

FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

273 889

(21) PV 912-89.0
(22) Přihlášeno 13 02 89

(40) Zveřejněno 14 08 90
(45) Vydáno 04 05 92

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl. 5
F 04 D 27/02

(75) Autor vynálezu

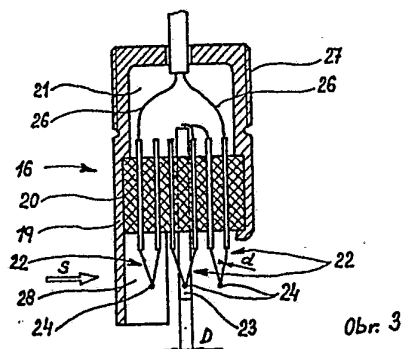
ANDĚRA VRATISLAV ing., EICHLER LADISLAV,
FEIERFEIL JIŘÍ ing., GOLDŠMÍD IVAN ing.,
MÁŠA JAROSLAV ing., MISÁREK DUŠAN ing.,
NOŽIČKA JIŘÍ ing., PETÁK VÁCLAV ing., PRAHA

(54)

Teplotní čidlo antipompážní
regulace turbokompresoru

(57)

Řešení je vhodné pro stroje s provozem při extrémně nízkých tlakových hladinách stroje. Teplotní čidlo (16) obsahuje alespoň dva termočlánky (TČ) (22). Mezi každou sousední dvojicí TČ (22) je v izolační vložce (20) uložen multiplikační element (23), který je vodivě napojen na sousední TČ (22) a druhým koncem vložen, stejně jako TČ (22) do průtočné části (25) turbokompresoru (1). Multiplikační element (23) je váleček z elektricky a tepelně vodivého materiálu o průměru (D), který je nejméně 6x větší než průměr (d) vodičů (26) TČ (22). Těleso (20) teplotního čidla (16) je na náběhové straně proudu vzdušiny opatřeno otevřeným ochranným štítem (28).



Obr. 3

Vynález se týká teplotního čidla antipompážní regulace turbokompresoru, určeného pro vyvedení stroje z nestabilní oblasti jeho charakteristiky. Jeho použití je vhodné především u strojů s provozem v extrémně nízkých tlakových hladinách.

Provozní charakteristika turbokompresoru, tj. vztah mezi nasávaným množstvím komprimované vzdušiny a celkovým stlačením, se skládá ze dvou větví. V tak zvané pravé, stabilní větvi charakteristiky při snižování komprimovaného množství roste postupně velikost celkového stlačení až do jeho maximální hodnoty. Tento bod charakteristiky při maximálním stlačení je zhruba totožný s tak zvanou mezí pompáže, která tvoří předěl mezi stabilní větvi charakteristiky a její levou, nestabilní větví. Při provozu s nižším nasávaným množstvím vzdušiny než odpovídá mezi pompáže, v levé větvi charakteristiky by teoreticky mělo dojít, v závislosti se snižováním množství, ke snižování celkového stlačení. U turbokompresorů však při provozu v blízkosti maximálního stlačení a pod mezí pompáže v nestabilní oblasti charakteristiky dochází k velmi složitým aerodynamickým jevům, z nichž nejzávažnější pro bezpečnost provozu je rotující odtržení proudu vzdušiny a pompáž. Forma a intenzita těchto jevů závisí na mnoha faktorech, například na velikosti stlačení v jednotlivých stupních, na počtu kompresních stupňů, na celkovém stlačení, na hustotě komprimované vzdušiny, na celkovém objemu vnitřních prostor turbokompresoru a připojeného potrubí a na dalších činitelích.

