



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU / 233 292

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 12 12 83
(21) (PV 9319-83)

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.³ G 01 F 1/66

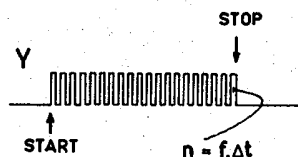
(40) Zveřejněno 17 07 84
(45) Vydáno 01 04 87

(75)

Autor vynálezu TESAR VÁCLAV ing. CSc., PRAHA

(54) Digitální průtokoměr

Vynález se týká digitálního průtokoměru. Do potrubí (1) je pomocí injekční trysky (3) připojena expanzní komůrka (2) s elektrofluidickým převodníkem, napojeným na zdroj elektrických impulsů, který je tvořen zapalovací soustavou (54) pro osobní automobily a zdroj elektrických impulsů je svým ovládacím vstupem napojen přes dělič (53) frekvence na oscilátor (51). Výstupní vývod oscilátoru (51) je veden přes hradlo (52) do výstupu (5) průtokoměru. Přívod ovládacích signálů hradla (52) je napojen přes spouštěcí obvod (55) na směrově citlivý snímač (4) proudění. Směrově citlivý snímač (4) proudění je tvořen vírovou komůrkou (41), opatřenou fluideolektrickým převodníkem, tvořeným snímacím termistorem (44) a referenčním termistorem (43). Vírová komůrka (41) je spojena s dutinou potrubí (1) komunikačním okénkem (42), umístěným ve směru průtoku (6) za injekční tryskou (3) na stěně potrubí (1).



Vynález se týká digitálního průtokoměru, to je zařízení k měření průtoku tekutiny potrubím a převodem této měřené hodnoty na číslicový výstupní signál.

Měření průtoku patří v současné průmyslové měřicí technice k vůbec nejčastěji se vyskytujícím úlohám. Dosavadní průtokoměry jsou však v naprosté většině provedeny tak, že generují úroveň, tak zvaný analogový signál. Ten pak musí být převáděn na signál v digitální podobě jaký je zejména potřebný, má-li být průtok v regulačním systému vyhodnocován a popřípadě ovládán mikroprocesorem - prostřednictvím analogově číslicového převodníku. Je to řešení drahé a choulostivé, vzhledem ke složitosti může snadno docházet k poruchám a proto se za všeobecně mnohem výhodnější považují novější převodníky generující signál zakódovaný ve frekvenci fluidicky generovaných pohybů nebo oscilací. Patří sem například známá vrtulková měřidla s elektrickým snímáním přeběhů jednotlivých listů vrtulky kolem pevného čidla. Nevýhodou ovšem je mechanická choulostivost vrtulky, nejistá a proměnná velikost tření a postupná ztráta přesnosti způsobená vyběháním uložení v němž se vrtulka otáčí. Vhodnější jsou čistě fluidické průtokoměry tvořené v podstatě fluidickým zesilovačem bez pohyblivých součástí se vstupem zapojeným zpětnovazební smyčkou na výstup, takže v něm dochází k samobuzeným oscilacím jejich frekvence závisí na procházejícím průtoku. I toto řešení má však řadu nevýhod, především obvykle značnou velikost hydraulických ztrát ve složitě tvarovaných dutinách oscilátoru. Také cena výroby složitých dutin bývá značná a k nevýhodám patří také malá odolnost proti pevným částicím neseným tekutinou, které se mnohdy ve skutečném provozu v tekutině vyskytují, například při rozvodu zemního plynu se někdy mluví o tom, že unášené částice zeminy strhávané tekutinou jsou v takové koncentraci, že lze až mluvit o sus-

pensi. Jakékoliv pevné části digitálních průtokoměrů libovolného dosavadního druhu, zasahující do protékaného potrubí, jsou abradivním účinkem těchto křemičitých částic záhy vyšlehány k nepoznání.

