



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00338**

(22) Data de depozit: **12/05/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/09/2019** BOPI nr. **9/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2016 BOPI nr. **9/2016**

(73) Titular:
• **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;**
• **MUNTEAN SEBASTIAN, BD. CETĂȚII
NR. 46, SC. E, ET. 2, AP. 11, 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;**
• **CIOCAN TIBERIU, NR. 292,
COMUNA SANDRA, TM, RO;**
• **POPESCU CONSTANTIN, STR. LACULUI
NR. 38, BL. D69, AP. 1, TIMIȘOARA, TM,
RO**

(74) Mandatar:
**CABINET DE PROPRIETATE
INDUSTRIALĂ TUDOR ICLĂNZAN,
PIAȚA VICTORIEI NR.5, SC.D, AP.2,
TIMIȘOARA, TM**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 20110188991 (A1); US 1962380 (A)

(54) **ECHIPAMENT PENTRU CONTROLUL INSTABILITĂȚILOR
CURGERILOR CU VÂRTEJ DIN DIFUZORUL CONIC
AL TURBINELOR HIDRAULICE**



RO 131408 B1

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

3 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: 5 a vitezei, în aval de camera spirală, curgerea este ghidată prin două rețele radiale de palete: 7 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 9 intră în rotorul turbinei, unde se transformă energia hidrolică disponibilă în energie mecanică la arborele mașinii.

11 Turbinile hidraulice moderne, în special turbinile Francis de cădere mică sau medie, sau turbinile Kaplan, au în general un difuzor conic compact, cu unghi de evazare relativ mare. Prin urmare, pentru evitarea desprinderii curgerii de pe peretele 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, turbinile hidraulice moderne au încă din proiectare un nivel al curgerii cu rotație introdus în tubul de aspirație. În plus, cerințele 17 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 producerea de energie 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. Turbinile 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, turbinile 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 25 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 în funcție de regimul de funcționare. Atunci când această curgere cu rotație din tubul de aspirație se decelerează, aceasta devine instabilă, ducând la apariția vârtejurii elicoidal (sau „vârtejurii funie”). „Vârtejurii funie” este principala cauză pentru apariția fluctuațiilor de presiune în tubul de aspirație la turbinile hidraulice care funcționează la sarcină parțială [3]. 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 „vârtejurii funie”) sunt: ruperea bolțurilor de legătură a tubului de aspirație, smulgeri de ogive, ruperi de palete, distrugerea garniturilor de etanșare, uzura neuniformă a lagărelor. Nishi și alți cercetători au investigat curgerea cu rotație într-un difuzor conic și au arătat că fluctuațiile de presiune și frecvență corespunzătoare sunt constante la valori mari ale parametrului de cavitație, având o scădere monotonă odată cu dezvoltarea vârtejurii cavitant. Mai mult, se arată că profilele de viteză circumferențială, în con, pot fi reprezentate satisfăcător de un model care cuprinde o zonă „moartă” de cvasi-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 cvasi-stagnare.

47 Metodele pentru eliminarea fenomenului de vârtejurii funie în turbinile 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

RO 131408 B1

hidraulice a fost realizată de Thicke, fiind cunoscute următoarele soluții tehnice: admisia de aer, aripioare stabilizatoare, introducerea de cilindri concentrici în conul difuzorului conic, metoda J-groove, stator aval de rotor, introducerea de palete separatoare în cotul tubului de aspirație, introducerea de palete directe în cotul tubului de aspirație, 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 al curgerii cu rotație utilizează, în general, injecție de aer sau injecție de apă, folosind o sursă de energie externă, cum ar fi: injecție de aer la bordul de fugă al paletelor aparatului director, injecție de aer printr-o cameră inelară ce înconjoară tubul de aspirație, introducerea în interiorul tubului de aspirație a unui colector de aer la perete, injecție mixtă de aer și apă prin capacul turbinei, injecție de apă la bordul de fugă al paletelor aparatului director, injecție cu jet de apă tangent la peretele conului tubului de aspirație, injecție cu jet de apă axial cu viteză mare și debit mic, 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 al curgerii cu rotație ar trebui să abordeze cauza principală a instabilității auto-induse, mai degrabă decât atenuarea efectelor vârtejului funie cu mișcare de precesie. Susan-Resiga și alții au introdus o metodă nouă pentru stabilizarea curgerii decelerate cu rotație din conul tubului de aspirație al turbinelor hidraulice operate la regimuri parțiale. Noua metodă utilizează injecția de apă prin coroana rotorului de-a lungul axei turbinei, eliminându-se astfel fluctuațiile de presiune dăunătoare. Evaluarea numerică a acestei abordări a fost ulterior efectuată de Zhang și alții, care au confirmat eficacitatea acestei metode. Investigații experimentale suplimentare extinse au fost efectuate de către Bosioc și alții, care au arătat că un debit al jetului de 10% până la 12% din debitul nominal este necesar pentru a elimina complet vârtejul funie. 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 atât costisitoare de implementat în centrale hidroelectrice existente, cât și greoaie din punct de vedere constructiv. O altă metodă de eliminare a pulsațiilor de presiune o reprezintă introducerea unei diafragme reglabilă/retractabilă, al cărei 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.

