



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00704

(22) Data de depozit: 29/09/2015

(41) Data publicării cererii:  
30/05/2016 BOPI nr. 5/2016

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
INGINERIE ELECTRICĂ ICPE - CA,  
SPLAIUL UNIRII NR.313, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• BUNEA FLORENTINA,  
STR. VASILE VASILIEVICI STROESCU  
NR. 46, AP. 2, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• CIOCAN GABRIEL DAN, STR. PAȘCANI  
NR. 7, BL. D8, SC. A, ET. 1, AP. 3,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) STAND PENTRU STUDIUL CURGERILOR BIFAZICE,  
ROTAȚIONALE, CU GRADIENT ADVERS DE PRESIUNE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un stand pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune, cu aplicații la îmbunătățirea cantității de oxigen dizolvat, necesară vieții acvatice, din apa deversată în râu de turbinele hidraulice care echipează centralele hidro-electrice, deci în scopul exploatarei ecologice a turbinelor hidraulice. Standul este utilizat pentru studiul în laborator, la scară redusă, a curgerilor bifazice rotaționale cu gradient advers de presiune, respectând parametrii curgerii din aspiratorul unei turbine hidraulice. Standul conform invenției este alcătuit dintr-un bazin (1) de alimentare din care, cu ajutorul unei electropompe (2) și al unui filtru (3) de curățare a apei, se introduce apă curată printr-o conductă (4) într-o zonă (5) de studiu, de formă conică la interior și paralelipipedică la exterior, construită dintr-un material transparent, prevăzută cu un stator (6) amplasat în amonte de zona divergentă, un dispozitiv (7) de injecție a aerului sub formă dispersă, cu plăcuțe perforate interschimbabile, cu rolde aerare a apei, alimentat de la un compresor (8) de aer comprimat, prevăzut cu un debitmetru de aer, un manometru (9) pentru măsurarea pierderii presiunii dispozitivului de aerare, un manometru (10) de presiune diferențială, cu prizele situate de o parte și de alta a zonei divergente, pentru măsurarea gradientului advers de presiune, și cu un traductor (11) de presiune situat în avalul statorului (6), pentru a

măsura presiunea/depresiunea generată de curgerea cu vârtej, traseul hidraulic fiind continuat printr-o conductă (12) pe care este montat un debitmetru (13) pentru măsurarea debitului de apă, trei zone (14) de vizualizare a curgerii și un oximetru (15) situat în capătul aval al conductei (12), pentru măsurarea cantității de oxigen dizolvat, și dintr-o sită (16) cu rol de liniștire a apei evacuate în bazinul (1) de alimentare.

Revendicări: 1  
Figuri: 2

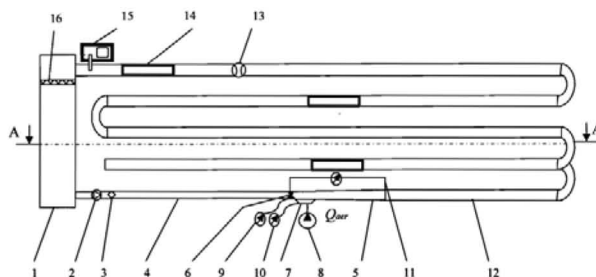
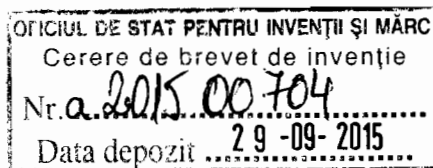


Fig. 1





**Stand pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune**

Invenția se referă la un stand pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale cu gradient advers de presiune, cu aplicații la îmbunătățirea cantității de oxigen dizolvat (OD), necesară vieții acvatice, din apa deversată în râu de turbinele hidraulice ce echipează centralele hidroelectrice, deci în scopul exploatarei ecologice a turbinelor hidraulice. Standul este utilizat pentru studiul în laborator, la scara redusă a curgerilor bifazice, rotaționale cu gradient advers de presiune, respectând parametrii curgerii din aspiratorul unei turbine hidraulice.

