

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

310 100

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl.:

F16K 31/10 (2006.01)
F16K 31/08 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



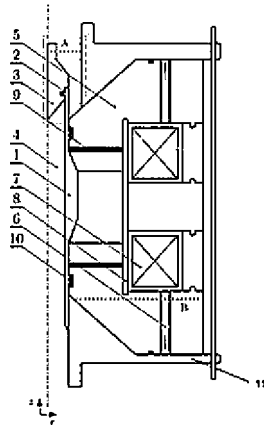
ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2023-239
(22) Přihlášeno: 16.06.2023
(40) Zveřejněno: 07.08.2024
(Věstník č. 32/2024)
(47) Uděleno: 27.06.2024
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 07.08.2024
(Věstník č. 32/2024)

(56) Relevantní dokumenty:
EP 3892866 A1; GB 2391057 A; US 11353135 B1; US 2022290773 A1.

(73) Majitel patentu:
Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, Jižní
Předměstí, CZ
PEVEKO, spol. s r. o., Uherské Hradiště, Jarošov,
CZ
(72) Původce:
Ing. František Mach, Ph.D., Plzeň, Jižní Předměstí,
CZ
Ing. Karel Pospíšil, Plesná, CZ
Ing. Jiří Kuthan, Plzeň, Jižní Předměstí, CZ
Ing. Martin Vítek, Sadov, CZ
Ing. Martin Juřík, Karlovy Vary, Doubí, CZ
Bohumil Tomášů, Buchlovice, CZ
Ing. Michal Vlachynský, Uherské Hradiště,
Mařatice, CZ
Karel Hanák, Uherské Hradiště, CZ
(74) Zástupce:
HARBER IP s.r.o., Dukelských hrdinů 567/52,
170 00 Praha 7, Holešovice

stavu ventilu z plně či částečně otevřené do uzavřené
polohy a naopak.



(54) Název vynálezu:
Elektromagnetický koaxiální ventil
(57) Anotace:
Elektromagnetický koaxiální ventil s plně otevřenou a uzavřenou polohou a dalšími mezipolohami umožňujícími částečný řízený průtok média je tvořen tělesem (5) obsahujícím sedlo (3) a vymezujícím průtočnou komoru (4), v níž je podélně uspořádáno trubkovité těleso (1) zakončené hranou (2) dosedající při uzavřené průtočné komoře (4) do sedla (3). Těleso (5) je opatřeno dvěma v podélném směru s odstupem uspořádanými magnetickými prstenci (6) pro buzení příslušných nesymetrických magnetických indukčních toků pro udržování trubkovitého tělesa (1) ve zvolených polohách pro uzavření/plné otevření ventilu a dalších mezipolohách umožňujících průtok média ventilem. Trubkovité těleso (1) volně obemykají dvě v podélném směru s odstupem uspořádaná, mezi magnetickými prstenci (6) umístěná elektrická vinutí (7) pro vybuzení nesymetrických magnetických indukčních toků pro překonání magnetického indukčního toku vyvozeného příslušným magnetickým prstencem (6) k přesunutí trubkovitého tělesa (1) v podélném směru, a tím změnu

Elektromagnetický koaxiální ventil

Oblast techniky

5

Vynálezem je elektromagnetický koaxiální ventil sestávající z trubkovitého tělesa zakončeného dosedací hranou směřující proti sedlu ustavenému v průtočné komoře, kde trubkovité těleso je podélně přesuvně uspořádáno v tělese. Těleso je opatřené alespoň jednou dvojicí magnetických prstenců, které jsou umístěny mimo průtočnou komoru. Trubkovité těleso volně obemývá alespoň jedna dvojice vzájemně oddělených elektrických vinutí.

