

MINISTERUL EDUCATIEI SI INVATAMINTULUI  
INSTITUTUL POLITEHNIC "TRAIAN VUIA" TIMISOARA  
FACULTATEA DE MECANICA

Ing. SIMEDRU ADRIAN NICOLAE

OPTIMIZAREA EXPLOATARII HIDROAGREGATELOR  
INTR-O HIDROCENTRALA FLUVIALA DE MARE PUTERE

T E Z A D E D O C T O R A T

BIBLIOTECA CENTRALĂ  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

CONDUCTOR ȘTIINTIFIC  
Acad. Prof. Dr. Docent ing. IOAN ANTON

- Timișoara -  
- 1980 -

406.802	După
313 F	Volume Nr.
CENTRALA	
BIBLIOTECA	
INSTITUTUL POLITEHNIC TIMIȘOARA	

## C U P R I N S

=====

1. Introducere . . . . .	4
2. Problematika optimizării hidroagregatelor într-o hidrocentrală fluvială de mare putere . . . . .	11
3. Date inițiale . . . . .	17
4. Rezultatele analizei de sistem efectuată sistemului actual de exploatare a centralei din punct de vedere a utilizării potențialului amenajării . . . . .	22
5. Conceptul noului sistem de conducere a exploatării centralelor fluviale de mare putere în vederea utilizării mai raționale a potențialului amenajării. . .	32
5.1. De la concluzii și cerințe la obiectivele și particularitățile specifice noului sistem informatic . . . . .	32
5.2. Prezentarea conceptului noului sistem, sistemul informatic al activității de exploatare a centralelor fluviale privind utilizarea potențialului amenajării . . . . .	46
5.2.1. Structură și funcționalitate . . . . .	46
5.2.2. Configurația sistemului de calcul din noul sistem informatic al activității de exploatare a centralelor fluviale. Precizări privind echipamentul de culegere a datelor limnimetrice . . . . .	67
5.3. Sinteza capitolului 5 . . . . .	79
6. Principiile teoretice și algoritmi noului concept de sistem informatic . . . . .	80
6.1. Determinarea debitului defluent . . . . .	83
6.2. Determinarea debitului deversat . . . . .	85
6.3. Determinarea debitului turbinat . . . . .	92
6.3.1. Metodologia actuală de determinare a debitului turbinat . . . . .	93
6.3.2. Optimizarea determinării parametrilor de exploatare a turbinei. . . . .	96
6.3.3. Determinarea puterii la cuplă în regim staționar . . . . .	111
6.3.4. Calculul parametrului HPR . . . . .	115
6.3.5. Determinarea prin similitudine a curbelor de garanție HT = cst . . . . .	119
6.3.6. Stabilirea punctului real de funcționare al unei turbine . . . . .	145

6.4. Integrarea ecuațiilor de mișcare nepermanentă a apei în albie cu suprafața liberă . . .	156
6.4.1. Definiții, particularități și comparații . . . . .	156
6.4.2. Integrarea ecuațiilor mișcării nepermanente în ipotezele de rezolvare necesare . . . . .	161
6.4.3. Determinarea poziției cozii lacului . . . . .	174
6.4.4. Modul de interpolare a datelor . . . . .	176
6.5. Îmbunătățirea metodologiei de prognoză . . . . .	178
6.6. Exploatarea optimă a turbinelor hidraulice din centrala hidroelectrică fluvială de mare putere din punctul de vedere a utilizării potențialului amenajării . . . . .	195
6.7. Sinteza capitolului 6 . . . . .	207
7. Evaluarea eficienței noului sistem informatic . . . . .	209
8. Contribuții personale. Concluzii . . . . .	211
9. Bibliografie . . . . .	222

## 1. INTRODUCERE

In actuala conjunctură energetică, pe plan mondial a apărut necesară reconsiderarea concepției asupra aspectelor legate de integrarea energiei de diferite forme în procesele tehnologice industriale. Această reconsiderare trebuie să țină seama de existența a două tendințe contrare:

- pe de o parte "foamea" crescândă de energie specifică dezvoltării extensive și accelerate a industriei,

- și pe de altă parte, necesitatea de a limita și chiar a reduce la minimum consumurile de energie.

Încă înainte de declanșarea în 1973 a crizei petrolului, conducerea de partid și de stat, personal tovarășul Nicolae Ceaușescu, Secretarul General al PCR, președintele RSR, a acordat o importanță deosebită economisirii energiei și combustibililor. "Criteriul economiei de combustibil - a arătat în noiembrie 1973 Secretarul General al partidului nostru, tovarășul Nicolae Ceaușescu - trebuie să guverneze însăși concepția generală a dezvoltării în perspectivă a economiei noastre naționale, principiile pe baza cărora vom acționa pentru proliferarea producției de bunuri naționale materiale în concordanță cu realitățile și cerințele epocii noastre". Această afirmație, într-o perioadă în care pe alte meridiane se căutau soluții expeditivă pentru o criză ce refuza să fie tratată cu ușurință, această teză, cristalizează încă o dată, o orientare științifică a construcției revoluționare, socialiste, a viitorului, pentru evaluarea critică și realistă a prezentului.

Noua concepție a energeticii este în mod esențial tehnico-științifică, căci azi sîntem în situația de a ne gîndi de zece ori înainte de a cheltui o dată.

Orientarea către utilizarea preponderentă a resurselor energetice inepuizabile și a celor inferioare și-a găsit forma concretă în programul de amenajare a potențialului hidroenergetic al țării.

Efectele calitative ale perfecționărilor aduse de automatizări, acționări electrice, utilizarea tehnicii numerice etc, sînt în strînsă legătură cu efectele, avînd caracter economic, deoarece, în afara continuității funcționării consumatorilor,

este necesar să se asigure optimizarea din punct de vedere economic a procesului tehnologic. Cu atât mai mult se pune această problemă în însăși procesul tehnologic de producere a energiei în vederea economisirii resurselor.

Lucrarea de față "Optimizarea exploatării hidroagregatelor într-o hidrocentrală fluvială de mare putere" prin însăși titlul său rezultă evident că se încadrează în actuala concepție tehnico-științifică a energeticii, având ca scop utilizarea cât mai rațională a resursei hidroenergetice. Optimizarea în general și optimizarea amenajărilor hidroenergetice în particular reprezintă una din preocupările specifice secolului XX. Având rădăcini teoretice și timide încercări practice în secolele anterioare, ea a primit un impuls hotărâtor ca urmare a dezvoltării explozive a cantității și calității mijloacelor specifice puse la dispoziție de tehnica modernă.

Dacă admitem preocupările pentru determinarea și menținerea corelației combinatorii optime, a acordului ei funcție de cădere etc, ca acțiuni pentru optimizarea funcționării grupurilor Kaplan, vezi /9/ + /20/, putem spune că în acest domeniu este o cărare tradiție în țară și peste hotare.

De asemeni se poate afirma, ținând seama de lucrări de specialitate, /21/ + /29/, în problema optimizării unor ansambluri de centrale cum ar fi o cascadă de centrale, există deja preocupări în unele țări ca Franța, Spania, Italia, Japonia etc și a început să fie atacată și la noi.

Avantajele folosirii calculatoarelor electronice concretizate fie prin reducerea substanțială a timpului de prelucrare a datelor, fie de a rezolva probleme la un nivel superior de concepție, constituie imboldul utilizării acestora în activitatea științifico-tehnică, cât și în coordonarea proceselor de producție. Există numeroase exemple care arată că deși unele metode de calcul moderne au fost concepute mai de mult, ele nu au putut fi aplicate pe scară largă sau fără ipoteze simplificatoare decât odată cu posibilitatea folosirii calculatoarelor electronice.

Dintre aceste exemple putem enumera:

- Studiul mișcării nepermanente a apei în albia căracari cu suprafața liberă (lucrările /30/+ /38/ din bibliografie), precisând că în condițiile lipsei calculatorului, rezolvarea ecuațiilor diferențiale ale hidrodinamicii era posibilă numai

pentru cazuri cu totul particulare care de cele mai multe ori nu corespundea cu complexitatea procesului studiat;

- Metode interative sau de aproximații succesive folosite în calculele hidrologice, cum ar fi de exemplu aplicarea teoriei hidrografului unitar instantaneu care, așa cum se arată în lucrarea /39/ din bibliografie, era deosebit de greu de aplicat prin procedura manuală, deoarece cerea extrem de mult timp de lucru;

- Analiza statistică multidimensională a fenomenelor hidrologice dependente sau analiza stochastică a șirurilor hidrologice, procedee care așa cum se arată în aceeași lucrare /39/, necesită în trecut extrem de multe calcule manuale și care ca atare nu au putut fi folosite decât odată cu apariția calculatoarelor.

Ca și în alte domenii ale producției, și în energetică există tendința introducerii și folosirii calculatoarelor electronice pentru rezolvarea anumitor funcțiuni. Se folosește de exemplu pentru reglarea tensiunii și puterii reactive /40/, pentru realizarea programelor de supraveghere și înregistrare automată a datelor și pentru calculul indicilor de performanță pentru optimizarea manuală /41/, sau pentru elaborarea unor programe optime de exploatare.

Conform /22/ în ultimii zece ani în Japonia s-au introdus în sistemele energetice tehnica calculatoarelor. În opt sisteme energetice din Japonia și din alte țări firma Hitachi a introdus 55 de complexe de calcul tip HIDIC dintre care 16 sînt folosite la SACD al Uniunii energetice, iar 33 în sistemele de informare conducere a cascadelor de CHE pe microcalculatoare electronice centrale HIDIC-80 și microprocesoare HIDIC-08. Au fost automatizate prin tehnică de calcul obiective formate din raioane de rețele cu substații și electrocentrale de putere relativ mică, (în Japonia fiind mai mult de 1600 CHE cu putere mai mică de 350 MW). Astfel, spre exemplu, este sistemul de conducere al companiei energetice Tohaky care are un dispecherat central (PCD) și șapte centre raionale de dispecherat (PRD), care conduc câte 3-5 puncte de distribuție fiecare. Fiecare punct de distribuție controlează între 10-20 CHE și substații, cum ar fi punctul ce conduce cele 18 CHE și regimurile a 11 lacuri de acumulare de pe rîurile Tadam și Agono.

La patru din subsistemele principale se realizează cu microcalculatoare de proces "conducerea curentului de apă". Pentru aceasta se culeg informații de la traductori de nivel a apei și cantități de precipitații în bazin amonte de dispozitivele de descărcare a apelor, calculându-se operativ "curentul de apă" cu anticipație de 1-6 ore. Prognozele de apă, starea operativă a elementelor de închidere a barajelor se afișează, iar acțiunile de închidere ale barajelor se transmit automat organelor de acționare a elementelor de închidere. Se realizează de asemenea oprirea automată sau pornirea generatorilor prin transmiterea semnalelor de conducere de la punctul de dispecerat în conformitate cu puterea de calcul și nivelul apei la CHE. Pentru aceasta în conformitate cu varianța operativă a puterii, se calculează curba eficienței și prognoza puterii cu anticipație de 15-60 minute. În sistemul de calcul este cuprinsă și conducerea rețelelor și substațiilor, făcându-se controlul stării de conectare a întrerupătoarelor, determinarea și localizarea defecțiunilor pe linie și calculul altor parametri specifici ale acestora, afișarea stării normale sau de avarie a sistemului energetic, realizându-se un dialog om-mașină.

Așa cum se vede din /47/ și /53/ în ultimii ani se constată preocupări în ceea ce privește conducerea optimă a cascadei de CHE sau a centralelor hidroelectrice și în alte țări. Astfel, în /50/ se tratează de exemplu exploatarea cu ajutorul calculatorului a unui sistem interconectat de centrale termice cu centrale hidroelectrice cu acumulare anuală, efectuându-se repartizarea economică a încărcării pe fiecare din componentele sistemului.

În /53/ se prezintă soluția practică a problemei de conducere optimă a exploatarea unui sistem de centrale hidroelectrice interconectat cu centrale termice clasice în cadrul unui proiect aflat în studiu pentru o întreprindere de electricitate spaniolă. Folosind metoda analizei de sistem, ingineria de sistem, s-a elaborat concepția pentru conducerea optimă a exploatarea centralelor hidroelectrice din sistemul interconectat al acestei întreprinderi. Datorită complexității regimului meteorologic senal, debitele naturale neputând practic fi prevăzute, s-au adoptat următoarele criterii de optimizare:

- deversări minime la toate CHE din cascadă,

- menținerea nivelului de apă la o valoare elevată în marile bazine în vederea încadrării funcționării turbinelor într-un domeniu de randamente mai bun.

Se prevede ca CHE să preia o acoperire maximă din încărcarea de vîrf, diferența fiind repartizată centralelor termice. Se face o planificare a utilizărilor centralelor cu o anticipație de o săptămîină, luîndu-se în calcul cheltuielile de exploatare și elaborîndu-se o prognoză parțială a debitului de apă disponibil. În baza calculului influenței variațiilor de scurtă durată a debitului aportat asupra modului de exploatare a CHE și repartiției economice a încărcării, se are în vedere suplimentarea încărcării acestora, la un aport mai mare de debit, cu reducerea corespunzătoare a sarcinii pe centrale termice, putîndu-se realiza și reglaj de "frecvență-putere".

Scotîndu-se în relief nouitatea utilizării "electronicii inteligente" în conducerea exploatării unei hidrocentrale de mari proporții, în /54/ se menționează: "Centrala hidroelectrică Saiano-Sușenskaia din Uniunea Sovietică dispune de trei mii de senzori, care au menirea de a urmări funcționarea agregatelor și starea diferitelor instalații hidrotehnice. Informațiile acumulate se vor transmite la un centru de coordonare care va asigura regimul optim de funcționare a gigantului energetic. Este pentru prima oară cînd se creează un sistem automatizat de dirijare cuprinzînd toate procesele de obținere a energiei electrice dintr-o centrală de mari proporții. Baza sistemului o vor constitui două mașini electronice de calcul. Primul ordinator va asigura dirijarea agregatelor și instalațiilor care previn avariile, cel de al doilea va prelucra informațiile provenite de la senzori, va înregistra datele obținute și va transmite semnalele de rigoare. Electronica "inteligentă" va permite coordonarea funcționării centralei în cadrul sistemului energetic al Siberiei". (N.B. - sublinierea aparține autorului).

Ca și în alte țări există și la noi în țară preocupări în acest domeniu. Astfel, la unele grupuri din centralele termice și electrice s-au introdus calculatele avînd dezvoltată funcțiunea de supraveghere, controlîndu-se un număr mare de parametri ai instalațiilor cu posibilitatea de a face analiza post mortem a avariilor. La altă centrală care are calculator de capacitate mai mică s-a folosit cu pondere mai mică funcțiunea de colectare și supraveghere, dezvoltîndu-se în schimb funcțiunea de calcul



a indicilor de performanță.

Sînt în curs de introducere:

- calculatoare de proces la unele din stațiile de înaltă tensiune ale sistemului energetic în vederea înregistrării cronologice a evenimentelor, controlului stării de conectare a întrerupătoarelor și calculului unor parametri specifici ai rețelelor de distribuție,

- calculatoare de proces la unele din agregatele unor centrale termice pentru conducerea complexă optimală în circuit off-line a blocurilor de turbine,

- un calculator de proces la unul din dispeceratele teritoriale hidroenergetice, în vederea realizării gospodăririi multifuncționale a resurselor de apă.

Se preconizează pentru viitorul apropiat introducerea automatizării complexe bazată pe tehnică de calcul și la alte termocentrale și hidrocentrale în vederea conducerii proceselor de producție, analize post avarie a evenimentelor, pentru calculul randamentelor și a consumurilor specifice. Conform studiului /43/ pînă în 1984 este în curs de proiectare și realizare baza de date hidroenergetice (off-line) centralizate pentru unitățile HEE. Ea va fi organizată pe o structură centralizată cu subunități teritoriale în cadrul centralelor hidroelectrice și institutelor de proiectare și cercetare de specialitate din minister preceasîndu-se ca să trateze întreg fluxul informațional de la generarea datelor pînă la valorificarea lor prin elaborarea de informații complexe, cuprinzînd soluții pentru colectarea, stocarea, regăsirea, actualizarea, prelucrarea datelor, precum și pentru editarea informațiilor elaborate.

Toate acestea atestă atît importanța cît și actualitatea temei lucrării de față a cărei concepere și prezentare se petrece în paralel cu încercări pe plan mondial de rezolvare a unor probleme similare.

În contextul noii concepții despre energetică (tratată pe larg mai înainte) se înscrie și apelul conducerii D.E.N. care ținînd seama de situația energetică încordată subliniază necesitatea luării de măsuri suplimentare de creștere a producției de energie în toate hidrocentralele. Se impune, se arată în /44/, stabilirea regimurilor optime de funcționare pentru toate hidroagregatele, iar programele de exploatare și exploatarea să aibă în vedere funcționarea preponderentă a ace-

tera în aceste regimuri.

Problemele tratate în teză fac parte din preocupările de îmbunătățire a conducerii exploatării SHEN Porțile de Fier din punct de vedere a utilizării potențialului amenajării, rezultând din căutările permanente ale autorului de rezolvare a sarcinilor de verificare superioară a resurselor hidroenergetice.

În baza experienței acumulate privind conducerea exploatării din punct de vedere a utilizării potențialului amenajării a SHEN PdF, autorul desfășurându-și activitatea și în acest domeniu, a îndrumărilor prețioase primite din partea colectivului Catedrei de mașini hidraulice a Institutului Politehnic Timișoara și îndeosebi din partea academicianului I. Anton și prof. I. Preda, s-au putut izola carențele metodologiei folosită în acest domeniu până în prezent, reușindu-se a se pune bazele noului sistem de conducere a acestei activități.

Noua metodologie concepută inițial pentru SHEN PdF I se poate generaliza și aplica și la alte centrale de tip fluvial de mare putere cu regularizare în regim similar cu cel al centralelor studiate.

Aprofundând teoria mașinilor hidraulice a școlii de hidraulicieni timișoreni inițiată de regretatul prof. A. Bărglăzan, îndrumată apoi și dezvoltată de acad. I. Anton, precum și principiile disciplinei de Centrale hidroelectrice în concepția prof. I. Preda, consecvent deprinderilor transmise de profesorii săi, de a îmbina permanent teoria cu practica și să învingă în permanență slăbiciunea de automulțumire, autorul s-a convins de necesitatea definirii și studierii particularităților turbinelor hidraulice în condițiile amenajării și că cheia problemei optimizării exploatării acestora este îmbinarea acestor discipline clasice cu noua disciplină informatică. Urmind sfatul acad. I. Anton, a asimilat cunoștințele necesare în acest domeniu, numai așa putând rezolva tematica propusă.

Inspirat de criteriul energetic de optimizare a exploatării unei centrale fluviiale pe firul apei enunțat de prof. I. Preda, cu ajutorul facilităților oferite de mașina electronică de calcul, pune bazele optimizării exploatării centralei în regim de regularizare zilnică sau săptămânală și a conducerii optimale pe acest criteriu cu calculatorul de proces. Pentru realizările obținute rămân profund recunoscător profesorilor mei de la catedra de Mașini hid-

realize a Institutului Politehnic "Traian Vuia". Timișoara, și în mod deosebit academicianului Ioan Anton pentru conducerea, îndrumarea și ajutorul acordat în toate fazele realizării lucrării de față. Rămân îndatorat soției mele pentru înțelegerea și ajutorul acordat zi de zi, ani de-a rândul și mai ales pentru încurajarea și sprijinul moral esențial asigurat în depășirea unor momente grele și de descurajare, fără de care această lucrare n-ar mai fi avut șanse să fie realizată.

Mulțumesc colegilor și colaboratorilor mei mai în vârstă sau mai tineri de la Intreprinderea Electrocentrale Porțile de Pier, OTCE Drobeta Turnu Severin, CIPEET București, ICPEH Reșița, IAPB București, ICEMENERG București și alte institute cu care am întreținut relații de colaborare, pentru ajutorul și colaborarea dezinteresată, precum și tuturor celor care au sprijinit într-un fel sau altul realizarea acestei lucrări.

## 2.- PROBLEMATICA OPTIMIZĂRII HIDROAGREGATELOR INTR-O HIDROCENTRALA FLUVIALĂ DE MARE PUTERE

Obiectul lucrării de față este "Optimizarea exploatării hidroagregatelor într-o hidrocentrală fluvială de mare putere".

Este de la sine înțeles că această noțiune nu poate fi tratată numai din punct de vedere a realizării unor regimuri de funcționare optimă a hidroagregatului în sine (luat singular), ci avându-se în vedere că acesta funcționează în cadrul unei amenajări hidroenergetice, trebuie privită în contextul utilizării cât mai raționale a potențialului acesteia.

Trebuie avut de asemenea în vedere și faptul că energia electrică produsă de hidrocentrale este debitată în câte unul din cele două sisteme energetice pe care le deservește amenajarea, aceasta fiind realizată printre altele în scopul producerii de energie electrică necesară acestor sisteme energetice.

Rezultă clar importanța caracteristicilor specifice ale amenajării asupra problemei optimizării exploatării hidroagregatelor. Volumul lacului fiind relativ limitat (circa 1 + 1,5 % din stocul mediu anual) permite la un anumit regim al debitelor (cuprins în domeniul de debite cu asigurări între 9,6% și 99,2%) o regularizare zilnic orară a debitelor, respectiv o exploatare

de semivîrf și vîrf a centralei, iar pentru debite situate în afara domeniului arătat mai sus, o exploatare pe firul apei, cu alte cuvinte în regim de bază a centralei. În aceste condiții hidroagregatele funcționează la căderi variabile, iar datorită retenției limitate, sau în extremis, lipsei a acesteia, căderea este practic dependentă de debit.

Rezultă că pentru respectarea optimului energetic de utilizare a potențialului amenajării, graficul de exploatare a hidroagregatelor trebuind să fie determinat de condițiile energetice ale amenajării, orice abatere a debitului mediu turbinat (în intervalul  $\Delta t$  specific unui ciclu de regularizare) față de debitul mediu afluent (pe aceeași perioadă de timp  $\Delta t$ ), provoacă variații corespunzătoare nivelului de retenție. Se poate observa că în cazul limită cînd  $\Delta t \rightarrow 0$  ne aflăm în situația exploatării pe firul apei, cînd condiția turbinării debitului afluent asigură producția maximă de energie, deci o utilizare maximă a potențialului amenajării, fără a avea însă în vedere participarea maximă a centralei la acoperirea graficului de sarcină a sistemului.

