



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00338

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

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

(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;  
• 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

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

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un echipament pentru controlul instabilităților curgerilor cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice, care funcționează la debit parțial. Echipamentul conform invenției este alcătuit dintr-o conductă (11) de bypass, o vană (VR) de reglare, o vană (VO) rotativă, un rezervor (R) de liniștire și o conductă (12) de injecție a apei, care, înseriate, fac legătura între un lac (1) amonte și un rotor al turbinei (7), conducta (11) de bypass se racordează la o conductă (2) de aducțiune din lacul (1) amonte, iar în continuarea conductei (11) de bypass se află vana (VR) de reglare, ce reglează debitul jetului pulsant.

Revendicări: 6  
Figuri: 4

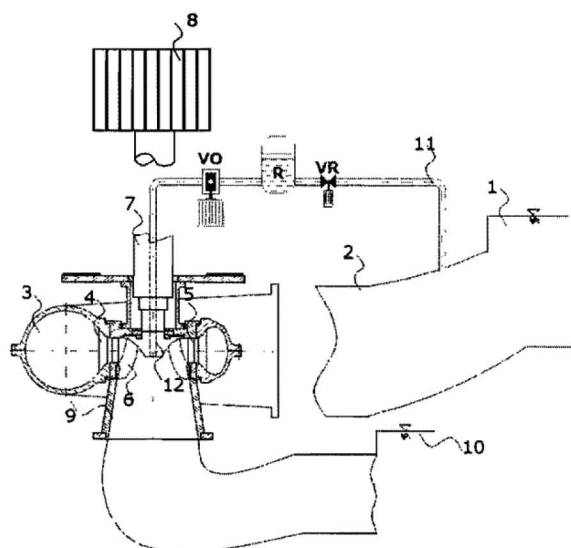
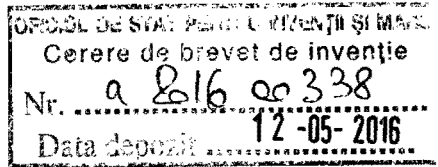


Fig. 1

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).



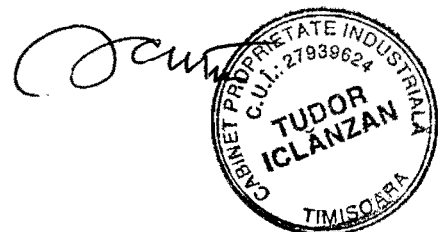


**ECHIPAMENT PENTRU CONTROLUL INSTABILITĂȚILOR CURGERILOR CU VÂRTEJ DIN DIFUZORUL CONIC AL TURBINELOR HIDRAULICE.**

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

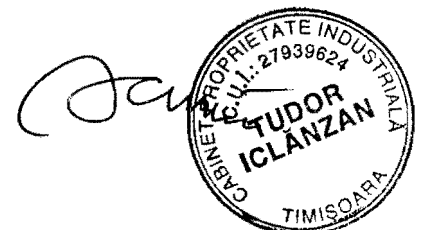
Curgerile cu vârtej sunt specifice funcționării turbomașinilor și în special turbinelor hidraulice cu palete fixe (turbinele Francis). Configurația generală a turbinelor radial-axiale tip Francis include o cameră spirală, care generează o curgere cu o componentă tangențială a vitezei, în aval de camera spirală, curgerea este ghidată prin două rețele radiale de palete: prima este fixă (statorul) iar cea de a doua este reglabilă (aparatur 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 [1].

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 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, turbinele hidraulice moderne au încă din proiectare un nivel a curgerii cu rotație introdus 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 [2]. 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 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 [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 „vârtej



