



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

247437

(11)

(B1)

(51) Int. Cl.⁴

G 01 P 5/16

(22) Přihlášeno 08 03 85

(21) PV 1629-85

(40) Zveřejněno 17 09 85

(45) Vydáno 15 10 87

(75)

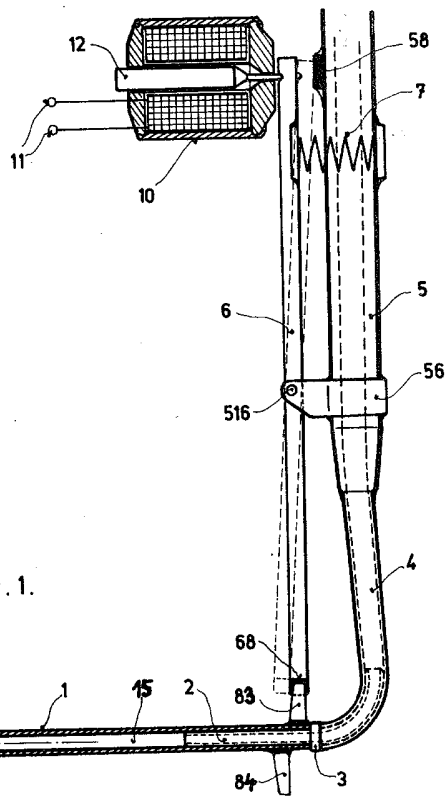
Autor vynálezu

TESAŘ VÁCLAV ing. CSc., PRAHA

(54) Směrová sonda pro vyšetřování rychlostních polí v proudících tekutinách

Směrová sonda pro vyšetřování rychlostních polí v proudících tekutinách, jejíž podstatnou částí je trubice (1) se zkoseným čelem (120) a osovým kanálkem (15) vyústěným v tomto čele (120) a napojeným na tlakový snámač, má trubici (1) uloženu otočně kolem osy procházející ústím kanálku (15) na čele (120) a je opatřena lopatkami pro vyvození momentu kolem osy otáčení účinkem proudící tekutiny. Lopatky, například první lopatka (83) a druhá lopatka (84), nebo první lopatka (83) se třetí lopatkou (85), vytvářejí nejméně jednu dvojici, u níž první lopatka (83) a druhá lopatka (84) a zejména jejich dorazové hrany (81), jsou po obvodu trubice (1) rozmístěny v úhlových polohách vzhledem k ose (14) otáčení navzájem vzdálených o $90 \pm 0,17$ radiánů. V dráze jejich rotačního pohybu kolem osy (14) otáčení je umístěn doraz (6), který je pohyblivě uložen a v jeho horní části z jedné strany od stopky (5) je připojena pružina (7), zatímco z druhé strany dorazu (6) je umístěn elektromagnet (10) s jádrem (12).

Směrová sonda pro vyšetřování rychlostních polí v proudících tekutinách je využitelná v aerodynamických laboratořích, například v leteckém výzkumu a při výzkumu a vývoji lopatkových strojů.



Obr. 1.

Vynález se týká směrové sondy k vyšetřování rozložení rychlostních polí v proudících tekutinách, a sice sondy určené ke zjištění lokálního směru, v němž tekutina proudí v určitém místě. Patří mezi dnes běžné sondy piezometrického typu, to jest takové, jež předvádějí zjišťované dynamické účinky proudění na tlakový signál, který je zpravidla již mimo sondu vyhodnocován snímačem tlaku. Dnes tento snímač nejčastěji generuje na svém výstupu elektrický signál, převáděný na digitální podobu a zpracováváný počítačem.

Pro zjišťování směru proudění jsou běžně používány víceotvorové sondy, jejichž typickým představitelem může být Conradova sonda z r. 1950. Ta byla podle původního Conradova návrhu prováděna jako klínové tělísko se snímacími otvory vyvrtanými v šikmých plochách klínu a trubičkami spojenými s tlakovými snímači. Snaha o miniaturizaci u těchto sond vedla postupně k redukci původního tělíska, takže dnes je taková sonda zpravidla zhotovována přímo ze dvou trubiček, zpravidla spolu spájených, jejichž čela s vyústěním kanálků jsou opracována do ploch šikmo skloněných vzhledem k ose sondy. U obou trubiček je tento sklon jinak orientován, takže obě plochy čel spolu svírají úhel odpovídající původnímu vrcholovému úhlu klínu.

Taková sonda je vhodná pro stanovení směru rychlosti ležícím v určité rovině. Sonda se umístí tak, že osy kanálků obou jejích trubiček leží v této rovině. Buď se pak sonda natáčí kolem osy kolmé k této rovině až se vyhledá poloha, v níž je nulový tlakový rozdíl mezi vývody z obou trubiček, což je poloha, kdy osa sondy právě souhlasí se směrem vektoru rychlosti proudění. Nebo sonda zůstává nehybná a cejchováním se pro známou velikost rychlosti pro ni stanoví kalibrační diagram závislosti výstupního rozdílu tlaků na úhlové odchylce mezi směrem proudění a osou sondy.

Pro měření obecného směru, nikoliv omezeného na určitou rovinu, se používá čtyřotvorová sonda pyramidální, jehlanová. Ta v podstatě představuje kombinaci dvou sond Conradova typu, měřících současně úhel odchylky směru osy sondy a směru vektoru rychlosti proudění ve dvou navzájem kolmých rovinách.