**Soluțiile cunoscute** de aerare a apei turbinate, conduc la creșterea concentrației OD dar în detrimentul randamentului hidraulic al turbinei. Nu se cunoaște o metoda eficientă general valabilă pentru aerarea apei ce traversează turbinele hidraulice, iar fiecare implementare a dispozitivelor de aerare a apei turbinate necesită un studiu specific pentru fiecare turbină în parte. Toate aceste studii sunt efectuate direct în situ, unde turbinele sunt echipate cu diferite dispozitive de aerare a apei. Aceste dispozitive de aerare sunt analizate și comparate în literatură, fiind considerați următorii parametrii care influențează procesul de aerare la turbine: geometria turbinei, cantitatea de aer introdusă, locul admisiei cu aer. Alți parametrii fundamentali pentru procesul de aerare cum ar fi: distribuția mărimii bulelor de aer și efectul acestora asupra transferului de OD în curgerea turbulentă specifică nu sunt luați în considerare datorită dificultății studiului acestora în situ. Metodele de injectare a aerului cunoscute au caracteristici diferite din punct de vedere energetic și al performanțelor de aerare și influențe diferite asupra curgerii prin aspiratorul turbinei, la diferite regimuri de funcționare. Astfel, pe standul conform invenției, sunt considerați principalii parametrii hidraulici ai curgerii reale și se determină eficiența dispozitivelor de aerare, urmând a se transpune în practica pentru fiecare caz particular.

Începând cu anii 1950 principalii furnizori de energie și constructori de echipamente hidro din Europa (Voith) și SUA (Tennessee Valley Authority) răspund preocupărilor legate de mediu privind exploatarea hidrocentralelor și inițiază cercetări ce au ca scop reducerea impactului asupra mediului, punându-se bazele unui parteneriat internațional pentru dezvoltarea și îmbunătățirea modelelor de turbine Francis cu scopul de a mări concentrația de oxigen dizolvat. Deși în unele studii privind sistemele de aerare la turbine, efectuate la diferite hidrocentrale, rezultatele obținute nu au fost pe măsura așteptărilor, cercetările continuă deoarece exploatarea ecologică respectiv calitatea apei uzinate prin turbinele hidraulice este o preocupare permanentă, atât pentru constructorii, cât și pentru beneficiarii hidrocentralelor, și datorită reglementărilor referitoare la calitatea apei. Ca o consecință a acestor aspecte, operatorii hidro încearcă să pună în balanță responsabilitatea față de mediu și producerea de energie.

Directiva Cadru a Apei a Uniunii Europene urmărește să prevină deteriorarea, să protejeze și să îmbunătățească starea ecosistemelor acvatice și stabilește un cadru

comun pentru managementul durabil și integrat al tuturor corpurilor de apă și cere ca toți factorii de impact să fie luați în considerare. Oxigenul dizolvat (OD) prezent în cursurile de apă reprezintă un parametru esențial ce permite conservarea și dezvoltarea habitatului acvatic. Când nivelul de OD din apă, scade sub 5.0 mg/l, viața acvatică este pusă în pericol iar dacă nivelul de OD din apă rămâne pentru câteva ore în intervalul 1÷2 mg/l, pot muri cantități mari de pește. Conținutul scăzut de OD din apa turbinată se datorează faptului că admisia apei în turbine se face de obicei, din straturile de jos ale lacului de acumulare, cele mai sărace în oxigen, ceea ce afectează calitatea apei din avalul centralelor hidroelectrice dar și faptului că odată cu trecerea prin traseul hidraulic al turbinei, are loc o degazare suplimentară datorată depresiunii produse la curgerea apei prin aspiratorul turbinei. Acest fenomen se produce în special în turbinele Francis și Kaplan, care funcționează în regim de sarcină parțială.