Știind însă că centralele fac parte integrantă din sistemele energetice pe care le deservesc, și avînd în vedere că executarea unei regularizări a debitelor pe anumite intervale de timp poate asigura o anumită participare caracteristică de acoperire a graficului de sarcină, dar avînd în același timp o eficiență de utilizare a potențialului amenajării mai redusă, ca în cazul exploatării pe firul apei, stabilirea regimului de exploatare economică a centrelor este o problemă de optim economic funcție de criteriile:

- a) utilizării maxime a potențialului amenajării,
- b) participării maxime la graficul de sarcină.

Ținînd seama de variația nivelului în bieful amonte funcție de regimul debitului afluent și de reglaj a nivelului la punctul de control a nivelului în bieful amonte funcție de regimul debitului defluent, caracteristica amenajării  $H = f(Q)$  pentru diferite regimuri de reglaj a nivelului în punctul de control este dată în fig. 2.1.

Folosind metodologia descrisă în /3/ prin transpunerea acestei caracteristici, fracționată în funcție de numărul hidroagregatelor care funcționează în paralel, pentru acoperirea parametrilor energetici dintr-un anumit moment al amenajării pe topografa de exploatare a turbinei folosită în mod curent, se obține așa

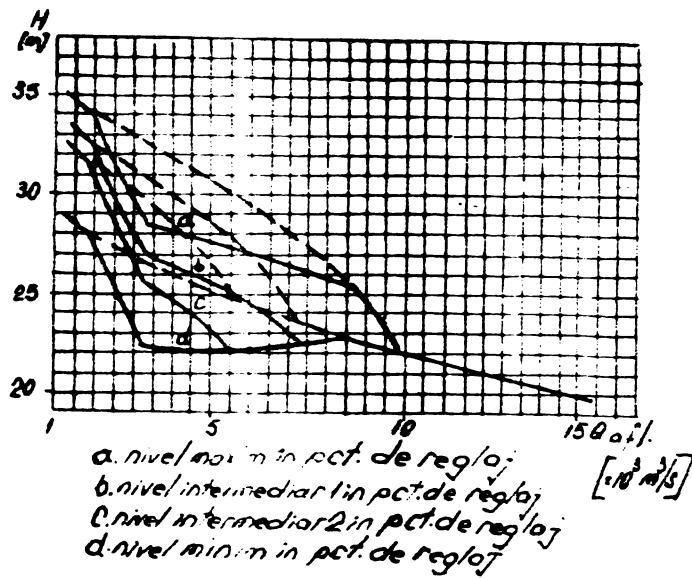


Fig. 2.1.

numita topogramă de funcționare în "dinți de ferăstrău a turbină" pentru funcționarea acesteia în formație (în paralel) cu celelalte hidroagregate ale amenajării. În fig. 2.2 este prezentată o astfel de topogramă obținută prin transpunerea caracteristicii amenajării în cazul unui anumit regim de reglaj a nivelului în punctul de control, fracționată prin împărțire succesivă cu raportul  $k = n - j$ , unde  $j=0 + (n-1)$ ,  $n$  fiind numărul de hidroagregate instalate în fiecare din cele două hidrocentrale. Indicii  $k$  corespundenți tronsoanelor de fracționare a caracteristicii amenajării corespund numărului de agregate funcționând în paralel.

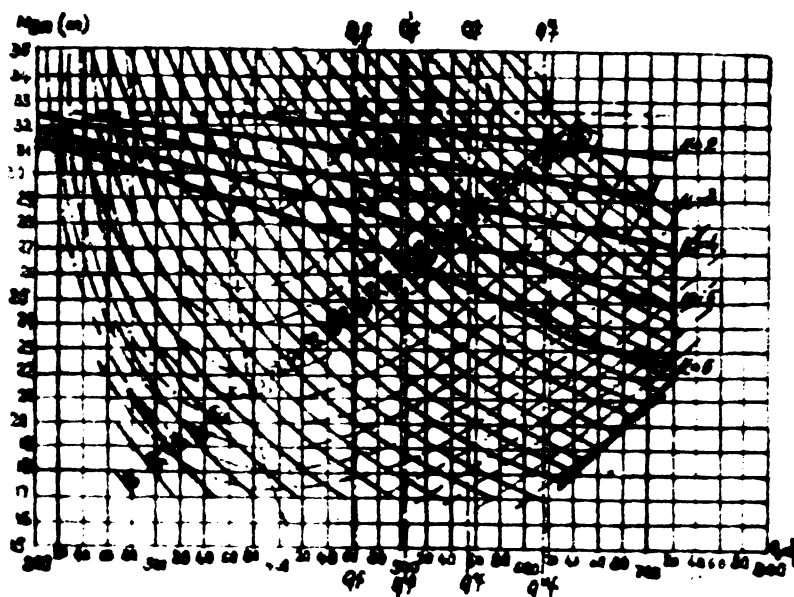


Fig. 2.2.

Debitul total turbinat, sau puterea totală în diferite formații de  $k$  hidroagregate funcționând în paralel, este valoarea

abseisei sau respectiv valoarea puterii corespondente punctului de funcționare, multiplicată cu indicele  $k$  corespunzător segmentului caracteristicii amenajării pe care se află în acel moment punctul de funcționare. În aceste condiții curba "în dinți de ferăstrău" trasată pe topograma de exploatare "folesită în mod curent" prin fracționarea caracteristicii amenajării determină pe topegramă de fapt programul de exploatare în condiții de optim energetic al centralei, respectiv cum și când trebuie făcută modificarea regimurilor de funcționare în paralel funcție de parametri de moment ai amenajării. Funcționarea în diferite puncte într-o anumită formație de funcționare în paralel, care nu se află pe segmentul corespunzător indicelui  $k$  de grupări funcționând în formație, conduce la variații simțitoare a nivelului amonte și aval și deci la modificări rapide a căderii centralei. Turbinama la debite mai mari decât cel afluent provoacă micșorarea puterii prin reducerea căderii, iar reversul acesteia, în anumite condiții de reglaj de nivel impuse de protecția împotriva inundării terenurilor riverane din amonte de baraj, poate genera pierderi de energie prin deversare.

În cazul regularizării debitului cu un ciclu de regularizare  $\Delta t$ , nu vom mai avea valori instantanee pentru debite, puteri și căderi, ci vor fi valorile medii ale acestor mărimi pe intervalul de regularizare  $\Delta t$ .

Așa cum se poate vedea, hidroagregatele funcționează de fapt în regim de cădere variabilă. Se știe că profilul camei spațiale este realizat practic prin stabilirea relației combinatorice pentru  $H = \text{cst.}$  la câteva valori ale căderii și care apoi sînt reardate într-un mod aproximativ, empiric. Rezultă că în fapt funcționarea efectivă se desfășoară mai mult în aceste zone "aproximative" ale camei, respectiv pe generatoarea suprafeței ce înfășoară curbele combinatorice pentru diferite valori ale lui  $H$ , acordul cu căderea făcîndu-se prin translația camei spațiale prin intermediul unui servomecanism.

Mult mai indicată ar fi metodologia indicată în /3/ pentru stabilirea profilului camei spațiale, aceasta urmînd să aibe forma unei suprafețe înfășurătoare a curbelor combinatorice pentru diferite valori a lui  $H = \text{cst.}$  în așa fel ca să respecte caracteristica amenajării  $H = f(Q)$  fracționată conform celor arătate mai înainte.

Pentru realizarea transformărilor energetice la randamente ridicate se pot stabili limitări corespunzătoare unor debite caracteristice, putându-se stabili programe de exploatare în regim optim energetic funcție de condițiile efective de moment a amenajării.

Din fig. 2.2 se observă că din punct de vedere a optimului de transformare energetică se clasează în ordine funcționarea cu limitări la debitele:

$$Q_{m.f.}; \quad Q'_{m.f.}; \quad Q''_{m.f.}; \quad \text{și} \quad Q_1$$

Pentru asigurarea condițiilor optimului energetic și optimului de transformare energetică, debitul mediu de limitare trebuie să se identifice cu debitul mediu afluent, programul de funcționare al hidrocentralelor fiind de-a lungul curbei frunte trasată prin fracționarea caracteristicii amenajării până la debitul de limitare stabilit. Ajungerea la debitul de limitare impune schimbarea formației de agregate în paralel prin pornirea sau oprirea unui hidroagregat pe centrală, numărul hidroagregatelor ce rămân să funcționeze în paralel (în reglaj în grup) fiind cel corespunzător indicelui segmentului pe care se află la acel moment punctul de funcționare. Intru cât debitul afluent se află într-o conținută dinamică, pentru realizarea regimului optim energetic limitarea trebuie să urmărească valoarea debitului afluent ce s-ar putea determina pe baza măsurărilor telelimnimetrice pe lac și intru cât urmărirea acestuia nu mai este practic posibilă a se efectua manual, rezolvarea problemei necesită folosirea unor mijloace de automatizare complexă în care un rol important trebuie să revină calculatorului electronic. Necesitatea folosirii calculatorului electronic este și mai pregnantă deoarece în realitate fenomenul este mult mai complex având în vedere diferitele regimuri de reglaj al nivelului în punctul de control, funcție de strategia de reglaj ce se adoptă pentru exploatarea amenajării în anumite condiții date, a diferențelor între căderea amenajării și căderile efective la care funcționează turbinele, datorită pierderilor de sarcină hidraulică, ca urmare funcționării cu un anumit grad (aleator) de infundare a grătarelor și interacțiunii hidroagregatelor, adiacente, într-un anumit regim de funcționare.

Ar fi necesare o multitudine de came combinate cu profil spațial care să fie folosite corespunzător cu fiecare regim de reglaj sau lege de variație a nivelului în punctul de control,

precum și efectuarea unor calcule laborioase în același timp și paralel cu fenomenul, pentru determinările și corectarea parametrilor de exploatare efectiv realizati, de turbine funcție de mărirea acestor pierderi hidraulice realizate, în vederea obținerii acelor valori corepunzătoare caracteristicii amenajării specifice condițiilor efective din acel moment. Metodologia folosită în mod curent care se bazează pe prelucrarea datelor prin proceduri manuale, nu poate stăpâni complexitatea acestor factori și viteza de lucru necesară. Atunci ca și în alte situații se recurge la ipoteze simplificatorii care induc erori inerente în exploatare ce se adaugă lungului șir de erori caracteristice acestei metodologii.

Reducerea pierderilor hidraulice descrise mai sus poate fi un criteriu de exploatare optimă a centralelor nemaivorbind că funcționarea turbinelor la căderi aproximativ identice cu căderea amenajării înseamnă nu numai câștig prin energia și puterea suplimentar produsă, ci însăși prin simplificarea procesului de conducere a exploatării.

Pe aceleași premise se pot simula pe calculator regimuri de funcționare în cazul asigurării debitelor medii de frecvență maximă lunară pentru fiecare lună a anilor caracteristici. În acest mod se poate stabili pentru fiecare caz în parte, în baza unei analize economico-energetice, posibilitatea optimizării, din punct de vedere a pierderilor energetice minime, a reparațiilor în regim preventiv planificat, respectiv ordinea de prioritate a lunilor din punct de vedere a pierderilor minime energetice, precum și numărul de hidroagregate ce pot staționa în reparație în aceste perioade în aceleași condiții de optimizare.

Aceste simulări pot fi făcute și pentru fiecare caz efectiv realizat, putându-se stabili perioadele de opriri în reparație, pentru o anumită situație de debite afluate realizate, pentru un anumit gradient al acestora și pentru o anumită necesitate de intervenție, cu pierderi minime energetice. Realizarea acestor simulări pe calculator va permite rezolvarea din punct de vedere al optimului energetic a încă uneia din problemele de importanță deosebită pentru o centrală fluvială de mare putere, deoarece în actuala conjunctură energetică, având în vedere și mărirea unitară, asigurarea producției energetice și a puterilor maxime sau efectuarea preventivă (conform normativelor în vigoare) a reparațiilor se află într-o permanentă confruntare.



### 3. DATE INITIALE

Amenajarea hidroenergetică studiată este formată din două hidrocentrale gemene, coordonate fiecare de întreprinderi diferite și care debitează energia produsă în sisteme energetice diferite, situată pe un fluviu cu o hidraulicitate identică cu cea definită în /108/ și /2/.

Astfel regimul debitelor fluviului (hidrograful său) în anul mediu normal este arătat în fig. 3.1 în care sînt reprezentate și curbele de durată și frecvență caracteristice acestui an caracteristic.

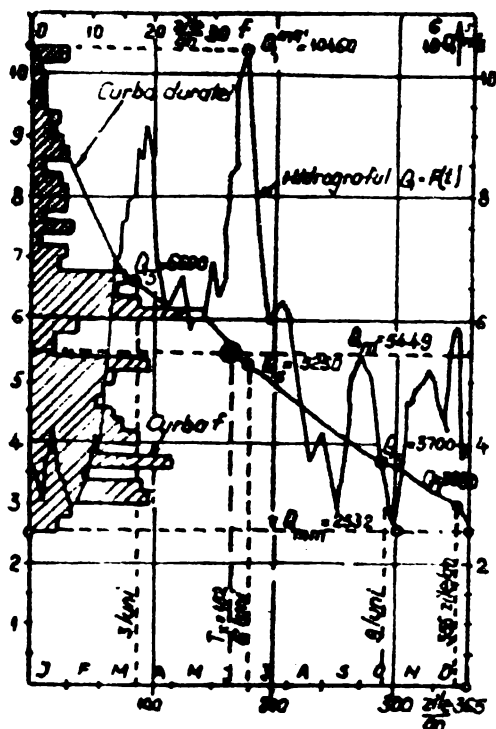


Fig. 3.1.

Prin construirea barajului amenajării s-a ridicat nivelul apei în amonte de baraj cu circa 34 m deasupra etiajului creștând un lac cu un volum de circa 2,7 miliarde de  $m^3$ .

Amplasarea amenajării este în avalul unui defileu de circa 100 km lungime, într-o zonă în care fluviul a primit aproape toți afluenții săi mari, avînd într-o secțiune imediat amonte a locului de amplasare a amenajării (la circa 10,1 km) la o stațiune hidrometrică înființată în urmă cu mai bine de un secol, un debit multianual de  $5463,64 m^3/s$ . Fluviul în această zonă este navigabil și ca atare cele două hidrocentrale situate fiecare

pe cîte unul din cele două maluri, la capetele barajului deversor, sînt prevăzute fiecare cu cîte o ecluză cu două trepte.

Regimul de debite al fluviului în zona de amplasare a amenajării se caracterizează printr-un grad relativ ridicat de compensare naturală datorită suprafeței mari a bazinului de recepție (circa 575.000 km<sup>2</sup>), a cursului lung a fluviului pînă în zona amenajării (circa 1920 km) și al unor afluenți importanți ce străbat regiuni cu caracteristici climatice și hidrologice diferite.

Datorită caracteristicii de difileu a fluviului în sectorul amenajat volumul lacului are valori destul de modeste reprezentînd circa 1% și 1,5% din stocul mediu anual. Această situație din punct de vedere a acumulării permite totuși în anumite cazuri regularizarea zilnică și săptămînală a debitelor, pentru aceasta fiind necesare volume utile de ordinul a 100-300 mil. m<sup>3</sup> care corespund la reduceri ale căderii cu 3-10% din căderea disponibilă a centralelor. Comparativ cu procentul de creștere a valorii energiei de vîrf față de cea de bază, aceste reduceri sînt sensibil mai mici și pot constitui un criteriu privind alegerea regimului de exploatare. Remuul lacului avînd influențe la distanțe relativ mari față de secțiunea barajului (circa 300 km) amonte pe fluviu, cît și <sup>pe</sup>unii din afluenții importanți care străbat regiuni populate și intens cultivate, nivelul la baraj variabil cu un ecart de 6,5 m este condiționat de menținerea în perioadele de ape mari, în amonte de secțiunea de control a nivelului (situată la confluența fluviului cu afluentul N. la circa 132,4 km de secțiunea barajului) a nivelului în regim barat apropiat de nivelele în regim natural. Din această cauză nivelele din zona superioară a ecartului de variație pot fi menținute numai la debite relativ mici. În cazul că s-ar menține constante aceste cote de retenție și la debite medii și mari remuul din amonte al lacului ar atinge cote foarte ridicate. Ar fi necesare volume foarte mari de lucrări pentru apărarea teritoriilor agricole și localitățile riverane. De aceea pornind de la o limită admisibilă pentru nivelele maxime din zona superioară a lacului a rezultat un regim de variație a nivelului de retenție în funcție de mărimea debitului. În fig. 3.2 se prezintă curbele de regim variabil în bieful amonte funcție de debitul afluent pentru diferite regimuri a nivelului în punctul de control, iar în fig. 3.3 cheia limnometrică în aval de centrală.

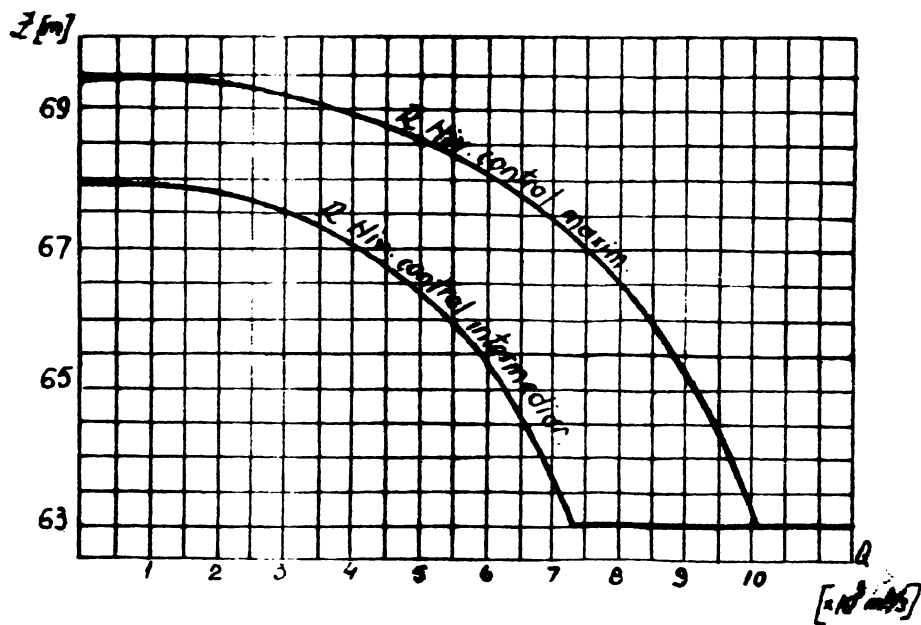


Fig. 3.2.

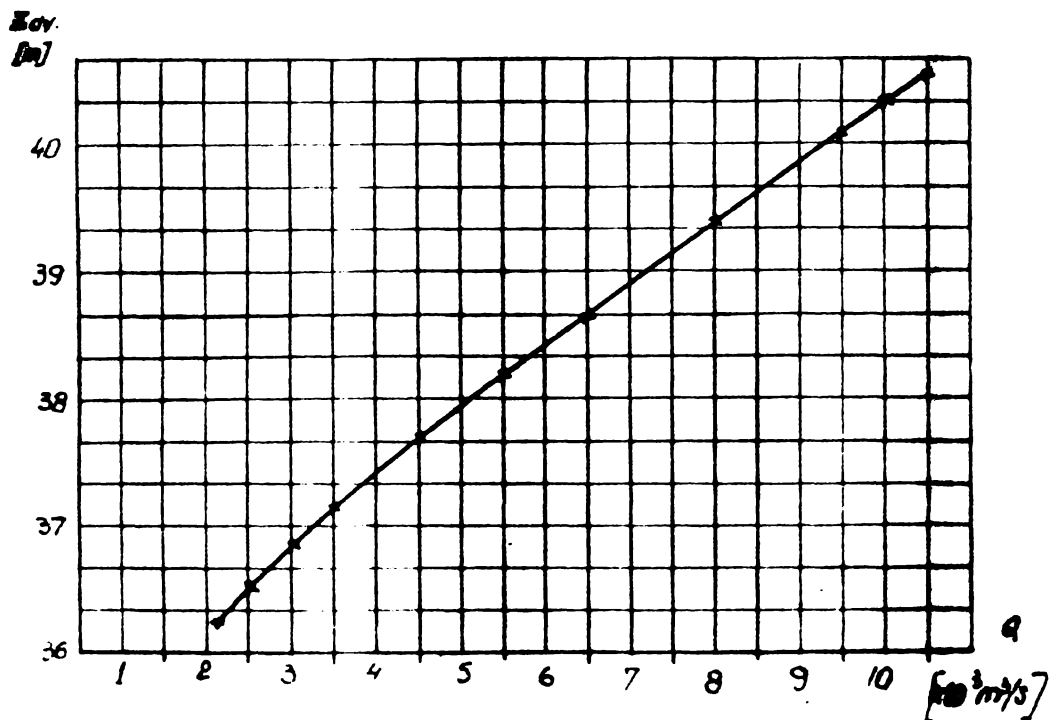


Fig. 3.3.

Criteriul de reglaj hidraulic a acumulării se referă la o cotă medie în secțiunea de control, deoarece în cursul unei zile nivelele în lac prezintă pulsații datorită funcționării centralelor cu sarcină variabilă. Asigurarea menținerii cotei în secțiunea de control a nivelului e dificil de realizat, deoarece nivelul este supus acțiunii a doi factori perturbatori - variația debitelor afluențe la intrarea în lac și funcționarea centralelor cu sarcină variabilă în cursul unei zile. O bună

exploatare trebuie să asigure menținerea nivelului zilnic în secțiunea de control a nivelului din lac cât mai aproape de cota admisă (în câmpul de toleranță stabilit). Depășirea acestei limite nu este admisă dat fiind gravele consecințe care pot apărea în legătură cu stabilitatea digurilor și securitatea terenurilor riverane. Coborîrea sub această cotă are aspecte energetice nefavorabile.

In general funcționarea centralelor este supusă următoarelor categorii de restricții:

- I. Restricții de exploatare specifice amenajării
- II. Restricții impuse de navigație
- III. Restricții impuse de încadrarea centralelor în cele două sisteme energetice
- IV. Restricții impuse de exploatare.

Detalierea acestor restricții este făcută în /4/.

Unul din criteriile optimizării privind exploatarea cu regim variabil a nivelului în bieful amonte al amenajării îl constituie modalitatea de realizare în exploatare a acestui regim, astfel încât în același timp să nu se depășească nivelul admis în punctul de control al nivelului utilizându-se în același timp la maximum potențialul.

Exploatarea cu nivel variabil conduce la necesitatea modificării debitelor defluente față de cele afluate, deoarece odată cu creșterea debitelor afluate pe fluviu trebuie să se coboare nivelul de retenție, iar la scăderea debitului afluent cota de retenție trebuie ridicată. Deci în perioadele de creștere a debitelor afluate acestora li se adaugă volumul de apă ce se golește din lac, iar în cazul reducerii afluenței debitele defluente sînt reduse datorită volumului de apă ce se reține în lac.

