podíl počátečních rozdílových tlaků. Spouštěcí signál

může být použit pro ovládání systému pro snížení výkonového výstupu z reaktorového systému, jak je obvyklé v jaderných reaktorových systémech. Může být také prostřednictvím procesoru vydán poplach pro varování personálu, že vznikl abnormální nebo nebezpečný stav.

- 5 Vynález umožňuje vytvořit sondu pro měření průtoku, která může být použita v úsecích trubic majících malé nebo vůbec žádné zakřivení. Vynález umožňuje zajistit, že k měření stačí jedna měřicí sonda průtoku, která je schopná poskytovat redundantní měření průtoku. Umožňuje sledovat průtok chladicí vody v jaderném reaktorovém systému, přičemž se zajistí funkce měření kolenových sondových bodů ("snímacích odběrů"; taps) s pouze jediným průnikem v chladicí trubici.

Přehled obrázků na výkresech

- 15 Vynález je blíže vysvětlen v následujícím popisu na příkladech provedení s odvoláním na připojené výkresy, ve kterých znázorňuje obr. 1 podélný řez sondou na měření průtoku podle vynálezu, osazenou v trubici chladicího systému jaderného reaktoru, obr. 2 řez rovinou 2-2 z obr. 1 a obr. 3 schéma pracovních spojení mezi sondou na měření průtoku podle vynálezu a přiřazenými senzory rozdílového tlaku a procesorem.

Příklady provedení vynálezu

- 25 Na obr. 1 a 2 je znázorněno provedení měřicí sondy průtoku podle vynálezu v podélném řezu, uložené v úseku studené odbočky chladicího systému reaktoru. Normálně by měla být umístěna jedna sonda v každé studené ramenové trubici. Směr F proudění chladicí vody je vyznačen šipkou. Sonda obsahuje sondové těleso 10, které je s výhodou vytvořeno jako podlouhlý člen, orientovaný kolmo k proudění, vyrobený z nerezavějící oceli a přivařený k nerezové studené ramenové trubici 12 ve svaru 14. Těleso 10 sondy, zabíhající do nitra 20 trubice 12, má obvodovou stěnu 16 a koncovou stěnu 18. Dvě odbočné trubice spojující neznázorněný parní generátor s neznázorněnou reaktorovou nádobou pro reaktorové systémy Westinghouse AP600 mají každá průměr okolo 700 mm a těleso sondy pro použití pro tento účel zasahuje okolo 102 mm do nitra trubice a má v místě koncové stěny 18 průměr okolo 38 mm. Koncová stěna 18 tělesa 10 sondy tak sahá dostatečně hluboko do nitra 20 studené ramenové trubice, aby se vyloučilo působení hraničních jevů stěny 22 trubice na proud chladicí vody. Bude zřejmé, že jiné reaktorové systémy, mající studené ramenové trubice odlišných velikostí mohou vyžadovat odlišnou délku vnikání a odlišný průměr sondového tělesa.

- 40 Z obrázku je dále patrné, že jediný společný snímací otvor 24 dynamického tlaku v obvodové stěně 16 tělesa sondy je orientován v podstatě ve směru F proudění chladicí vody a navazuje na něj spojovací kanál 26 dynamického tlaku, uspořádaný podélně sondovým tělesem 10 ke druhému konci 28 sondového tělesa 10, který leží vně trubice 12. Jak bylo uvedeno výše, snímacím otvorem 24 dynamického tlaku se rozumí koncová část kanálu v sondovém tělese, přímo navazující na vnitřní prostor trubice jakožto snímané prostředí, tj. krátký průchodový úsek od povrchu sondového tělesa 10 až do spojovacího kanálu 26, jak je patrný na obr. 1. V tomto smyslu je tak v provedení znázorněném na obr. 1 snímací otvor 24 dynamického tlaku orientován ve směru F proudění kapaliny v trubici, jak je uvedeno v definici předmětu vynálezu.

