



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

233 290

(11)

(B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 29. 11. 83
(21) (PV 8871-83)

(51) Int. Cl.³ G 01 L 9/02;
G 01 L 7/18

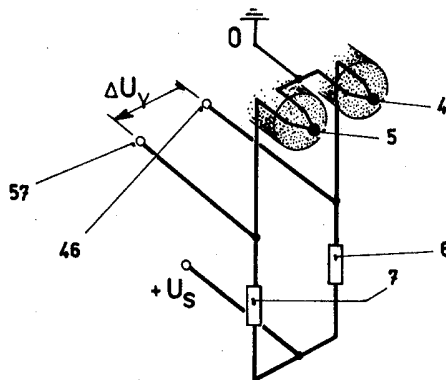
(40) Zveřejněno 17. 07. 84
(45) Vydáno 01. 04. 87

(75)

Autor vynálezu TESAR VÁCLAV ing. CSc., PRAHA

(54) Snímač měřidla obtékání stěny tekutinou

Vynález se týká snímače měřidla obtékání stěny tekutinou s vírovou komůrkou (3) vytvořenou pod povrchem (1) stěny a propojenou s prostorem nad povrchem (1) stěny komunikačním okénkem (2) umístěným na obvodu (31) vírové komůrky (3), která je uspořádána jako plochá, nízká válcová dutina s výškou nižší než průměr a její osa (301) rotační symetrie je rovnoběžná s povrchem (1) stěny. Ve vírové komůrce (3) je umístěn nejméně jeden termistor, například první termistor (4), jehož teplotně citlivá část je umístěna mezi osou (301) rotační symetrie vírové komůrky (3) a obvodem (31) vírové komůrky (3) a první termistor (4) je napojen na elektrické vyhodnocovací obvody, spojené s výstupem měřidla. Ve vírové komůrce (3) může být umístěn druhý termistor (5), jehož teplotně citlivá část leží v oblasti osy (301) rotační symetrie vírové komůrky (3). První termistor (4) je napojen svými vývody na elektrický napájecí zdroj spolu v sérii s ním zapojeným prvním pracovním resistorem (6) a druhý termistor (5) je zapojen na elektrický napájecí zdroj spolu se sériovým druhým pracovním resistorem (7), přičemž k elektrickému napájecímu zdroji jsou paralelně připojeny první termistor (4) a druhý termistor (5) i první pracovní resistor (6) a druhý pracovní resistor (7).



Vynález se týká snímače měřidla obtékání stěny tekutinou, jehož úkolem je zjišťovat, zda a jak je obtékána tekutinou určitá stěna, přičemž může jít o stanovení směru nebo charakteru obtékání, například zda jde o proudění laminární nebo turbulentní. Jde o taková zařízení, u nichž okolnosti, například ohled na energetické ztráty při obtékání nebo požadavek možnosti pohybu těles nad obtékaným povrchem zabraňují tomu, aby nad obtékanou stěnu vystupovala sonda k měření rychlosti a zmíněné zjišťování se provádí měřením tečného napětí v tekutině těsně u obtékané stěny. Předmět vynálezu se týká takových zařízení k měření tečného napětí, která mají generovat elektrický výstupní signál.

Úloha měření tečného napětí byla do nedávné doby převážně výlučnou záležitostí laboratorních experimentů v oboru aerodynamiky nebo hydrodynamiky. Bylo přitom typické, že použité snímače měly charakter laboratorních přístrojů, nevhodných pro upotřebení v provozu. Ukazuje se však, že s vhodným snímačem může být měřidlo obtékání stěny založené na vyhodnocování tečného napětí velmi vhodným vstupním členem řídicích systémů nebo systémů pro provozní diagnostiku funkce strojů za chodu. Měřením tečného napětí je možné získat například informace o tom, zda proudění vykazuje tendenci k separaci, to je odtržení od obtékané stěny, což jsou rozhodující informace pro řídicí systém ovládající průtek v difuserech, funkci lopatkových čerpadel nebo let letadel, neboť separace v difuzeru na lopatkách lopatkových strojů nebo na křídle letadla vede k nežádoucím a nebezpečným provozním stavům, jímž takový řídicí systém musí zabránit.