Funcționarea centralelor este posibilă și în regim de bază cît și în regim de regularizare zilnică, respectiv în regim variabil.

Regimul de exploatare în baza graficului de sarcină - pe firul apei are avantajul obținerii unor valori maxime ale producției de energie (ca urmare utilizării integrale a căderii). În același timp are dezavantajul unei puteri asigurate reduse, energia de bază avînd și ea o valoare energetică scăzută. Posibilitățile amenajării permit funcționarea pentru debite afluate cu asigurări între 9,6% și 99,2% cu regim zilnic, orar variabil. Ținînd seama și de condițiile impuse de navigație condițiile specifice amenajării permit producerea de circa 42% din producția totală de energie

în zona superioară a graficului de safcină.

Este evident că exploatarea cu regim zilnic-orar variabil are influențe importante asupra celor două biefuri în care apar oscilații de nivel ce se transmit amonte și aval. Ca atare regimul nepermanent are influență asupra navigației și exploatării instalațiilor portuare. Datorită creșterii valorilor de pantă și viteze față de cele în regim permanent vasele care se apropie din aval de amenajare înaintează cu viteză mai redusă. Dar în acelaș timp regimul nepermanent permite creerea unor ferestre pentru navigația și l debite afluențe mai mici decât debitul de servitute  $Q_s$ .

Rezultă clar că asigurarea unei exploatări optime în condițiile de mai sus a amenajării, coordonată și cu interesele fiecăruia din cele două sisteme pe care le deserveșc cele două centrale, reprezintă o problemă complexă, dificilă și laborioasă.

În consecință metodologia actuală nu poate avea în vedere criteriile optimizării, instrumentarul său nepermițându-i nici chiar stăpînirea corectă a procesului. Prin ipotezele simplicității și aproximările la care este nevoită să recurgă imprimă un pronunțat caracter de ambiguitate activității de exploatare a hidrocentralelor care fireșc nu poate să conducă la utilizarea rațională a potențialului amenajat.

Pentru determinarea și eliminarea carențelor sistemului actual de exploatare a centralei din punct de vedere a utilizării potențialului amenajării s-a simțit necesitatea alegerii unei metode cît mai adecvate.

Una din încercările cele mai caracteristice de perfecționare a metodelor folosite în ultimele decenii în științele organizării și conducerii este utilizarea concepției sistemice. Printre metodele care s-au născut în cadrul concepției sistemice un loc deosebit îl ocupă analiza sistemică sau analiza de sistem. Ea reprezintă un complex de procedee pentru perfecționarea activității generale a sistemelor cibernetice prin studierea proceselor informaționale (cum sînt operațiile legate de culegerea, transmiterea, prelucrarea și stocarea datelor sau informațiilor) și celor decizionale (respectiv operațiile legate de alegerea unei variante din multitudine de variante posibile), care au loc în cadrul acestor sisteme.

Rezultatele analizei de sistem efectuată în /46/ în vederea îmbunătățirii, respectiv eliminării curențelor sistemului actual; sînt prezentate în continuare.

**4. REZULTATELE ANALIZEI DE SISTEM EFECTUATA  
SISTEMULUI ACTUAL DE EXPLOATARE A CENTRALEI  
DIN PUNCT DE VEDERE AL UTILIZARII POTEN-  
TIALULUI AMENAJARII**

A.- Diagramele bloc a sistemului actual sînt prezentate în fig. 4.1 + 4.4.

B.- Problemele izolate în cadrul analizei de sistem a sistemului actual:

1. Asigurarea menținerii cotei în punctul de control al nivelului (Secțiunea de control sau baraj) este dificil de realizat deoarece nivelele sînt supuse efectului a doi factori perturbatori: variația necunoscută a debitului afluent și funcționarea centralelor cu sarcină variabilă.

2. Nu se cunoaște situația în timp și spațiu a  $Q$  afluent mediu zilnic.

3. Nu se cunoaște dinamica cozii lacului care variază funcție de nivelul de retenție și  $Q_m$  afluent.

4. Nu se cunoaște cum se transmite în timp și în lungul lacului debitul intrat în lac.

5. Erori mari de determinare a  $\Delta Q$  lac prin metoda volumetrică în cazul mișcării nepermanente la regularizări cvasisăptămînale.

6. Neconcordanță între valorile parametrilor determinați între cele 2 centrale ca urmare a folosirii unor topograme de exploatare "ipotetice" diferite.

7. Neconcordanță între valorile  $Q$  turbinat mediu zilnic,  $Q$  deversat,  $Q$  mers în gol determinate de cele două centrale ca urmare a folosirii unor diagrame a "debitului specific" diferite.

8. Nu se cunosc nivelele orare amonte de Secțiunea de control ca urmare a lipsei datelor "comune" telemetriche din această zonă.

9. Redundanțe înalte în sistemul actual.

# DIAGRAMA BLOC A CONDUCERII AMPLIILOR MICROELECTRONICE.

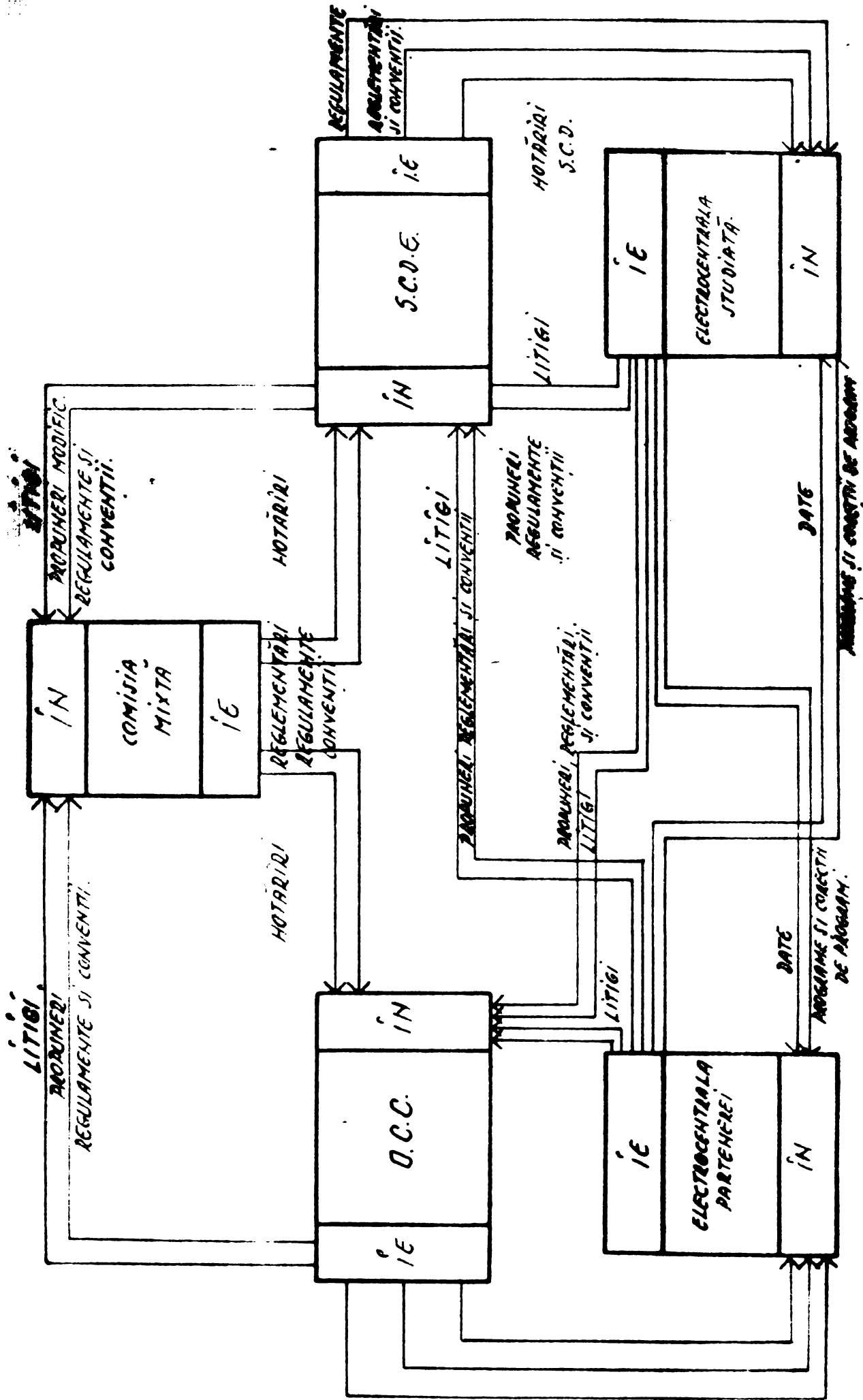


Fig. 4.1.

# DIAGRAMA BLOC A LEGĂTURII ÎNTRU CONDIȚIUNILE

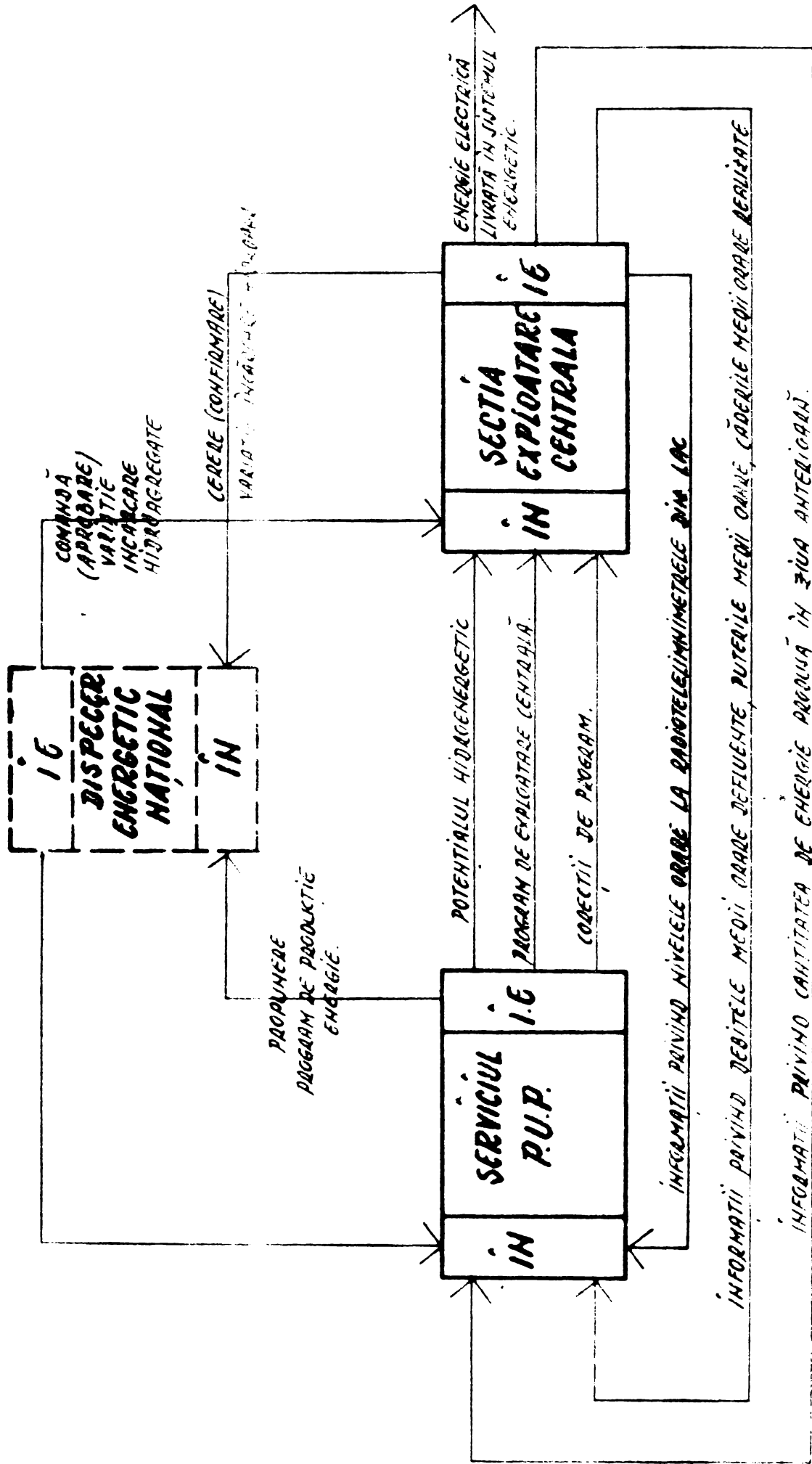


Fig. 4.2.



**DIAGRAMA BUC A RELATIILOR ÎNTR-UN SUCCESIVITĂȚI DE  
EXPLOATARE A ELECTROSA TRĂGEI STUDIATE PRIN UTILIZAREA POTENȚIALULUI ÎNTR-UN CURENȚĂ.**

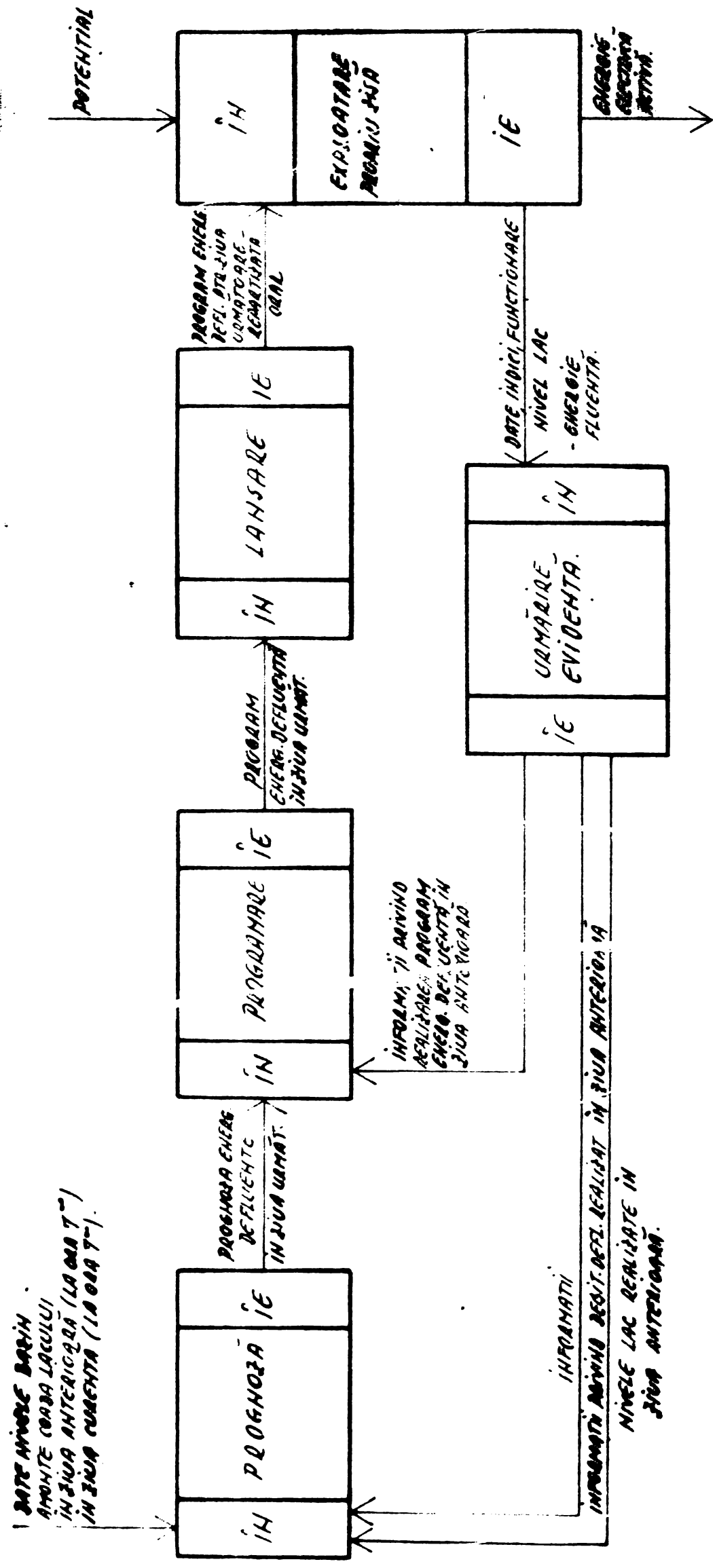


Fig. 4.3.



10. Sistemul actual are un pronunțat caracter tardiv, fiind în permanență în urma fenomenului, vârsta informațiilor fiind deosebit de mare (fig. 4.5.).

11. Sistemul actual are un ridicat grad de aproximativitate, ducând în final tot la exploatarea aproximativă.

12. Se folosește o singură topogramă de exploatare  $H_{br} = f(Q \text{ și } P = \text{cst})$  pentru orice valoare a pierderilor hidraulice din blocul de turbină realizată efectiv, când fiecare valoare determină de fapt câte o topogramă de exploatare - deci fișier de topograme de exploatare.

13. Nu se cunoaște influența factorilor atmosferici locali asupra nivelelor în punctele de măsură.

14. Neconcordanța cheilor limnimetrice cu situația reală datorită dinamicii patului albiei și regimului nepermanent.

15. Fiabilitatea redusă a telelimnimetrice, a alimentării stației acestora și stație releu de retransmisie, lipsă de activitate a echipei de depanare ca urmare lipsei de dotare cu mijloace de transport rapide și ușor accesibile în toate punctele din această rețea.

16. Deficiență în colectarea datelor hidrometrice amonte de punctul de control și îndeosebi a celor amonte de lac și amonte de teritoriul partenerului.

17. Imperfecțiunea ecuațiilor de prognoză care dau erori mari mai ales în cazul unor gradienti mari a debitului afluent. Fenomenele de aversă din lac și din zonele de bazin apropiate nu sînt prinse în ecuația de prognoză.

18. Lipsă de date pentru regimuri de reglaje a nivelului în punctul de control mai ridicat decît nivelul uzual folosit, și o lipsă a metodologiei de determinare a elementelor hidrologice la trecerea de la un regim la altul.

19. Determinarea cu erori ridicate a parametrilor de exploatare în puncte de exploatare diferite de cel optim optimorum ca urmare a folosirii unor formule de conversie a randamentului ce-și manifestă valabilitatea numai în acest punct.

20. Determinarea cu erori ridicate a parametrilor de exploatare ca urmare a folosirii noțiunii de cădere netă în loc de noțiunea de cădere a turbinei, ceea ce conduce la luarea în calcule a unor valori de randament "majorate" artificial față de valoarea reală.

21. Ca urmare a erorilor convenției de exploatare, în ideea iluzorie de a mări precizia de determinare a sistemului



prin măsurarea improprie a potențialului prin energie defluentă respectiv energia produsă, neținându-se seama de modul de producere a acesteia, se produce o substituție a obiectivelor reale pe care ar trebui să le aibă activitatea de exploatare a centralei din punct de vedere a utilizării potențialului amenajării cu obiective false alterate.

22. In general, prin metoda folosită atât programarea, cât și corecția programului au un pronunțat caracter tardiv, întrucât nu sînt determinate din analiza cauzală, ci din urmărirea efectelor și încă a efectelor trecute. Se încearcă apoi a se corectate niște efecte care în momentul aplicării corecției deja sînt altele. Făcîndu-se chiar abstracție de unele erori de redundanță, transmitere, etc, aproximările repetate, prin însăși procedura folosită, dau sistemului actual un pronunțat caracter de aproximație, conducînd prin aceasta la o programare și respectiv exploatare tot aproximativă.

Aceste probleme izolate în etapa de analiză a sistemului actual pot fi sintetizate pe criteriu cauzalitate și efect în tabloul legăturilor sau problemelor derivate, prezentate la pct. C.

Divizînd activitatea de exploatare în subactivitățile componente conform /46/ situația din acest punct de vedere se prezintă după cum se arată în continuare.

Activitatea 001 - Exploatarea electrocentralei prin utilizarea potențialului hidroenergetic.

Obiective:

- a) Actual - Impărțirea energiei defluente obținută din utilizarea în comun a potențialului hidroenergetic a amenajării repartizînd-o orar conform necesităților sistemului energetic național.
- b) Real - Impărțirea cu partenerul a potențialului hidroenergetic a amenajării și transformarea cu pierderi minime a jumătății revenite în energie electrică repartizînd-o orar conform necesităților Sistemului energetic național.

Subactivitatea 01: Prognoza energiei din ziua următoare.

Obiective:

- a) Actual - Prognoza energiei defluente ce se va produce și împărți în ziua următoare prin utilizarea în comun a potențialului.
- b) Real - Prognoza potențialului ce se va obține și împărți în ziua următoare și a energiei electrice ce

se va obține prin transformare cu pierderi minime a părții revenite centralei.

**Subactivitatea o2:** Programarea energiei ce-i revine în ziua următoare fiecărei centrale.

**Obiective:**

- a) Actual - Impărțirea energiei defluente ce se programează a se obține în ziua următoare, prin utilizarea în comun a potențialului energetic conform strategiei adoptate și repartizarea orară a părții revenite conform necesităților Sistemului energetic național.
- b) Real - Impărțirea cu partenerul a potențialului hidroenergetic ce se programează a se obține conform strategiei adoptate în ziua următoare și repartizarea orară a energiei electrice (conform necesităților Sistemului energetic național) ce se obține prin transformare cu pierderi minime a jumătății revenite.

**Subactivitatea o3:** Lansare grafic orar energie pentru ziua următoare.

**Obiective:**

- a) Actual - Transmiterea spre execuție a programului orar de energie defluentă programat centralei în ziua următoare (repartizarea orară e conform cerințelor Sistemului energetic național).
- b) Real - Transmiterea spre execuție a programului orar de transformare cu pierderi minime a părții de potențial revenit centralei în ziua următoare (repartizarea orară e conform cerințelor Sistemului energetic național).

**Subactivitatea o4:** Exploatarea propriu zisă.

**Obiective:**

- a) Actual - Realizarea programului orar de energie defluentă a centralei predat spre execuție pentru acea zi.
- b) Real - Realizarea programului orar de transformare cu pierderi minime a părții de potențial revenit (prin program) centralei pentru acea zi.

**Subactivitatea o5:** Urmărire - Evidență parametrii funcționali și producție.

**Obiective:**

- a) Actual - Urmărire și evidență parametrii funcționali realizați, a realizării reglajului de nivel și a programului orar de energie defluentă lansat pentru acea zi.
- b) Real - Urmărirea și evidența parametrilor funcționali realizați, a realizării reglajului de nivel și a programului orar de transformare cu pierderi minime a părții de potențial revenit centralei în acea zi.