- 50 V sondovém tělese 10 je dále vytvořeno několik snímacích otvorů 30 statického tlaku, s výhodou tři (v daném příkladě) nebo čtyři, přičemž jsou rozmístěny tak, že jsou orientovány každý přibližně kolmo ke směru proudu chladiva. V provedení znázorněném na obr. 1 a 2 je každý ze tří snímacích otvorů 30a, 30b, 30c statického tlaku vytvořen v koncové stěně 18. Rozumí se však, že jeden nebo více ze snímacích otvorů 30a, 30b, 30c statického tlaku mohou být rovněž umístěny v obvodové stěně 16 sondového tělesa 10. Každý ze snímacích otvorů 30a, 30b, 30c

statického tlaku je připojen ke spojovacímu kanálu 32a, 32b, 32c, procházejícímu ke druhému konci 28 sondového tělesa 10. Spojovací kanál 26 pro snímání dynamického tlaku má s výhodou průměr 6,35 mm. Spojovací kanály 32a, 32b, 32c pro snímání statického tlaku mají každý průměr s výhodou 4,76 mm. Ve smyslu definice předmětu vynálezu se i zde snímacím otvorem 30a, 30b, 30c statického tlaku rozumí příslušná koncová část kanálu v sondovém tělese, tedy koncový průchodový úsek neboli koncový úsek spojovacího kanálu 32a, 32b, 32c, bezprostředně navazující na vlastní snímací "otevření" do nitra trubice 12. Osa této koncové části kanálu, která je (jako i osa celého spojovacího kanálu 32a, 32b, 32c) v daném provedení kolmá ke směru F proudění a k orientaci snímacího průchodu 24 dynamického tlaku, vymezuje orientaci snímacího otvoru 30a, 30b, 30c ve smyslu definice předmětu vynálezu.

Každý ze spojovacích kanálů 32a, 32b, 32c pro snímací otvory 30a, 30b, 30c statického tlaku je pracovním spojen s prvním vstupem 34a, 34b, 34c odpovídajícího senzoru 36a, 36b, 36c rozdílového tlaku (označeného jako DPT 1 až DPT 3), jak je schematicky znázorněno na obr. 3. V tomto výhodném provedení je ke každému spojovacímu kanálu 32a, 32b, 32c přivařena spojovací trubice 38a, 38b, 38c jmenovitého průřezu 19,1 mm, připojená k prvnímu portu 40a, 40b, 40c ventilu 42a, 42b, 42c, který může být uzavřen pro údržbu systému. Druhý port 44a, 44b, 44c každého ventilu 42a, 42b, 42c je připojen k přístrojovému trubnímu úseku 46a, 46b, 46c, připojenému k prvnímu vstupu 34a, 34b, 34c odpovídajícího senzoru 36a, 36b, 36c rozdílového tlaku. Druhý vstup 48a, 48b, 48c každého ze senzorů 36a, 36b, 36c rozdílového tlaku je pracovním připojen, při použití spojů podobných těm, jaké jsou použity pro spojovací kanály pro snímání statického tlaku, ke společnému snímacímu otvoru 24 dynamického tlaku.

Ke spojovacímu kanálu 26 pro snímání dynamického tlaku je na druhém konci 28 tělesa 10 sondy navařením připojena nerezová spojovací trubice 50 jmenovitého průměru 19,1 mm, která je připojena k prvnímu portu 52 ventilu 56, který sám je připojen ke druhému vstupu 48a, 48b, 48c každého senzoru 36a, 36b, 36c rozdílového tlaku přístrojovými trubicemi 60 s více větvemi. Každý z redundantních senzorů 36a, 36b, 36c rozdílového tlaku tak využívá společné snímání dynamického tlaku přes společný snímací otvor 24 pro jeden ze svých vstupů 48a, 48b, 48c a odlišná snímání nízkého tlaku přes snímací otvory 30a, 30b, 30c statického tlaku pro svůj druhý vstup 34a, 34b, 34c. Je žádoucí navrhnout obvodovou plochu sondového tělesa a tvar koncové stěny sondového tělesa tak, aby se zmenšila turbulence okolo snímacích otvorů statického tlaku. Snížení turbulence na snímacích otvorech statického tlaku pomůže zmenšit výchyly v měření průtoku. Takové tvarování sondového tělesa je věcí tvarového návrhu, který mohou odborníci v oboru optimalizovat.

Každý ze senzorů 36a, 36b, 36c rozdílového tlaku snímá diferenciální tlak, který je úměrný čtverci velikosti průtoku chladicí vody reaktoru. Jeden typ senzoru rozdílového tlaku, vhodného pro toto použití, je Bartonův model č. 752, schopný měření rozdílových tlaků až do 934 mm Hg (66,5 kPa). Každý senzor 36a, 36b, 36c s výhodou vysílá signál, indikativní pro rozdílový tlak, do procesoru 62 (obr. 3). Procesor 62 může převádět signál na průtokový signál, který je úměrný absolutnímu průtoku. Procesor porovnává průtokový signál z každého senzoru rozdílového tlaku s jedním souborem jednotlivých hodnot uložených v paměti. Každá z počátečních hodnot odpovídá velikosti průtoku, naměřené dříve jedním ze senzorů, například při spuštění zařízení, když reaktor pracuje při normální teplotě a s plným průtokem chladiwa ramenovou trubicí.