Víceotvorové sondy jsou nevýhodné v situacích, kdy má rychlostní pole velký příčný gradient rychlosti, například v úplavech za obtékanými tělesy. Ústí jednotlivých kanálků sondy mají nevyhnutelně určitou příčnou odlehlost, takže měří v místech s různou velikostí rychlosti. Tomu odpovídající výstupní tlakový rozdíl ovšem není rozlišitelný od rozdílu způsobeného zjišťovanou směrovou odchylkou, takže měření směru je nevyhnutelně zatíženo chybou, jež při značných příčných rychlostních gradientech může být nepříjemně velká.

Řešení bylo nalezeno podle autorova dřívějšího vynálezu v uspořádání s jedinou trubicí, která se účinkem proudící tekutiny uvádí do rotace kolem podélné osy sondy a postupně tak zaujímá polohy odpovídající polohám odběrů víceotvorové sondy. Prostorový rozdíl je podle tohoto vynálezu převeden na rozdíl časový. Potíží je v tom, že z rozměrových důvodů, ohledů na co možná miniaturní rozměry snímací části sondy, nepřichází v úvahu regulátor rychlosti rotace trubičky. Má-li být generace rotačního pohybu citlivá natolik, aby nastával výrazný rotační pohyb i při poměrně malé rychlosti proudění tekutiny, pak v situacích, kdy tekutina proudí vyšší rychlostí, bude také rotace velmi rychlá. Přenos rychle proměnných tlaků dlouhými úzkými kanálky vede ovšem k jejich příliš velkému zkreslení. Proto je u takové sondy nezbytné použití miniaturních tlakových snímačů umístěných co možná nejblíže snímací části sondy nebo přímo v této snímací části. U nás se snímače s dostatečně miniaturními rozměry nevyrábějí vůbec, ze zahraničí jsou obtížně dostupné a drahé. Kromě toho při miniaturních rozměrech je vždy obtížné zajistit přesnost, citlivost, dostatečný odstup signálu od šumu, teplotní nezávislost a dlouhodobou stálost vlastností.

Problém je řešen směrovou sondou pro vyšetřování rychlostních polí v proudících tekutinách, jejíž podstatnou částí je trubice se zkoseným čelem a osovým kanálkem vyústěným v tomto čele a napojeným na tlakový snímač, přičemž trubice je uložena otočně kolem osy procházející ústím kanálku na čele a je opatřena lopatkami pro vyvození momentu kolem osy otáčení účinkem proudící tekutiny podle vynálezu.

Jeho podstata spočívá v tom, že lopatky vytvářejí nejméně jednu dvojici, u níž lopatky a zejména jejich dorazové hrany, jsou po obvodu trubice rozmístěny v úhlových polohách vzhledem k ose otáčení navzájem posunutých o úhel $\pi \pm 0,1\pi$ radiánů, přičemž v dráze jejich rotačního pohybu kolem osy otáčení je umístěn doraz, který je pohyblivě uložen a v jeho horní části z jedné strany od stopky je připojena pružina, zatímco z druhé strany dorazu je umístěn elektromagnet s jádrem.

Dostáváme tak sondu s mimořádně příznivými vlastnostmi pro měření v oblastech s velkým příčným gradientem rychlosti, zejména v úplavech za lopatkami kompresorů a jiných lopatkových strojů, neboť u ní odpadá problém příčné vzdálenosti mezi jednotlivými ústími trubic; je zde pouze jediná trubice postupně natáčená do potřebných poloh, aniž by se přitom její prostorová poloha měnila, pouze její čelo postupně má různý sklon. Nejde však přitom o rychlou rotaci, neboť trubice se v jednotlivých polohách vždy zastaví a je dostatek času k vyrovnání tlaku i v relativně dlouhých vývodech do tlakového snímače. Ten tedy může být umístěn mimo vyšetřovaný objekt a nikoliv uvnitř sondy, jako u dosud známého řešení. Jeho vnější umístění znamená, že může pracovat v příznivějších podmínkách, například mimo vliv vibrací běžícího lopatkového stroje. Zejména však jeho konstrukce není omezena ohledy na miniaturizaci a jeho vlastnosti tak mohou být voleny s ohledem na dokonalost jeho funkce, takže takto lze dosáhnout mnohem větší citlivosti a tím i přesnosti měření směru proudění tekutiny. Sonda při těchto svých výhodách není nijak výrazně pracnější nebo výrobně náročnější než dnes běžné rychlostní sondy a také její prostorové nároky a další parametry jsou v zásadě srovnatelné s tím, co je běžné u dosud používaných například víceotvorových sond.

Vynález a jeho účinky jsou blíže vysvětleny v popise příkladu jeho provedení podle připojených dvou výkresů, zachycujících příklady uspořádání sond podle tohoto vynálezu. Nejde bezprostředně o konstrukční výkresy, ale spíše o schematická znázornění pro vysvětlení předmětu vynálezu.

Na obr. 1 je takto znázorněn příklad sondy sloužící k vyšetření směru rychlosti, jestliže tento směr leží ve známé rovině, například vyšetření úplavu za natolik štíhlou lopatkou, že není třeba brát v úvahu koncové vlivy a vyšetřování může být prováděno za předpokladu, že obtékání lopatky i úplav za ní jsou dvojrozměrné.