funie”) sunt: i) ruperea bolțurilor de legătură a tubului de aspirație [31], ii) smulgeri de ogive [32], iii) ruperi de palete [33], iv) distrugerea garniturilor de etanșare, v) uzura neuniformă a lagărelor. Nishi și alții [4,5] au investigat curgerea cu rotație într-un difuzor conic. Se arată că 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” (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, [6]. O trecere în revistă a soluțiilor tehnice pasive care se adresează instabilităților curgerii din difuzoarele conice ale turbinelor hidraulice a fost realizată de Thicke [7], fiind cunoscute următoarele soluții tehnice: i) admisia de aer [8, 9], ii) aripioare stabilizatoare [10], iii) introducerea de cilindri concentrici în conul difuzorului conic [11, 12], iv) metoda J-groove [13], v) stator aval de rotor [14], vi) introducerea de palete separatoare în cotul tubului de aspirație [15], vii) introducerea de palete directe în cotul tubului de aspirație [16], viii) introducerea de corpuri centrale alungite cu prinderea în vecinătatea butucului rotorului [34]. 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 [7], ii) injecție de aer printr-o cameră inelară ce înconjoară tubul de aspirație [17], iii) introducerea în interiorul tubului de aspirație a unui colector de aer la perete [18], iv) injecție mixtă de aer și apă prin capacul turbinei [19], ii) injecție de apă la bordul de fugă al paletelor aparatului director [20] v) injecție cu jet de apă tangent la peretele conului tubului de aspirație [21], vi) injecție cu jet de apă axial cu viteză mare și debit mic [22, 23], vii) injecție cu jet de apă axial cu viteză mică și debit mare [24]. 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. Susan-Resiga și alții [23, 25] 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 [26], care au confirmat eficacitatea acestei metode. Investigații experimentale suplimentare extinse au fost efectuate de către Bosioc și alții [27], 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, [28, 29, 30]. 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 vârtejurii 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 [35]. Această metodă introduce pierderi hidraulice în sistem.

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 JP11153081-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-a lungul 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 ieșire din ogiva rotorului al unei turbine sau pompe, se minimizează 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 unei metode și a unui echipament care să asigure controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice 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 este alcătuit dintr-o conductă de bypass **11**, o vană de reglare **VR**, o vană rotativă **VO**, un rezervor de liniștire **R** și o conductă de injecție a apei **12** care sunt înseriate și fac legătura între un lac amonte **1** și un rotor al turbinei **7**. Conducta de bypass **11** se racordează la conducta de aducțiune **2** din lacul amonte **1** astfel încât în continuarea conductei de bypass **11** se află o vană de reglare **VR** ce reglează debitul jetului pulsant în continuarea vanei de reglare **VR** se află un rezervor de liniștire **R**, iar în continuarea rezervorului de liniștire **R**, se află o vană rotativă **VO**, ce produce pulsația jetului de apă. În continuarea vanei rotative **VO** se află o conductă de injecție a apei **12**, realizarea injecției de apă pulsatorie facandu-se prin capătul coroanei rotorului turbinei **7** cu centrul în axa principală a turbinei.

Echipamentul 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,
- elimină 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,
- echipamentul va putea fi utilizat în cadrul noilor construcții de centrale hidroelectrice cât și în cazul centralelor în curs de re tehnologizare.

Se da în continuare, un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile care reprezintă o schiță a metodei (Fig. 1):

- Fig. 1, Schița unei turbine hidraulice Francis cu noua metodă cu jet pulsator implementată.
- Fig. 2, Liniile de curent și panza de vârtej obținută din analiza numerică 2D axial-simetrică pentru cazul fără metoda cu jet pulsator.
- Fig. 3, Liniile de curent și pânza de vârtej obținută din analiza numerică 2D axial-simetrică pentru cazul cu metoda cu jet pulsator.
- Fig. 4, Spectrul Fourier aferent semnalului de presiune pentru vârtejul funie (descompunerea semnalului în două componente: piston și rotativ).

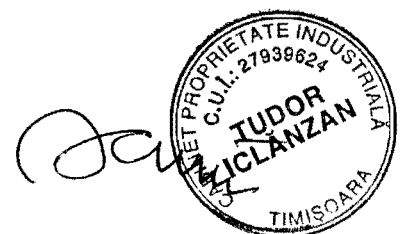
Echipamentul de control al instabilităților curgerii cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției (Fig. 1)

Echipamentul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției 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 realizandu-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 quasi-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-alungul axei difuzorului conic.

