



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

195525

(11)

(B1)

/22/ Přihlášeno 20 09 77
/21/ /PV 6093-77/

(40) Zveřejněno 31 05 79

(45) Vydáno 15 05 82

(51) Int. Cl.³
G 01 F 1/00

(75)

Autor vynálezu

TESAŘ VÁCLAV ing. CSc., PRAHA

(54) Způsob snímání průtoku tekutiny a zařízení k provádění tohoto způsobu

1

Vynález se týká jednak způsobu snímání průtoku tekutiny při jejím průchodu kanálem, jednak zařízení k provádění toho způsobu, které ve spojení s vyhodnocovacím ústrojem zpracovávajícím takto vytvořené signály umožňuje měřit zejména malé průtoky tekutin. V současné době se stále častěji vyskytuje požadavek, aby výsledek měření byl k dispozici v digitální formě, zejména pro další zpracování takových výsledků v digitálních elektronických mikroprocesorech při řízení technologických pochodů. Je sice možné i u průtokových snímačů vytvářejících spojitý, analogový signál, provést převod na digitální formu v samostatných analogově/číslicových převodnících. Není to však výhodná cesta; účelnější je použití takových průtokových snímačů, u nichž je velikostí průtoku ovlivňován probíhající proces, například samobuzené oscilace, který lze snadno vyhodnotit přímo číslicově.

Nejběžnější jsou známé snímače turbínkové. U nich protékající tekutina uvádí do rotace součást - rotor opatřený lopatkami - která je nejčastěji opatřena permanentním magnetem, který při každém průchodu pod indukčním snímačem, tedy vždy za jednu otáčku, generuje ve výstupu snímače proudový puls. Uspořádání snímače je takové, že otáčky rotoru jsou přímo úměrné velikosti průtoku. Digitální údaj o průtoku lze pak nejjednodušeji vytvořit ve vyhodnocovacím ústroji metodou čítání pulsů: v čítači je načítáván počet pulsů - a tedy i počet otáček rotoru snímače - za určitý neměnný časový úsek. Délku tohoto úseku

2

lze například přesně vymezit pomocí stabilizovaného oscilátoru, který je zpravidla vestavěn ve vyhodnocovacím ústroji. Přes všechny své výhody mají ovšem turbínkové průtokoměry řadu nedostatků. Jsou to na jedné straně potíže spojené s choulostivostí v důsledku toho, že ve snímači je pohyblivá součástka, na druhé straně jsou to potíže s nedostatečnou citlivostí při malých průtocích, kdy se nepříznivě uplatní zejména tření v ložiskách, ve kterých je rotor uložen. Právě toto uložení je obvykle také příčinou zmíněné choulostivosti: snadno se může poškodit při nárazech, rychle se opotřebuje, je-li snímač vystaven vibracím. Ložiska se mohou zadřít, dostanou-li se do nich například nečistoty obsažené v tekutině, jejíž průtok je měřen. Lze tomu odpomoci pečlivým utěsněním, avšak při tom se většinou nelze zase vyhnout zvětšenému třecímu momentu, který se pak projeví zhoršením, pokud jde o druhou nevýhodu: většími chybami měření při menších průtocích a případně až nemožností měření při průtocích velmi malých.

Nevýhody choulostivosti a citlivosti na vnější nepříznivé vlivy lze odstranit čistě fluidickým provedením snímačů, například známým uspořádáním, u kterého je použit proudový zesilovač bez pohyblivých součástek opatřený zpětnou vazbou. Ta způsobí, že se zesilovač dostane do trvalých oscilací. Frekvence těchto generovaných oscilací je ve velkém rozsahu přímo úměrná rychlosti průtoku a lze tedy snímač kalibrovat tak, aby frekvence přímo odpovídala průtočnému objemu procházejícího snímače.