Obr. 2 ukazuje v detailu půdorysný pohled na nejdůležitější součástku sondy, trubici 1. Jiný pohled, ve směru osy 14 trubice 1, zachycuje obr. 3. Ten zejména zdůrazňuje, jak přidavné zařízení, umožňující natáčení trubice 1 do dvou opačných poloh nezvětšuje nijak zásadně čelní plochu sondy a tedy její aerodynamický odpor při obtékání.

Obr. 4 představuje jiný příklad provedení sondy podle tohoto vynálezu, lišící se především tím, že měří směr ve dvou vzájemně kolmých rovinách, tak jako víceotvorové sondy pyramidální. Přesto není nijak zvlášť složitější oproti uspořádání z obr. 1, alespoň pokud jde o vlastní snímací část, zasahující do vyšetřovaného proudění.

Místo, v němž sonda podle obr. 1 zjišťuje hledaný směr proudění je ústí trubice 1 na čele 120, zkoseném pod úhlem $\pi/4$ vzhledem k ose 14 otáčení. Předpokládá se, že sonda je uchycena v držáku tak, že se může natáčet kolem horizontály h, jež je k ose 14 otáčení kolmá, podle obr. 3 a prochází právě ústím trubice 1 na čele 120. Toto natáčení se provádí tak dlouho, až osa 14 otáčení souhlasí s lokálním směrem vektoru rychlosti tekutiny a provádí je podle signálů řídicího počítače elektromotorek přes převod ozubenými koly. Natáčecí ústrojí je opatřeno snímačem polohy a výsledkem měření je takový údaj úhlové polohy sondy na výstupu tohoto snímače, při němž je v kanálku 15 trubice 1 stejný tlak, i když trubice 1 rotuje kolem osy 14 otáčení.

Namísto trvalé rotace se postupuje tak, že se trubice 1 otočí střídavě do jedné ze dvou poloh navzájem se lišících o úhlovou polohu π radiánů, to je 180° . V každé této poloze funguje trubice 1 jako jedna z piezoelektrických trubic obvyklé Conradovy sondy. Odlišnost je

tedy v tom, že namísto dvou takových trubíc s odlišným sklonem čela 120 je zde trubice 1 jediná. Po každém jejím otočení kolem osy 14 je ovšem třeba vyčkat ustálení tlaku v přívodu do snímače tlaku, odečtení ustálené hodnoty, to je převodu na elektrický signál a případně uložení této hodnoty do operační paměti počítače, toto uložení ovšem trvá zanedbatelně krátký časový úsek. Po ukončení tohoto děje dá počítač signál k následujícímu otočení do druhé protilehlé polohy trubice 1 vzhledem k ose 14 otáčení.

Jde o binární signál, který je po zesílení zaveden do elektromagnetu 10. Následuje pak obdobné odečtení a uložení tlakové hodnoty. Z rozdílu dvou hodnot uložených po sobě do paměti počítače vyhodnotí další natočení sondy kolem horizontály h, načež se proces změření dvou tlakových hodnot opakuje; to vše trvá tak dlouho, dokud není nalezena poloha sondy, v níž se oba po sobě následující tlakové údaje neliší o více než je určitá přípustná chyba měření.

Trubice 1 je zhotovena z polotovaru trubičky z nerezavějící oceli pro injekční jehly o vnějším průměru 0,8 mm. Svým koncem protilehlým k čelu 120 je navléknuta s určitou vůlí na nosnou trubku 2; vůle je taková, že se trubice 1 na nosné trubce 2 může volně otáčet. Otáčení je usnadněno mazivem mezi oběma kontaktními povrchy. Mazivo současně zajišťuje utěsnění dutiny kanálku 15 proti okolí. Otáčení je vyvoláno momentem kolem osy otáčení 14, který vyvolávají lopatky; první lopatka 83 a druhá lopatka 84. Ty jsou upevněny tvrdým pájením, postačilo by také přilepení epoxidovou pryskyřicí na konec trubice 1 protilehlý čelu 120. Jsou vystřiženy z tenkého plechu a zkrouceny tak, aby na ně proudící tekutina nabíhala pod určitým úhlem náběhu, jak je dobře patrné z obr. 2, zachycujícím nakroucení první lopatky 83.

Obě lopatky, první lopatka 83 a druhá lopatka 84, nejsou ve stejné axiální odlehlosti od čela 120; druhá lopatka 84 je k čelu 120 blíže. Tekutina, působící na obtékané první lopatku 83 a druhou lopatku 84 a ovšem také na trubici 1 působí i axiální silou. To zachycuje opěrný kroužek 3 z bronzy, připájený na nosné trubce 2. Vpravo od opěrného kroužku 3 je nosná trubka 2 ohnuta společně s přechodovou trubkou 4, do jejíhož konce je zasunuta. Spoj nosné trubky 2 a přechodové trubky 4 je zajištěn pájením. Horní konec přechodové trubky 4 je zasunut a zapájen do stopky 5, již pokračuje dutina, spojující kanálek 15 s tlakovým snímačem.

