



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00688**

(22) Data de depozit: **20/09/2017**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/06/2023** BOPI nr. **6/2023**

(41) Data publicării cererii:
28/02/2018 BOPI nr. **2/2018**

(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;**

• **NEDELCU ADRIAN,
BD.DIMITRIE CANTEMIR NR.17, BL.10,
SC.A, AP.34, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **BUCUR DIANA MARIA, STR.DREPTĂȚII
NR.8, BL.02, SC.2, ET.5, AP.57, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **DUNCA GEORGIANA,
STR.RĂSCOALA 1907, NR.10, BL.14, SC.1,
ET.2, AP.15, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **CODESCU SEBASTIAN, STR.ALBA IULIA
NR.148, COM.CERAȘU, PH, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 2016/0010618 (A1); RO 131118 A0;
US 3237565 (A)**

(54) **SISTEM DE AERARE A APEI PENTRU TURBINE
HIDRAULICE**



RO 132390 B1

1 Invenția se referă la un sistem de aerare a apei pentru turbine hidraulice integrat în
2 conul aspiratorului turbinei hidraulice cu scopul de a crește conținutul de oxigen dizolvat din
3 apa turbinată din centralele hidroelectrice.

4 Este cunoscut faptul că amenajările hidroenergetice influențează direct sau indirect
5 flora, fauna sau chiar microclimatul zonei în care sunt construite. Aceste amenajări reprezintă
6 principala sursă de energie verde și regenerabilă deoarece producerea energiei hidro-
7 electrice nu poluează mediul. Măsurile corespunzătoare trebuie implementate pentru limitarea
8 impactului amenajărilor hidroelectrice asupra mediului. Una din principalele preocupări ale
9 autorităților de mediu o reprezintă calitatea apei evacuate de turbine în râuri, în mod special
10 nivelul scăzut de oxigen dizolvat din apă, care poate avea un impact nefavorabil asupra
11 mediului și poate pune în pericol viața acvatică. Energia hidrolică este principala sursă de
12 energie verde, dacă sunt considerate măsuri de protecția mediului la implementarea
13 amenajărilor hidroelectrice. Calitatea apei, cu accent pe nivelul oxigenului dizolvat, face parte
14 dintre acestea. Conceptul de prietenos mediului a devenit o necesitate pentru continuarea
15 dezvoltării hidroenergetice. În contextul dezvoltării durabile nu se acceptă degradarea eco-
16 logică a râurilor datorită amenajării unei centrale hidroelectrice pe cursul de apă. În cazul
17 barajelor de mare înălțime, cu alimentare de la baza lacului de acumulare, apa este puțin
18 oxigenată și prin turbinare cantitatea de oxigen dizolvat continuă să scadă.

19 Directiva Cadru a Apei a Uniunii Europene are ca obiectiv fundamental atingerea unei
20 „stări bune” a tuturor corpurilor de apă de suprafață și subterane din statele membre ale UE
21 și ariile asociate precum și atingerea ”potențialului ecologic bun” pentru apele puternic
22 modificate și artificiale. Directiva Cadru Apa, impusă de către Uniunea Europeană, a fost
23 transpusă și în România în Legea Apelor, iar anexa privind controlul nivelului de oxigen
24 dizolvat se regăsește în Ordinul de ministru 161/2006.

25 Conținutul redus de oxigen dizolvat din râuri reprezintă un factor de poluare, acesta
26 putând ajunge în unele cazuri până la 0-2 mg OD/l, în condițiile în care cantitatea minimă
27 necesară vieții acvatice este de aproximativ 6 mg OD/l. Conținutul de OD variază în funcție
28 de temperatura/clima zonei în care sunt amplasate centralele hidroelectrice, volumul și
29 adâncimea lacului de acumulare din care apa este admisă în turbine, substanțele organice
30 din lac, adâncimea de la care se face admisia apei în turbină (de obicei se face din straturile
31 de adâncime, unde nivelul de oxigen este cel mai redus), tipul și regimurile de funcționare
32 ale hidrocentralei, nivelul de depresiune din turbina hidraulică, în special în cazul turbinelor
33 de tip Francis la funcționarea acestora în regim de sarcină parțială. Nivelul de OD din apa
34 turbinată poate scădea atunci când sunt îndeplinite condițiile: adâncimea lacului de
35 acumulare mai mare de 15 m, volumul mai mare de 61 milioane m³, puterea instalată a CHE
36 este mai mare de 10 MW, timpul de retenție al apei este mai mare de 10 zile.

37 Sunt cunoscute mai multe soluții de modernizare a turbinelor hidraulice cu scopul de
38 a mări concentrațiile de oxigen dizolvat din râurile din avalul CHE.

39 Metodele convenționale pentru creșterea nivelului de OD din avalul hidrocentralelor
40 includ prize de apă selective, stăvilare/deversoare, pompe de suprafață, compresoare și
41 aerare prin supapa axială a butucului turbinei și deflectoare montate în aspiratoarele turbinei
42 (deflectoarele sunt instalate pe turbinele pentru a crea zone de joasă presiune și a direcționa
43 aerul aspirat). Toate aceste tehnici au fost încercate la infrastructura hidrocentralelor, cu
44 grade diferite de rentabilitate și de performanță a aerării. Aerarea turbionară este considerată
45 ca fiind cea mai eficientă tehnologie raportată la cost în privința îmbunătățirii nivelului de
46 oxigen dizolvat (OD). Adesea însă aerarea în scopul îmbunătățirii calității apei din avalul
47 centralelor hidroelectrice, este încă neglijată la marea majoritate a turbinelor instalate.

RO 132390 B1

Principalii furnizori mondiali de energie electrica și constructori de turbine hidraulice din Europa și SUA încep sa răspundă, încă din anul 1950, preocupărilor legate de mediu în ceea ce privește exploatarea centralelor hidroelectrice (CHE). La Tims Ford Dam [Harshbarger și colab., 1995] s-au testat două tipuri de aerare în scopul obținerii unui nivel de 6 mg/l OD: injecția de aer în turbină utilizând suflante și injecția de oxigen prin furtunuri poroase instalate pe conducta forțată a turbinei de 250 m lungime și cu un diametru de 6,7 m. Pentru injecția aerului, s-au instalat suflante astfel încât aerul comprimat să fie injectat sub rotor sau în aspirator. Al doilea sistem a fost proiectat cu scopul de a fi utilizat atunci când nu se poate atinge nivelul de OD necesar doar cu funcționarea suflantelor. La funcționarea ambelor sisteme s-a obținut o cantitate de maxim 5,2 mg/l iar la funcționarea doar cu aer s-a obținut în aval maxim 4,2 mg/l OD, în condițiile în care în amonte nivelul de OD era de maxim 1 mg/l. Ambele sisteme au fost utilizate pe o perioadă de 52 de săptămâni variind pe rând debitele de apă, aer și oxigen și s-au efectuat măsurători pentru a evalua creșterea cantității de OD și eficiența turbinei. Pentru fiecare caz, datele au arătat că eficiența turbinei a scăzut cu aproximativ 1% dar ținta de 6 mg/l nu a fost atinsă.