**Subactivitatea 06: Determinarea corecției de program.****Obiective:**

- a) Actual - Determinarea și lansarea corecțiilor de program (orar) de energie defluentă pentru realizarea sau schimbarea strategiei programate a reglajului de nivel (în câmpul de toleranță convenit) în cazul abaterilor de la program a centralelor sau abaterii față de prognoza a debitului afluent.
- b) Real - Determinarea și lansarea corecțiilor de program (orar) a transformării cu pierderi minime a potențialului realizat prin împărțirea cu partenerul centralei, în vederea realizării sau schimbării strategiei programate a reglajului de nivel (în câmpul de toleranță convenit) în cazul abaterilor de la program a centralelor sau abaterii de la prognoză a debitului afluent.

Aceasta se produce deoarece printre altele nu este asigurată similitudinea de condiții privind utilizarea potențialului amenajării. Conform /67/ s-a ales forma actuală de măsurare a potențialului hidroenergetic "folosit" prin măsurarea energiei electrice produse la bornele generatorului (chiar în contradicție cu noțiunea de energie potențială), în vederea evitării erorilor mari de determinare a debitului a metodologiei actuale.

Dar aceasta nu poate fi sinonim cu împărțirea (fără eroare) a potențialului disponibil.

Realizarea așa zisului "potențial folosit" fără asigurarea unei similitudini de condiții este o iluzie. De aceea în /67/ pag. 25 alineat 3 se stipulează: "pentru asigurarea unor determinări cât mai exacte este necesar ca în permanență starea echi-

panamentului să nu difere de la o centrală la alta. In acest scop va trebui, ca periodic la interval de câteva zile să se inspecteze starea grătarelor de la priză, intervenindu-se operativ în caz de astupare și la intervale, să se examineze starea tuturor turbinelor. Regulamentul de exploatare a centralelor va trebui să prevadă un sistem de penalizări pentru cazurile de degradare a stării agregatului".

Deoarece în continuare acest element de bază a dispărut, pe lângă alterarea preciziei metodologiei folosite și imprimarea unei caracteristici profunde de astimulare a utilizării raționale a potențialului (deoarece nu mai interesează în ce condiții are loc transformarea energiei) permite apariția unui paradox a inegalității împărțirii potențialului, respectiv dacă una din părți depune eforturi pentru funcționarea cu randamente mai bune culege numai 1/2 din rezultate deoarece cealaltă jumătate revine în mod automat partenerului, chiar dacă acesta nu a avut nici o contribuție la obținerea rezultatelor.

0.- Schema problemelor derivate determinată prin analiza de sistem a sistemului actual este prezentată în fig. 4.6.1 și 4.6.4.

## 5. CONCEPTUL NOULUI SISTEM DE CONDUCERE A EXPLOATARII CENTRALELOR FLUVIALE DE MARE PUTERE IN VEDEREA UTILIZARII CIT MAI RAȚIONALE A POTENTIALULUI AMENAJARII.

5.1.- De la concluzii și cerințe la obiectivele și particularitățile specifice noului sistem informatic.

Stabilirea programului de exploatare a hidrocentralei fluviale de mare putere în condițiile utilizării raționale a potențialului amenajării, respectiv a strategiei de variație a nivelului amenajării, respectiv a strategiei de variație în punctul de control, are la bază prognozele debitului ce urmează să intre în lacul de acumulare.

Prognoza debitelor se face pe baza datelor primite de la stațiunile hidrometrice, situate în amonte pe fluviu și pe afluenții principali. Cotele citite la o anumită oră (ora 7) dimineața se transmit zilnic la emisiunile posturilor de radio a țărilor riverane. In general debitele variază în limite destul





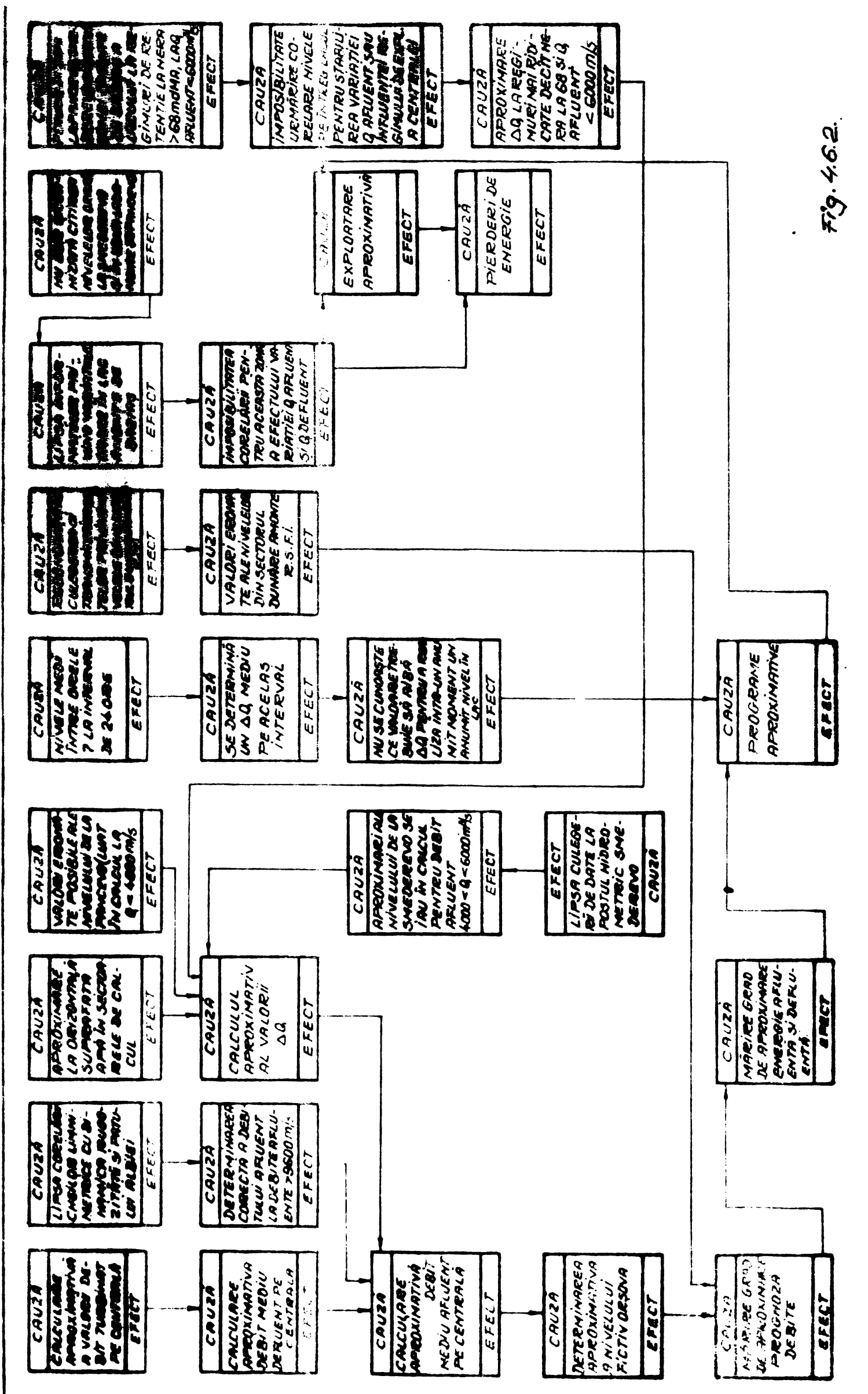


Fig. 4.6.2.

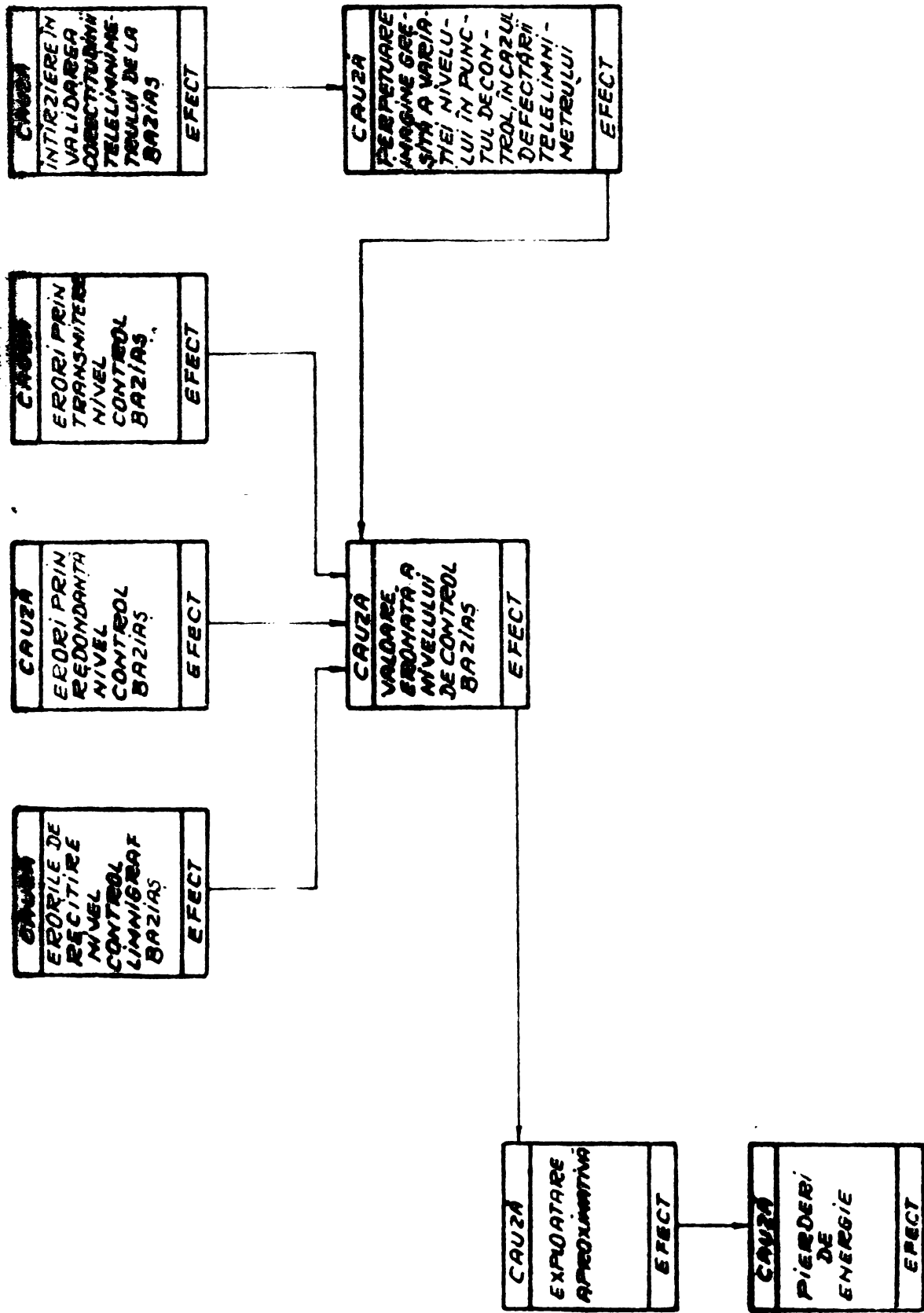


Fig. 4.6.3.

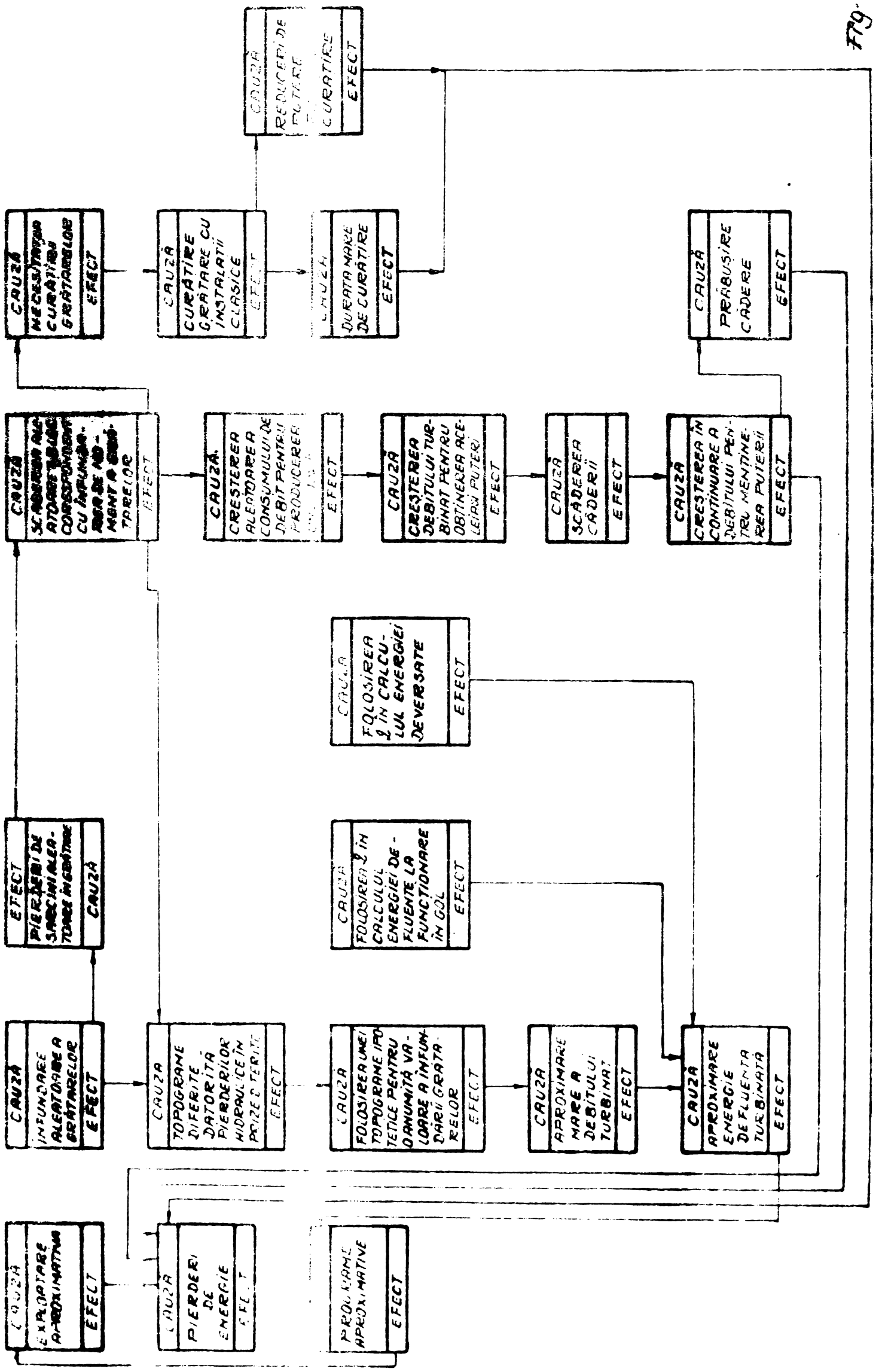


Fig. 4.6.4

de restrînse (+100 la -200 m<sup>3</sup>/s), dar există cazuri cînd se înregistrează variații mari la peste 500 m<sup>3</sup>/s.

Caracteristic metodologiei folosite de sistemul informatic actual al activității de exploatare privind utilizarea potențialului amenajării este prelucrarea manuală a informațiilor cu apelarea la ipoteze simplificatorii pentru modelarea fenomenelor. Urmare lipsei instrumentarului necesar, metodologia actuală reușește să asigure o imagine destul de vagă și plină de erori a fenomenelor. Informațiile avînd o "vîrstă" apreciabilă, fac ca procedura să aibe un pronunțat grad de tardivitate față de fenomenul fizic. De aceea măsurile ce se iau, atunci cînd se aplică, ajung să fie deja depășite de fenomene, avînd din această cauză dacă nu un efect negativ cel puțin o eficiență redusă. Prin folosirea ipotezeșlor simplificatorii inerente prelucrării manuale gradul de precizie inițial s-a alterat în mare măsură.

În cap. 4 în vederea adoptării soluției de îmbunătățire a sistemului informațional actual au fost determinate și analizate carențele sale, sintetizîndu-se în concluzie tabloul problemelor derivate caracteristice vechii metodologii.

Se remarcă și unele constatări făcute în studii de specialitate:

a) O micșorare a cotei medii zilnice în punctul de control al nivelului din lac cu 20-30 cm conduce la o coborîre a cotei zilnice la baraj cu 80-100 cm /4/.

Aceste situații au toate premisele de realizare avînd în vedere constatările făcute în /6/, respectiv determinarea debitului afluent prognozat prin metodele actuale de prognoză se face cu o eroare de 10-15%. Insusii metodele de calcul și determinare a debitelor afluate (folosite de metodologia actuală) la anumite valori a acestora, așa cum se arată în /7/, dau diferențe de pînă la 12%, fără a ține seama de mărimea erorii conținută de fiecare din ele.

b) O abatere de la planul de exploatare (corect din punct de vedere a valorii debitului afluent) cu 20%, la debite medii afluate cu frecvența maximă, poate conduce în ziua următoare la coborîre nivelului în punctul de control cu cea 20 cm și la o pierdere de cea 1 Gwh /5/.

Pe baza sintezei prezentate la finele cap. 4, țînînd seama și de aceste constatări, în cadrul analizei efectuate din unghiul de vedere al utilizatorului, autorul lucrînd și avînd responsabi-

lității în acest domeniu, a putut fi determinată una din direcțiile principale de îmbunătățire a sistemului informațional, al activității de exploatare a electrocentralei prin utilizarea potențialului hidroenergetic. Concret, să se realizeze reducerea erorilor de determinare a debitului afluent și să se efectueze corecția programului în funcție de variațiile acestuia în vederea reducerii sau chiar a evitării pierderilor de energie ce se produc în cazul realizării unui program de exploatare eronat față de cel corelat cu valoarea efectivă a debitului afluent. Noul sistem informatic trebuie să permită reducerea aproximativității vechii metodologii, să reducă vârsta informațiilor în așa fel încât să se poată determina cu suficientă precizie, în fiecare moment, valoarea și poziția debitului afluent. Cu ajutorul noii metode trebuie să se poată determina distribuția debitului în lac în orice moment și tendința (gradientul) acestuia între două momente de timp. Trebuie avut în vedere și criteriul de împărțire echitabilă a potențialului, evitându-se situațiile paradoxale în acest sens. De asemenea este necesar să existe și posibilitatea de autoverificare a relațiilor de corelație și să se permită execuția facilă a corecției acestor corelări funcție de dinamica albiei. Se are în vedere o modelare matematică cât mai completă a fenomenului de mișcare nepermanentă a apei în albia fluviului sau lacul de acumulare (sistemul de ecuații cu derivate parțiale, de tip hiperbolic, Saint-Venant), fenomen caracteristic exploatării centralelor fluviale.

Integrând ecuațiile mișcării nepermanente în condițiile cunoașterii nivelelor realizate în lac și valori debitului defluent se poate obține distribuția debitelor în puncte de telemăsură din lac, putându-se determina valoarea acestora cu o precizie de un ordin de mărime apropiat de cea de determinare a debitului defluent.

Acesta se compune din debitul turbinat, debitul deversat și debitul ecluzat.

Debitul deversat este specific debitelor afluate mari (perioadele de viitură) și în general ca durată nu depășește 90 zile pe an pentru amenajarea studiată.

Debitul ecluzat cca  $24,47 \text{ m}^3/\text{s}$  medie zilnică maximă în ipoteza că ecluzările celor două ecluze, din amenajarea studiată, nu se suprapun, raportat la debitul afluent de frecvență maximă, nu depășește ca pondere  $0,5\%$  și într-o primă ipoteză se poate

neglija, considerându-se că intră în eroarea de măsură. Rezultă că în aceste condiții mărimea erorii de determinare a debitului defluent depinde în general de mărimea erorii de determinare a debitului turbinat.

Una din metodele de determinare a debitului turbinat a turbinelor de tipodimensiunea celor din cadrul amenajării hidroenergetice studiate este metoda Winter-Kenedy care conform celor arătate în /8/ poate asigura o precizie între 2-6%. Chiar prin reducerea mărimii erorii de determinare a debitului afluent de la valoarea actuală la nivelul celei de determinare actuale a debitului turbinat prin metoda Winter-Kennedy, ar reprezenta deja un pas însemnat de creștere a eficienței exploatării.

În continuare la determinarea debitului afluent cu o precizie apropiată de cea a determinării celui turbinat, necesitatea reducerii și a erorii de determinare a acestuia a condus de asemenea spre stabilirea unei alte direcții de îmbunătățire a sistemului informațional a activității de exploatare a hidrocentralelor privind utilizarea potențialului amenajării.

Efectuându-se integrarea mișcării nepermanente a apei în albia fluviului și pe afluenții principali în amonte de coada lacului, determinându-se tendințele debitului într-un punct din amonte situat pe o izocronă corespunzătoare ca durată de propagare a undei până în lac cel puțin echivalentă cu intervalul de prognoză de scurtă durată necesar (1-4 zile) constituie calea propusă de îmbunătățire a metodologiei de prognoză a debitului afluent. În cazul limitării la determinarea tendinței debitului numai în punctul în care se situează coada lacului de acumulare <sup>se</sup> vor putea asigura prognoze de grad acceptabil de certitudine a debitului afluent pe intervale de timp mult mai scurte (între 12-24 ore) eficiența metodei diminuându-se.

Noua metodologie trebuie să asigure și satisfacerea condițiilor specifice particularităților centralei printre care enumerăm :

- condiții impuse de cooperarea cu partenerul,
- condiții impuse de exploatarea propriu zisă,
- condiții impuse de încadrarea electrocentralei în sistemul energetic pe care-l deservește.

S-a stabilit de asemenea că ea va mai trebui să asigure utilizarea maximă a părții convenite din potențialul amenajării în condițiile enumerate în continuare.

1. Participarea optimă la curba de sarcină a sistemului energetic.

2. Stabilirea numărului optim de hidroagregate în funcțiune și configurația formației optime a acestora determinate de strategia de reglaj a nivelului adoptată, participării optime la curba de sarcină și limitărilor cerute de comportarea în exploatarea a hidroagregatelor.

3. Funcționarea să fie oricând posibilă cu oricare din limitările cerute de necesitățile de exploatare, respectiv:

- nivel în punctul de control, nivel amonte sau nivel aval baraj,
- domeniului de variație a nivelului în punctul de control, amonte sau aval baraj,
- $Q$  servitute și respectiv nivelului de servitute.
- $Q$  mari defluente în cazul în care nu trebuie să se depășească nivelul aval de retenție sau inundație.

