

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00950

(22) Data de depozit: 26/11/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/06/2020 BOPI nr. 6/2020

(71) Solicitant:  
• DERECHICHEI GEORGETA SILVIA,  
STR.COOPERĂȚIEI NR.5B, TIMIȘOARA,  
TM, RO

(72) Inventatori:  
• DERECHICHEI GEORGETA SILVIA,  
STR.COOPERĂȚIEI NR.5B, TIMIȘOARA,  
TM, RO

(54) OPTIMUS - PROCEDEU CU RANDAMENT  
"OPTIMUM OPTIMORUM" DE REGLAJ AL PALELOR  
LA HIDROTURBINELE CU DEBITE MARI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de reglare a palelor hidroturbinelor de tip Kaplan, Francisc, Bulb, dublu axiale. Metoda, conform invenției, cuprinde o etapă de măsurare a unor parametri ai hidroturbinei, cum ar fi puterile activă și reactivă, nivelurile apei în amonte, diferența de nivel amonte și aval de grătar, o etapă de determinare a valorilor deschiderilor aparatului director și a unghiului de incidență al palelor rotorului, o etapă de determinare a parametrilor aferenți modelului hidroturbinei, o etapă de determinare a parametrilor de exploatare calculați, aplicarea unei corecții suplimentare la efectul de scară, compararea valorilor parametrilor măsurați cu cei calculați.

Revendicări: 2  
Figuri: 3

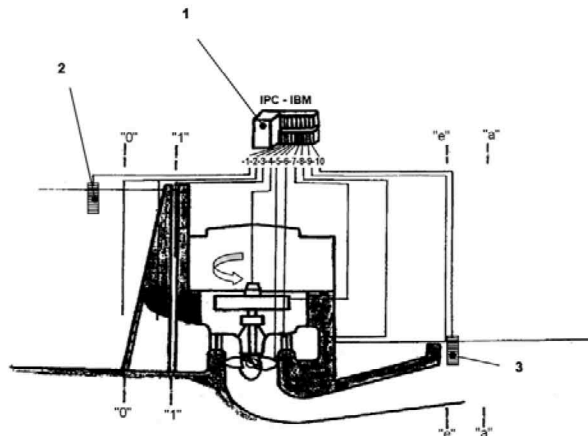


Fig. 1



60

# OPTIMUS - PROCEDEU CU RANDAMENT „OPTIMUM OPTIMORUM” DE REGLAJ AL PALELOR LA HIDROTURBINELE CU DEBITE MARI

## DESCRIERE

BUREAUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	2018 20 950
Data depozit .....	26 - 11 - 2018

Prezenta invenție se refera la un procedeu inovativ cu randament superior de reglare automată a palelor hidroturbinelor industriale de tip Kaplan, Francisc, Bulb, dublu axiale de căderi mari care, transformă majoritatea pierderilor hidraulice existente la turbine în energie electrică. Pierderile hidraulice sunt transformate în proporție de 99% în energie electrică, doar 1% rămânând pierderi.

### 1) Prezentarea problemei rezolvate de invenție și domeniul său de aplicare

Cunoașterea cât mai exactă a parametrilor de exploatare a hidroagregatelor este una din condițiile esențiale pentru utilizarea optimă a resursei hidroenergetice, îndeosebi pentru centralele de tip fluvial, la care programul de exploatare și eficiența sa depind practic de valoarea și precizia de determinare a debitului afluent, care la randul său este condiționat de precizia de determinare a debitului defluent și, respectiv prin debitul turbinat, de erorile de determinare a parametrilor hidraulici ai hidroagregatelor.

Domeniul de aplicare al invenției este acela al utilizării resurselor hidroenergetice pentru producerea energiei electrice, folosind în procesul de exploatare turbinele hidraulice axiale dublu reglabile (în putere și turație), de tip Kaplan, Bulb, Deriaz, din centralele hidroelectrice.

Prezenta invenție descrie o instalație inteligentă ce utilizează un nou procedeu pentru determinarea prin similitudine a debitelor turbinate care, prelevând sincron parametrii din proces și prelucrându-i printr-o metoda originală de calcul, ce utilizează în subrutinele sale de reducere a erorilor noțiunea de "cădere a turbinei" și, un coeficient dinamic de corecție (K) suplimentar a efectului "de scară", asigură la turbinele hidraulice axiale dublu reglabile (în putere și turație), monitorizarea în timp real, a debitului turbinat și randamentelor, cu o precizie superioară de circa 1 % .

Acest rezultat se obține prin calculul debitului Q ( care nu poate fi măsurat, doar calculat) printr-o metoda originală inovativă care adaugă un coeficient suplimentar de corecție (K) , la formula inițială folosită în literatura hidraulică de specialitate.

Acest coeficient (K) adăugat de autorul invenției este esența metodei deoarece ne ajută să calculăm debitul Q al turbinei, cu erori foarte mici.

Cu ajutorul coeficientului suplimentar de corectie (K) se poate calcula debitul Q din turbina, debit care pana in prezent nici o aparatura de ultima generatie nu a reusit sa-l masoare cu precizie suficient de exactă.

Metoda de calcul din prezentul procedeu determina atingerea punctului de optim optimorium al turbinei, pe care nici o alta metoda folosita nu l-a atins pana acum unde, randamentul este maxim iar pierderile minime, de pana la 1%.

## 2) Stadiul și dezavantajele soluțiilor tehnologice cunoscute

In stadiul actual al tehnicii, este cunoscut faptul că, randamentul conversiei energiei hidraulice in energie electrica este de pana la 70%, obtinut prin procedeele de regalaj cunoscute unde, pentru determinarea, masurarea, parametrilor, sau tararea coeficientilor, hidraulici, mai frecvent in exploatare sunt utilizate urmatoarele metode cunoscute:

a) metoda ultrasunetelor, care constă fie din masurarea directa a devierii geometrice a- unui fascicul de ultrasunete» de catre curentul de apă, fie din măsurarea efectului curgerii asupra vitezei de propagare al ultrasunetelor. Are o bună aplicativitate la centralele cu conducte sau galerii de aductiune suficient de lungi si sectiuni rezonabile unde, in secțiunea de măsură, spectrul vitezei de scurgere a apei este relativ uniform.

Însă in cazul turbinelor axiale dublu reglabile din centrale de tip fluvial de joasa cadere si debite mari construite anterior, cu aductiuni relativ scurte și de sectiuni mari, unde datorita apropierii gratarelor prizei, in sectiunea de măsură se realizeaza un spectru de viteze foarte neuniform, in cazul utilizarii metodei ultrasunetelor, costul asigurării unei precizii ridicate este foarte mare.