Jako u měření pomocí kolenových sondových bodů v systémech podle známého stavu techniky, může být z procesoru vydáván spouštěcí signál podle předem určené logiky. Například může procesor vydávat spouštěcí signál, jestliže předem určený počet průtokových signálů, jako dva ze tří nebo dva ze čtyř, klesne pod nastavenou hodnotu, která je předem určeným procentuelním podílem odpovídající počáteční hodnoty. Spouštěcí signál potom může být použit pro aktivování nouzových systémů, jaké jsou běžně používány v jaderných zařízeních.

Společný snímací otvor dynamického tlaku není překážkou pro redundanci (zálohování) zjištění poklesu průtoku. Selhání snímacího vedení dynamického tlaku bude mít za následek indikaci nízkého průtoku pro všechny senzory, zatímco selhání snímacího vedení jednotlivého statického tlaku bude mít za následek udávání vysokého průtoku v pouze jednom senzoru. Jestliže jedno ze snímacích vedení statického tlaku nebo jeden ze senzorů rozdílového tlaku jsou nečinné, umožní logický systém normálně umožní pokračující chod. Logika pro určování, kdy se má vydávat spouštěcí signál, však bude za těchto okolností rozdílná.

Výše popsané měření dynamického tlaku vykonává stejnou funkci, jako u běžně používaného měření kolenovým sondovým bodem. Měření poskytuje signál, který je úměrný druhé mocnině velikosti průtoku. Počáteční nebo kalibrační hodnoty používané procesorem se měří při spouštění zařízení, když systém pracuje při normální teplotě při plném průtoku systému. Naměřená kalibrační hodnota pak bude odpovídat stoprocentnímu průtoku pro účely porovnávání. Nastavený bod spouštění bude nastaven na rozdílový tlak odpovídající spouštěcímu průtoku, s výhodou 90 %. Jak je obvyklé, určí se absolutní hodnota průtoku z jiného měření, jako je kalorimetrické měření průtoku, jaké je dobře známé v oboru. Sonda na měření průtoku musí být proto kalibrována pouze na relativní neboli normalizovaný průtok.

Jak bude zřejmé pro odborníky v oboru, může procesor využívat rozdílové signály tlaku vysílané každým ze senzorů, které jsou úměrné druhé mocnině velikosti průtoku, nebo může vynález stejně tak získávat druhou odmocninu těchto signálů, aby se vytvářely signály, které jsou přímo úměrné velikosti průtoku. Tento krok může být poskytován procesorem nebo jinými způsoby dobře známými v oboru.

Vynález tak vykonává funkce měření kolenových sondových bodů s pouze jediným průnikem do každé studené ramenové trubice. To se děje spolehlivým, ekonomickým a účinným způsobem.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Sonda na měření průtoku kapaliny v trubici (12) s více senzory (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku, obsahující sondové těleso (10), vystupující do trubice (12) z její stěny (22), **v y z n a - č e n á t í m**, že v sondovém tělese (10) je vytvořen společný snímací otvor (24) dynamického tlaku, orientovaný v podstatě ve směru (F) proudění kapaliny v trubici (12), a nejméně dva snímací otvory (30a, 30b, 30c) statického tlaku, orientované každý ve směru odkloněném od směru orientace snímacího otvoru (24) dynamického tlaku, přičemž snímací otvory (30a, 30b, 30c) statického tlaku jsou spojeny každý samostatným spojovacím kanálem (32a, 32b, 32c), procházejícím sondovým tělesem (10), s prvním vstupem (34a, 34b, 34c) odpovídajícího senzoru (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku, zatímco snímací otvor (24) dynamického tlaku je připojen k odpovídajícímu druhému vstupu (48a, 48b, 48c) každého ze senzorů (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku.