4. Să asigure facilități în stabilirea și executarea corecțiilor de program  $f$  (diferența  $Q$  realizat față de prognoză, abateri în realizări, modificări ale soldului).

5. Să aibe în vedere posibilitatea producerii în timpul exploatării a unor cazuri accidentale ale agregatelor unora din cele două centrale.

6. Să aibe în vedere de asemeni posibilitatea apariției unor cazuri incidentale într-unul din cele două sisteme energetice care conduc la modificarea graficului de sarcină stabilit.

7. Să aibe în vedere și posibilitatea apariției unor cazuri accidentale care impun anumite condiții amonte și aval.

8. Să țină seama de posibilitatea execuției și apoi exploatării unor centrale în aval.

9. Să admită cu facilitate realizarea unor condiții impuse ale terților (lucrări hidrotehnice, măsurători, etc)

10. Să permită realizarea, la necesitate, a ridicărilor sau coboririlor de nivel în punctul de control (umpleri sau goliri a lacului), pe durata realizării unor construcții hidrotehnice în amonte.

11. Să permită de asemenea realizarea variațiilor de nivel pe durata ghețurilor, a alegerii modului de evacuare a acestora (clapetă sau deversare liberă, cu faze de coborire forțată a lacului și apoi reumplere).

Din analiza modului în care se necesită îmbunătățirea sistemului informațional actual, s-au putut determina următoarele obiective pe care va trebui să le atingă noul sistem informatic,



respectiv noua metodologie de exploatare.

1. Să se poată asigura realizarea efectivă a principiului de bază a acordurilor cu partenerul "împărțirea egală a potențialului amenajării".

2. Să se poată determina în orice moment (în condițiile mișcării nepermanente) a distribuției debitelor de a lungul lacului și gradientele debitelor pe intervale de timp.

3. Vârsta informațiilor să permită determinarea operativă a mărimii și amplasării în timp și spațiu a debitului afluent.

4. Să se poată efectua reglajul de nivel al lacului în conformitate cu convențiile și acordurile stabilite cu partenerul.

5. În condiții date de gradienti ai debitului afluent și defluent să se poată determina cu predicție, prin simulare, corecțiile ce trebuie aplicate debitului defluent pentru încadrarea variațiilor de nivel în punctul de control, la un anumit moment viitor, în câmpul de toleranță convenit cu partenerul.

6. Determinarea debitului afluent să se poată face cu un ordin de precizie apropiat de cea de determinare a debitului defluent.

7. Să se îmbunătățească precizia de determinare (actuală) a debitului defluent și respectiv turbinat pentru a-l face competitiv cu "energia defluentă" (în condițiile de alterare a preciziei acesteia în cadrul sistemului actual) în relațiile de decantare cu partenerul.

8. Să se asigure o utilizare optimă a potențialului amenajării.

9. Să se elimine redondanțele și neconcordanțele sistemului actual.

10. Să se excludă erorile de determinare a volumeilor (debitelor  $\Delta Q$ ) acumulate în lac în condițiile mișcării nepermanente.

11. Să se poată realiza o autoverificare a relațiilor de corelație folosite pentru mișcarea nepermanentă și să existe posibilitatea efectuării corecțiilor acestora funcție de dinamica albiei.

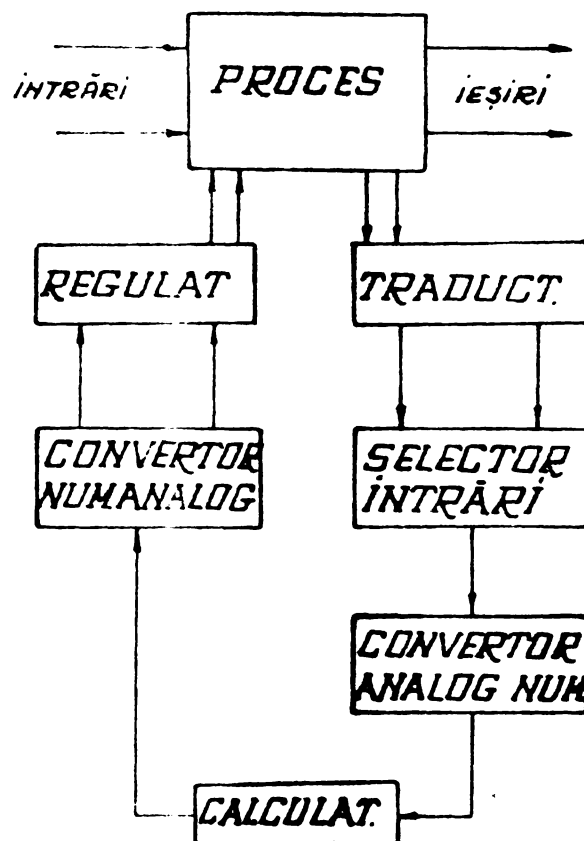
12. Să se asigure prognoze de durată de 1+4 zile, de suficientă certitudine în vederea stabilirii unor programe de exploatare a potențialului hidroenergetic cât mai raționale.

13. Să se satisfacă condițiile specifice particularității centralei.

14. Să se asigure utilizarea maximă a părții cuvenite din potențialul amenajării în cele 11 condiții prezentate anterior.

Asigurarea tuturor acestor cerințe și în mod special al criteriului eficienței necesită calcule laborioase ce trebuie făcute în timp real. Prin instrumentarul său sărac, metodologia actuală nu poate asigura acest deziderat. Singurul în măsură să asigure aceste cerințe este un sistem informatic bazat pe o procedură ce utilizează pe scară largă prelucrarea automată a datelor (P.A.D.).

Ținând seama de particularitățile specifice a activității de exploatare a hidrocentralelor fluviale, din diferitele moduri de utilizare a calculatorului electronic pentru conducerea proceselor tehnologice descrise în /114/ se adoptă schema funcțională din fig. 5.1.1 în care calculatorul numeric are și rol de optimizator. El va comanda în buclă închisă (sau deschisă) procesul tehnologic de utilizare a potențialului realizând în fapt o adaptare a exploatării centralei la modificarea condițiilor astfel încât aceasta să lucreze după criteriile de optimizare adoptate. De la bun început trebuie menționat că asigurarea eficienței



*Calculator pentru optimizarea procesului*

Fig. 5.1.1.

noului sistem informatic și de aici implicit și a utilizării calculatorului este condiționată de asigurarea cantității și calității datelor de intrare. Pentru ca modelul matematic să poată reprezenta cu suficientă acuratețe și precizie fenomenul este necesară să fie discretizată rețeaua de culegere a datelor. Trebuie rezolvate în detaliu toate problemele tehnice necesare asigurării continuității, cantității, calității și obținerii datelor necesare exploatarei.

Trebuie alese traductoarele proiectate și executate interfețele calculatorului. Așa cum am arătat în /68/ pentru asigurarea condițiilor de continuitate a calculului regimului nepermanent este necesară analiza gradului de discretizare a rețelei de telemăsură a nivelului, stabilirea numărului și locului de amplasare pentru a asigura modelarea corectă de către modelul matematic a fenomenului de scurgere în regim nepermanent a apei în albie și lac. De remarcat atenția deosebită ce trebuie dată în zonele de confluență cu afluenții pentru asigurarea condițiilor de continuitate având în vedere posibilitatea apariției fenomenelor de retenție zonală în estuarul afluenților. De asemenea trebuie avut în vedere aportul de debit al afluenților care se varsă direct în lac, pentru aceasta fiind necesară instalarea telemetriei pentru măsurarea variațiilor de nivel pe parcursul acestora și (sau) măsurarea debitului aportat de aceștia. Conform celor ce le-am prezentat în /46/ în zonele de variații mari a gradientului debitului afluent (unde durata "de tendință" se scurtează), ecuațiile de prognoză dau erori mari. În aceste cazuri va fi necesară rularea la intervale mai scurte a programelor de integrare a mișcării nepermanente a apei în lac și albie. Pentru a putea efectua aceasta în orice moment în care apare această necesitate, este indicat ca datele de variație a nivelelor în lac și albie să se colecteze și să se teletransmită la centrale în timp real.

Fiabilitatea telemetriei pentru realizarea condiției de culegere continuă a datelor privind nivelele din lac este esențială. Fără acest deziderat folosirea calculatorului pentru conducerea exploatarei centralei privind utilizarea potențialului nu-și mai are sensul.

Pentru aplicarea corecțiilor datorită influenței anumitor factori atmosferici, cum ar fi vântul, ce pot crea fenomene de retenție locală este necesară stabilirea unor corelații de corecție funcție de viteză și direcția vântului.

Informațiile trebuiesc colectate de traductori (radiotele-anemometrie) instalați pentru aceasta în punctele de măsură unde se manifestă asemenea fenomene.

Intrucât ecuațiile de prognoză nu conțin influența averselor din zonele din imediata apropiere a lacului, precizia strategiei de exploatare a lacului (variația în timp a nivelelor) se poate îmbunătăți prin depistarea și urmărirea dinamicii fronturilor de precipitații în zonele de interes din bazin (hărți sinoptice barice, imaginile de la radarurile meteo, satelitograme meteo transmise prin intermediul unor aparate telefacsimul din rețeaua meteorologică).

Pentru realizarea unor prognoze privind amploarea viiturii de primăvară trebuie urmărită dinamica stocului de zăpadă care este posibil de efectuat prin teledetecție prin sateliții pentru resurse terestre.

Mărirea preciziei debitului turbinat este legată și de instalarea la hidroagregate a unor traductoare de precizie satisfăcătoare, determinării parametrilor de funcționare.

Conform /68/ pentru determinarea acestora în regim staționar se necesită:

- traductoare de putere activă și reactivă (câte 2 buc./hidroagregat) a căror eroare de măsură să nu depășească 0,5%;

- traductoare pentru măsurarea nivelelor în secțiunile de intrare și ieșire din turbină, respectiv:

- 2 buc./hidroagregat în secțiunea din amonte de grătar,

- 2 buc./hidroagregat în secțiunea de intrare în turbină;

- 1 buc./hidroagregat în secțiunea de ieșire din turbină.

Eroarea acestora nu va trebui să depășească 0,5% pentru un domeniu de 10 m coloană apă.

- traductoare de presiune diferențială de clasă 0,5% pentru domeniul -0,5 la +3 m coloană apă.

Trebuie de asemenea analizat modul de măsură și traductoarele necesare pentru determinarea parametrilor hidroagregatelor în regimuri tranzitorii.

Conform /68/ și /46/ s-a constatat că unele din pierderile se sînt cuprinse atît în valoarea măsurată în natură, cît și în  $\eta$  al turbinei datorită modelării parțiale pe model a formei părții de scurgere aferente prizei turbinei.

Rezultă că din această cauză practic aceste pierderi se operează de două ori, opărînd necesitatea aplicării unei corecții

$CQ^2$ . Valoarea coeficientului  $C$  după anumiți autori avînd valori diferite este necesară efectuarea unui studiu privind influența acestui coeficient " $C$ " sau determinarea sa pe încercări pe model.

Randamentul generatorului în general este dat de furnizori sub forma două funcții  $f_{\varphi_{0,9}}$  și  $f_{\varphi_1}$  în funcție de puterea aparentă a generatorului, unde  $\varphi_{0,9}$  și  $\varphi_1$  reprezentînd factorul de putere de indice corespondent funcției respectiv pentru  $\cos\varphi = 0,9$  și  $\cos\varphi = 1$ .

La încercările de garanție de obicei se verifică în punctul corepunzător regimului nominal.

Deoarece pentru corectitudinea calculelor și reducerea erorilor este necesară cunoașterea valorii certe și în celelalte puncte se impune necesitatea ridicării experimentale (măsurători în natură) prin bilanț termic și inclusiv pentru pierderile din lagăre.

Deoarece conform metodologiei folosite la încercările energetice pe model caracteristica  $Q = f(H)$  pentru mersul în gol în regim excitat și neexcitat al generatorului, nu pot fi deduse prin aplicarea formulelor de similitudine, se impune de asemenea, găsirea unei metode care să permită determinarea cu o precizie relativ satisfăcătoare a acestor corelații, prin măsurători în natură.

Trebuie determinată de asemenea influența regimurilor de cavitație industrială, ce se realizează efectiv, asupra randamentului hidraulic și operarea corecțiilor funcție de regimul de cavitație industrială efectiv realizat.

Pentru integrarea mișcării nepermanente se necesită cunoașterea parametrilor topometrici ai profilelor în care sînt instalate punctele de telemăsură, precum și "tararea" albiei prin măsurători în natură pentru stabilirea coeficienților de rugozitate și modulelor de debit ce se vor lua în considerare pe diferitele sectoare de lac.

Vor trebui verificate de asemenea, prin măsurători în natură în cel puțin cîteva secțiuni de măsură a nivelelor, corectitudinea valorilor debitelor date de distribuția de debite obținută prin algoritmul de calcul ce se va adopta.

Perspective avantajoase oferă pentru aceasta procedeul de măsurare a debitelor prin ultrasunete (aparatura FLORA 10 - fabricată de firma Krupp-Atlas).

Trebuie de asemeni clarificată problema diagramelor de debite deversate care sînt date în unele cazuri de proiectanți doar pe o anumită grosime a lamei deversate, fiind necesare pentru întreaga cursă a stăvililor deversoarelor.

În esență, după luarea tuturor măsurilor enumerate și atingeră obiectivelor propuse, noul sistem informatic al activității de exploatare a hidrocentralelor fluviale în privința utilizării potențialului, va permite reducerea aproximativității sistemului informațional actual, va reduce vîrsta informațiilor în așa fel încît va permite determinarea cu suficientă precizie, în fiecare moment, valoarea și poziția debitului afluent. Prin integrare a mișcării nepermanente în albia fluviului și afluenții principali pînă la o distanță amonte de lac suficientă, cu urmărirea propagării undei pînă în lac, cu corecțiile corespunzătoare fenomenelor naturale, noul sistem va asigura prognoze de durată pînă la 4 zile cu suficientă certitudine pentru alegerea unor strategii de exploatare raționale.

Prin simulare în condiții date de evoluția debitelor, afluent și defluent, va putea determina cu predicție, corecțiile ce trebuie executate pentru încadrarea variației de nivel în punctul de control în cîmpul de toleranță convenit și în condiția utilizării cît mai raționale a potențialului amenajat.

## 5.2. Prezentarea conceptului noului sistem: sistemul informatic al activității de exploatare a centralelor fluviale privind utilizarea potențialului amenajării.

### 5.2.1.- Structură și funcționalitate.

Avîndu-se în vedere periodicitatea și frecvența de execuție, sistemul informatic al activității de exploatare a hidrocentralelor privind utilizarea potențialului se dividează în două secțiuni sau subsisteme.

Subsistemul 100 (secțiunea I\_a) cuprinde lucrările de prognoză și programare, verificare și corectare program de exploatare și lansare program, avînd o frecvență de rulare mai rară (cel puțin o dată la 24 h).

Subsistemul 200 (secțiunea II\_a) cuprinde lucrările de exploatare cu urmărirea evoluției parametrilor, controlul exploatării, determinarea și aplicarea corecțiilor. Este caracteristică calculatorului de proces propriu zis.

La rîndul lor cele două subsisteme se împart în module co-respunzătoare lucrărilor ce se execută în cadrul acestor subsisteme.

Oa urmare structura sistemului informatic este următoarea:

Cod sub-sistem	Denumirea subsistem	Cod modul	Denumire modul
100	Determinare prognoză, stabilire, verificare, corectare și lansare program	101	Prognoză și programare
		102	Verificare și corectare program exploatare
		103	Lansare program
200	Conducerea exploatării centralei din punct de vedere a utilizării potențialului cu mijloace complexe de automatizare prin calculator de proces	204	Determinarea, urmărirea și evidență parametrii funcționali
		205	Determinare abateri față de program, predicția corecției pentru evitare consecințe energetice defavorabile (inclusiv aplicarea corecțiilor determinate prin predicție)

Secțiunea I-a (subsistemul 100) nu face parte din funcțiunile directe a calculatorului de proces propriu zis, dar fiind în strînsă legătură cu acesta nu poate fi tratată separat, deoarece conține așa cum se vede din fig. 5.2.1, modulele de programarea și lansare a programului calculatorului de proces. De asemeni o parte din protocolările făcute la sfîrșitul zilei energetice de către calculatorul de proces constituie date de intrare pentru acest sibsistem.

Prognoza și programarea se desfășoară prin procedură automată conform schemei de sistem a modulului 101, fig. 5.2.2.

Programul 1010 pornind de la datele de la sfîrșitul zilei  $k-1$  realizează prognoza hidraulică pentru ziua  $k$  prin metoda tendinței, în comparație cu o perioadă anterioară a debitului afluent. Pentru aceasta se determină distribuția de debite în lac, locul cozii lacului, debitul afluent și gradientul acestuia. Se are în vedere modelarea matematică cît mai corectă /73/ a fenomenului de mișcare nepermanentă a apei în lacul de acumulare și în etapa II-a de îmbunătățire a prognozei și amonte de lac, pe

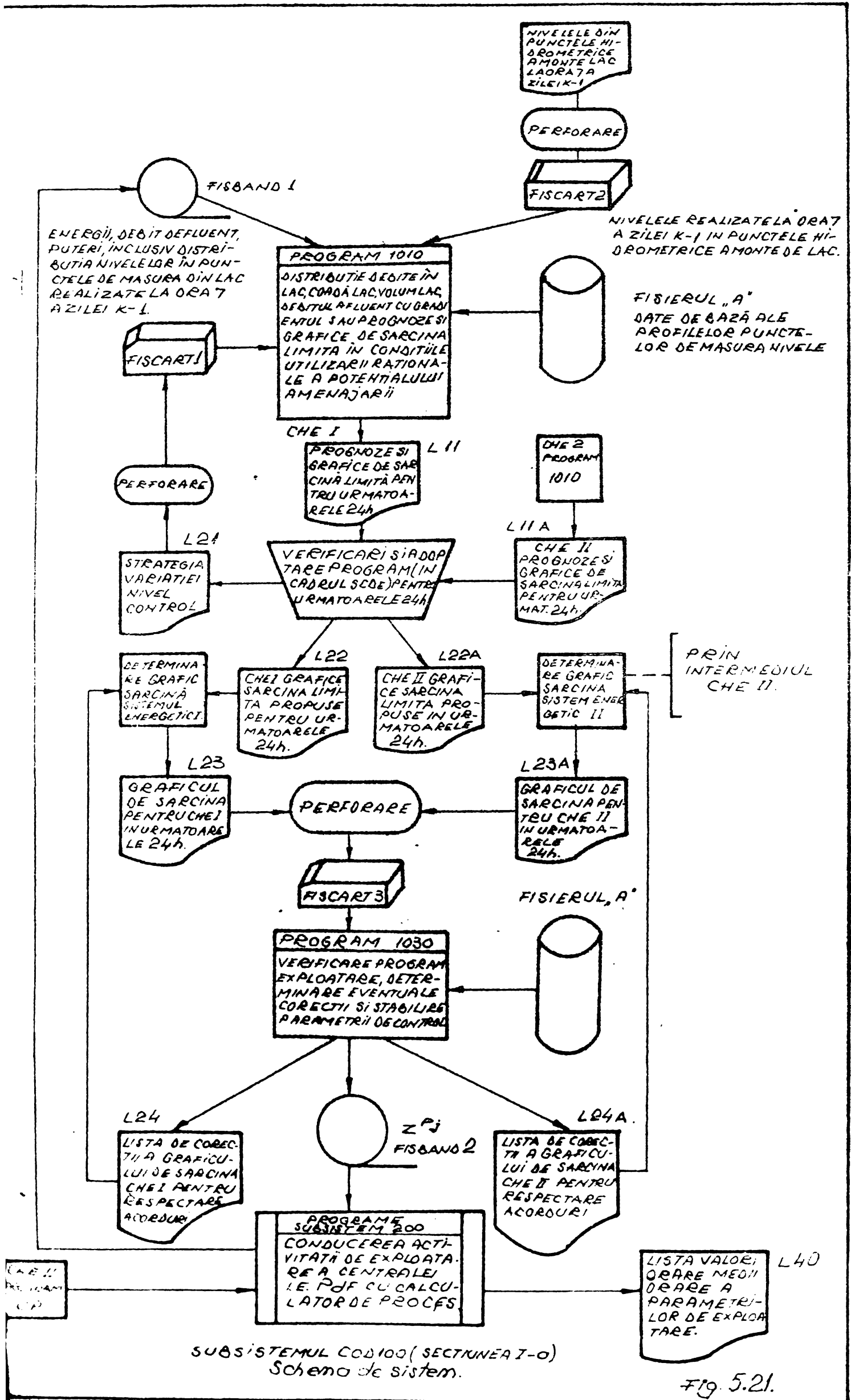
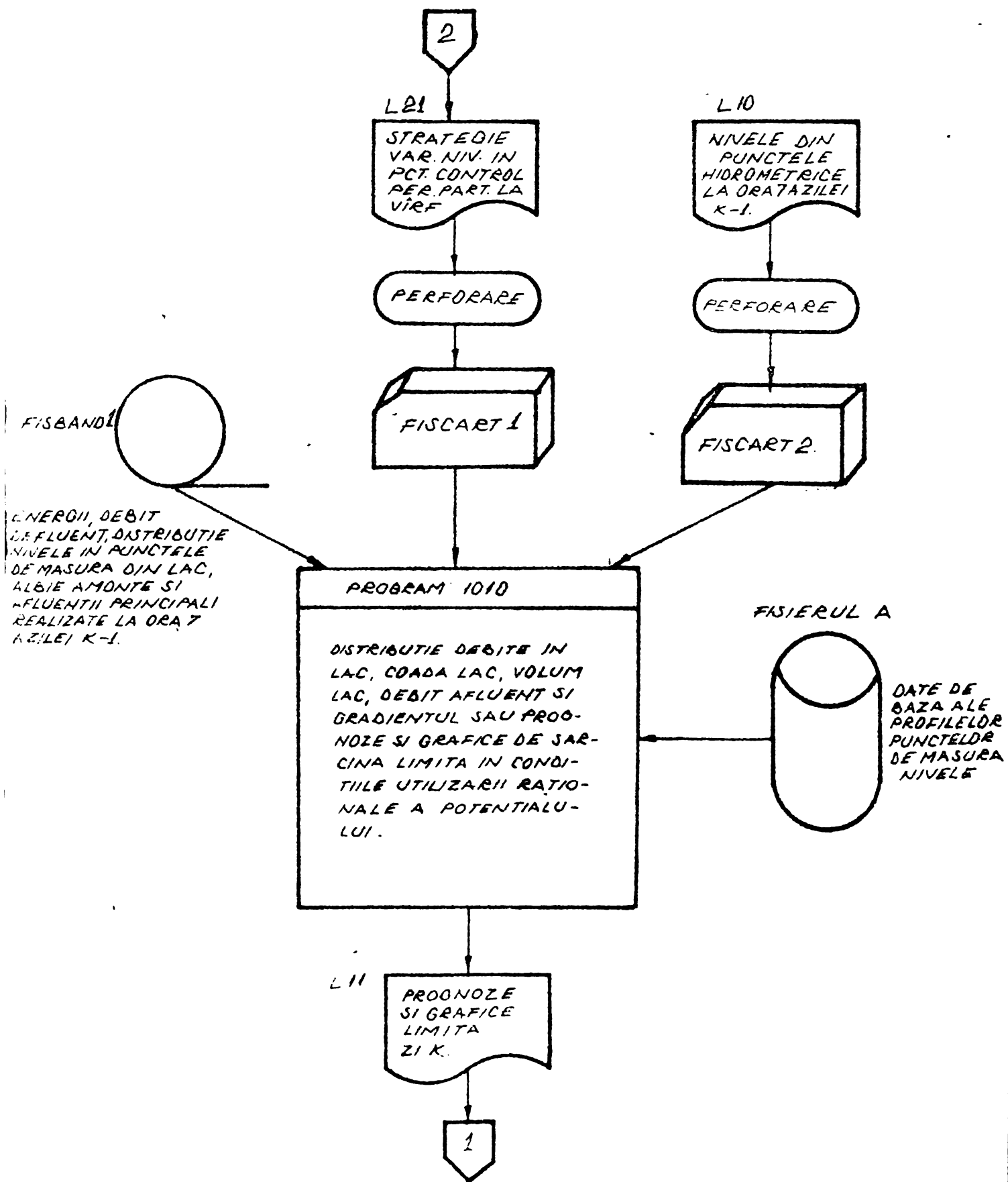


Fig. 5.21.





