

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2023-484

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

F01D 17/16

(2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **13.12.2023**

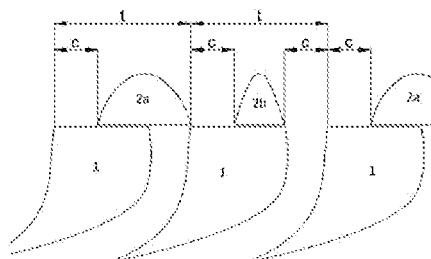
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **04.06.2025**

(Věstník č. 23/2025)

(71) Přihlašovatel:
Doosan Škoda Power a.s., Plzeň, Jižní Předměstí,
CZ

(72) Původce:
Ing. Zdeněk Šimka, Hlohová, CZ
Bartoloměj Rudas, Plzeň, Bolevec, CZ
Ing. Jan Pinkas, Velké Hydčice, CZ

(74) Zástupce:
JUDr. Michal Havlík, advokát, Hálkova 1406/2,
120 00 Praha 2, Nové Město



(54) Název přihlášky vynálezu:

Regulační mezistěna parní turbíny

(57) Anotace:

Regulační mezistěna má pevnou část, tvořenou pevnými částmi (1) lopatek uspořádanými se vzájemnými roztečemi (t), přičemž kanály mezi pevnými částmi (1) lopatek mají šířku (c), a natáčivou část, tvořenou náběžnými hranami (2) lopatek, přičemž natáčivá část mezistěny je pro postupné uzavírání kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek natáčitelná vůči pevné části. Šířka pevných částí (1) lopatek je n -násobek šířky (c) kanálů plus případný přesah (p), kde n je přirozené číslo větší než 1, a náběžné hrany (2) lopatek natáčivé části jsou n typů: prvního typu, mající šířku, která je stejná, jako šířka pevných částí (1) lopatek, druhého typu, mající šířku $(n-1)$ -násobku šířky (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek plus případný přesah (p), a tak dále, až n -tého typu, mající šířku stejnou, jako je šířka (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek plus případný přesah (p).

Regulační mezistěna parní turbíny

Oblast techniky

5

Tento vynález se týká regulační mezistěny parní turbíny. Regulační mezistěna je zařízení sloužící k regulaci tlaku v regulovaném odběru. Jejím úkolem je udržet tlak v odběru v širokém rozsahu provozních režimů, kdy se mění množství odebírané páry a tím se mění i množství procházející průtočnou částí turbíny za odběrem. Regulovaný odběr, tj. odběr páry z průtočné části turbíny, se provádí např. u teplárenských turbin, u kterých jsou odběrem topeny ohříváky topné vody. Výstupní teplota z ohříváku závisí na tlaku v odběru a je ji třeba dodržet i při velmi proměnném množství ohřívání vody a tedy i množství páry odebírané z turbíny. Může se také jednat o různé průmyslové procesy, které rovněž potřebují stálé parametry v odběru při proměnném množství páry do odběru.

15

Dosavadní stav techniky

Udržování požadovaného tlaku v odběru při měnícím se množství představuje technický problém. Se změnou odebíraného množství se totiž mění i množství média proudícího do průtočné části ve směru hlavního proudu za odběrem, což vede k tomu, že podle fyzikálních zákonů by se měnil tlak v odběru, a je proto třeba za odběr doplnit regulační orgán, který omezí kolísání tlaku v odběru. Toho se dosahuje přizpůsobením průtočné plochy regulačního orgánu zbytkovému průtoku za odběrem. K tomu může sloužit například regulační ventil nebo ventily, které se dají zavírat a otevírat dle potřeby. Dalšími možnými řešeními jsou regulační klapky nebo šoupátka.

Speciálním případem otočného šoupátka je regulační mezistěna. Jako každé otočné šoupátko je i regulační mezistěna tvořena pevnou a natáčivou částí. Zde jsou ale pevná a natáčivá část tvořeny částmi statorové mříže stupně, jejíž lopatky jsou rozřiznuté na dvě části: části lopatek u odtokových hran pevně spojené se statorem, jako u běžných (neregulačních) stupňů, označované též jako pevné části; a části obsahující náběžné hrany spojené dvěma kruhy na patě a špičce do mříže umožňující rotační pohyb vůči statoru (a tedy vůči pevným částem) kolem osy mezistěny. Tato natáčivá část je ovládána regulačním mechanismem.

35

Regulační mezistěny jsou známy jak pro axiální, tak i pro radiální a radiaxiální stupně. V případě statorové rozváděcí mříže axiálního stupně parní turbíny jsou lopatky rozřiznuté rovinou kolmou na osu mezistěny. V případě stupně s radiální nebo radiaxiální statorovou mříží je mříž rozřiznuta na dvě části válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny.

40

Změnou vzájemné polohy těchto dvou částí dochází k uzavírání resp. naopak otevírání kanálů mezi lopatkami, čímž se mění průtočná plocha mezistěny, díky čemuž je možné udržovat požadovaný tlak v prostoru před mezistěnou i v případě, že je z něj odebíráno velké množství páry a přes tuto mezistěnu proudí jen malé zbývající množství páry.

45

Při zmenšení průtočné plochy v regulačním orgánu z důvodu regulace tlaku v odběru se médium musí ve zmenšeném průřezu podstatně urychlit. U většiny regulačních orgánů následuje dále po proudu velký průřez dimenzovaný na maximální průtok (např. potrubí za ventilem nebo klapkou). V něm dojde k opětovnému zpomalení proudu, které obvykle znamená přeměnu velké části kinetické energie na teplo, které už nelze dále využít na mechanickou práci. Tomuto procesu se říká škrceň a ztrátě s ním spojené se říká škrticí ztráta. Regulační mezistěna má ale zúženou plochu ve statorové lopatkové mříži, což je velmi blízko oběžné lopatkové mříže. Proud páry tak ztratí jen malou část kinetické energie, žlábkem (přetlakovou stranou) pevné části statoru je ihned nasměrován do potřebného obvodového směru. Působením setrvačnosti pak dorazí k oběžným lopatkám, které převedou kinetickou energii na mechanickou práci. Díky tomu mají regulační

55

mezistěny lepší účinnost než jiné škrticí regulační orgány.