Dnes se měření tečného napětí při požadavku elektrického výstupního signálu provádí obvykle na principu tepelné analogie.

Na povrch stěny, která musí být z elektricky a obvykle i tepelně izolujícího materiálu, je vakuově napařen kovový film o nepatrné tloušťce, který se opatří kontakty a je pak odporově ohříván průchodem elektrického proudu. Obtékání tekutinou způsobuje odvod tepla z filmu, který je v souvislosti s hodnotou působícího tečného napětí v tekutině těsně u stěny. Změna tečného napětí tedy způsobí změnu teploty filmu a tím i změnu elektrického odporu mezi kontakty. Tato změna odporu se vyhodnocuje obvyklými prostředky nebo je film svými kontakty zapojen ve zpětnovazební smyčce servokompensátoru, v takovém zapojení je naopak teplota filmu udržována na konstantní hodnotě a výstupním signálem je pak velikost procházejícího elektrického proudu, který tuto stálou teplotu zajistí. Ochlazování ohříváného kovového filmu v zásadě způsobuje jen nepatrné změny odporu, řádu setin ohmu. Měření takto malých změn je mimořádně obtížnou úlohou, neboť se projeví rušivými vlivy, například změny kontaktních odporů ve spojích obvodů. Zejména jsou problémy s provedením přívodů, jimiž se do kovového filmu přivádí jím procházející elektrický proud. Film sám je mechanicky velice choulostivý, při převozních měřeních mimo laboratoř by snadno mohl dojít k jeho porušení, tedy i nepatrné porušení znamená ovšem změnu jeho odporu, při náhodném dotyku pevných těles. Ostatně měření mimo laboratoř je obtížné již tím, že k vyhodnocování malých odporových změn vyžaduje náročnou a drahou aparaturu. Při prevozu se snadno může stát, že se na film nalepí částice nečistot unášených tekutinou, což ovšem ihned vede ke zkreslení měřeného údaje, neboť se změní podmínky přestupu tepla z filmu. Jde-li například o organické nečistoty, například textilní prach a hmyz, může vzhledem k teplotě filmu dojít k jejich změknutí a přilepení k povrchu. Při laboratorních měřeních se může počítat s očištěním, převozní podmínky to však neumožňují. Problémy jsou ostatně již s tím, že analogie mezi sdílením tepla a tečným napětím, o níž se takový přístup opírá, je komplikovaná a vyžaduje dodržení určitých podmínek. Například při měření tekutin, jejichž složení se za prevozu mění nebo při měřeních během nichž se mění teplota tekutiny nebo stěny vyžadují zvláštní měření poruchových vlivů a zavedení korekcí, což celou otázku dále ještě více komplikuje.

Podle autoreva dřívějšího návrhu byl problém řešen uspořádáním provozně použitelného snímače s kuličkou obíhající ve vírové komůrce. Toto řešení má ovšem nevýhody, které přináší použití pohyblivých součástí: údaj snímače se bude měnit podle polohy snímače v gravitačním poli nebo při zrychleném pohybu tělesa, na jehož stěně má být obtékání tekutinou měřeno. Také nelze zcela vyloučit možné zaseknutí nebo ulpění kuličky třeba účinkem nečistot, které se dostanou mezi kuličku a stěnu vírové komůrky. Vzhledem k netrvačnosti pohybu kuličky nelze takovým uspořádáním také měřit nestacionární proudění, ale pouze proudění ustálené.

