PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2019-295

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01M 13/00	(2019.01)
F01D 5/00	(2006.01)
G01P 3/64	(2006.01)

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **13.05.2019**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **07.10.2020**

(Věstník č. 41/2020)

(71) Přihlašovatel:
Ústav Termomechaniky AV ČR, v.v.i., Praha 8, Libeň, CZ

(72) Původce:
Ing. Pavel Procházka, CSc., Praha 8, Kobylisy, CZ

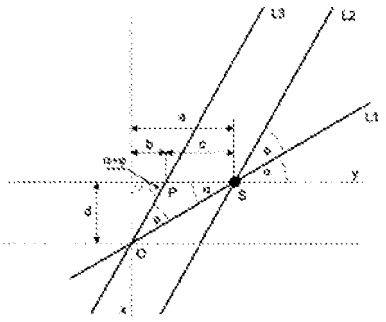
(74) Zástupce:
NEOLEGAL - advokátní a patentová kancelář, Ing. Jaroslav Novotný, Římská 2135/45, 120 00 Praha 2, Vinohrady

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace

(57) Anotace:

Způsob stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace, spočívá v tom, že na stator lopatkového stroje se v rovině kolmé na osu rotace lopatkového stroje, která je zároveň různá od rovnoběžné roviny, v níž leží střed (O) natáčení břitu lopatky, umístí senzor (S) průchodu břitu lopatky, přičemž se známými metodami pro měření času stanoví časová diference průchodu břitu lopatek v různých otáčkách pod senzorem (S) průchodu břitu lopatky, ze které se následně vypočte hodnota úhlového natočení (φ) lopatky.



CZ 2019 - 295 A3

Způsob stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace, který je založen na měření času průchodu sledované lopatky okolo bezkontaktního senzoru umístěného na statoru stroje.

Dosavadní stav techniky

Na rotující lopatky velkých lopatkových strojů, např. plynových a parních turbín, kompresorů a ventilátorů, působí síly, které jsou výslednicí odstředivých sil a aerodynamických sil, jimiž proudící médium, např. vodní pára, působí na lopatky lopatkového stroje. V důsledku působení těchto sil dochází i ke změně tvaru lopatek, zejména k jejich prodloužení a natočení, resp. rozkroucení. Tyto charakteristiky mají jednak vliv na účinnost stroje a jednak mohou být i projevem poškození příslušné lopatky lopatkového stroje. Je-li některá z lopatek poškozena trhlinou, sníží se hodnota její tuhosti v ohybu a rovněž torzní tuhosti. V důsledku působení tlaku páry, odstředivých a setrvačných sil při rotaci, dojde ke zvýšenému ohybu poškozené lopatky a současně dojde i ke změně úhlu sklonu břitu lopatky vzhledem k rovině rotace. Postupující poškození lopatky trhlinou je charakterizováno trendem změny mezilopatkových vzdáleností a současně trendem natáčení břitu lopatky.

Z těchto skutečností je zřejmé, že je důležité získat informace o skutečném úhlovém natočení břitu lopatky za provozu. Střídavá složka této charakteristiky poskytuje informaci o torzních kmitech lopatky, které mohou mít vliv na její životnost. V patentovém dokumentu CZ 307571 B6 "Způsob identifikace poškozené lopatky lopatkového stroje za provozu" je popsán způsob stanovení úhlu sklonu břitu lopatky vzhledem k rovině rotace pomocí dvou statorových senzorů, přičemž jeden senzor je umístěn u náběžné hrany lopatek a druhý u odtokové hrany. Pomocí časoměrných zařízení jsou měřeny a ukládány časy průchodů všech lopatek lopatkového stroje. Z časových údajů se následně vyhodnotí časové diference časů průchodu lopatek a z nich se vypočtou mezilopatkové vzdálenosti a současně lopatkové vzdálenosti, které charakterizují natočení lopatky. Pro stanovení časů průchodu lopatek je zapotřebí třetí, referenční snímač, který slouží k identifikaci jednotlivých lopatek a odečtu nulového časového údaje v každé otáčce. Vzhledem k tomuto času jsou pak vyhodnoceny časy průchodu lopatky pod náběžným a odtokovým senzorem a z nich stanovena časová diference a příslušné mezilopatkové vzdálenosti, které nepřímo vypovídají o úhlu natočení břitu lopatky. Nevýhodou je, že časové diference jsou stanoveny jako rozdíl dvou rozdílů časových hodnot: 1. času průchodu lopatky pod senzorem náběžné hrany a nulového času referenční značky a 2. času průchodu lopatky pod senzorem odtokové hrany a nulového času referenční značky. Tento složitější postup výpočtu může vést ke zvýšené chybě měření. Hlavní nevýhodou je však to, že senzory musí být pro dosažení dostatečné citlivosti umístěny nad hranami lopatek a při axiálním posuvu celého rotoru, který může být např. u parní turbíny i více než 10 mm, dochází ke ztrátě signálu jednoho senzoru a výpadku celého měřicího systému.