Problém je řešen digitálním průtokoměrem podle tohoto vynálezu, jehož podstatou je, že do potrubí je pomocí injekční trysky vyústěna expanzní komůrka s elektrofluidickým převodníkem napojeným na zdroj elektrických impulsů, který je například tvořen zapalovací soustavou pro osobní automobily a zdroj elektrických impulsů je svým ovládacím vstupem napojen přes dělič frekvence na oscilátor a výstupní vývod oscilátoru je veden přes hradlo do výstupu průtokoměru a přívod ovládacích signálů hradla je napojen například přes spouštěcí obvod na směrově citlivý snímač proudění, tvořený vírovou komůrkou, opatřenou fluidoelektrickým převodníkem tvořeným například snímacím termistorem a referenčním termistorem, přičemž vírová komůrka je spojena s dutinou potrubí komunikačním okénkem, umístěným ve směru průtoku za injekční tryskou na stěně potrubí.

Největší výhodou průtokoměru podle vynálezu je to, že do vlastního potrubí vůbec nezasahují žádné součástky, průřez potrubí není nijak omezen nebo zmenšen. Pouze ve dvou místech vyúsťují do potrubí malé otvory, ústí injekční trysky a komunikační okénko.

Přítomností průtokoměru tedy nevznikají vůbec žádné hydraulické ztráty, respektive ztráty jsou naprosto zanedbatelné ve srovnání s vrtulkovými měřidly nebo měřidly založenými na vyvolání oscilací v tekutině.

Nezanedbatelnou výhodou je i nízká cena, neboť expanzní komůrka s injekční tryskou a vírová komůrka jsou výrobně mimořádně jednoduché součástky, oproti potrubí jsou velmi malého rozměru. Dražší než tyto mechanické součástky je ovšem elektronická část, například oscilátor, dělič frekvence, generátor pulsů přiváděných do elektrofluidického převodníku v expanzní komůrce, hradlo a tak dále. Je ovšem nutné vidět, že ceny elektronických součástí vykazují velmi výrazný trend trvalého poklesu a již dnes jsou značně nízké. Nejde o nějak neobvyklé nebo

nestandardní obvody a většina z uvedených elektronických obvodů jsou běžné integrované obvody hromadně vyráběné. Mimořádná se může jevit nanejvýš výkonová část generátoru pulsů v expansní komůrce. Ukazuje se však, že základní úloha, přivedení krátkodobého proudového nebo napěťového pulsu, je shodná s úlohou, kterou řeší běžná tyristorová nebo transistorová zapalování pro osobní automobily a jeví se naprosto přijatelné a cenově pak jistě i výhodné použít tedy přímo standardně vyráběnou takovou zapalovací soustavu.

Významnou výhodou, spojenou s výše uvedenou skutečností, že do potrubí nezasahují žádné vystupující součásti je i vysoká odolnost průtokoměru podle tohoto vynálezu proti účinkům mechanických částic, například zrníček zeminy unášených tekutinou v potrubí. Nedecháží k nárazům částic na součástky a tedy ani k abrasivnímu opotřebení součástek. V zásadě nemusí funkci průtokoměru nijak ovlivnit ani to, vniknou-li injekční tryskou nebo komunikačním okénkem některé tyto částice do expansní komůrky nebo vířivé komůrky. Není však nijak obtížné umístit obě komůrky na horní straně potrubí tak, aby v klidovém stavu částice z těchto komůrek vypadly ven vlastní váhou.

Konečně volný průchod plným průřezem potrubí v průtokoměru podle tohoto vynálezu může být závažnou výhodou tam, kde mají potrubím procházet pevná tělesa. Dosavadní průtokoměry něco takového prakticky zcela vylučovaly. Požadavek tohoto druhu však může být zejména častý právě tam, kde procházející tekutina je znečištěna unášenými částicemi a je namístě pravidelné čištění vnitřku potrubí například protažením čistícího válcového kartáče.

Digitální průtokoměr podle vynálezu a jeho účinky jsou blíže popsány na příkladu jeho provedení s pomocí přiloženého výkresu, kde obr. 1 představuje blokové schéma digitálního průtokoměru podle vynálezu, obr. 2 představuje průběh rychlosti pohybu tekutiny detekovaný na snímači v digitálním průtokoměru podle vynálezu a obr. 3 představuje časový průběh výstupního signálu digitálního průtokoměru podle vynálezu.