Regulační mezistěna oproti jiným regulačním orgánům také zabírá méně místa v axiálním směru, protože navazuje přímo na průtočnou část na svém vstupu i výstupu a sama také funguje jako součást turbínového stupně. V případě, že se tlak v místě odběru reguluje ventilem nebo klapkou, je třeba mít prostor pro přivedení páry k ventilu/klapce a pak k jejímu znovuzavedení do průtočné části.

Obvyklá a nejčastěji používaná regulační mezistěna je popsána např. v dokumentu US 5799927. Při posouvání náběžných hran ze zcela otevřené polohy dochází k postupnému uzavírání kanálů mezi lopatkami a je tak možné plynule regulovat průtok páry mezistěnou až do úplného uzavření kanálů, kdy náběžné hrany zcela uzavřou mezilopátkové kanály.

Takovéto standardní provedení mezistěny má minimální ztrátu při plném otevření, kdy na sebe natáčivá a pevná část statorové mříže navazují. Při částečném otevření však dochází na trase mezi zúženým místem a oběžnými lopatkami ke ztrátám. V částečně otevřeném stavu totiž dochází k odtrhávání proudění za hranou náběžné části a takto vzniklé víření se pak přenáší do rotorové mříže a do dalších stupňů a významně snižuje účinnost turbíny, viz např. Lampart P., Puzyrewski R., Numerical analysis of adaptive control in LP turbines, TASK Quarterly, sv. 9, č. 2, str. 211-234, 2005.

Například u kogeneračních turbín je přitom nejdůležitější provoz právě v částečně otevřeném stavu.

V některých případech tak lze dosáhnout vyšší účinnosti použitím běžného regulačního stupně s několika ventily, z nichž každý je napojen na skupinu mezilopátkových kanálů (neboli dýz), přičemž jednotlivé skupiny jsou od sebe navzájem odděleny. Postupným otevíráním ventilů se také mění průtočná plocha stupně a vytváří efekt tzv. dýzové regulace, tj. regulace po skupinách mezilopátkových kanálů (neboli dýz), kdy lze dosáhnout eliminaci ztrát škrcením v tzv. ventilových bodech, ve kterých je část ventilů naplno otevřená a tedy neškrťí a ostatní ventily jsou zcela zavřené a ztráty tedy negenerují žádné. Takovým uspořádáním lze dosáhnout toho, že na ventily navazující regulační stupeň má při částečném zatížení v okolí ventilových bodů vyšší účinnost, než částečně otevřená regulační mezistěna. Pro turbíny, u kterých má částečný provoz velkou důležitost, tedy může být uspořádání s několika ventily výhodnější, než známá regulační mezistěna.

Jiné řešení je známé z dokumentu EP 2014876. Podle tohoto řešení se částečně zakrývá kanál, který je rozdělený lopatkou na dvě části, takže v částečně zavřeném stavu je jedna z těchto dvou částí zakrytá a jedna otevřená.

V případě tohoto řešení se však nejedná o klasickou regulační mezistěnu tvořenou rozříznutou statorovou mříží, ale spíše o regulační šoupátko tvořené stěnou bez z hlediska proudění optimalizovaných úběžných profilů (je jen doplněné lopatkami). Jako takové je toto řešení z hlediska proudění neefektivní jak ve zcela otevřeném, tak v částečně otevřeném stavu. Kromě toho se obtížně navrhuje jeho design pro dosažení požadovaných parametrů, a jeho výroba je komplikovaná.

Další velkou nevýhodou tohoto řešení také je, že nereguluje plynule po celé dráze posuvu otáčivé části: v té části posuvu, kde hrana otáčivé části přechází přes meziprofil, se průtok přes mezistěnu nemění, a mezistěna tedy v této části vůbec nereguluje. To je velmi nepříjemná vlastnost z hlediska regulování stroje.

Další známá řešení (různá mechanická naklápění nebo natáčení jednotlivých lopatek apod.) jsou daleko složitější a nákladnější nejen na výrobu, ale zejména na údržbu. Vzhledem k jejich složitosti mají takováto řešení také velmi vysokou poruchovost.

Podstata vynálezu

- 5 Cílem tohoto vynálezu je proto vylepšit konstrukci regulační mezistěny tak, aby byla zlepšena její účinnost v částečně otevřeném stavu, aby pokud možno umožňovala i dýzovou regulaci, a přitom aby její konstrukce byla jednoduchá a bezporuchová.

Tohoto cíle je dosaženo regulační mezistěnou podle nároku 1. Výhodná provedení jsou předmětem závislých patentových nároků.

Podle vynálezu je obvodová šířka pevných částí lopatek n -násobek šířky c kanálů plus případný přesah p , kde n je přirozené číslo větší než 1. Šířkou c kanálů budeme v tomto textu označovat vždy šířku kanálu na vstupu do pevné části. Náběžné hrany lopatek natáčivé části jsou podle
 15 vynálezu n různých typů, přičemž jsou uspořádány náběžné hrany všech těchto typů: prvního typu, mající šířku b_1 , která je stejná jako šířka pevných částí lopatek, druhého typu, mající šířku b_2 , která je rovna $(n-1)$ -násobku šířky (c) kanálů mezi pevnými částmi lopatek plus případný přesah p , a tak dále, až n -tého typu, mající šířku (b_n) stejnou, jako je šířka c kanálů mezi pevnými částmi lopatek plus případný přesah p . Tedy:

20

$$b_1 = n * c + p$$

$$b_2 = (n - 1) * c + p$$

25

...

$$b_n = [n - (n - 1)] * c + p = c + p.$$

Přitom šířka pevné částí lopatek plus šířka mezilopátkového kanálu dohromady dává rozteč t lopatek, tj. – mn

30

$$t = b_1 + c.$$

Pokud tedy budeme vycházet z rozteče t lopatek, například při navrhování takové regulační
 35 mezistěny, je možné šířku c kanálů odvodit, pro zvolené přirozené číslo $n > 1$, podle vztahu:

$$c = (t - p) / (n + 1)$$

Je zřejmé, že, aby bylo možné mezistěnu zcela uzavřít, tak šířka všech náběžných hran (i těch
 40 nejužších) musí být alespoň taková, jako je šířka příslušného mezilopátkového kanálu, nesmí být menší. Tato skutečnost je popsána s pomocí parametru p , označujícího případný přesah. Situaci, kdy nejužší náběžná hrana je přesně taková, jako je šířka příslušného mezilopátkového kanálu, a přesah je tedy nulový, vystihuje hodnota parametru $p = 0$.