În SUA, la centralele hidroelectrice din Bull Shoals [Harshbarger, et al, 1999] și Table Rock, ce funcționau cu turbine de tip Francis s-au utilizat încă din 1991 deflectoare plasate pe rotor, orientate astfel încât să creeze depresiune maximă, cu scopul de a menține nivelul oxigenului dizolvat din aval la minim 4 mg/l. În cazul centralei de la Table Rock s-a montat un inel cu rol de deflector pe periferia rotorului și s-au lărgit orificiile deja existente de la 2,5 la 3,75 cm. În plus s-a modificat sistemul de spargere a vacuumului pentru a permite intrarea unei cantități mai mari de aer. În primul caz, cantitatea de OD a crescut cu 2+3mg/l la funcționarea cu un singur grup și cu 1+2 mg/l la funcționarea tuturor grupurilor. De asemenea puterea livrata de către centrala scade cu 1,3%-3%. În al doilea caz OD a crescut cu 2,5+3 mgOD/l la funcționarea unui singur grup și 2+2,5 mgOD/l la funcționarea ambelor grupuri.

Studii și măsurători privind influența aerării asupra puterii și comportamentului mecanic al turbinei au fost efectuate la Deer Creek Reservoir [Wahl și colab., 1994], în scopul obținerii de date necesare proiectării unui sistem permanent de aerare la turbine. Aerul este injectat în aspirator prin pasaje deja existente (sistemul de spargere a vacuumului și tuburi snorkel ale celor două turbine), folosind două compresoare, astfel încât să se producă o amestecare a aerului cu apă turbinată, conducând astfel la creșterea concentrației de OD, în lunile de vară, în apa evacuată din centrală, concentrația OD scade până la (0+2 mg/l afectând peștii pe o distanță de 3+5 km. Noul sistem de aerare la turbine are scopul de a mari valoarea OD cu 3,5 mg/l.

Cu debite de aer mai mici sau egale cu 4% ($\Phi \leq 4\%$) din debitul de apă turbinat, eficiența aerării a crescut cu aproximativ 10% pentru fiecare procent în plus de debit de aer. În gama de deschidere a aparatului director de 55+77%, scăderea randamentului energetic datorată aerării a fost de aproximativ 0,5% pentru $\Phi=1\%$. S-a renunțat la sistemul activ de aerare datorită costului mare de întreținere a echipamentelor electrice.

Concluzia a fost ca fiecare dintre aceste alternative ar produce rezultate mai bune, introducând în turbine debite de aer relativ mari, într-o varietate de condiții de funcționare.

Scopul altor cercetări [March și colab., 1992] a fost de a furniza până la 6 mg/l OD în apa din aval, cu minimizarea efectului aerării asupra randamentului energetic și capacității centralei. S-au testat o serie de alternative, printre care injecția aerului prin: rotor sau un deflector reproiectat, muchii de descărcare ale paletelor turbinei, difuzor coaxial, inel de descărcare, aspirator sau combinații ale acestora.

RO 132390 B1

1 Tennessee Valley Authority a propus un program de modernizare în cadrul căruia
s-au înlocuit ori îmbunătățit o serie de turbine în scopul rezolvării problemei deficitului de OD
3 din avalul CHE. Analiza privind performanța hidraulică și de mediu a fost făcută pentru a
alege turbina de aerare care se potrivește cel mai bine amplasamentului respectiv. Turbinele
5 cu auto ventilare (TAV) au fost implementate pentru prima dată la Norris Dam și conțin trei
tipuri principale de aerare: aerarea centrală, distribuită și periferică (la ieșirea de pe paletele
7 rotorului turbinei). Pentru a maximiza performanțele de mediu și cele energetice, s-au efec-
tuat măsurători cu aceste posibilități de aerare. A fost testată fiecare opțiune (în funcționare
9 simplă sau combinată cu celelalte) pe un domeniu larg de regimuri de funcționare a turbinei.
Pentru un singur grup, s-a obținut o creștere a OD de până la 5,5 mgOD/l la funcționarea cu
11 toate opțiunile de aerare. În acest caz, cantitatea de aer aspirată în turbină este de peste
două ori mai mare decât la funcționarea cu turbinele originale dotate cu deflectoare pe rotor.
13 În funcție de condițiile de operare și de opțiunea de aerare, randamentul energetic a scăzut
cu 0÷4%. Eficiența acestor turbine cu auto ventilare este analizată și comparată în literatura
15 de specialitate [Rohland, 2010], evidențiindu-se principalii parametri ai aerării: geometria
turbinei, cantitatea de aer, locul admisiei cu aer [Papillon et al, 2002], [Sullivan & Bennet,
17 2006], etc. În aceste lucrări, deși este menționată, nu este studiată mărimea și distribuția
bulelor de aer. Studiile și cercetările continuă cu modelarea matematică a curgerii prin TAV.
19 Fiecare metodă are caracteristici diferite și influențe asupra dimensiunilor și distribuțiilor de
bule care curg prin aspiratorul turbinei, la diferite regimuri de funcționare [Perkinsin et al,
21 2013], [Sale et al, 2006].

Cercetările privind sistemele de aerare a apei uzinate de turbinele hidraulice continuă
23 datorită importanței semnificative pe care o are aerarea asupra ecosistemelor [Bunea et al,
2010 și 2014] dar și datorită reglementărilor referitoare la calitatea apei. Operatorii hidroelec-
25 trici încearcă să optimizeze raportul dintre măsurile de ameliorate a calității apei și
randamentul producerii de energie.

27 Se mai cunosc alte soluții tehnice brevetate:

EP 2 873 851 A1, în care aerarea este realizată prin deflectoare/hidrofoli localizate
29 pe paletele rotorului turbinei.