**Dezavantajul soluțiilor cunoscute** îl reprezintă faptul că studiile pentru implementarea dispozitivelor de aerare, sunt efectuate direct pe turbina din situ, ceea ce nu oferă posibilitatea unei optimizări a transferului de oxigen datorită lipsei de informații legate de dinamica bulelor în mașina hidraulică. Investigatiile in situ au dezavantajul costurilor mari de operare și imobilizare a instalației pentru eventualele schimbări de configurație a dispozitivului de aerare. Pentru efectuarea testelor in situ, un alt dezavantaj îl constituie faptul că **oprirea și pornirea repetată a turbinei**, cauzează atât din punct de vedere tehnic, conduc la fenomene tranzitorii și la dezvoltarea fenomenului de oboseală pe paletele rotorului, dar și din punct de vedere economic deoarece aceste efecte cresc costul de operare al mașinii hidraulice. Pe de altă parte, introducerea aerului în circuitul turbinei se face de obicei necontrolat, punându-se accent pe cantitatea de aer introdusă în sistemul hidraulic, ceea ce conduce la scăderea randamentului acesteia, și nu pe creșterea suprafeței interfazice aer-apa, și a timpului de contact interfazic, realizabile prin injecția dispersă a aerului - obiectul de studiu al instalației, conform invenției

**Problema tehnică pe care o rezolvă invenția** este realizarea unui stand pentru studiul în laborator al curgerilor bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune, care respectă parametrii curgerilor turbulente din aspiratorul turbinelor de tip Francis, și care are ca scop studiul și încercarea în laborator a dispozitivelor de aerare ce pot fi montate în turbinele hidraulice, punându-se accent pe calitatea procesului de aerare (creșterea ariei interfazice aer-apă, timpul de retenție a acestora, căderea de presiune pe dispozitivele de aerare, geometria și dimensionarea acestora, etc.) astfel încât cantitatea de aer introdusă în sistem să fie optimă, pentru a nu afecta randamentul mașinii hidraulice, iar transferul de oxigen în apă să crească, prin mărirea ariei de contact interfazic aer-apă, pentru a obține un grad de aerare cât mai ridicat. În acest sens standul este prevăzut cu un dispozitiv de aerare dispersă, cu plăci interschimbabile prin care se injectează controlat aer, sub formă de bule de diferite dimensiuni, ținând cont de deficitul de OD din apă, de aria interfazică aer-apă, de pierderile de presiune ale dispozitivului de aerare și de timpul de contact între cele două faze, astfel încât volumul de aer injectat să fie minim. De asemenea, permite studiul în mod fiabil al unor fenomene complexe, cum sunt curgerile disperse gaz-lichid, turbulente, cu gradient advers de presiune, unde transferul de masă prin interfață este un proces dinamic asociat cu dinamica interfeței, iar aria interfeței variază în lungul curgerii.

Standul pentru studiul curgerile bifazice, rotaționale cu gradient advers de presiune înlătură dezavantajele prezentate mai sus prin faptul ca permite studiul tuturor parametrilor legati de aerare intr-o curgere omoloaga a curgerii in turbinele hidraulice; standul este alcătuit dintr-un bazin de alimentare, din care, cu ajutorul unei electropompe și al unui filtru de curățare a apei, se introduce apă curată printr-o conductă în zona de studiu, de formă conică la interior cu un unghi de evazare ( $\gamma = 0-30^\circ$ ) și paralelipipedica la exterior, construită din material transparent, prevăzută cu un stator, amplasat în amonte de zona divergentă, un dispozitiv de injecție a aerului sub forma dispersă, cu plăci perforate interschimbabile cu rol de aerare a apei, alimentat de la un compresor de aer comprimat prevăzut cu un debitmetru de aer, un manometru, pentru măsurarea pierderii de presiuni pe dispozitivul de aerare, un manometru de presiune diferențială, cu prizele situate de o parte și de alta a zonei divergente, pentru măsurarea gradientului advers de presiune și cu un traductor de presiune situat în avalul statorului, pentru a măsura presiunea / depresiunea generata de curgerea cu vârtej; traseul hidraulic este continuat dintr-o conducta cu lungimea și diametrul dimensionate astfel încât timpul minim de contact pe care o particulă îl parcurge de la intrarea la ieșirea din conductă sa fie de minim 10 s pentru o viteza medie a apei de 3 m/s, pe care este montat un debitmetru pentru măsurarea debitului de apă, 3 zone de vizualizare a curgerii și un oximetru situat în capătul aval al conductei, pentru măsurarea cantității de OD, și dintr-o sită cu rol de liniștire a apei evacuate în bazinul de alimentare.