45 Z hlediska těsnosti regulační mezistěny v uzavřeném stavu je však výhodné, když je přesah nenulový, tj. $p > 0$. K optimálnímu uzavření tak dojde ve stavu po pootočení ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání o $n * c + p/2$, nicméně mezistěna je zcela uzavřena při jakémkoliv pootočení od $n * c$ do $n * c + p$. Přesah p tak představuje jakousi rozměrovou rezervu zamezující
 50 nepřesnému uzavření při nepřesném pootočení natáčivé části regulační mezistěny nebo při jejím nepřesném nesouosém ustavení vůči pevné části.

Zároveň je však výhodné, aby tento přesah nebyl příliš velký, neboť z aerodynamického hlediska by měl být co nejmenší, aby zbytečně nezmenšoval šířku kanálů.

55 Jako obzvláště výhodné se ukázaly být hodnoty přesahu p kolem 3 mm. Přesah 1,5 mm

(=3 mm/2) na obou stranách náběžné hrany je s dostatečnou rezervou takový, aby byla spolehlivě zajištěna těsnost při úplném uzavření.

Při větších rozměrech profilů může optimální hodnota přesahu p dosahovat až 6 mm, u největších profilů až 8 mm. Možné jsou však i větší přesahy.

Zároveň jsou náběžné hrany lopatek natáčivé části podle vynálezu rozmístěny tak, že:

– v plně otevřeném stavu všechny náběžné hrany $\underline{2}$ svoji ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání zadní stranou lícují s hranou příslušné pevné části $\underline{1}$, tj. plynule na ni navazují) a všechny kanály jsou otevřené,

– ve stavu po pootočení o šířku $\underline{c}$ kanálů mezi pevnými částmi $\underline{1}$ lopatek ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání,

– náběžné hrany prvního typu uzavírají ve směru natáčení sousedící kanály a ostatní kanály jsou otevřené, a

– náběžné hrany druhého typu lícují ve směru natáčení přední stranou s hranou příslušné pevné části $\underline{1}$,

– ve stavu po pootočení o dvojnásobek šířky $\underline{c}$ kanálů mezi pevnými částmi $\underline{1}$ lopatek ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání,

– náběžné hrany prvního a druhého typu uzavírají ve směru natáčení sousedící kanály a ostatní kanály jsou otevřené, a

– náběžné hrany případného třetího typu lícují ve směru natáčení přední stranou s hranou příslušné pevné části $\underline{1}$,

a tak dále, až

– ve stavu po pootočení ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání o n -násobek šířky $\underline{c}$ kanálů mezi pevnými částmi $\underline{1}$ lopatek jsou všechny kanály uzavřené.

Otvírání probíhá analogicky postupně v opačném pořadí při natáčení opačným směrem.

Toto řešení umožňuje dosáhnout efektu dýzové regulace i u regulační mezistěny a optimalizovat její účinnost pro částečné otevření.

Vhodnou volbou čísla n a počtu náběžných hran každého z těchto n různých typů a jejich seskupováním je možné nastavovat charakteristiky regulace za účelem optimalizace na očekávané nejpravděpodobnější provozní režimy podle konkrétního využití parní turbíny, zejména optimalizace proudění při předpokládaných nejčastějších provozních průtocích, které mohou například odpovídat polohám, kdy je část kanálů plně otevřena a zbývající část kanálů plně zavřena – odpadají tak nevýhody spojené s odtrháváním proudění za hranou náběžné části při jen částečném otevření kanálů.

Různými poměry počtů různě širokých náběžných hran lze mezistěnu naladit na průtok, při kterém je potřebná nejvyšší účinnost. Různé náběžné hrany lze přitom s výhodou uspořádat střídavě, například po jedné každého typu, nebo s různými počty náběžných hran různých typů, nebo je lze uspořádat do větších skupin, což umožňuje mít alespoň v části obvodu stupně nenarušené proudění a menší ztráty (pak je ale třeba mezi stupněm s mezistěnou a stupněm za ním ve směru proudu páry následujícím vytvořit dostatečně velkou mezeru, aby se při částečném otevření mohl proud páry ze skupiny otevřených kanálů rozproudít do prostoru za zavřenými

skupinami kanálů). Tím je de facto umožněno využívat výhod dýzové neboli skupinové regulace i v případě regulační mezistěny a řešení podle tohoto vynálezu tak spojuje výhody těchto dvou známých řešení.

- 5 V jednom výhodném provedení je $n = 2$, tj. šířka pevných částí lopatek je dvojnásobkem šířky kanálů mezi těmito lopatkami (plus případný přesah p), náběžné hrany prvního typu mají šířku pevných částí lopatek a náběžné hrany druhého typu mají šířku kanálů (plus případný přesah p). Toto provedení má, při zachování výhod řešení podle tohoto vynálezu, největší šířku kanálů.
- 10 V jiném výhodném provedení je $n = 3$, tj. šířka pevných částí lopatek je trojnásobkem šířky kanálů mezi těmito lopatkami (plus případný přesah p), náběžné hrany prvního typu mají šířku pevných částí lopatek, náběžné hrany druhého typu mají šířku dvojnásobku šířky kanálů (plus případný přesah p), a náběžné hrany třetího typu mají šířku kanálů (plus případný přesah p). Toto provedení má tu výhodu, že jsou k dispozici dva režimy částečného uzavření, ve kterých je část
- 15 kanálů zcela uzavřena a zbývající část kanálů zcela otevřena. Je tak možné navrhnout dva optimalizované režimy částečného uzavření regulační mezistěny.