US 6 854 958 B2. Aerarea este realizată printr-o camera specific concepută în jurul
31 centurii rotorului - în partea fixă a turbinei. Admisia aerului este prevăzută prin mai multe părți
ale turbinei la intrarea în rotor, între aparatul director și rotor și la ieșirea din rotor între
33 centura rotorului și conul aspiratorului prin fante dispuse pe circumferința rotorului.

US 6 247 893 B3. Aerarea este prevăzută prin palele rotorului în partea externă a
35 bordului de fugă. Invenția este realizată pentru turbine Francis și Kaplan.

US 941628 A. O fantă circumferențiară reglabilă, este introdusă la ieșirea din rotor
37 în partea superioară a aspiratorului. Injecția este realizată prin această fantă.

US 5 823 740 A. În această invenție un amestec de aer apă este injectat în amonte
39 și aval de rotor. Apa este prelevată din partea de presiune ridicată prin canale în rotor sau
prin labirinturi și aerul este injectat în camere de amestec situate în părțile fixe în jurul centurii
41 sau a plafonului rotorului.

US 5 780 935 A. În acest brevet rotorul este plasat și prelungit astfel încât extremita-
43 tea lui să traverseze suprafața liberă a apei și astfel este realizat amestecul cu aerul
atmosferic.

EP 1491765 A2. Invenția se referă la o turbină hidraulică adaptată să introducă
45 oxigen în apa care curge prin calea de trecere a apei a turbine.

RO 132390 B1

US 2016/0010618 A1. Un amestec bifazic aer-apă alimentează mai multe orificii cu duze realizate în peretele tronconic al unui segment al tubului de evacuare al turbinei.	1
RO 131118 A0. Documentul se referă la un stand pentru studiul curgerilor bifazice. Dezavantajele soluțiilor cunoscute sunt următoarele:	3
Toate aceste brevete tratează aerarea apei care traversează turbinele hidraulice. Tehnica de aerare precum și modul de implementare sunt diferite față de actuala propunere. Toate tehnicile de aerare brevetate constau în modificări ale rotorului sau părților din imediata proximitate și nu utilizează injecția prin bule fine calibrate. Deși majoritatea tehnicilor prezentate nu sunt intruzive, implementarea lor în turbine existente implică modificări majore ale pieselor existente și nu se pot implementa decât la mașini noi sau la cele la care se face o reabilitare majoră. Tehnica propusă spre brevetare are avantajul că se poate implementa în cadrul perioadelor normale de mentenanță și implică integrarea dispozitivului de aerare în conul aspirator al turbinei. Costul global al noii propuneri este clar inferior celorlalte metode brevetate, iar aerarea se poate face fără costuri energetice atunci când presiunea în aspirator este inferioară presiunii atmosferice; în caz contrar este acționată aerarea forțată.	5
La soluțiile cunoscute pentru aerarea apei turbinate, introducerea aerului în turbină nu ține cont de aria interfazică aer-apă și timpul de contact interfazic, ci se pune accent în special pe cantitatea de aer introdusă în sistemul hidraulic. Eficiența aerării în cazul CHE este de obicei exprimată prin fracția de goluri (relația 1).	17
$\Phi = Q_{aer}/Q_{apa} \quad (1)$	21
În general, pentru a crește nivelul de OD cu 1 mg/l, este necesară o cantitate de aer de 1% din volumul de apă vehiculat. Pe de altă parte, pentru a limita scăderea randamentului energetic, debitul de aer trebuie să nu depășească 3-5% din debitul de apă turbinat (relația 2).	23
$\Phi = Q_{aer}/Q_{apa} < 3-5\%, \quad (2)$	25
cu Q_{aer} și Q_{apa} debitul de aer respectiv de apă.	27
Introducerea unui debit de aer în circuitul hidraulic al turbinei conduce însă la scăderea randamentului turbinei. Pe de altă parte această limitare a cantității de aer introduse nu este întotdeauna suficientă pentru obținerea nivelului de OD dorit, în special atunci când conținutul de OD din apă este mai mic de 2-3 mg/l. Aceasta este o problemă sensibilă a constructorilor și utilizatorilor de turbine hidraulice, deoarece injectarea unei cantități de aer suplimentare în circuitul turbinei poate reduce randamentul acesteia; de aceea injecția de aer (modul și locul de introducere, cantitatea, etc.) devine importantă pentru echilibrul dintre randamentul turbinei și factorul ecologic.	29
Un alt dezavantaj la majoritatea metodele cunoscute de aerare a apei turbinate, este acela că acestea sunt invazive ceea ce conduce la modificarea curgerii în aspiratorul turbinei și implicit la pierderi de randament, chiar și când sistemul de aerare nu este utilizat.	31
Un alt dezavantaj la metodele cunoscute de aerare a apei turbinate îl reprezintă consumul energetic ridicat necesar pentru introducerea aerului în turbina.	33
Un alt dezavantaj al metodelor de aerare brevetate consta în necesitatea modificării rotorului sau a distribuitorului, operații greu de realizat la turbinele existente și cu costuri mari la turbinele noi sau reabilitate.	35
Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în realizarea unui sistem de aerare a apei prin turbine hidraulice care comandă aerarea naturală AN, în cazul în care presiunea în conul aspirator al turbinei este inferioară presiunii atmosferice și comandă aerarea forțată AF, în cazul în care presiunea în conul aspirator al turbinei este superioară sau egală presiunii atmosferice printr-un dispozitiv de aerare cu rol de creștere a nivelului	37
	39
	41
	43
	45
	47

RO 132390 B1

1 de oxigen dizolvat al apei care traversează turbinele hidraulice. Admisia aerului din
2 dispozitivul de aerare în circuitul hidraulic din turbină este realizată prin plăci perforate care
3 reconstituie împreună cu grila de susținere, geometria interioară a conului original al turbinei.
4 Orificiile sunt calibrate cu diametre de la 0,2...5 mm, dispuse echidistant cu un pas de 3...7
5 diametre pentru a evita coalescența bulelor la introducerea în curgere, în funcție de fracția
6 de goluri, admisă în curgerea din turbină. Admisia aerului este efectuată în funcție de nivelul
7 de presiune din turbină și al deficienței de oxigen dizolvat din apă, prin acționarea unui modul
8 de comandă și control al procesului de aerare, cu rol de a minimiza consumul energetic
9 necesar aerării, respectiv comandând aerarea naturala AN, fără consum energetic asociat
sau aerarea forțată AF alimentată cu aer comprimat.

