

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00182

(22) Data de depozit: 08/04/2022

(41) Data publicării cererii:
30/08/2022 BOPI nr. 8/2022

(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;

• BOSIOC ILIE ALIN, STR. UMBREI NR. 3,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• TĂNASĂ CONSTANTIN, STR. SIRIUS
NR. 1B, BL. 93, SC. D, AP. 6, ET. 2,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• STUPARU ADRIAN- CIPRIAN,
STR. SEMICERC NR. 17, AP. 1B,
TIMIȘOARA, TM, RO;
• SZAKAL RAUL-ALEXANDRU, NR.38,
SAT LIVADIA, COMUNA BARU, HD, RO

(54) ECHIPAMENT PENTRU ELIMINAREA INSTABILITĂȚILOR
GENERATE DE CURGEREA CU VÂRTEJ DIN DIFUZORUL
CONIC AL TURBINELOR HIDRAULICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un echipament pentru eliminarea instabilităților generate de curgerea cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice, în special cele cu palete fixe precum turbina Francis. Echipamentul, conform invenției, propune amplasarea la ieșirea din rotorul turbinei și intrarea într-un difuzor (9) conic al turbinei, coaxial cu un rotor (4) și înspre ieșirea din aceasta a două componente, un rotor (1) suplimentar cu mișcare liberă de rotație, pe un arbore (2), solidar cu rotorul (4), rotorul (1) suplimentar învârtindu-se liber sub acțiunea debitului de apă care îl străbate, iar elementul principal al invenției, rotorul (1) suplimentar cu mișcare liberă de rotație în difuzorul (9) conic, poate elimina vârtejul funie, fluctuațiile de presiune și vibrațiile asociate acestuia, efecte foarte dăunătoare turbinei hidraulice.

Revendicări: 1
Figuri: 3

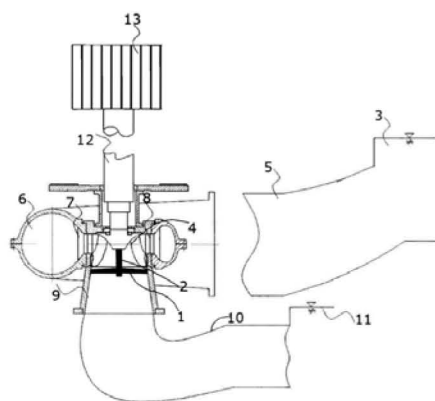


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2022 nr 182
Data depozit	08-04-2022

1

10

ECHIPAMENT PENTRU ELIMINAREA INSTABILITĂȚILOR GENERATE DE CURGEREA CU VÂRTEJ DIN DIFUZORUL CONIC AL TURBINELOR HIDRAULICE

Invenția se referă la un echipament de control al instabilităților curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice, care funcționează la debit parțial.

Curgerile cu vârtej sunt specifice funcționării turbomașinilor și în special turbinelor hidraulice cu palete fixe (turbinile Francis). Configurația generală a turbinelor radial-axiale tip Francis include o cameră spirală, care generează o curgere cu o componentă tangențială a vitezei, în aval de camera spirală, curgerea 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. Curgerea astfel generată, intră în rotorul turbinei, unde se transformă energia hidrolică disponibilă în energie mecanică la arborele mașinii. Mai departe curgerea trece prin difuzorul conic și tubul de aspirație înspre lacul aval.

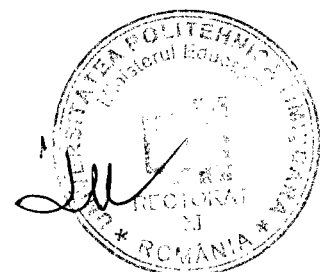
Turbinele hidraulice moderne, în special turbinele Francis de cădere mică sau medie, sau turbinele Kaplan, au în general un difuzor conic compact, cu unghi de evazare relativ mare. Prin urmare, pentru evitarea desprinderii curgerii de pe pereții difuzorului conic, asociată cu pierderi hidraulice suplimentare 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 asigură încă din proiectare curgerea cu rotație în tubul de aspirație. 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 tubul de aspirație, datorită necorelării dintre curgerea cu rotație generată de aparatul director și impulsul unghiular extras de la rotorul turbinei. Curgerea decelerată