Documentul **US 20110188991 (A1)** se referă la o instalație utilizată pentru a controla funcționarea unei turbine hidraulice, care conține un pasaj de trecere ce permite lichidului să treacă prin corpul turbinei, având o porțiune din pasajul de trecere sub formă de țevă prin care circulă un debit nominal de lichid ce este injectat, în zona de formare a turbioanelor, pentru a realiza o bună funcționare a turbinei. Canalul de injecție este alimentat din amonte de rotor, dintr-un tub circular amplasat în jurul axei centrale a turbinei, care trece prin corpul

RO 131408 B1

1 rotorului și se termină cu un cap pe care se găsește amplasată cel puțin o duză prin care se
injectează un jet de fluid de control, care are viteză foarte mare și care este injectat axial, în
3 aval de rotor, în partea de sus a tubului, astfel încât turbina să fie încărcată cu fluid, iar
avariile provocate de o curgere turbionară a fluidului să nu se mai producă.

5 Documentul **US 1962380 (A)** se referă la o instalație utilizată pentru prevenirea
aparitiei unei creșteri a presiunii fluidului, în zona de refulare a turbinei hidraulice. Cu ajutorul
7 unui dispozitiv de control, se injectează apă, care trece printr-un pasaj amplasat sub capacul
turbinei și printr-un canal amplasat în interiorul rotorului, după care trece printr-un capac sub
9 formă de duză și apoi este introdusă în turbină pentru a atenua avariile care ar fi provocate
de o curgere turbionară. (col. 1 rând 23 - rând 27, fig. 1)

11 Soluțiile de mai sus prezintă dezavantajul că odată instalate, atunci când turbina func-
ționează la debitul optim, pot introduce pierderi hidraulice suplimentare, scădere în ran-
13 dament și vibrații care pot conduce la rezonanța organelor mașinii hidraulice. De asemenea,
aceste soluții prezintă o construcție complicată și sunt dificil de manevrat și de întreținut.

15 Problema tehnică obiectivă a invenției constă în eliminarea instabilității autoinduse
de curgere, a fluctuațiilor de presiune și a vibrațiilor care apar la o funcționare departe de
17 valoare de randament maxim a turbinelor hidraulice.

Soluția tehnică constă în realizarea unei metode și a unui echipament care să asigure
19 controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice.

Echipamentul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor
21 hidraulice conform invenției înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că este alcătuit
dintr-o conductă de by-pass, o vană de reglare, o vană rotativă, un rezervor de liniștire și o
23 conductă de injecție a apei care sunt înseriate și fac legătura între un lac amonte și un rotor
al turbinei. Conducta de by-pass se racordează la conducta de aducțiune din lacul amonte
25 1, astfel încât în continuarea conductei de by-pass se află o vană de reglare ce reglează
debitul jetului pulsant, în continuarea vanei de reglare se află un rezervor de liniștire, iar în
27 continuarea rezervorului de liniștire se află o vană rotativă, ce produce pulsația jetului de
apă. În continuarea vanei rotative se află o conductă de injecție a apei, iar realizarea injecției
29 de apă pulsatorie făcându-se prin capătul coroanei rotorului turbinei hidraulice cu centrul în
axa principală a turbinei.

31 Echipamentul de control al instabilităților curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbi-
nelor hidraulice, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- 33 - are o construcție simplă, se montează ușor;
- elimină pulsațiile de presiune asociate vârtejului funie, atunci când turbina funcțio-
35 nează la punctul optim, iar când nu e necesară folosirea lui, acesta poate fi închis automat;
- echipamentul va putea fi utilizat atât în cadrul noilor construcții de centrale
37 hidroelectrice, cât și în cazul centralelor în curs de retehnologizare.

