



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

232962

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³

G 02 B 17/08
G 06 F 11/08
G 01 W 1/10
H 01 S 3/101

(22) Přihlášeno 20 06 83
(21) (PV 4479-83)

(40) Zveřejněno 17 07 84

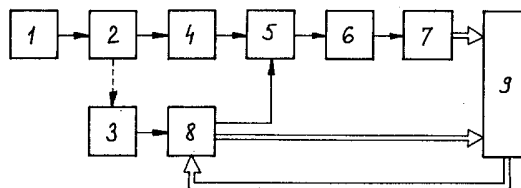
(45) Vydáno 15 07 86

(75)
Autor vynálezu

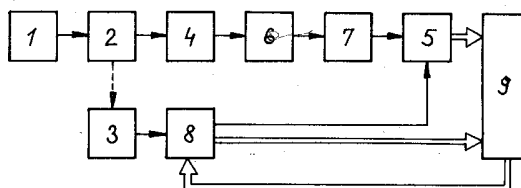
CIBULKA JOSEF ing., CSc., JELÍNEK RICHARD ing., KLABOCH LADISLAV ing.,
GARDAVSKÝ JIŘÍ RNDr. CSc., PRAHA

(54) Zapojení obvodů pro měření rychlostních profilů proudění tekutiny
u mechanických periodických soustav

Pro měření rychlostních profilů proudění mezi lopatkami kompresorů a turbín se používá laserový dopplerovský anemometr (LDA). Jeho vysílací část 1 vysílá dva vzájemně koherentní světelné paprsky, jejichž průnikem v měřicím bodu vzniká optická sonda 2, která se zaměřuje na roztečnou kružnici, po níž se pohybuje měřené místo zvolené v mezilopátkovém prostoru, představujícím mechanickou periodickou soustavu. Každá hmotná částice unášená proudící tekutinou rozptýlí při průchodu optickou sondou 2 světelné paprsky, měněné v přijímací části 4 LDA v elektrický signál, přiváděný přes soustavu filtrů 6 a procesor 7 LDA do počítače 9, který z elektrického signálu vyhodnotí rychlost proudění. Podle vynálezu se hradlem 5 propouští z měřeného místa jen signály vyvolené omezeným počtem částic. Synchronizační obvody 8, spojené s polohovým vstupem a polohovým výstupem počítače 9 a s výstupem snímače polohy 3 synchronizační značky, například hrany lopatky, stanovují začátek a konec měřeného místa ve vztahu k této značce.



OBR. 1



OBR. 2

Vynález se týká zapojení obvodů pro měření rychlostních profilů proudění tekutiny u mechanických periodických soustav pomocí laserového dopplerovského anemometru (LDA).

Měření rychlostních profilů proudění tekutiny je žádoucí při výzkumu a vývoji mechaniky proudění tekutin u mechanických soustav v celé řadě oblastí techniky. Typickým příkladem aplikace tohoto měření jsou lopatkové nebo pístové stroje a tryskové stavy, u nichž je třeba zajišťovat rychlostní profily proudění tekutiny, to jest závislost rozložení rychlosti proudění na prostorové nebo časové souřadnice, a to v opakujících se periodických cyklech. K měření se používají měřicí sondy, které se zavádějí do měřeného místa v proudě tekutiny.

Přednostně se pro měření používá laserový dopplerovský anemometr (LDA), jehož výhoda spočívá v tom, že se do měřeného místa nezavádí žádná hmotná měřicí sonda, která by proudění narušovala, nýbrž nehmotná optická sonda s měřicím bodem pro měření rychlosti proudění tekutiny v průniku dvou vzájemně koherentních světelných paprsků. V měřicím bodě se vytvoří systém vzájemně rovnoběžných interferenčních rovin, které mají od sebe konstantní vzdálenost určenou vlnovou délkou použitého světla a úhlem protínání jeho paprsků.