### b) metoda centrifugala (Winter — Kenedy )

Metoda se utilizeaza frecvent la turbine cu carcasa spirala, debitul turbinat fiind proportional cu radicalul diferentei de presiune, intre doua prize situate la raze diferite, in aceeasi sectiune transversala.

Eroarea de determinare a debitului turbinat de circa 6 %, se datorează in mare parte faptului ca in mod gresit coeficientul de proportionalitate este considerat constant. Pe de alta parte acesta trebuie tarat in prealabil, prin masuratori pe model, ceace in mod evident induce si erori urmare efectului de scară, sau printr-o altă metodă de măsurare a debitului ceea ce include și eroarea acestei metode.

### c) metoda "topogramei de exploatare"

Metoda este in general uzual folosită la turbinele axiale dublu reglabile de mare capacitate, din centralele fluviale de joasa cădere unde nu este practic posibila măsurarea directă a debitului turbinat. Metoda este o metodă indirectă de determinare a debitului turbinat masurandu-se caderea, puterea

sau energia, cu utilizarea caracteristicii statice (topogramei) de exploatare, determinata prin similitudine dupa caracteristica (topograma) universală, obținută pe baza încercărilor pe stand a unui model, la scară redusă, a turbinei.

Gradul de eroare de determinare prin aceasta metoda a debitului turbinat depinde nu numai de erorile datorita efectului de scara sau de erorile de conversie a randamentului datorita imperfectiunii formulelor de similitudine utilizate dar si datorita unor greseli de interpretare privind notiunea de "cadere de functionare" a turbinei.

Se mai cunoaste că, utilizarea noțiunii de "cădere netă" in locul notiunii de "cădere a turbinei" conduce la evaluarea unor valori de randament majorate artificial fata de valoarea reala. Aceste erori se amplifica in cazul folosirii notiunii de "cădere brută" datorită insuficientei informatiilor privind gradul si modul de infundare a grătarelor prizei si respectiv efectelor sale hidroenergetice.

Eroarea este si mai mare când indiferent de regimului de functionare al turbinei debitul mediu turbinat se determină prin măsurarea caderii brute, a energiei electrice active, utilizând numai corelația funcție de căderea brută a consumului specific de debit, pentru producerea energiei electrice active, in cazul functionării turbinei in regim optim, corelație obținută de pe o topograma de exploatare "ipotetică" a turbinei care a fost determinată doar pentru un anumit regim de functionare ai generatorului si numai pentru o anumită valoare a pierderilor hidraulice in grătare.

Dezavantajele acestor metode constau in faptul că, erorile valorilor debitului turbinat determinate astfel se datoresc faptului că nu corespund punctului real de functionare al turbinei deoarece nu au în vedere regimul efectiv de functionare al generatorului, valoarea pierderilor hidraulice efectiv realizate, situarea turbinei in cadrul centralei si interactiunea cu turbinele adiacente.

Ele sunt eronate in punctele de functionare diferite de "optim optimorum" urmare a utilizării unor formule de conversie a randamentului ce-si manifestă valabilitatea doar în acel punct deoarece nu țin seama că, regimul de scurgere (nr. Reynolds) este diferit în model față de cel din turbina industrială.

Se observa că, în general, stadiul tehnicii nu este în măsură să rezolve în mod eficient problema prelevării fără erori a parametrului din proces, deoarece se induc erori suplimentare prin utilizarea unei caracteristici de exploatare (topograme) unice, aceiași la oricare din turbine de aceiasi tipodimensiune din centrală. Aceasta deoarece, desi turbinele au aceiasi tipodimensiune și, deși sunt asemenea nu sunt totuși identice datorită uzurilor, toleranțelor de executie, de instalare etc. Chiar si la aceiasi turbină caracteristicile de exploatare modificându-se lent in timp, după o anumită perioadă turbina nu mai este identică cu cea care fost anterior, utilizarea in permanență a aceleiasi topograme de exploatare este o importantă sursă de erori.

Erori relativ ridicate se produc sistematic in exploatare, in cazul procedurii uzual (manual) de determinare a parametrilor, sau de tarare a coeficientilor, hidraulicii debit turbinat, consum specific de debit, randament hidraulic, coeficienti de debit si de pierderi hidraulice, si datorită prelevării nesincrone a mărimilor din proces puterea activă, puterea reactivă, turația turbinei, nivelele apei la intrarea si iesirea din turbină, presiunea diferentială din traseul de scurgere a apei, cursele servomotoarelor aparatului director și rotorului.

### 3) Avantajele si Problema tehnica pe care o rezolvă prezenta invenție

Avantajul cel mai important al prezentei inventii este ca, transforma pierderile hidraulice in proportie de 99% in energie electrica, fata de celelalte metode cunoscute care transforma doar pana la 70% - 80% din energia hidraulica in energie electrica, restul fiind pierderi.

Metoda de calcul continuta in noul procedeu de reglaj, care ridica randamentul de conversie hidraulica in energie electrica cu pana la 99%, se introduce in programe de computer utilizate la reglarea automata a unghiurilor palelor de la turbinele industriale cunoscute de tip Kaplan, Francisc, Bulb, dublu axiale cu debite fluviale mari.

Coeficientul (K) adaugat de autorul inventiei, este esenta metodei de calcul ce sta la baza noului Procedeu, deoarece ne ajuta sa calculam debitul Q al turbinei, fara eroare sau cu erori foarte mici.

Procedeu de reglaj, conform prezentei invenții se bazează pe următorii pași:

a) Prin proceduri adecvate se reduc erorile de determinare a parametrilor hidraulici de exploatare și de tarare a coeficientilor hidraulici la turbinele hidraulice axiale dublu reglabile.

b) Utilizând noțiunea de "cădere a turbinei", la determinarea parametrilor se evite erorile fundamentale ce se produc in cazul celorlalte metode datorită utilizării notiunii de "cădere neta" și, mai ales in cazul utilizarii noțiunii de "cădere brută".

c) Pentru compensarea similitudinii hidraulice incomplete a formulelor de similitudine, se aplica la transpunerea prin similitudine a parametrilor modelului la turbina industrială, un coeficient, dinamic, de corectie suplimentară a efectului de scară.

d) Se preleveaza sincron și se prelucrează in timp real datele de intrare din proces determinându-se corect parametrii hidraulici ai hidroagregatului.

Noul procedeu inovativ duce la aflarea unghiului optim al paletelor hidroturbinei, prin care urmeaza sa se obtina un randament maxim posibil.