11 Sistem de aerare a apei pentru turbine hidraulice, conform invenției înlătură deza-
12 vantajele menționate prin aceea că, în scopul de a crește conținutul de oxigen dizolvat al
13 apei care uzinează turbina hidraulică, cuprinde un dispozitiv de aerare a apei prin turbine
14 hidraulice care se integrează și respectă întocmai geometria interioară a conului aspirator
15 al unei turbine hidraulice și este alcătuit dintr-o cameră de aer, cu peretele interior format din
16 niște plăci perforate fixate pe o grilă de susținere, astfel încât acestea să acopere total sau
17 parțial peretele interior; astfel curgerea în aspirator nu este perturbată de modificări ale
18 geometriei turbinei și performanțele hidraulice ale turbinei sunt conservate după instalarea
19 dispozitivului de aerare; în funcție de regimul de funcționare al turbinei aerarea este naturală
- fără consum energetic asociat sau forțată cu aer comprimat.

21 Avantajele invenției sunt următoarele:

22 - admisia aerului se realizează dispers, sub forma de bule fine pentru a crește
23 suprafața de contact aer-apa și timpul de contact aer-apa. Pentru a crește efectul aerării sunt
24 considerați și alți parametri: distribuția mărimii bulelor de gaz din apă, gradientul de presiune
25 din conul aspirator al turbinei, căderea de presiune prin dispozitivul de aerare, regimul de
funcționare al turbinei, deficitul de oxigen dizolvat în apă;

27 - crește nivelul de oxigen dizolvat din apa uzinată prin centralele hidroelectrice, de
28 turbine hidraulice, se realizează atunci când aceasta apa nu corespunde cerințelor de
29 calitate a apei impuse de regulamentele de mediu europene/mondiale. Pentru realizarea unei
arii de contact interfazic cât mai mari, se introduce aerul în turbină sub formă dispersă prin
31 orificii de mici dimensiuni dispuse pe peretele conului aspirator al turbinei. Distanța între
orificii și numărul acestora sunt dimensionate astfel încât să permită injectarea cantității de
33 aer conform relației (2), dar și să se respecte cerințele impuse de utilizatorii CHE. Astfel
34 crește și timpul de contact aer - apă, bulele fine de aer luând viteza de deplasare a apei, în
35 comparație cu pungile de aer, introduse sub formă de jet, care tind să iasă rapid din circuitul
hidraulic;

37 - respectă geometria internă a conul aspirator al turbinei pe care este implementat
iar introducerea aerului în circuitul hidraulic se face neinvaziv;

39 - sistemul este simplu de integrat, atât la turbine noi cât și la turbine în exploatare,
40 pentru că instalarea lui se rezumă la montarea dispozitivului de aerare în conul turbinei, care
41 se poate realiza în perioada de mentenanță a turbinei, iar ansamblul de conexiuni
pneumatice de alimentare cu aer comprimat și modulul de comandă și control al procesului
43 de aerare sunt anexate dispozitivului de aerare;

45 - sistemul are un impact minim asupra performanțelor turbinei, iar când sistemul nu
este utilizat pentru aerare performanțele turbinei nu sunt afectate, în timp ce alte sisteme de
aerare cunoscute scad substanțial eficiența turbinei, așa cum este prezentat în stadiul
47 cunoscut al tehnicii;

RO 132390 B1

- un alt parametru de care s-a ținut cont este consumul energetic asociat injecției cu aer pentru a menține performanțele globale ale amenajării hidrocentralei. Astfel modul de introducere a aerului și utilizarea de bule fine minimizează impactul asupra curgerii în turbină, în funcție de debitul de aer injectat (care este reglabilă prin electrovalve și sistemul pneumatic);	1 3 5
- sistemul utilizează aerarea naturală AN, folosind diferența de presiune între presiunea din aspiratorul turbinei și presiunea atmosferică, fără un consum energetic asociat admisiei aerului în turbină.	7
În continuare se dă un exemplu de realizare al sistemului de aerare a apei prin turbine hidraulice conform invenției, în legătură cu fig. 1...13, care reprezintă:	9
- fig. 1, sistem de aerare a apei prin turbine hidraulice conform invenției - secțiunea A-A;	11
- fig. 2, vedere izometrică a secțiunii A-A;	13
- fig. 3, vedere 3D a sistemului de aerare a apei prin turbine hidraulice conform invenției;	15
- fig. 4, vedere amonte a sistemului de aerare a apei prin turbine hidraulice conform invenției;	17
- fig. 5, vedere aval a sistemului de aerare a apei prin turbine hidraulice conform invenției;	19
- fig. 6, secțiune F-F - vedere cameră de aer și țevă de admisie aer la presiunea atmosferică;	21
- fig. 7, cămașa exterioară a camerei de aer și dispunerea prizelor pentru țevile de admisie aer pentru aerarea naturală și aerarea forțată;	23
- fig. 8, vedere desfășurată a unei placi perforate;	
- fig. 8.a, detaliu A al fig.8;	25
- fig. 8.b, vedere 3D a unei placi perforate;	
- fig. 9, sistem de aerare a apei prin turbine hidraulice;	27
- fig. 10, schema ansamblului de conexiuni pneumatice pentru alimentarea cu aer comprimat a sistemului de aerare a apei prin turbine hidraulice;	29
- fig. 11, modelul demonstrator al sistemului de aerare a apei ce traversează turbinele hidraulice;	31
- fig. 12, poze în zona de injecție a dispozitivului de aerare a apei prin turbine hidraulice, la funcționarea turbinei cu $Q_{\text{apa relativ}} = 57,1\%$ și $\Phi = 1\%$;	33
- fig. 12.a, plăcile perforate înainte de injecția aerului în turbina hidraulică;	
- fig. 12.b, plăcile perforate în momentul injecției cu aer în turbina hidraulică;	35
- fig. 12.c, plăcile perforate atunci în timpul realizării injecției de aer;	
- fig. 13, variația randamentului turbină-generator funcție de fracția de goluri injectată prin dispozitivul de aerare, conform invenției, la diferite puncte de funcționare în sarcina parțială (B...F).	37 39
Conform invenției, sistemul de aerare a apei prin turbine hidraulice este integrat în conul aspiratorului unei turbine hidraulice, respectând întocmai geometria interioară a conului aspirator.	41
Sistemul de aerare a apei prin turbine hidraulice cuprinde:	43
- dispozitivul de aerare a apei prin turbine hidraulice prevăzut cu electrovalve pentru alimentarea cu aer la presiune atmosferică - aerarea naturală AN;	45
- modulul de comandă și control automat al procesului de aerare;	
- ansamblul de conexiuni pneumatice de alimentare cu aer comprimat - aerarea forțată AF.	47