Počet n může být i vyšší, avšak při vyšší hodnotě n se kanály rychle zmenšují, a takové systémy mají optimální pracovní režim nebo režimy až při větších odběrech páry před mezistěnou.

- 20 Takováto regulační mezistěna s dýzovou regulací má samozřejmě i svoje nevýhody – kromě mírně složitější výroby, nežli u známé standardní regulační mezistěny, je to především to, že při plném otevření úzké náběžné hrany plně nenavazují na pevné části lopatek a proto má tato mezistěna při plném otevření mírně zvýšené ztráty oproti standardní mezistěně. Tuto nevýhodu
- 25 však výrazně převyšují výhody tohoto vynálezu v oblasti částečného otevření, kdy u strojů, kde jsou takové režimy vyžadovány a mají pro provozovatele velkou důležitost, je možné docílit použitím mezistěny navržené podle tohoto vynálezu enormního zisku na účinnosti.

30 Objasnění výkresů

Vynález bude blíže vysvětlen prostřednictvím konkrétních příkladů provedení znázorněných na výkresech, na kterých představuje:

- 35 obr. 1 podélný řez axiálním stupněm s regulační mezistěnou,
- obr. 2 jedno provedení mezistěny podle vynálezu pro axiální stupeň, v rozvinutém částečném řezu válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny, v poloze plně otevřeno,
- 40 obr. 3 mezistěnu z obr. 2, v rozvinutém částečném řezu válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny, v poloze částečně otevřeno,
- obr. 4 mezistěnu z obr. 2, v rozvinutém částečném řezu válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny, v poloze zcela zavřeno,
- 45 obr. 5 jiné provedení mezistěny podle vynálezu pro axiální stupeň, v rozvinutém částečném řezu válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny, v poloze zcela otevřeno,
- obr. 6 jiné provedení mezistěny podle vynálezu pro axiální stupeň, v rozvinutém částečném řezu válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny, ve třech různých polohách,
- 50 shora dolů: zcela otevřeno, částečně otevřeno a zavřeno, a
- obr. 7 podélný řez radiaxiálním stupněm s regulační mezistěnou s radiální lopatkovou mříží.

Příklady uskutečnění vynálezu

Na obr. 1 je znázorněn částečný podélný řez axiálním stupněm s regulační mezistěnou. Profily lopatek jsou tvořeny dvěma částmi: pevnými částmi 1, které jsou pevně spojené se statorem, a náběžnými hranami 2. Náběžné hrany jsou spojeny dvěma kruhy 3, 4 na patě a na špičce a tvoří tak mříž, která se může natáčet vůči pevným částem 1.

Částečný řez válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny podle obr. 2 až 6 je veden v jednom zvoleném místě regulační mezistěny mezi oběma kruhy 3, 4 na patě a na špičce. Tvar lopatek sice zpravidla není po celé jejich délce konstantní, profily na menším vnitřním průměru jsou zpravidla axiálně i obvodově menší, než profily na větším vnějším průměru, a to proto, aby se vykompenzovala rozteč mezi lopatkami, která je úměrná průměru, nicméně poměry rozměrů navržené podle tohoto vynálezu s výhodou platí pro všechny polohy válcové plochy mezi oběma kruhy 3, 4 na patě a na špičce.

Obr. 2 až 4 představují výhodné provedení regulační mezistěny podle tohoto vynálezu se dvěma typy náběžných hran ($n = 2$) – část náběžných hran má stejnou obvodovou šířku jako pevná část 1 a v plně otevřené poloze na ni plynule navazuje (široké náběžné hrany 2a), druhá část má ale obvodovou šířku cca poloviční a v poloze plně otevřeno plynule navazuje jen na přetlakovou neboli žlábkovou stranu pevných částí 1 lopatek (úzké náběžné hrany 2b). Jak je vidět zejména na obr. 2 a 3, kanály mezi náběžnými hranami jsou také dvojího druhu – ty, které sousedí s podtlakovými stranami širších náběžných hran, mají stejnou šířku jako kanály mezi pevnými částmi profilů, kdežto ty, které sousedí s podtlakovými stranami užších náběžných hran, mají šířku rovnou dvojnásobku šířky kanálu mezi pevnými částmi profilů.

Lopátkový profil mezistěny má tedy v tomto provedení v rovině rozříznutí na pevnou a natáčivou část tloušťku o něco málo větší než $2/3$ rozteče. Na mezilopátkový kanál pak zbývá necelá $1/3$ rozteče. To je nejlépe patrné na základě porovnání obr. 2 a 4.

Při zavírání této regulační mezistěny z plně otevřeného stavu nejprve široké náběžné hrany 2a postupně zavírají s nimi sousedící kanály. V momentě jejich úplného uzavření jsou kanály sousedící s úzkými náběžnými hranami 2b ještě plně otevřené a proud jimi procházející není nijak seškrcen a pracuje tedy bez ztráty škrcením (obr. 3). V tomto okamžiku úzké náběžné hrany 2b plynule navazují naopak na podtlakovou stranu pevných částí 1.

Pro tento průtok je regulační mezistěna optimalizována. Volbou počtu náběžných hran těchto dvou typů a jejich seskupováním je možné přizpůsobit tento průtok nejpravděpodobnějšímu provoznímu režimu parní turbíny. Teprve při dalším postupu zavírání začnou zavírat i úzké náběžné hrany 2b zbývající kanály a postupně dojde až k úplnému zavření mezistěny (obr. 4).

Na obr. 5 je znázorněno jiné výhodné provedení, které obsahuje tři různé typy náběžných hran ($n = 3$). V momentě úplného uzavření širokých náběžných hran 2a jsou stále plně otevřené kanály sousedící se zbývajících typy náběžných hran 2b a 2c. Tato poloha představuje první optimální režim částečného uzavření regulační mezistěny. V momentě úplného uzavření náběžných hran 2a a 2b jsou stále plně otevřené kanály sousedící s náběžnými hranami 2c. Tato poloha představuje druhý optimální režim částečného uzavření regulační mezistěny. Volbou počtu náběžných hran těchto tří typů a jejich seskupováním je možné přizpůsobit tyto dva optimální režimy nejpravděpodobnějším provozním režimům parní turbíny. Teprve při dalším postupu zavírání začnou i třetí náběžné hrany 2c zavírat zbývající kanály a postupně dojde až k úplnému zavření mezistěny.