SUBSISTEMUL COD 100 (SECTIUNEA I<sup>A</sup>)  
 MODUL COD 101  
 SCHEMA DE SISTEM

Fig. 5.2.2.

albia fluviului și a afluenților principali, determinându-se atunci prin prognoză hidraulică și prognoza pentru debitele zilelor  $k+1$  și  $k+3$  cu suficient grad de certitudine. La ora 7 a zilei  $k$ , care reprezintă sfârșitul zilei energetice  $k-1$  și începutul zilei energetice  $k$ , calculatorul de proces înregistrează în fișierul FISBAND I datele prezentate în tabelul 5.2.1.

Din datele de intrare al acestui subsistem mai fac parte și cele enumerate în continuare.

- Nivelele din punctele hidrometrice amonte de lac a zilei  $k-1$ . În cursul realizării etapei II de îmbunătățire a prognozei, când sînt instalate radiotelelimnimeetre amonte de lac pe albie și afluenții principali și datele se primesc în timp real acestea vor fi de asemeni protocoalate de calculatorul de proces, fiind înregistrate în FISBAND I.

- Perioadele de participare a centralei la vîrfurile sistemului energetic pe care-l deservește (fig.5.2.3) respectiv

$$t_1^I, t_1^{II}, t_2^I, t_2^{II}, t_3^I, t_3^{II}, t_4^I, t_4^{II}$$

Aceste date se primesc de fiecare centrală de la dispecerii sistemului energetic pe care-l deservește.

- Numărul de hidroagregate disponibile în ambele centrale în ziua  $k$ , respectiv

$$n_k^I \text{ și } n_k^{II}$$

Prin integrarea mișcării nepermanente se va determina prognoza debitului afluent și se va putea stabili

$$Q_{(p) \text{ afl. } k, j} \text{ pentru } j = \overline{1, T}$$

Din strategia de reglaj al nivelului în punctul de control se va determina

$$Z_{(p)k, j} \text{ unde } j = \overline{1, T}$$

Prin integrarea mișcării nepermanente în ipoteza de cunoaștere a debitului afluent și conform adoptării strategiei de variație a nivelului în punctul de control rezultă și gradientul debitului defluent de program

$$\Delta Q_{\text{dfl. } k, j}^p \text{ pentru } j = \overline{1, T}$$

și variația programată a nivelului la baraj

$$Z_{(p) \text{ AMT. } k, j} \text{ pentru } j = \overline{1, T}$$

În condițiile funcționării la bază știind că  $Q_{(p) \text{ afl. } k, j}$  în general are o variație relativ lentă (în 50% din cazuri variații

Tabelul 5.2.1.

Nr. crt	Denumirea	Simbolizarea	Observații
1	Distribuția debitelor în secțiunile "i" de telemăsură, ziua k, ora $\chi$	$Q_{TL.i.k,\chi}$	$i = \overline{1,m}$ $\chi = 7$
2	Situația nivelelor în punctele i de telemăsură, ziua k, ora $\chi$	$Z_{TL.i.k,\chi}$	$i = \overline{1,m}$ $\chi = 7$
3	Locul cozii lacului în ziua k, ora $\chi$	$X_{CL.k,\chi}$	$\chi = 7$
4	Debitul afluent ziua k la ora $\chi$	$Q_{afl.k,\chi} = Q_{CL.k,\chi}$	$\chi = 7$
5	Gradientul debitului afluent pe ultimul interval $\Delta t$ a zilei k-1	$\Delta Q_{afl.k-1,\chi-K\tau}$	$\chi = 7$
6	Debitul defluent în ziua k	$Q_{defl.k,\chi}$	$\chi = 7$
7	Gradientul debitului defluent pe ultimul interval $\Delta t$ a zilei k-1	$\Delta Q_{defl.k-1,\chi-K\tau}$	$\chi = 7$
8	Debitele prognozate cu anticipație de 0,5 zile, 1 zi, ..., 4 zile	$Q_{afl.k+p}$	$p = \overline{0,5, 4}$
9	Stocul de apă consumat în ziua k-1 de centralele I, II prin turbina	$V_{t.k-1}(I,II)$	$\sum_1^T Q_{tj} \cdot \Delta t_j$
10	Idem, prin deversare	$V_{dev.k-1}(I,II)$	$\sum_1^T Q_{dev.j} \cdot \Delta t_j$
11	Idem, prin ecluzare	$V_{ecl.k-1}(I,II)$	$\sum_1^{T'} Q_{ecl.j} \cdot \Delta t_j$
12	Stocul de apă defluiat în ziua k-1 de centralele I, II	$V_{defl.k-1}(I,II)$	$V_t + V_{dev} + V_{ecl}$
13	Soldul debitului defluent între cele două centrale pentru ziua k-1	$SQ_{def.k-1}$	$\frac{V_{def.k-1}(I) - V_{def.k-1}(II)}{24}$
14	Numărul profilurilor de telemăsură a nivelului în lac	m	
15	Ora zilei	$\chi$	

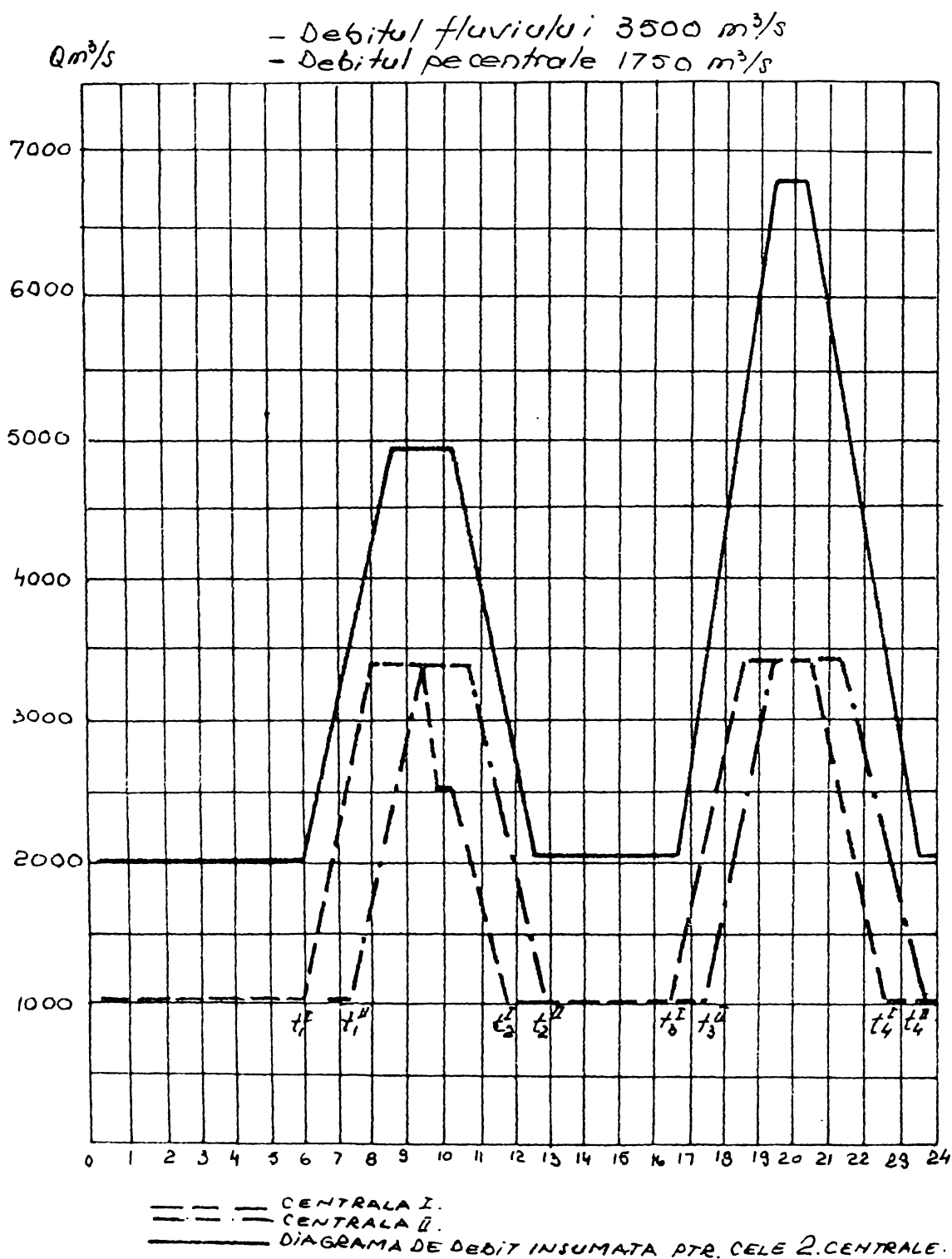


Fig. 5.2.3

de max  $\pm 100$  m<sup>3</sup>/s, în 40% din cazuri între  $\pm 100 + 300$  m<sup>3</sup>/s) și că

$$Z_{\text{baraj}} = f(Q_{\text{afl}}, \nabla_{\text{pct. control}})$$

Se poate admite că tendința de variație a lui  $Q_{\text{defl}}$  va urmări practic tendința de variație a lui  $Q_{\text{afl}}$  respectiv

$$\Delta Q_{\text{defl.k}} \approx \Delta Q_{\text{afl.k}} \quad (5.2.1)$$

In condițiile participării centralei la vârful sistemului energetic pe care-l deservește, vom avea variația debitului defluent de alura celei din fig. 5.2.3. In condiția participării maxime la vârful de sarcină a sistemelor energetice această alură se stabilește prin maximizarea funcției obiectiv

$$\begin{aligned} \text{Max } Y = & \sum_{j=1}^T Q_{tj} \cdot H_j \cdot \eta_j \cdot \Delta t_j - \sum_{j=t_2^I}^{j=t_3^{II}} Q_{tj} \cdot H_j \cdot \eta_j \cdot \Delta t_j - \\ & - \sum_{j=t_4^{II}}^T Q_{tj} \cdot H_j \cdot \eta_j \cdot \Delta t_j \end{aligned} \quad (5.2.2)$$

cu respectarea implicită a condiției

$$\text{Min } X = \sum_{j=1}^T Q_{\text{dev.}j} \quad (5.2.3)$$

ceea ce reprezintă maximizarea producției la vârful de sarcină și pierderi minime prin deversare.

In acelaș timp putem scrie

$$\sum_{j=1}^T Q_{tj} \cdot \Delta t = \overline{Q}_{tk} \cdot T ; \quad T = 24 \text{ ore} = 84600 \text{ s.} \quad (5.2.4)$$

unde  $Q_{tj}$  - debit turbinat în moment  $j$ ,  $\overline{Q}_{tk}$  - debitul turbinat mediu în ziua  $k$ ,  $\max Q_{tk} \geq Q_{tj} \geq \min Q_{tk}$

iar

$$\overline{Q}_{tk} = \overline{Q}_{\text{defl}} - \overline{Q}_{\text{dev}} \quad (5.2.5)$$

(dacă neglijăm pe  $\overline{Q}_{\text{ecl}}$ )

Componenta statică a căderii (medii pe centrală) a blocului de turbină din ziua  $k$  la momentul  $j$   $\overline{H}_{\text{st.Bloc.k}} = \overline{H}_{k.j}$  fiind

$$\overline{H}_{k.j} = \overline{Z}_{(p)\text{AMT.k.j}} - \overline{Z}_{\text{AVPR.k.j}} \quad (5.2.6)$$

unde:

$\overline{Z}_{(p)\text{AMT.k.j}}$  - nivelul mediu programat amonte de baraj în ziua  $k$  la momentul  $j$ ,

$\overline{Z}_{\text{AVPR.k.j}}$  - nivelul mediu la ieșirea din aspiratorul turbinelor din ziua  $k$  momentul  $j$ .

Știind că

$$\max \overline{H}_k \geq \overline{H}_{k.j} \geq \min \overline{H}_k \quad (5.2.8)$$

și

$$\overline{Z}_{\text{AVPR.k.j}} = f(\overline{Q}_{\text{defl}})$$

Având căderea turbinei (media pe centrală) din ziua  $k$  momentul  $j$ :

$$\overline{H}_{T.k.j} = \overline{H}_{k.j} - \overline{h}_{pk.j} \quad (5.2.9)$$

unde  $\overline{h}_{pk.j}$  - pierderile hidraulice medii (pe centrală) din ziua

k momentul j a blocurilor de turbină, pentru fiecare turbină i în ziua k și momentul j putându-se determina randamentul

$$\eta_{i.k.j} = f(Q_{t.k.j}, H_{Tk.j}) \quad (5.2.10)$$

Atunci în vederea împărțirii echitabile a potențialului, cât și a respectării optimului energetic de utilizare a potențialului amenajării, conform și celor arătate la cap. 2, pentru un ciclu de regularizare, la un anumit nivel în punctul  $Z_{(p)Nk.j}$  în punctul de control al nivelului trebuie asigurate și următoarele condiții:

$$\lim (\bar{Q}_{dfl.k}^I + \bar{Q}_{dfl.k}^{II} \pm S\bar{Q}_{dfl.k}) = \bar{Q}_{dfl.k} \quad (5.2.11)$$

$$S\bar{Q}_{dfl} \rightarrow 0$$

și pentru fiecare hidroagregat

$$\lim H_{T,k,i}(\bar{Q}_{dfl.k}, \frac{1}{n} \sum_I^n \bar{h}_{p.k.i}) \cong H_k(\bar{Q}_{dfl.k}) \quad (5.2.12)$$

$$\sum_i^n \bar{h}_{p.k.i} \rightarrow 0$$

$S\bar{Q}_{dfl.k}$  - soldul debitului mediu defluent al zilei k,

$\bar{Q}_{dfl.k}^{I,II}$  - debitul mediu defluent al centralei I, respectiv II, în ziua k,

$H_{T.k.i}$  - media zilnică din ziua k a căderii turbinei i

n - numărul turbinelor în funcțiune pe centrală,

$\bar{h}_{pk.i}$  - media zilnică din ziua k a pierderilor hidraulice a blocurilor turbinei "i",  $i = \overline{1, n}$

$H_k(Q_{dfl.k})$ , respectiv  $H_k = f(\bar{Q}_{dfl.k})$ , medie zilnică a zilei k a componentei statice a căderii (medii pe centrală) a blocurilor de turbină, echivalând cu caracteristica amenajării corespunzătoare nivelului  $Z_{(p)Nk}$ , mediu zilnic, adoptat în punctul de control al nivelului pentru ziua k.

Pentru un  $H_{Tk} = \text{cst}$ ,  $\max Q_{tj}$  și  $\min Q_{tj}$  pentru funcționarea turbinei în domeniu de randament optim se pot determina pentru un  $\Delta\eta_T$  corespunzător clasei de precizie maxim posibilă a aparatelor de măsură apreciat (cu suficientă strictețe) la valoarea de 0,5%, (fig. 5.2.4),  $\min Q_{opt.t}$  și  $\max Q_{opt.t}$  corespunzătoare debitului minim și maxim turbinat în intervalul T de plan.

Dacă  $\min Q_t < \min Q_{opt.t}$  și  $\max Q > \max Q_{opt.t}$  diferența de energie ce nu se poate produce datorită măririi de pantă a lui  $\eta_T$  va trebui suplinită de sistem din centrale termice ce au un preț de cost pe unitatea de energie electrică de pînă la 10 ori

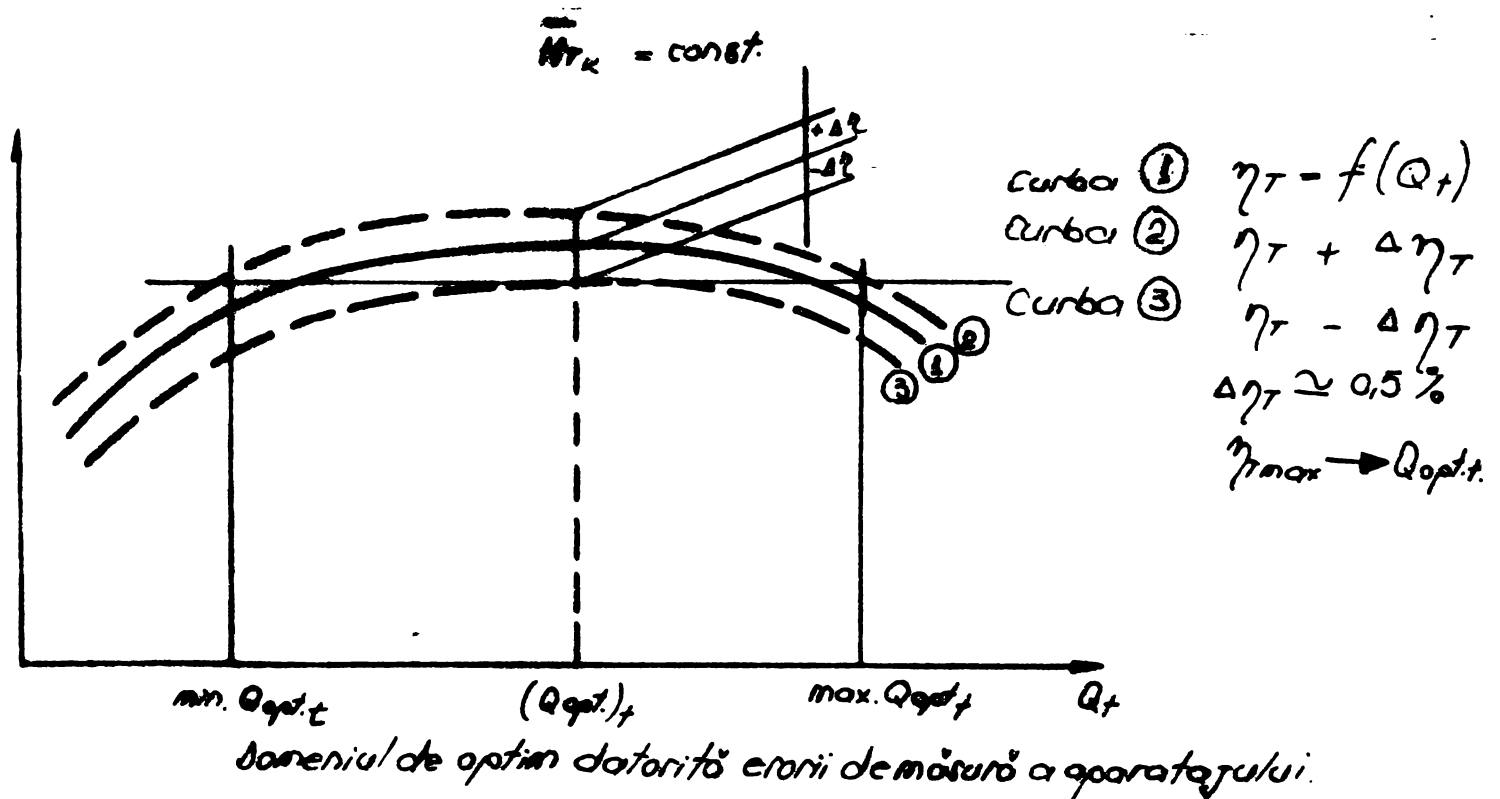


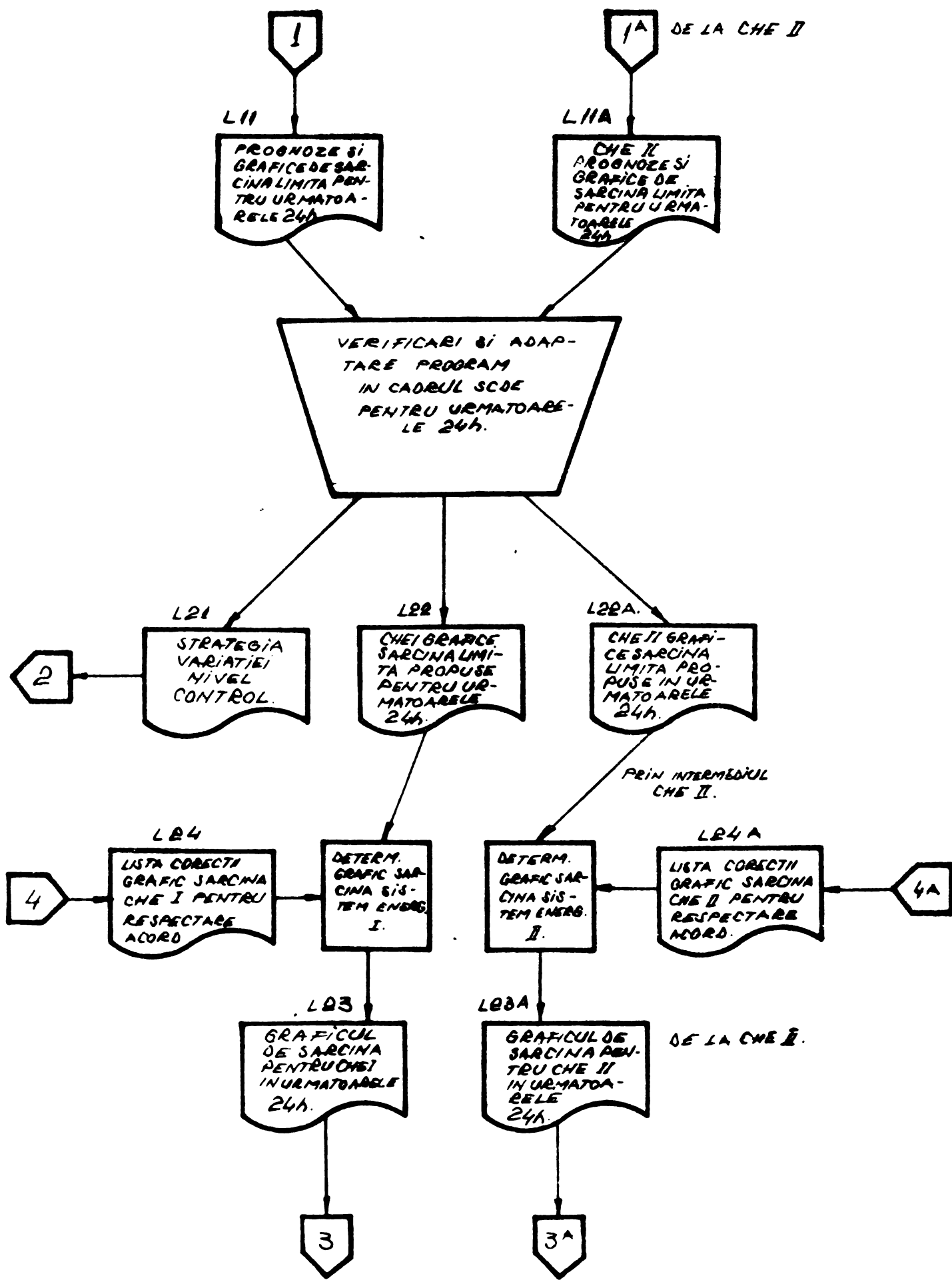
Fig. 5.2.4.

mai mare decât cel de producere într-o hidrocentrală fluvială de mare putere.