39 Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...4, care
reprezintă:

41 - fig. 1, schița unei turbine hidraulice Francis cu noua metodă cu jet pulsator imple-
mentată;

43 - fig. 2, liniile de curent și pânda de vârtej obținută din analiza numerică 2D axial-
simetrică pentru cazul fără metoda cu jet pulsator;

45 - fig. 3, liniile de curent și pânda de vârtej obținută din analiza numerică 2D axial-
simetrică pentru cazul cu metoda cu jet pulsator;

47 - fig. 4, spectrul Fourier aferent semnalului de presiune pentru vârtejul funie (descom-
punerea semnalului în două componente: piston și rotativ).

RO 131408 B1

Echipamentul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției este constituit dintr-un subansamblu hidraulic montat pe o conductă de by-pass ce este asociat unei turbine hidraulice compusă dintr-o cameră spiralată aflată în legătură cu un stator și un dispozitiv de ghidare a apei spre un rotor ce este fixat de un arbore care învârte un generator de energie electrică, iar pe conducta de by-pass, racordată la conducta de aducțiune a apei pentru turbina hidraulică, sunt montate o vană de reglare a debitului de apă conectată la un rezervor de liniștire a apei, racordat, la rândul său, la o vană rotativă, care realizează pulsarea jetului de apă introdus printr-o conductă de injecție, montată coaxial în interiorul rotorului, direct în difuzorul conic al turbinei hidraulice. Vana de reglare a debitului de apă, rezervorul de liniștire a apei, vana rotativă și conducta de injecție sunt montate în serie pe conducta de by-pass. Vana de reglare a debitului de apă este prevăzută pentru asigurarea debitului de apă necesar a fi injectat în difuzorul conic al turbinei hidraulice.

Rezervorul de liniștire a apei este utilizat pentru acumularea și liniștirea apei înaintea injectării debitului pulsator, iar vana rotativă este destinată pentru realizarea unor frecvențe pulsatorii diferite, stabilite în funcție de natura și zona de formare a vârtejurilor în difuzorul conic al turbinei hidraulice.

Echipamentul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice realizează eliminarea instabilității autoinduse a curgerii, eliminarea fluctuațiilor de presiune și a vibrațiilor prin introducerea unui jet pulsator de apă printr-un difuzor conic, de către un operator sau un mecanism de automatizare, introducerea jetului pulsator realizându-se în zona superioară a difuzorului conic al turbinelor. Realizarea injecției de apă pulsatorie se face prin capătul coroanei rotorului turbinei cu centrul în axa principală a turbinei. Echipamentul se instalează atât pe turbinele noi, cât și pe cele existente. Echipamentul elimină pulsațiile de presiune asociate „vârtejului funie”. Atunci când turbina funcționează la sarcină parțială și apar pulsațiile de presiune asociate „vârtejului funie”, introducerea jetului de apă pulsator reduce sau elimină zona de cvasi-stagnare și, corespunzător, elimină „vârtejul funie”. Introducerea jetului poate fi corelată automat cu regimul de funcționare, prin utilizarea unui echipament plasat în exteriorul difuzorului conic, care preia apa din amonte, și, cu ajutorul unui mecanism de automatizare, se introduce jetul de apă pulsator de-a lungul axei difuzorului conic.

Echipamentul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice este cuprins în construcția turbinei și va trece apa dintr-un lac amonte către un lac aval. Echipamentul se compune dintr-o conductă de aducțiune conectată cu o cameră spirală care conduce către un stator și un aparat director care ghidează apa spre un rotor. Datorită puterii generate de rotor, un arbore învârte un generator care produce energie electrică. La ieșirea din rotor, apa trece printr-un difuzor conic, al cărui rol este de a transforma energia cinetică a apei în energie potențială. Realizarea jetului pulsant se face printr-un sistem de by-pass la conducta de aducțiune. Debitul de apă preluat din conducta de aducțiune este reglat de o vană de reglare și trece printr-un rezervor de liniștire, iar cu ajutorul unei vane rotative se introduce prin arbore jetul pulsant. Rolul vanei rotative este de a oferi frecvența aferentă jetului pulsant pentru a elimina componenta piston aferentă vârtejului funie și de a fragmenta pânda de vârtej. Atunci când turbina funcționează la un punct îndepărtat de punctul de randament maxim, apare vârtejul funie descris mai sus, ce are ca rezultat apariția unor fluctuații de presiune care pot deveni dăunătoare turbinei hidraulice. Astfel, prin introducerea echipamentului cu jet pulsant (fig. 1), vârtejul funie dispare, precum și fluctuațiile de presiune aferente lui. Mai exact, pânda de vârtej care conduce la formarea vârtejului la funcționarea

