

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2022 00616**

(22) Data de depozit: **07/10/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**30/06/2023** BOPI nr. **6/2023**

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN  
TIMIȘOARA, PIAȚA VICTORIEI NR.2,  
TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:  
• SUSAN-RESIGA ROMEO-FLORIN,  
STR. TIMIȘ NR.18, BL. 32, SC. A, ET. 1,  
AP. 4, TIMIȘOARA, TM, RO;  
• TĂNASĂ CONSTANTIN, STR. SIRIUS  
NR. 1B, BL. 93, SC. D, AP. 6, ET. 2,  
TIMIȘOARA, TM, RO;  
• BOSIOC ILIE ALIN, STR. UMBREI NR. 3,  
TIMIȘOARA, TM, RO

(54) **DISPOZITIV PENTRU REDUCEREA INSTABILITĂȚILOR  
CURGERII CU ROTAȚIE DIN DIFUZORUL CONIC AL  
TURBINELOR HIDRAULICE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv pentru reducerea instabilităților curgerii cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice, care funcționează la debit parțial. Dispozitivul, conform invenției, este montat în sistemul hidraulic al turbinei printr-un sistem (11) de bypass la o conductă (2) de aducțiune și este străbătut de un debit de apă care trece printr-un rezervor (R) de liniștire, este controlat printr-o vană (VR) de reglare și este alcătuit din două părți (14 și 15) cilindrice cu fante axiale sau oblice în corpul dispozitivului (13), una fixă solidară cu corpul dispozitivului și una rotitoare care este antrenată în mișcare de rotație cu ajutorul unui motor de curent continuu, cu viteză de rotație variabilă, astfel încât debitul de apă care tranzitează dispozitivul este fragmentat datorită mișcării relative a fantelor de pe cele două părți (14 și 15) cilindrice generând, printr-un efect de închidere/deschidere a traseului de curgere, un jet pulsant la o intensitate și frecvență eficientă pentru anihilarea pânzei de vârtej care apare atunci când turbina funcționează la regimul de debit parțial, iar funcționarea dispozitivului poate fi controlată printr-un modul de automatizare care monitorizează caracteristicile de funcționare ale turbinei și comandă incremental vana (VR) de reglare și viteza de rotație a motorului până la o valoare convenabilă pentru optimizarea parametrilor de ieșire ai turbinei.

Revendicări: 3  
Figuri: 2

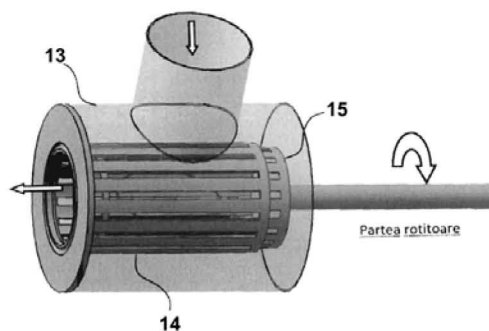


Fig. 2



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI  
Cerere de brevet de invenție  
Nr. a 2022 0616 1.  
Data depozit 07-10-2022

RO 137523 A0

9

## DISPOZITIV PENTRU REDUCEREA INSTABILITĂȚILOR CURGERII CU ROTAȚIE DIN DIFUZORUL CONIC AL TURBINELOR HIDRAULICE

Invenția se referă la un dispozitiv de control și atenuare al instabilităților curgerii cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice, care funcționează la debit parțial.

Curgerile cu rotație sunt specifice funcționării turbomașinilor și în special turbinelor hidraulice cu palete fixe sau radial-axiale (turbinile Francis). Configurația generală a turbinelor de tip Francis include o cameră spirală, care generează o curgere cu o componentă tangențială a vitezei, în aval de camera spirală, care este ghidată prin două rețele radiale de palete: prima este fixă (statorul) iar cea de a doua este reglabilă (aparatură director), permițând reglarea debitului turbinei. Ansamblul paletajelor de stator și aparat director poartă denumirea de distribuitor. Curgerea cu rotație generată de ansamblul cameră spirală – distribuitor intră în rotorul turbinei, unde se transformă energia hidraulică disponibilă în energie mecanică la arborele mașinii.

