

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2016-834

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F04D 29/22 (2006.01)

F04D 29/18 (2006.01)

F04D 9/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

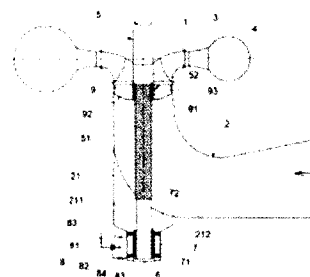
(22) Přihlášeno: **28.12.2016**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **13.06.2018**
(Věstník č. 24/2018)

(71) Přihlašovatel:
CENTRUM HYDRAULICKÉHO VÝZKUMU
spol. s r.o., Lutín, CZ

(72) Původce:
Ing. Jiří Šoukal, CSc., Olomouc, CZ
Ing. Martin Komárek, Ptení, CZ
Ing. Jiří Štourač, Benešov u Boskovic, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Petr Soukup, patentový zástupce, tř. Svobody
43/39, 779 00 Olomouc



(54) Název přihlášky vynálezu:
**Jednorotorová čerpadlová turbína s
inducerem**

(57) Anotace:
Jednorotorová čerpadlová turbína s inducerem je tvořená oběžným kolem (1), kolenovou savkou (2), satorovým rozváděcím kolem (3) a spirální skříní (4), přičemž rotorovou soustavou turbíny tvoří oběžné kolo (1) neotočně upevněné na vertikálně situované pohonné hřídeli (5). Pohonná hřídel (5) prochází vertikální částí hydraulického průřezu savky (2) a její konec protilehlý k upevnění oběžného kola (1) je otočně uchycen v patním ložisku (6) mimo savku (2). Savka (2) je v přechodu mezi svojí vertikální a horizontální částí opatřena přidavnou komorou (21), situovanou ve směru podélné osy pohonné hřídele (5) a vytvářející hydraulicky pasivní prostor tvořený boční dutinou (211). Pohonná hřídel (5) je na své středové části v oblasti od upevnění oběžného kola (1) ke vstupu do boční dutiny (211) opatřena vnějším závitem (51), na němž je rotačně posuvně uložen inducer (9).

CZ 2016 - 834 A3

Jednorotorová čerpadlová turbína s inducerem

Oblast techniky

Vynález spadá do oblasti čerpací techniky a týká se konstrukce jednorotorové reverzní čerpadlové turbíny s inducerem pro čerpadlový a turbínový provoz stroje, který je vhodný zejména pro přečerpávací vodní elektrárny.

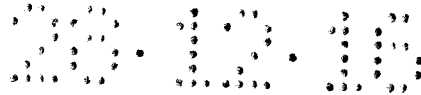
Dosavadní stav techniky

Z ekonomických důvodů se v přečerpávacích vodních elektrárnách používají reverzní čerpadlové turbíny. Tyto stroje mohou pracovat jako čerpadlo a v opačném smyslu otáčení jako turbína. Opět ekonomické důvody vedou ke stále vyšším požadavkům na výkonnostní parametry stroje. Reverzní čerpadlové turbíny přečerpávacích vodních elektráren musí být navrženy pro značně rozdílné parametry turbínového a čerpadlového režimu. Cílová snaha k dosažení maxima účinnosti reverzního stroje v obou pracovních režimech vede k řešení extrémně náročné úlohy hydraulického designu stroje, kdy spád na turbínu je menší o hydraulické ztráty v přivaděči a naopak dopravní výška v čerpadlovém režimu musí být o ztráty vyšší než výška geodetická. Limitujícím faktorem je zabezpečení bezkavitačního provozu stroje. Zvláště v čerpadlovém režimu vyžaduje obvykle značně velkou zápornou sací výšku, tedy nátok. Praktická řešení přečerpávacích vodních elektráren vedou k použití drahé technologie se schopností provozovat soustrojí motorgenerátor a čerpadlová turbína při rozdílných provozních otáčkách. Bezkaavitační provoz je zabezpečován buď projekčním uspořádáním s požadovanou geodetickou sací výškou (nátokem), nebo je použit další tzv. podávací čerpací agregát. Obě varianty



řešení navyšují investiční náklady a další čerpací agregát vyžaduje náročnější provozování elektrárny včetně rizika poruch.