Uvedené nedostatky odstraňuje snímač měřidla obtékání stěny podle vynálezu, který má rovněž vírovou komůrku vytvořenou pod povrchem stěny a propojenou s prostorem nad stěnou, kde proudí tekutina, prostřednictvím komunikačního okénka, zejména s komůrkou uspořádanou jako nízká válcová dutina s výškou menší než průměr, jejíž osa rotační symetrie je rovnoběžná s povrchem stěny. Podstata vynálezu spočívá v tom, že ve vírové komůrce je umístěn nejméně jeden termistor, například první termistor, jehož teplotně citlivá část je umístěna mezi osou rotační symetrie vírové komůrky a obvodem komůrky a první termistor je napojen na elektrické vyhodnocovací obvody, spojené s výstupem měřidla. Výhodné je uspořádání podle vynálezu, u kterého je ve vírové komůrce umístěn ještě druhý termistor, jehož teplotně citlivá část leží v oblasti osy rotační symetrie vírové komůrky. Výhodné je uspořádání se dvěma termistory, při němž je první termistor napojen svými vývody na elektrický napájecí zdroj spolu v serii s ním zapojeným prvním pracovním resistorem a druhý termistor je zapojen na elektrický napájecí zdroj spolu se seriovým druhým pracovním resistorem, přičemž k elektrickému napájecímu zdroji jsou paralelně připojeny první termistor a druhý termistor, i první pracovní resistor a druhý pracovní resistor.

Také snímač podle vynálezu je založen na měření změn elektrického odporu. Namísto choulostivého napařeného tenkého kovového filmu se však vyšetřují odporové změny v běžných, dostupných, hromadně vyráběných, levných termistorech. Ty jsou daleko citlivěj-

ší než kovový materiál a jsou mechanicky nesrovnatelně odolnější. Využívá se uspořádání s vířevou komůrkou, ve které jsou termistory umístěny, nevystupují nad povrch obtékaný tekutinou a nenarušují tedy proudění, například u snímače použitého k detekci přechodu mezní vrstvy do turbulence nebo k detekci tendence této vrstvy k odtržení jakékoliv i drobné součástky vystupující nad obtékaný povrch mohou vzhledem k nestabilitě proudění v těchto situacích vyvolat předčasný přechod nebo předčasné odtržení, jaké by nenastaly bez přítomnosti snímače nebo sondy vystupující nad povrch. U uspořádání podle vynálezu žádné takové nad povrch vystupující součástky nejsou, není zde ani nic, co by bylo překážkou pohybu nějakých součástek podél povrchu. Ve vířivé komůrce jsou termistory poměrně dobře chráněny před různými nepříznivými vlivy. Přitom na rozdíl od dříve známého snímače s vířevou komůrkou a kuličkou má snímač podle vynálezu výhody plynoucí z toho, že nemá žádné mechanické pohybující se součástky. Jsou také známy snímače tečného napětí s vířevou komůrkou, u nichž indukovaný vířivý pohyb v komůrce je detekován například piezometrickým čidlem. Ovšem při uvažovaném provozním použití jako vstupního členu diagnostického nebo řídicího systému má takové uspořádání nevýhodu, že ke generaci elektrického signálu pro centrální obvody takového systému jsou nezbytné pneumatickelektřické nebo obecně fluidelektřické převodníky. Výhodou uspořádání podle vynálezu naproti tomu je, že signál z termistorů je přímo k dispozici v žádeující elektrické formě, což znamená větší jednoduchost a z ní vyplývající větší spolehlivost a nižší cena.

Vynález a jeho účinky jsou blíže vysvětleny na popisu příkladu jeho provedení pomocí výkresu, na němž obr. 1 představuje v částečném řezu prostorový pohled na snímač měřidla obtékání stěny tekutinou podle vynálezu a obr. 2 představuje snímač měřidla obtékání stěny tekutinou podle vynálezu, opatřený dvěma termistory, včetně elektrického propojení termistorů.