Turbinele hidraulice moderne, în special turbinele Francis de cădere mică sau medie, sau turbinele Kaplan, au în general un difuzor conic compact, cu unghi de evazare relativ mare. Prin urmare, pentru evitarea desprinderii curgerii de pe perețele difuzorului conic, asociată cu pierderi hidraulice suplimentare și deteriorarea performanțelor hidrodinamice ale tubului de aspirație, este benefică prezența unei componente de rotație a curgerii la ieșire din rotor, chiar la punctul nominal de funcționare. Astfel, turbinele hidraulice moderne au încă din proiectare un nivel a curgerii cu rotație introdus în difuzorul conic. În plus, cerințele actuale ale pieței de energie necesită operarea turbinelor hidraulice pe o plajă largă de valori ale debitului, pentru a compensa atât fluctuațiile de consum dar mai ales fluctuațiile date de energia eoliană sau solară. Astfel, la regimuri depărtate de cel nominal, rotația curentului în aval de rotor devine semnificativ mai mare decât valoarea de la punctul nominal. Turbinele hidraulice trebuie să funcționeze într-un domeniu mult mai larg, departe de punctul de randament maxim, pentru a compensa fluctuațiile surselor de energie regenerabilă. Astfel, turbinele cu palete fixe, de tip Francis, care funcționează la debite parțiale, prezintă o valoare ridicată a rotației fluidului la intrarea în difuzorul conic, datorită necorelării dintre curgerea cu rotație generată de aparatul director și impulsul unghiular extras de la rotorul turbinei.

Curgerea decelerată cu rotație în aval de rotor dezvoltată la regimuri departe de cel optim (uneori chiar și la regimuri nominale) produce instabilități auto-induse care se manifestă sub diferite forme funcție de regimul de funcționare. Atunci când această curgere cu rotație din



difuzorul conic se decelerează, aceasta devine instabilă ducând la apariția vârtejului elicoidal (sau „vârtejul funie”). Vârtejul funie este principala cauză pentru apariția fluctuațiilor de presiune în tubul de aspirație la turbinele hidraulice care funcționează la sarcină parțială. Instabilitatea curgerii este asociată cu severe pulsații de presiune, oscilații ale puterii turbinei, vibrații ce pot produce ruperea paletelor, limitând potențialul de utilizare ale turbinelor hidraulice.

Efectele funcționării turbinelor hidraulice la sarcină parțială sunt: i) ruperea bolțurilor de legătură a tubului de aspirație, ii) smulgeri de ogive, iii) ruperi de palete, iv) distrugerea garniturilor de etanșare, v) uzura neuniformă a lagărelor.

Metodele pentru eliminarea fenomenului de vârtej funie în turbinele hidraulice moderne, vizează fie înlăturarea cauzelor instabilității curgerii, fie diminuarea efectelor acestuia. Astfel de tehnici pot fi active sau pasive. Se cunosc următoarele soluții tehnice: i) admisia de aer, ii) aripioare stabilizatoare introduse în difuzorul conic al turbinei, iii) introducerea de cilindri concentrici în conul difuzorului, iv) metoda J-Groove, v) stator aval de rotor, vi) introducerea de palete separatoare în cotul difuzorului, vii) introducerea de palete directe în cotul tubului de aspirație, viii) introducerea de corpuri centrale alungite cu prinderea în vecinătatea butucului rotorului. Deși aceste tehnici au condus la îmbunătățiri semnificative în funcționarea turbinei, în ceea ce privește regimurile departe de punctul optim de funcționare, aceste soluții nu pot fi eliminate atunci când nu mai este necesară prezența lor, introducând astfel pierderi hidraulice suplimentare nedorite, atunci când se operează în vecinătatea punctului optim.