Snahy o zakomponování podávacích čerpadel do konstrukce reverzní čerpadlové turbíny se objevují již delší dobu. Velmi efektivní se ukázalo použití induceru jako podávací jednotky zakomponované do jediné rotorové soustavy spolu s hlavním pracovním oběžným kolem čerpadlové turbíny. Inducer má velmi dobrou sací schopnost a je schopen zajistit bezkavitační vstupní podmínky také pro hlavní pracovní kolo stroje. Příklady řešení jsou uvedeny například ve spisech US 3004494 (Turbine driven pump inducer), US 7931441 (Inducer with tip shroud and turbine blades), WO 2006059992 (Inducer for a fan blade of a tip turbine engine), US 8292501 (Turbopump with cavitation detection), WO 2005059368 (Inducer tip vortex suppressor) a US 2006110245 (Inducer and inducer - equipped pump). Uvedené příklady řeší použití podpůrné funkce inducerů pro zvýšení sací schopnosti čerpadel a stability jejich provozu. Klasické provedení induceru je pak uvedeno ve spise CN 101038294. Další varianty iducerů se liší pouze provedením tvaru lopatek a statoru, který uzavírá komoru induceru. Typické příklady konstrukčního provedení válcových inducerů jsou uvedeny například ve spisech SU 1308779, kde vlastní inducer je ve snaze o dosažení stability práce odstředivého čerpadla doplněn statorovými lopatkami umístěnými před rotující lopatky induceru, nebo UA 78814, který řeší dvoustupňový inducer čerpadla, se dvěma řadami sériově řazených lopatek. Ve spisech UA 19363 U, UA 16784 U jsou řešeny inducery u oběžného kola čerpadla s dvoustranným vstupem, spis GB 1218023 se týká induceru odstředivého čerpadla kónického tvaru, spis SU 1127998 induceru čerpadla s tlumícími komůrkami a spis DE 19918286 induceru čerpadla s drážkami ve statoru. Z výše uvedeného je zřejmé, že jsou vesměs řešeny konstrukce inducerů odstředivých čerpadel, což je dáno skutečností, že odstředivá čerpadla se na rozdíl od vodních turbín provozují v širokém pásmu, často mimo optimální provozní bod. Proto je nutno čerpadla chránit proti vzniku kavitace a opotřebení oběžného kola kavitační erozí pomocí iducerů. Toho je možno dosáhnout předřazením induceru před oběžné kolo a zvýšit tím sací schopnost čerpadla.



Vodní turbíny byly až donedávna navrhovány pro optimální provozní bod, takže nebylo nutno zvlášť řešit využití inducerů. V současné době je situace jiná, neboť vzhledem k dynamice přenosové soustavy pracují vodní turbíny v širokém provozním pásmu a mimo optimum mají sníženou sací schopnost a náchylnost ke kavitaci. Nejhorší podmínky vzniku kavitace vznikají zejména u čerpadlových turbín v přečerpávacích vodních elektrárnách. Tyto elektrárny, zajišťující stabilitu přenosové soustavy, jsou vzhledem k nepředvídatelnému výkonu solárních a větrných elektráren vystaveny velkým změnám dynamiky sítě a často pracují mimo optimum. Proto se v čerpadlovém provozu mimo optimální pracovní bod projevuje snížená sací schopnost s nebezpečím vzniku kavitace. Hlavním problémem a závažnou nevýhodou jednorotorové pevné vazby pracovního oběžného kola s inducerem u čerpadlové turbíny je příliš vysoký odpor induceru v turbínovém pracovním režimu stroje, jehož důsledkem je značná ztráta výkonu. Ztráty výkonu se příliš nesníží ani po zrušení pevné vazby induceru s rotorem a převedením induceru do režimu volnoběžného otáčení.

Úkolem vynálezu je představit novou konstrukci kompaktního jednorotorového stroje s inducerem pro kombinovaný čerpadlový a turbínový provoz reverzní čerpadlové turbíny, kde inducer pracuje pouze v čerpadlovém provozu.