Na stopku 5 je připájena objímka 56 z mosazného plechu, nesoucí čep 516, kolem něhož se otáčí doraz 6. Ten zde má tvar dvojramenné páky. Na jeho spodním konci je dosedací destička 68 z měkkého materiálu. V poloze nakreslené na obrázku zasahuje právě dosedací destička 68 do dráhy první lopatky 83 při její rotaci spolu s trubicí 1 kolem osy 14.

Obr. 1 také čárkovane naznačuje druhou polohu dorazu 6, kdy se jeho horní konec opírá o pružnou opěrku 58, připevněnou ke stopce 5. V této druhé poloze zasahuje svojí dosedací destičkou 68 doraz 6 do dráhy druhé lopatky 84 při její rotaci spolu s trubicí 1 kolem osy 14. Doraz 6 je z této druhé polohy odtlačován pružinou 7. Proti ní působí mosazná jehla na konci jádra 12 elektromagnetu 10. Jde o miniaturní elektromagnet upevněný také na stopce 5, spíše však ve větší vzdálenosti směrem vzhůru od trubice 1, než jak ji zaznačuje pouze schematicky obr. 1. Je totiž žádoucí, aby elektromagnet 10 s přece jen již většími rozměry byl mimo vyšetřované proudění. Zesílený elektrický binární signál, logická jednotka a logická nula, je zaváděn do přívodu 11 signálu představovaného konci vinutí elektromagnetu 10. První lopatka 83 i druhá lopatka 84 dosedají na dosedací destičku 68 dorazovou hranou 81.

Při adjustaci vyrobené sondy se přihrýbáním lopatek nastaví taková poloha dorazových hran 81, aby jejich úhlová vzdálenost vzhledem k ose 14 otáčení byla co možná nejpřesnější π radiánů a současně aby v nakreslené poloze, kdy se o dosedací destičku 68 opírá první lopatka 83, aby horizontála h právě procházela rovinou čela 120. Materiál dosedací destičky 68 je natolik poddajný, aby nedošlo k deformaci dorazové hrany 81 při jejím dosednutí i po prudkém pohybu kolem osy 14 otáčení, ale ovšem zase do té míry nepoddajný, aby požadovaná poloha trubice 1 vzhledem k horizontále h byla dostatečně přesně definována.

Funkce ústrojí zachyceného na obrázcích obr. 1, obr. 2 a obr. 3 spočívá v zajištění

řízeného přestavování sklonu roviny čela 120 trubice 1. Má-li binární signál přiváděný z řídicího počítače do přívodu signálu 11 úroveň logické nuly, vytlačí pružina 7, jak je na obr. 1 právě zachyceno, jádro 12 elektromagnetu 10 doleva. Dosedací destička 68 zasahuje do dráhy první lopatky 83 při její rotaci kolem osy 14 otáčením účinkem momentu, vyvozaného tekutinou při jejím obtékání první lopatky 83 a druhé lopatky 84. První lopatka 83 se tedy může účinkem tohoto momentu otáčet jen tak dlouho, dokud dorazová hrana 81 první lopatky 83 nedosedne na dosedací destičku 68. V této poloze se otáčení trubice 1 zastaví, moment na první lopatku 83 a druhou lopatku 84 ovšem působí dále a zajišťuje, že nedojde k další změně polohy trubice 1.

Je-li v této poloze tlak odměřen tlakovým snímačem, převeden na digitální signál a ten je zaznamenán v paměti řídicího počítače, dá počítač povel k otočení trubice 1 tím, že na přívod 11 signálu je zavedena logická jednička a elektromagnet 10 je zaktivován. Jeho pláštěm a oběma čely z magneticky měkké oceli prochází magnetický tok, uzavírající se přes jádro 12, ovšem přes mezeru, patrnou na pravém konci jádra 12. Na jádro 12 potom působí magnetická síla, jež jej přemístí proti tlaku pružiny 7. Mosazná jehla na konci jádra 12 přitom přesune doraz 6 do polohy, kdy jeho horní konec dosedá na pružnou opěrku 58. Její pružnost je jen ochranou proti přílišným rázům při dosednutí a odtud plynoucí možnosti postupného opotřebování.

Při tomto pootočení dorazu 6 kolem čepu 516 se jeho spodní konec s dosedací destičkou 68 vysmekne ze záběru s první lopatkou 83 a nastaví se do cesty druhé lopatky 84 při otáčení trubice 1 kolem osy 14 otáčením. Uvolněná trubice 1 je sice působením momentu vznikajícího při obtékání skloněné první lopatky 83 a druhé lopatky 84 uvedena do otáčivého pohybu kolem osy 14 otáčením, ovšem doraz 6 nastavený do dráhy druhé lopatky 84 umožní otočení právě jen o úhel φ radiánů.

Po uražení této úhlové dráhy dosedne dorazová hrana 81 podle obr. 3 druhé lopatky 84 na dosedací destičku 68 dorazu 6 a otáčení trubice 1 se zastaví, tentokrát v poloze, kdy čelo 120 trubice 1 směřuje šikmo vzhůru, na rozdíl od polohy znázorněné na obr. 1, kdy směřuje šikmo dolů. I v této poloze je trubice 1 je stále držena momentem vznikajícím při obtékání první lopatky 83 a druhé lopatky 84; ovšem jen tak dlouho, dokud trvá logická jednička jako signál v přívodu 11 signálu.

