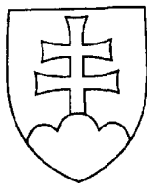


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) SK



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ÚŽITKOVÝ VZOR

- (21) Číslo prihlášky: **50046-2010**
(22) Dátum podania prihlášky: **28. 6. 2010**
(24) Dátum nadobudnutia účinkov úžitkového vzoru: **20. 1. 2011**
(31) Číslo prioritnej prihlášky: **CZ 2009-21818 U**
(32) Dátum podania prioritnej prihlášky: **15. 10. 2009**
(33) Krajina alebo regionálna organizácia priority: **CZ**
(43) Dátum zverejnenia prihlášky: **7. 10. 2010**
Vestník ÚPV SR č.: **10/2010**
(45) Dátum oznámenia o zápise úžitkového vzoru: **4. 3. 2011**
Vestník ÚPV SR č.: **3/2011**
(47) Dátum zápisu a sprístupnenia úžitkového vzoru verejnosti: **20. 1. 2011**
(62) Číslo pôvodnej prihlášky v prípade vylúčenej prihlášky:
(67) Číslo pôvodnej patentovej prihlášky v prípade odbočenia:
(86) Číslo podania medzinárodnej prihlášky podľa PCT:
(87) Číslo zverejnenia medzinárodnej prihlášky podľa PCT:
(96) Číslo podania európskej patentovej prihlášky:

(11) Číslo dokumentu:

5670

(13) Druh dokumentu: Y1

(51) Int. Cl. (2011.01):

G01M 1/00
G01H 1/00
G01M 13/00

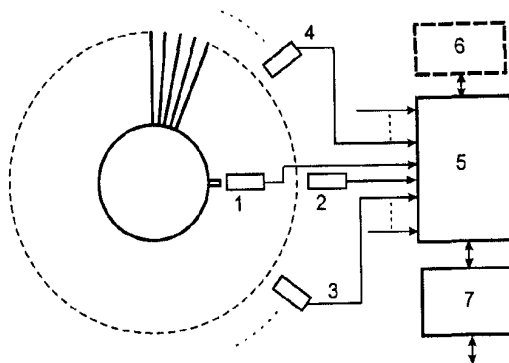
(73) Majiteľ: **Štarman Stanislav, Ing., Praha, CZ;**

(72) Pôvodca: **Štarman Stanislav, Ing., Praha, CZ;**

(74) Zástupca: **Bachratá Magdaléna, Mgr., FAJNOROVÁ BACHRATÁ & PARTNERS, Bratislava, SK;**

(54) Názov **Systém na bezkontaktnú diagnostiku turbín, najmä jednotlivých lopatiek parnej alebo plynovej turbíny v elektrárnach**

(57) Anotácia:
Systém na bezkontaktnú prevádzkovú diagnostiku turbíny, najmä jednotlivých lopatiek parnej alebo plynovej turbíny v elektrárnach, zahŕňajúci jedno alebo viac lopatkových koles, upevnených na spoločnom hriadeli podľa technického riešenia, má v statickej časti turbíny zvonka lopatkového kola, po jeho obvode, usporiadaný v blízkosti lopatiek turbíny aspoň jeden snímač (2, 3, 4) polohy s hriadľom otáčajúcej sa lopatky, ktorý je svojim výstupom pripojený k vyhodnocovacej jednotke (5) na spracovanie a ukladanie signálov zo snímača (2, 3, 4) o polohe a čase prechodu príslušnej otáčajúcej sa lopatky a jej odchýlok a zisťovanie priebehu lopatiek, ich namáhania, vibrácií a spektra vibrácií pri vibráciách, pričom môže obsahovať prídavný snímač (1) na identifikáciu konkrétnych lopatiek a synchronizáciu lopatiek, situovaný na hriadeli turbíny.



SK 5670 Y1

Oblasť techniky

Technické riešenie sa týka usporiadania systému pre bezkontaktnú diagnostiku turbín, najmä jednotlivých lopatiek parnej alebo plynovej turbíny v elektrárnach.