Do potrubí 1, jímž prochází průtok 6, je pomocí injekční trysky 3 připojena expanzní komůrka 2 s elektrofluidickým převodníkem, napojeným na zdroj elektrických impulsů. Zdroj elektrických impulsů je s výhodou tvořen zapalovací soustavou 54 pro osobní automobily. Zdroj elektrických impulsů je svým ovládacím vstupem napojen přes dělič 53 frekvence na oscilátor 51. Výstupní vývod oscilátoru 51 je veden přes hradlo 52 do výstupu 5 průtokoměru. Přívod ovládacích signálů hradla 52 je napojen přes spouštěcí obvod 55 na směrově citlivý snímač 4 proudění, tvořený vírovou komůrkou 41, opatřenou fluidelektrickým převodníkem, tvořeným snímacím termistorem 44 a referenčním termistorem 43. Vírová komůrka 41 je spojena s dutinou potrubí 1 komunikačním okénkem 42, umístěným ve směru průtoku 6 za injekční tryskou 3 na stěně potrubí 1.

Tento průtokoměr pracuje tak, že do průtoku ⁶/procházejícího potrubím ¹/se injekční tryskou v pravidelných intervalech, určených frekvencí elektrického oscilátoru ⁵¹, vypouští krátkodobě vytékající tekutinový proud vytvořený expanzí tekutiny v expanzní komůrce ². Zatímco základní průtok potrubím ¹ je pouze axiální, injekční tryska ³ není axiálně směrována a vytváří tak v potrubí ¹ jistou tangenciální složku proudění. Proudění s tangenciální složkou, mající například charakter vírového prstence, je pak axiálním průtokem unášeno ke směrově citlivému snímači proudění. Ten je orientován tak, že nereaguje na axiální složku pohybu tekutiny v potrubí. Zato tangenciální složka vytvořená výtokem z injekční trysky ³ a donesená sem měřeným průtokem vyvolá ve snímači výstupní signál. Pulsy vytvářené oscilátorem ⁵¹ nejen v pravidelných intervalech, po snížení frekvence, ovládají výtek z expanzní komůrky ² ale současně jsou vedeny do výstupu průtokoměru. Procházejí přes hradlo ⁵² uzavírané signálem ze směrově citlivého snímače ⁴ proudění. Jakmile vírový prstenec dorazí k tomuto snímači, průchod pulsů z oscilátoru ⁵¹ na výstup se přeruší. Počet prošlých pulsů n závisí ovšem na třech faktorech: na frekvenci oscilátoru ⁵¹ na vzdálenosti mezi injekční tryskou ³ a snímačem ⁴ a konečně na velikosti průtoku a tím i rychlosti, s jakou je vírový prstenec unášen potrubím. Přibližně lze vyjádřit závislost mezi měřeným průtokem Q M /kg/s/ a počtem pulsů prošlých do výstupu

průtokoměru n vztahem

$$Q_M = \frac{F \cdot \underline{2} \cdot f}{v \cdot n}$$

233 292

kde $\underline{2}$ /m/ je axiální odlehlost snímače ^{injekční} od trysky, F /m²/ je průřez potrubí, f /Hz/ je frekvence oscilátoru a v /m³/kg/ je specifický objem protékající tekutiny. Skutečnou závislost, beroucí v úvahu různé sekundární vlivy jako je rozptyl hybnosti vírového prstence v okolní tekutině, nerovnoměrnost rozložení rychlosti proudění v průřezu potrubí atd., je ovšem účelné zjistit oceňováním přístroje. V zásadě však bude vždy platit, že ze zjištěného počtu pulsů, změřeného např. čítačem připejeným na výstup průtokoměru podle vynálezu, lze jednoznačně stanovit velikost procházejícího průtoku tekutiny, přičemž údaj je na výstupu k dispozici v digitální podobě, v hodnotě počtu prošlých pulsů.