Din hidrograful de debite al amenajării va deriva curba de sarcină pentru funcționarea la vîrf pe amenajare și respectiv curbele de sarcină pentru funcționarea la vîrf a fiecăreia din cele două centrale. Aceste curbe de sarcină și inclusiv cele de funcționare în regim de bază vor fi transmise dispecerilor celor două sisteme, iar aceștia pe baza optimizării în sistemul energetic pe care-l coordonează (în interiorul acestor curbe de sarcină limită) vor transmite curbele de sarcină adoptate. Aceste operațiuni se execută în cadrul modului 102, fig. 5.2.5, la nivel de S.C.D.E. și D.E.N. ai sistemelor deservite de centrală.

Acest modul are o deosebită importanță, aici luîndu-se deciziile de exploatare pe baza analizei rezultatelor procedurilor automate a celorlalte două module.

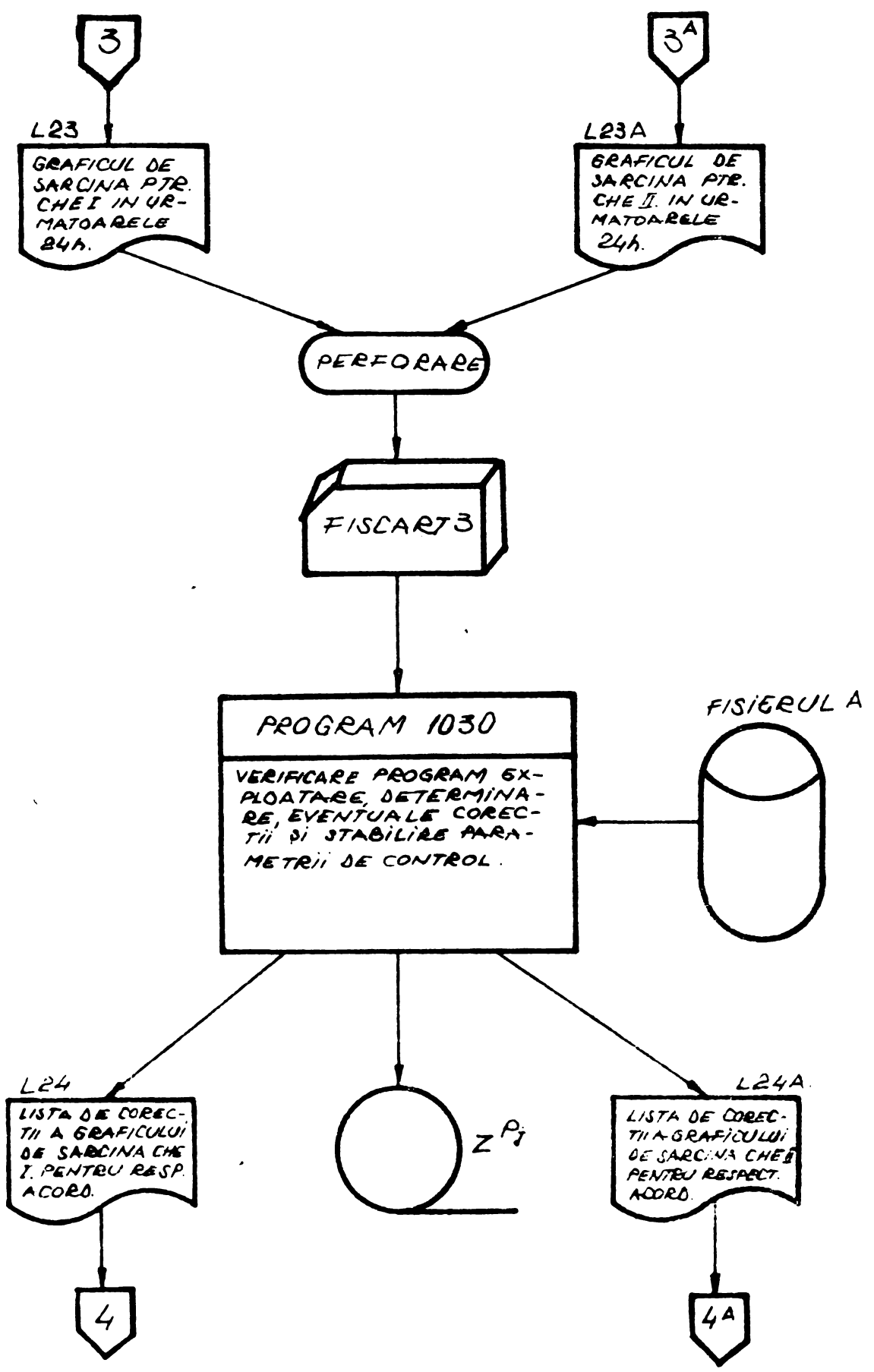
În cadrul modului 103, fig. 5.2.6, fiecare centrală din diagrama de sarcină primită determină hidrograful de debit pe care-l va turbina, comunicîndu-l și partenerului împreună cu graficul de sarcină primit. Se determină hidrograful total pe amenajare, verificîndu-se respectarea condițiilor de tendință, respectiv de menținere a caracteristicii amenajării adoptate corespunzător strategiei nivelului aleasă în acea zi și soldului zilnic de debit minim.



SUBSISTEMUL COO 100 (SECTIUNEA I<sup>a</sup>)  
 MODUL COO 102  
 SCHEMA DE SISTEM.

Fig. 5.2.5.





SUBSISTEMUL COD 100 (SECTIUNGA I<sup>A</sup>).  
MODUL COD 103  
SCHEMA DE SISTEM.

Fig. 5.2.6.

In cazul unor abateri ce depăşesc cîmpurile de toleranţă admise pentru parametrii de control adaptaţi iniţial pentru ziua k se va solicita părţii ce contribuie la aceasta să opereze corecţiile necesare.

In cazul că condiţiile sînt satisfăcute sau abaterile se încadrează în cîmpul de toleranţă convenite programul se adoptă.

In baza datelor acestuia se determină prin calculul regimului nepermanent provocat de funcţionarea în regimurile adoptate şi se determină valorile de plan a nivelelor de control pe întreaga perioadă de plan. Aceste date sînt necesare pentru conducerea, controlul şi corecţia exploatării. Variaţia în timp a nivelului de control, care se înregistrează pe FISBAND 2 faţă de care se va efectua controlul şi corecţia activităţii de exploatare a centralei din ziua respectivă.

La sfîrşitul zilei k-1 calculatorul de proces editează starea procesului, înregistrările din FISBAND 1 devenind datele de intrare a subsistemului 100 pentru efectuarea prognozei, programării şi lansării programului pentru calculatorul de proces pentru ziua k.

Se observă că datorită în deosebi modulului 102 în care se efectuează verificarea, corectarea şi adoptarea programului subsistemul 100 are caracter de off-line.

Din punct de vedere a convenirii cu partenerul al corecţiilor de program date de modulul 103 pot exista următoarele cazuri:

- 1 - corecţiile nu pot fi acceptate,
- 2 - corecţiile se acceptă de ambele părţi,
- 3 - Corecţiile se adoptă numai de către una din părţi.

In primul caz, după prima rulare a programului 1030, FISBAND 2 ce conţine informaţiile privind variaţia de plan a nivelului în punctul de control, fără efectuarea corecţiilor graficelor de sarcină a centralelor, se va monta pe unitatea de bandă magnetică a calculatorului de proces. Abaterile ce rezultă apoi din neexecutarea corecţiilor vor fi deci preluate de calculatorul de proces, cumulate cu abaterile de program ce se vor realiza şi vor fi conţinute în situaţia realizărilor ce le va prezenta acesta la sfîrşitul zilei energetice k.

In cel de al doilea caz, corecţiile acceptîndu-se se rulează din nou programul 1030 cu modificările graficelor de sarcină acceptate. FISBAND 2 înregistrat în această rulare se va monta în unitatea de bandă a calculatorului de proces, devenind par-

metrul de control pentru noua perioadă de plan (ziua k). Similar ca și în primul caz abaterile de program vor fi conținute în situația realizărilor ce le va prezenta calculatorul de proces în FISBAND 1 la sfârșitul zilei k.

În cel de al treilea caz se procedează în mod similar ca în cel de al doilea caz, programul 1030 rulându-se de astă dată numai cu modificările graficului de sarcină pentru partea care le-a acceptat. Abaterile ce rezultă, pentru centrala care n-a acceptat corecțiile de program, vor fi preluate de calculatorul de proces și cumulate abaterilor de la program ce se vor realiza fiind incluse în situația realizărilor ce le va prezenta acesta la sfârșitul zilei energetice k.

Apoi, în ziua următoare, ciclul se repetă.

Calculatorul de proces execută urmărirea permanentă a procesului, selectând și protocolând datele caracteristice acestuia. Prin simularea procesului va determina starea acestuia într-un moment viitor în anumite condiții de exploatare.

Modulul 204, fig. 5.2.7, prin procedură automată explorează, concentrează și selectează datele caracteristice procesului, efectuează calcule intermediare pentru determinarea debitului defluent. Înregistrează în FISBAND 3 la cerere sau la perioade prestabilite  $\Delta t_j - K\zeta$ , introduse ca parametru prin consolă, debitul defluent și distribuția nivelelor în punctele de telemăsură din lac la începutul intervalului  $\Delta t_j$  care vor constitui date de intrare pentru simularea mișcării nepermanente în lacul de acumulare.

Programul 2040 efectuează determinarea parametrilor de exploatare la intervale de timp prestabilite cu afișarea valorilor de moment și listarea în L40 a valorilor medii orare.

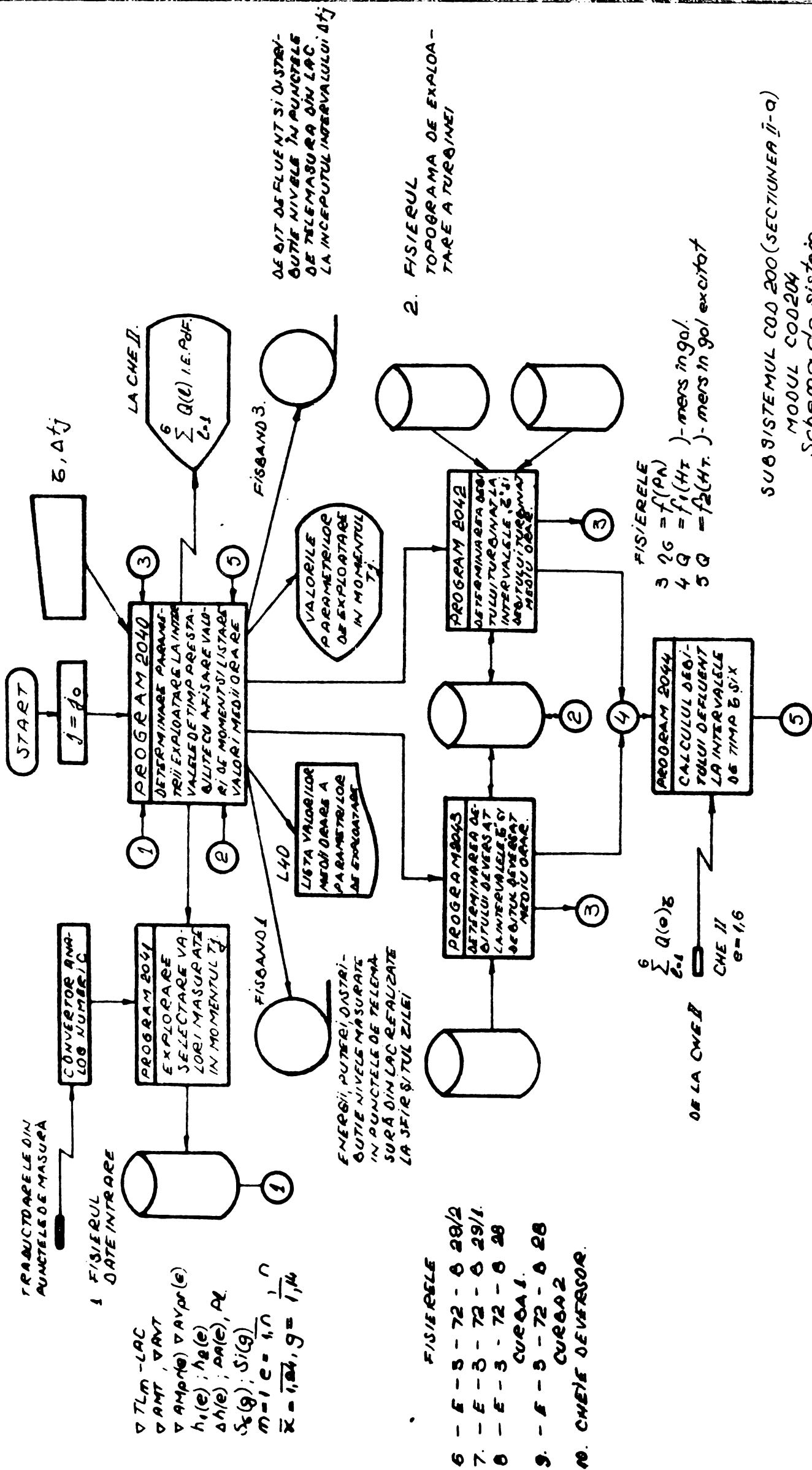
Subprogramul 2041 efectuează explorarea procesului concentrând și selectând datele sale caracteristice. Acestea sînt prezentate în Tab. 5.2.2.

Subprogramul 2042 determină debitul turbinat folosind proceduri de eliminare a erorilor și îmbunătățirea preciziei.

Subprogramul 2043 determină debitul deversat în orice variantă de deversare adoptată de exploatare.

Subprogramul 2044 calculează debitul defluent la intervale de timp  $\zeta$  și  $\kappa$ .

Programul 2040 folosește fișierele de date caracteristice procesului care se prezintă în tabelul 5.2.3.



SUBSISTEMUL COD 200 (SECTIONEA II-9)  
 MODUL COD 204  
 Schema de sistem.

Fig. 5.2.7.

Tabelul 5.2.2

Nr. crt	Denumire	Codificare	Observații
0	1	2	3
1	Nivel la telelimnimetrul m	$NIV.TL_m$	$m = \overline{1, m}$
2	Nivel amonte de centrală	NIV.AMT	
3	Nivel aval de centrală	NIV.AVT	
4	Nivel în secțiunea considerată de intrare în turbină, deschiderea I a turbinei $\ell$	$\nabla^{AM}_{PR, I, \ell}$	$I = \overline{1, 2}$ $\ell = \overline{1, n}$
5	Nivel în secțiunea de ieșire din aspiratorul turbinei $\ell$	$\nabla^{AV}_{PR, \ell}$	$\ell = \overline{1, n}$
6	Diferență de nivel la grătarul de la priză la deschiderea I a turbinei $\ell$	$h_{I, \ell}$	$I = \overline{1, 2}$ $\ell = \overline{1, n}$
7	Diferența de nivel în camera turbinei $\ell$	$\Delta h_{\ell}$	$\ell = \overline{1, n}$
8	Puterea activă la bornele hidroagregatului $\ell$	$PA_{\ell}$	$\ell = \overline{1, n}$
9	Puterea reactivă la bornele hidroagregatului $\ell$	$PR_{\ell}$	$\ell = \overline{1, n}$
10	Cursa secției superioare a stavilei $g$	$S_s(g)$	$g = \overline{1, N}$
11	Cursa secției inferioare a stavilei $g$	$S_i(g)$	$g = \overline{1, N}$
12	Numărul hidroagregatelor în funcțiune	n	
13	Numărul stavilelor în funcțiune	N	
14	Ora zilei	$\chi$	

La sfârșitul zilei energetice programul 2040 înregistrează în fișierul FISBAND 1 informațiile prezentate în tabelul 5.2.1. Ele constituie datele de intrare pentru subsistemul 100.

Programul calculatorului de proces are de asemenea în vedere modelarea mișcării nepermanente a apei în lacul de acumulare, fenomen caracteristic exploatarea, din punct de vedere al utilizării potențialului, a centralelor fluviiale. Spre deosebire însă

Tabelul 5.2.3.

Nr. ord.	Denumire	Simbolizare	Observații
0	1	2	3
1	Date de intrare	DATA	
2	TOPOGRAMA DE EXPLOATARE A TURBINEI	$Q_t = f(H_T, PC = \text{cst})$	$H_T$ - căderea turbinei $PC$ - puterea la cuplă
3	Randament generator	$\eta_G = f(PA)$	$PA$ - putere activă
4	Debit la mers în gol în regim neexcitat	$Q = f_1(H_T)$	
5	Idem, în regim excitat	$Q = f_2(H_T)$	
6	Debitul prin deversor la deversare orificiu cu debit afluent simetric	E 3-72-B 29/1	$Q_{\text{dev}} = F(S_i, \text{NIV. AMT})$
7	Idem, cu debit afluent nesimetric	E 3-72-B 29/2	Idem
8	Debitul prin deversor la deversare clapetă cu debit afluent simetric	E 3-72-B 28 curba 1	$Q = f(S_s)$
9	Idem, cu debit afluent nesimetric	E 3-72-B 28 curba 2	Idem
10	Debitul prin deversare liberă	CHEIE DEVERSOR	$Q = f(\text{NIV. AMT})$

de subsistemul 100, descris anterior, calculele se efectuează în timp real. Prin simularea procesului, poate determina cu precizie, starea lui într-un anumit moment viitor, stabilind și corecțiile pentru încadrarea în anumite condiții de exploatare impuse. Aceasta este realizată prin procedură automată de modulul 205 prezentat în fig. 5.2.8. Prin integrarea ecuațiilor mișcării nepermanente în condițiile cunoașterii debitului defluent și prin corelarea nivelelor din punctele de telemăsură instalate în lungul lacului, subprogramul 2051 determină distribuția debitelor, locul cozii lacului și debitul afluent în momentul  $T_j$ . Prin comparare față de un moment anterior  $T_{j0}$  determină pe perioada  $\Delta t = T_j - T_{j0}$  gradientele debitelor și implicit și cel

DEBIT DE FLUENT SI  
DISTRIBUTIE NIVELE  
IN PUNCTELE DE TELE-  
MASURA DIN LAC LA  
INCEPUTUL INTERVA-  
LULUI  $\Delta t_j$

FISBAND 3.

START

$J = J_c$

$\Delta t_j$

PROGRAM 2050  
SELECTARE DATE INTRARE  
(DEBITE DE FLUENTE, DISTRI-  
BUTIE NIVELE IN LAC) LA MOMEN-  
TELE  $T_{j_0}$  SI  $T_j = T_{j_0} + \Delta t_j$ ; AFISA-  
RE SI LISTARE REZULTATE

6

$X_{CL}, Q_{AFL}$   
 $\Delta Q_{AFL}$   
 $\Delta Z_{P_j} + K_B$   
 $\Delta Q_{T_j} + K_B$

L50  
LISTING  
REZULTATE

PROGRAM 2051  
DISTRIBUTIE DEBITE, GRADI-  
ENTE DEBITE, STABILIREA LOCUL-  
LUI COZII LACULUI, DEBITULUI  
AFLUENT IN MOMENTUL  $T_j$  SI GRA-  
DIENTULUI SAU PE INTERVA-  
LUL  $\Delta t_j$

6

$Z^P$  FISBAND 2

$K_B$

PROGRAM 2052  
DETERMINAREA PRIN PRE-  
DICTIA ABATERILOR DE LA  
 $Z^P$  CE SA R OBTINE LA MOMEN-  
TELE  $T_j = T_{j_0} + K_B$  IN SITUATIA  
MENTINERII GRADIENTELOR  
 $Q_{AFL}, Q_{DEL}$  DIN MOMENTUL  
 $T_j$

6

FISIERUL  
DE LUCRU

FISIERULA  
DATE DE BAZA  
ALE PROFILOR  
PUNCTELOR DE  
MASURA NIVELE

PROGRAM 2053  
DETERMINAREA PRIN PRE-  
DICTIE A CORECTIILOR DE-  
BITULUI DE FLUENT  
( $\Delta Q_{T_j} + K_B$ ) PENTRU CA IN  
MOMENTUL  $T_j + K_B, Z^P$   
SA SE INCA DREZE IN  
CIMPUL DE TOLERANTA  
STABILIT.