Doterajší stav techniky

Lopatky turbín v elektrárnach sa v súčasnosti kontrolujú pomocou nedeštruktívnych diagnostických metód pri odstávke turbíny turbogenerátora. Ich prevádzková diagnostika sa nevykonáva, pritom kontrola lopatiek za prevádzky turbíny je schopná odhaliť ich posun alebo uvoľnenie. Na základe sledovania statických odchýlok polohy lopatiek sa dajú zisťovať ich prípadné praskliny, dajú sa kontrolovať aj ich vibrácie, a to sledovaním frekvencií kmitov lopatiek a ich odchýlok skôr než dôjde k havárii turbíny. Pri nábehu turbíny sa pre jej monitorovanie používajú kontaktné metódy, na rotor alebo lopatky turbíny sa pripevnia snímače, napr. tenzometre. Takáto aparátúra prenáša signály bezkontaktné z rotora, ale používa kontaktné snímače, ktoré sú umiestnené v náročných fyzikálnych podmienkach teploty, vlhkosti a zrýchlenia. Keby napríklad mala byť sledovaná vibrácia každej lopatky, bolo by potrebné až 90 snímačov. Životnosť takýchto snímačov je rádovo dni až mesiace, pritom ich oprava nie je možná, znamenala by odstavenie turbíny. Nevýhodná je nemožnosť merania dynamického monitorovania turbíny pri prehrievacích otáčkach, napríklad o veľkosti 1600 ot./min., ktoré sú veľmi blízko nepriaznivým otáčkam z pohľadu vibrácií lopatiek turbíny. Zo súčasného systému merania vibrácií a posuvov turbogenerátora nedá sa kmitanie lopatiek takisto identifikovať. Pre kvalifikované rozhodovanie na zabezpečenie bezpečnej a dlhodobej prevádzky teda chýbajú informácie o dynamickom správaní turbogenerátora.

Podstata technického riešenia

Predmetom technického riešenia je usporiadanie systému pre bezkontaktnú prevádzkovú diagnostiku turbíny, najmä jednotlivých lopatiek parnej alebo plynovej turbíny v elektrárnach, zahŕňajúce jedno alebo viac lopatkových kolies, upevnených na spoločnom hriadeľi. Podstata technického riešenia spočíva v tom, že v statickej časti turbíny je z vonkajšej strany lopatkového kola po jeho obvode usporiadaný v blízkosti lopatiek turbíny aspoň jeden snímač polohy s hriadeľom sa otáčajúcej lopatky, ktorý je svojím výstupom pripojený k vyhodnocovacej jednotke na spracovanie a ukladanie signálov zo snímača o polohe a čase priechodu príslušnej otáčajúcej sa lopatky a jej odchýlok a zisťovanie priebehu lopatiek, ich namáhania, vibrácií a spektra vibrácií pri vibráciách. Vyhodnocovacia jednotka je pripojiteľná k počítaču, prípadne modemu alebo displeju.

Pomocou snímačov sú takto odpočítané presné polohy prechodov lopatiek. Polohy sú vyhodnotené analógovo komparátorom alebo viacerými komparátormi, prípadne digitálne po vzorkovaní analógovo digitálnym prevodníkom, kedy možno čiastočne odlišiť podľa amplitúdy kratšie a dlhšie lopatky a spresniť ich časové polohy. Z informácie o polohe a čase prechodu lopatiek a sledovania ich odchýlok sa zisťuje priebeh lopatiek, ich namáhanie, vibrácie a spektrum kmitania pri vibráciách.

Systém môže zahŕňať aj prídavný snímač na identifikáciu konkrétnych lopatiek a synchronizáciu lopatiek, situovaný na hriadeľi turbíny. Pre odčítanie rozkrútenia hriadeľa, jeho namáhania alebo okamžitého výkonu turbíny je systém usporiadaný na najmenej dvoch lopatkových kolesách resp. sekciách turbíny, kde jednotlivé snímače polohy s hriadeľom sa otáčajúcich lopatiek každého lopatkového kola sú svojimi výstupmi pripojené k vyhodnocovacej jednotke.