Potrubí 1, jímž prochází průtok 6 je na obr. 1 znázorněno v perspektivním pohledu. V tomto případě ústí do potrubí 1 injekční tryska 3 tangenciálně. Dojde-li k expansi tekutiny v napojené expanzní komůrce 2, bude tekutina vytékat z injekční trysky 3 tak, že bude sledovat stěnu potrubí 1. Vyvolá se tedy na určitém úseku proudící tekutiny rotace kolem osy potrubí 1. Šroubovicová trajektorie rotující tekutiny je na obr. 1 nakreslena čárkovaně a sice již v určité vzdálenosti za ústím injekční trysky 3 ve směru průtoku 6. Ve vzdálenosti 2 od ústí injekční trysky 3 v tomto směru je umístěn směrově citlivý snímač 4 proudění. Ten do potrubí 1, jak je patrné, nezasahuje. Je s dutinou potrubí 1 propojen pouze komunikačním okénkem 42. Základní částí směrově citlivého snímače 4 proudění je vírová komůrka 41 nízkého válcového nebo obecně rotačně symetrického tvaru, kde osa rotační symetrie vírové komůrky 41 leží rovnoběžně s osou potrubí 1. Derazí-li vírový pohyb v potrubí 1, vyvolaný výtokem z injekční trysky 3 až ke komunikačnímu okénku 42, vyvolá se ve vírové komůrce 41 rotační proudění. Samotné axiální proudění v potrubí 1 takovou rotaci kolem osy vírové komůrky 41 vyvolat nemůže. Ve vírové komůrce 41 jsou umístěny referenční termistor 43 a snímací termistor 44. Předpokládá se, že oba jsou zapojeny na navazující elektrické obvody tak, že se jako signál uplatní rozdíl mezi napětovými spády vyvolanými ochlazením termistoru, trvale ohříva-

ných průchodem elektrického proudu. Nedechá-li ve vířivé komůrce 41 k rotaci, je teplota referenčního termistoru 43 a snímacího termistoru 44 ovšem prakticky stejná. I když bude mít tekutina protékající potrubím 1 nižší teplotu, neprojeví se toto ochlazení ve výstupu směrově citlivého snímače 4 proudění neboť se ochladí referenční termistor 43 a snímací termistor 44 současně a výsledný rozdílový signál bude nulový. Referenční termistor 43 má právě tento účel potlačit vliv takového ochlazení tekutiny nebo kolísání napájecího napětí, které by se jinak projevíly ve výstupním signálu snímače.

Elektronická část průtokoměru je na obr. 1 naznačena vpravo jednotlivými funkčními bloky. Základem je oscilátor 51, generující na svém výstupu sled pulsů s konstantní opakovací frekvencí f . Tento signál je veden jednak přes hradlo 52 do výstupu 5 průtokoměru, jednak je veden do děliče 53 frekvence odkud vystupují osamělé pulsy vždy až po době řádu několika sekund. K vyvolání výtoku z injekční trysky 3 je v tomto případě využito ohřátí tekutiny v expanzní komůrce 2 energií výboje mezi elektrodami běžné automobilové zapalovací svíčky. Mezi pulsy je energie akumulována v kondensátoru zapalovací soustavy 54, která je rovněž standardním výrobkem s původním určením pro zážehové motory osobních vozidel. Při každém pulsu přivedeném na vstup zapalovací soustavy 54 se současně přivádí signál START do hradla 52, které se tím otevře a propouští pak pulsy z oscilátoru 51 na výstup 5 průtokoměru. To trvá tak dlouho, než vytvořený vířivý pohyb dorazí ke směrově citlivému snímači 4 proudění a vyvolá rotaci ve vířivé komůrce 41. Diferenčním ochlazením referenčního termistoru 43 a snímacího termistoru 44 je pak totiž vyvolán signál STOP, který je rovněž zaveden do hradla 52 a způsobí přerušení dalšího postupu pulsů z oscilátoru 51 do výstupu 5 průtokoměru.

Na obr. 2 je zachycen časový průběh proudění ve vířivé komůrce 41 směrově citlivého snímače 4 pro různé případy vzdáleností 2 mezi ústím injekční trysky 3 a komunikačním okénkem 42. Projevuje se vliv difuze hybnosti vířivého pohybu. Kdyby bylo komunikační okénko 42 v nulové odlehlosti, dostal by se na snímacím termisto-