**Avantajele invenției sunt următoarele:**

- se testează în condiții de laborator, deci la scara redusa, dispozitivele de injecție a aerului, în curgeri turbulente, rotationale, cu gradient advers de presiune respectând parametrii curgerii din aspiratorul unei turbine hidraulice după cum urmează: gradient de presiune advers, viteza medie de curgere a apei, timp de contact aer-apa, curgere rotațională cu vortex cavitațional;
- prin construcția specială, standul este prevăzut cu o zona de studiu de forma conică la interior și paralelipipedică la exterior, construită din material transparent, astfel încât permite conectarea sistemelor moderne de tip PIV (Particle Image Velocimetry), de analiza curgerilor polifazice, respectiv determinarea 3D a câmpurilor de viteze instantanee si a liniilor de curent;
- permite testarea din punct de vedere al performanțelor de aerare și energetice a dispozitivelor de aerare dispersa, ce se montează pe peretele conductei, neinvaziv pentru a nu influența curgerea apei prin sistemul hidraulic;
- dispozitivul de aerare este prevăzut cu plăcute interschimbabile de injecție a aerului sub formă de bule de aer de diferite dimensiuni;
- standul permite vizualizarea apariției si evoluției vortexului cavitațional.

**În continuare se dă un exemplu de realizare a standului** pentru studiul curgerilor bifazice, rotationale cu gradient advers de presiune, conform invenției, în legătură cu figura 1 si figura 2 care reprezintă:

Fig. 1. Secțiune a standului conform inventiei.

Fig. 2. Vedere din planul A-A

Standul, conform invenției, este realizat în circuit închis și este alcătuit dintr-un bazin de alimentare 1, din care, cu ajutorul unei electropompe 2 și al unui filtru de curățare a apei 3, se introduce apă curată într-o conductă 4 cu diametrul  $\Phi$  50 mm și lungimea de 3 m. Pentru a simula curgerea rotațională, standul este prevăzut cu o zonă de studiu 5, conică la interior și paralelipipedică la exterior, construită din material transparent, alcătuită dintr-un stator 6 amplasat în amonte de o zonă divergentă, cu un unghi de evazare ( $\gamma = 0-30^\circ$ ) ce corespunde unghiului de evazare al aspiratorului turbinelor. În zona de studiu sunt acoperite numerele Reynolds  $Re = 1 \cdot 10^5 \div 5 \cdot 10^5$ . Zona de studiu mai cuprinde un dispozitiv de injecție a aerului 7 sub forma dispersă, cu rol de aerare a apei, situat în avalul statorului. Dispozitivul de injecție a aerului 7 este alimentat de la un compresor de aer comprimat 8, prevăzut cu un debitmetru de aer (nefigurat) și un manometru 9, astfel încât să permită controlul debitului de aer introdus în sistem. Dispozitivul de injecție a aerului 7 este prevăzut cu plăcuțe perforate interschimbabile (nefigurate), cu orificii de diferite dimensiuni astfel încât aerul injectat în sistemul hidraulic să fie sub forma dispersă dar să se permită varierea ariei de contact aer-apă din sistem. De asemenea zona de studiu este prevăzută cu un manometru de presiune diferențială 10, cu prizele situate de o parte și de alta a zonei divergente, pentru măsurarea gradientului advers de presiune și cu un traductor de presiune 11 situat în avalul statorului, pentru a măsura presiunea / depresiunea generată de curgerea cu vârtej. Standul este dimensionat astfel încât să respecte timpul minim de contact pe care o particula îl parcurge de la intrarea la ieșirea din aspiratorul unei turbine hidraulice de tip Francis (min. 10 s), și o viteză medie a apei de 3 m/s; de aceea traseul hidraulic este continuat dintr-o conductă 12 cu lungimea de 30 m și diametrul de 100 mm. Standul mai conține, un debitmetru 13 pentru măsurarea debitului de apă, 3 zone de vizualizare 14 a curgerii și un oximetru 15 situat în capătul aval al conductei 12, pentru măsurarea cantității de OD. Apa, evacuată în bazinul de alimentare 1, trece printr-o sită 16 cu rol de liniștire a apei.