Podstata vynálezu

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se na stator lopatkového stroje umístí jeden bezkontaktní senzor průchodu břitu lopatky, který leží v rovině kolmé na osu rotace lopatkového stroje a zároveň rovnoběžné s rovinou, rovněž kolmou na osu rotace lopatkového stroje, v níž leží střed natáčení břitu lopatky, kolem nějž se otáčí břit lopatky při úhlovém natočení. Důležitou podmínkou je, že rovina, jíž prochází střed natáčení břitu lopatky, není totožná s rovinou, v níž leží senzor průchodu břitu lopatky. V takovém případě při úhlovém natočení břitu lopatky

dojde k časovému posunu okamžiku průchodu břitu lopatky pod bezkontaktním senzorem. Tento časový posun se pro každý sledovaný režim provozu kola, např. otáčky, stanoví zařízením pro měření času. Z rozdílu časů průchodu lopatky je pak ve vyhodnocovacím zařízení vyhodnocena hodnota úhlového natočení břitu lopatky.

Objasnění výkresů

Vynález je dále blíže objasněn pomocí výkresu, kde na obr. 1 je schematicky zobrazen v půdorysu pohled na koncový profil, tedy břit lopatky v různých polohách, a to při průchodu natočeného i nenatočeného břitu lopatky pod senzorem průchodu lopatky a při průchodu natočeného i nenatočeného břitu lopatky středem natáčení břitu lopatky.

Příklad uskutečnění vynálezu

Způsob stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace je demonstrován na příkladu podle obr. 1, kde je znázorněn jeden senzor S průchodu břitu lopatky, pod nímž právě prochází břit L1 lopatky ve výchozí úhlové poloze. V půdorysu na obr. 1 se břit L1 lopatky při otáčení lopatkového kola pohybuje ve směru tangenciální osy y, tedy v obvodovém směru. Břit L1 lopatky svírá s osou y úhel α. V jiném časovém okamžiku, tedy v jiné otáčce stroje, může dojít k tomu, že se břit L1 lopatky natočí o úhel φ. Taková situace je znázorněna břitem L2 lopatky, který právě prochází pod senzorem S průchodu břitu lopatky. V jistém časovém okamžiku prochází břit L2 lopatky středem O natáčení břitu lopatky. Tato situace je zobrazena jako břit L3 lopatky, který je vůči ose y natočen o úhel α + φ. Senzor S průchodu břitu lopatky a střed O natáčení břitu lopatky leží ve dvou různých rovinách, kolmých na osu otáčení lopatkového kola, mezi nimiž je nenulová vzdálenost d. Osa otáčení lopatkového kola je ve znázorněném příkladu rovnoběžná s osou x souřadnicového systému. Rozdílnému času průchodu břitu L3 lopatky středem O natáčení břitu lopatky a průchodu břitu L2 lopatky pod senzorem S průchodu břitu lopatky odpovídá na ose y vzdálenost c, tedy vzdálenost mezi body P a S na obr. 1.