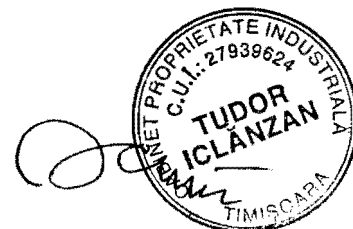
Echipamentul pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform invenției este cuprins în construcția turbinei și va trece apa dintr-un lac amonte 1 către un lac aval 10. Echipamentul conform invenției se compune dintr-o conductă de aducțiune 2 conectată cu o cameră 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 învarte 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. Realizarea jetului pulsant se face printr-un sistem de bypass la conducta de aducțiune 2. Debitul de apă preluat din conducta de aducțiune 2, este reglat de o vana de reglare VR ce trece printr-un rezervor de liniștire R și cu ajutorul unei vane rotative VO se introduce prin arbore jetul pulsant. Rolul vanei rotative VO 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 cu fluctuațiile de presiune aferente, dăunătoare turbinei. Astfel prin introducerea echipamentului cu jet pulsant (Fig. 1), vârtejul funie dispare, respectiv fluctuațiile de presiune aferente lui. Mai exact, pânda de vârtej care conduce la formarea vârtejului la funcționarea turbinelor la sarcină parțială se destramă (Fig. 2-3) și astfel este eliminată instabilitatea curgerii. Mai mult, componenta de tip piston (sincronă), este diminuată atunci când se 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 cauzat de pulsațiile asincrone, care pot fi grave (Fig. 4). Fluctuațiile de presiune sincrone pot produce variații în cădere, de debit, cuplu, și putere, ruperi și fisuri de palete, smulgeri ale ogivei. Echipamentul 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.

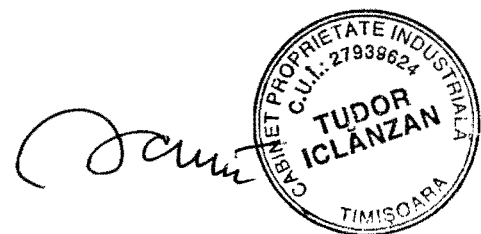


**LISTA BIBLIOGRAFICA**

- [1] Muntean, S. 2008. Analiza numerică a curgerii în turbinele hidraulice Francis. Timisoara: Ed. Orizonturi Universitare.
- [2] Escudier, M. 1987. Confined vortices in flow machinery. *Ann. Rev. Fluid Mech.* **19**, pp.27-52.
- [3] Arpe, J. 2003. Analyse du champ parietale d'un diffuseur coude de turbine Francis. Ecole Polytechnique de Lausanne, Switzerland.
- [4] Nishi, M., Shigenori, M., Takashi, K. & Yosutashi, S. 1982. Flow regimes in a elbow draft tube. In: IAHR Symposium, Operating Problems of Pump Station and Power Plants.
- [5] Nishi, M., Matsunaga, S., Okamoto, M., Uno, M. & Nishitani, K. 1988. Measurements of three-dimensional periodic flow on a conical draft tube at surging condition. *Flows in Non-Rotating Turbomachinery Components, FED.* **69**, pp.81-88.
- [6] Kral, L. D., 2000, "Active Flow Control Technology", ASME FED, Technical Brief, pp. 1-28.
- [7] Thicke, R.H., 1981, "Practical Solutions for Draft Tube Instability", *Water Power & Dam Construction*, **33**(2), pp. 31-37.
- [8] Papillon, B., Sabourin, M., Couston, M., and Deschenes, C., 2002, "Methods for Air Admission in Hydro Turbines", *Proc. 21st IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems*, F. Avellan et al., eds., Lausanne, Switzerland, pp. 1-6.
- [9] Qian, Z-D., Yang, J.-D., and Huai, W.-X., 2007, "Numerical Simulation and Analysis of Pressure Pulsation in Francis Hydraulic Turbine with Air Admission", *J. Hydrodyn., Ser. B*, **19**(4), pp. 467-472, doi: 10.1016/S1001-6058(07)60141-3
- [10] Nishi, M., Wang, X. M., Yoshida, K., Takahashi, T., and Tsukamoto, T., 1996, "An Experimental Study on Fins, Their Role in Control of the Draft Tube Surging", *Proc. 18th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Cavitation*, E. Cabrera et al., eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, **2**, pp. 905-914.
- [11] Vevke, T., 2004, "An Experimental Investigation of Draft Tube Flow," Ph.D thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.