#### 4) Prezentarea succintă a desenelor explicative

În legatura cu inventia in figurile 1 - 3 este prezentat un exemplu de implementare practica a noului procedeu de reglaj ce face obiectul prezentei invenții :

- Fig.1 – reprezentare de principiu a unei instalații de reglaj automatizat a debitului turbinat ;
- Fig.2 – vedere de ansamblu in secțiune la o hidroturbină ;
- Fig.3 – reprezentarea grafică a curbelor ( $k$ ) a factorului nou de corecție ;

Specificarea detaliilor din fig. 1:

IPC IBM - unitatea centrală de proces cu module rapide de conditionare semnale a instalatiei inteligente care aplicând noua metoda originala de calcul, asigură determinarea și monitorizarea in timp real a debitului și randamentelor la turbinele hidraulice axiale dublu reglabile.

Semnificația traseelor:

- 1 - preluare de la sistemul de nivele apă din lacuri a semnalului "AM<sub>T</sub>" aferent telelimnimetrului (2) secțiunii amonte centrală.
- 2 - prelevare semnal "H<sub>AMG</sub>" de la traductorul diferential de presiune amonte-aval grătar, deschiderea l-a priza turbină.
- 3 - prelevare semnale "VIR<sub>i</sub>" de la traductoarele nivel apă in nișele "i", i=2 a vanelor cu închidere rapidă.
- 4 - prelevare semnal "Ti" de la traductorul de turatie a turbinei industriale.
- 5 - prelevare semnal "S<sub>R</sub>" de la traductorul cursă servomotor palete rotor.
- 6 - prelevare semnal "S<sub>AD</sub>" de la traductorul cursă servomotor aparat director.
- 7 - prelevare semnale "P<sub>A</sub>" și "Q" de la traductorul de putere activă si reactivă.
- 8 - prelevare semnal "DPCS" de la traductorul diferential de presiune, între două prize din camera spirală.

9 - prelevare semnal "H<sub>AV</sub>" de la traductorul de nivel ai apei la iesirea din aspiratorul turbinei.

10 - preluare de la sistemul de nivele apă din lacuri a semnalului "AV<sub>T</sub>" aferent telelimnimetrului (3) secțiunii aval centrală.

Notațiile indicilor secțiunilor de măsură:

- "0" corespunde secțiunii de intrare in priza turbinei;
- "1" corespunde secțiunii considerată de intrare in camera spirala a turbinei și secțiunea nișelor "VIR";
- "e" corespunde secțiunii de iesire din aspiratorul turbinei;
- "a" corespunde secțiunii aval de turbină unde se realizează căderea de recuperare maximă sau unde se uniformizează spectrul de viteze.

Semnificatiile notatiilor din fig. 2:

AM <sub>T</sub>	- Nivelul apei la telelimnimetrul amonte centrală
AV <sub>T</sub>	- Nivelul apei la telelimnimetrul aval centrală
H <sub>BLOC</sub>	- Căderea blocului de turbină
H <sub>BRUT</sub>	- Căderea brută -
H <sub>stBR</sub>	- Componenta statică a căderii brute
H <sub>N</sub>	- Căderea netă
H <sub>T</sub>	- Căderea turbinei
H <sub>st</sub>	- Componenta statică a căderii turbinei
S <sub>HP</sub>	- Pierderile hidraulice in priza turbinei
h <sub>0</sub>	- Căderea de recuperare

Semnificatiile notatiilor din fig. 3:

P<sub>A00</sub> (KW) - Puterea activă în punctul optim optimorum al hidroagregatului;

P<sub>Am</sub> (KW) - Puterea activă măsurată a turbinei;

**Curbe  $k = f(P_{Am}/P_{A00}, H_{stm}/H_{st00})$**

unde:

1.  $H_{stm}/H_{st00} = 0,862 = \text{cst.}$
2.  $H_{stm}/H_{st00} = 0,879 = \text{cst.}$
3.  $H_{stm}/H_{st00} = 0,911 = \text{cst.}$

##### 5) Prezentarea generala a solutiei tehnice a inventiei și a mijloacelor ce elimină dezavantajele soluțiilor cunoscute

În legatură cu invenția, în Fig 1 este prezentat un exemplu de realizare practica a noului Procedeu de reglaj la o instalatie inteligentă, a cărei schemă este ilustrată în Fig. 1, fiind compusă dintr-o unitate centrală de proces IPC (1) compatibilă IBM având module rapide de conditionare semnale și traductoare de mare precizie, care prelevând sincron parametrii din proces, și aplicând noua metoda originala de calcul, ce utilizează în subrutinele sale de reducere a erorilor notiunea de "cadere a turbinei" și un coeficient dinamic, de corecție suplimentară a efectului de scară, asigură, la turbinele hidraulice axiale dublu reglabile, monitorizarea in timp real, a debitului turbinat și randamentelor, cu o precizie de circa 1 % .

Printr-o succesiune logica de operatii, compuse la rândul lor din faze care se realizează într-o anumită ordine, cu asigurarea anumitor conditii și aplicând coeficientul dinamic, de corectie suplimentară a efectului de scară (dedus de autor), se efectuează determinarea și monitorizarea in timp real, cu reducerea erorilor, a parametrilor și coeficienților, hidraulici.

Pentru reducerea erorilor de determinare a parametrilor, sau de tarare a coeficientilor, hidraulici (debit turbinat, consum specific de debit, randament hidraulic, coeficienti de debit și de pierderi hidraulice) mărimile de intrare puterea activă, reactivă, nivelele apei la intrarea și ieșirea din turbină, turatia turbinei, presiunea diferentiala din traseul de scurgere a apei, cursele servomotoarelor aparatului director si rotorului trebuiesc prelevate din proces sincron. Aceste conditii sunt realizate de instalatia inteligenta formata dintr-o unitate centrală de proces IPC IBM cu module rapide de conditionare semnale si traductoare de mare precizie, care fiind conectata la proces si utilizand noua metoda originala de calcul, ce foloseste in subrutinele sale de reducere a erorilor notiunea de "cadere a turbinei" si un coeficient, dinamic, de corectie suplimentara a efectului de scara preleveaza sincron parametrii de proces si determina corect parametrii hidraulici ai hidroagregatului.

Prelucrând statistic rezultatele tarărilor, măsuratorilor sau determinarilor efectuate prin acest procedeu, pentru o perioada de exploatare in care s-a putut baleia intreg domeniul posibil de exploatare și ordonand coeficientii hidraulici pentru un numar de minimum 5 caderi constante, uniform distribuite pe acest domeniu, se obtine matricea corelatiilor coeficientilor de repartitie a pierderilor sau a coeficientilor de debit functie de cadere si deschiderea (cursa servomotor) aparat director, care poate fi utilizata pentru obtinerea caracteristicii topogramei statice de exploatare "naturale" proprii sau la determinarea efectiva in timpul exploatarii a debitului turbinat si a randamentelor hidroagregatului.