RO 131408 B1

1 turbinelor la sarcină parțială se destramă (fig. 2 și 3) și astfel este eliminată instabilitatea
curgerii. Mai mult, componenta de tip piston (sincronă) este diminuată atunci când se
3 introduce echipamentul cu jet pulsator. Pulsațiilor de presiune tip sincron li se atribuie cele
mai multe probleme operaționale, deși în unele cazuri apar vibrații și zgomot cauzate de
5 pulsațiile asincrone, care pot fi grave (fig. 4). Fluctuațiile de presiune sincrone pot produce
variații de debit, cuplu și putere, ruperi și fisuri de palete, smulgeri ale ogivei. Echipamentul
7 pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor cu jet pulsator poate fi
instalat atât pe turbinele noi, cât și pe cele existente.

RO 131408 B1

Revendicări

1. Echipament pentru controlul instabilităților curgerilor cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice constituit dintr-un subansamblu hidraulic montat pe o conductă de by-pass (11) ce este asociat unei turbine hidraulice compusă dintr-o cameră spiralată (3) aflată în legătură cu un stator (4) și un dispozitiv de ghidare a apei (5) spre un rotor (6) ce este fixat de un arbore (7) care învârte un generator de energie electrică (8), **caracterizat prin aceea că**, pe conducta de by-pass (11) racordată la conducta de aducțiune a apei (2) pentru turbina hidraulică, sunt montate o vană de reglare a debitului de apă (VR) conectată la un rezervor de liniștire a apei (R) racordat, la rândul său, la o vană rotativă (VO), care realizează pulsarea jetului de apă introdus printr-o conductă de injecție (12), montată coaxial în interiorul rotorului (6), direct în difuzorul conic (9) al turbinei hidraulice. 3 5 7 9 11
2. Echipament pentru controlul instabilităților curgerilor cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** vana de reglare a debitului de apă (VR), rezervorul de liniștire a apei (R), vana rotativă (VO) și conducta de injecție (12) sunt montate în serie pe conducta de by-pass (11). 13 15
3. Echipament pentru controlul instabilităților curgerilor cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** vana de reglare a debitului de apă (VR) este prevăzută pentru asigurarea debitului de apă necesar a fi injectat în difuzorul conic (9) al turbinei hidraulice. 17 19
4. Echipament pentru controlul instabilităților curgerilor cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are prevăzut rezervorul de liniștire a apei (R), utilizat pentru acumularea și liniștirea apei înaintea injectării debitului pulsator. 21 23
5. Echipament pentru controlul instabilităților curgerilor cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** are prevăzută vana rotativă (VO), destinată pentru realizarea unor frecvențe pulsatorii diferite stabilite în funcție de natura și zona de formare a vârtejurilor în difuzorul conic (9) al turbinei hidraulice. 25 27

(51) Int.Cl.

F03B 11/02 (2006.01);

F03B 15/18 (2006.01)