Proudem tekutiny jsou unášeny hmotné částice různé velikosti, které procházejí optickou sondou. Každá částice, jejíž vektor rychlosti není kolmý na normálu interferenčních rovin, při průchodu optickou sondou rozptyluje světlo, které je amplitudově modulováno frekvencí závislou na vzájemné vzdálenosti interferenčních rovin a na velikosti složky vektoru rychlosti částice rovnoběžné s normálou interferenčních rovin. Amplitudově modulané světlo, rozptýlené částicí, je snímáno optickou soustavou a přiváděno na fotodetektor, který je mění na elektrický signál. Změřením frekvence tohoto elektrického signálu lze usoudit na velikost složky vektoru rychlosti částice rovnoběžné s normálou.

Protože rychlost částice, unášené proudící tekutinou, se v podstatě neliší od rychlosti tekutiny, lze rychlost částice pokládat i za rychlost proudění tekutiny. Směr proudění tekutiny se zjišťuje natačením optické sondy do takové polohy, v níž je frekvence modulace rozptýleného světla, to jest dopplerovská frekvence, nejvyšší. V tom případě je směr normály interferenčních rovin shodný se směrem proudění tekutiny.

Při měření rychlostního profilu proudění tekutiny ve stanoveném místě, například mezi dvěma sousedními lopatkami lopatkového stroje, je nutno měření časově a tím i prostorově přiřadit k synchronizační značce, která je tvořena například průchodem každé lopatky optickou sondou.

Dosavadní zapojení pro měření rychlostních profilů proudění tekutin LDA registruje čas, který uplyne mezi časovou synchronizační značkou a každou jednotlivou realizací měření, představovaného průchodem každé vyhodnocené částice optickou sondou. Tím se měří současně všechny rychlosti proudění na dané roztečné kružnici procházející optickou sondou mezi dvěma lopatkami. Po statistickém zpracování těchto rychlostí se obdrží celý rychlostní profil proudění najednou.

Měření pomocí dosud známých zapojení je z několika hledisek nevýhodné. Nelze určit směr proudění v každém bodě rychlostního profilu. Zpracováváný elektrický signál nelze optimálně filtrovat a zesílit, protože je rozsah současně měřených rychlostí proudění veliký. Vzhledem k různému rozložení množství tekutiny v šíři rychlostního profilu a tím i k různému množství částic procházejících optickou sondou v určitém místě rychlostního profilu je statistické zpracování naměřených výsledků obtížné, protože různým místům šíře rychlostního profilu neodpovídá vždy stejné množství realizací měření. Zapojení jsou složitá a náročná na rozsah paměti počítače.

Rozborem nevýhod dosud známých zapojení se dospělo k závěru, že by bylo vhodné pouštět ke zpracování do počítače pouze data odpovídající časově ve vztahu k pevné synchronizační značce jen předem zvolenému měřenému místu rychlostního profilu proudění tekutiny.

Nevýhody dosud známých zapojení odstraňuje podle vynálezu zapojení obvodů pro měření rychlostních profilů proudění tekutiny u mechanických periodických soustav, sestávající z vysílací části laserového dopplerovského anemometru LDA, vysílající dva vzájemně koherentní světelné paprsky do měřicího bodu proudění tekutiny, v kterém je jejich vzájemným průnikem vytvořena optická sonda LDA, z níž světelné paprsky rozptýlené hmotnou částicí unášenou proudící tekutinou, jsou přiváděny na vstup přijímací části LDA, připojené výstupem přes soustavu filtrů a procesorem LDA na signálový vstup počítače, přičemž vztažný bod periodického děje proudění tekutiny v měřeném místě u mechanické periodické soustavy, představující synchronizační značku, je snímán snímačem polohy.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že výstup snímače polohy je připojen na vstup synchronizačních obvodů, jejichž hradlovací výstup je připojen na hradlovací vstup hradla, buď připojeného svým signálním vstupem na výstup přijímací části LDA a svým výstupem na vstup soustavy filtrů, nebo připojeného svým signálovým vstupem na výstup procesoru LDA a svým výstupem na signálový vstup počítače.

V alternativách provedení vynálezu je polohový výstup synchronizačních obvodů připojen na polohový vstup počítače, jehož výstup může být připojen na ovládací vstup synchronizačních obvodů, jejichž vnitřní zapojení řeší zbývající alternativa provedení vynálezu.