rotație în aval de rotor dezvoltată la regim de funcționare departe de cel optim (uneori chiar și la regim nominal) produce instabilități autoinduse care se manifestă sub diferite forme funcție de condițiile de exploatare a turbinei. Atunci când această curgere cu rotație din tubul de aspirație 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 (cu „vârtej funie”) 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. Fluctuațiile de presiune și frecvență corespunzătoare sunt constante la valori mari ale parametrului de cavitație, având o scădere monotonă odată cu dezvoltarea vârtejului cavitant. Mai mult se arată că profilele de viteză circumferențiale, în con, pot fi reprezentate satisfăcător de un model care cuprinde o zonă „moartă” (de quasi-stagnare) a curgerii, în jurul căreia are loc curgerea cu rotație. De asemenea acest model este susținut și de măsurătorile de presiune, care rămân constante de-a lungul regiunii de quasi-stagnare.

Metodele pentru eliminarea fenomenului de vârtej funie în turbinele hidraulice moderne Francis, vizează fie înlăturarea cauzelor instabilității curgerii, fie diminuarea efectelor acestuia. Astfel de tehnici pot fi active sau pasive. O trecere în revistă a soluțiilor tehnice pasive care se adresează instabilităților curgerii din difuzoarele conice ale turbinelor hidraulice ar fi: i) admisia de aer, ii) aripioare stabilizatoare, iii) introducerea de cilindri concentrici în conul difuzorului conic, iv) metoda J-groove, v) stator aval de rotor, vi) introducerea de palete separatoare în cotul tubului de aspirație, vii) introducerea de palete directe în cotul tubului de aspirație, viii) introducerea de corpuri centrale alungite cu prinderea în vecinătatea butucului rotorului.

Aplicarea acestor tehnici poate conduce la îmbunătățiri semnificative în cazul funcționării turbinei la regim de exploatare departe de punctul optim de funcționare. Când turbina este folosită într-un regim de operare în vecinătatea punctului optim, nu ar mai fi necesară prezența acestor soluții dar ele nu pot fi eliminate din construcția turbinei și introduc chiar pierderi hidraulice suplimentare nedorite care afectează randamentul global.



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 tubul de aspirație, iii) introducerea în interiorul tubului de aspirație 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 conului tubului de aspirație, 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. O metodă utilizează injecția de apă prin coroana rotorului de-a lungul axei turbinei, eliminându-se astfel fluctuațiile de presiune dăunătoare. Din punct de vedere practic, aceste investigații au ridicat 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 nu va fi utilizat la transformarea energetică. O abordare 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. 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 vor elimina instabilitățile auto-induse a curgerii și astfel vor dispărea fluctuațiile de presiune și vibrațiile atât de dăunătoare turbinei hidraulice. Această metodă introduce pierderi hidraulice în sistem.

Este cunoscută invenția JP2015071948A în care se arată o turbină Francis fără aparat director, care poate funcționa cu un debit și o cădere variabilă, pentru a preveni apariția mișcării de rotație în tubul de aspirație.



Este cunoscută invenția JP2016205226A în care se arată un rotor capabil să reducă pierderile hidraulice în interiorul conului tubului de aspirație.

Este cunoscută invenția US10323620B2 în care se arată că în avalul rotorului turbinei se introduce un amestec de apă/gaz pentru diminuarea efectelor curgerii cu rotație din tubul de aspirație.

Este cunoscută invenția WO2016011537A1 în care se arată că prin modificarea (scurtarea rotorului), inelului și paletelor rotorului se poate elimina vârtejul von Karman de pe palete.

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. De asemenea aplicarea acestor soluții necesită o construcție complicată, iar în exploatare sunt dificil de manevrat și de întreținut.

Problema tehnică a invenției constă în realizarea unui echipament care să asigure controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice ce funcționează la debit parțial, pentru eliminarea instabilității autoinduse de curgere, a fluctuațiilor de presiune și vibrațiilor.

Echipamentul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că în corpul turbinei, coaxial cu rotorul turbinei și înspre ieșirea din aceasta sunt amplasate două componente suplimentare: un rotor ce se învârtă liber pe un arbore solidar cu rotorul turbinei, fac legătura între un lac amonte și un lac aval astfel încât să se elimine instabilității autoinduse de curgere, fluctuațiilor de presiune și vibrațiilor asociate acestora.