RO 132390 B1

1 Dispozitivul de aerare a apei prin turbine hidraulice este alcătuit dintr-o cameră de
aer **CA**, cu peretele interior format din niște plăci perforate **1**, prin care este realizată injecția
3 de aer, montate pe o grilă de susținere **2**, astfel încât acestea să acopere total sau parțial
peretele interior ce este în contact cu fluxul de apă turbinată. Plăcile perforate **1** sunt niște
5 plăci realizate dintr-un material metalic inoxidabil, perforate cu orificii cu diametre între
0,2...5 mm, dispuse la o distanță de 3...5 diametre între ele ținând cont că fracția de goluri
7 $\Phi < 3-5\%$. Camera de aer **CA** mai este delimitată de un perete amonte **3**, un perete aval **4**
și o cămașă exterioară **5** pe care sunt poziționate echidistant, niște țevi de admisie aer **6**
9 pentru aerarea naturală AN a aerului, prevăzute cu electrovalve **7**, cu rol de reglare a debi-
tului de aer de la presiunea atmosferică. Alte țevi de injecție aer **8**, sunt dispuse echidistant
11 și alternativ cu țevile de admisie aer **6**, prin care se realizează aerarea forțată AF cu rol de
injecție controlată a debitului de aer prin acționarea unui ansamblu de conexiuni pneumatice
13 de alimentare cu aer comprimat. Camera de aer **CA** mai dispune de un ștuț de golire **9** a
apei care pătrunde din circuitul hidraulic al turbinei în camera de aer, datorită variațiilor de
15 presiune imprimate de curgerea nestaționară. Țevile de admisie aer **6** sunt prevăzute la
exterior cu flanșe plate **10**, care se prind de flanșele electrovalvelor **11**. Perechile formate din
17 flanșă plată **10**, flanșă electrovalva **11** cât și garnitura **12** sunt prinse cu șuruburi cu cap
hexagonal **13**, piulița hexagonală **14**, șaibă plată A **15** și șaibă Grower R **16**. Țeava de
19 injecție aer **8** este prevăzută cu un adaptor **17** ce face legătura cu conexiunile pneumatice
pentru alimentarea cu aer comprimat. Camera de aer **CA** este continuată cu un tronson
21 amonte **18** și un tronson aval **19** care se prind de conul aspirator al turbinei pe care se mon-
tează dispozitivul de aerare a apei prin turbine prin intermediul flanșei amonte **20** și flanșei
23 aval **21** și a unor șuruburi și piulițe nefigurate.

25 Sistemul de aerare funcționează ținând cont de 2 parametri: nivelul de presiune
relativă în conul aspiratorului în amonte de zona de injecție a aerului și de nivelul de oxigen
dizolvat din aval, la evacuarea apei în bieful aval. Astfel, dispozitivul de aerare a apei prin
27 turbine hidraulice mai cuprinde o priză de presiune (nefigurată) și un traductor pentru
măsurarea presiunii pe peretele conului aspirator în amonte de aerator precum și un senzor
29 de oxigen dizolvat în tronsonul aval, la ieșirea apei din turbină.

31 Modulul de comandă și control automat al procesului de aerare funcționează
comandând aerarea naturală AN dacă presiunea în conul aspirator al turbinei este inferioară
33 presiunii atmosferice și comandând aerarea forțată AF în cazul în care presiunea în conul
aspirator al turbinei este superioară sau egală presiunii atmosferice. Acesta constă dintr-un
35 automat programabil, AP, care primește date de la traductorul de presiune din dispozitivul
de aerare, traductorul de presiune atmosferică, precum și de la traductorul de oxigen dizolvat
37 amplasat aval de sistemul de aerare și poate acționa închiderea sau deschiderea (parțială
sau totală) a electrovalvelor, precum și controla debitul de aer furnizat de stația de
compressoare.

39 Pentru a realiza funcția de minimizare a energiei necesare oxigenării, programul rulat
de către automatul programabil mai are nevoie de următorii parametri:

- 41 - concentrația de oxigen dizolvat: limită de pornire, limită de oprire;
 - 43 - debitul de apă nominal prin turbină preluat de la sistemul de control comandă al
turbinei;
 - 45 - aria totală de admisie a aerului din atmosferă;
 - 47 - căderea de presiune pe plăcile perforate;
 - 47 - limite ale fracției de goluri: maximă, minimă, histerezis, rata maximă de schimbare.
- 49 Suplimentar și următoarele mărimi sunt monitorizate (valori medii pe perioada de
lucru):
- 49 - debitul de apă prin turbină - preluat din punctul de control al centralei;
 - debitul de aer injectat.

RO 132390 B1

Programul calculează debitul de aer de preluat din atmosferă prin aerare naturală AN, utilizând relația (3):

$$Q_{aer} = S_{max} \cdot \sqrt{\frac{2|P_{atm} - P_{turbina}|}{\rho_{aer}} \cdot \frac{|P_{atm} - P_{turbina}|}{P_{atm} - P_{turbina}}} \quad (3)$$

Dacă debitul de aer astfel calculat nu este suficient obținerii unei fracții de goluri în limitele specificate de ecuația (2), atunci electrovalvele sunt închise, iar debitul de aer necesar este asigurat acționând alimentarea cu aer comprimat AF.

Transmiterea datelor poate fi făcută prin radio, GPRS/3G, sau cablu.

Ansamblul de conexiuni pneumatice de alimentare cu aer comprimat, prin care este comandata aerarea forțată AF este prezentat în fig.10, și este compus din: **BV1**, **BV2** - robinete de izolare aer; **BV3** - robinet de golire; **PR1** - filtru regulator de presiune; **F1** -rotametrul; **R1**, **R2**, **R3**, **R4** - racorduri tronson de aera re; **D1** - distribuitor; **TP1** - traductor de presiune.

