



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00704**

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

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/10/2018** BOPI nr. **10/2018**

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

(73) Titular:
• **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**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 4009614 (A); US 5551305 (A)

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



RO 131118 B1

1 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
3 acvatice, din apa deversată în râu de turbinele hidraulice ce echipează centralele hidroelectrice
în scopul exploatarea ecologică a turbinelor hidraulice. Standul este utilizat pentru studiul în
5 laborator, la scară redusă, a curgerilor bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune,
respectând parametrii curgerii din aspiratorul unei turbine hidraulice.

7 Este cunoscut documentul **US 4009614 (A)**, care se referă la o metodă și un aparat
pentru monitorizarea curgerii bifazice, prin monitorizarea vitezelor de curgere tranzitorie bifazică
9 (lichid-vapori). Prezenta soluție utilizează tronsoane de țevă cu flanșe (mosoare) care au
montate în interior niște ecrane de sârmă sau niște dispozitive similare, cum ar fi ecrane din
11 plăci perforate, care produc niște efecte de îmbunătățire a regimului de curgere, având ca scop
monitorizarea acestuia. Un prim efect este scăderea valorilor căderii de presiune măsurate cu
13 niște manometre diferențiale, care au prize de măsurare în dreptul fiecărui ecran sau placă
perforată. Valorile căderilor de presiune pe un ecran sau pe o placă perforată sunt cunoscute
15 pentru diferite debite de curgere ale lichidului bifazic și pot fi utilizate pentru monitorizarea
regimurilor de curgere la debite neomogene. Un alt efect util al montării ecranelor sau plăcilor
17 perforate în flux neomogen este că acest aparat creează un regim de flux uniform distribuit, în
imediată vecinătate din aval de locul de montaj al acestora.

19 De asemenea, este cunoscut documentul **US 5551305 (A)**, care se referă la o metodă
și un aparat de măsurare a debitelor fiecărei componente a unui flux bifazic (gaz-lichid) sau a
21 unui flux trifazic constând din apă, ulei și gaz, incluzând în prima etapă un debitmetru
volumetric, iar în serie cu acesta mai sunt montate două debitmetre de impuls pentru etapele
23 2 și 3, în care raportul de viteză între gaz și fluid este menținut ca fiind unul singur. Un procesor
calculează debitele componentelor fluxului prin afișarea debitelor volumetrice și a ecuațiilor de
25 impuls sau de energie care definesc fiecare debit, de la prima la cea de-a treia etapă.

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

43 Începând cu anii 1950, principalii furnizori de energie și constructori de echipamente
hidroelectrice din Europa (Voith) și SUA (Tennessee Valley Authority) răspund preocupărilor
45 legate de mediu privind exploatarea hidrocentralelor și inițiază cercetări ce au ca scop
reducerea impactului asupra mediului, punându-se bazele unui parteneriat internațional pentru
47 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,

RO 131118 B1

deoarece exploatarea ecologică, respectiv calitatea apei circulată 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 prezent în cursurile de apă reprezintă un parametru esențial ce permite conservarea și dezvoltarea habitatului acvatic. Când nivelul de oxigen dizolvat din apă scade sub 5,0 mg/l, viața acvatică este pusă în pericol, iar dacă nivelul de oxigen dizolvat din apă rămâne pentru câteva ore în intervalul 1...2 mg/l, pot muri cantități mari de pește. Conținutul scăzut de oxigen dizolvat în apă 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 *in situ*, ceea ce nu oferă posibilitatea unei optimizări a transferului de oxigen datorită lipsei de informații legate de dinamica bulelor în turbina hidraulică. Investigațiile *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 probleme atât din punct de vedere tehnic, conducând 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 turbinei 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-apă și a timpului de contact interfazic, realizabile prin injectarea dispersă a aerului - obiectul de studiu al instalației, conform invenției.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este realizarea unui stand pentru studiu în condiții de laborator a 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 apă-aer, 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 oxigen dizolvat în apă, de aria interfazică apă-aer, 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 maxim. 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.