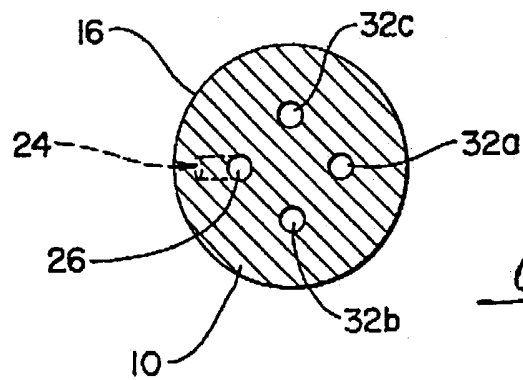
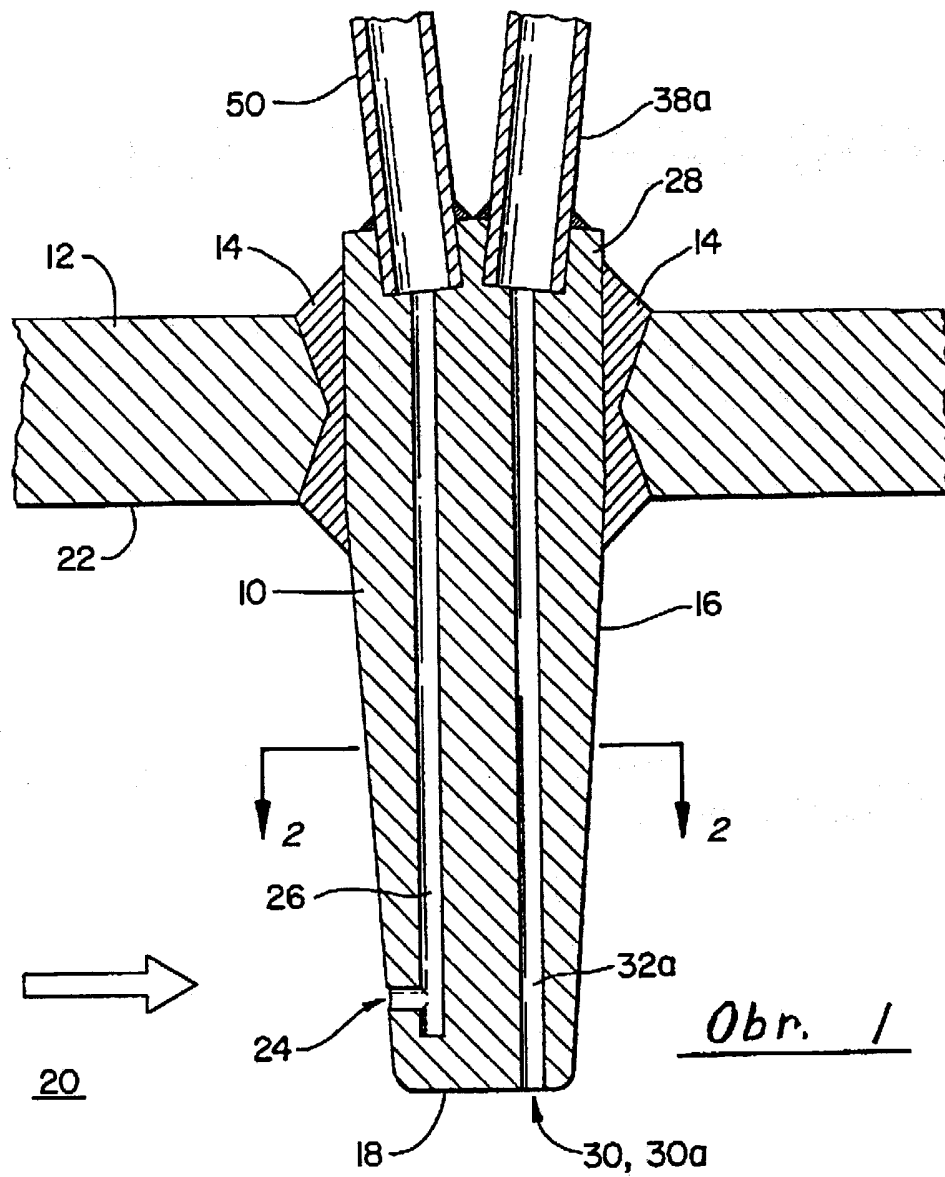
2. Sonda podle nároku 1, **v y z n a č e n á t í m**, že snímací otvor (24) dynamického tlaku je vytvořen v obvodové stěně (16) sondového tělesa (10).