Admisia aerului chiar dacă este eficientă în cazul funcționării la debit parțial, poate declanșa apariția rezonanței sistemului hidraulic. Metodele active de control a curgerii cu rotație utilizează, în general, fie injecție de aer sau injecție de apă, folosind o sursă de energie externă, cum ar fi: i) injecție de aer la bordul de fugă al paletelor aparatului director, ii) injecție de aer printr-o cameră inelară ce înconjoară difuzorul conic, iii) introducerea în interiorul difuzorului conic a unui colector de aer la perete, iv) injecție mixtă de aer și apă prin capacul turbinei, ii) injecție de apă la bordul de fugă al paletelor aparatului director, v) injecție cu jet de apă tangent la peretele difuzorului conic, vi) injecție cu jet de apă axial cu viteză mare și debit mic, vii) injecție cu jet de apă axial cu viteză mică și debit mare.

Metodele prezentate mai sus arată în mod clar că o tehnică eficientă de control a curgerii cu rotație ar trebui să abordeze cauza principală a instabilității auto-induse, mai degrabă, decât atenuarea efectelor vârtejului funie cu mișcare de precesie. Injecția de apă prin coroana



rotorului de-a lungul axei turbinei, s-a dovedit eficientă la un debit al jetului de 10% până la 12% din debitul nominal. Din punct de vedere practic, această tehnică ridică o nouă problemă în ceea ce privește aprovizionarea debitului necesar jetului de control. O abordare simplă este de a alimenta jetul de control cu apă din amonte de rotor, dar apare o creștere inacceptabilă a așa-numitelor pierderi volumetrice, datorită faptului că debitul din jet de control nu va fi valorificat la transformarea energetică. Alternativă este de a alimenta jetul de control prin colectarea unei fracțiuni din debit din avalul difuzorului conic prin instalarea unei camere spirală dublă, care conduce apa prin conducte de retur prin arborele turbinei și ogiva rotorului (metoda flow-feedback). Această din urmă metodă este costisitoare de implementat în centrale hidroelectrice, din punct de vedere constructiv. O altă metodă de eliminare a pulsațiilor de presiune, o reprezintă introducerea unei diafragme ajustabilă/retractabilă al cărui rol este de a închide zona de stagnare asociată vârtejului funie. Prin închiderea zonei de stagnare, se elimină instabilitățile auto-induse a curgerii și astfel dispăr fluctuațiile de presiune și vibrațiile dar această metodă introduce pierderi hidraulice semnificative în sistem.

Este cunoscută invenția RO131408 B1 în care se arată un echipament ce generează un jet de apă pulsator legat printr-un sistem de bypass la rotorul turbinei, poate reduce fluctuațiile de presiune ce apar în difuzorul conic, atunci când turbina funcționează la debit parțial. Această soluție tehnică folosește, pentru eliminarea vârtejului funie, un jet pulsator obținut cu ajutorul unei vane rotative, care însă induce pierderi hidraulice semnificative ce pot afecta randamentul sistemului hidraulic.

Este cunoscută invenția US20140079532 A1 în care se arată că prin introducerea unui corp central (o coloană centrală) de-a lungul axei de rotație a arborelui mașinii hidraulice și având diametrul mai mic decât diametrul ogivei, acesta poate umple zona de quasi-stagnare și astfel se pot elimina pulsațiile de presiune datorate funcționării la debit parțial.

Este cunoscută invenția JP11.153081-A în care se arată că în interiorul conului tubului de aspirație la perete se atașează un corp închis realizat dintr-un material elastic în care se introduce aer pentru a elimina rezonanța ce poate apărea în urma funcționării la debit parțial a mașinii.



Este cunoscută invenția JP11280634-A în care se arată că prin introducerea unei aripioare în difuzorul conic de-alungul axei, pulsațiile de presiune ce apar la debit parțial se reduc.

Este cunoscută invenția US20070009352 A1 în care se arată că prin introducerea a diferite corpuri alungite la iesire din ogiva rotorului al unei turbine sau pompe, se minimizează turbulențele și variațiile de presiune ce apar la debit parțial.