10

Dosavadní stav techniky

Elektromagnetické ventily patří mezi nejčastěji využívané prvky pro řízení průtoku tekutin. Vyznačují se jednoduchou konstrukcí a spolehlivostí. Skládají se z elektromagnetického aktuátoru tj. pohonu, který slouží k ovládání mechanismu ventilu zajišťujícího otevření/uzavření průtočné komoře. V tradičním provedení elektromagnetického ventilu je aktuátor tvořený nejčastěji elektrickým vinutím (válcovou cívkou) umístěným v magnetickém obvodu s pohyblivým magnetickým tělesem, které je mechanicky spojeno pomocí táhla s pohyblivým uzavíracím tělesem umístěným proti sedlu ustavenému v průtočné komoře tak, že dosednutím uzavíracího tělesa dojde k uzavření průtočné komoře ventilu. Aktuátor může být umístěn jak vně tělesa ventilu (táhlo zajištěné těsněním prochází stěnou průtočné komory a spojuje aktuátor s uzavíracím tělesem), tak uvnitř tělesa ventilu. Aktuátor ventilu je nejčastěji navržen tak, že využívá alespoň jedné pružiny pro zajištění zpětného pohybu (monostabilní provedení ventilu) nebo blokovacího mechanismu pro zajištění stabilních poloh uzavíracího tělesa (bistabilní provedení ventilu).

20

25

Základní koncepci elektromagnetického ventilu v koaxiálním, tj. přímém, nebo též souosém provedení popisuje E P0987478 B1, kde se ventil skládá ze vstupní a výstupní části spojených průtočnou komorou. Trubkovité těleso ventilu je axiálně pohyblivé uvnitř komory pomocí elektromagnetického aktuátoru (pohonu), čímž se komora uzavírá a otevírá. Podobné technické provedení je popsáno například v EP 3147545 B1 a US 20200332913 A1. Zatímco EP 3147545 B1 popisuje tlakově vyváženou konstrukci koaxiálního ventilu s nízkou tlakovou ztrátou, US 20200332913 A1 popisuje konstrukci ventilu zabráňující příliš silnému rázu do uzavírací části ventilu. Všechna popsaná provedení však umožňují pohyb tělesa ventilu pohonem pouze v jednom směru, přičemž vratný pohyb je zajištěn mechanickou pružinou.

30

35

Odlišné technické provedení elektromagnetického aktuátoru při koaxiálním provedení ventilu popisuje například US 6361018 B2, kde aktuátor ventilu představuje servomotor připojený k převodovému mechanismu tvořenému vahadlem. Na rozdíl od předchozích konstrukcí je pohyb pouzdra ventilu řízen v obou operacích – otevírání i uzavírání ventilu. Spojení dílčích mechanismů je však konstrukčně náročné a náchylné k poruše.

40

Příklad bistabilního koaxiálního ventilu popisuje například WO 2018007166 A1, kde je pouzdro ventilu vedeno uvnitř komory utěsněné proti vstupu a má fluidní spojení s výstupem. Komora mezi sedlem je naplněna kapalinou, která odpovídá tlaku na výstupní straně ventilu. Na rozdíl od předchozích konstrukcí ventil umožňuje držet ventil ve stabilní poloze (otevřeno/zavřeno) bez buzení cívek aktuátoru a bistabilní režim je zajištěn tlakem média. Bistabilní režim je však narušen při změně tlaku média a tím dochází ke změně stavu ventilu.

50

Ze spisu EP 3892866 A1 je známo řešení hydraulického ventilu obsahujícího těleso ventilu; bistabilní pohyblivý válec umístěný uvnitř tělesa ventilu a obsahující první permanentní magnet připojený k prvnímu konci a druhý permanentní magnet připojený ke druhému konci válce. První ovládací cívka umístěná vedle prvního konce válce; a druhá ovládací cívka umístěná vedle