Snímač měřidla obtékání stěny tekutinou podle vynálezu má vytvořenou vířevou komůrku 3 pod povrchem 1 stěny. Vířivá komůrka 3 je propojena s prostorem nad povrchem 1 stěny komunikačním

okénkem 2, umístěným na obvodu 31 vířivé komůrky 2, která je uspořádána například jako plechá, nízká válcová dutina s výškou nižší než průměr a je například umístěna tak, že její osa 301 rotační symetrie je rovnoběžná s povrchem 1 stěny. Ve vířivé komůrce 2 je umístěn nejméně jeden termistor, například první termistor 4, jehož teplotně citlivá část je umístěna mezi osou 301 rotační symetrie vířivé komůrky 2 a obvodem 31 vířivé komůrky 2 v oblasti napojení prvního termistoru 4 na elektrické vyhodnocovací obvody spojené s výstupem měřidla.

Ve vířivé komůrce 2 může být umístěn druhý termistor 5, jehož teplotně citlivá část leží v oblasti osy 301 rotační symetrie vířivé komůrky 2. Pak první termistor 4 je napojen svými vývody na elektrický napájecí zdroj spolu v sérii s ním zapojeným prvním pracovním resistorem 6 a druhý termistor 5 je zapojen na elektrický napájecí zdroj spolu se sériovým druhým pracovním resistorem 7. K elektrickému napájecímu zdroji jsou paralelně připojeny první termistor 4 a druhý termistor 5, i první pracovní resistor 6 a druhý pracovní resistor 7.

Snímač je použit v měřidle tečného napětí na obtékané stěně, které je částí řídicího systému ovládajícího proudění tekutiny. Hodnota tečného napětí se například podstatně, téměř skokem zvětšuje nastává-li v daném místě, kde je snímač umístěn, přechod do turbulence, a naopak tečné napětí klesá k nule, blíží-li se k danému místu poleha bedu odtržení. Také změna směru 10 proudění se projeví změnou výstupního signálu vzhledem k výrazné směrové citlivosti snímače. Snímač je vestavěn pod povrch 1 obtékané stěny. Jeho nejdůležitější částí je vířivá komůrka 2, na obrázku provedená jako nízká, plechá dutina válcového tvaru, orientovaná tak, že její osa (rotační symetrie) 301 je rovnoběžná s tečnou k povrchu 1 obtékané stěny v daném místě. Vířivá komůrka ³ je spojena s prostorem nad povrchem 1 obtékané stěny komunikačním okénkem 2, což je jednoduše výřez na obvodě vířivé komůrky 2. Má-li proudění směr 10 naznačený na obr. 1 šipkami, vytvoří se ve vířivé komůrce 2 indukované vířivé proudění 30: jde o rotační pohyb tekutiny kolem osy 301 v rotační symetrie. Na ose 301 rotač-

ní symetrie je ovšem rychlost tohoto pohybu nulová a zvětšuje se směrem k obvodu 31 vírové komůrky 3. V blízkosti obvodu 31 vírové komůrky 3 ovšem rychlost tohoto indukovaného vírového proudění 30 zase klesá s tím, jak je tekutina brzděna třením o obvodovou stěnu.

Je naznačeno uspořádání se dvěma termistery, prvním termisterem 4 a druhým termisterem 5. Přitom první termister 4 je určen k vlastní detekci intenzity indukovaného vírového proudění 30. Druhý termister 5 slouží ke kompenzaci různých parazitních vlivů, a tím umožňuje zvětšit citlivost snímače bez zatížení signálu chybovými složkami, jako je například změna odporu prvního termisteru vlivem změny složení tekutiny nebo změny teploty tekutiny ve vírové komůrce 3. Samozřejmě pro jednodušší aplikace, kde třeba nejde o měření velikosti působícího tečného napětí, ale pouze o detekci přítomnosti výrazných změn způsobených odtržením proudění, by postačil termister jediný. Termistery jsou ovšem levné součástky a zvětšení ceny použitím dvou termisterů není nijak výrazné. První termister 4 je umístěn mezi osou 301 rotační symetrie vírové komůrky 3 a obvodem 31 vírové komůrky 3, tedy v místech, kde má indukované vírové proudění 30 největší rychlost a projevuje se nejvyšším ochlazovacím účinkem na první termister 4, mírně ohříváný průchodem elektrického proudu. Vzhledem k velké teplotní závislosti polovodičového materiálu, z něhož jsou termistery zhotoveny, může být zvýšení teploty oproti tekutině velmi nízké, půjde o tak nízkou teplotu, že nevyvolá měknutí a tím nalepování eventuálních organických částic, které by se při unášení tekutinou dostaly až do blízkosti termisteru. Nepředpokládá se ovšem, že by docházelo k nějakému hromadění nečistot ve vírové komůrce 3, neboť při rotaci tekutiny v ní působí na unášené částice odstředivé zrychlení, které má naopak tendenci vymrštít nečistoty ven komunikačním okénkem 2. Druhý termister 5 je umístěn na ose 301 rotační symetrie indukovaného vírového proudění 30, které se proto u něj teplotními změnami neprojeví.