Invențiile de mai sus prezintă dezavantajul că odată instalate, atunci când turbina funcționează la debitul optim, ele pot introduce pierderi hidraulice suplimentare, scădere în randament și vibrații care pot conduce la rezonanța organelor mașinii hidraulice. Deasemenea aceste soluții prezintă o construcție complicată, sunt dificil de manevrat și de întreținut.

Problema tehnică a invenției constă în realizarea unui dispozitiv care să asigure reducerea pulsațiilor de presiune și vibrațiilor datorate instabilității curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice, ce apar la debit parțial.

Dispozitivul propus înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că este alcătuit din două părți, una fixă și una rotitoare acționată de un motor electric ce produce jetul pulsant aferent frecvenței dorite pentru reducerea instabilităților curgerii cu rotație, odată cu trecerea debitului de apă prin partea fixă și înlocuiește vana rotativă clasică din echipamentul ce produce jet de apă pulsator conform invenției RO131408 B1.

Dispozitivul de control al instabilităților curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice, conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- prezintă o construcție simplă, se montează ușor pe traseul hidraulic al turbinelor printr-un sistem de bypass de la conducta de aducțiune la arborele turbinei,
- reduce pulsațiile de presiune asociate vârtejului funie,
- atunci când turbina funcționează la punctul optim și când nu e necesară folosirea lui, acesta poate fi închis automat,
- utilizarea dispozitivului conform invenției și introducerea jetului pulsant în zona de formare a vârtejului poate fi controlată și optimizată printr-un modul de automatizare care monitorizează parametrii de funcționare a turbinei și comandă incremental viteza de rotație a motorului până la o valoare convenabilă pentru optimizarea acestora.



- dispozitivul va putea fi utilizat în cadrul noilor construcții de centrale hidroelectrice cât și în cazul centralelor în curs de re tehnologizare,
- dispozitivul nu produce pierderi hidraulice mari comparativ cu vana rotativă și realizează frecvența necesară pentru eliminarea fluctuațiilor de presiune la debit parțial.

Se da în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile care reprezintă:

- Fig. 1, Schița unei turbine hidraulice Francis cu noul dispozitiv de producere a jetului pulsant;

- Fig. 2, Dispozitiv de generare a jetului pulsant, conform invenției.

Dispozitivul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției realizează reducerea instabilității autoinduse a curgerii, a fluctuațiilor de presiune și a vibrațiilor prin introducerea unui jet pulsator de apă, controlat de către un operator sau printr-un mecanism de automatizare, în zona superioară a difuzorului conic al turbinelor prin capătul coroanei rotorului turbinei cu centrul în axa principală a turbinei. Atunci când turbina funcționează la sarcină parțială și apar pulsațiile de presiune asociate „vârtejului funie”, introducerea jetului de apă pulsator elimină zona de quasi-stagnare asociată „vârtejului funie”.

Dispozitivul **D** pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției este cuprins în construcția turbinei așa cum este descrisă în Fig. 1 (conform invenției RO131408 B1) prin care trece apa dintr-un lac amonte **1** către un lac aval **10** și care se compune dintr-o conductă de aducțiune **2** conectată cu o cameră spirală **3** care conduce către un stator **4** și un aparat director **5** care ghidează apa spre un rotor **6**.

Datorită puterii generate de rotorul **6** un arbore **7** învârte un generator **8** care produce energie electrică. La ieșire din rotorul **6** apa trece printr-un difuzor conic **9**, al cărui rol este de a transforma energia cinetică a apei în energie potențială. Atunci când turbina funcționează la regim de debit parțial, apare vârtejul funie descris mai sus cu fluctuațiile de presiune asociate care afectează randamentul turbinei și chiar integritatea acesteia.