RO 131118 B1

1 Standul pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune,
este alcătuit dintr-un bazin de alimentare din care, cu ajutorul unei electropompe și al unui filtru
3 de curățare a apei, se introduce apă curată printr-o conductă care are un tronson de studiu,
prevăzut cu un debitmetru de aer și un prim manometru diferențial, ce are ca scop măsurarea
5 debitului de aer și a pierderii de presiuni pe dispozitivul de aerare, iar un al doilea manometru
diferențial are niște prize amplasate de o parte și de alta a tronsonului de studiu și este folosit
7 pentru măsurarea gradientului advers de presiune prin intermediul unui traductor de presiune,
situat în avalul statorului, pentru a măsura presiunea generată de curgerea cu vârtej a fluidului
9 bifazic, iar traseul hidraulic este continuat cu o conductă pe care sunt montate un al doilea
debitmetru, utilizat pentru măsurarea debitului de fluid bifazic, trei tronsoane de conductă
11 transparentă, folosite pentru vizualizarea curgerilor bifazice, un oximetru montat pe capătul aval
al conductei, folosit pentru măsurarea cantității de oxigen dizolvat, și o sită ce are rol de liniștire
13 a fluidului bifazic deversat din conductă în bazinul de alimentare, iar tronsonul de studiu este
constituit dintr-un material transparent cu formă tronconică la interior, cu un unghi de evazare
15 $\gamma = 0...30^\circ$ și cu formă paralelipipedică la exterior, și este prevăzut cu un stator, amplasat în
amonte, și cu un dispozitiv de injectare a aerului în apă, care prezintă niște plăci perforate
17 interschimbabile, ce au rol de aerare a apei, și care este alimentat de la un compresor de aer
comprimat.

19 Avantajele invenției sunt următoarele:

21 - se testează, în condiții de laborator, la scară redusă, dispozitivele de injectare a
aerului, în curgeri turbulente, rotaționale, cu gradient advers de presiune, respectând parametrii
curgerii din aspiratorul unei turbine hidraulice după cum urmează: gradient de presiune advers,
23 viteza medie de curgere a apei, timp de contact apă-aer, curgere rotațională cu vortex
cavitațional;

25 - prin construcția specială, standul este prevăzut cu un tronson de studiu, construit din
material transparent, conic la interior și paralelipipedic la exterior, astfel încât să permită
27 conectarea sistemelor moderne de tip PIV (Partide Image Velocimetry), de analiza curgerilor
polifazice, respectiv determinarea 3D a câmpurilor de viteze instantanee și a liniilor de curent;

29 - permite testarea din punct de vedere al performanțelor de aerare și energetice a
dispozitivelor de aerare dispersă, ce se montează pe peretele conductei, neinvaziv, pentru a
31 nu influența curgerea apei prin sistemul hidraulic;

33 - dispozitivul de aerare este prevăzut cu plăcuțe interschimbabile de injectare a aerului
sub formă de bule de aer de diferite dimensiuni;

35 - standul permite vizualizarea apariției și evoluției vortexului cavitațional.

37 În continuare, se dă un exemplu de realizare a standului pentru studiul curgerilor
bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune, conform invenției, în legătură cu fig. 1 și
2, care reprezintă:

39 - fig. 1, secțiune prin standul conform invenției;

41 - fig. 2, vedere din planul A-A.

43 Standul, conform invenției, este realizat dintr-un circuit hidraulic închis, alcătuit dintr-un
bazin de alimentare **1**, din care se aspiră apă cu ajutorul unei electropompe **2**, care trece, printr-
un filtru de curățare a apei **3**, într-o conductă **4**, care are diametrul de 50 mm și lungimea de
45 3 m. Pentru a simula curgerea rotațională, standul este prevăzut cu un tronson de studiu **5**,
constituit din material transparent, de formă conică la interior și paralelipipedică la exterior, care
are un stator **6** amplasat în amonte de o zonă divergentă, și care are un unghi de evazare $\gamma =$
47 $= 0...30^\circ$ ce corespunde unghiului de evazare al aspiratorului unei turbine hidraulice. În tronso-
nul de studiu **5** sunt acoperite numerele Reynolds $Re = 1 \cdot 10^5 ... 5 \cdot 10^5$. Tronsonul de studiu **5** mai