Sistemul poate fi pilotat manual sau automat. În modul manual se impun parametrii și sistemul funcționează conform acestora. În mod automat sistemul de aerare conform invenției este operațional doar dacă concentrația de oxigen dizolvat în apa din aval este inferioară standardului de calitate a apei respectiv 6 mg/. Sistemul este pornit sau oprit în mod automat după criteriile precizate.

Având la bază rezultatele obținute pe un stand experimental „Stand pentru studiul curgerilor bifazice, rotaționale, cu gradient advers de presiune”, cerere de brevet OSIM nr. **A/00704/29.09.2015**, invenția sistem de aerare a apei pentru turbine hidraulice dezvoltă aplicațiile privind admisia aerului în turbina prin orificii cu diametre și geometrii optimizate pentru a obține un transfer de oxigen maxim cu un consum energetic minim, în curgerile dintr-o turbină hidraulică.

Ca urmare a montării sistemului de aerare, conform invenției, pe o turbină Francis ce echipează o centrala hidroelectrică s-au obținut următorii parametri din fig.13, unde se observa scăderi mici ale randamentului turbinei (de până la 2% pentru o fracție de goluri maxim acceptată de constructorii CHE, respectiv 5%) raportate la cele din stadiul actual al tehnicii (randamente scăzute de până la 4%) și chiar creșteri de randament (de până la 1,4%) la anumite regimuri funcționare a turbinei, cu sarcina parțială. S-au testat și injecții cu aer cu fracții de goluri mai mari de 5%, și nu s-au înregistrat variații majore în curbele de randament, ca în cazul soluțiilor cunoscute.

Regimurile de funcționare a turbinei la care s-au efectuat testele cu sistemul de aerare, conform invenției

Tabel 1

Regimul de funcționare al turbinei	Q _{apa relativ} (%)	Φ (%)								
		1	2	3	4	5	7	8	9	
F	57,1	x	x	x	x	x	-	x	-	
E	51,9	x	x	x	x	x	x	-	-	
D	44,8	x	x	x	x	x	x	-	-	
C	33,5	-	x	x	x	x	-	-	x	
B	21,7	-	-	x	-	x	x	-	-	

$$Q_{apã\ relativ} = \frac{Q_{lucru}}{Q_{nominal}}$$

RO 132390 B1

Revendicări

1

3

1. Sistem de aerare a apei pentru turbine hidraulice care cuprinde un dispozitiv de aerare a apei și este alcătuit dintr-o cameră de aer (CA), cu peretele interior format din niște plăci perforate (1), **caracterizat prin aceea că** plăcile perforate (1) au niște orificii calibrate și sunt fixate pe o grilă de susținere (2) astfel încât acestea să acopere total sau parțial peretele interior, ce este în contact cu fluxul de apă turbinată, iar camera de aer (CA) mai este prevăzută cu un perete amonte (3), un perete aval (4) și o cămașă exterioară (5) pe care sunt poziționate echidistant niște țevi de admisie aer (6) pentru aerarea naturală a apei la presiune atmosferică, prevăzute cu niște electrovalve (7), cu rol de reglare a debitului de aer, niște țevi de injecție aer (8) pentru aerarea forțată a apei cu rol de injecție controlată a presiunii și debitului de aer comprimat, un ștuț de golire (9) a apei care pătrunde din circuitul hidraulic al turbinei în camera de aer (CA), aceasta fiind continuată cu un tronson amonte (18) prevăzut cu un traductor de presiune și cu un tronson aval (19), iar tronsoanele (18, 19) sunt fixate de conul aspirator al turbinei prin intermediul unei flanșe amonte (20) și unei flanșe aval (21).

5

7

9

11

13

15

17

2. Sistem de aerare a apei pentru turbine hidraulice, conform revendicării 1 **caracterizat prin aceea că** plăcile perforate (1) sunt plasate neinvaziv, în zona de presiune minimă a turbinei, respectiv în conul aspirator, acestea reconstituind împreună cu grila de susținere (2) geometria interioară a conului turbinei și conțin niște orificii calibrate cu diametre de la 0,2...5 mm, dispuse echidistant cu un pas de 3...7 diametre pentru a evita coalescența bulelor în curgerea din turbină, în funcție de fracția de goluri necesar a fi injectată în turbină.

19

21

23

25

3. Sistem de aerare a apei pentru turbine hidraulice, conform revendicării 1 **caracterizat prin aceea că** este acționat de către un modul de comandă și control automat a procesului de aerare, cu rol de a minimiza consumul energetic necesar aerării prin controlul aerării naturale AN prin acționarea electrovalvei (7) și aerării forțate AF prin acționarea alimentării cu aer comprimat, în funcție de: diferența de presiune între presiunea din aspiratorul turbinei și presiunea atmosferică și concentrația de oxigen dizolvat din apa din avalul turbinei.

27

29

(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);

F03B 3/02 (2006.01);

F03B 3/06 (2006.01);

F03B 3/18 (2006.01)