Je nepochybně výhodné, že vůbec o nic větší čelo 120 nemá sonda ani tehdy, má-li sloužit k vyšetřování prostorového proudění, jako je tomu u uspořádání znázorněném, opět spíše schematicky, na obr. 4. Zde je rozdíl v rozměrech vlastní snímací části sondy, tvořené jedinou trubicí 1, zvláště markantní proti pyramidální sondě, jež by musela být k témuž účelu použita podle dosavadního stavu techniky měření směru proudění tekutin. Ta by měla v ideálním případě nejtěsnějšího umístění svých čtyř trubic 2,414krát větší příčný rozměr než jediná trubice 1 sondy podle tohoto vynálezu.

V uspořádání podle obr. 4 má sonda zvláště malý příčný rozměr, její trubice 1 má průměr pouze 0,3 mm. Umožňuje tak měření směru proudění v úplavech i za těmi nejmenšími lopatkami lopatkových strojů, jaké dosud s takovou rozlišovací schopností vůbec nebylo realizovatelné.

Aby mohla být trubice 1 s tak malým rozměrem otočně uložena, jak to vyžaduje princip tohoto vynálezu, je na svém zadním konci, protilehlém čelu 120, rozšířena, a to tak, že trubice, sloužící jako polotovár, je zapájena do pouzdra většího průměru, tvořícího rozšíření 13. Vnitřní vývrt rozšíření 13 je teprve navléknut na čep, na němž se trubice 1 otáčí. Lopatky k vyvození momentu kolem osy otáčení účinkem proudící tekutiny jsou připevněny také až na toto rozšíření 13, což také umožňuje, že jsou vzhledem k ose otáčení na větším poloměru a vyvozený moment je tak větší. Jde tentokrát o čtyři lopatky: první lopatku 83, druhou lopatku 84, třetí lopatku 85 a čtvrtou lopatku 86. Jsou na rozšíření 13 rozmístěny tak, že jejich axiální vzdálenost od čela 120 se v pořadí, jak jsou zde vyjmenovány, postupně zvětšuje, nejmenší je tedy u první lopatky 83, největší u čtvrté lopatky 86.

Lopatky vytvářejí dvě dvojice; v každé dvojici jsou lopatky rozmístěny tak, že jejich úhlové polohy vzhledem k ose otáčení jsou navzájem vzdáleny o úhlovou vzdálenost π radiánů. Doraz 6 je tentokrát tvořen trojramennou pákou, opět otočnou kolem čepu 516 uchyceného v obímce 56, která je připevněna na stopce 5. Spodní konec dorazu 6 může zasahovat střídavě do dráhy otáčivého pohybu první lopatky 83, druhé lopatky 84, třetí lopatky 85 nebo čtvrté lopatky 86. Pružina 7 vypíná drátek 61, jehož spodní konec je upevněn v jednom z ramen dorazu 6. Horní konec drátku 61 je připevněn k úchytku 62, jejíž poloha na stopce 5 je nastavitelná. Tím se zastavuje záběr dorazu 6 do dráhy první lopatky 83, druhé lopatky 84, třetí lopatky 85 a čtvrté lopatky 86.

Namísto drátku 61 může také být použita například nylonová struna, která lépe snáší ohýbání, jemuž je vystavena v tělisku 160, ovšem postupně se vytahuje a její délka narůstá, potom je nutné, aby byla možnost nastavování záběru dorazu 6 změnou polohy úchytky 62. U oceľového drátku 61 nebo ještě lépe pásku je nastavení potřebné zpravidla jen při výrobě. Spodní rameno dorazu 6 je značně dlouhé a svým propružením by samo nezajišťovalo přesnou úhlovou polohu čela 120 trubice 1 při různých rychlostech proudění tekutiny, která na první lopatku 83, druhou lopatku 84, třetí lopatku 85 a čtvrtou lopatku 86 pak působí různě velkým momentem vzhledem k ose otáčení. Proto u tohoto provedení je spodní rameno dorazu 6 podepřeno opěrkou 36.

Ve své horní části, již mimo vyšetřované proudění, prochází drátek 61 tělískem 168, v němž jsou pod sebou dvě dutiny různé velikosti. Do horní, menší z nich, zasahuje selektorový píst 160, ve spodní se pohybuje píst 16 o větším rozměru. Píst 16 je tlačěn na obrázku směrem doleva pomocnou pružinou 17, napravo jej proti pomocné pružině 17 táhne silový účinek elektromagnetu 10, který pomocnou pružinu 17 přemůže, jakmile je do přívodu 11 signálu přivedena zesílená úroveň logická jednotka. Zcela podobně je silovými účinky selektorového elektromagnetu 100 a selektorové pomocné pružiny 170 přemisťován menší selektorový píst 160. Zasune-li se selektorový píst 160 zcela doleva dovnitř odpovídající dutiny v tělisku 168, ohne před ním procházející drátek 61 a tím zkrátí jeho vyčnívající délku. Podobně zasunutí pístu 16 v tělisku 168 doleva vede ke zkrácení vyčnívající délky drátu 61, avšak v tomto případě je zkrácení dvojnásobně velké vzhledem k většímu rozměru pístu 16.