Je známa celá řada takových uspořádání využívajících aerodynamicky generované oscilace: například kromě zmíněného uspořádání zpětnovazebního oscilátoru s proudovým zesilovačem může jít o uspořádání využívající periodické odtrhávání vírů za obtékaným tělesem vloženým do kanálu nebo uspořádání využívající precese vírového jádra. V takovýchto uspořádáních není nic, co by se mohlo poškodit otřesy, nárazy, nečistotami v tekutině a dokonce ani vysokou teplotou. Obě dvě poslední jmenované vlastnosti ovšem vyžadují zhotovení z vhodného materiálu, odolného vůči abrasivním účinkům nebo teplotě. Tím se tedy daří odstranit první z nevýhod snímačů s pohyblivými součástkami. I zde však zůstává nevýhoda velkých chyb nebo dokonce nemožnosti měření při malých průtocích. Ta je zde ovšem způsobena jinými příčinami než třením, a to tím, že generovat oscilace aerodynamickými efekty je možné až při dostatečně velkých hodnotách Reynoldsových čísel. Je-li hodnota Reynoldsova čísla malá, například při malých rychlostech průtoku, jsou oscilace nepřevídné a při hodnotách ještě nižších pak docela zanikají.

Přitom případy, kdy je žádoucí přesné měření velmi malých průtoků, jsou v technice velmi časté. Typickým příkladem je měření množství paliva přiváděného do menších spalovacích zařízení nebo do spalovacích motorů středních a malých výkonů. V poslední době se vyskytují návrhy použít k měření takových malých průtoků značkovací metody. Ta spočívá v tom, že v určitém místě kanálku se v tekutině periodicky vytvářejí značky spočívající ve změně stavu tekutiny a v neměnné vzdálenosti od tohoto místa, dále ve směru průtoku se pak detekuje průchod takto vytvořených značek. V vyhodnocovacím ústrojí se pak zjišťuje rychlost tekutiny tím, že se měří doba, která uplyne mezi vytvořením značky a její detekcí. Tato doba je nepřímo úměrná rychlosti tekutiny a vzhledem k tomu, že rychlost je zase zjišťována v jednoznačně definovaném protěkaném průřezu kanálku, i nepřímo úměrná průtočnému objemu tekutiny. Tato značkovací metoda je zvláště vhodná pro digitální měření. V podstatě jde v tomto případě u vyhodnocovacího ústrojí o pouhé obrácení principu čítání, jímž se digitálně vyhodnocuje velikost průtoku u snímačů s rotující součástkou nebo snímačů s fluidickým oscilátorem. Zatímco tam byl načítáván proměnný počet pulsů generovaných v neměnném časovém úseku, který je definován pomocí stabilizovaného oscilátoru, zde naopak jsou načítávány pulsy generované stabilizovaným oscilátorem v proměnném časovém úseku daném dobou mezi vytvořením značky a její detekcí.

U dosud známých řešení jsou však stále potíže s vhodným značkováním. Nejjednodušší je vytvoření značky vstříknutím tekutiny o odlišné optické propustnosti, například neprůsvitné tekutiny, jde-li o měření průtoku tekutiny, která je průhledná a naopak. Detekce se pak provádí optickým detektorem, například s fototranzistorem. Je zřejmé hned řada nevýhod, které takové uspořádání má; je složité a choulostivé - zejména jeho optická část - a tedy nevhodné pro provozní použití a spíše jen k laboratorním aplikacím. Je u něj nutné doplňovat přidávanou kapalinu, takže nemůže pracovat po dlouhou dobu bez obsluhy a ovšem také ne vždy je přijatelné přidávat jinou kapalinu například do paliva v takovém množství, aby se změnil dostatečně výrazně jeho optické vlastnosti. Tato nevýhoda přidávání jiné tekutiny se vyskytuje i u jiných řešení, například

takových, kde se přidává tekutina, která mění elektrickou vodivost měřené tekutiny, takže detekci lze pak provádět jednoduchým elektrickým obvodem. Některá z navrhovaných uspořádání nejsou bez nebezpečí - například uspořádání, u kterého je přidávána jako značka radioaktivní tekutina. Ze všech známých návrhů nejvýhodnější je řešení s tepelnou značkou, která se vytvoří krátkodobým ohřevem protékající tekutiny tak, že napříč kanálku v místě značkování je napnut odporový drát, jímž periodicky prochází elektrický proud. Nevýhodou je však poměrně značná spotřeba energie na ohřívání a v řadě situací není považován ohřev - a zejména přímý ohřev elektrickým proudem - za přijatelný: je tomu tak například při zmíněném případě měření paliva, třeba benzínu přiváděného do spalovacího motoru.

