

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

259078

(11) B₁

(51) Int. Cl.⁴

H 01 S 3/10,
G 01 P 5/20,
G 02 B 17/08,
G 02 B 27/00

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 27. 11. 86
(21) PV 8695-86.Z.

(40) Zveřejněno 15. 01. 88
(45) Vydáno 24. 04. 89

(75)
Autor vynálezu

PTÁČNÍK MICHAL ing., PRAHA

(54)

Způsob měření rychlosti, například proudící tekutiny,
pomocí laserového dopplerovského anemometru s korekcí
na šum

Řešení se týká způsobu měření rychlosti tekutiny pomocí laserového dopplerovského anemometru vyhodnocované pomocí počítačového procesoru v případech, kdy analyzovaný signál obsahuje šum. Podstatou řešení je doplnění měření o testovací měření, při kterém se pomocí simulovaného šumu získá šumová charakteristika přístrojů, pomocí které se korigují výsledky měření. Navržený způsob lze použít v laserové anemometrii všude tam, kde dochází ke zkreslení výsledků měření vlivem šumu.

Vynález se týká způsobu měření rychlosti, například proudící tekutiny, pomocí laserového dopplerovského anemometru.

Pro měření rychlosti proudící tekutiny se používá laserový dopplerovský anemometr. V měřicím bodě se utváří v průniku dvou koherentních laserových paprsků optická sonda, tvořená systémem vzájemně rovnoběžných interferenčních rovin, které mají od sebe vzájemně konstantní vzdálenost určenou vlnovou délkou světla a úhlem protínání jeho paprsků. Proměřovaným proudem tekutiny jsou unášeny hmotné částice různé velikosti, které procházejí optickou sondou. Každá částice, jejíž vektor rychlosti není rovnoběžný s interferenčními rovinami, při průchodu optickou sondou rozptyluje světlo, které je amplitudově modulováno frekvencí, závislou na vzájemné vzdálenosti interferenčních rovin a na velikosti průmětu vektoru rychlosti částice rovnoběžného s normálou interferenčních rovin. Toto rozptýlené světlo je snímáno optickou soustavou anemometru a přiváděno na fotodetektor, který je mění na elektrický signál. Změřením frekvence tohoto signálu lze zjistit velikost průměru vektoru rychlosti částice rovnoběžného s normálou interferenčních rovin optické sondy. Protože rychlosti částic, unášených tekutinou, se v podstatě neliší od rychlosti tekutiny, lze takto měřenou rychlost pokládat za rychlost tekutiny. Za výsledek měření se pak obvykle považuje výsledek vyhodnocení realizací mnoha set až tisíc takto získaných údajů.

Vyhodnocování se dosud provádí pomocí statistických momentů. Vyhodnotí se aritmetický průměr, směrodatná odchylka, případně další centrované momenty. Veškerá nasbíraná data se zpracovávají jako rovnocenné hodnoty, případně se korigují na některé fyzikálně zdůvodnitelné systematické chyby, např. chybu rychlosti související se změnou měrného průtoku částic optickou sondou při změně rychlosti a jejich konstantní koncentraci v proudící tekutině. Intenzita užitečného signálu slábne s narůstající měřenou rychlostí. Tato vlastnost laserového dopplerovského anemometru společně s velkým nárůstem šumu vzniklým v důsledku odrazů od stěn, které se často vyskytují při reálném měření, velmi snižuje odstup signálu od šumu při aerodynamických měřeních transsonických proudění, zvláště při používání laserového dopplerovského anemometru se zpětným rozptylem, to je s optikou, která je uspořádána tak, aby

snímaný signál byl přijímán ze směru, odkud jsou vysílány laserové paprsky. Toto uspořádání je v některých praktických aplikacích jediné možné.

Dosavadní způsob měření střední hodnoty rychlosti tekutiny má zásadní nedostatek v tom, že do souboru zpracovávaných dat jsou zahrnuty i uvedené šumy, což vede ke značnému zkreslení výsledků měření, v některých případech až o desítky procent, takže metoda je pak v podmínkách nízkého odstupu signálu od šumu nepoužitelná.

Procesor laserového dopplerovského anemometru má ve své vstupní analogové jednotce filtrovou propust a regulovatelný zesilovač. I při relativně dobrých šumových poměrech jsou výsledky měření ovlivněny nastavením ovládacích prvků procesoru. Optimalizace nastavení těchto prvků je pak časově náročné a může vést i ke zkreslení výsledku o několik procent. Příčinou závislosti výsledku měření na nastavení přístroje je opět přítomnost šumu v signálu.