55

- druhého konce válce, přičemž v prvním režimu činnosti je první cívka buzená tak, aby měla polaritu, která přitahuje první permanentní magnet, a druhá cívka je buzená tak, aby měla opačnou polaritu, která odpuzuje druhý permanentní magnet. To umožňuje první a druhé cívce současně tlačit a táhnout válec mezi první polohou a druhou polohou. Přepnutí ventilu z jedné do druhé polohy je zajištěno přitažením jednoho permanentního magnetu a odtlačení druhého permanentního magnetu, kdy permanentní magnety jsou umístěny na pohyblivém válci, jsou během jejich pohybu včetně ustavení do závěrných poloh mechanicky namáhány a zároveň jsou ve styku s médiem.
- Žádné známé technické řešení nepopisuje takový ventil v koaxiálním provedení, který by umožňoval elektromagnetické ovládání během celého provozu ventilu (otevírání/uzavírání) bez dalších mechanismů a zároveň umožňoval monostabilní a bistabilní režim.

15 Podstata vynálezu

Navržené technické řešení reflektuje konstrukční nedostatky současných řešení elektromagnetických ventilů a přináší originální koncepci elektromagnetického koaxiálního ventilu. Toho je docíleno topologií, materiálem a konstrukcí elektromagnetického koaxiálního ventilu. Řešení pak přináší zásadní výhody, mezi které patří nízká spotřeba energie, vysoká rychlost odezvy a možnost eliminace poruch. Koncepce je přitom založena na dvou základních předpokladech:

(i) ventil je plně elektromagnetický – elektromagnetické pole přímo řídí primární funkci a z jeho pozorování lze určit aktuální stav ventilu, a

(ii) ventil je v koaxiálním provedení – kapalina prochází ventilem v axiálním směru.

Elektromagnetický koaxiální ventil využívá magnetických prstenců k zajištění stabilní polohy tělesa ventilu (otevřený/uzavřený ventil) a elektrického vinutí ke změně jeho stavu (otevírání/uzavírání ventilu). Magnetický prstenec složený z permanentních magnetů ze vzácných zemin, například SmCo, NdFeB a jiné, spolu s optimalizovanou topologií magnetického obvodu ventilu, například z magnetické nerezové oceli, umožňují dosáhnout vysoké hustoty energie. Elektrické vinutí vytváří magnetický indukční tok pro ovládání ventilu a ventil dosahuje vysoké dynamické odezvy při nízké spotřebě energie.

K zajištění těsnosti ventilu mezi jednotlivými částmi magnetického obvodu lze s výhodou využít těsnění z kompozitního materiálu na bázi magnetoreologického elastomeru, které snižuje magnetický odpor (reluktanci) jednotlivých dílů magnetického obvodu a zároveň zvyšuje těsnost díky své deformaci procházejícím magnetickým tokem (magnetický elastomer vyplňuje vzduchové mezery mezi díly magnetického obvodu). Přímé měření indukčnosti elektrického vinutí lze využít k určení ustáleného stavu ventilu (otevřeno/ zavřeno) a měření indukované napětí v průběhu přepínání ventilu (otevírání/zavírání) umožňuje sledovat přechod mezi stabilními stavy.

Vynálezem je elektromagnetický koaxiální ventil sestávající z trubkovitého tělesa zakončeného dosedací hranou směřující proti sedlu ustavenému v průtočné komoře, kde trubkovité těleso je podélně přesuvně uspořádáno v tělese. Těleso je opatřeno alespoň jednou dvojicí magnetických prstenců, které se nacházejí mimo průtočnou komoru. Trubkovité těleso volně obemýká alespoň jedna dvojice vzájemně oddělených elektrických vinutí. Magnetický prstenec zajišťuje podélně přesuvné těleso v krajních polohách. Změna polohy podélně přesuvného tělesa, a tím změna stavu ventilu – stav otevřeno/zavřeno – je zajištěna pulzem elektrického proudu v elektrickém vinutí, přičemž orientace proudu musí vytvořit magnetický indukční tok, který působí proti toku magnetického prstence zajišťujícího původní polohu přesuvného tělesa. Je přitom výhodné,

pokud je elektrické vinutí z každé dvojice elektrického vinutí umístěno ve vzájemně protilehlé poloze.