Výhodou zapojení obvodů podle vynálezu je, že zpracováváný elektrický signál lze optimálně filtrovat a zesílit v každém zvoleném měřeném místě rychlostního profilu proudění tekutiny, protože v tom případě je rozsah současně měřených rychlostí proudění malý. V každém měřeném místě rychlostního profilu lze zahrnout do statistického zpracování měřených výsledků stejné množství realizací měření. Použité elektronické obvody kladou podstatně menší nároky na rozsah paměti použitého počítače. V každém měřeném místě rychlostního profilu lze určit směr proudění tekutiny.

Zapojení obvodů podle vynálezu je znázorněno na výkresech, kde představuje obr. 1 základní blokové schéma přístrojového řetězce s umístěním hradla v jedné poloze, obr. 2 taktéž základní blokové schéma s umístěním hradla v jiné poloze, a obr. 3 blokové schéma vnitřního zapojení synchronizačních obvodů, představujících jeden přístroj ze základního blokového schématu.

Vysílací část 1 laserového dopplerovského anemometru (LDA), vysílá dva vzájemně koherentní světelné paprsky do měřicího bodu proudění tekutiny, v kterém je jejich vzájemným průnikem vytvořena optická sonda 2 LDA, z níž rozptýlené světelné paprsky jsou přiváděny na vstup přijímací části 4 LDA, připojené výstupem podle obr. 1 přes hradlo 5, soustavu filtrů 6 a procesorem 7 LDA na signálový vstup počítače 9. Vztažný bod periodického děje proudění tekutiny v měřeném místě u mechanické periodické soustavy, představující synchronizační značku, je snímán snímačem polohy 3, jehož výstup je připojen na vstup synchronizačních obvodů 8, jejichž hradlovací výstup je připojen na hradlovací vstup hradla 5. Polohový výstup synchronizačních obvodů 8 je připojen na polohový vstup počítače 9. Výstup počítače 9 je připojen na ovládací vstup synchronizačních obvodů 8.

V alternativě zapojení obvodů podle obr. 2 je hradlo 5 připojeno svým signálovým vstupem na výstup procesoru 7 LDA a svým výstupem na signálový vstup počítače 9. U synchronizačních obvodů 8 je výstup ze snímače polohy 3 připojen na první vstup fázově frekvenčního diskriminátoru 20, jehož výstup je přes regulátor fáze 21 připojen na vstup napěťově řízeného oscilátoru 22, jehož výstup je připojen jednak na vstup děličky 23, připojené svým výstupem na druhý vstup fázově frekvenčního diskriminátoru 20 a odbočkou na nulovací vstup polohového čítače 24, a jednak odbočkou na nulovací vstup polohového čítače 24,

a jednak odbočkou na vstup polohového čítače 24 a na první vstup šířkového čítače 25, spojeného svým výstupem přes logický obvod 26 s hradlovacím vstupem hradla 5. Výstup polohového čítače 24 je připojen na druhý vstup šířkového čítače 25. Výstup předvolby polohového čítače 24 a výstup předvolby šířkového čítače 25 jsou připojeny jakožto polohový výstup synchronizačních obvodů 8 na polohový vstup počítače 2. Výstup předvolby polohy počítače 2 je připojen na vstup předvolby polohového čítače 24 a na vstup předvolby šířkového čítače 25.

Vysílací část 1 laserového dopplerovského anemometru (LDA) vysílá dva vzájemně koherentní světelné paprsky do optické sondy 2, v níž při průchodu hmotné částice, unášené proudící tekutinou, se touto částicí rozptyluje amplitudově modulované světlo, které se v přijímací části 4 LDA mění na elektrický signál. Tento signál se vede na soustavu filtrů 6, které odstraní nežádoucí nízkofrekvenční složky a vysokofrekvenční šумы signálu. Filtrovaný signál je zpracováván v procesoru 7 LDA na digitální formu, vyjadřující frekvenci amplitudové modulace přijímaného rozptýleného světla. Signál v digitální formě se zpracovává statisticky v počítači 2, kde se získává aritmetická střední rychlost a korigovaná střední rychlost unášených hmotných částic, případně jejich další statistické parametry.