Snímače sú vybrané zo skupiny, zahŕňajúcej jednoduchú alebo diferenciálnu cievku, snímaciu indukčnú cievku alebo cievku, pracujúcu v statickom magnetickom poli alebo dynamickom poli, buď pomocnou cievkou alebo sústavou pomocných cievok, na princípe megnetorezistora, Hallovho javu, a laserové snímače alebo optické snímače, pracujúce na princípe odrazu lúča od lopatky. Lopatky turbíny sú zmagnetizované alebo sú snímače vybavené pomocným magnetickým poľom, vytvoreným permanentným magnetom, elektromagnetom alebo ich kombináciou.

Systém umožňuje dynamické snímanie polôh lopatiek na hriadeľi turbíny prostredníctvom vyhodnotenia amplitúdových a časových diferencií, vyhodnotenia trendu odchýlok lopatiek v čase a podľa záťaže, ďalej vyhodnotenie vibrácií lopatiek na hriadeľi, ohybových a torzných kmitov lopatiek a hriadeľa, kmitov pri prechodových externých režimoch, rozkrútenie a predĺženie lopatiek vyvolané odstredivou silou a stanovenie amplitúdy a frekvencie jednotlivých lopatiek. Umožňuje dlhodobé sledovanie vibrácií jednotlivých lopatiek pri nábehu na fázovacie obrátky. Z meraných výchyliek je možné odhadnúť aj namáhanie lopatiek vo vybraných miestach za predpokladu kalibrácie systému. Je možné stanoviť najmenej priaznivé režimy z pohľadu

dynamického namáhania lopatiek, v týchto režimoch potom môžu byť definované obmedzenia pre prevádzku stroja.

Výhodné je dlhodobé získavanie a ukladanie nameraných dát a možnosť ich spätného vyhodnotenia pre rôzne režimy prevádzky turbíny. Meranie rozširuje množstvo poznatkov o naladení lopatiek v skutočných prevádzkových podmienkach, na základe vyhodnotenia dát z trvalého monitorovacieho systému sa dajú určiť problematické oblasti pri prevádzke. Z odchýlok oproti východiskovému stavu sa dá analyzovať prevádzkový režim so zvýšeným namáhaním lopatiek aj prípadné podozrenie na začínajúce poškodenie lopatky. Existuje možnosť vyvodenia rôznych upozornení pre danú fázu pri nábehu turbogenerátora. Dá sa teda očakávať zníženie rizika ulomenie lopatky za prevádzky turbíny.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Technické riešenie bude bližšie vysvetlené pomocou pripojeného výkresu a v nasledujúcom texte bude podrobnejšie opísané. Na výkrese je schematicky zobrazené základné usporiadanie systému pre bezkontaktnú diagnostiku turbín s tromi snímačmi prechodov pohybujúcich sa lopatiek turbíny v ich oblasti, ktoré sú situované na plášti resp. v statickej časti turbíny a jedným snímačom, situovaným na hriadeľi turbíny a slúžiacim na identifikáciu konkrétnych lopatiek a synchronizáciu lopatiek. Je tu schematicky znázornené osem snímačov v statickej časti turbíny.

Príklady uskutočnenia technického riešenia

Systém pre bezkontaktnú diagnostiku turbín pozostáva z meranej turbíny, snímačov 2 až 4, vyhodnocovacej jednotky 5, prípadne počítača 6, modemu 7, displeja apod..