Vzdálenost c můžeme vyjádřit jako

$$c = \Omega R \Delta t ,$$

kde Ω [rad/s] je úhlová frekvence otáčení lopatkového kola, R je poloměr lopatkového kola a Δt je naměřená časová diference průchodu břitu L2 a L3 pod senzorem S průchodu břitu lopatky. Pro úhlové veličiny v obr. 1 platí vztahy

$$\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{d}{a}, \quad \mathrm{tg}(\alpha + \varphi) = \frac{d}{b} .$$

Z obou vztahů můžeme odvodit výsledný vztah pro výpočet úhlového natočení φ břitu lopatky

$$\varphi = \mathrm{arctg}\,\frac{d\,\mathrm{tg}\,\alpha}{d - \Omega R \Delta t\,\mathrm{tg}\,\alpha} - \alpha .$$

Průmyslová využitelnost

Způsob stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace lze využít pro monitorování

stavu lopatek velkých lopatkových strojů za provozu a jejich ochranu před devastujícími haváriemi. Vynález lze využít zejména při zajištění bezpečného provozu parních a plynových turbín, velkých ventilátorů a kompresorů, kde dochází v důsledku odstředivých sil a superpozici vibrací k nadměrnému namáhání dlouhých rotujících lopatek, které může vést při jejich odlomení k havárii stroje s velkými ekonomickými ztrátami a v případě elektrárenských turbosoustrojí i celospolečenskými škodami. Znalost skutečné hodnoty natočení břitů lopatek je také důležitá pro optimalizaci účinnosti lopatkového stroje.

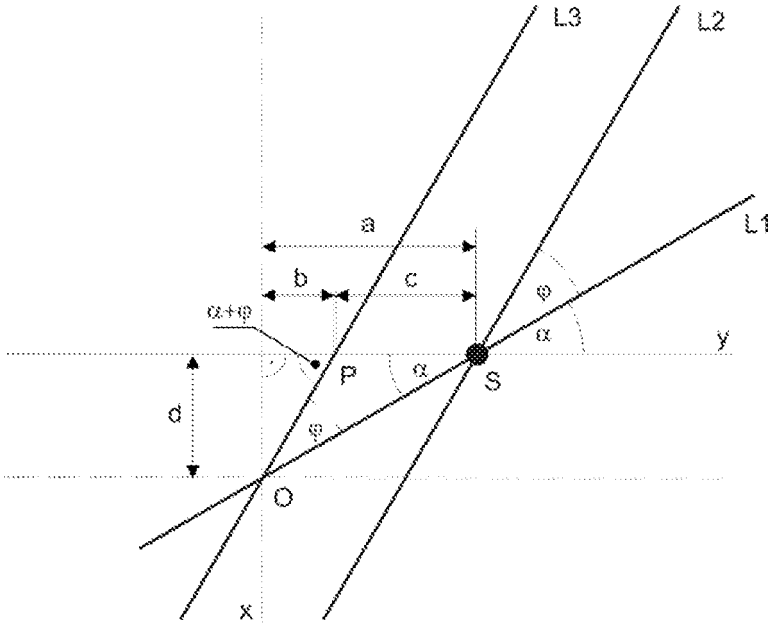
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob stanovení natočení břitu lopatky lopatkového stroje za rotace, **vyznačující se tím**, že na stator lopatkového stroje se v rovině kolmé na osu rotace lopatkového stroje, která je zároveň různá od rovnoběžné roviny, v níž leží střed (O) natáčení břitu lopatky, umístí senzor (S) průchodu břitu lopatky, přičemž se stanoví časová diference průchodu břitu lopatek v různých otáčkách pod senzorem (S) průchodu břitu lopatky, ze které se následně vypočte hodnota úhlového natočení (φ) břitu lopatky.

1 výkres

Seznam vztahových značek

- x osa souřadnicového systému (axiální směr)
- y osa souřadnicového systému (obvodový směr)
- L1 břit lopatky - výchozí poloha
- L2 břit lopatky - poloha po natočení
- L3 břit lopatky - posunutá poloha po natočení
- α výchozí úhel břitu lopatky vůči ose (y)
- φ hodnota úhlového natočení břitu lopatky
- S senzor průchodu břitu lopatky
- O střed natáčení břitu lopatky
- a vzdálenost mezi průmětem senzoru (S) do osy (y) a průsečíkem kolmice procházející středem (O) natáčení břitu lopatky a osy (y)
- b vzdálenost mezi průsečíkem (P) a průsečíkem kolmice procházející středem (O) natáčení břitu lopatky a osy (y)
- c rozdíl vzdáleností (a) a (b)
- d vzdálenost roviny kolmé na osu otáčení lopatkového stroje, v níž leží senzor (S) průchodu břitu lopatky a roviny kolmé na osu otáčení lopatkového stroje, v níž leží střed (O) natáčení břitu lopatky



Obr. 1