Snímačem polohy 3 je snímán průchod synchronizační značky, například hrany lopatky, nebo průchod jiné části mechanické soustavy danou polohou mechanické periodické soustavy, a tento průchod je měněn na elektrický signál synchronizační značky. Tento signál je přiváděn do fázového závěsu synchronizačních obvodů 8, tvořeného obvodů diskriminátoru 20, regulátoru 21, oscilátoru 22 a děličky 23. Ve fázové frekvenčním diskriminátoru 20 jsou porovnávány fáze signálu synchronizační značky se synchronizačním signálem děličky 23, úměrným okamžité frekvenci napětově řízeného oscilátoru 22. Odchylka fází obou signálů je filtrována a upravována regulátorem fáze 21, aby bylo dosaženo optimálního dynamického chování fázového závěsu.

Regulátorem fáze 21 upravený signál ovlivňuje výstupní frekvenci napětově řízeného oscilátoru 22, jehož výstupní pulsy jsou přiváděny na děličku 23 a současně odbočkou na polohový čítač 24 a šířkový čítač 25. Takto je frekvence napětově řízeného oscilátoru 22 udržována ve stále stejném poměru například 100:1 nebo $2^n:1$ k frekvenci signálu synchronizační značky.

Příchodem pulsu z děličky 23 na nulovací vstup polohového čítače 24 je polohový čítač 24 vynulován a začne počítat pulsy z napětově řízeného oscilátoru 22. Po dosažení předvoleného stavu, který určuje počátek měřeného intervalu vzhledem k synchronizační značce, se z výstupu polohového čítače 24 vyšle do šířkového čítače 25 puls, kterým se šířkový čítač 25 vynuluje a začne počítat pulsy přicházející z napětově řízeného oscilátoru 22. Současně se překlápí logický obvod 26, a tím otevře hradlo 5. Po dosažení předvoleného stavu, který určuje šířku měřeného intervalu, se výstupem šířkového čítače 25 překlápí zpět logický obvod 26 a tím se uzavře hradlo 5. Předvolbu čítání čítačů 24 a 25 lze provádět výstupem předvolby polohy počítače 2 nebo ručně přepínačem. Odečítání nastavené předvolby čítačů 24 a 25 lze provést polohovým vstupem počítače 2.

Hradlo 5 propouští signály přicházející z přijímací části 4 LDA jen po dobu svého otevření. Hradlo 5 lze zapojit buďto za přijímací část 4 LDA nebo za procesor 7 LDA. V obou případech propouští signály odpovídající průchodu hmotných částic optickou sondou 2 pouze v měřeném intervalu, jehož poloha a šíře vzhledem k synchronizační značce jsou předem zvoleny předvolbou čítačů 24 a 25. Při zapojení za přijímací část 4 LDA hradluje analogové signály, při zapojení za procesorem 7 LDA hradluje digitální signály. Vnitřní uspořádání hradla 5 je konkrétní alternativě zapojení přizpůsobeno.

Zapojení obvodů podle vynálezu je zejména určeno pro měření rychlostních profilů proudění v lopatkových strojích, například v kompresorech a turbínách leteckých motorů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zapojení obvodů pro měření rychlostních profilů proudění tekutiny u mechanických periodických soustav, sestávající z vysílací části laserového dopplerovského anemometru vysílající dva vzájemně koherentní světelné paprsky do měřicího bodu proudění tekutiny, v kterém je jejich vzájemným průnikem vytvořena optická sonda LDA, z níž světelné paprsky, rozptýlené hmotnou částicí unášenou proudící tekutinou, jsou přiváděny na vstup přijímací části LDA, připojené výstupem přes soustavu filtrů a procesor LDA na signálový vstup počítače, přičemž vztažený bod periodického děje proudění tekutiny v měřeném místě u mechanické periodické soustavy, představující synchronizační značku, je snímán snímačem polohy, vyznačené tím, že výstup snímače polohy (3) je připojen na vstup synchronizačních obvodů (8), jejichž hradlovací výstup je připojen na hradlovací vstup hradla (5), buď připojeného svým signálním vstupem na výstup přijímací části (4) LDA a svým výstupem na vstup soustavy filtrů (6), nebo připojeného svým signálovým vstupem na výstup procesoru (7) LDA a svým výstupem na signálový vstup počítače (9).