Se definește în premieră caracteristica topogramă statică de exploatare "naturală" proprie a turbinei hidraulice, caracteristica obținută, prin acest procedeu, respectiv în urma aplicării coeficientului, dinamic, de corecție suplimentară a efectului de scară, pe baza măsurătorilor în natură și a topogramei modelului turbinei obținută urmând încercările acestuia pe stand.

Aceste rezultate, respectiv matricea de coeficienți sau caracteristica statică de exploatare "naturală", se introduc în baza de date de exploatare a centralei și vor fi utilizate pentru stabilirea programului optim de exploatare, sub asistența calculatorului, numai la turbina în cauză. Ele sunt temporare, durata lor de valabilitate fiind determinată de perioada cât erorile de determinare prin similitudine a parametrilor de referință, puterea activă și componenta statică a căderii, față de valorile efectiv măsurate în proces, se încadrează în eroarea de măsură a traductorilor.

Noul Procedeu de reglaj bazat pe noua metodă originală de calcul, ce utilizează în subrutinele sale de reducere a erorilor noțiunea de "cădere a turbinei" și un coeficient dinamic, de corecție suplimentară a efectului de scară care asigură, la turbinele hidraulice axiale dublu reglabile, monitorizarea în timp real, a debitului turbinat și randamentelor, cu o precizie de circa 1 %, constă din cele ce urmează.

Specificația parametrilor, măsurători sau determinați și calculați implicați în noua metodă originală de calcul sunt:

$P_{Am}$	[Kw]	- Puterea activă (măsurată)
$P_{Ac}$	[Kw]	- Puterea activă (calculată)
$P_N$	[Kw]	- Puterea nominală a turbinei
$P_h$	[Kw]	- Puterea hidraulică a turbinei
$Q$	[Kw]	- Puterea reactivă (măsurată)
$S_{AD}$	[mm]	- Cursa servomotor aparat director (măsurată)
$A_0$	[m]	- Deschiderea aparatului director la turbina industrială (măsurată)
$a_0$	[m]	- Deschiderea aparatului director la turbina model (corespondentă lui $A_0$ )
$a_{or}$	[m]	- Deschiderea aparatului director recalculată la turbina model I

$S_R$	[mm]	- Cursa servomotor palete rotor (măsurată)
$\varphi$	[grade]	- Unghiul de incidentă a paletelor rotorului
$AM_T$	[m dMA]	- Nivelul apei la telelimnimetrul din secțiunea amonte a centralei
$AV_T$	[m dMA]	- Nivelul apei la telelimnimetrul din secțiunea aval a centralei
$VIR_1$	[m dMA]	- Nivelul apei în nisa "1" a vanelor cu închidere rapidă (măsurată)
$VIR_2$	[m dMA]	- Nivelul apei în nisa "2" a vanelor cu închidere rapidă (măsurată)
$AM_{PR}$	[m dMA]	- Nivelul apei în secțiunea considerată de intrare în turbină (secțiunea nișelor VIR)
$H_{AV}$	[m dMA]	- Nivelul apei la ieșirea din aspiratorul turbinei (măsurată)
$H_{AMG}$	[m.c.a]	- Diferența de presiune amonte aval gratar din deschiderea I-a a prizei turbinei
$DPCS$	[m.c.a]	- Diferența de presiune, între două prize situate la raze diferite în camera spirala
$\alpha_i$		- Coeficientul Coriolis din secțiunea "i"
$\omega_i$	[m <sup>2</sup> ]	- Aria vie din secțiunea "i"
$H$	[m.c.a]	- Căderea
$H_T$	[m.c.a]	- Căderea turbinei .
$H_{stm} = H_{PR}$	[m.c.a]	- Componenta statică cădere turbină (măsurată)
$H_{stc}$	[m.c.a]	- Componenta statică cădere turbină (calculată)
$H_{BLOC}$	[m.c.a]	- Căderea blocului de turbină
$S_{HP}$	[m.c.a]	- Pierderile hidraulice în priza turbinei
$h_0$	[m.c.a]	- Căderea de recuperare
$H_m$	[m.c.a]	- Căderea turbinei model
$Q_T$	[m.c]	- Debitul turbinat de turbina industrială
$Q_m$	[m.c]	- Debitul turbinat de model (masurat pe stand)
$Q_{mr}$	[m.c]	- Debitul turbinat recalculat al modelului
$Q_{11r}$	[m.c]	- Debitul turbinat recalculat al turbinei "dublu unitare" (H = 1 m; D + 1 m)
$\eta_{hi}$	[%]	- Randamentul hidraulic al turbinei industriale
$\eta_m$	[%]	- Randamentul hidraulic al modelului (rezultat din incercările de pe stand)
$\eta_{mr}$	[%]	- Randamentul hidraulic recalculat al modelului

$T_i$	[rot/min]	- Turatia turbinei industriale imésuratag.
$T_m$	[rot/min]	- Turatia turbinei model (masurata la incercarile de pe stand)
$T_{mr}$	[rot/min]	- Turatia recaculata a turbinei model
$T_{11r}$	[rot/min]	- Turatia recaculata a turbinei "dublu unitare"
$DP_A$	[MW]	- Abaterea valorii calculate față de cea măsurată a puterii active
$DH_S$	[m.c.a]	- Abaterea valorii calculate față de cea măsurată a componentei statice a căderii turbinei
$PRDP_A$	[%]	- Abaterea relativă a valorii calculate față de cea măsurată a puterii active
$PRDH_S$	[%]	- Abaterea relativă a valorii calculate față de cea măsurată componentei statice a căderii turbinei

Luând în considerare relația :

$$P_A \text{ (MW)} = g \times H \times Q_T \times \eta_A \quad (1)$$

unde:

$$\eta_A = \eta_T \times \eta_G = \eta_{hi} \times \eta_{mec} \times \eta_G \quad (2)$$

Daca se masoara cu precizie: puterea activa, reactiva, nivelele, atat la intrarea in camera spirala, în nieșele VIR, cat și la ieșirea din aspiratorul turbinei, determinându-se (calculându-se) corect caderea, se poate obtine cu precizie produsul:

$$Q_T \times \eta_A \quad (3)$$

fara a se putea inasa determina (separa) corect și precis valorile fiecareia din aceste doua marimi.

Noul procedeu al prezentei invenții permite separarea corecta și precisă a valorilor acestor două marimi.