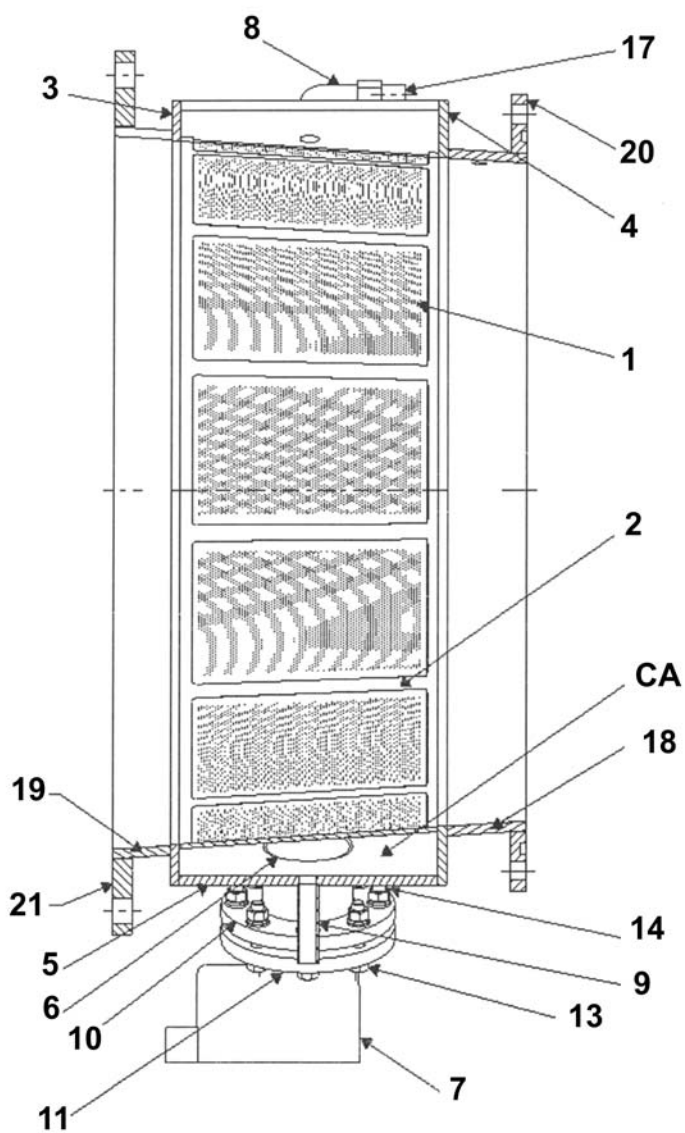


Fig. 1

(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);

F03B 3/02 (2006.01);

F03B 3/06 (2006.01);

F03B 3/18 (2006.01)

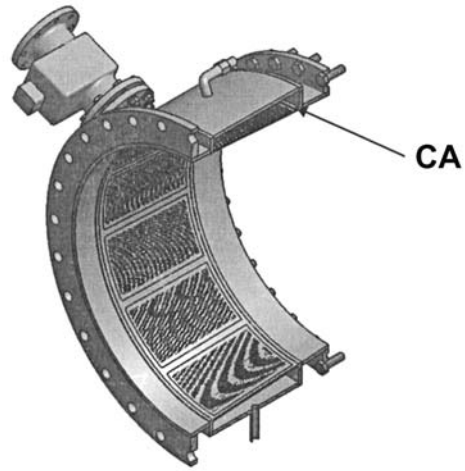


Fig. 2

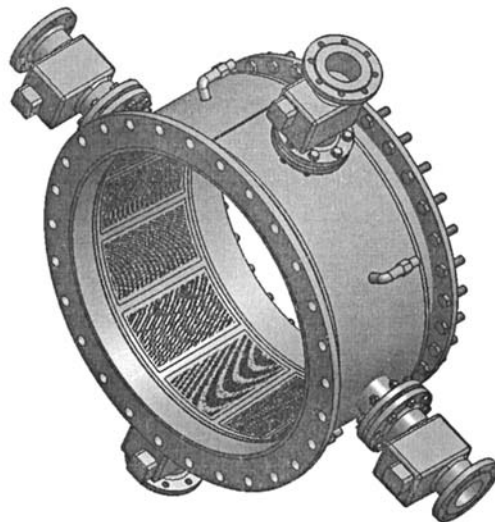


Fig. 3

(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);
F03B 3/02 (2006.01);
F03B 3/06 (2006.01);
F03B 3/18 (2006.01)

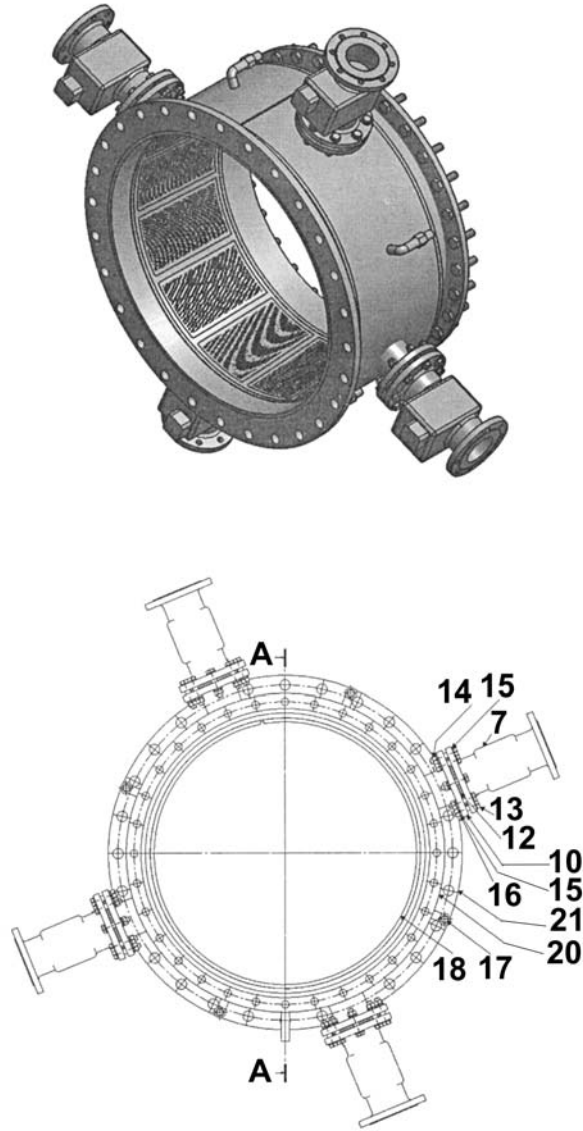


Fig. 4

(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);

F03B 3/02 (2006.01);

F03B 3/06 (2006.01);

F03B 3/18 (2006.01)