Standul pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale cu gradient advers de presiune, conform invenției **funcționează în modul următor**: Se umple standul cu apă, astfel încât curgerea să fie înecată, respectiv suprafața liberă a apei din bazinul de alimentare 1 să se situeze deasupra conductei 12 de evacuare a apei. Se dezaerează apa utilizând, de exemplu sulfat de sodiu, astfel încât apa din circuit să conțină concentrația dorită de oxigen dizolvat. Se pornește electropompa 2, se setează debitul de curgere a apei și se așteaptă stabilizarea curgerii la debitul de lucru. Se introduce aer prin dispozitivul de injecție a aerului 7, la diferite debite și se citesc presiunile/depresiunile din punctele critice ale zonei de lucru. Se citește la oximetrul 13 conținutul de oxigen dizolvat în timp, în funcție de viteza de curgere a apei. De exemplu dacă apa curge cu 3 m/s se citește concentrația OD după 10 s de la pornirea dispozitivului de injecție a aerului. Procedura se repetă pentru diferite debite respectiv viteze de curgere a apei și pentru diferite dispozitive de injecție dispersă a aerului.

Odată cu creșterea vitezei de curgere a apei, curgerea rotațională imprimată de statorul 5 formează un vortex cavitațional, similar cu vortexul ce se produce în aspiratorul turbinelor hidraulice de tip Francis, atunci când acestea funcționează la sarcină parțială. Prin introducerea aerului sub formă dispersă în zona de studiu, se poate studia fenomenul de aerare dispersă a apei în curgeri rotaționale, turbulente. Injectarea aerului se va face în mod controlat în funcție de deficitul de OD din apă, prin dispozitivul neinvaziv 7, de aerare dispersă, situat pe peretele conductei astfel încât să

nu influențeze curgerea din circuitul hidraulic. Se urmărește ca volumul de aer să fie suficient pentru a acoperi deficitul de OD și să aibă un efect minim asupra performanțelor energetice a mașinii hidraulice.

Standul, conform invenției, este cu circuit închis și se utilizează pentru studiul în laborator, deci la scară redusă, a unor soluții de aerare a apei ce uzinează turbinele hidraulice de tip Francis, ce echipează centralele hidroelectrice, în scopul identificării și punerii în practică a unei soluții tehnice care să contribuie la diminuarea deficitului de oxigen dizolvat din apa turbinată.

Standul pentru studiul curgerilor bifazice, rotationale, cu gradient advers de presiune, conform invenției, permite studiul și încercarea în laborator a dispozitivelor de aerare ce pot fi montate în conul aspirator al turbinele hidraulice.

Aspectul original și de noutate al acestui stand este că permite (în premieră) studiul și optimizarea parametrilor de aerare pentru turbinele hidraulice din punct de vedere al: distribuției și dimensiunii bulelor injectate (optimizarea contactului interfazic aer-apa) și optimizarea geometriei aeratorului pentru diminuarea impactului asupra randamentului turbinei. Instalația este concepută astfel încât să simuleze parametrii curgerii în turbinele hidraulice pentru întregul domeniu de funcționare al turbinei.