Dispozitivul **D**, este alcătuit din 2 părți cilindrice cu fante axiale sau oblice (cu o înclinare de  $2\div 20^\circ$  față de generatoare) în corpul dispozitivului **13**, una fixă **14**, solidară cu corpul dispozitivului și una rotitoare, **15**, așa cum se arată în Fig. 2. Partea rotitoare **15** este antrenată în mișcare de rotație cu ajutorul unui motor, astfel încât debitul de apă tranzitat este



fragmentat datorită mișcării relative a fantelor de pe cele două părți cilindrice **14** și **15** generând un efect de închidere/deschidere a traseului de curgere și, în funcție de viteza de rotație indusă părții rotitoare **15** se poate ajusta frecvența jetului pulsant la o valoare care conferă eficiență maximă pentru anihilarea pânzei de vârtej ce apare atunci când turbina funcționează la regimul de debit parțial.

Dispozitivul propus **D** este montat în sistemul hidraulic al turbinei printr-un sistem de bypass **11** la conducta de aducțiune **2**, este străbătut de un debit de apă ce trece printr-un rezervor de liniștire **R** și este controlat prin vană de reglare **VR** și servește astfel la obținerea jetului pulsator de fluid, care introdus printr-un orificiu central **7**, al arborelui turbinei, trece mai departe la ieșire prin capătul coroanei turbinei **12**, în zona de formare a vârtejurii, pentru a reduce fluctuațiile de presiune asociate vârtejurii prin fragmentarea pânzei de vârtej.

Astfel, jetul pulsant injectat prin orificiul central al arborelui turbinei în corpul turbinei, în zona de formare a vârtejurii (difuzorul conic al turbinei) poate anihila vârtejurii și fluctuațiile de presiune aferente lor pot fi evitate, dar oferă și avantajul diminuării sau chiar eliminării componentei hidrodinamice de tip piston (sincronă) cărora li se atribuie cele mai multe probleme în exploatarea unor astfel de echipamente hidraulice. Fluctuațiile de presiune sincrone pot produce variații în cădere, de debit, cuplu, și putere, ruperi și fisuri de palete, smulgeri ale ogivei.

Dispozitivul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice poate fi instalat atât pe turbinele noi cât și pe cele existente. Utilizarea dispozitivului conform invenției și introducerea jetului pulsant în zona de formare a vârtejurii poate fi controlată și optimizată printr-un modul de automatizare care monitorizează parametrii de funcționare ai turbinei și comandă incremental viteza de rotație a motorului până la o valoare convenabilă pentru optimizarea acestora.



### REVENDICĂRI

1. Dispozitiv pentru reducerea instabilităților curgerii cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice **(D) caracterizat prin aceea că** este montat în sistemul hidraulic al turbinei printr-un sistem de bypass **(11)** la conducta de aducțiune **(2)**, este străbătut de un debit de apă ce trece printr-un rezervor de liniștire **(R)** și este controlat prin vană de reglare **(VR)** și este alcătuit din 2 părți cilindrice cu fante axiale sau oblice în corpul dispozitivului **(13)**, una fixă **(14)**, solidară cu corpul dispozitivului și una rotitoare **(15)** care este antrenată în mișcare de rotație cu ajutorul unui motor, astfel încât debitul de apă tranzitat este fragmentat datorită mișcării relative a fantelor de pe cele două părți cilindrice **(14)** și **(15)** generând, printr-un efect de închidere/deschidere a traseului de curgere, un jet pulsant la o intensitate eficientă pentru anihilarea pânzei de vârtej ce apare atunci când turbina funcționează la regimul de debit parțial.
2. Dispozitiv pentru reducerea instabilităților curgerii cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1 **caracterizat prin aceea că**, partea rotitoare **(15)** se rotește cu turație variabilă cu ajutorul unui motor de curent continuu cu turație variabilă, astfel încât traseul de curgere a apei ce traversează dispozitivul prin fantele celor două părți cilindrice cu fante axiale sau oblice **(14)** și **(15)** este intermitent închis și deschis și oferă posibilitatea reglării frecvenței jetului pulsator la o valoare eficientă pentru anihilarea pânzei de vârtej ce apare atunci când turbina funcționează la regimul de debit parțial.
3. Dispozitiv pentru reducerea instabilităților curgerii cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicărilor 1 și 2 **caracterizat prin aceea că** introducerea jetului pulsant în zona de formare a vârtejurii și eliminarea vârtejurii poate fi controlată printr-un modul de automatizare care monitorizează parametrii de funcționare ai turbinei și comandă incremental vana de reglare **(VR)** și viteza de rotație a motorului până la o valoare convenabilă pentru optimizarea acestora.