První termister 4 a druhý termister 5 jsou zapojeny tak, že jako výstupní napěťový rozdíl 4 U_y na obr. 2 se projeví rozdíly

způsobené změnou teploty obou termistorů. Jak je naznačeno, je v použitém zapojení první termistor 4 i druhý termistor 5 jedním svým vývodem uzeměn, druhým je připojen na napájecí napětí U_S a sice první termistor 4 je připojen přes první pracovní resistor 6, kdežto druhý termistor 5 je tímto vývodem připojen na napájecí zdroj přes druhý pracovní resistor 7.

Pokles teploty termistoru, například prvního termistoru 4, způsobený ochlazením rychleji proudící tekutinou, se projeví poklesem jeho elektrického odporu. Spolu s prvním pracovním resistorem 6 ovšem první termistor 4 vytváří napěťový dělič a pokles jeho odporu ovšem vede k tomu, že napětí na první výstupní sverce 46 klesne. Druhý termistor 5 se ovšem nachází na ose 301 rotační symetrie a tedy v klidné tekutině, jeho odpor se nezmění a tak na druhé výstupní sverce 57 bude vyšší napětí než na první výstupní sverce 46. Dostává se tak určitá velikost výstupního napěťového rozdílu ΔU_Y .

Samotný první termistor 4 by ovšem reagoval změnou svého elektrického odporu i na změnu teploty tekutiny, i kdyby se detekované tečné napětí na povrchu obtékané stěny 1 nezměnilo. Zde se pak uplatní paralelně připojená druhá dvojice druhého termistoru 5 a druhého pracovního resistoru 7. Ohřátím prvního termistoru 4 a druhého termistoru 5, způsobeným zvýšením teploty tekutiny se totiž sníží napěťový potenciál první výstupní sverky 46 a druhé výstupní sverky 57 a v principu by nemělo dojít ani ke změně výstupního napěťového rozdílu ΔU_Y . Vzhledem k faktorům, jako je nelinearita charakteristik prvního termistoru 4 a druhého termistoru 5 sice k jisté nepatrné změně dojde, ale ta je zcela zanedbatelná ve srovnání s odezvou samotného jediného prvního termistoru 4.

Předpokládá se, že snímač reagující na tečné napětí na stěně způsobené při obtékání stěny tekutinou se může uplatnit jednak v aerodynamickém výzkumu, a to vzhledem k jeho odolnosti proti dosavadním známým snímačům zejména v průmyslovém výzkumu či při přepravních měřeních, jednak může nalézt uplatnění jako část mě-