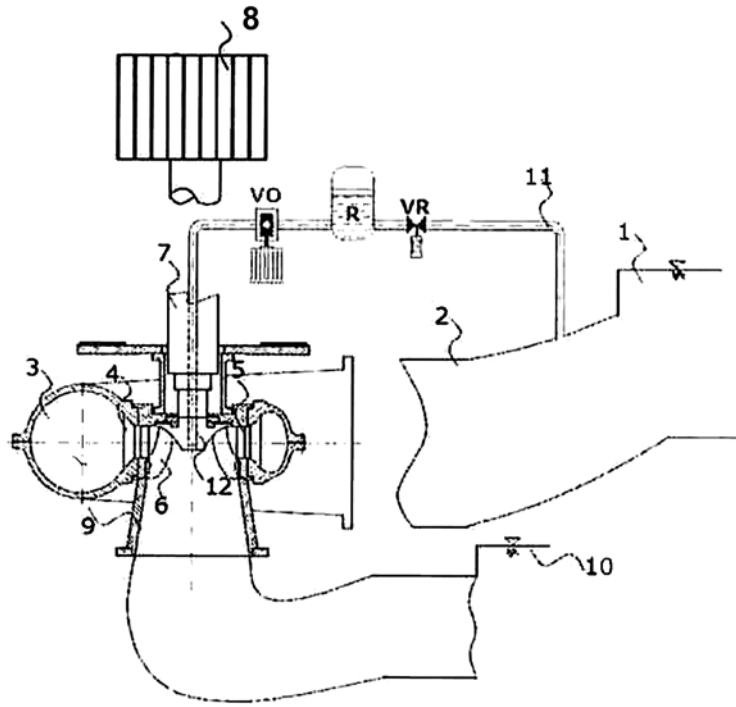


Fig. 1

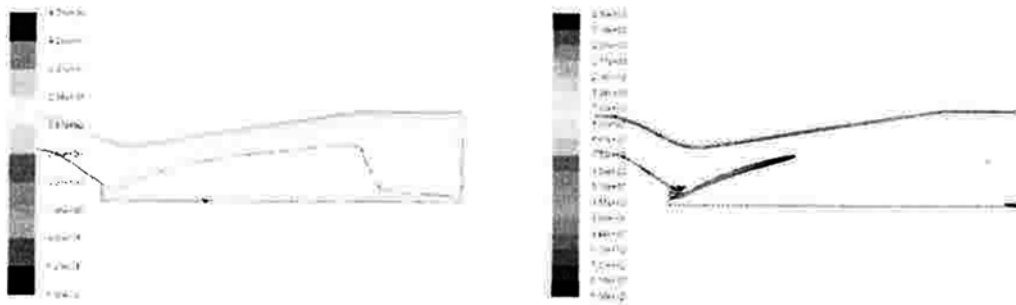


Fig. 2

(51) Int.Cl.

F03B 11/02 (2006.01);

F03B 15/18 (2006.01)

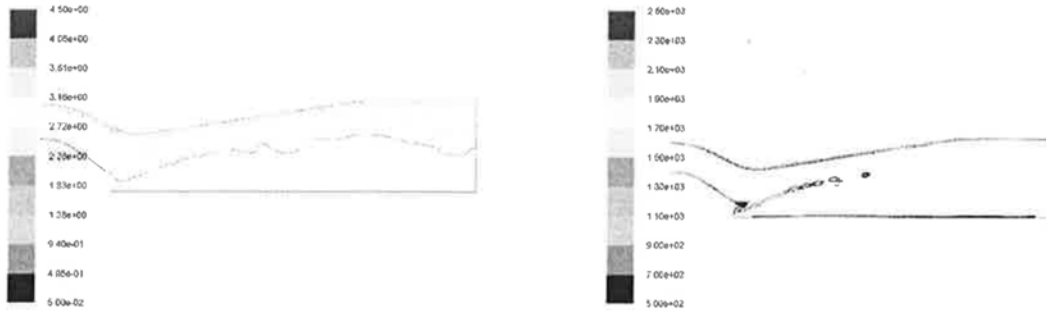


Fig. 3

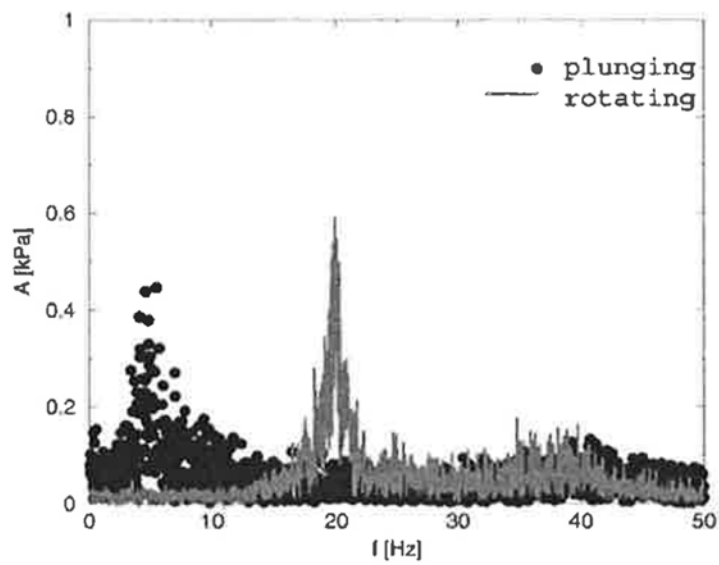


Fig. 4



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 404/2019