Toto druhé provedení tak umožňuje optimalizaci pro více provozních režimů. Daní za to je však relativně (vůči šířce mezilopátkových kanálů) větší obvodová šířka (pevných částí) lopatek. Mají tedy horší vlastnosti mezistěny ve zcela otevřeném stavu a optimálních provozních režimů je dosaženo až při větších odběrech páry před mezistěnou.

Na obr. 6 je další výhodné provedení podle nároku 3. V tomto případě jsou náběžné hrany stejného typu uspořádány do skupin. V kole může být po jedné takové skupině nebo může být i více skupin od každého typu náběžné hrany. Počet náběžných hran ve skupině opět umožňuje design regulační mezistěny přizpůsobit požadavkům zákazníka na průtok přes mezistěnu v pro něj důležitých provozech. Toto uspořádání má výhodu v provozech, při kterých za jedním typem náběžných hran jsou otevřené kanály a za sousedním typem náběžných hran jsou zavřené kanály. Přes mezeru mezi statorovými a oběžnými lopatkami jsou prostory za skupinou s otevřenými kanály spojeny s prostorem za zavřenými kanály jen na okrajích otevřené skupiny (popř. skupin). Oproti střídavému uspořádání jednotlivých typů náběžných hran tak méně páry z otevřených kanálů uniká přes výše zmíněnou mezeru do oběžných lopatek za zavřenými kanály a díky tomu dochází k menší ztrátě kinetické energie a menšímu snížení účinnosti mezistěny s tím spojené. Na druhou stranu za stupněm s mezistěnou s náběžnými hranami uspořádanými do skupin je pak mnohem nerovnoměrnější proudové pole a je nutno ponechat za ní větší mezeru před po proudu následujícím stupněm, aby pára mohla přeproudit z oběžných lopatek za otevřenými kanály mezistěny do prostoru za zavřenými kanály mezistěny. Větší nerovnoměrnost proudu by totiž způsobila větší ztráty v lopatkových mřížích stupňů po směru proudu za mezistěnou.

Provedení znázorněná na obr. 1 až 6 se týkají příkladů pro axiální stupně, kdy jsou na obr. 2 až 6 znázorněny částečné řezy válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny (a celé turbíny), rozvinutou do plochy výkresu.

Je však zřejmé, že stejná uspořádání náběžných hran různých typů lze analogicky realizovat i pro radiální a radiální turbínové stupně. Na obr. 7 je znázorněn částečný podélný řez příkladem radiálního stupně s regulační mezistěnou s radiální lopatkovou mříží. Při zanedbání zakřivení radiální regulační mezistěny (tj. jako kdyby lopatkové kolo mělo nekonečný průměr) by dokonce i příslušné řezy lopatek vypadaly stejně, jako na obr. 2 až 6, jen je (namísto řezu válcovou plochou s osou totožnou s osou mezistěny) třeba uvažovat řez rovinou kolmou na osu mezistěny (a celé turbíny).

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Regulační mezistěna parní turbíny, mající

– pevnou část mezistěny tvořenou pevnými částmi (1) lopatek uspořádanými se vzájemnými roztečemi (t), přičemž kanály mezi pevnými částmi (1) lopatek mají na vstupu šířku (c), a

– natáčivou část mezistěny, tvořenou náběžnými hranami (2) lopatek, přičemž natáčivá část mezistěny je pro postupné uzavírání kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek natáčitelná vůči pevné části mezistěny,

vyznačující se tím, že

šířka pevných částí (1) lopatek je n-násobek šířky (c) kanálů plus případný přesah (p), kde n je přirozené číslo větší než 1,

přičemž náběžné hrany (2) lopatek natáčivé části jsou n typů:

– prvního typu, mající šířku (b_1), která je stejná, jako šířka pevných částí (1) lopatek, tj.

$$b_1 = n * c + p,$$

– druhého typu, mající šířku (b_2), která je rovna (n-1)-násobku šířky (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek plus případný přesah (p), tj.

$$b_2 = (n-1) * c + p,$$

a tak dále, až

– n-tého typu, mající šířku (b_n) stejnou, jako je šířka (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek plus případný přesah (p), tj.

$$b_n = c + p,$$

a jsou rozmístěny tak, že

– v plně otevřeném stavu všechny náběžné hrany (2) svojí ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání zadní stranou lícují s hranou příslušné pevné části (1) a všechny kanály jsou otevřené,

– ve stavu po pootočení o šířku (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání

– náběžné hrany prvního typu uzavírají ve směru natáčení sousedící kanály a ostatní kanály jsou otevřené, a

– náběžné hrany druhého typu lícují ve směru natáčení přední stranou s hranou příslušné pevné části (1),

– ve stavu po pootočení o dvojnásobek šířky (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání

– náběžné hrany prvního a druhého typu uzavírají ve směru natáčení sousedící kanály a ostatní kanály jsou otevřené, a

– náběžné hrany případného třetího typu lícují ve směru natáčení přední stranou s hranou příslušné pevné části (1),

a tak dále, až

– ve stavu po pootočení ve směru natáčení natáčivé části při uzavírání o n -násobek šířky (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek jsou všechny kanály uzavřené.

2. Regulační mezistěna podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že náběžné hrany (2) lopatek natáčivé části jsou uspořádány střídavě pravidelně po celém obvodu regulační mezistěny, tj. vedle náběžné hrany (2a) prvního typu je uspořádána náběžná hrana (2b) druhého typu, následuje případná náběžná hrana (2c) třetího typu, a tak dále, až vedle náběžné hrany ($n-1$)-ho typu je uspořádána náběžná hrana n -tého typu, vedle které pak následuje opět náběžná hrana (2a) prvního typu, a tak stále dokola po celém obvodu regulační mezistěny, přičemž počty náběžných hran různých typů jsou stejné.