Na základě experimentů a testů provedených na prototypu ventilu podle příkladného provedení lze stručně charakterizovat navržený koncept v následujících bodech:

- Ventil je navržen v koaxiálním, tj. přímém provedení. Hlavní osou ventilu prochází průtočná komora (kanál), která spojuje vstup a výstup ventilu. Ventil je obousměrný a médium tak může být přivedeno jak pod sedlo ventilu, tak nad sedlo ventilu.
- Sedlo ventilu je spojeno s přírubou ventilu. Trubkovité těleso je v uzavřeném stavu ventilu umístěno proti sedlu. Trubkovité těleso tvoří kanál ventilu. Těsnost ventilu v uzavřeném stavu zajišťuje těsnicí O-kroužek umístěný na sedle ventilu.
- Ovládací elektromagnetický aktuátor (pohon) ventilu se dále skládá z magnetického obvodu s permanentními magnety (magnetický prstenec), pohyblivého trubkovitého tělesa a válcových cívek (elektrické vinutí). Udržovací síla pohyblivého tělesa ve stabilních polohách (otevřený a zavřený ventil) je plně zajištěná magnetickým prstencem. Přechod mezi stabilními polohami zajišťuje vybuzení elektrického vinutí. Magnetický tok vybuzený vinutím zesiluje magnetický tok magnetického prstence, a tím mění rovnováhu sil ve stabilních polohách pohyblivého tělesa (otevřený/uzavřený ventil). Pohyblivé těleso ve stabilních polohách dosedá na dvojici dorazů z magnetoreologického elastomeru umístěných mezi magnetický obvod a příslušnou hranu pohyblivého tělesa.
- V základním provedení je ventil bistabilní. Magnetické prstence tak zajišťují stabilní polohy pohyblivého trubkovitého tělesa (otevřený/zavřený ventil). Využití rozdílných magnetických prstenců (rozdílný počet permanentních magnetů) umožňuje dosáhnout monostabilního režimu. V tomto případě je pohyblivé těleso udržována v nestabilní poloze magnetickým tokem vybuzeného elektrického vinutí a stabilní poloha je zajištěna magnetickým prstencem.

Originalita navržené koncepce spočívá především v konstrukci ovládacího elektromagnetického aktuátoru a lze ji shrnout do následujících bodů:

- Ovládací elektromagnetický aktuátor je plně řízený magnetickým tokem vybuzeným elektrickým vinutím. Ventil neobsahuje pružiny nebo táhla, která by zajišťovala funkci ventilu (např. pro zajištění vratného pohybu, nebo zajištění stabilní polohy ventilu).
- Aktuátor umožňuje jak bistabilní, tak monostabilní režim ventilu.
- Přechod mezi stabilními polohami ventilu se provádí krátkým vybuzením elektrického vinutí ovládacího elektromagnetického aktuátoru. To zajišťuje vysokou rychlost změny stavu (otevřeno/zavřeno) při nízké spotřebě energie.
- Využití magnetického prstence složeného z permanentních magnetů na bázi vzácných zemin a topologie magnetického obvodu ovládacího elektromagnetického aktuátoru umožňuje dosáhnout vysoké hustoty energie. Ventil má vysokou rychlost reakce.
- Konstrukce magnetického obvodu ovládacího elektromagnetického aktuátoru umožňuje bez dodatečných senzorů zjistit stav ventilu (otevřeno/zavřeno), a to pomocí měření indukčnosti vzájemně odděleného elektrického vinutí.

- Konstrukce průtočné komory ventilu umožňuje obousměrný provoz ventilu (přívod média nad/pod sedlo). Pokud je ventil spojen s přívodem média pod sedlem, jsou eliminovány tlakové rázy.
- 5 • Koaxiální konstrukce ventilu zajišťuje nízký tlakový spád.