Luând în considerare variantele de calcul a cădeii într-o electrohidrocentrală (ca în Fig.1), pentru realizarea obiectivului de mai sus vom utiliza relațiile:

a) căderea brută

$$H_{BR} = \left( AM_T + \frac{\alpha_0 Q_T^2}{2g\omega_0^2} \right) - \left( AV_T + \frac{\alpha_a Q_T^2}{2g\omega_a^2} \right) \quad (4)$$

b) căderea netă

$$H_{net} = H_{BR} - S_{HP} = AM_{PR} + \frac{\alpha_0 Q_T^2}{2g\omega_1} - AV_T - \frac{\alpha_a Q_T^2}{2g\omega_a^2} \quad (5)$$

c) căderea turbinei

$$H_T = AM_{PR} - H_{AV} + \frac{\alpha_1 Q_T^2}{2g\omega_1^2} = H_{ST} + \frac{\alpha_1 Q_T^2}{2g\omega_1^2} \quad (6)$$

Având în vedere că:

$$H_{ST} = H_{PR} = AM_{PR} - H_{AV} \quad (7)$$

rezultă evident că:

$$H_{net} = H_T - \frac{\alpha_a Q_T^2}{2g\omega_a^2} - \Delta h_0 \quad (8)$$

unde:

$$\Delta h_0 = \frac{Q_T^2}{2g} \left[ \frac{\alpha_e}{\omega_e} - \frac{\alpha_a}{\omega_a} - \left(1 - \frac{\omega_e}{\omega_a}\right)^2 \frac{1}{\omega_e^2} \right] - h_{p.f.a} \quad (9)$$

iar  $h_{p.f.a}$  - pierderi hidraulice de frecare în albie.

Datorită formei constructive a prizei și respectiv a camerei spirale, repartitia debitului și nivelul apei pe deschiderile prizei fiind diferită  $AM_{PR}$  va trebui să fie media ponderată în debite a nivelelor apei măsurată în deschiderile prizei.

Deoarece modelul în baza căror încercări energetice s-a construit topograma universală a turbinei are modelat parțial forma prizei, o parte din pierderile de sarcină în priza ce se măsoară în natură (care determină valoarea lui  $AM_{PR}$ ) sunt continute prin modelare în  $\Delta h$ , iar pentru a nu fi operate de doua ori se aplică o corecție echivalentă cu valoarea lor.

$$h_p = CQ_T^2 \quad (10)$$

Coeficientul "C" poate fi determinat experimental sau calculat prin însumarea coeficientului de debit pentru tipurile de pierderi ce compun  $h_p$ .

Atunci relația căderii turbinei devine:

$$H_T = AM_{PR} - H_{AV} + \frac{\alpha_1 Q_T^2}{2g\omega_1} + CQ_T^2 = H_{ST} + BQ_T^2 \quad (11)$$

știind că:

$$H_{ST} = H_{PR} = AM_{PR} - H_{AV} = H_T - \frac{\alpha_1 Q_T^2}{2g\omega_1} - CQ_T^2 = H_T + BQ_T^2 \quad (12)$$

Este exclusă utilizarea "căderii brute" datorită gradului mare de eroare generat de faptul că valoarea reală a componentei cinetice a pierderii hidraulice din gratarul turbinei practic nu poate fi determinată.

Întrucât pierderea cinetică la ieșirea din aspiratorul turbinei este conținută în randamentul aspiratorului, pentru a nu se opera (scădea) de două ori această pierdere, ceea ce ar conduce la o majorare artificială a produsului debit turbinat randament agregat, în calculul puterii active trebuie utilizată căderea turbinei ( $H_T$ ) și nu căderea netă ( $H_N$ ).

Fazele noului Procedeu sunt prezentate în continuare:

#### A) Parametri măsurați:

În punctul de funcționare aferent momentului de monitorizare instalația preia din proces următorii parametri măsurați: puterile activă și reactivă, nivelele apei amonte (după gratarul prizei și la ieșirea din aspiratorul turbinei din care rezultă componenta statică "măsurată" a căderii turbinei), diferența de nivel amonte și aval gratar, cursele servomotoarelor aparatului director și rotor, diferența de presiune din camera spirală și turația hidroagregatului.

De la sistemul de măsură a nivelelor din lacuri și biefte se importă, pentru calculul căderii brute pe centrală și validării protecții, nivelele de la telelimnimetrele amonte și aval centrală ( $AM_T$ ,  $AV_T$ ).

Respectiv :

- date de proces măsurate:

$P_{Am}$  ;  $Q$  ;  $S_{AD}$  ;  $S_R$  ;  $VIR_1$  ;  $VIR_2$  ;  $H_{AV}$  ;  $T_i$  ;  $DPCS$  ;  $H_{AMG}$

- date de proces importate :

$AM_T$  ;  $AV_T$  .

### B) Conversie valori $S_{AD} \dots A_0$ și $S_R \dots \varphi$

Se determină valorile deschiderii aparatului director  $A_0$  și unghiul " $\varphi$ ", de incidență a paletelor rotor, corespunzătoare curselor servomotoarelor aparatului director și rotor, măsurate în proces la turbina industrială iar prin similitudine geometrică, valorile deschiderii aparatului " $a_0$ " și unghiul " $\varphi_m$ ", de incidență a paletelor rotor corespunzătoare modelului turbinei, respectiv:

$$S_{AD} \frac{A_0 = f(S_{AD})}{S_{AD}} > A_0 ; S_R \frac{\varphi = f(S_R)}{S_R} > \varphi \quad (13)$$

$$a_0 = A_0 \times D_m/D_i ; \varphi = \varphi_m \quad (14)$$

### C) Determinare parametrilor aferenți modelului turbinei

Pe caracteristica universală sau pe caracteristica turbinei model, rezultate din încercările pe stand, în punctul corespunzător punctului de funcționare al turbinei industriale, definit de valorile " $a_0$ " și " $\varphi_m$ ", se determină parametrilor aferenți modelului.

### D) Determinare parametrilor de exploatare calculați

Parametrilor de exploatare "calculați" ai turbinei se obțin utilizând formulele de similitudine hidraulică din literatura de specialitate, conjugate cu unele din relațiile dintre mărimile măsurate în proces la turbina industrială, cu precizarea că autorii aplică și o corecție suplimentară a "efectului de scară" printr-un coeficient a cărui relație de determinare a rezultat în urma prelucrării statistice a unui număr foarte mare de măsurători efectuate în natură.