- [12] Qian Z.D., Li W., Huai W.X., and Wu Y.L., 2012, "The effect of the runner cone design on pressure oscillation characteristics in a Francis hydraulic turbine", Proc. IMechE, Part A: J. Power and Energy, **226**(1), pp. 137-150, doi: 10.1177/0957650911422865
- [13] Kurokawa, J., Imamura, H., and Choi Y.-D., 2010, "Effect of J-Groove on the Suppression of Swirl Flow in a Conical Diffuser", J Fluids Eng – Trans ASME, **132**(7), 071101, pp. 1-8, doi: 10.1115/1.4001899.
- [14] Gokhman, A., 2005, „Hydraulic turbine and exit stay apparatus therefor”, Patent no. US6918744 B2, Applicant: Gokhman, A.
- [15] Angerer, C. K., Coulson, S. T., and Nichtawitz, A., 2004, „Partial splitter vane for reaction hydraulic turbine”, Patent no. EP 1200731 B1, Applicant: GENERAL ELECTRIC CANADA, Inc., VA TECH HYDRO GmbH & Co.
- [16] Kawano, M., 1996, „Elbow provided with guide vanes”, Patent no. US5531484 A, Applicant: Kawano, M.
- [17] Geffs, J. J., 1990, „Apparatus and method for reducing effects of draft tube pressure fluctuations”, Patent no. US4898512 A, Applicant: Geffs, J. J.
- [18] Désy, N., and Grenier, R., 2004, „Hydraulic turbine draft tube comprising a gas distribution manifold”, Patent no. EP1491765 A2, Applicant: General Electric Canada Inc.
- [19] Henri, P., 1962, „Method and means for quieting the hydraulic operation of turbines”, Patent no. US3047267 A, Applicant: Neyrpic Ets.
- [20] Lewis B.J., Cimbala J.M., and Wouden A.M., 2012, "Investigation of distributor vane jets to decrease the unsteady load on hydro turbine runner blades", Proc. 26th IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, Beijing, China. Paper IAHRXXVI-121, pp. 1-8.
- [21] Kjeldsen, M., Olsen, K., Nielsen, T., and Dahlhaug, O., 2006, "Water Injection for the Mitigation of draft Tube Pressure Pulsations", Proc. 1<sup>st</sup> IAHR International Meeting of Working Group on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems, Barcelona, Spain. pp. 1-11.
- [22] Susan-Resiga, R., Muntean, S., Hasmatuchi, V., Anton, I. and Avellan F., 2010, "Analysis and Prevention of Vortex Breakdown in the Simplified Discharge Cone of a Francis Turbine", J Fluids Eng – Trans ASME, **132**(5), 051102, pp. 1-15, doi: 10.1115/1.4001486.





[23] Ciocan, G., Vu, T. C., Nennemann, B., Demers, E., and Susan-Resiga, R., 2011, "Liquid control jet during part load operation in a hydraulic turbine", Patent no. US20110188991 A1, Applicant: Andritz Technology And Asset Management Gmbh.

[24] Kirschner, O., Schmidt, H., Ruprecht, A., Mader, R., and Meusburger, P., 2010, "Experimental Investigation of Vortex Control with an Axial Jet in the Draft Tube of a Model Pump-Turbine", IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci., **12**, 012092, pp. 1-9, doi: 10.1088/1755-1315/12/1/012092.

[25] Susan-Resiga, R., Vu, T.C., Muntean, S., Ciocan, G.D., and Nennemann, B., 2006, "Jet Control of the Draft Tube in Francis Turbines at Partial Discharge", Proc. 23rd IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, Yokohama, Japan, Paper F192, pp. 1-14.

[26] Zhang, R., Mao, F., Wu, J., Chen, S., Wu, Y., and Liu, S., 2009, "Characteristics and Control of the Draft-Tube Flow in Part-Load Francis Turbine", J Fluids Eng – Trans ASME, **131**(2), 021101, pp. 1-13, doi: 10.1115/1.3002318.

[27] Bosioc, A.I., Susan-Resiga, R., Muntean, S., and Tănasă, C., 2012, "Unsteady Pressure Analysis of a Swirling Flow with Vortex Rope and Axial Water Injection in a Discharge Cone", J Fluids Eng – Trans ASME, **134**(8), 081104, pp. 1-11, doi:10.1115/1.4007074.

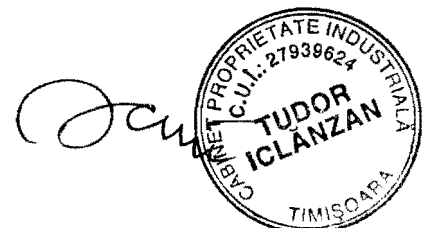
[28] Susan-Resiga, R., and Muntean, S., 2008, "Decelerated Swirling Flow Control in the Discharge Cone of Francis Turbines", Proc. 4th International Symposium on Fluid Machinery and Fluid Mechanics, Beijing, China, pp. 89-96, doi: 10.1007/978-3-540-89749-1\_12.

[29] Kurosawa, S., and Nakagawa, N., 2013, Patent no. 2013072341 A.

[30] Tănasă, C., Susan-Resiga, R., Muntean, S., and Bosioc, A., 2013, "Flow-Feedback Method for Mitigating the Vortex Rope in Decelerated Swirling Flows", J. Fluids Eng., **135**, 061304-1-061304-11.