### Revendicare

Stand pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale cu gradient advers de presiune, este alcătuit dintr-un bazin de alimentare (1) din care, cu ajutorul unei electropompe (2) și al unui filtru de curățare a apei (3), se introduce apă curată printr-o conductă (4) în zona de studiu (5), **caracterizat prin aceea că este** de formă conică la interior cu un unghi de evazare ( $\gamma = 0-30^\circ$ ) și paralelipipedica la exterior, construită din material transparent, prevăzută cu un stator (6), amplasat în amonte de zona divergentă, un dispozitiv de injecție a aerului (7) sub forma dispersă, cu plăcute perforate interschimbabile cu rol de aerare a apei, alimentat de la un compresor de aer comprimat (8) prevăzut cu un debitmetru de aer, un manometru (9), pentru măsurarea pierderii de presiuni pe dispozitivul de aerare, un manometru de presiune diferențială (10), cu prizele situate de o parte și de alta a zonei divergente, pentru măsurarea gradientului advers de presiune și cu un traductor de presiune (11) situat în avalul statorului, pentru a măsura presiunea / depresiunea generată de curgerea cu vârtej; traseul hidraulic este continuat dintr-o conductă (12) cu lungimea și diametrul dimensionate astfel încât timpul minim de contact pe care o particula îl parcurge de la intrarea la ieșirea din conductă să fie de minim 10 s pentru o viteză medie a apei de 3 m/s, pe care este montat un debitmetru (13) pentru măsurarea debitului de apă, 3 zone de vizualizare (14) a curgerii și un oximetru (15) situat în capătul aval al conductei (12), pentru măsurarea cantității de OD, și dintr-o sită (16) cu rol de liniștire a apei evacuate în bazinul de alimentare (1).

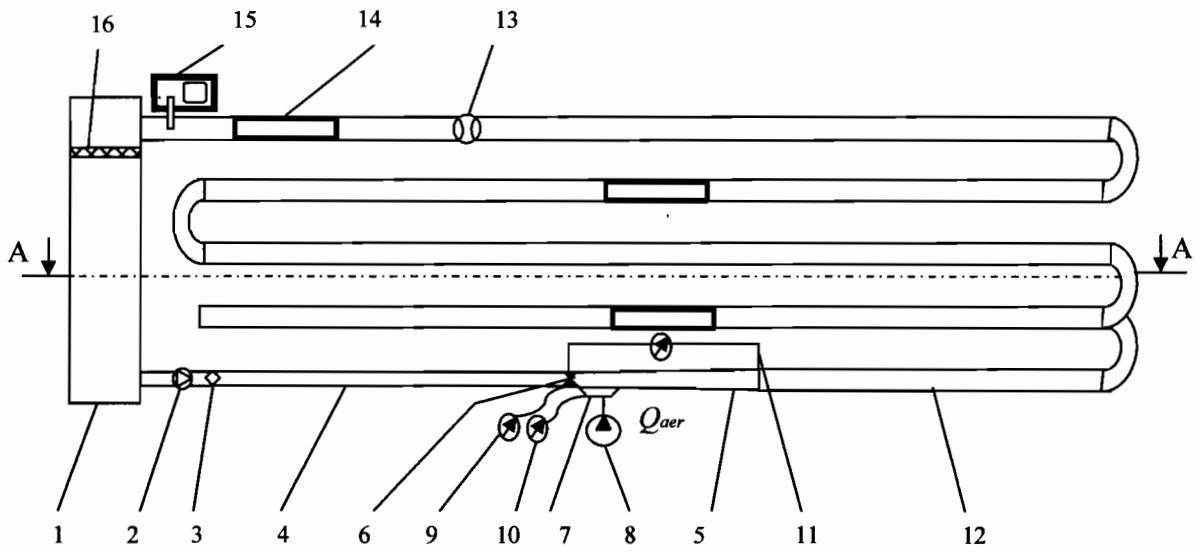


Figura 1

A-A

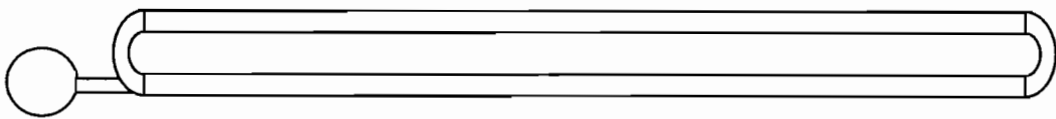


Figura 2