Na monitorovanie dynamických parametrov lopatiek obežných kolies parných turbín sa využíva diagnostika na princípe bezkontaktného snímání prechodov s hriadeľom sa otáčajúcich lopatiek turbíny, a to pomocou jedného alebo viacerých snímačov 2, 3, 4, umiestnených na plášti resp. v statickej časti turbíny v blízkosti lopatiek, to znamená mimo turbíny. Snímače môžu byť tvorené jednoduchou alebo diferenciálnou cievkou, snímačom indukčnou cievkou alebo cievkami, pracujúcimi v statickom magnetickom poli alebo dynamickom poli, buzenom pomocnou cievkou alebo sústavou pomocných cievok. Môžu snímať diferencie magnetického poľa pri prechodoch lopatiek turbíny na princípe magnetorezistora, prípadne Hallovho javu. Systém je možné doplniť aspoň jedným ďalším prídavným snímačom 1, situovaným na hriadeľi turbíny a slúžiacim na identifikáciu konkrétnych lopatiek v lopatkovom kolese a synchronizáciu lopatiek.

Snímače 1 až 4 na meranie polôh lopatiek pracujú na niektorom z nasledujúcich princípov:

- indukčnom, kedy sú tvorené jednoduchou alebo diferenciálnou cievkou. Pri prechode lopatky okolo snímača dochádza ku vzniku indukovaného napätia v cievke;
- indukčnom, kedy sú tvorené najmenej dvoma jednoduchými alebo diferenciálnymi cievkami. Pri prechode lopatky okolo snímača dochádza ku vzniku indukovaného napätia v každej z cievok, ktoré sú na zvýšenie spoľahlivosti použité nezávisle; pre autokalibráciu citlivosti sa dá aspoň do jednej cievky vyslať testovací signál pulzný alebo kontinuálny;
- indukčnom aktívnom, keď je tu aspoň jedna cievka (jednoduchá alebo diferenciálna), do ktorej sa privádza kontinuálny alebo pulzný signál a sleduje sa jeho amplitúda alebo zmeny frekvencie vplyvom prechodu lopatky, ktorá ovplyvní rozptylové pole snímača;
- snímacej indukčnej cievky, kedy sústava cievok je zostavená tak, aby bola zvýšená uhlová citlivosť snímača a potlačený vplyv odchýlok vzdialenosti lopatiek od snímača;
- snímacej indukčnej cievky (cievok), pracujúcej v statickom magnetickom poli alebo dynamickom poli, buzenom pomocnou cievkou alebo sústavou pomocných cievok pre zvýšenie citlivosti;
- snímačov, ktoré snímajú diferencie magnetického poľa pri prechodoch lopatiek na princípe magnetorezistora, Hallovho javu, pracujúce v statickom alebo dynamickom magnetickom poli. Snímače môžu pracovať aj so zvyškovým magnetickým poľom lopatiek, alebo sa dajú lopatkami zmagnetizovať na tento účel;
- laserového snímača resp. optického snímača, pracujúcich na princípe odrazu lúča od lopatky.

Jednotlivé snímače 1 až 4 sú pripojené k vyhodnocovacej jednotke 5, ktorá zahŕňa externý alebo interný predzosilňovač, najmenej jeden komparátor (viacero komparátorov slúži pre niekoľko rôznych hladín amplitúd signálu), sústavu čítačiek na odmeriavanie časových prechodov lopatiek turbíny a zobrazovaciu a archivačnú jednotku, ktorá zobrazuje, spracováva a archivuje odčítané hodnoty jednotlivých časových intervalov a ďalej ich, podľa konkrétnych požiadaviek, prenáša pomocou komerčných technológií ako sú napríklad počítač 6, modem 7, displej a podobne. Čítačky sú najlepšie realizované pomocou hradlového poľa pre minimalizáciu počtu súčiastok.

Pri ďalšom z možných uskutočnení tohto technického riešenia je komparátor nahradený alebo doplnený analógovo digitálnym prevodníkom, signál snímača je vzorkovaný a spracovaný digitálne s cieľom spresniť odčítanie časových okamihov prechodov lopatiek okolo príslušného snímača.