Podstata vynálezu

Stanoveného cíle je do značné míry dosaženo *tímto* vynálezem, kterým je jednorotorová čerpadlová turbína s inducerem tvořená oběžným kolem, kolenovou savkou, statorovým rozváděcím kolem a spirální skříň, přičemž rotorovou soustavu turbíny tvoří oběžné kolo neotočně upevněné na vertikálně situované pohonné hřídeli. *Podstata vynálezu* spočívá v tom, že pohonná hřídel prochází vertikální částí hydraulického průřezu savky, její konec protilehlý k upevnění oběžného kola je otočně uchycen v patním ložisku mimo savku, kde savka je v přechodu mezi svojí



-4-

vertikální a horizontální částí opatřena přídatnou komorou situovanou ve směru podélné osy pohonné hřídele a vytvářející hydraulicky pasivní prostor tvořený boční dutinou, přičemž pohonná hřídel je na své středové části v oblasti od upevnění oběžného kola ke vstupu do boční dutiny opatřena vnějším závitem, na němž je rotačně posuvně uložen inducer.

Ve výhodném provedení je boční dutina válcového průřezu a je opatřena kuželovým dnem, k němuž je připevněn pomocný válec obsahující dutý zvedací píst, kterým prochází spodní konec pohonné hřídele k patnímu ložisku.

Dále je výhodné, když pomocný válec je přívodním potrubím propojen se zásobníkem tlakového média, přičemž přívodní potrubí je osazeno uzavíracím ventilem a rozdělovacím ventilem, kde z rozdělovacího ventilu jsou vyvedeny jednak dvě větve manipulačního potrubí nad a pod zvedací píst a jednak odpadní potrubí pro vypouštění odpadního tlakového média.

Konečně je výhodné, když zvedací píst je na svém horním čele opatřen mezikruhovou základnou opatřenou tlumící vrstvou a když v horní koncové části vnějšího závitu je na pohonné hřídeli vytvořeno osazení opatřené tlumící vrstvou.

V optimálním provedení je inducer opatřený jednak ve středové dutině svého náboje vnitřním závitem a jednak rozváděcími lopatkami, přičemž vnější průměr induceru odpovídá vnitřnímu průřezu boční dutiny a čelní plochy rozváděcích lopatek mají stejné zkosení jako kuželové dno přídatné komory.

Předkládanou konstrukcí je dosaženo pevné spojení induceru v jednorotorovou soustavu s pracovním oběžným kolem v čerpadlovém režimu a naopak rozpojení vazby a přemístění induceru mimo průtočný profil stroje v režimu turbínovém. Inducer je v turbínovém režimu polohován v hydraulicky pasivním prostoru sacího tělesa stroje a je nefunkční. V čerpadlovém provozu se naopak otáčí spolu s oběžným kolem a jako podávací čerpadlo zabezpečuje bezkavitační provoz stroje.



Objasnění výkresů

Konkrétní příklad provedení ^{patent} vynálezu je schematicky znázorněn na připojených výkresech, kde

obr.1 je podélný řez jednorotorovou čerpadlovou turbínou s inducerem v čerpadlovém režimu stroje,

obr.2 je podélný řez jednorotorovou čerpadlovou turbínou s inducerem v turbínovém režimu stroje,

obr.3 je podélný detailní řez části savky opatřené hydraulicky pasivním prostorem a pomocným válcem se zvedacím pístem v poloze induceru při turbínovém režimu stroje a

obr.4 je podélný detailní řez části savky s pomocným válcem a zvedacím pístem v počátku čerpadlového režimu při navedení induceru do závitu pohonné hřídele.

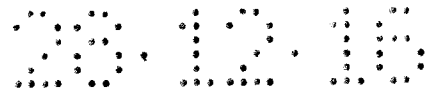
Výkresy, které znázorňují představovaný vynález a následně popsany příklad konkrétního provedení neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu ^{patent} vynálezu.