3. Regulační mezistěna nároku 1, **vyznačující se tím**, že náběžné hrany (2) lopatek natáčivé části jsou uspořádány do skupin podle jednotlivých typů, tj. vedle skupiny několika náběžných hran jednoho typu je uspořádána skupina několika náběžných hran jiného typu, a tak dále po celém obvodu regulační mezistěny, přičemž lopatky jednoho každého typu mohou být všechny pohromadě v jedné skupině, nebo mohou být rozděleny do několika skupin.

4. Regulační mezistěna podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že přesah (p) je nenulový, tj. $p > 0$.

5. Regulační mezistěna podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že přesah $p \geq 3$ mm.

6. Regulační mezistěna podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že přesah $p \leq 8$ mm, s výhodou $p \leq 6$ mm.

7. Regulační mezistěna podle kteréhokoliv z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že náběžné hrany (2) lopatek natáčivé části jsou dvou typů, tj. $n = 2$, a tedy:

– náběžné hrany (2a) prvního typu mají šířku (b_1), která je stejná jako šířka pevných částí (1) lopatek,

$$b_1 = 2 * c + p,$$

– náběžné hrany (2b) druhého typu mají šířku (b_2), která je rovna šířce (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek plus případný přesah (p),

$$b_2 = c + p.$$

8. Regulační mezistěna podle kteréhokoliv z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že náběžné hrany (2) lopatek natáčivé části jsou tří typů, tj. $n = 3$, a tedy:

– náběžné hrany (2a) prvního typu mají šířku (b_1), která je stejná, jako šířka pevných částí (1) lopatek,

$$b_1 = 3 * c + p,$$

– náběžné hrany (2b) druhého typu mají šířku (b_2)

$$b_2 = 2 * c + p,$$

– náběžné hrany (2c) třetího typu mají šířku (b_3), která je rovna šířce (c) kanálů mezi pevnými částmi (1) lopatek plus případný přesah (p),