ru 44 téměř obdélníkový průběh napěťové změny, kopírující impulsní průběh výtoku z injekční trysky 3. Ve větší axiální odlehlosti 2₁ se však již amplituda proudění a tím i amplituda napěťové změny na snímacím termistoru 44 zmenší a zmenší se strmost náběžné i týlové strany časového průběhu. Tento charakter změny se ještě více projeví ve větší vzdálenosti 2₂ případně ještě větší 2₃. Chce-li dosáhnout větší přesnosti měření průtoku tím, že se volí větší odlehlost 2 /obr. 1/, zhoršuje se na druhé straně rozlišovací schopnost neboť u velmi plochého průběhu pro vzdálenost 2₄ lze již stěží hovořit o nějakém jednoznačném okamžiku v němž puls dorazí. V takovém případě není tedy hradlo 52 uzavíráno přímo signálem zavedeným z referenčního termistoru 43 a snímacího termistoru 44, ale ke generaci signálu STOP slouží spouštěvý obvod 55. Ten funguje tak, že v něm dojde k překlepení logické úrovně právě tehdy, dosáhne-li vstupní signál určité hodnoty p /obr. 2/. Na obr. 2 je naznačen časový úsek Δt , který uplyne právě od vyslání impulsového průtoku z injekční trysky 3 do okamžiku než spouštěcí obvod 55 překlepe; směrově citlivý snímač 4 proudění je přitom umístěn ve vzdálenosti 2₄.

Obr. 3 pak zachycuje odpovídající průběh napětí na výstupu 5 průtokoměru. V okamžiku, kdy dělič 53 frekvence generuje signál START, a dojde tedy hned na to ke generaci výtokového impulsu z injekční trysky 3, začínají na výstup 5 průtokoměru procházet pulsy vytvářené v oscilátoru 51. Doba pohybu tekutiny v potrubí 1, odpovídající době Δt do překlepení spouštěcího obvodu 55 je určena počtem pulsů n prošlých na výstup 5 průtokoměru před uzavřením hradla 52. Měřený průtok 6 je zde tedy nepřímo úměrný údajům na čítači připojeném k výstupu 5 průtokoměru. To se nepovažuje za nějakou nevýhodu neboť se nepředpokládá, že by průtokoměr podle vynálezu byl používán pouze v aplikacích kdy jde o prostou indikaci naměřených hodnot, ale především se očekává uplatnění, kdy generovaný signál bude dále zpracováván a využíván v napojených číslicových obvodech. Ovšem při použití k prosté indikaci by indikující čítač byl zapojen nikoliv k zjišťování počtu pulsů, ale ke zjišťování efektivní hodnoty periody frekvence počítané ovšem i z doby, kdy je hradlo 52 uzavřeno a pulsy oscilátoru 51

jím neprocházejí. Pak většímu počtu prošlých pulsů při menším průtoku odpovídá i kratší průměrná perioda a tedy nižší indikovaný číselný údaj.

Průtekeměr podle tohoto vynálezu není závislý na použití směrově citlivého snímače 4 proudění majícího ve vířivé komůrce 41 právě referenční termistor 43 a snímací termistor 44. Je tam možné využít i jiných forem fluidelektrického převodu. Například může vířivá komůrka 41 přiléhat k potrubí 1 komunikačním okénkem 42 nacházejícím se na boční nebo spodní straně potrubí 1 a v nejnižším místě vířivé komůrky 41 je pak neprůsvitná kulička přerušující světelný svazek ze zdroje, například svítivé diody. Jakmile ke komunikačnímu okénku 42 dorazí proudění s tangenciální složkou směru pohybu, vytvoří se také ve vířivé komůrce 41 indukované vířivé proudění, ale namísto toho, že by se tímto prouděním ochlazoval snímací termistor 44, vyvolá toto vířivé proudění výchylku kuličky z její dolní polohy. Tím se odkryje světelný svazek, který například dopadne na fotodiodu. Takovéto uspořádání je ovšem méně vhodné pro použití na dopravních prostředcích, například v automobilech neboť při jejich zrychlených pohybech by docházelo těž k vychýlení kuličky, na druhé straně je však výnosem, že pak může odpadnout spouštěcí obvod 55, k vychýlení kuličky a odpovídajícímu náhlému odkrytí světelného svazku dojde až při dosažení určité intenzity vířivého pohybu ve vířivé komůrce 41, takže vlastně již sám směrově citlivý snímač 4 proudění má spouštěvý charakter funkce.