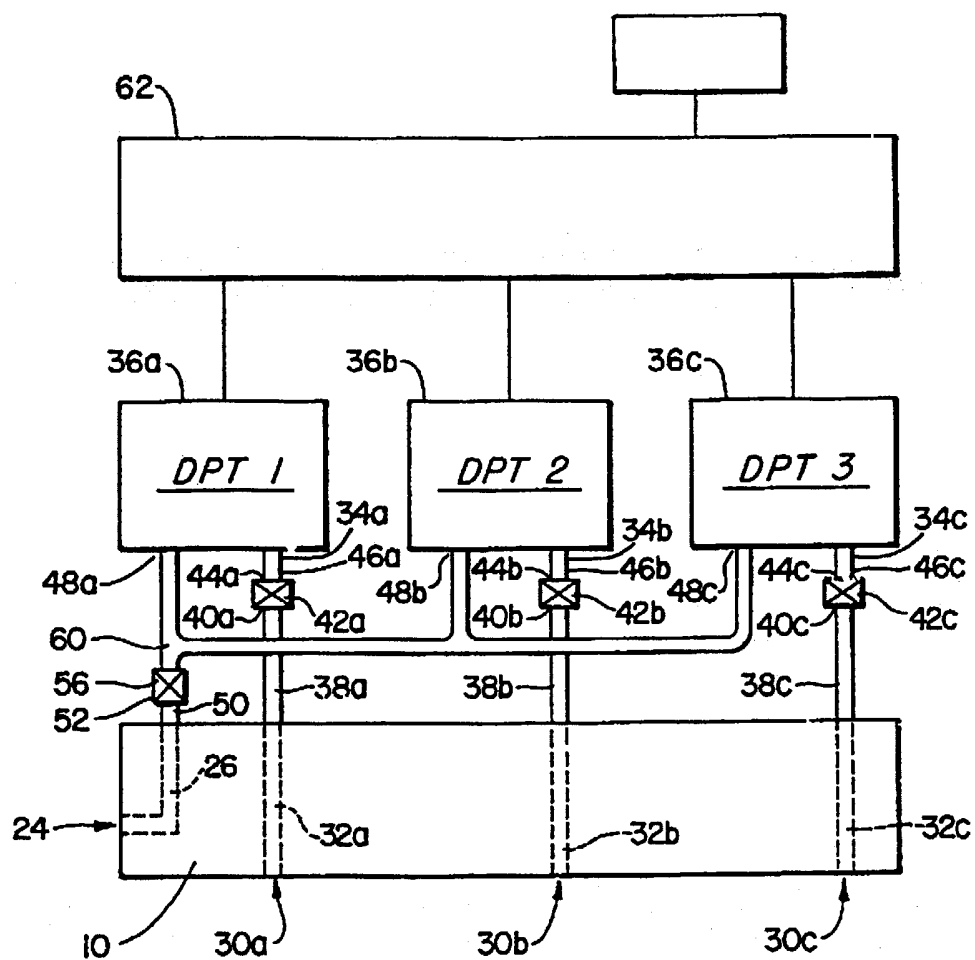
3. Sonda podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a č e n á t í m**, že nejméně jeden snímací otvor (30a, 30b, 30c) statického tlaku pro nejméně jeden senzor (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku je vytvořen v koncové stěně (18) volného konce sondového tělesa (10), vybihajícího do trubice (12).

4. Sonda podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, **vyznačená tím**, že nejméně jeden snímací otvor (30a, 30b, 30c) statického tlaku pro nejméně jeden senzor (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku je vytvořen v obvodové stěně (16) sondového tělesa (10).
5. Sonda podle nároku 1 nebo 2, **vyznačená tím**, že všechny snímací otvory (30a, 30b, 30c) statického tlaku pro všechny senzory (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku jsou vytvořeny v koncové stěně (18) volného konce sondového tělesa (10), vybíhajícího do trubice (12).
6. Sonda podle nároku 1 nebo 2, **vyznačená tím**, že všechny snímací otvory (30a, 30b, 30c) statického tlaku pro všechny senzory (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku jsou vytvořeny v obvodové stěně (16) sondového tělesa (10).
7. Sonda podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, **vyznačená tím**, že nejméně jeden snímací otvor (30a, 30b, 30c) statického tlaku je orientován kolmo ke směru (F) proudění kapaliny v trubici (12), v němž je orientován snímací otvor (24) dynamického tlaku.
8. Sonda podle kteréhokoli z nároků 1 až 7, **vyznačená tím**, že senzory (36a, 36b, 36c) rozdílového tlaku jsou připojeny každý k procesoru (62) měřících signálů sondy.

20

2 výkresy





Obr. 3

Konec dokumentu