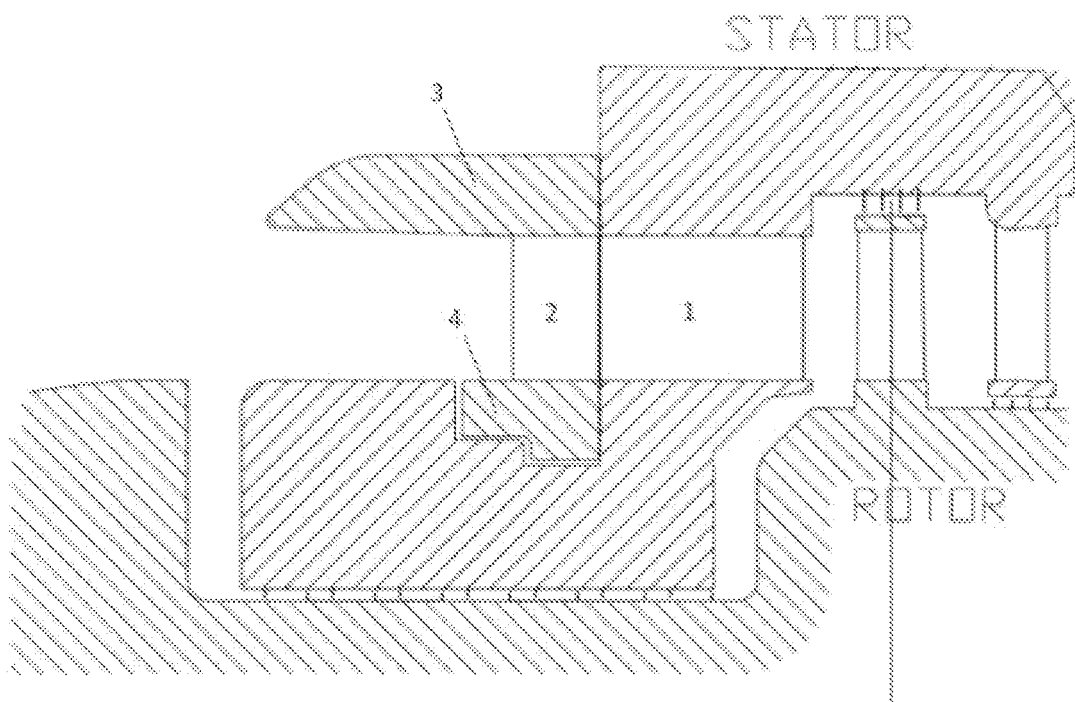
$$b_3 = c + p.$$

5

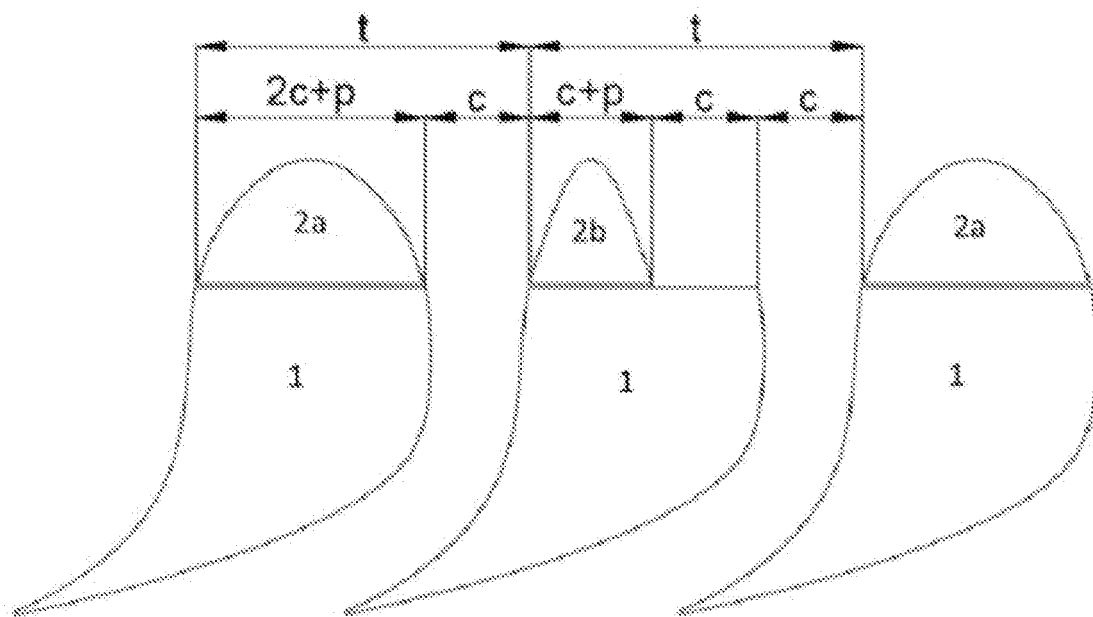
4 výkresy

Seznam vztahových značek:

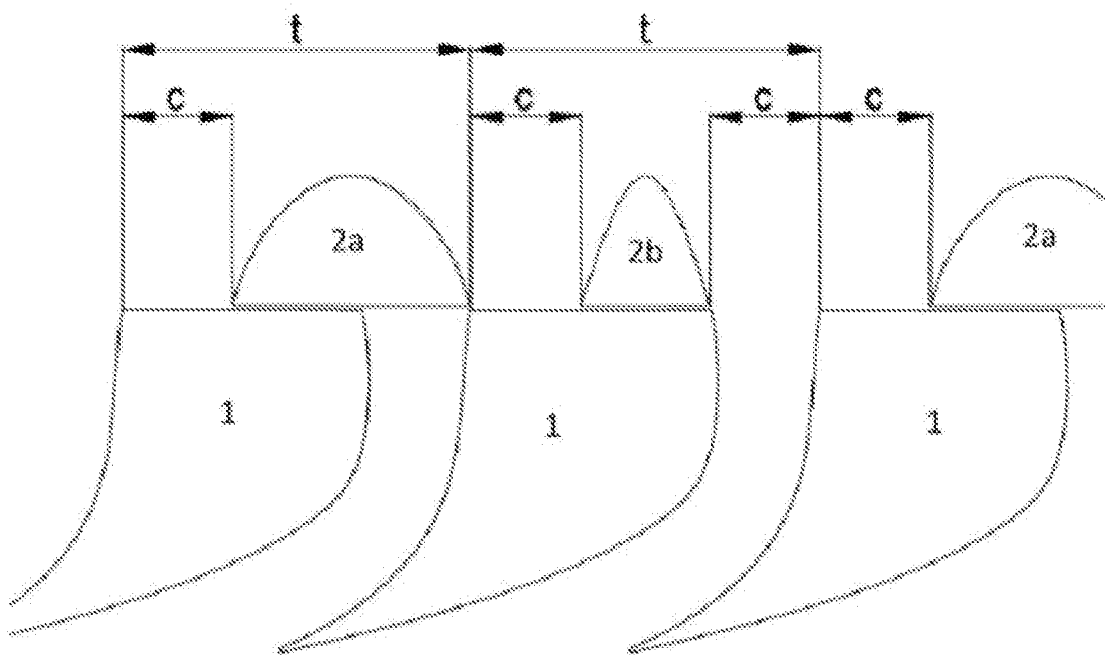
- 1 – pevná část (lopatky regulační mezistěny)
- 2 – náběžná hrana (lopatky regulační mezistěny)
- 2a – náběžná hrana (prvního typu, neboli široká náběžná hrana)
- 2b – náběžná hrana (druhého typu, neboli úzká náběžná hrana)
- 2c – náběžná hrana (případného třetího typu)
- 3 – kruh (spojující náběžné hrany regulační mezistěny na špičce)
- 4 – kruh (spojující náběžné hrany regulační mezistěny na patě)
- b_1 až b_n – šířky náběžných hran lopatek