Podstatou způsobu podle vynálezu k snímání průtoku tekutiny protékající kanálem, při kterém se v tekutině periodicky vytvářejí značky a v neměnné vzdálenosti od místa značkování se detekuje průchod značek, je, že jako značka se v tekutině vytvoří vír tangenciálním výtokem téže tekutiny a detekce se provádí tak, že se využívá tlakového rozdílu vytvořeného mezi dvojicí snímacích kanálků účinkem rotace viru.

Podle tohoto vynálezu je účelné, jestliže se k provádění tohoto způsobu použije zařízení tvořené nejméně jedním výtokovým otvorem orientovaným tak, že směr výtoku z něj je mimoběžný s místním směrem osy kanálu a napojeným prostřednictvím přírodního kanálku na zdroj průtokových pulsů a detektorem se dvěma tlakovými odběry vyvedenými z různých míst kanálu napojenými na tlakoměrné vyhodnocovací zařízení.

Dále je podle tohoto vynálezu účelné, jestliže do kanálu zasahují dvě trubičky, a sice trubička sondy a paralelně k ní umístěná další trubička sondy, které jsou spojeny s vyhodnocovacím ústrojem.

V jiném případě je podle tohoto vynálezu účelné, bude-li detektor pozostávat z vírové komůrky rotačně symetrického tvaru s přívodem tekutiny na obvodě a s výstupním otvorem v ose symetrie a dále s jedním vývodem vyústěným na obvodě vírové komory a druhým vývodem vyústěným za výstupním otvorem, kde zase oba vývody jsou spojeny s vyhodnocovacím ústrojem.

Na rozdíl od dosud běžných průtokových snímačů, jako jsou například snímače turbínkové, má uspořádání podle tohoto vynálezu tu výhodu, že neobsahuje žádné pohyblivé součástky, jejichž přítomnost by znamenala ohrožení přesnosti nebo dokonce vůbec funkční schopnosti při působících nepříznivých vlivech, jako je například vliv vibrací, nárazů, vysoké teploty nebo nečistot obsažených v měřené tekutině. Umožňuje číslíkové měření i při malých hodnotách průtoků, kdy turbínkové i oscilátorové fluidické snímače selhávají. Na rozdíl od dosud známých návrhů průtokových snímačů založených na principu značkování zde odpadá nutnost doplňování pomocné tekutiny a nejsou zde choulostivé například optické části, takže zařízení podle tohoto vynálezu je vhodné pro běžné provozní podmínky. Odpadá zde jakékoliv nebezpečí vznícení i při měření průtoku hořlavé tekutiny, neboť ve vlastním snímači se vůbec neprodukuje s elektrickým proudem.

Příklad provedení zařízení ke snímání průtoku tekutiny způsobem, který je předmětem tohoto vynálezu, je znázorněn na připojených výkresech, kde znázorňuje obr. 1, 2 a 3 jedno provedení, a to takové, u něhož má kanál, jímž prochází měřený průtok, vsu-

de konstantní kruhový průřez. Obr. 1 znázorňuje toto provedení v podélném řezu vedeném osou kanálu. Obr. 2 je příčný řez, kolmý k této ose, vedený v místě značkovacího ústrojí /obr. 1/; obr. 3 pak je rovněž příčný řez, vedený však v místě detektoru. Jde o uspořádání, u něhož je detektor tvořen sondou, jaká je v experimentální aerodynamice používána k měření rotační složky pohybu tekutiny. Na obr. 4 je pak jiné provedení, a to takové, u něhož se v detektoru využívá odstředivého zrychlení, které působí na tekutinu při její rotaci ve vírové komůrce, tedy podobně jako ve známých vírových fluidických prvcích, jako jsou vírové diody nebo vírové zesilovače. V tomto případě nemá kanál konstantní průřez a je tedy výrobně poněkud složitější. Na druhé straně však je u tohoto druhého ze znázorněných provedení možné předpokládat vyšší výkonové úrovně výstupního generovaného signálu, který je zpracováván ve vyhodnocovacím ústrojí.