Objasnění výkresů

- 10 Na obr. 1 je v částečném řezu znázorněno příkladné provedení elektromagnetického koaxiálního ventilu v symetrii podél hlavní osy. Na obr. 2a je znázorněn řez částí elektromagnetického koaxiálního ventilu ve stavu zavřeno. Na obr. 2b je znázorněn řez totožnou částí elektromagnetického koaxiálního ventilu ve stavu otevřeno. Na obr. 3a je znázorněn řez ventilem v místě sedla. Průřez A znázorňuje provedení tělesa s náběžnou hranou. Na obr. 3b je znázorněn
- 15 příčný řez B zobrazující magnetický prstenec. Tento příčný řez elektromagnetickým koaxiálním ventilem v otevřené poloze, kdy je umožněn řízený tok tekutiny průtočnou komorou. Na obr. 4a je znázorněn řez elektromagnetickým koaxiálním ventilem v otevřeném stavu, na obr. 4b. znázorněn řez elektromagnetickým koaxiálním ventilem v uzavřeném stavu. Obr. 5 je znázorněn 3D model ventilu podle příkladného provedení v částečném řezu, který byl experimentálně
- 20 testován.

Příklady uskutečnění vynálezu

- 25 Elektromagnetický koaxiální ventil je tvořen z trubkovitého tělesa 1, které je zakončeno dosedací hranou 2. Dosedací hrana 2 směřuje proti sedlu 3. Sedlo 3 je ustaveno v průtočné komoře 4. Trubkovité těleso 1 je podélně přesuvně uspořádáno v tělese 5. Těleso 5 je opatřené dvěma magnetickými prstenci 6, které se nacházejí mimo průtočnou komoru 4. Magnetický prstenec 6 je v tomto konkrétním provedení z Ndn FeB permanentního magnetu. Trubkovité těleso 1 volně
- 30 obemyká jedna dvojice vzájemně oddělených elektrických vinutí 7. Mezi elektrickým vinutím 7 a trubkovým tělesem 1 je včleněn kluzný člen 8 z nemagnetického materiálu. Těleso 5 je opatřeno dosedacími hranami z magnetického elastomeru 9. Těleso 5 je vůči průtočné komoře 4 utěsněno těsněním 10. Těleso 5 je z obou stran opatřeno přírubami 11.
- 35 Magnetický prstenec 6 zajišťuje podélně přesuvné trubkovité těleso 1 v krajních polohách. Změna polohy podélně přesuvného trubkovitého tělesa 1, a tím změna stavu ventilu – stav otevřeno/zavřeno – je zajištěna pulzem elektrického proudu v elektrickém vinutí 7, přičemž orientace proudu musí vytvořit magnetický indukční tok, který působí proti toku magnetického prstence 6 zajišťujícího původní polohu přesuvného tělesa 1. Magnetický tok vybuzený vinutím 7
- 40 zesiluje magnetický tok magnetického prstence 6, a tím mění rovnováhu sil ve stabilních polohách pohyblivého trubkovitého tělesa 1. V otevřeném stavu prochází kapalina průtočnou komorou 4 v trubkovitém tělese 1 uspořádaném podélně v tělese 5. Dosednutím dosedací hrany 2 trubkovitého tělesa 1 k sedlu 3 dojde k uzavření průtoku média skrz průtočnou komorou 4 v trubkovitém tělese 1 podélně přesuvně uspořádaném v tělese 5.

45

Průmyslová využitelnost

- 50 Vynález nalézá své uplatnění zejména v oblasti energií, vytápění, chlazení, dále vodohospodářství, a to pro účely regulace průtoku kapalných či plyných médií.