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

- prezintă o construcție simplă, care se montează ușor și poate fi adăgată oricărei turbine clasice, în difuzorul conic al acesteia,



- turația rotorului liber variază funcție de debitul de funcționare și poate conduce la eliminarea instabilității autoinduse de curgere, a fluctuațiilor de presiune și vibrațiilor asociate acestora.
- echipamentul va putea fi utilizat în cadrul noilor construcții de centrale hidroelectrice cât și în cazul centralelor în curs de re tehnologizare.

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

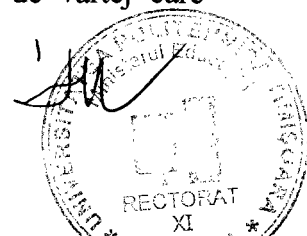
- Figura 1, schița unei turbine hidraulice Francis cu echipament pentru eliminarea instabilităților generate de curgerea cu vârtej funie, cu rotor suplimentar ce se învâрте liber,
- Figura 2, simularea cu element finit a vârtejului funie ce apare în difuzorul conic al unei turbine clasice care funcționează la debit parțial, fără echipament conform soluției propuse,
- Figura 3, simularea cu element finit a vârtejului funie în difuzorul conic al turbinelor hidraulice care funcționează la debit parțial, cu rotor suplimentar conform soluției propuse.

Echipamentul de control al instabilităților curgerii cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice este configurat așa cum se arată în Figura 1, reduce sau chiar elimină instabilitate autoindusă a curgerii, elimină fluctuațiile de presiune și vibrațiile prin introducerea unui rotor liber în aval de rotorul turbinei.

Echipamentul propus pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției este interpus între un lac amonte **3** către un lac aval **11** și se compune dintr-o conductă de aducțiune **5** conectată cu o cameră spirală **6** care conduce către un stator **7** și un aparat director **8** care ghidează apa spre un rotor **4** solidar cu un arbore de ieșire **12** cuplat mecanic cu un generator electric **13**. La ieșire din rotorul **4** apa trece printr-un difuzor conic **9** al cărui rol este de a transforma energia cinetică a apei în energie potențială și în această zonă, atunci când turbina funcționează la un punct îndepărtat de punctul de randament maxim, apare fenomenul de „vârtej funie” însoțit de fluctuațiile de presiune și vibrații dăunătoare turbinei.

Pentru rezolvarea acestei probleme, în difuzorul conic **9** al turbinei, coaxial cu rotorul **4** al turbinei și înspre ieșirea din aceasta sunt amplasate două componente: un rotor suplimentar ce se învâрте liber **1**, sub acțiunea debitului de apă ce îl străbate, pe un arbore **2** care fac legătura între lacul amonte **3** și lacul aval **11**.

Astfel prin introducerea echipamentului cu rotor ce se învâрте liber (Figura 1), vârtejul funie dispare, respectiv fluctuațiile de presiune aferente lui. Mai exact, pânza de vârtej care



conduce la formarea vârtejului la funcționarea turbinelor la sarcină parțială se destramă și astfel este eliminată instabilitatea curgerii (Figura 3). Fluctuațiile de presiune pot produce variații în cădere, de debit, cuplu, și putere, ruperi și fisuri de palete. Noul echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din tubul de aspirație al turbinelor poate fi instalat atât pe turbinele noi cât și pe cele existente.



REVENDICĂRI

1. Echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice **caracterizată prin aceea că** este alcătuit dintr-un rotor suplimentar **1** ce se învârte liber pe un arbore **2** solidar cu rotorul turbinei **4** toate acestea fiind amplasate în difuzorul conic **9**, de ieșire al turbinei, interpuse pe traseul de curgere între un lac amonte (**3**) și un lac aval (**11**) astfel încât montarea rotorului liber în avalul rotorului turbinei **4** și la intrarea în difuzorul conic **9** va crește domeniul de operare a turbinei hidraulice în condiții optime de funcționare cu reducerea pulsațiilor de presiune și cu pierderi minime de presiune în difuzorul conic.