Kanál 1 u provedení na obr. 1, 2 a 3 je tvořen úsekem potrubí, který je upraven jen tím, že v jednom místě je do jeho stěny vsazena tenčí trubička - přívodní kanálek 11 - a o něco dále ve směru proudění, ve vzdálenosti, která je na obr. 1 označena kótou 1, jsou vsazeny jiné dvě trubičky, první trubička sondy 21 a druhá trubička sondy 22. Všechny tři trubičky 11, 21, 22 jsou na svém konci, vyúsťující do kanálu 1, šikmo seřiznuty. První z těchto trubiček, přívodní kanálek 11, je napojena na zdroj průtokových pulsů. Jak je patrné z obr. 2, je přívodní kanálek 11 vsazen do kanálu 1 tak, že při každém výtokovém pulsu je tekutina v kanálu 1 uvedena do rotace kolem osy souhlasící s osou kanálu 1. Rotující částice tekutiny jsou unášeny měřeným průtokem. Bude-li efektivní rychlost proudění tekutiny v kanálu 1 rovna w_e , pak vytvořený vír dospěje po době $t = l/w_e$ k detektoru 20. Způsob umístění obou trubiček v tomto detektoru 20 je patrný z obr. 3. Protože seřiznutá část trubiček 21, 22 je obrácena proti směru nabíhajícího proudění, zjistíme tlakoměrem napojeným na trubičku tlak, který je větší než hodnota tzv. "statického" tlaku v kanálu 1 v místě detektoru 20, a to je větší o dynamický přetlak závislý na druhé mocnině rychlosti tekutiny v místě ústí trubičky a také na sklonu vůči směru vektoru rychlosti v daném místě. Při čistě translačním pohybu tekutiny v kanálu 1 bez jakékoliv rotace je rychlost tekutiny v místě ústí první trubičky sondy 21 i v místě druhé trubičky sondy 22 stejná, což vyplývá z toho, že obě ústí jsou rozložena symetricky vůči ose kanálu 1 a hlavně jsou obě ústí stejně skloněna vůči směru pohybu nabíhající tekutiny. Jakmile je však výtokem z přívodního kanálu 11 krátkodobě vyvolána rotace ve směru hodinových ručiček, pak jakmile tento rotační pohyb urazí dráhu 1, bude v první trubičce sondy 21 nižší tlak než ve druhé trubičce sondy 22. Vyplývá to z toho, že směr vektoru rychlosti tekutiny v místě ústí druhé trubičky sondy 22 bude svírat menší úhel se směrem normály k rovině seřiznutí trubičky a naopak u první trubičky sondy 21 se tento úhel zvětší. Každému výtokovému pulsu z přívodního kanálu 11 odpovídá tedy např. o dobu Δt zpožděný tlakový rozdíl registrovaný tlakoměrem zapojeným mezi obě trubičky sondy 21, 22. Z hodnoty Δt lze pak vyhodnotit velikost protékajícího průtokového objemu oV zhruba jako

$$oV = F.l/\Delta t,$$

kde F je plocha příčného průřezu kanálu 1. Pro přesné měření je ovšem nutné provést kalibraci snímače srovnáním s jinou metodou měření průtoku a je třeba též jednoznačně definovat tlakové úrovně ve vývodech, od jejichž dosažení je čas měřen. Avšak tyto otázky vyhodnocování průtoku nejsou již předmětem tohoto vynálezu, neboť ten se týká pouze snímače průtoku a nikoliv k němu náležejícího vyhodnocovacího ústrojí.