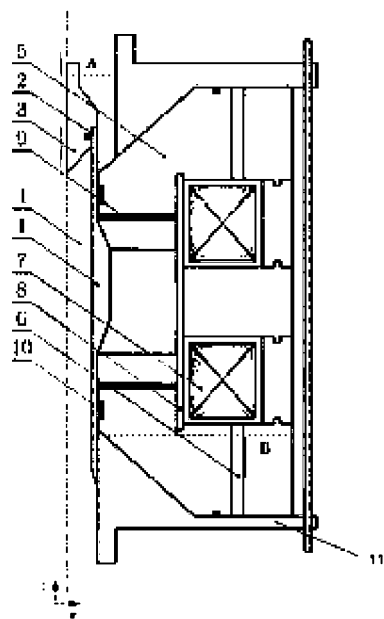
PATENTOVÉ NÁROKY

5 1. Elektromagnetický koaxiální ventil s plně otevřenou a uzavřenou polohou a dalšími mezipolohami umožňujícími částečný řízený průtok média elektromagnetickým koaxiálním ventilem, **vyznačující se tím**, že je tvořen tělesem (5) obsahujícím sedlo (3) ventilu a vymezujícím průtočnou komoru (4) ventilu, v níž je podélně uspořádáno trubkovité těleso (1) zakončené hranou (2) dosedající při uzavřené průtočné komoře (4) do sedla (3), přičemž těleso (5) je opatřeno dvěma v podélném směru s odstupem uspořádanými magnetickými prstenci (6) pro buzení příslušných nesymetrických magnetických indukčních toků pro udržování trubkovitého tělesa (1) ve zvolených polohách pro uzavření/plné otevření ventilu a dalších mezipolohách umožňujících průtok média ventilem, přičemž trubkovité těleso (1) volně obemkají dvě v podélném směru s odstupem upořádaná, mezi magnetickými prstenci (6) umístěná elektrická vinutí (7) napájená elektrickým proudem, pro vybuzení nesymetrických magnetických indukčních toků pro překonání magnetického indukčního toku vyvozeného příslušným magnetickým prstencem (6) k přesunutí trubkovitého tělesa (1) v podélném směru, a tím změnu stavu ventilu z plně či částečně otevřené do uzavřené polohy a naopak.

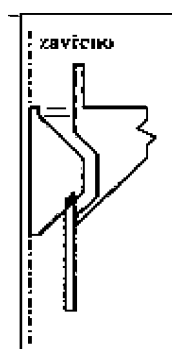
2. Elektromagnetický koaxiální ventil podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že mezi vinutím (7) a tělesem (5) je včleněn kluzný člen (8) z nemagnetického materiálu.

20 3. Elektromagnetický koaxiální ventil podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že těleso (5) je vůči tělesu (1) opatřeno dosedacími hranami (9) z magnetického elastomeru.

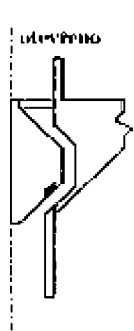
3 výkresy



Obr. 1

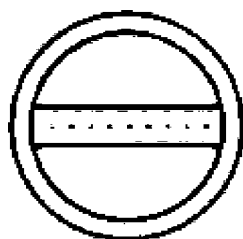


Obr. 2a



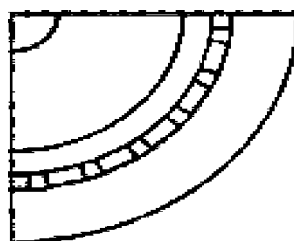
Obr. 2b

A (1:1)