RO 131118 B1

cuprinde un dispozitiv de injectare a aerului **7** sub forma dispersă, cu rol de aerare a apei, situat în avalul statorului. Dispozitivul de injectare a aerului **7** este alimentat de la un compresor de aer comprimat **8**, prevăzut cu un debitmetru de aer (nefigurat) și un prim manometru diferențial **9**, astfel încât să permită controlul debitului de aer introdus și al căderii de presiune măsurată pe acest dispozitiv. Dispozitivul de injectare a aerului **7** este prevăzut cu plăci perforate interschimbabile (nefigurate), care au orificii de diferite dimensiuni, astfel încât aerul injectat în sistemul hidraulic să fie sub forma dispersă, și care să permită varierea ariei de contact apă-aer din circuitul hidraulic. De asemenea, tronsonul de studiu este prevăzut cu un al doilea manometru de presiune diferențială **10**, ce are prize situate de o parte și de alta a zonei divergente, utilizat pentru măsurarea gradientului advers de presiune, fiind în legătură 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 particulă 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, iar în acest scop traseul hidraulic este continuat cu o conductă **12**, care are lungimea de 30 m și diametrul de 100 mm. Standul mai conține un debitmetru **13** pentru măsurarea debitului de fluid bifazic, 3 tronsoane de țevă transparentă **14** folosite pentru vizualizarea curgerii și un oximetru **15** montat pe capătul conductei **12**, pentru măsurarea cantității de oxigen dizolvat. Apa, deversată din conducta **12** în bazinul de alimentare **1**, trece printr-o sită **16** cu rol de liniștire a fluidului bifazic.

Standul pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale cu gradient advers de presiune, conform invenției, funcționează în modul următor: se umple standul cu apă, astfel încât suprafața liberă a apei din bazinul de alimentare **1** să se situeze deasupra conductei **12** de evacuare a apei, apoi se dezaerează apa utilizând, de exemplu, sulfat de sodiu, astfel încât apa din circuit să conțină concentrația dorită de oxigen dizolvat, după care se pornește electro-pompa **2**, se setează debitul de curgere a apei și se așteaptă stabilizarea curgerii la debitul de lucru stabilit, se introduce aer prin dispozitivul de injectare a aerului **7**, la diferite debite, și se citesc valorile de presiune/depresiune din punctele critice ale tronsonului de lucru **5**, după care se citește la oximetrul **13** conținutul de oxigen dizolvat în timp, în funcție de viteza de curgere a apei. De exemplu, dacă fluidul bifazic curge cu o viteză de 3 m/s, se citește concentrația de oxigen dizolvat după 10 s de la pornirea dispozitivului de injectare a aerului. Procedura se repetă pentru diferite debite, respectiv viteze de curgere ale fluidului bifazic, și pentru diferite plăcuțe perforate montate în dispozitivul de injectare dispersă a aerului.

Odată cu creșterea vitezei de curgere a apei, curgerea rotațională imprimată de stator 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 injectarea aerului sub formă dispersă în tronsonul de studiu, se poate studia fenomenul de aerare dispersă a fluidului bifazic în curgeri rotaționale, turbulente. Injectarea aerului se va face în mod controlat în funcție de deficitul de oxigen dizolvat în apă, ce trece prin dispozitivul de injectare a aerului **7**, montat pe peretele conductei **12**, astfel încât să nu influențeze curgerea fluidului bifazic din circuitul hidraulic, și se urmărește ca volumul de aer să fie suficient pentru a acoperi deficitul de oxigen dizolvat în apă, astfel încât efectul negativ asupra performanțelor energetice ale turbinei hidraulice să fie minim.

Standul, conform invenției, este un circuit hidraulic închis, utilizat pentru studiul în laborator, la scară redusă, a unor soluții de aerare a apei ce alimentează o turbină hidraulică de tip Francis, care echipează o centrală hidroelectrică, ce are ca scop identificarea și punerea în practică a unei soluții tehnice care să contribuie la diminuarea deficitului de oxigen dizolvat în apa evacuată de turbina hidraulică.