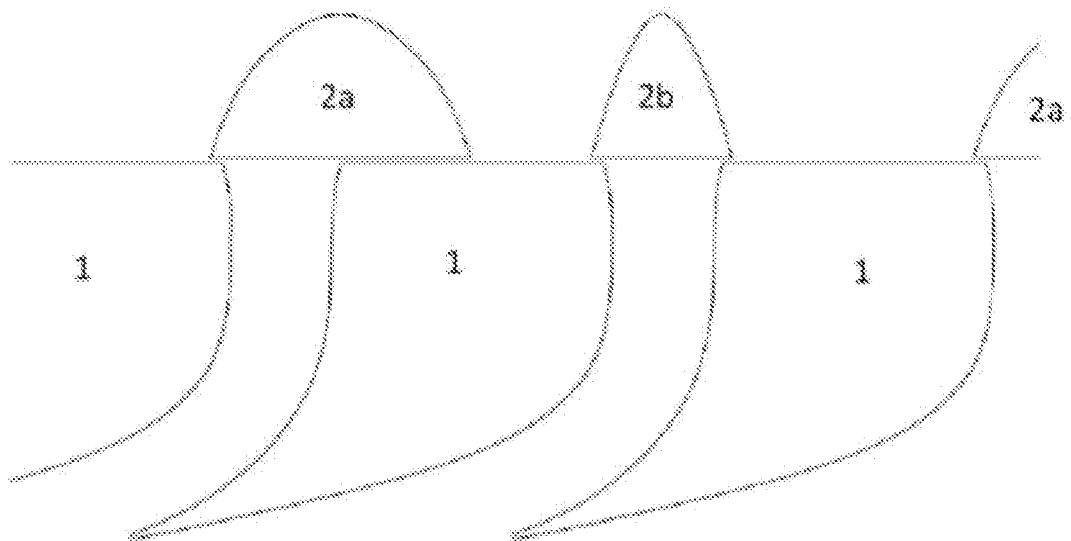
Obr. 1



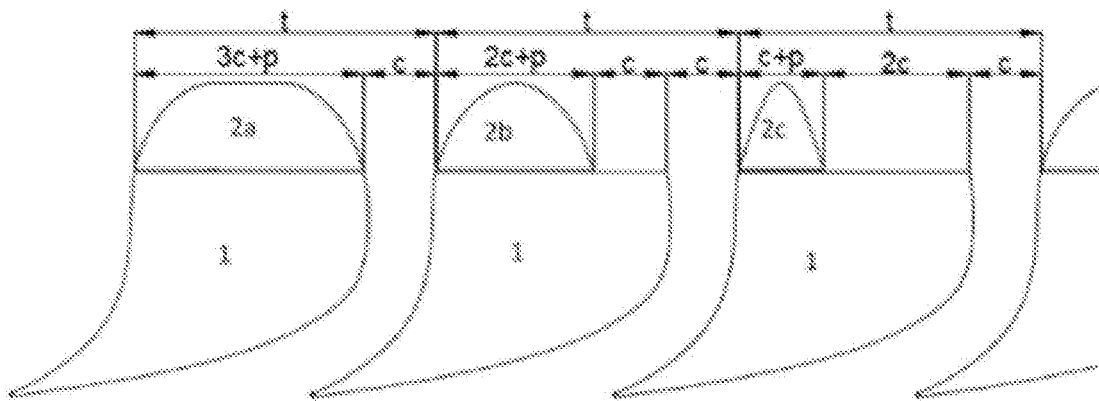
Obr. 2



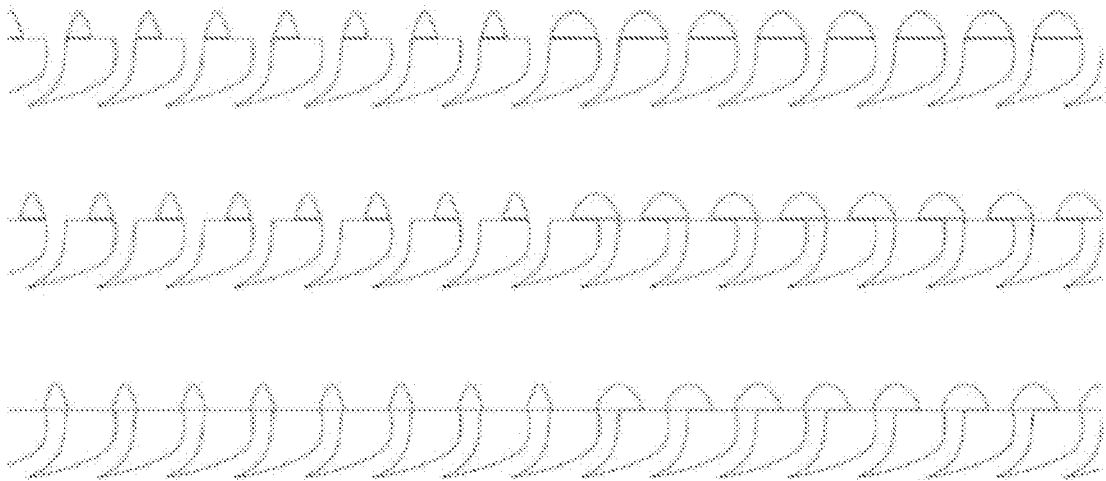
Obr. 3



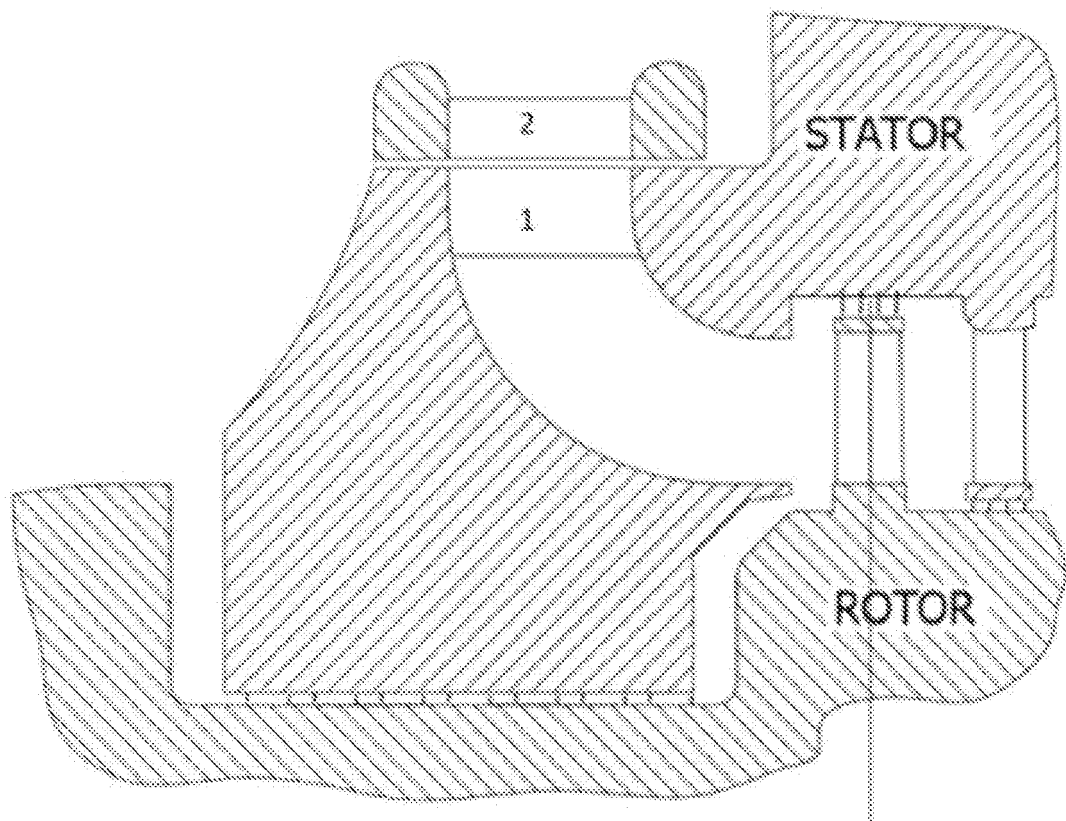
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7