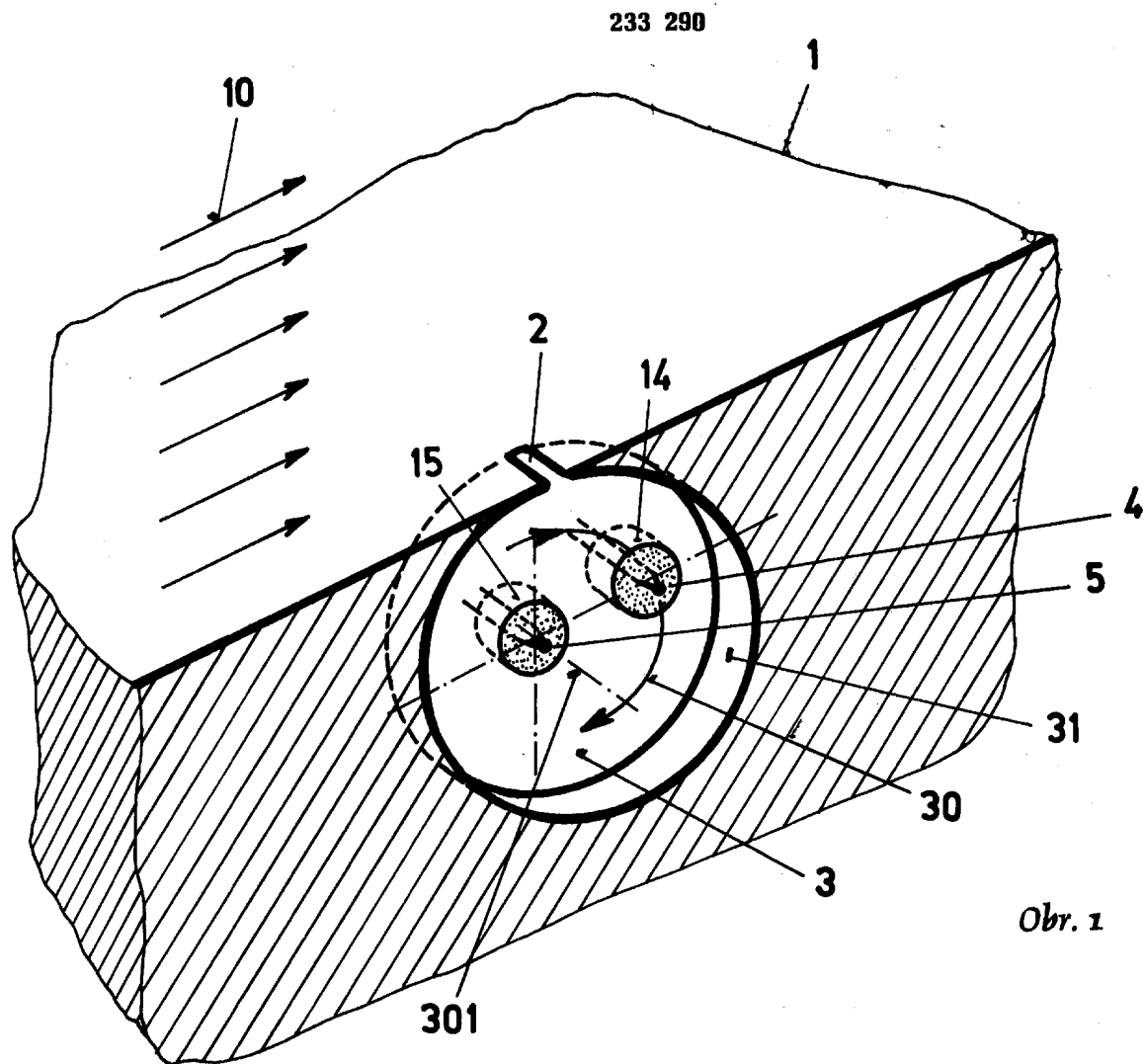
řidel průteků procházejících potrubím, přičemž je výhodou, že vzhledem k tomu, že nevyčnívá nad obtékaný povrch, vykazuje napsa přesto minimální tlakovou ztrátu, neporevnatelně menší než například průřezová měřidla průteku. Zejména se však předpokládá, že bude použit v měřidlech tveřišších vstupní členy mikreprecese- revých řidicích a diagnostických systémů pro měření poměrů na křídlech letadel, na lopatkách turbin nebo kompresorů, v difu- serech a podobně.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