V uspořádání, které je znázorněno na obr. 4 je použito stejné provedené značkovacího ústrojí 10 jako u uspořádání výše popisovaného. Také zde jsou v tekutině protékající kanálem 1 generovány víry rotující kolem osy souhlasné s osou kanálu 1, a to vždy opakovanými průtokovými pulsy vytékajícími z výtokového otvoru 12, který je orientován zcela stejně jako v obr. 2 tak, že z něj tekutina vytéká do kanálu 1 tangenciálně. Na obr. 4 je naznačen takový vír a, který je právě unášen měřeným průtokem. Snímač v tomto druhém provedení je určen k měření o něco větších průtoků. Jestliže přítomnost nemá být celková délka snímače příliš velká, je nepříznivé, že měřené časové úseky Δt jsou pak poměrně velmi krátké. Přesnost měření časových úseků s jednoduchými vyhodnocovacími obvody je ovšem větší, budou-li tyto úseky delší. Proto je jejich délka v tomto uspořádání zvětšena tím, že rychlost postupného pohybu se ve snímači zmenšuje. Dosažuje se toho tím, že průřez kanálu 1 se zvětšuje: kanál 1 je uspořádán jako difusor, v němž je průtok zpomalován. Na konci rozšiřující se, difusorové části je do kanálu 1 vloženo středové tělísko 27, držené na nekreslených jednoduchých vzpěrách tak, že se stěn kanálu 1 nedotýká. Dále ve směru proudění za středovým tělískem 27 se průřez kanálu 1 náhle zmenšuje. Prostor mezi zadní, obtokovou stranou středového tělíska 27 a zúžujícími se stěnami kanálu 1 má úlohu vírové komůrky 25. Do ní tekutina vtéká na obvodě, kolem středového tělíska 27, a vytéká z ní v místě největšího zúžení, které má úlohu výstupního otvoru. Odstředivý efekt ve vírové komůrce 25 je tím větší, čím větší je poměr vnějšího obvodu vírové komůrky 25 k průměru výstupního otvoru. Difusorové rozšíření kanálu 1 je tedy účelné nejen tím, že zpomaluje postupný pohyb tekutiny, ale i tím, že umožňuje dosáhnout větší hodnoty tohoto poměru. Současně je volen průměr výstupního otvoru menší, než je vnitřní průměr potrubí před snímačem i za ním. Pozvolné zvětšení průřezu za výstupním otvorem, bez velké hydraulické ztráty, umožňuje difusor 26. Výstupním signálem, kterým je indikována přítomnost víru v detektorové části snímače, je i zde opět tlakový rozdíl ve dvojici snímacích kanálků. V tomto případě jde o první vývod 23 vyústěný na obvodě vírové komůrky 25 a druhý vývod 24, v tomto případě vyústěný až za difusorem 26. Při translačním, bezrotačním průtoku snímačem mezi jednotlivými víry je tlakový rozdíl naměřený mezi prvním vývodem 23 a druhým vývodem 24 velmi malý. Tekutina je sice při průtoku vírovou komůrkou 25 urychlována s tím, jak se postupně zmenšuje průřez, kterým tekutina protéká - a vzrůst kinetické energie musí mít za následek pokles energie tlakové. Avšak díky difusoru 26 je ještě před dosažením druhého vývodu 24 tekutina opět zpomalena. Dochází jen k úbytku tlaku vlivem hydraulických ztrát, které při dobře navrženém a provedeném difusoru 26 mohou být velmi malé. Volbou průřezu mezi stěnami kanálu 1

a středovým tělískem 27 v místě vyústění prvního vývodu 23 je možné dosáhnout toho, že tlakový rozdíl mezi oběma vývody je prakticky nulový, popřípadě je přesně nulový při určité nominální hodnotě průtoku. Zato tlakový rozdíl mezi prvním vývodem 23 a druhým vývodem 24 prudce vzroste, dospěje-li do vírové komůrky 25 vír a. Tekutina ve vírové komůrce 25 může sice na obvodě vírové komůrky 25 přitom rotovat celkem nevelkou rychlostí. Rychlost rotace však prudce vzrůstá s postupem vírů k výstupnímu otvoru. Zkracuje se totiž rameno rotace a vzhledem k tomu, že /až na hydraulické ztráty v komůrce/ se moment hybnosti /točivost/ tekutiny zachovává, musí se zkracujícím se ramenem rotace vzrůstat rychlost rotačního pohybu. Tato rychlost nabývá blíže výstupního otvoru tak velkých hodnot, že odstředivě zrychlení tekutině brání v postupu do tohoto otvoru. Odstředivý účinek musí být překonáván tlakovým spádem, a ten se projeví jako tlakový rozdíl mezi prvním vývodem 23 a druhým vývodem 24.

Takto generovaný tlakový rozdíl lze obzvlášť výhodně vyhodnocovat vyhodnocovacím ústrojím, v němž jsou signály zpracovávány čistě fluidickými prvky bez pohyblivých součástí. Výhodné je také použití čistě fluidických prvků, například vírových uzavěrů nebo bistabilních proudových rozváděcích prvků, k vytváření průtokových pulsů přiváděných do přívodního kanálku 11. V takovém případě se pak i v ostatních částech průtokového měřidla - nejen ve snímači - lze obejít bez pohyblivých součástí. K napájení vyhodnocovacích obvodů, například oscilátoru, jehož pulsy jsou načítávány v průběhu měření délky časového úseku, lze pak využít přímo tekutiny, jejíž průtok je měřen.