Funkce ústrojí zachyceného na obr. 4 spočívá v zajištění řízeného přestavování sklonu roviny čela 120 trubice 1 tak, aby se postupně zaujaly polohy odpovídající sklonům ústí trubice pyramidální sondy. Předpokládá se opět funkce v režimu, kdy je celá sonda natáčena krokovými motorky podle signálů řídicího počítače do polohy, kde její osa otáčení trubice 1 souhlasí s lokálním směrem vektoru rychlosti proudění tekutiny. Nejprve se selektorovým elektromagnetem 100 nastaví taková délka vyčnívající části drátku 61 z těliska 168, při níž se zjišťuje směr proudění natáčením sondy buď podle vertikály, nebo podle horizontály. Najde se směr vektoru rychlosti v odpovídající horizontální nebo vertikální rovině a poté se selektor přestaví do druhé polohy a vyhledá se směr ve zbývající rovině.

Vezměme jako příklad postup, při němž se nejprve přivede do selektorového elektromagnetu 100 proud odpovídající logické jednotce, takže selektorový píst 160 je odtážen proti účinku selektorové pomocné pružiny 170 vpravo, což je právě poloha zachycená na obr. 4. Je-li potom přiveden do elektromagnetu 10 také signál odpovídající logické jednotce, což je také na obr. 4 zachycený stav, bude drátek 61 vyčnívat z těliska 160 v největší délce a doraz 6 je přestaven do nakreslené polohy, v níž zasahuje do dráhy rotačního pohybu čtvrté lopatky 86. Bude se tedy trubice 1 působením proudící tekutiny na první lopatku 83, druhou lopatku 84, třetí lopatku 85 a čtvrtou lopatku 86 otáčet tak dlouho, dokud čtvrtá lopatka 86 nenarazí na doraz 6, což je zřejmě poloha, ve které čelo 120 směřuje dozadu za náčrtu.

Zavedením signálu logická nula do elektromagnetu 10 přestaví pomocná pružina 17 píst 16 do levé krajní polohy, čímž se drátek 61 prohne a jeho vyčnívající délka pod tělískem 160 se zkrátí. Zkrácení je právě takové, že se dolní konec dorazu 6 přemístí do dráhy druhé lopatky 84. Čtvrtá lopatka 86 se současně uvolní a trubice 1 začne rotovat. Její rotace účinkem

momentu vyvozovaného tekutinou při obtékání první lopatky 83, druhé lopatky 84, třetí lopatky 85 a čtvrté lopatky 86 trvá však jen tak dlouho, dokud druhá lopatka 84 nenarazí na doraz 6. V této poloze se trubice 1 zastaví a je v ní přidržována stále působícím momentem generovaným při obtékání první lopatky 83, druhé lopatky 84, třetí lopatky 85 a čtvrté lopatky 86. Je to poloha, kdy čelo 120 směřuje šikmo dopředu před nákresnu.

Porovnáme-li ji s předtím zaujímanou polohou, je zřejmé, že při logické jednotce přivedené do selektorového elektromagnetu 100 je možné nalézt směr vektoru rychlosti proudění ve vodorovné, horizontální rovině, je-li sonda orientována tak, že stopka 5 směřuje vzhůru. Při určování tohoto směru v horizontální rovině je ovšem celá sonda natáčena kolem vertikály procházející čelem 120. Je-li směr určen, přivede se do selektorového elektromagnetu signál logická nula.

Selektorová pomocná pružina 170 přestaví selektorový píst 160 do krajní levé polohy. Tím se také zkrátí délka drátku 61 vyčnívající pod tělísko 168, avšak jen o rozdíl, při němž se dolní konec dorazu 6 přemístí doleva o rozměr odpovídající axiální vzdálenosti mezi dvěma sousedními lopatkami, například mezi čtvrtou lopatkou 86 a třetí lopatkou 85. Logická nula nebo logická jednička na přívodu signálu 11 potom přestavuje doraz 6 tak, že se o něj zastavuje buď první lopatka 83, nebo třetí lopatka 85. Trubice 1 se pak otáčí působením tekutiny na první lopatku 83, druhou lopatku 84, třetí lopatku 85 a čtvrtou lopatku 86 tak, že čelo 120 směřuje buď nahoru, nebo dolů. Vyhledáním polohy, v níž se u obou těchto stavů naměří stejný tlak v tlakovém snímači napojeném na sondu se pak najde směr vektoru rychlosti ve vertikální rovině, tedy rovině kolmé k horizontále, kolem které se při tomto hledání sonda natáčí.