Astfel :

$$\frac{T_i}{T_m} = \frac{D_m}{D_i} \times \sqrt{\frac{H_{T_i}}{H_m}} \times \sqrt{\frac{\eta_{h_i}}{\eta_m}} \quad (15)$$

$$\frac{Q_{T_i}}{Q_m} = \left(\frac{D_i}{D_m}\right)^2 \times \sqrt{\frac{H_{T_i}}{H_m}} \times \sqrt{\frac{\eta_{h_i}}{\eta_m}} \quad (16)$$

$$P_h = 9,81 \times Q_m \times H_m \times \eta_m \times \left(\frac{D_i}{D_m}\right)^2 \times \sqrt{\left(\frac{H_{T_i} \times \eta_{h_i}}{H_m \times \eta_m}\right)^3} \quad (17)$$

Stiind că :

$$P_{Ac} = P_h \times \eta_{mec} \times \eta_G \quad (18)$$

unde:

$$\eta_{mec} = \left[ 99,85 - \left( 1 - \frac{g \times H_T \times Q_T \times \eta_{h_i}}{P_N} \right) \times \frac{1}{6} \right] \times \frac{1}{100} \quad (19)$$

iar randamentul generatorului pentru un  $\beta$ , unghiul factorului de putere, dat

$$\eta_G = f\beta(S) \quad (20)$$

Pentru fiecare  $\beta$  există o funcție  $f\beta$  care descrie corespondența între  $S$  și  $\eta_G$

Deoarece, practic din familia de funcții  $f\beta$  se dispune doar de graficele funțiilor  $f\beta_1$  și  $f\beta_2$ , unde  $\cos \beta_1 = 1$  iar  $\cos \beta_2 = 0,9$ , pentru a se obține valorile  $\eta_G$ ;  $\beta$ ,  $S$  și unde  $\beta \in (0,9; 1)$  se utilizează interpolarea liniară.

$$\eta_G = f\beta(S) = f\beta_2(S) + 10 \times [f\beta_1(S) - f\beta_2(S)] \times (\cos \beta - 0,9) \quad (21)$$

Se aplică mai întâi corecția "efectului de scară" care se efectuează la trecerea de la model funcțional la turbină industrială pentru același unghi de incidență palete rotor.

$$T_{m_r} = T_m \times \sqrt{\frac{\eta_{h_i}}{\eta_m}} \quad (22)$$

Acesteia i se asociază valorile corespondente  $Q_{mr}$ ;  $n_{mr}$ ;  $a_{0r}$ ;  $Q_{11r}$ ;  $T_{11r}$  și făcând substituirile  $T_m = T_{mr}$ ;  $Q_{mr} = Q_m$  și  $n_m = n_{mr}$ , se obține într-o primă iterație valoarea lui  $Q_T$ :

$$Q_T = \frac{D_i}{D_m} \times \sqrt[3]{\frac{P_{Ac} \times D_i \times Q_m^2}{g \times D_m \times H_m \times \eta_m \times \eta_{mec} \times \eta_G}} \quad (23)$$

sau valoarea lui  $\eta_{h_i}$

$$\eta_{h_i} = \frac{T_i \times D_i}{T_m \times D_m} \times \eta_m \times \sqrt{\frac{H_m}{H_{s'm} + B \times Q_T^2}} \quad (24)$$

si respective valoarea lui  $P_{hi}$

Toate aceste valori însă datorita faptului că similitudinea hidraulică din formulele de similitudine este incompletă sunt diferite de valoriile reale ce se obțin efectiv la turbina industrială.

#### E) Aplicarea corectiei suplimentare la "efectului de scară"

Cu vaiorile debitului si randamentului obiinute in prima interatie si cele măsurate ale puterii active si componentei statice a căderii turbinei, se determină coeficientul dinamic de corectie suplimentară a efectului de scară

#### F) Compararea valorilor parametrilor măsurati cu a celor calculati

Se compară valorile calculate prin relatiile de similitudine, cu cele efectiv măsurate, ale doi parametrii alesi de referință: puterea activă si componenta statică a căderii turbinei.

Valoarea parametrilor de exploatare ai turbinei determinati prin acest procedeu este suficient de corectă dacă diferența dintre valorile măsurate, in proces și cele calculate, a celor doi parametrii de referință, se încadrează in eroarea de măsură a traductorilor aferenți.

Parametrii determinați astfel sunt vizualizați pe un modul local de afisare alfanumerică s-au teletransmiși, la cerere, prin rețeaua de proces unor utilizatori ierarhici superiori.

Valorile parametrilor de exploatare (debit turbinat, randamentele hidroagregatului, consumul specific de debit) determinati in acest mod corespund conditiilor efective de exploatare din momentul respectiv, se înregistrează in matricile caracteristicii statice de exploatare "naturale" (proprie) a turbinei hidraulice, corelate cu valorile celorlalti parametrii de exploatare, aferenti punctului respectiv de exploatare, măsurati efectiv din proces sau determinați prin noua metoda originala de calcul.

#### 5) Prezentarea avantajelor rezultate din invenție

Stabilirea programului de exploatare a hidrocentralelor fluviale are la bază prognozele debitului ce urmează a intra in lacul de acumulare (debitul afluenti. Din cauza valorii relativ mari a erorilor, pentru măsurarea si prognozarea debitelor afluate, există toate premisele realizării unor erori destul de ridicate a programului de exploatare si a exploatării însăși.

Deoarece valorile reale ale debitului se află abia in ziua următoare, corectiile de program sunt tardive si pierderile de energie nu mai pot fi recuperate.



Pentru evitarea acestor pierderi se necesită efectuarea cu ajutorul calculatorului a integrării ecuațiilor mișcării nepermanente a apei în lacul de acumulare pentru identificarea debitului afluent și a tendinței sale pe următoarea perioadă de timp. În acest mod se poate asigura o precizie a debitului afluent apropiată ca ordin de mărime cu cea a debitului defluent care în majoritatea cazurilor este caracterizată de cea de determinare a debitului turbinat.

Reducerea suplimentară a erorii de determinare a debitului turbinat respectiv a creșterii preciziei de determinare prin instalarea inteligentă cu noua metoda originală de calcul, care face obiectul prezentei invenții conduce la evitarea pierderilor energetice datorită unei evaluări incorecte a programului de exploatare a centralei.

Instalarea inteligentă prin noua metoda originală de calcul asigură reducerea erorilor, în determinarea debitului turbinat și randamentelor hidroagregatelor axiale dublu reglabile de mare capacitate, la circa 1 %, ceea ce în afară de faptul că, îndeplinește una din premisele necesare pentru utilizarea optimă a resursei hidroenergetice a hidrocentralei fluviale, are și o importanță deosebită pentru posibilitatea împărțirii potențialului amenajării, exploatate în comun cu un partener străin, mai ales în cazul când hidroagregatele din centrale nu sunt perfect identice, situație specifică SHEN Portile de Fier I după instalarea hidroagregatelor suplimentare, cât și în timpul și după re tehnologizarea celor existente.