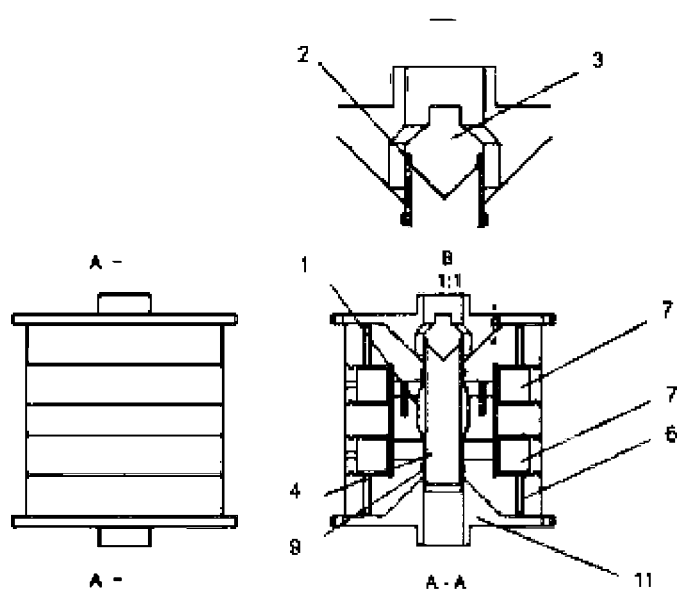


Obr. 3a

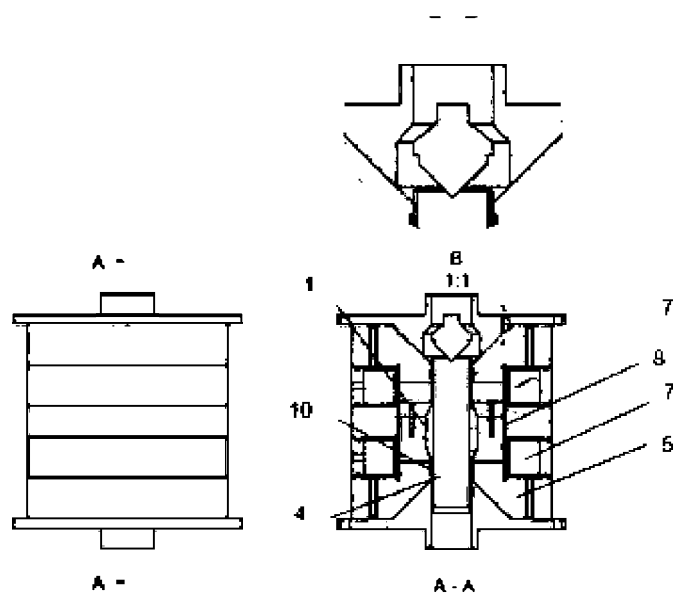
B (1:2)



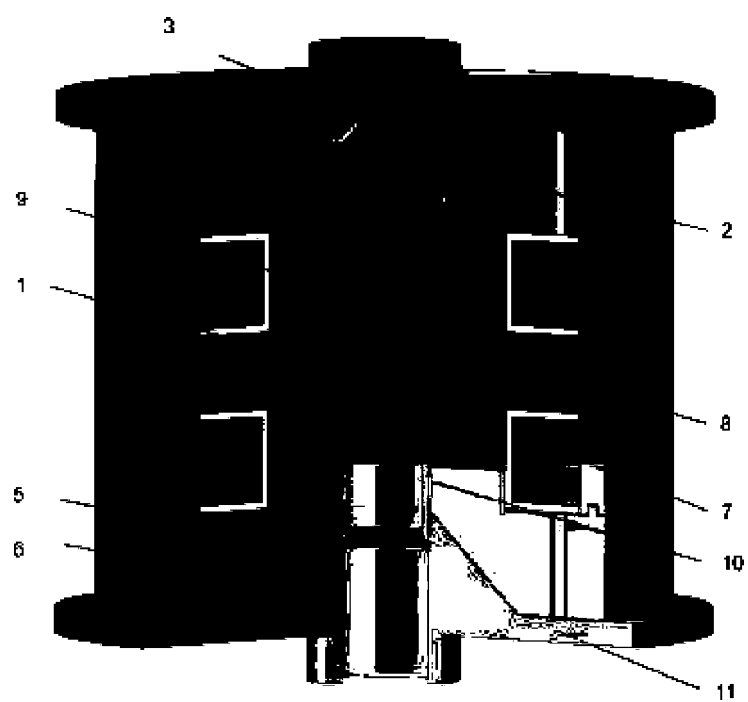
Obr. 3b



Obr. 4a



Obr. 4b



Obr. 5