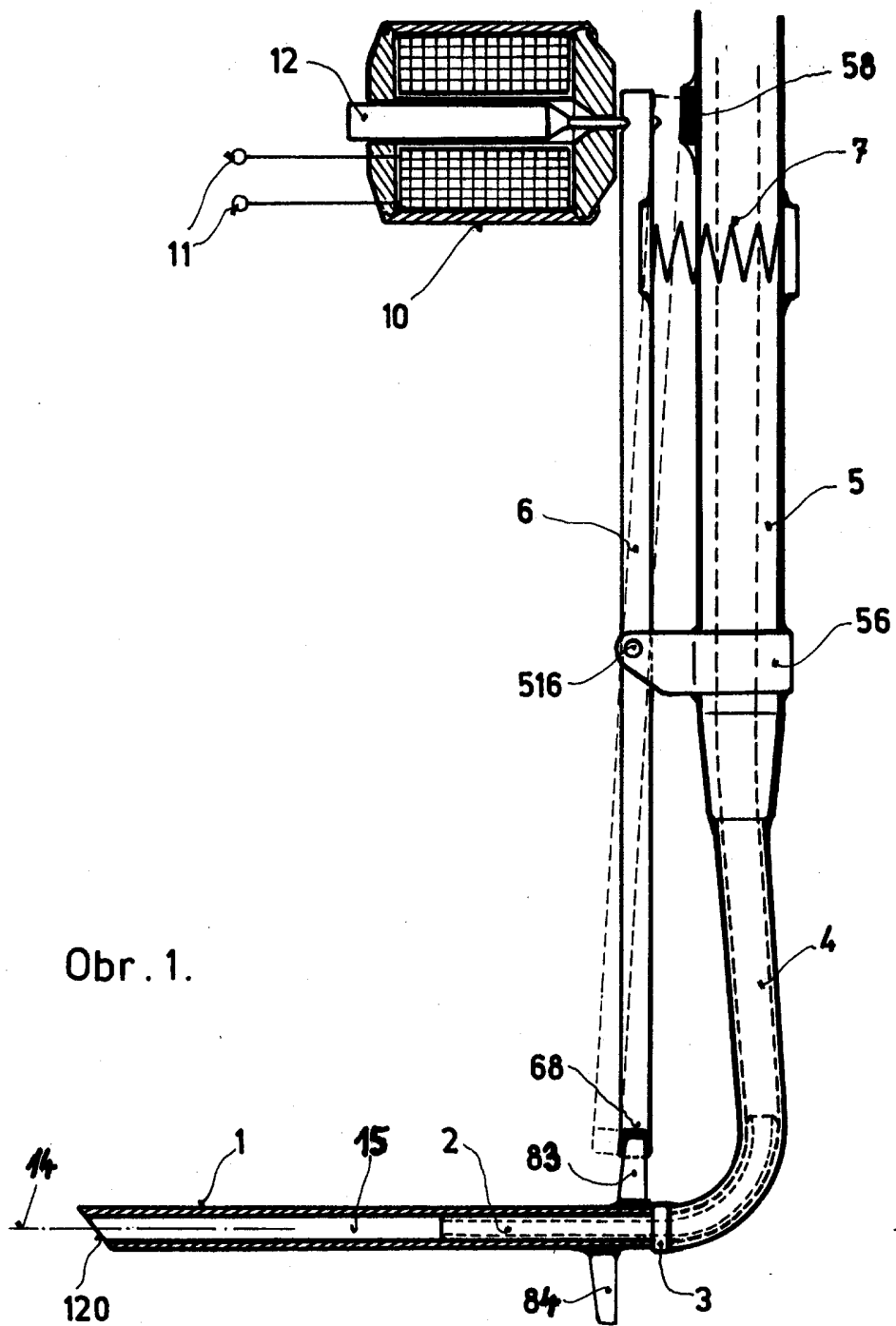
Důležité je, že k ovládání čtyř poloh trubice 1 postačují dva elektromagnety, tedy jednak elektromagnet 10, jednak selektorový elektromagnet 100. To je výhodnější než jinak samozřejmě také použitelné uspořádání se čtyřmi elektromagnety, z nichž vždy jen jeden je excitován a určuje tak lopatku, která se o doraz 6 zastaví.

Také v případě z obr. 4 by mohlo být účelné takové tvarování stopky 5, aby její osa procházela čelem 120 trubice. Sonda může být opatřena elektromagnetickým vibrátorem, zapojovaným během otáčení trubice 1 po přestavení dorazu 6, což sníží účinek tření mezi trubicí 1 a čepem, na němž se otáčí, takže první lopatka 83, druhá lopatka 84, třetí lopatka 85 a čtvrtá lopatka 86 mohou pak být menší.

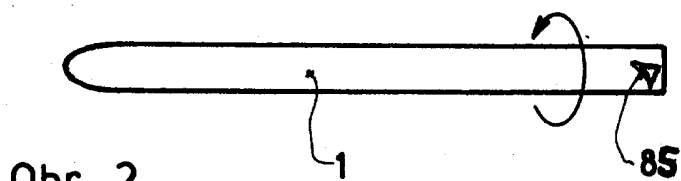
Sonda podle vynálezu je určena především pro aerodynamické laboratoře, zabývající se vyšetřováním rychlostních polí, například v leteckém výzkumu, při vývoji a výzkumu lopatkových strojů a podobně.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