Pro provoz stroje zvlášť nebezpečné poměry nastávají u vícestupňových axiálních turbokompresorů s vysokým stlačením v jednotlivých stupních. Dojde-li u těchto strojů k pompáži, zvyšuje se několásobně namáhání některých vysoce exponovaných částí stroje, jako jsou například rotorové a statorové lopatky a provoz v této oblasti charakteristiky stroje by mohl způsobit havárii celého stroje. Z těchto důvodů se turbokompresory opatřují tak zvanou antipompážní regulací, která má provozu v nestabilní oblasti charakteristiky zabránit. Turbokompresory se na výtlačné straně opatřují přepouštěcím potrubím s přepouštěcí armaturou. Pokud požadovaný odběr komprimované nebo nasávané vzdušiny poklesne pod množství odpovídající mezi pompáže, nechá se turbokompresor pracovat v oblasti těsně nad mezí pompáže a přebytečné množství vzdušiny se přepouštěcí armaturou přepouští buď do sáního potrubí, nebo do atmosféry. Existuje velké množství systémů antipompážní regulace, které naprosto bezpečně vyhovují v technické praxi u strojů pro běžné použití. V některých zvláštních případech však mohou vzniknout takové provozní podmínky, při kterých dosud známé a používané systémy antipompážní regulace nejsou schopny zabránit provozu stroje v nestabilní oblasti jeho charakteristiky. Taková situace se může vytvořit například tím, že dojde ke změně polohy meze pompáže na charakteristice stroje v důsledku změny Reynoldsova čísla při podstatné změně teploty nebo tlakové hladiny, nebo při zanesení průtočné části, nebo při změně nerovnoměrnosti proudění na vstupu, například při vytvoření námrazy a podobně. A také je tomu tak například při rozběhu stroje, kdy se automatická antipompážní regulace obvykle odpojuje, a stroj může pracovat v nestabilní oblasti charakteristiky.

Z uvedených důvodů se axiální turbokompresory určené pro provoz v mimořádných podmínkách mimo vlastní antipompážní regulace opatřují ještě zvláštním ochranným zařízením, které má vyloučit, aby stroj pracoval v nebezpečné oblasti. V okamžiku, kdy samotná antipompážní regulace nezabrání tomu, že stroj "spadne" do nebezpečné provozní oblasti, zasáhne toto zařízení a stroj z této oblasti "vyvede" nebo zajistí odstavení poháněcího motoru. Je známa řada takovýchto ochranných zařízení, například čs. autorské osvědčení č. 206 124. Všechna jsou v podstatě založena na tom, že jejich teplotní čidlo reaguje na náhlé zvýšení teploty a popřípadě i na změnu smyslu proudění komprimované vzdušiny při vzniku rotujícího odtržení a pompáže. Všechna teplotní čidla těchto ochranných zařízení se však ukázala jako málo účinná za provozu turbokompresoru při enormně nízké tlakové hladině na úrovni několika setin nebo dokonce jen několika tisícin atmosférického tlaku. Takovéto podmínky se vyskytují například při provozu turbokompresorů pro výzkumná a experimentální zařízení. Při těchto extrémně nízkých tlacích a s tím i extrémně malé hustotě komprimované vzdušiny je množství tepla předaného teplotnímu čidlu vzdušinou velmi malé

vůči množství tepla odvedeného z čidla sáláním nebo vedením. A tak i při zvýšení teploty řádově o sto stupňů, indikuje teplotní čidlo pouze zvýšení teploty o několik stupňů. Známa provedení teplotních čidel, která jinak bezpečně pracují při vyšších tlacích, při extrémně nízké tlakové hladině naprosto selhávají. Nevyhovuje ani stínění známých teplotních čidel, a to jak funkčně, tak co do vlastní konstrukce. Klecovité uzavřené stínící prvky s několika otvory jsou jednak výrobně komplikované a jednak v podmínkách enormně nízkých tlaků vzdušiny při provozu mají příliš vysokou funkční časovou prodlevu na náhlé a prudké zvýšení teploty při počínajícím přechodu provozu stroje do nestabilní oblasti charakteristiky.

Pro uvedené extrémní tlakové podmínky vyhovuje však teplotní čidlo pro vyvedení turbokompresoru z nestabilní oblasti charakteristiky podle vynálezu. Jeho podstatou je, že mezi každou sousední dvojicí termočlánků je v izolační vložce uložen alespoň jeden multiplikační element, který je ve vnitřním prostoru teplotního čidla vodiivě napojen na sousední termočlánky. Druhým koncem je vložen stejně jako termočlánky do průtočné části turbokompresoru.