Komparátory a budiče krútených párov alebo optických liniek sa môžu premiestniť z dôvodu potlačenia rušenia k predzosilňovačom a spoločne čo najbližšie k snímačom 1 až 4. Analógovo digitálne prevodníky môžu byť takisto premiestnené priamo k predzosilňovačom a logický obvod môže polohu prechodu lopatky vyhodnocovať buď pri analógovo digitálnom prevodníku alebo až vo vyhodnocovacej jednotke 5.

Systém sa tiež dá vhodne doplniť o synchronizačnú značku na hriadeľ turbíny, prípadne môže sa dať osadiť na aspoň dvoch lopatkových kolesách. To umožní vyhodnocovať aj roztočenie hriadeľa turbíny, keď vplyvom jej vysokých otáčok je hriadeľ namáhaný v krute (ťahu) natoľko, že sa jednotlivé lopatkové kolesá uhlovo voči sebe mierne posúvajú. V takomto prípade sú jednotlivé snímače 2, 3, 4 polohy s hriadeľom sa otáčajúcich sa lopatiek každého lopatkového kolesa svojimi výstupmi pripojené k vyhodnocovacej jednotke 5, ktorá vyhodnotí uhlový posun jednotlivých lopatkových kolies a skrútenia hriadeľa.

Lopatky turbíny sú buď zmagnetizované alebo snímače 1 až 4 sú vybavené pomocným magnetickým pólom, vytvoreným permanentným magnetom, elektromagnetom alebo ich kombináciou. Pre pomocné magnetické pole sa dá použiť budenie striedavým elektrickým signálom.

Pri prechode lopatky turbíny v oblasti snímača 2 až 4 nesie snímač informáciu o jej polohe a čase prechodu, ktorá sa vyhodnotí buď analógovo pomocou zosilňovača a komparátora, prípadne digitálne vzorkovaním a vyhodnotením tvaru pulzov. Z informácie o polohe a čase prechodu lopatiek a sledovaní ich odchýlok sa zisťuje priebeh lopatiek, ich namáhanie, vibrácie a spektrum kmitania pri vibráciách.

V prípade, že sa tento systém umiestni na dve alebo viacero sekcií turbíny, sa dá odčítať aj roztočenie hriadeľa, jeho namáhanie a okamžitý výkon turbíny.

Orientáciu a určenie konkrétnej lopatky možno zabezpečiť umiestnením prídavného snímača alebo snímačov 1 na hriadeľ turbíny, napríklad otvoru, výstupku, značky. Spresnenie sa dá dosiahnuť použitím viacerých značiek do niekoľkých sektorov po obvode hriadeľa. Systém môže vysielat aj výstražný signál pri nebezpečnom režime prevádzky turbíny.

Signály, ktoré sú generované snímačmi 1 až 4 pri prechode jednotlivých lopatiek turbíny a referenčných značiek na hriadeľ turbíny, sú zosilnené, komparované analógovo a digitalizované a následne vo vyhodnocovacích jednotkách 5 spracované a ukladané v binárnej forme ako súbory, ktoré nesú jednak časovú informáciu s rozlíšením 10 ns, a jednak informáciu o mieste vzniku (kanáli) časovej udalosti. V riadiacom programe sa dajú nastaviť všetky funkcie každého kanála, ako napríklad aktívnu hranu signálu (nábehová, zostupná alebo obidve), dobu necitlivosti na hrany na potlačenie chybových udalostí, režim merania alebo testovania a ďalšie funkcie. Riadiaci program vyhodnocovacej jednotky 5 ukladá dáta do súborov buď kontinuálne alebo v cykloch s nastavenou dĺžkou bloku a periódou záznamu. Na monitore je on-line zobrazovaná informácia o frekvencii udalostí na jednotlivých vstupoch, čo umožňuje overiť funkciu všetkých snímačov i jednotlivých kanálov vyhodnocovacej jednotky 5.