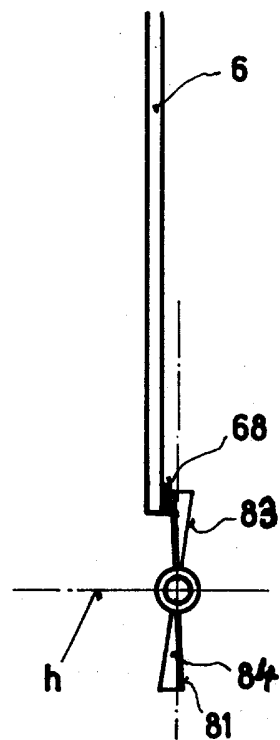
Směrová sonda pro vyšetřování rychlostních polí v proudících tekutinách, jejíž podstatnou částí je trubice se zkoseným čelem a osovým kanálkem vyústěným v tomto čele a napojeným na tlakový snímač, přičemž trubice je uložena otočně kolem osy procházející ústím kanálku na čele a je opatřena lopatkami pro vyvození momentu kolem osy otáčení účinkem proudící tekutiny, vyznačující se tím, že lopatky, například první lopatka (83) a druhá lopatka (84), nebo první lopatka (83) se třetí lopatkou (85), vytvářejí nejméně jednu dvojici, u níž první lopatka (83) a druhá lopatka (84) a zejména jejich dorazové hrany (81) jsou po obvodu trubice (1) rozmístěny v úhlových polohách vzhledem k ose (14) otáčení navzájem vzdálených o $\pi \pm 0,1\pi$ radiánů, přičemž v dráze jejich rotačního pohybu kolem osy (14) otáčení je umístěn doraz (6), který je pohyblivě uložen a v jeho horní části z jedné strany od stopky (5) je připojena pružina (7), zatímco z druhé strany dorazu (6) je umístěn elektromagnet (10) s jádrem (12).



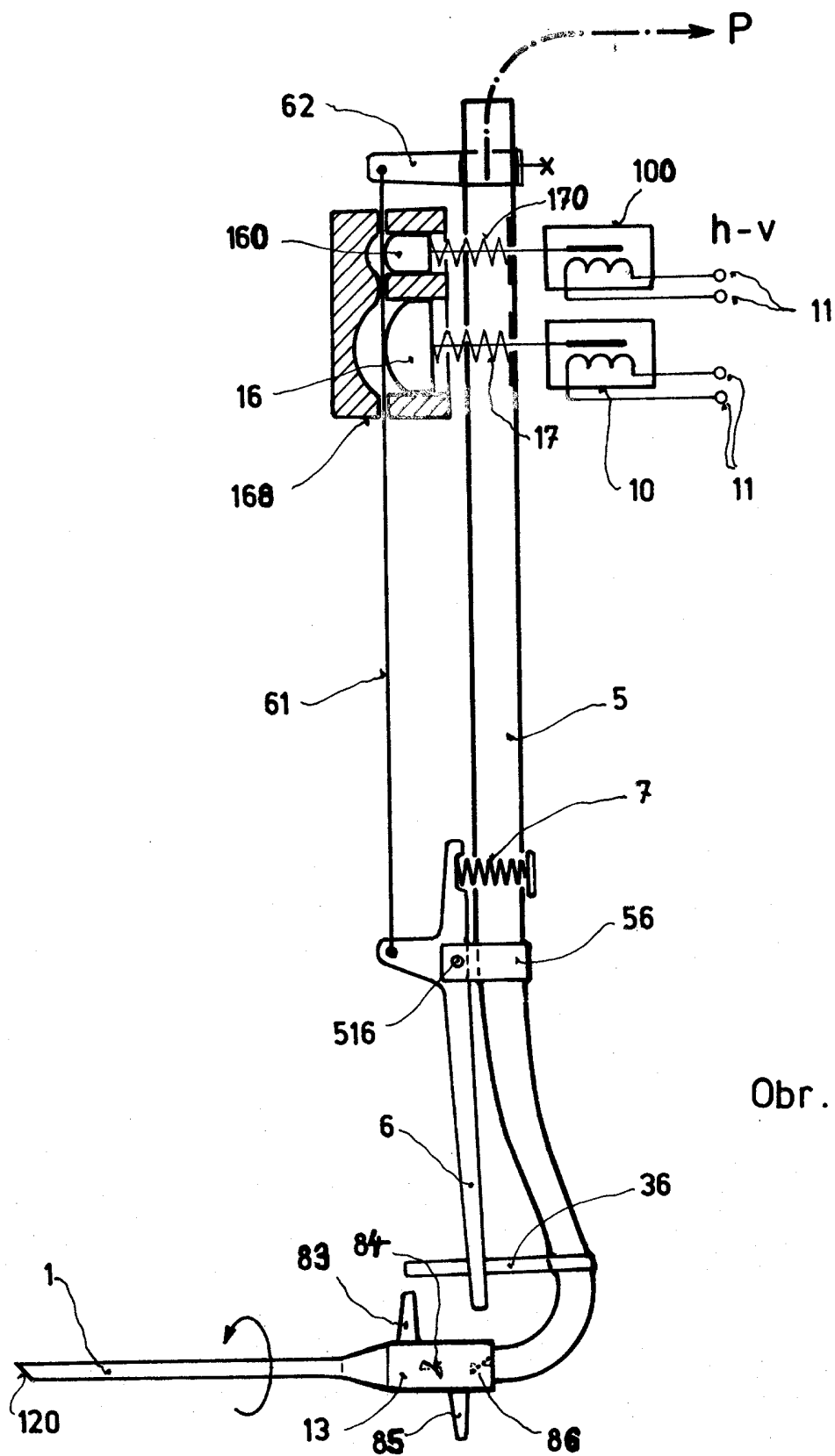
Obr. 1.



Obr. 2.



Obr. 3.



Obr. 4.