Těleso teplotního čidla je s výhodou na čelní, náběhové straně, opatřeno ochranným štítem. Ochranný štít je otevřený pouze s radiálním a šířkovým přesahem vůči vodičům termočlánků i multiplikačním elementům.

Hlavní výhoda provedení teplotního čidla podle vynálezu spočívá v tom, že zabezpečení axiálního turbokompresoru proti provozu v nestabilní oblasti charakteristiky stroje je možno aplikovat i u turbokompresorů pracujících při enormně nízké tlakové hladině. Tak lze předejít možnosti velmi vážných následků při provozu včetně havárie i takového stroje, který je vybaven běžnou antipompážní ochranou.

Nejvýhodnější časovou konstantu a optimální charakteristiku teplotního čidla pro daný případ použití je možno dosáhnout jednak volbou počtu termočlánků a multiplikačních elementů a také vhodnými rozměry, délkou přečnívajícího konce a použitým materiálem multiplikačního elementu.

Příklad umístění teplotního čidla v axiálním turbokompresoru, základní schéma jeho zapojení v antipompážní ochraně stroje a příklady vlastního provedení teplotního čidla podle vynálezu jsou znázorněny na připojeném výkresu, kde na obr. 1 je zobrazeno základní schéma umístění a zapojení teplotního čidla v antipompážní ochraně turbokompresorového soustrojí, na obr. 2 je zakreslen detail podélného řezu průtočné části turbokompresoru v místě uložení teplotního čidla a příklad jeho konstrukce, na obr. 3 je znázorněn podélný řez alternativním provedením teplotního čidla a na obr. 4 je potom čelní pohled na teplotní čidlo z obr. 3.

Turbokompresorové soustrojí podle obr. 1 je tvořeno axiálním turbokompresorem 1 spojeným přes spojku 2 s elektromotorem 3. V sacím potrubí 4 axiálního turbokompresoru 1 je umístěna regulační armatura 5 s prvním servopohonem 6 a ve výtlačném potrubí 7 je zabudována regulační a uzavírací armatura 8 s druhým servopohonem 9. V přepouštěcím potrubí 10, kterým je v příkladu provedení propojeno výtlačné potrubí 7 se sacím potrubím 4, je uložena přepouštěcí armatura 11 se třetím servopohonem 12. Ve stěně skříně 13 turbokompresoru 1 v mezeře mezi dvěma vstupními statorovými lopatkami 14, za kterými je znázorněna první řada rotorových lopatek 15, je uchyceno teplotní čidlo 16. Teplotní čidlo 16 je propojeno s relé 17, které je součástí zařízení pro vyvedení stroje z nestabilní oblasti jeho charakteristiky. Relé 17 je elektricky propojeno se servopohony 6, 9, 12 armatur 5, 8, 11 a podle obr. 1 i s vypínacím ústrojím 18 elektromotoru 3. Teplotní čidlo 16 podle obr. 2 se skládá z tělesa 19, ve kterém jsou v izolační vložce 20 uloženy a ve vnitřním prostoru 21 teplotního čidla 16 vzájemně sériově propojeny dva termočlánky 22. Mezi termočlánky 22 je v izolační vložce 20 uložen multiplikační element 23, který ve vnitřním prostoru 21 teplotního čidla 16 je svým jedním koncem vodiivě napojen na oba termočlánky 22. Druhým koncem zasahuje stejně jako měřicí spoje 24 termočlánků 22 do průtočné části 25 turbokompresoru 1. Multiplikační element 23 je váleček z elektricky a tepelně vodiivého

materiálu o průměru D nejméně šestinásobně větším, než je průměr d vodičů 26 termočlánků 22. Těleso 19 teplotního čidla 16 je ve stěně skříně 13 turbokompresoru 1 uchyceno závitovým spojem 27. Na obr. 3 a 4 je teplotní čidlo 16 tvořeno třemi sériově propojeným termočlánky 22. Každá dvojice sousedících termočlánků 2 je vodivě napojena na jeden multiplikační element 23, takže v příkladu provedení podle obr. 4 jsou mezi třemi termočlánky 22 vodivě napojeny dva multiplikační elementy 23. Druhým koncem zasahují termočlánky 22 i oba multiplikační elementy 23 opět do průtočné části 25 turbokompresoru 1. Teplotní čidlo 16 je na čelní náběhové straně opatřeno ochranným štítem 28 vytvořeným jak radiálně, tak co do šířky s přesahem vůči vodičům 26 termočlánků 22 i vůči multiplikačním elementům 23.