Diagnostickej a vyhodnocovacej program pre transformáciu a analýzu dát spracuje vždy súvislý blok dát z dostatočného počtu otáčok turbíny a vykoná štatistické spracovanie dát. Ako optimálna dĺžka bloku pre spracovanie sa javí 100 otáčok. Blok obsahuje dostatočný počet dát pre analýzu a pritom analyzovaný jav sa dá považovať za okamžitý a nedôjde ku spriemerovaniu za dlhý časový interval. Časové údaje, generované prechody lopatiek okolo jednotlivých snímačov 2 až 4, sa transformujú na normované vektory, opisujúce postupnosť prechodov danej lopatky okolo následných snímačov. Pomocou ôsmich referenčných značiek na hriadeľ turbíny sa vypočítavajú časové diferencie voči najbližšej referenčnej značke, čo umožňuje eliminovať nerovnomernosti otáčania hriadeľa. Hodnoty sa znormujú podľa aktuálnych otáčok a obvodu turbíny a vykoná sa korekcia na časový posun, spôsobený rozdielnym tvarom lopatkových impulzov. Časové diferencie jednotlivých lopatiek sa prepočítajú na okamžité odchýlky od strednej polohy v mm. Dáta sa dajú analyzovať z jedného snímača, použitie všetkých ôsmich snímačov rozširuje frekvenčné pásmo z 25 na 200 Hz a dovoľuje analyzovať aj zložky vyvolané otáčaním turbíny. Následná frekvenčná analýza vedie k lepšiemu oddeleniu zložiek spektra. Transformované dáta sa dajú exportovať ako vektory ASCII, napríklad vo formáte CSV.

Transformované dáta sa dajú analyzovať sekvenčne, vždy pre jednotlivú lopatku sa vykoná požadovaný výpočet (histogram a FFT). V cykle sa vyhľadávajú lopatky s najvyššou štatistickou výchylkou. Pre tieto lopatky (alebo pre lopatku predvolenú obsluhou) sa vypočíta a zobrazí histogram amplitúd lopatiek a amplitúdová frekvenčná funkcia FFT v mm. Na základe predchádzajúcej kalibrácie môže byť pri kmitaní lopatky vlastnou rezonančnou frekvenciou vykonaný odhad namáhania v päte lopatky. Obsluha nemusí do chodu programu zasahovať. V dátovom súbore na disku budú uložené dáta, ktoré budú definovať hranice stanovených medzí. Tieto dáta môže obsluha editovať. V prípade prekročenia niektorej medze bude táto informácia zobrazená na displeji a uložená do súhrnnej tabuľky na disku, ktorá sa dá obsluhou vyvolať.

Overenie funkcie softvéru je nasledovné. Pri meraní je na monitoroch vyhodnocovacích jednotiek 5 zobrazený údaj o frekvencii udalostí na jednotlivých vstupoch a dá sa tak kontrolovať správnosť funkcie sníma-

čov a následných vstupných obvodov. Každý kanál vyhodnocovacích jednotiek 5 môže byť ďalej softvérovo prepnutý do testovacieho režimu, kedy sa namiesto meraného signálu generuje testovací signál. Tak sa dá preveriť činnosť celého softvérového reťazca (prípadne aj hardvér vrátane snímačov). Overovania softvéru pre analýzu dát sa vykonáva pomocou špeciálneho dátového súboru (simulátora dát). Navyše zobrazené histogramy výchyliek lopatiek poskytujú okamžitý prehľad nielen o výchylkách, ale aj o správnej funkcii systému vrátane softvéru.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Systém na bezkontaktnú prevádzkovú diagnostiku turbíny, najmä jednotlivých lopatiek parnej alebo plynovej turbíny v elektrárnach, zahŕňajúci jedno alebo viac lopatkových kolies, upevnených na spoločnom hriadeľi, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že v statickej časti turbíny je zvonka lopatkového kola po jeho obvode usporiadaný v blízkosti lopatiek turbíny aspoň jeden snímač (2, 3, 4) polohy s hriadeľom sa otáčajúcej lopatky, ktorý je svojím výstupom pripojený k vyhodnocovacej jednotke (5) na spracovanie a ukladanie signálov zo snímača (2, 3, 4) o polohe a čase prechodu príslušnej otáčajúcej sa lopatky a jej odchýlok a zisťovanie priebehu lopatiek, ich namáhanie, vibrácií a spektra vibrácií pri vibráciách.