[31] Casanova F., 2009, "Failure analysis of the draft tube connecting bolts of a Francis-type hydroelectric power plant", Eng. Fail. Anal., **16**(7), pp. 2202-2208, doi: 10.1016/j.engfailanal.2009.03.003

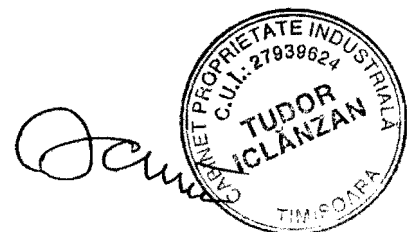
[32] Baya, A., Muntean, S., Câmpian, V., C., Cuzmoș, A., Diaconescu, M., and Bălan, G., 2010, "Experimental Investigations of the Unsteady Flow in a Francis Turbine Draft Tube Cone", IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci., **12**, 012007, pp. 1-10, doi: 10.1088/1755-1315/12/1/012007



[33] Frunzaverde, D., Muntean, S., Marginean, G., Campian, V., Marsavina, L., Terzi, R., and Serban, V., 2010, "Failure Analysis of a Francis Turbine Runner", IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci., **12**, 012115, pp. 1-10, doi: 10.1088/1755-1315/12/1/012115.

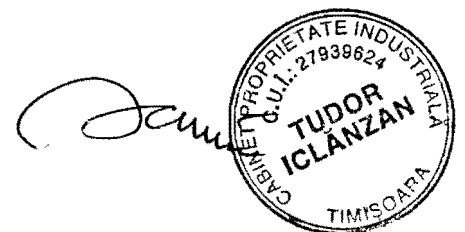
[34] Peter Faile, P., and Scherer, T., 2007, "Method and device for reducing pressure fluctuations in an induction pipe of a water turbine or water pump or water-pump turbine", Patent no. US20070009352 A1, Applicant: Peter Faile, P., and Scherer, T.

[35] Susan-Resiga R.F., Tanasa C., Bosioc A.I., Ciocan T., Stuparu A., Muntean S., "Metodă și echipament pentru controlul curgerilor cu rotație din difuzorul conic al turbinelor hidraulice", Cerere de brevet no. A/00621, 13.08.2014, Aplicant: Universitatea Politehnica, Timisoara, Romania.



## REVENDICĂRI

1. Echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice **caracterizată prin aceea că** este alcătuit dintr-o conductă de bypass (11), o vană de reglare (VR), o vană rotativă (VO), un rezervor de liniștire (R) și o conductă de injecție a apei (12) care înseriate fac legătura între un lac amonte (1) și un rotor al turbinei (7).
2. Echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că**, conducta de bypass (11) se racordează la o conducta de aducțiune (2) dintr-un lac amonte (1).
3. Echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că**, în continuarea conductei de bypass (11) se află o vană de reglare (VR) ce reglează debitul jetului pulsant.
4. Echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că**, în continuarea vanei de reglare (VR) se află un rezervor de liniștire (R).
5. Echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că**, în continuarea rezervorului de liniștire (R), se află o vană rotativă (VO), ce produce pulsația jetului de apă.
6. Echipament pentru controlul curgerii cu vârtej din difuzorul conic al turbinelor hidraulice conform revendicării 1 **caracterizată prin aceea că**, în continuarea vanei rotative (VO) se află o conductă de injecție a apei (12), realizarea injecției de apă pulsatorie făcându-se prin capătul coroanei rotorului turbinei (7) cu centrul în axa principală a turbinei.