Řadu variant uspořádání lze volit pro elektrofluidický převodník expansní komůrky 2. Kromě zmíněné možnosti využití energie uvolněné výbojem může v zásadě být využíván i ohřev působením velkého elektrického proudu náhle prošlého topnou spirálou napnutou napříč expansní komůrkou 2. Namísto transformace na vysoké napětí v zapalovací cívice u uspořádání se zapalovací svíčkou by v tomto případě byl použit naopak transformátor dávající na výstupu velký proud při poměrně velmi malém napětí. Alternativou, pracující ovšem s pohyblivými nebo deformovatelnými součástkami, což je méně příznivé pro dlouhodobou funkční spolehlivost, může být uspořádání s cívkou, přitahující při průchodu proudu pístek

zasahující do expanzní komůrky a vracený nazpět pružinou: namísto pístku může být elektromagnetem přitahováno ocelové víčko komůrky připejené k ostatním stěnám expanzní komůrky 2 vlnovcem. Dochází pak ke změně objemu expanzní komůrky 2 vlivem deformace vlnovce vyvolané elektromagnetickými. U měření průtoku hořlavé tekutiny, například zemního plynu, může být v uspořádání s ventilem, vpouštějícím vzduch z atmosféry, možné generovat velmi intenzivní pulsy malými výbuchy probíhajícími v expanzní komůrce 2. Právě proto, že se zajistí přivedení jen malého množství vzduchu, není jinak nebezpečí, že by vzplanula nebo vybuchla veškerá tekutina v potrubí 1. Protože se pak nemusí vystačit s pouze elektrickou energií, ale uvolní se energie chemická, je možné takovými miniaturními výbuchy uvést do pohybu s tangenciální složkou i mnohem větší procházející průtoky. Takové řešení by mohlo být účelné například při dopravě zemního plynu potrubími velmi velkých rozměrů.

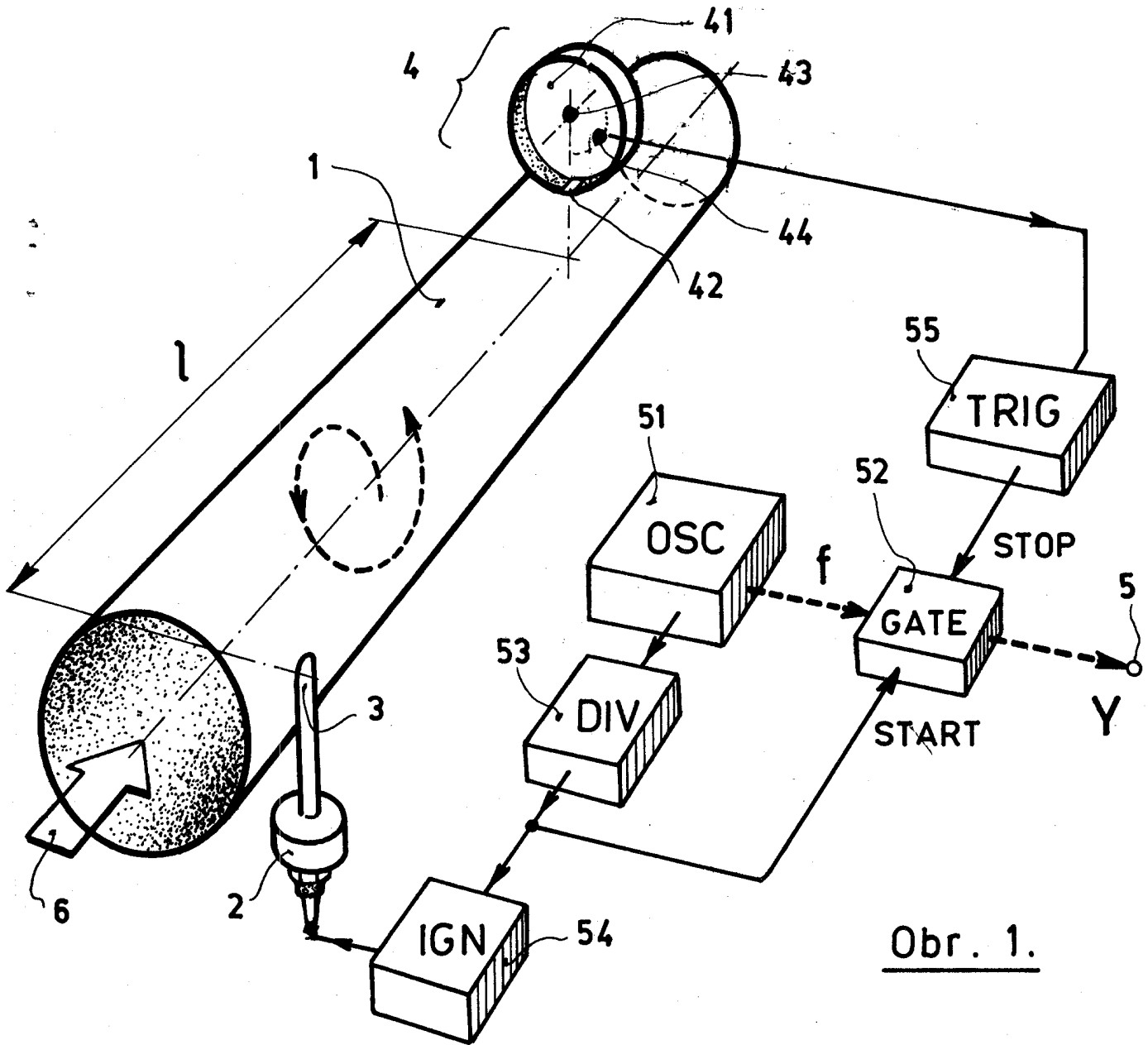
Předpokládá se, že digitální průtokoměr podle vynálezu najde uplatnění při praktických, průmyslových převozních měřeních průtoku tekutin, například v chemickém, potravinářském průmyslu nebo v energetice, a to zejména tam, kde jde o měření průtoku tekutiny značně znečištěné unášenými pevnými částicemi. Může ovšem být využit i například při měření průtoku chladicích tekutin, maziva nebo paliva u motorových vozidel a jiných dopravních prostředků.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