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob vyhodnocení měření rychlosti, například proudící tekutiny, pomocí laserového dopplerovského anemometru s korekcí na šum, obsahujícího vyhodnocovací řetězec s fotodetektorem, na který je připojen procesor signálu anemometru a analogové nebo digitální zařízení pro vyhodnocování histogramu měření podle vynálezu. Podstata vynálezu spočívá v tom, že při měření histogramu se zjistí úroveň šumu a nastavení jednotlivých přístrojů jako filtrů a zesilovačů, načež se při této úrovni šumu a nastavení přístrojů změří závislost četnosti měření na frekvenci udávané procesorem signálu tak, že na vstup procesoru se přivádí šum generovaný fotodetektorem o stejné úrovni, jakou měl šum při měření, čímž se získá šumová charakteristika vyhodnocovacího řetězce. Potom se pořadnice histogramu měření vynásobí převrácenou hodnotou pořadnic šumové charakteristiky, čímž se získá korigovaný histogram, ze kterého se vyeliminují hodnoty šumu vypuštěním hodnot s četností nižší, než je konstanta daná charakterem šumu a poměrem plochy histogramu měření a plochy pod šumovou charakteristikou. Tento eliminovaný histogram se statisticky vyhodnotí na počítači udávajícím střední hodnotu okamžité rychlosti neovlivněnou šumem.

Výhodou navrženého způsobu je zvýšení přesnosti měření

v zašuměném signálu o řád, snížení závislosti výsledků měření na nastavení přístroje a rozšíření použitelnosti laserového dopplerovského anemometru v aplikacích, kde je vysoké procento šumu v signálu.

Pomocí běžně používaných metod se naměří histogram měření. Během sběru dat pro tento histogram se na spektrálním analyzátoru, připojeném k analogovému výstupu procesoru, stanoví pro několik frekvencí špičková úroveň šumu. Současně se zaznamená i poloha ovládacích prvků. Sestaví se testovací měřicí řetězec, který tvoří fotonásobič použitý při měření histogramu osvětlený žárovkou s regulovatelnou intenzitou světla, čítačový procesor laserového dopplerovského anemometru připojený na fotonásobič, zařízení pro vyhodnocování histogramu a spektrální analyzátor. U všech ovládacích prvků měřicího řetězce se nastaví poloha, zaznamenaná při měření histogramu. Pomocí regulace intenzity světla žárovky se na monitorovacím spektrálním analyzátoru nastaví úroveň šumu tak, jak byla při měření. Úroveň šumu na kontrolních frekvencích proměřených během měření musí odpovídat nastavené úrovni simulovaného šumu. Z takto nastaveného testovacího měření se naměří histogram - šumová charakteristika. Histogram z měření se vynásobí převrácenou hodnotou šumové charakteristiky, a tím získáme korigovaný histogram. Z korigovaného histogramu se vyeliminují hodnoty šumu vypuštěním hodnot s četností nižší, než je konstanta daná charakterem šumu a poměrem plochy histogramu měření a plochy pod šumovou charakteristikou. Takto eliminovaný histogram se statisticky vyhodnotí na počítači, udávajícím střední hodnotu okamžité rychlosti neovlivněnou šumem.

Navrhovaný způsob je možno použít v laserové anemometrii všude, kde dochází ke zkreslení výsledků měření vlivem šumu.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Způsob měření rychlostí, například proudící tekutiny, pomocí laserového dopplerovského anemometru s korekcí na šum, obsahujícího vyhodnocovací řetězec s fotodetektorem, na který je připojen procesor signálu anemometru a analogové nebo digitální zařízení pro vyhodnocování histogramu měření, vyznačující se tím, že při měření histogramu se zajistí úroveň šumu a nastavení jednotlivých přístrojů jako filtrů a zesilovačů, načež se při této úrovni šumu a nastavení přístrojů změří závislost četnosti měření na frekvenci udávané procesorem signálu tak, že na vstup procesoru se přivádí šum generovaný fotodetektorem o stejné úrovni, jakou měl šum při měření, čímž se získá šumová charakteristika vyhodnocovacího řetězce, potom se pořadnice histogramu měření vynásobí převrácenou hodnotou pořadnic šumové charakteristiky, čímž se získá korigovaný histogram, ze kterého se vyeliminují hodnoty šumu vypuštěním hodnot s četností nižší, než je konstanta daná charakterem šumu a poměrem plochy histogramu měření a plochy pod šumovou charakteristikou a tento eliminovaný histogram se statisticky vyhodnotí na počítači udávajícím střední hodnotu okamžité rychlosti neovlivněnou šumem.