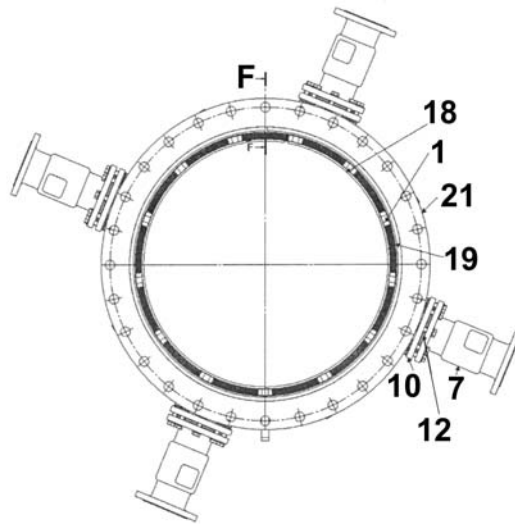


Fig. 5

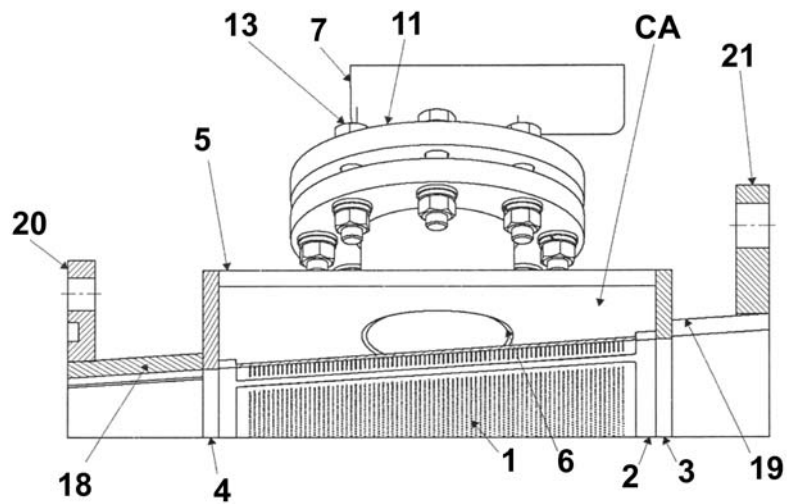


Fig. 6

(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);

F03B 3/02 (2006.01);

F03B 3/06 (2006.01);

F03B 3/18 (2006.01)



Fig. 7

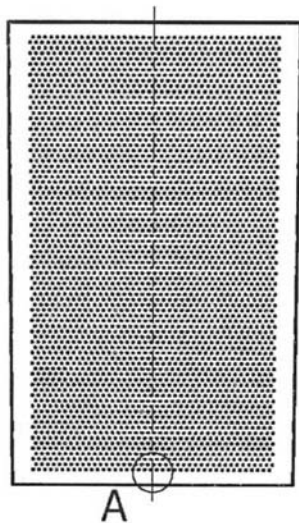


Fig. 8

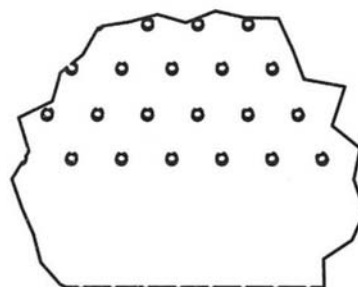


Fig. 8a

(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);

F03B 3/02 (2006.01);

F03B 3/06 (2006.01);

F03B 3/18 (2006.01)



Fig. 8b



Fig. 9

(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);

F03B 3/02 (2006.01);

F03B 3/06 (2006.01);

F03B 3/18 (2006.01)

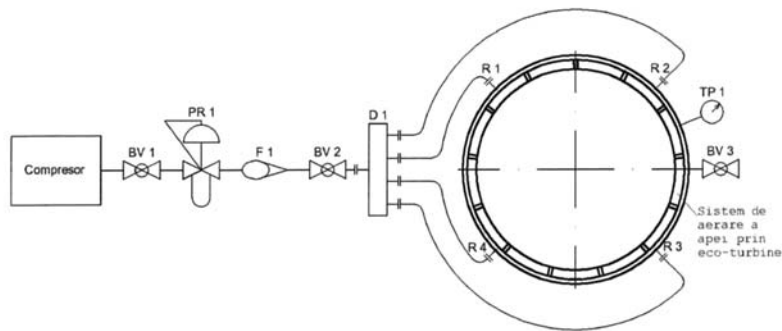


Fig. 10

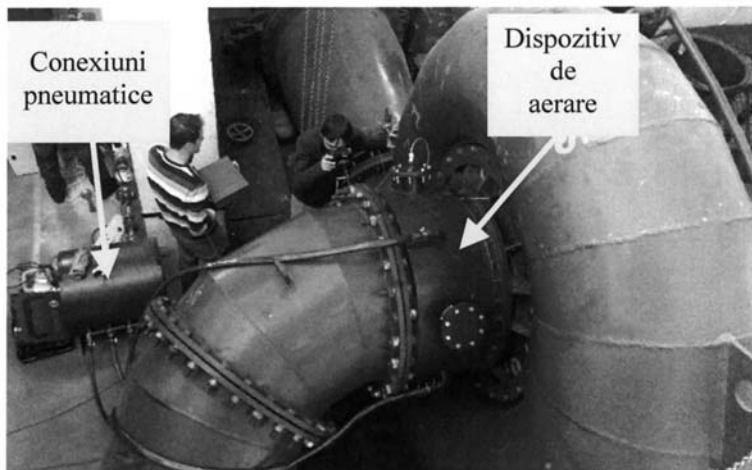


Fig. 11

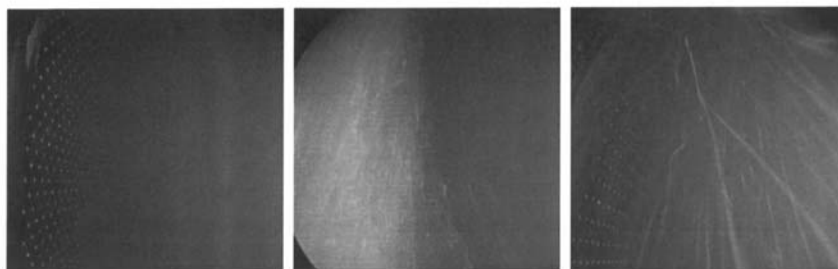
(51) Int.Cl.

F03B 11/00 (2006.01);

F03B 3/02 (2006.01);

F03B 3/06 (2006.01);

F03B 3/18 (2006.01)



a)

b)

c)

Fig. 12

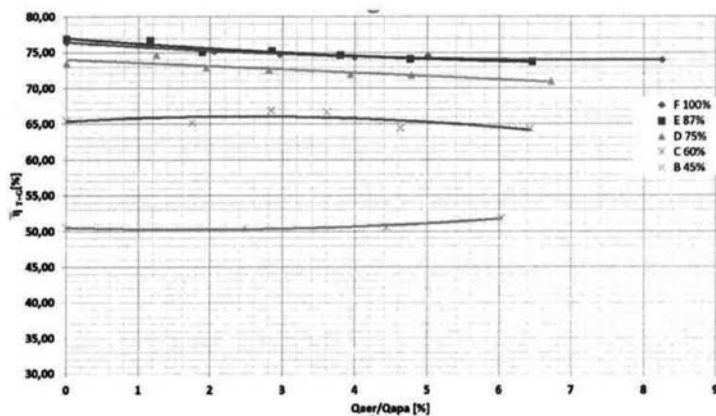


Fig. 13



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 216/2023