Příklady ^{patent} vynálezu

Čerpadlová turbína podle vynálezu je tvořena oběžným kolem 1, kolenovou savkou 2, statorovým rozváděcím kolem 3 a spirální skříní 4, přičemž rotorovou soustavu turbíny tvoří oběžné kolo 1 neotočně upevněné na vertikálně situované pohonné hřídeli 5, která prochází vertikální částí hydraulického průřezu savky 2 a jejíž konec protilehlý k upevnění oběžného kola 1 je otočně uchycen v patním ložisku

6 uloženém mimo savku 2. V přechodu mezi svojí vertikální a horizontální částí je savka 2 opatřena přídatnou komorou 21 situovanou ve směru podélné osy pohonné hřídele 5 a vytvářející hydraulicky pasivní prostor tvořený boční dutinou 211 válcového průřezu opatřenou kuželovým dnem 212, k němuž je připevněn pomocný válec 7, s výhodou hydraulický, obsahující dutý zvedací píst 71, kterým prochází spodní konec pohonné hřídele 5 k patnímu ložisku 6. Zvedací píst 71 je na svém horním čele opatřen mezikruhovou základnou 72 opatřenou neoznačenou tlumící vrstvou, například pryžovou. Pomocný válec 7 je přívodním potrubím 8 propojen s neznázorněným zásobníkem tlakového média, přičemž přívodní potrubí 8 je osazeno uzavíracím ventilem 81 a rozdělovacím ventilem 82, kde z rozdělovacího ventilu 82 jsou vyvedeny jednak dvě větve manipulačního potrubí 83 nad a pod zvedací píst 71 a jednak odpadní potrubí 84 pro vypouštění odpadního tlakového média, tedy kapaliny. Pohonná hřídel 5 je na své středové části v oblasti od upevnění oběžného kola 1 ke vstupu do boční dutiny 211 vytvářející hydraulicky pasivní prostor opatřena vnějším závitem 51, na němž je rotačně posuvně uložen inducer 9 opatřený jednak ve středové dutině svého náboje 91 vnitřním závitem 92 a jednak rozváděcími lopatkami 93. V horní koncové části vnějšího závitu 51 je na pohonné hřídeli 5 vytvořeno osazení 52 opatřené neoznačenou tlumící vrstvou. Vnější průměr induceru 9 pak odpovídá vnitřnímu průřezu boční dutiny ~~(211)~~ a čelní plochy rozváděcích lopatek 92 mají stejné zkosení jako kuželové dno 212 přídatné komory 21.

Při provozu turbíny v jejím turbínovém režimu je inducer 9 polohován v hydraulicky pasivním prostoru přídatné komory 21, kdy je uložen na dně 212 boční dutiny 211 a pohonná hřídel 5 se volně protáčí ve středové dutině jeho náboje 91, takže inducer 9 je nefunkční a je uložen na mezikruhové základně 72, což je znázorněno na obr.2 a v detailu na obr.3. Při přechodu činnosti turbíny na čerpadlový režim je přívodním potrubím 8 a následně spodní větví manipulačního potrubí 83 přiváděno tlakové médium pod zvedací píst 71 pomocného válce 7, čímž dojde k pohybu zvedacího pístu 71 a na něm spočívajícího induceru 9 směrem vzhůru. Tento pohyb vzhůru pokračuje do okamžiku, kdy je inducer 9 svým vnitřním závitem 92 naveden na vnější závit 51 pohonné hřídele 5, což je znázorněno na obr.4. Od tohoto



-7-

okamžiku je inducer 9 tlakem čerpané kapaliny proudící do savky 2 našroubováván směrem vzhůru do chvíle, než dosedne na tlumící vrstvu osazení 52. V této poloze se inducer 9 otáčí společně s oběžným kolem 1 a ve funkci podávacího čerpadla zabezpečuje bezkavitační provoz turbíny. Při ukončení čerpadlového režimu turbíny proběhne zpětné vyšroubování induceru 9 z vnějšího závitu 51 pohonné hřídele 5, a to jednak vlivem působení jeho setrvačné hmoty a jednak vlivem hydrodynamického působení kapaliny proudící savkou 2 směrem od oběžného kola 1 dolů. Po dosažení prostoru boční dutiny 211 dosedne inducer 9 na mezikruhovou základnu 72 pomocného válce 7 a stává se v této základní poloze nefunkční, přičemž nezasahuje do průtočného průřezu savky 2.