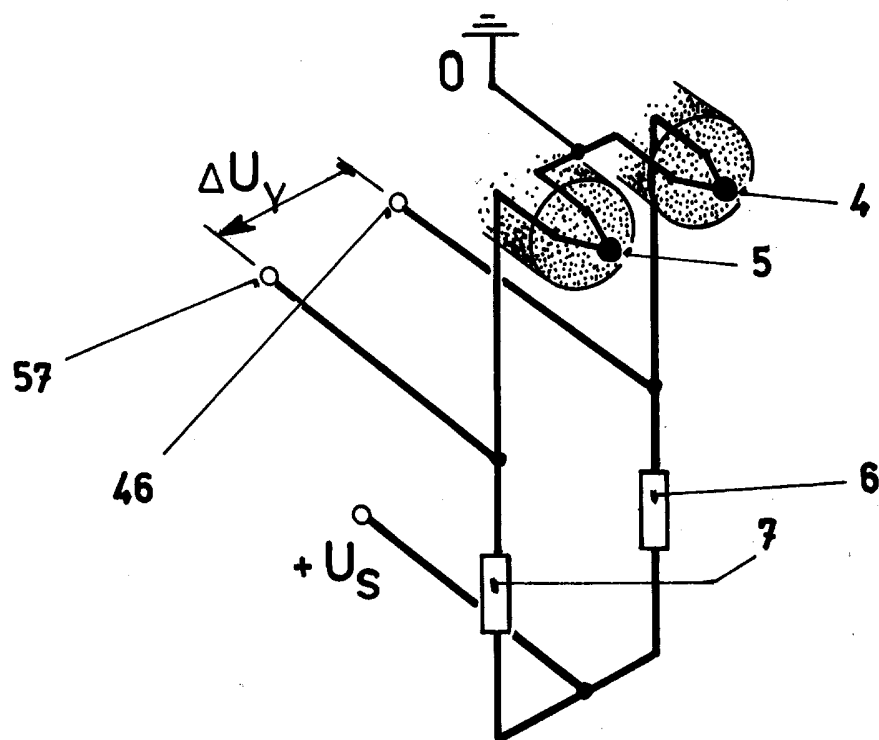
233 290

1. Snímač měřidla obtékání stěny tekutinou s vířevou komůrkou vytvořenou pod povrchem stěny a propojenou s přesterem nad povrchem stěny komunikačním okénkem umístěným na obvodu vířivé komůrky, která je uspořádána jako plochá, nízká válcová dutina s výškou nižší než průměr a její osa rotační symetrie je rovnoběžná s povrchem stěny, vyznačující se tím, že ve vířivé komůrce /3/ je umístěn nejméně jeden termistor, například první termistor /4/, jehož teplotně citlivá část je umístěna mezi osou /301/ rotační symetrie vířivé komůrky /3/ a obvodem /31/ vířivé komůrky /3/ a první termistor /4/ je napojen na elektrické vyhodnocovací obvody, spojené s výstupem měřidla.
2. Snímač podle bodu 1, vyznačující se tím, že ve vířivé komůrce /3/ je umístěn druhý termistor /5/, jehož teplotně citlivá část leží v oblasti (301/ osy) rotační symetrie vířivé komůrky /3/.
3. Snímač podle bodu 2, vyznačující se tím, že první termistor /4/ je napojen svými vývody na elektrický napájecí zdroj spolu v serii s ním zapojeným prvním pracovním resistorem /6/ a druhý termistor /5/ je zapojen na elektrický napájecí zdroj spolu se seriovým druhým pracovním resistorem /7/, přičemž k elektrickému napájecímu zdroji jsou paralelně připojeny první termistor /4/ a druhý termistor /5/ i první pracovní resistor /6/ a druhý pracovní resistor /7/.

1 výkres



Obr. 1



Obr. 2