2. Systém podľa nároku 1, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že zahŕňa prídavný snímač (1) na identifikáciu konkrétnych lopatiek a synchronizáciu lopatiek, situovaný na hriadeľi turbíny.

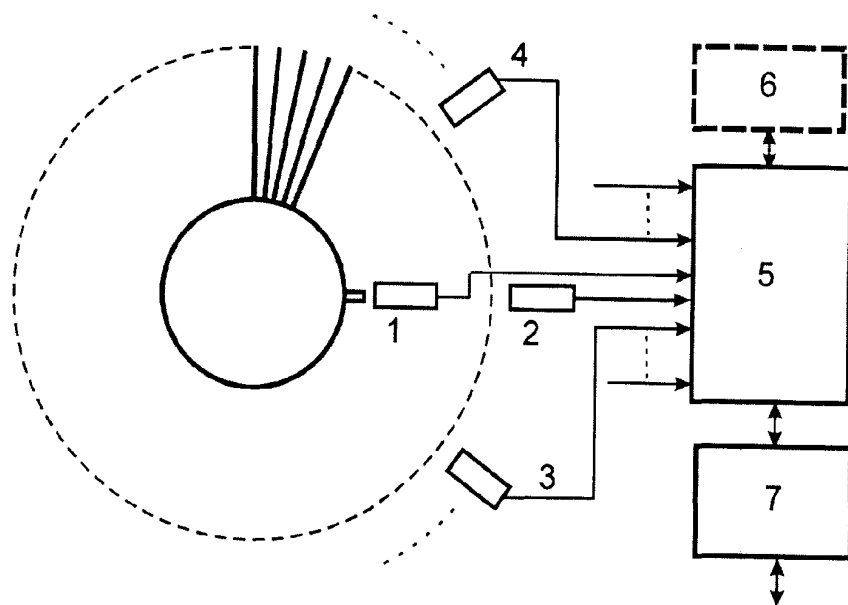
3. Systém podľa nároku 1 alebo 2, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že pre odčítanie roztočenia hriadeľa, jeho namáhanie alebo okamžitého výkonu turbíny je usporiadaný na najmenej dvoch lopatkových koliesach resp. sekciách turbíny, kde jednotlivé snímače (2, 3, 4) polohy s hriadeľom sa otáčajúcich lopatiek každého lopatkového kola sú svojimi výstupmi pripojené k vyhodnocovacej jednotke (5).

4. Systém podľa niektorého z nárokov 1 až 3, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že snímače (1, 2, 3, 4) sú vybrané zo skupiny, zahŕňajúcej jednoduchú alebo diferenciálnu cievku, snímaciu indukčnú cievku alebo cievky, pracujúce v statickom magnetickom poli alebo dynamickom poli, buď pomocnou cievkou alebo sústavou pomocných cievok, na princípe magnetorezistora, Hallovho javu, a laserové snímače alebo optické snímače, pracujúce na princípe odrazu lúča od lopatky.

5. Systém podľa niektorého z nárokov 1 až 4, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že lopatky turbíny sú zmagnetizované alebo snímače (1, 2, 3, 4) sú vybavené pomocným magnetickým polom, vytvoreným permanentným magnetom, elektromagnetom alebo ich kombináciou.

6. Systém podľa niektorého z nárokov 1 až 5, **v y z n a č u j ú c i s a t ý m**, že vyhodnocovacia jednotka (5) je pripojiteľná k počítaču (6), prípadne modemu (7) alebo displeju.

1 výkres



Obr. 1