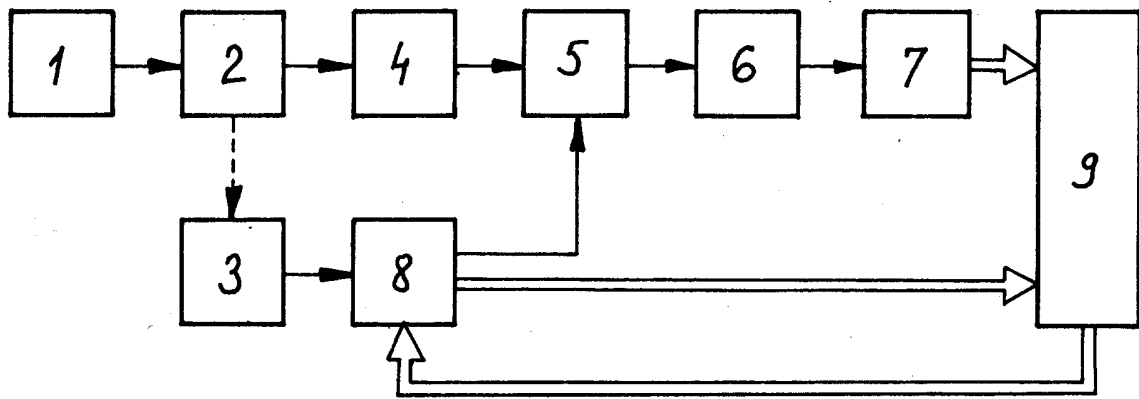
2. Zapojení obvodů podle bodu 1, vyznačené tím, že polohový výstup synchronizačních obvodů (8) je připojen na polohový vstup počítače (9).

3. Zapojení obvodů podle bodů 1 nebo 2, vyznačené tím, že výstup počítače (9) je připojen na ovládací vstup synchronizačních obvodů (8).

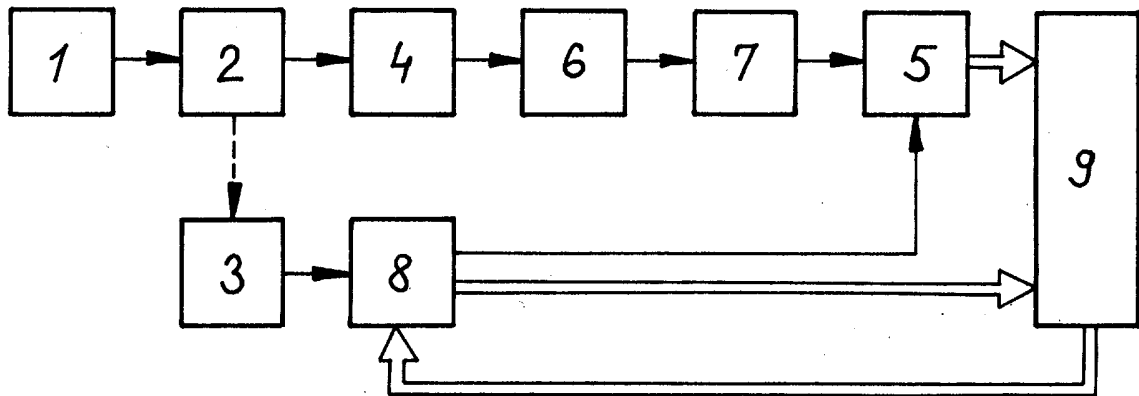
4. Zapojení obvodů podle bodů 1 až 3, vyznačené tím, že u synchronizačních obvodů (8) je výstup ze snímače polohy (3) připojen na první vstup fázově frekvenčního diskriminátoru (20), jehož výstup je přes regulátor fáze (21) připojen na vstup napěťově řízeného oscilátoru (22), jehož výstup je připojen jednak na vstup děličky (23), připojené svým výstupem na druhý vstup fázově frekvenčního diskriminátoru (20) a odbočkou na nulovací vstup polohového čítače (24), a jednak odbočkou na vstup polohového čítače (24) a na první vstup šířkového čítače (25), spojeného svým výstupem přes logický obvod (26) s hradlovacím vstupem hradla (5), přičemž výstup polohového čítače (24) je připojen na druhý vstup šířkového čítače (25).