7

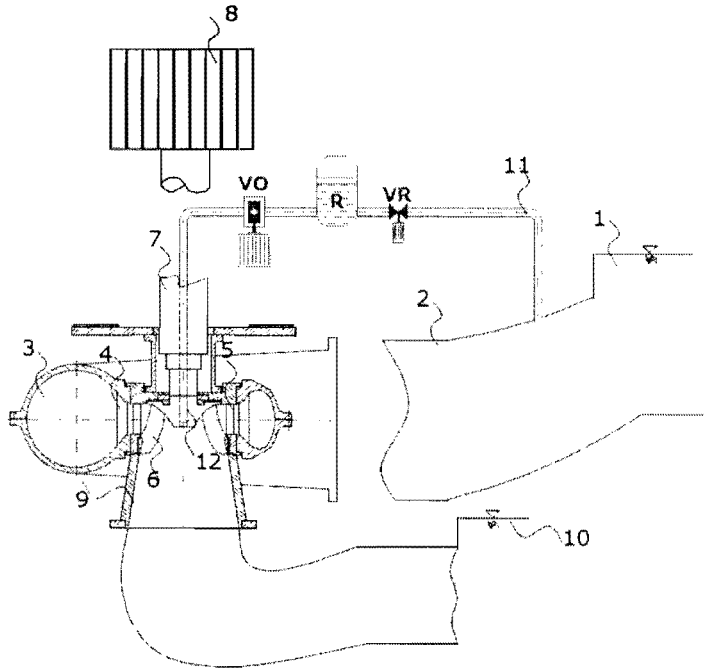


Fig. 1

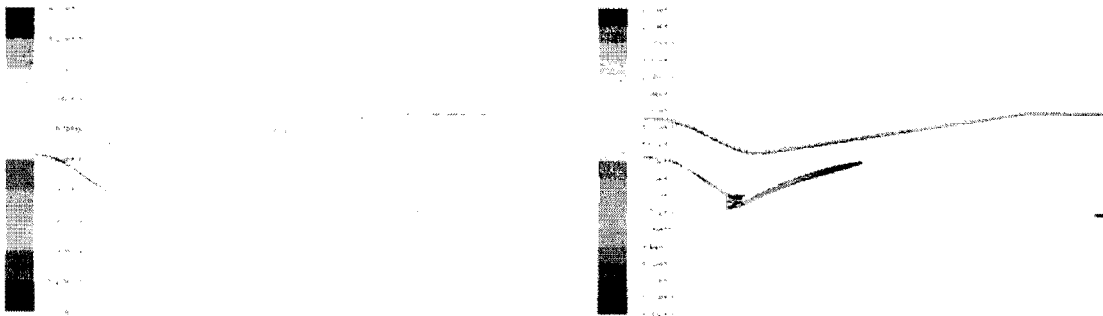
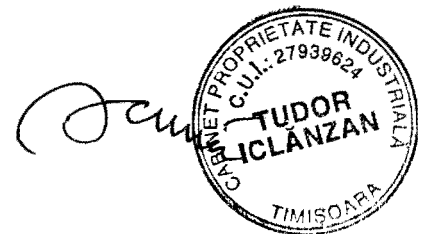
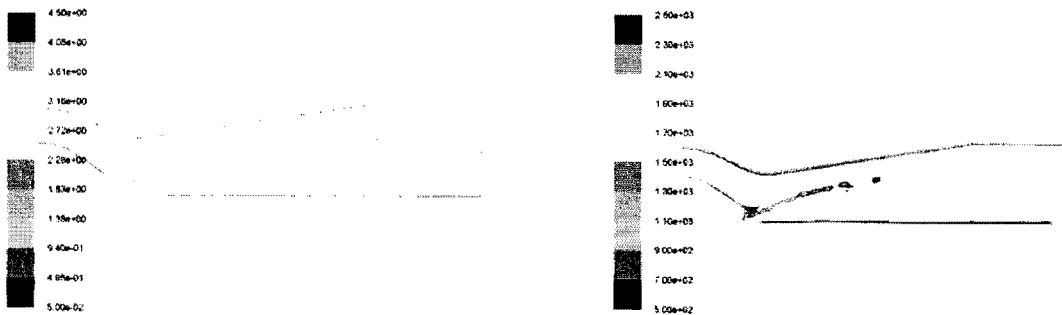


Fig. 2



6

Fig. 3

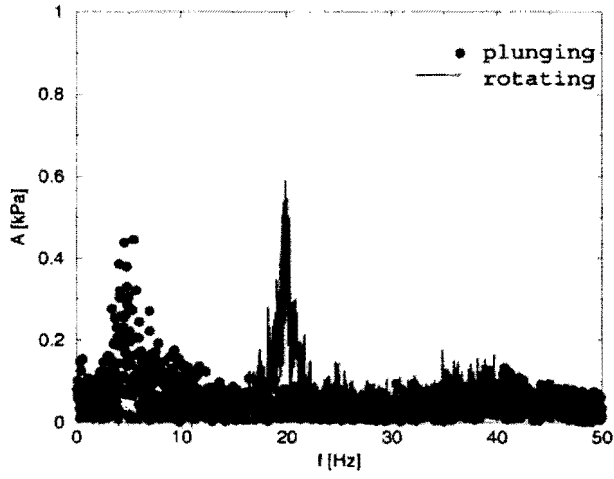


Fig. 4