Spre exemplu luând în calcul cifra minimă scontată pentru evaluarea corectă a programului de exploatare în condițiile reducerii erorii de determinare a debitului turbinat și randamentelor turbinelor hidraulice, rezultă, pentru o hidrocentrală fluvială similară SHEN Portile de Fier I, un spor de producție de circa 3 %, aceasta reprezentând în cadrul anului mediu circa 165 GWh/an. În condițiile unei probabilități de realizare a prognozelor de 30 % sporul va fi de circa 82 GWh/an. În echivalența valorică, în cazul luării în calcul a pretului mediu, la nivel mondial a energiei electrice (50 \$/ MWh) aceasta reprezintă 4.100.000 \$ , respectiv 17 milioane lei/an la paritatea 4,12 RON/\$.

## PROCEDEU CU RANDAMENT „OPTIMUM OPTIMORUM” DE REGLAJ AL PALELOR LA HIDROTURBINELE CU DEBITE MARI

### REVENDICĂRI

**R1.** Procedeu cu randament “optim optimorum” de reglaj al palelor la hidroturbine, caracterizat prin aceea că, folosind, în prelevarea permanentă sincronă a parametrilor din proces, unitatea centrală de proces IPC compatibilă IBM, cu module rapide de condiționare semnale și traductoare de mare precizie, prin noul procedeu original care utilizează noțiunea de “cădere a turbinei” și datele aferente punctului din caracteristica modelului, corespunzător punctului de funcționare al turbinei hidraulice axiale dublu reglabile, prin similitudine, cu aplicarea concomitentă și a unui coeficient dinamic de corecție suplimentară (K) a efectului “de scară” ce asigură determinarea, respectiv monitorizarea în timp real, cu o precizie de circa 1 % , a debitului turbinat și randamentelor hidroagregatului.

**R2.** Procedeu cu randament “optim optimorum” de reglaj al palelor la hidroturbine, conform revendicării R1, caracterizat prin aceea că, asigură determinarea respectiv monitorizarea în timp real a parametrilor și coeficienților hidraulici, la turbinele hidraulice axiale dublu reglabile, caracterizat prin aceea că prelucrând statistic datele înregistrate prin monitorizarea în timp real, pe întreg domeniul posibil de exploatare al hidroagregatului se determină caracteristica (topograma) statică “naturală” de exploatare, (definită în premieră de către autor) care, fiind utilizată pentru stabilirea programului optim de exploatare a hidrocentralei asigură condițiile utilizării eficiente a resursei hidroenergetice.