5. Zapojení podle bodu 4, vyznačené tím, že výstup předvolby polohového čítače (24) a výstup předvolby šířkového čítače (25) jsou připojeny jakožto polohový výstup synchronizačních obvodů (8) na polohový vstup počítače (9).

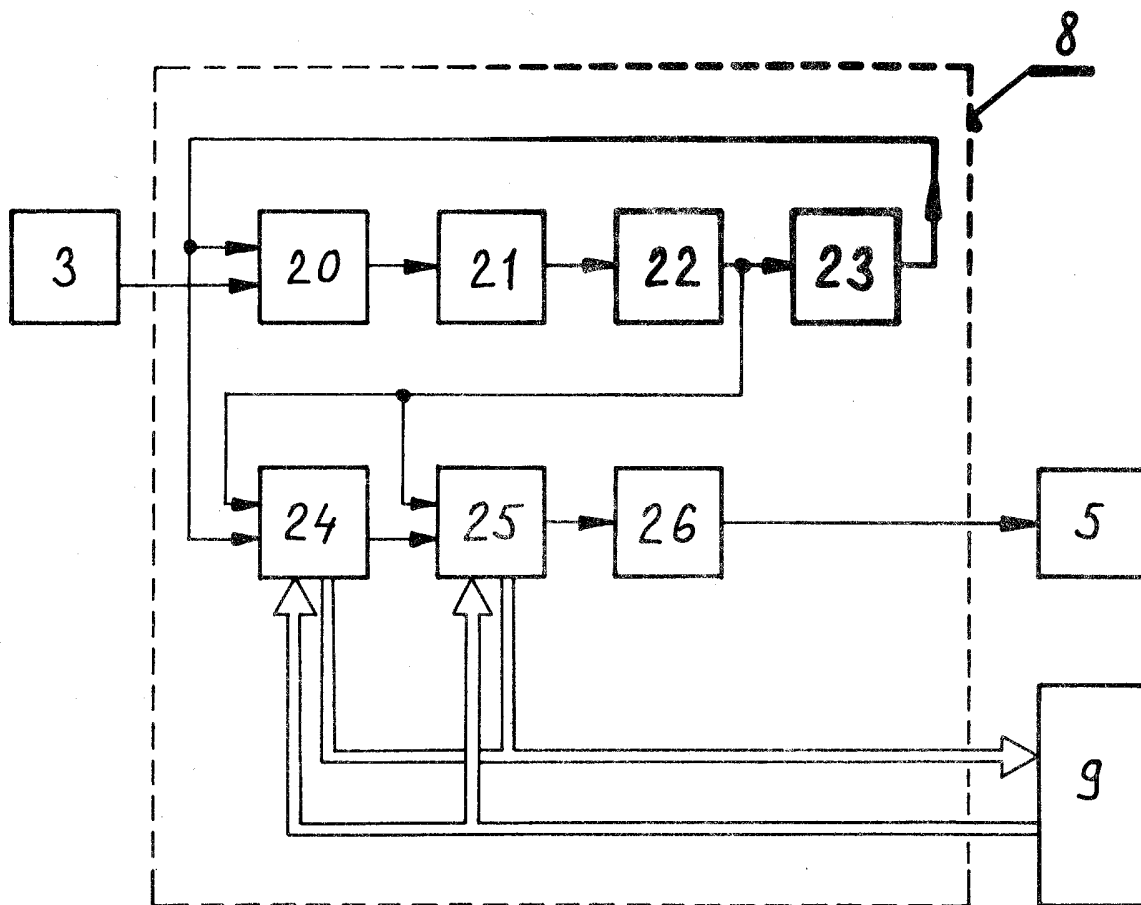
6. Zapojení podle bodů 4 a 5, vyznačené tím, že výstup předvolby polohy čítače (9) je připojen na vstup předvolby polohového čítače (24) a na vstup předvolby šířkového čítače (25).



OBR. 1



OBR. 2

*OBR. 3*