Teplotní čidlo 16 podle vynálezu pracuje tak, že při počátku přechodu stroje do nestabilní oblasti charakteristiky reaguje ve velmi krátkém časovém rozmezí a velmi výrazně na prudké zvýšení teploty způsobené začínající pompáží, popřípadě odtržením proudu vzdušiny. Děje se tak impulsem od teplotního čidla 16, který je relém 17 přenášen na ovládací prvky soustrojí, podle obr. 1 alternativně na některý ze servopohonů 6, 9, 12 armatur 5, 8, 11 a popřípadě i na vypínací ústrojí 18 elektromotoru 3. Multiplikační element 23 přitom působí určitou dobu jako přídatný referenční spoj do série zapojených termočlánků 12 a teplotní čidlo 16 generuje několikanásobné hodnoty teploty ve srovnání s běžným provedením čidla. Po vyvedení stroje z nestabilní charakteristiky stroje, například otevřením přepouštěcí armatury 11 a odvedením části vzdušiny z výtlačného potrubí 7 do sacího potrubí 4 dochází k vyrovnaní teplot všech elementů teplotního čidla 16 a tak při pomalém, přirozeném zvyšování teploty komprimované vzdušiny teplotní čidlo 16 se chová tak, jako by multiplikační elementy 23 nebyly v teplotním čidle 16 zapojeny.

Ochranný štít 28 plní tři funkce. Předně chrání přečnívající části teplotního čidla 16 před poškozením nečistotami nasávané vzdušiny ve směru s . Dále potom při vznikající pompáži a rotujícím odtržení vzdušiny, kdy dochází k proudění vzdušiny obráceným směrem, působí ochranný štít 28 jako "brzdící" element, který zvyšuje restituční faktor teplotního čidla 16.

Tím se přibližuje teplota teplotního čidla 16 celkové teplotě vzdušiny v ustáleném stavu. Třetí funkce ochranného štítu 28 spočívá v prodloužení časové konstanty teplotního čidla 16 v normálním provozu stroje v pravé větvi charakteristiky, kdy je teplotní čidlo 16 obtékáno ze strany ochranného štítu 28, což zabraňuje vzniku rušivého signálu způsobeného jinými příčinami, například rychlou změnou teploty nasávaného plynu.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Teplotní čidlo antipompážní regulace turbokompresoru, určené pro vyvedení stroje z nestabilní oblasti jeho charakteristiky, zejména pro stroje s provozem při tlakových hladinách několika setin, nebo tisícín atmosférického tlaku, sestávající z tělesa teplotního čidla, ve kterém jsou v izolační vložce uloženy, a ve vnitřním prostoru teplotního čidla vzájemně sériově propojeny, alespoň dva termočlánky zasahující svými vodiči do průtočné části stroje, vyznačující se tím, že mezi každou sousední dvojicí termočlánků (22) je v izolační vložce (20) uložen multiplikační element (23), který je ve vnitřním prostoru (21) teplotního čidla (16) vodivě napojen na sousední termočlánky (22) a druhým koncem je vložen, stejně jako termočlánky (22) do průtočné části (25) turbokompresoru (1).

2. Teplotní čidlo podle bodu 1, vyznačující se tím, že těleso (20) teplotního čidla (16) je na čelní, náběhové straně proudu vzdušiny opatřeno otevřeným ochranným štítem (28), vytvořeným pouze s radiálním a šířkovým přesahem vůči vodičům (26) termočlánků (22) i multiplikačním elementům (23).