Průmyslová využitelnost

Jednorotorová čerpadlová turbína s inducerem konstruovaná podle ^(tolato) vynálezu je určena pro zajištění reverzního čerpadlového a turbínového provozu zejména v přečerpávacích vodních elektrárnách, kde se uplatňují stroje o velkém výkonu. Zlepšení sací schopnosti a bezkavitační provoz stroje umožní efektivnější projekční uspořádání celého systému technologie a vyšší energetickou účinnost obou pracovních režimů stroje.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Jednorotorová čerpadlová turbína s inducerem, tvořená oběžným kolem (1), kolenovou savkou (2), statorovým rozváděcím kolem (3) a spirální skříní (4), přičemž rotorovou soustavu turbíny tvoří oběžné kolo (1) neotočně upevněné na vertikálně situované pohonné hřídeli (5), **vyznačující se tím**, že pohonná hřídel (5) prochází vertikální částí hydraulického průřezu savky (2), její konec protilehlý k upevnění oběžného kola (1) je otočně uchycen v patním ložisku (6) mimo savku (2), kde savka (2) je v přechodu mezi svojí vertikální a horizontální částí opatřena přídatnou komorou (21), situovanou ve směru podélné osy pohonné hřídele (5) a vytvářející hydraulicky pasivní prostor tvořený boční dutinou (211), přičemž pohonná hřídel (5) je na své středové části v oblasti od upevnění oběžného kola (1) ke vstupu do boční dutiny (211) opatřena vnějším závitem (51), na němž je rotačně posuvně uložen inducer (9).
2. Jednorotorová čerpadlová turbína podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že boční dutina (211) je válcového průřezu a je opatřena kuželovým dnem (212), k němuž je připevněn pomocný válec (7) obsahující dutý zvedací píst (71), kterým prochází spodní konec pohonné hřídele (5) k patnímu ložisku (6).
3. Jednorotorová čerpadlová turbína podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že pomocný válec (7) je přívodním potrubím (8) propojen se zásobníkem tlakového média, přičemž přívodní potrubí (8) je osazeno uzavíracím ventilem (81) a rozdělovacím ventilem (82), kde z rozdělovacího ventilu (82) jsou vyvedeny jednak dvě větve manipulačního potrubí (83) nad a pod zvedací píst (71) a jednak odpadní potrubí (84) pro vypouštění odpadního tlakového média.
4. Jednorotorová čerpadlová turbína podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že zvedací píst (71) je na svém horním čele opatřen mezikruhovou základnou (72) opatřenou tlumící vrstvou.