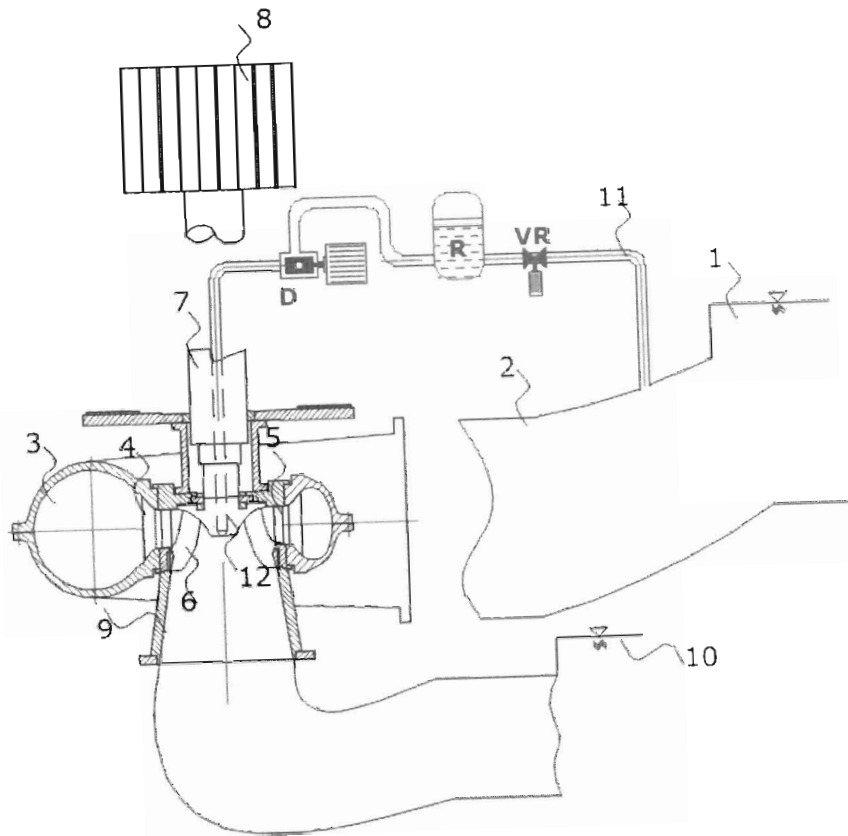


Fig. 1

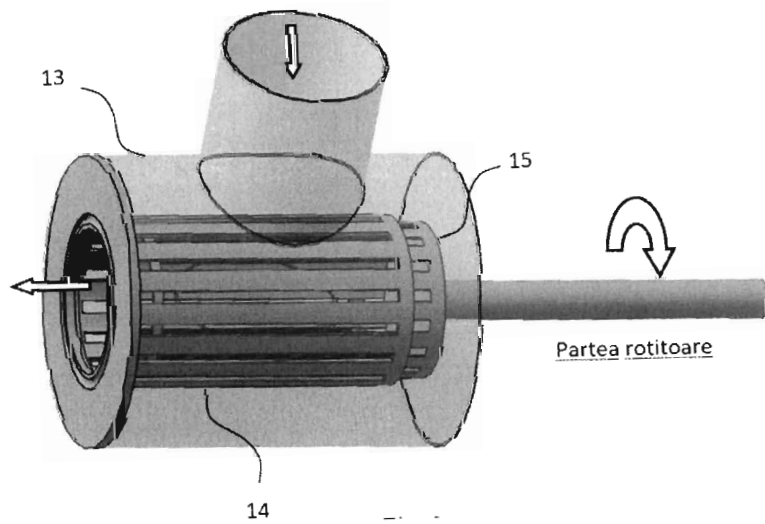


Fig. 2