Připojené výkresy ovšem ani zdaleka nemohou zachytit velké množství nejrozličnějších konstrukčních provedení, která se naskýtají. Tak zejména citlivost aerodynamických sond k měření rotační složky rychlosti pohybu tekutiny v detektoru 20 může

být, jak známo, zvýšena tím, že odběry tlaku jsou uspořádány nikoliv jednoduše jako šikmá seřiznutí trubiček /resp. kolmá seřiznutí trubiček šikmo umístěných/, ale jako otvůrky zhotovené v tělísku vloženém do průtoku - například tělísku válcovitého tvaru, kulového tvaru, tvaru křídélka /aerofoily/ a podobně. Je také možné například provést detektor 20 jako kombinaci obou znázorněných případů, když totiž je rychlost rotace nejprve zvětšena ve vírové komůrce 25 postupným zkracováním ramene rotace při průtoku, avšak namísto měření tlakového rozdílu mezi obvodem vírové komůrky 25 a výstupem z ní je za výstupní otvor zařazena aerodynamická sonda k měření rotační složky rychlosti pohybu. Naskýtá se také celá řada možností provedení značkovacího ústrojí. Namísto jediného výtokového otvoru 12 lze k vytvoření víru využít celé soustavy tangenciálních rozmištěných po obvodě kanálu 1; uspořádání je pak sice složitější, na druhé straně však lze, díky symetrii hybnostního působení, vystačit s menším příkonem ke generaci pulsu, resp. je možné zmenšit množství tangenciálně vystřikované tekutiny. Křivým případem uspořádání se symetricky rozdělenými výtokovými otvory 12 je provedení, u něhož je ve stěně kanálu 1 umístěna po celém obvodu soustava lopatek, přes kterou tekutina vytéká z komory umístěné koncentricky vně kanálu 1; lopatky jsou pak ovšem tvarovány tak, že jejich odtokové strany směřují do kanálu 1 tangenciálně.

Způsob a zařízení podle tohoto vynálezu lze využívat všude tam, kde je měřen průtok tekutiny, zejména v energetice a v chemickém průmyslu. Obzvlášť účelné je uplatnění v případech, kdy je požadován výstupní signál měřidla průtoku v číslicovém tvaru, a to zvláště tehdy, jde-li o nepřímé velké průtoky. Typickým příkladem uplatnění může být například měření průtoku paliva a tedy okamžité velikosti jeho spotřeby v motorových vozidlech.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob snímání průtoku tekutiny, procházející kanálem, kdy se v tekutině periodicky vytvářejí na určeném místě kanálu značky, spočívající ve změně stavu, které se na dalším místě detekují a ve vyhodnocujícím ústrojí se zjišťuje rychlost tekutiny, vyznačující se tím, že jako značky se v tekutině vytvoří vír tangenciálním výtokem téže tekutiny a detekuje se snímáním tlakového rozdílu, vznikajícího mezi dvojicí snímacích kanálků účinkem rotace víru.

2. Zařízení k provádění způsobu podle bodu 1, tvořené kanálem se snímacími výtokovými otvory, vyznačující se tím, že v kanálu 1/ je umístěno jednak značkovací ústrojí /10/, tvořené nejméně jedním výtokovým otvorem /12/ orientovaným tak, že směr výtoku z něj je mimoběžný s místním směrem osy kanálu 1/ a napojeným prostřednictvím přívodního kanálku /11/ na zdroj

průtokových pulsů a detektorem /20/ se dvěma tlakovými odběry vyvedenými z různých míst dutiny kanálu /1/ napojenými na tlakoměrné vyhodnocovací ústrojí.

3. Zařízení podle bodu 2, vyznačující se tím, že detektor /20/ je vytvořen dvěma trubičkami zasahujícími do kanálu /1/, a sice trubičkou sondy /21/ a paralelně k ní umístěnou druhou trubičkou sondy /22/, které jsou spojeny s vyhodnocovacím ústrojím.

4. Zařízení podle bodu 2, vyznačující se tím, že detektor /20/ pozůstává z vírové komůrky /25/ rotačně symetrického tvaru s přívodem tekutiny na obvodě a výstupním otvorem v ose symetrie, a dále ještě z prvního vývodu /23/ vyústěného na obvodě vírové komůrky /25/ a druhého vývodu /24/ vyústěného za výstupním otvorem, kde oba vývody /23, 24/ jsou spojeny s vyhodnocovacím ústrojím.