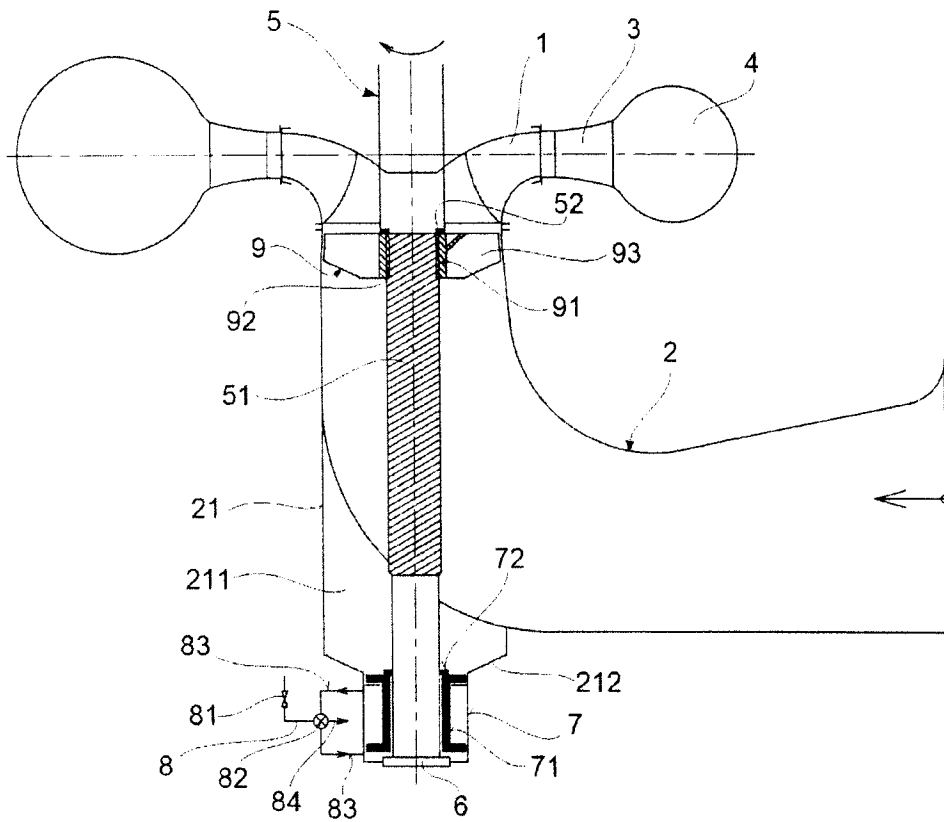


-9-

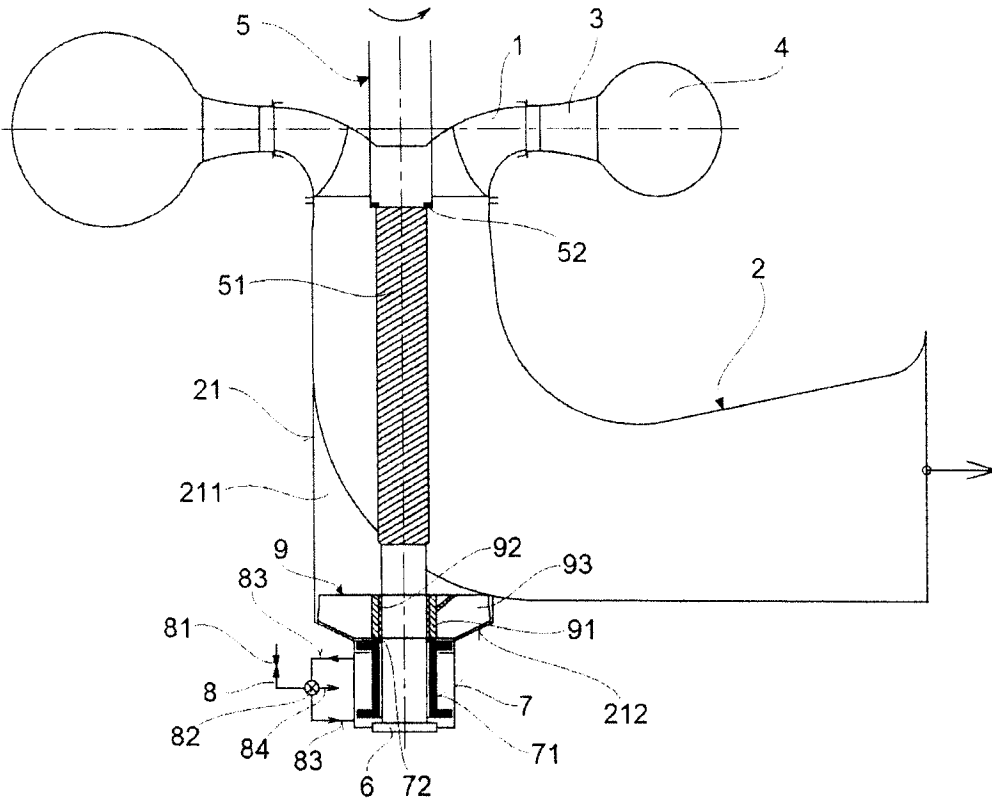
5. Jednorotorová čerpadlová turbína podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v horní koncové části vnějšího závitu (51) je na pohonné hřídeli (5) vytvořeno osazení (52) opatřené tlumící vrstvou.
6. Jednorotorová čerpadlová turbína podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že inducer (9) je opatřený jednak ve středové dutině svého náboje (91) vnitřním závitem (92) a jednak rozváděcími lopatkami (93), přičemž vnější průměr induceru (9) odpovídá vnitřnímu průřezu boční dutiny (211) a čelní plochy rozváděcích lopatek (92) mají stejné zkosení jako kuželové dno (212) přídatné komory (21).