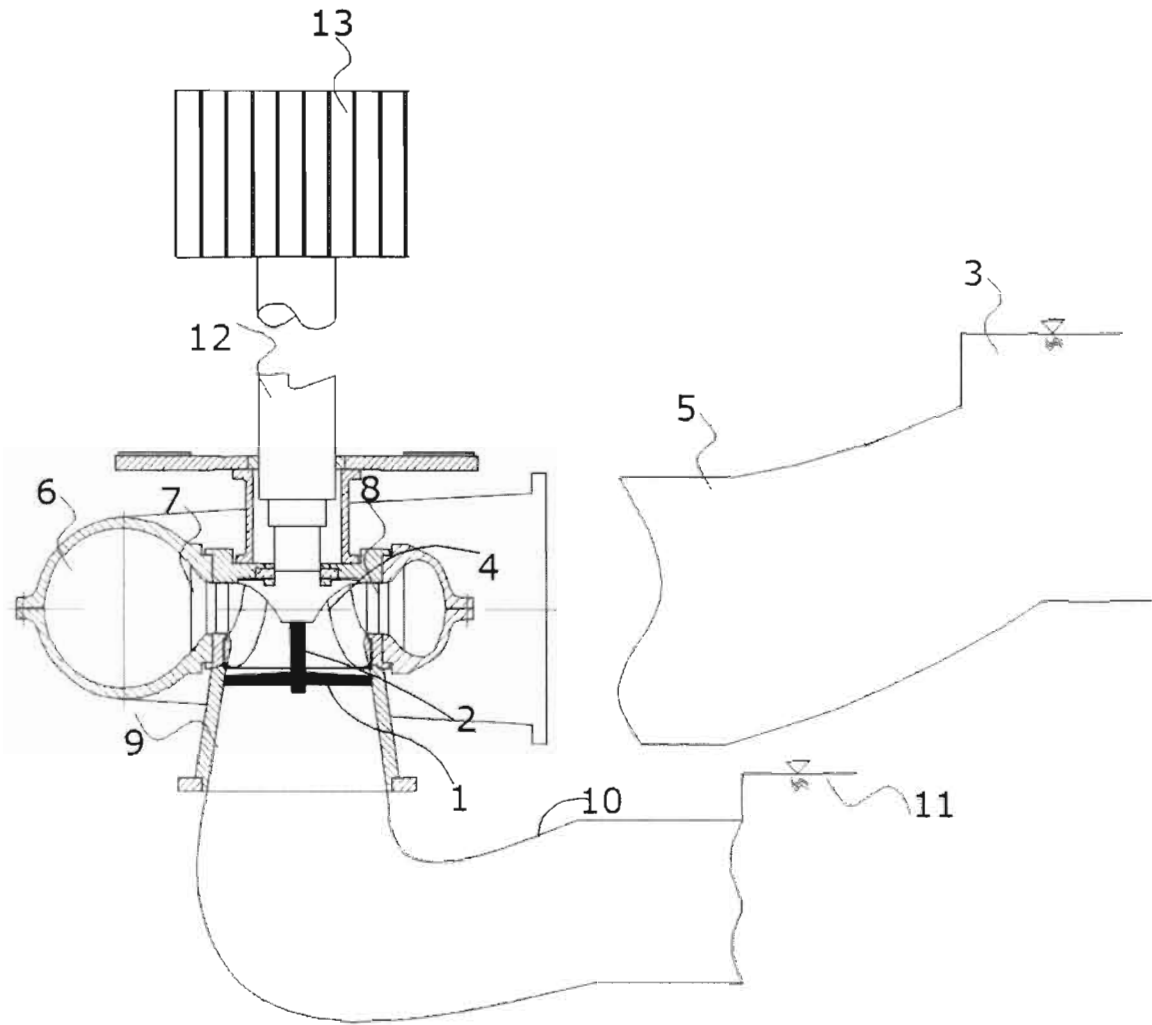


Figura 1



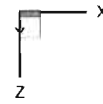
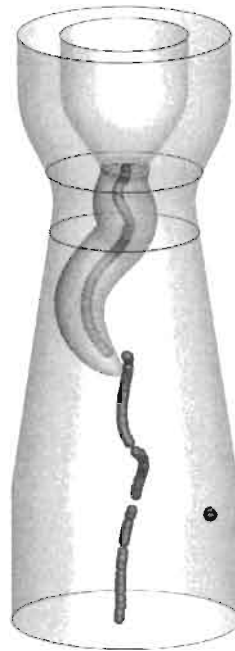


Figura 2

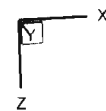


Figura 3