# PROCEDEU CU RANDAMENT „OPTIMUM OPTIMORUM” DE REGLAJ AL PALELOR LA HIDROTURBINELE CU DEBITE MARI

## DESENE

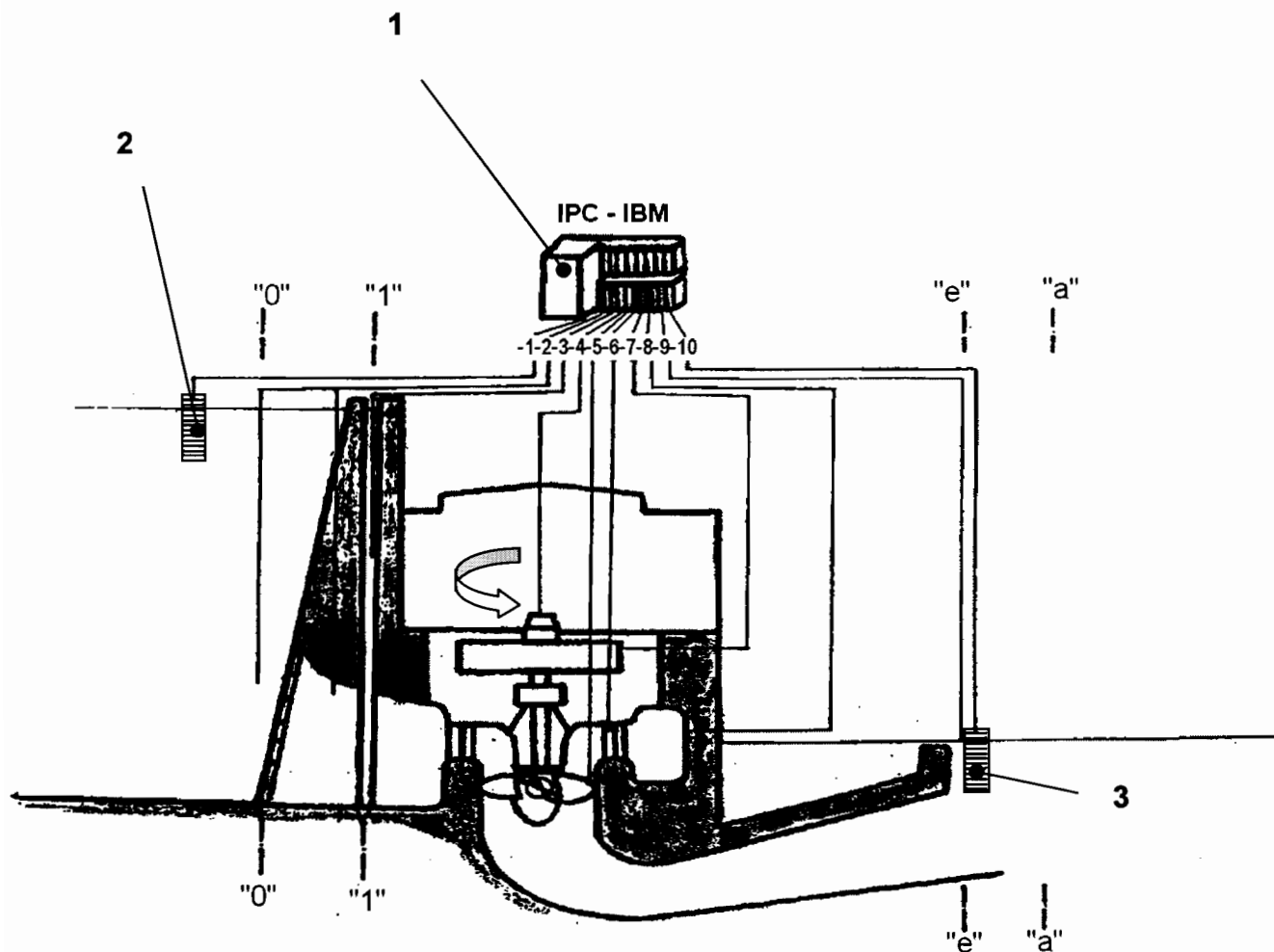


Fig. 1

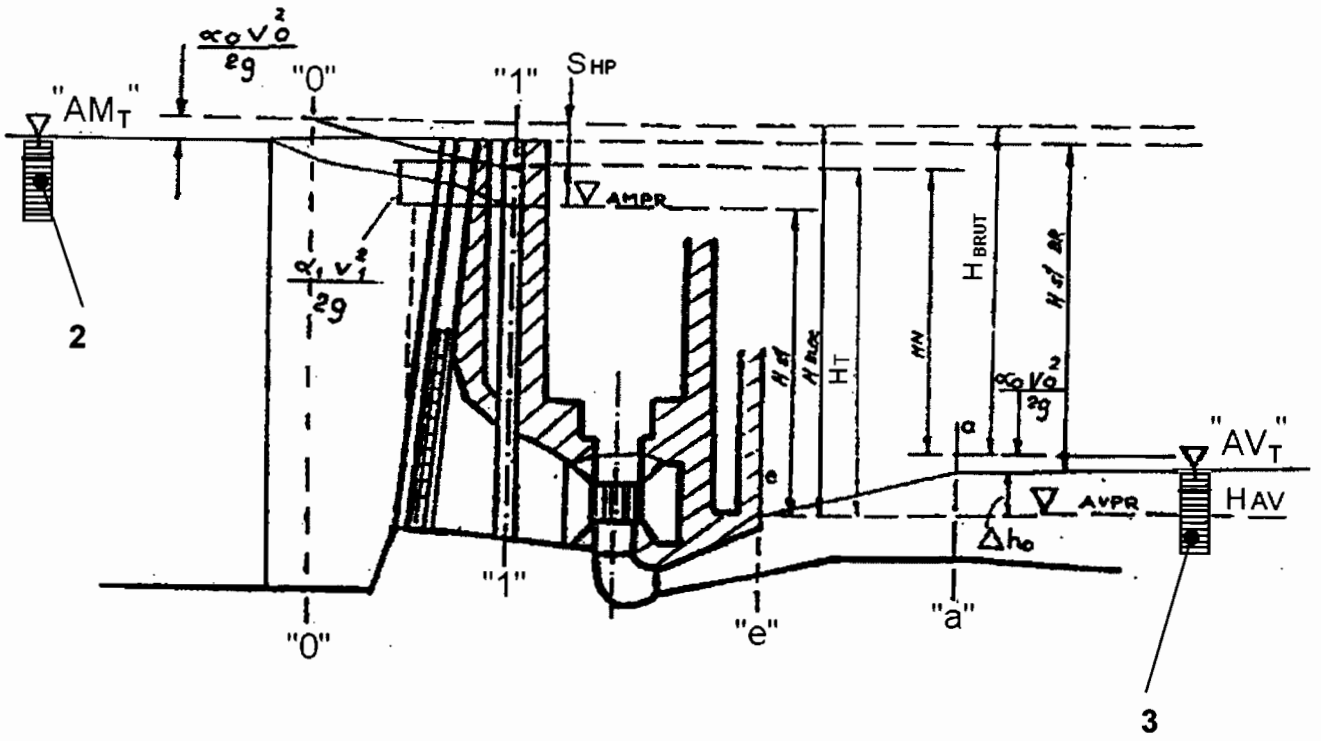


Fig. 2

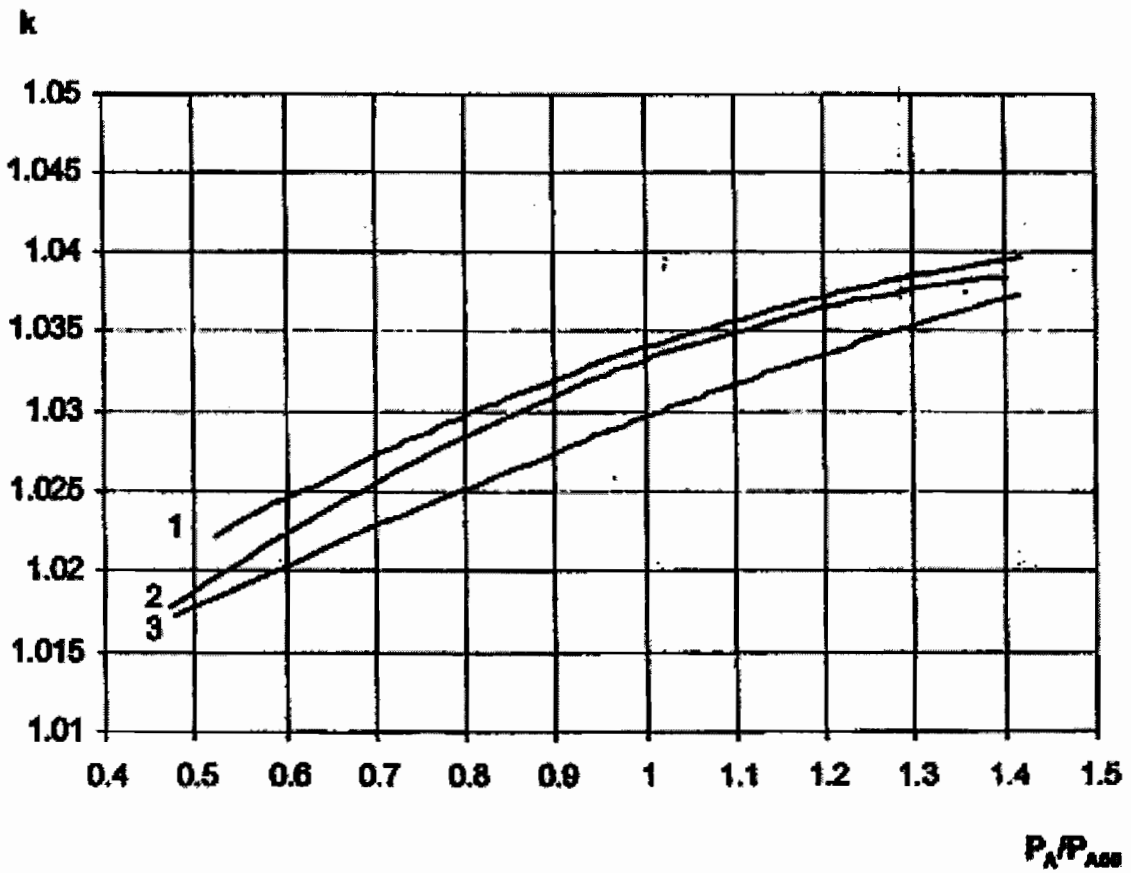


Fig. 3