1/3

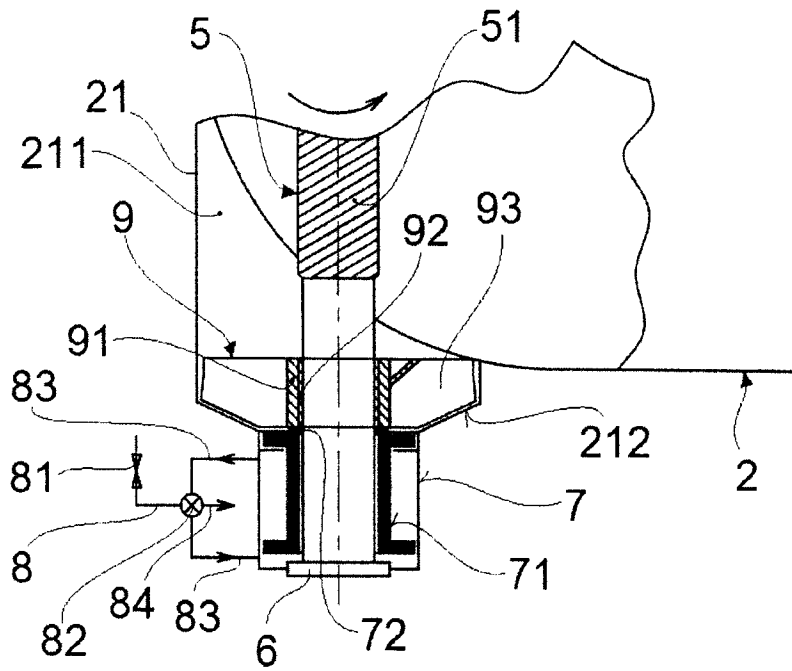
PV2016-834



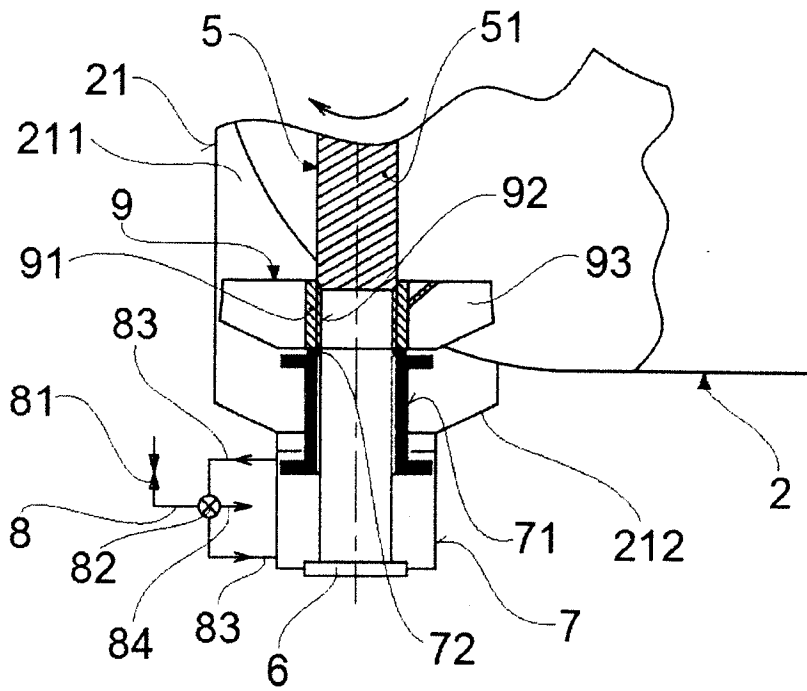
OBR. 1



OBR. 2



OBR.3



OBR.4