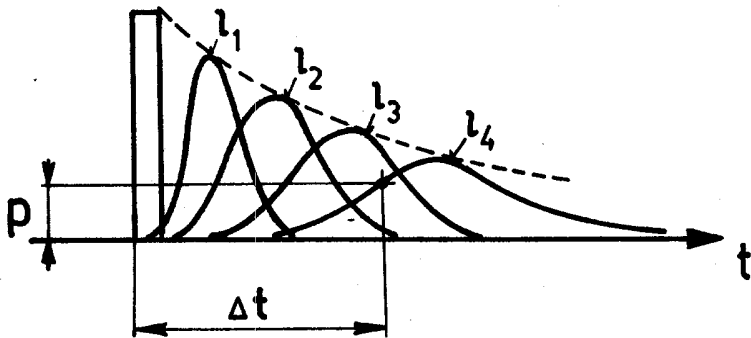
233 292

Digitální průtokoměr vyznačující se tím, že do potrubí /1/ je pomocí injekční trysky /3/ vyústěna expanzní komůrka /2/ s elektrofluidickým převodníkem, napojeným na zdroj elektrických impulsů, který je například tvořen zapalovací soustavou /54/ pro osobní automobily a zdroj elektrických impulsů je svým ovládacím vstupem napojen přes dělič /53/ frekvence na oscilátor /51/ a výstupní vývod oscilátoru /51/ je veden přes hradlo /52/ do výstupu /5/ průtokoměru a přívod ovládacích signálů hradla /52/ je napojen například přes spouštěcí obvod /55/ na směrově citlivý snímač /4/ proudění, tvořený vírovou komůrkou /41/, opatřenou fluideolektrickým převodníkem, tvořeným například snímacím termistorem /44/ a referenčním termistorem /43/, přičemž vírová komůrka /41/ je spojena s dutinou potrubí /1/ komunikačním okénkem /42/, umístěným ve směru průtoku /6/ za injekční tryskou /3/ na stěně potrubí /1/.

1 výkres



Obr. 1.



Obr. 2.

Obr. 3.