RO 131118 B1

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

5 Realizarea acestui stand permite studiul privind optimizarea parametrilor de curgere ai
unui fluid bifazic prin turbinele hidraulice din punct de vedere al dispersiei și dimensiunilor
7 bulelor de aer injectat (optimizarea contactului interfazic apă-aer) și optimizarea geometriei
aeratorului pentru diminuarea impactului asupra micșorării randamentului turbinei. Instalația
este concepută astfel încât să simuleze parametrii curgerii bifazice printr-o turbină hidraulică
9 pentru întregul domeniu de funcționare al acesteia.

RO 131118 B1

Revendicare

1

Stand pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune, 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) care are un tronson de studiu (5), prevăzut cu un debitmetru de aer și un prim manometru diferențial (9), ce are ca scop măsurarea debitului de aer și a pierderii de presiuni pe dispozitivul de aerare, iar un al doilea manometru diferențial (10) are niște prize amplasate de o parte și de alta a tronsonului de studiu (5) și este folosit pentru măsurarea gradientului advers de presiune, prin intermediul unui traductor de presiune (11), situat în avalul statorului (6), pentru a măsura presiunea generată de curgerea cu vârtej a fluidului bifazic, iar traseul hidraulic este continuat cu o conductă (12) pe care sunt montate un al doilea debitmetru (13), utilizat pentru măsurarea debitului de fluid bifazic, trei tronsoane de conductă transparentă (14), folosite pentru vizualizarea curgerilor bifazice, un oximetru (15) montat pe capătul aval al conductei (12), folosit pentru măsurarea cantității de oxigen dizolvat, și o sită (16) ce are rol de liniștire a fluidului bifazic deversat din conductă (12) în bazinul de alimentare (1), **caracterizat prin aceea că** tronsonul de studiu (5) este constituit dintr-un material transparent cu formă tronconică la interior, cu un unghi de evazare $\gamma = 0...30^\circ$ și cu formă paralelipipedică la exterior, este prevăzut cu un stator (6), amplasat în amonte, și cu un dispozitiv de injectare a aerului în apă (7), care prezintă niște plăci perforate interschimbabile, ce au rol de aerare a apei, și care este alimentat de la un compresor de aer comprimat (8).

21

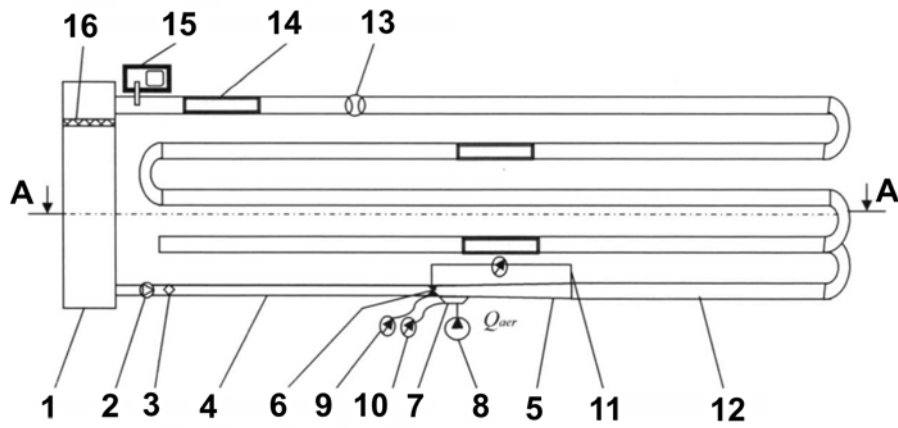


Fig. 1

A-A

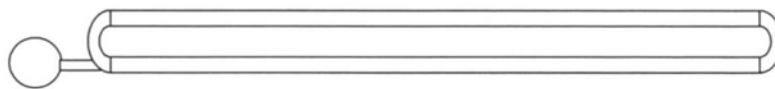


Fig. 2