6

CONVERTOR  
NUMERIC/ANALOG

ORGANELE DE  
EXECUTIE

SUBSISTEMUL C00200 (SECTIUNEA P-0)  
MODUL C00205  
Scheme de sistem

Fig. 5.28.

al debitului afluent. Subprogramul 2052 determină prin simulare, cu predicție, pentru un moment viitor  $T_{j+K\tau}$  (unde  $K\tau$  este perioada de timp exprimată în numărul tacturilor de explorare pentru integrarea mișcării nepermanente) abaterea,  $\Delta Z_{T_{j+K\tau}}^P$ , față de mărimea planificată. În cazul că această abatere depășește câmpul de toleranță adoptat subprogramul 2053 determină tot prin simulare, cu predicție, corecția  $\Delta Q_{T_{j+K\tau}}$  ce trebuie aplicată din momentul  $T_j$  pe perioada  $K\tau$  pentru ca în momentul viitor

$$\Delta Z_{T_{j+K\tau}}^P \rightarrow 0 \quad (5.2.13)$$

sau se admite

$$\left| \Delta Z_{T_{j+K\tau}}^P \right| \leq |\varepsilon| \quad (5.2.14)$$

unde  $\varepsilon$  este  $1/2$  din câmpul de toleranță convenit al mărimii planificate.

În funcție de situațiile sau convențiile de exploatare aceasta poate fi pentru ziua  $k$  și momentul  $T_j$ :

- nivelul în punctul de control -  $Z_{i=N}^{(P)}, k, T_j$
- nivelul amonte de CHE -  $Z_{AMT}, k, T_j$
- nivelul aval de CHE -  $Z_{AV}, k, T_j$
- etc.

Valorile de moment a mărimii planificate înregistrate pe FISBAND 2 reprezintă parametrul față de care se compară valorile realizate, sau cele ce se vor realiza, în anumite condiții la un moment dat, ales de operator și introdus ca parametru prin consolă.

Programele principale ale modulelor 204 și 205 listează în listele L40 și L50 valori orare, medii orare, medii zilnice a mărimilor caracteristice procesului. De asemeni mărimile caracteristice ale procesului sînt afișate la DISPLAY. Oricare din aceste mărimi poate fi afișată pe DISPLAY la cererea operatorului.

Mărimile caracteristice procesului de exploatare a hidrocentralei din punct de vedere a utilizării potențialului amenajării care sînt listate în listingurile L40 și L50 sau sînt afișate pe DISPLAY se prezintă în tabelul 5.2.4.

La comanda operatorilor pot fi listate și valorile afișate sau abaterile  $\Delta Z_{T_{j+K\tau}}^{(P)}$  și respectiv corecția  $\Delta Q_{T_{j+K\tau}}$  cu defalcarea ei pe cei doi parteneri funcție de contribuția lor la producerea acesteia.



Tabelul 5.2.4

Nr. crt.	Denunirea	Codificare	Observații
0	1	2	3
1	Nivel amonte la centrală	NIV.AMT	
2	Nivel aval la centrală	NIV.AVT	
3	Media ponderată a nivelului în secțiunea considerată de intrare în priză a turbinei (L)	NIV.AM.PR(L)	$L = \overline{1,n}$
4	Nivel aval la ieșirea din aspiratorul turbinei (L)	NIV.AV.PR(L)	
5	Componenta stației a căderii blocurilor de turbine (media pe centrală)	$\bar{H}.ST.BLOC$	
6	Căderea turbinei (L)	$H_T(L)$	$L = \overline{1,n}$
7	Diferența de nivel la grătarul turbinei (L)	$h_p(L)$	$L = \overline{1,n}$
8	Puterea activă la bornele hidroagregatului (L)	$PA(L)$	
9	Idem, pentru centrala parteneră	$PA(L)_{part}$	
10	Puterea activă pe centrală	$\sum PA(L)$	
11	Idem, pentru centrala parteneră	$\sum PA(L)_{part}$	
12	Debitul turbinat de turbina (L)	$Q^t(L)$	
13	Idem, pentru partener	$Q^t(L)_{part}$	
14	Debitul deversat prin stavi-la (g)	$Q_{dev}(g)$	
15	Debitul turbinat de centrală	$\sum Q^t(L)$	
16	Idem, pentru centrala parteneră	$\sum Q^t(L)_{part}$	
17	Debitul deversat	$Q_{dev.}$	
18	Debitul ecluzat	$Q_{ecl.}$	
19	Debitul defluent	$Q_{defl}$	

Tabel 5.2.4 (continuare)

0	1	2	3
20	Cursa stavilei inferioare	$S_i.g$	$g = \overline{1,N}$
21	Cursa stavilei superioare	$S_s.g$	$g = \overline{1,N}$
22	Nivel la telelimnimetrul m	$NIV.TL(m)$	$m = \overline{1,m}$
23	Debitul în secțiunea de măsură m din lac	$Q.TL(m)$	
24	Locul cozii lacului	$XOL$	
25	Debitul afluent	$Q_{afl}$	
26	Variația de nivel la telelimnimetrul m în intervalul de timp $\Delta t$	$\Delta Z_{TL}(\Delta t)$	
27	Gradientul debitului în secțiunea m din lac în intervalul $\Delta t$	$\nabla Q_{TL}(\Delta t)$	
28	Diferența de nivel în punctul de control față de valoarea planificată între momentul $T_j$ și $T_{j+K\tau}$	$\Delta Z_{T_j+K\tau}$	
29	Corecția debitului defluent	$\Delta Q_{T_j+K\tau}$	Pentru $Z_{T_j+K\tau}$
30	Abateră admisă față de valoarea mărimii planificate	$\varepsilon$	

Caracterul procedurilor celor 5 module se prezintă în tabelul 5.2.5.

Se observă că procedurile noului sistem, cu excepția celei a modulului 102 sînt automate.

Pentru modulele 101 și 102 sînt necesare perforarea unui număr redus de cartele care pot fi introduse în program și prin DISPLAY de către operator, evitîndu-se astfel manopera de perforare-verificare a cartelelor.

Deși manuală, procedura modulului 102 nu are caracter de rutină, aici efectuîndu-se filtrarea și decizia privind rezultatele date de modulele 101 și 103. Aici se pun de acord și se iau deciziile de exploatare și corecție a programelor (graficelor de sarcină) de exploatare a celor două centrale, atribuție a Serviciului Comun Dispecer Energetic (SCDE) al celor două centrale.

Tabelul 5.2.5.

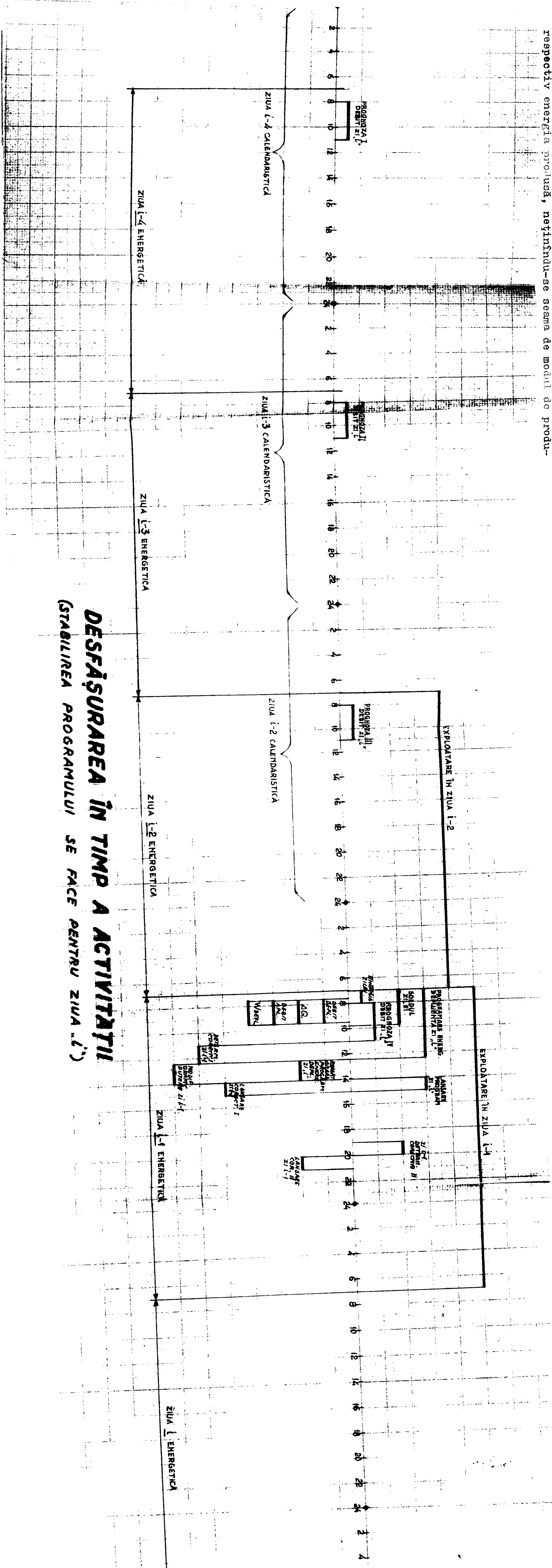
Sub-sistem	Modulul	Denumire modul	Caracterul procedurii	Observații
	101	Prognoză și programare	automată	Simulează mișcarea nepermanentă a apei off-LINE
100	102	Verificare, corectare și adoptare program exploatare	manuală	Caracteristică activității SCDE Filtrare+decizie
	103	Lansare program	automată	Simulează (v.101)
	204	Determinare, urmărirea și evidență parametrilor funcționali	automată	Urmărește procesul, calculează și determină parametrilor
200	205	Determinare abateri față de program, predicția corecției pentru evitarea consecințe energetice negative. Aplicarea corecției determinată prin predicție	automată	Simulează mișcarea nepermanentă a apei în timp real. * Intr-o primă etapă se va efectua off-Line.

Intr-o primă etapă, aplicarea corecțiilor determinate prin predicție (cel puțin pe perioada de validare a funcționalității și corectitudinii noului sistem propus) nu se va executa automat, ci prin intermediul operatorilor din camera de comandă a centralelor. În această situație schema de funcționare a noului sistem este prezentată în fig. 5.2.9. Așa cum se constată, modulul de organizare alea corespunde criteriului suveranității, independenței în acțiunile celor două centrale. Deși acestea împart în condiții de echitate potențialul amenajat, activitățile de exploatare a celor două centrale fiind distincte, rezultă de aici necesitatea adoptării schemelor de sistem sub formă propusă, cu schimbarea între cele două centrale a volumului necesar de informații pentru asigurarea respectării principiilor din acorduri.

5.2.2. Configurația sistemului de calcul din noul sistem informatic al activității de exploatare, a centralelor fluviale. Precizări privind echipamentele de culegerea datelor limnimetrice.

În vederea aplicării concepției autorului (a se vedea /46/ și /68/), privind conceptul, structura și funcționalitatea noului

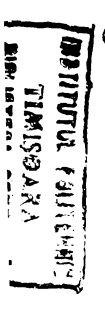
prin măsurarea improprie a potențialului prin energie defluentă respectiv energia produsă, nefiind-se seama de modul de produ-



**DEȘAȘURAREA ÎN TIMP A ACTIVITĂȚII**  
 (STABILIREA PROGRAMULUI SE FACE PENTRU ZIUA "I")

**Obiective:**

- a) Actual - Prognoza energiei defluente ce se va produce și împărți în ziua următoare prin utilizarea în comun a potențialului.
- b) Real - Prognoza potențialului ce se va obține și împărți în ziua următoare și a energiei defluente ce



sistem informatic, prezentate în extenso în cap. 5.2.1, în colaborare cu ICEMENERG București, în /116/ a fost stabilită configurația de calcul.

Tinând seama de necesitatea rulării unei părți de programe în timp real, în condițiile alocării pentru programul de integrare a mișcării nepermanente a unei partiții de pînă la 150 KO și rezolvarea simultană și a celorlalte probleme de urmărire și determinare a parametrilor de exploatare, inclusiv a îndeplinirii unor funcțiuni de supraveghere a comportării instalațiilor în exploatare, avîndu-se în vedere și asigurarea condițiilor de fiabilitate a sistemului de calcul, s-a preconizat o configurație de două minicalculatoare 4011 A.

Unul din calculateare va fi prevăzută pentru rularea programelor în timp real, iar celălalt pentru programe Off-line, cu rezervare, cuplate la nivel BUS prin interfețe sincronă, care asigură în cazul defectării minicalculatorului destinat programelor în timp real, preluarea în timp util a sarcinilor acestuia de către cel de al doilea minicalculator.

Pentru concentrarea datelor și unele calcule preliminare, pentru mărimile primite de la procesul reglat, se prevede utilizarea unui microprocesor M18.

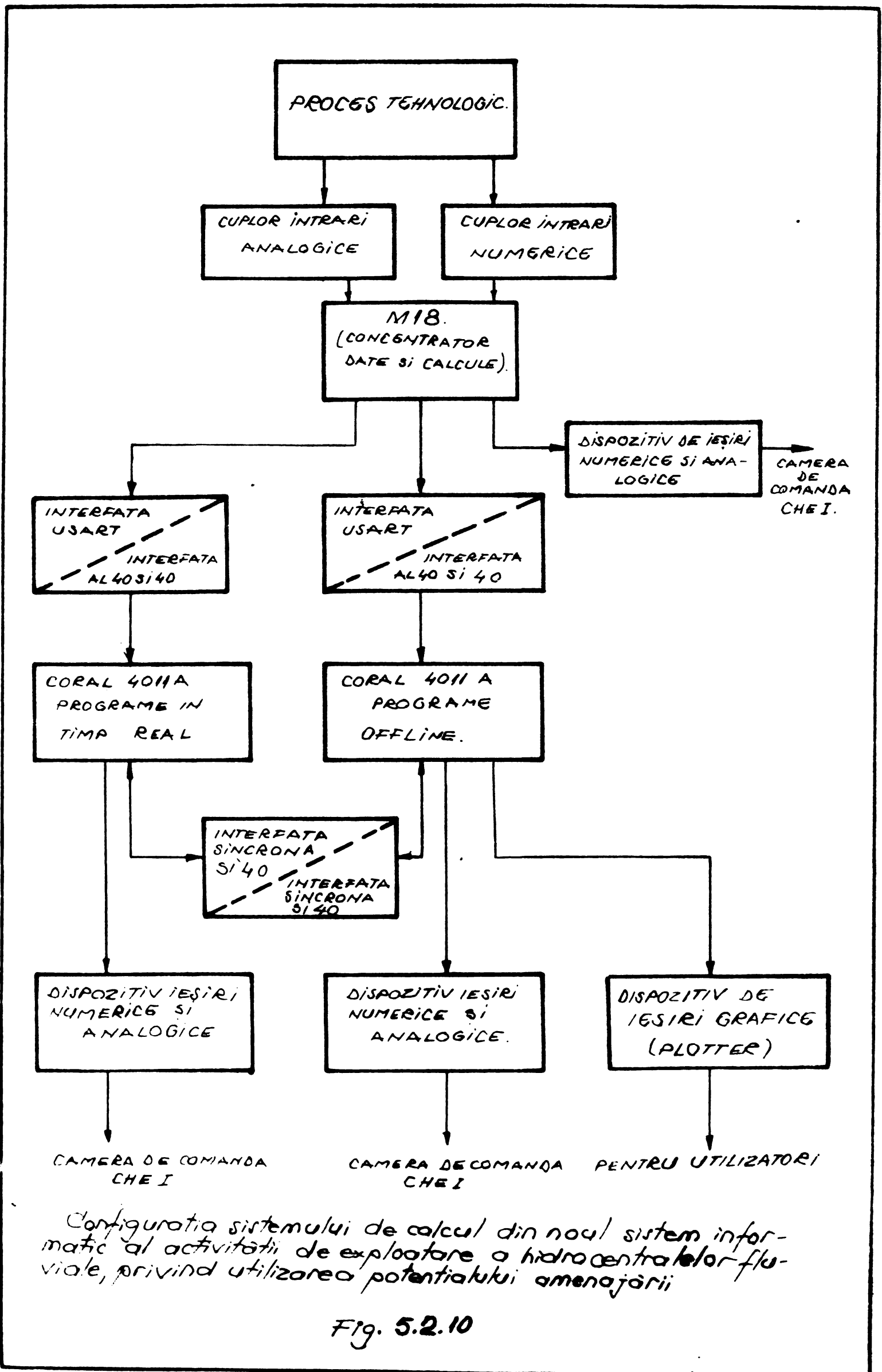
Conform /116/ configurația de calcul pentru centrala din amenajarea studiată este prezentată în fig. 5.2.10.

Prezentăm în continuare caracteristicile tehnice ale minicalculatoarelor CORAL 4011A și M18.

A. CORAL 4011 A - este un minicalculator universal de 16 biți destinat unei largi game de aplicații. Datorită structurii sale deosebit de compacte el dispune de un înalt grad de fiabilitate. Pentru construirea lui au fost utilizate microprocesoare bit-slice într-o structură microprogramată, ceea ce conduce la un bun raport preț-performanță și o putere mare de calcul.

Minicalculatorul CORAL 4011 A se caracterizează prin:

- structură de tip BUS,
- instrucțiuni cu 1 sau 2 operanzi,
- operare pe cuvînt (16 biți) sau byte,
- 9 registre generale,
- multiple moduri de adresare,
- sistem prioritar de intreruperi,
- înmulțire și împărțire hard,
- memorie cache-transparentă soft,



- management memorie,
- adresare pe BUS a 256 k bytes,
- 600.000 operații/sec.,
- emulator soft de consolă,
- autotestare la punerea sub tensiune,
- montare pe șasiu de 12, 18 sau 24 plăci,
- domeniul de temperatură de operare  $5^{\circ}\text{C} \div 45^{\circ}\text{C}$ ,
- umiditate relativă  $10\% \div 90\%$ ,
- tensiune de alimentare  $220\text{ V} \pm 20\%$  de 50 Hz.

CORAL 4011 A este compatibil la nivelul setului de instrucțiuni cu PDP 11/34.

B. Microcalculatorul M-18 - este un microcalculator universal cu o configurație modulară ușor de adaptat la diverse aplicații. Este realizat în tehnologie NMOS.

-M 18 este un microcalculator pe 8 biți care operează sincron și asincron cu memoria internă RAM, PROM, ROM pînă la maximum 64 KO.

- posedă un set de 78 instrucțiuni de lungime variabilă (1, 2 și 3 octeți), (250.000 instrucțiuni/s),
- ciclul mașină  $2\ \mu\text{s}$ ,
- sistemul de întreruperi este organizat cu 8 nivele de prioritate,
- posibilitate de apelare a unor subrutine în cadrul altor subrutine,
- sursă de alimentare proprie.
- Poate conține interfețe pentru terminale seriale:
  - teletype sau Display
  - teletransmisie sincronă sau asincronă
  - cititor/perforator bandă hîrtie
  - cititor cartele
  - imprimantă
  - casete magnetice
  - discuri flexibile
  - bandă magnetică (9 piste).

- echipamentele periferice rapide sînt cuplate prin acces direct la memorie (banda magnetică) sau canal (discul flexibil),

- Setul de programe este adaptabil la configurația aleasă.

El poate include:

- monitor,
- asamblor macroasamblor,

- editor de programe sursă
- compilatoare pentru limbaje de nivel înalt (BASIC, PL/M, PASCAL),
- programe specializate pentru conversie de suport sau teletransmisie.

Conform /116/ configurația cu elemente standard a sistemelor CORAL 4011 A și M18 este prezentată în tabelele 5.2.6 și respectiv 5.2.7.

Tabel 5.2.6

Nr. crt.	Cod CRO	Denumirea	Cantitatea subansamblelor
0	1	2	3
1	CP-11A	Procesor și consolă 4011A	1
2	AI/RTC-40	Interfață TTY și ceas timp real	1
3	MM-256	Modul memorie RAM	1
4	PS-40A	Sursă alimentare	1
5	MB-18	Sertar 18 plăci	1
6	CB-40/LP-40	Interfață cititor cartele și linie asincronă	3
7	IC-01	Cablu interfață asincronă	3
8	RP-40/LP-40	Interfață cititor, perforator și imprimantă	1
9	L4-81	Imprimantă paralelă cu interfață tip centronics	1
10	RP-01	Cititor perforator bandă	1
11	AM-40B	Multiplexor asincron local	1
12	CR-01	Cititor cartele	1
13	MT-40	Subsistem bandă magnetică	2
14	MT-01B	Extensie bandă magnetică	1
15	CD-40	Subsistem disc cartuș	2
16	CD-01E	Extensie disc cartuș	1
17	FD-40	Subsistem floppy disc	1
18	KSR-30	Terminal KSR 761	3
19	SI-40	Interfață sincronă	3
20	R4-40	Cabinet	2
21	-	Modem TELEROM M2	2
22	D	Display - DAF 1002	3
23	-	Programe de bază	1 set
24	-	Ploter (numai pentru sistemul off-line)	1



Tabel 5.2.7

Nr. crt.	Cod	Denumirea	Cantitatea subansamble
0	1	2	3
1	80.000	Unitate centrală	1
2	80.01	Module RAM 8 KO	8
3	80.03	Modul REEPROM 4 KO	2
4	80.04	Modul SIN	1
5	80.04	Modul IOV	1
6	72761	Consolă KSR (Centronics)	1
7	80.51	Lector cartele RCD	1
8	80.52	Imprimantă VLCP	
9	80.53	Lector perforator RM	1
10	80.06	Modul DMA	1
11	94 517 1000	Sursă alimentare AP 13	1
12	94 52 59000	Sursă alimentare AP 30	1
13	80.32	Postament periferic	1
14	80.09.1	Modul ABM	1
15	80.09.2	Subsistem BM	1
16	80.31	Cutie de distribuție	1
17	80.07.1	Modulul ACM	1
18	80.07.2	Subsistem dual	1
19	80.30	Dulap echipat	1
20	80.02	Memorie PROM 1 KO	1
21	Zoentrom 425 sau echipa- lent	Perforator cartele	2
22	D	Display - DAF 1002	1

În condițiile de operare arătate mai sus, când calculatorul off-line a preluat sarcinile calculatorului pe care se rulează programele în timp real, ca și perioada inițială, instalarea celor două minicalculatoare și a restului de echipamente și instalații conexa făcându-se în mod eşalonat, pe o perioadă estimată la 1 ÷ 2 ani, se preconizează ca rularea programelor off-line, pentru prognoză și programare, să se efectueze prin teletransmisie pe calculatorul Felix 256 a centrului teritorial de calcul.

Pentru aceasta este suficientă instalarea în centrală a unui terminal tip RCD 734 conform fig. 5.2.11. Comunicările se efectuează în semiduplex cu două sau patru canale în mod sincron cu viteza de transmitere ce poate fi de 2000-9600 biți/sec.

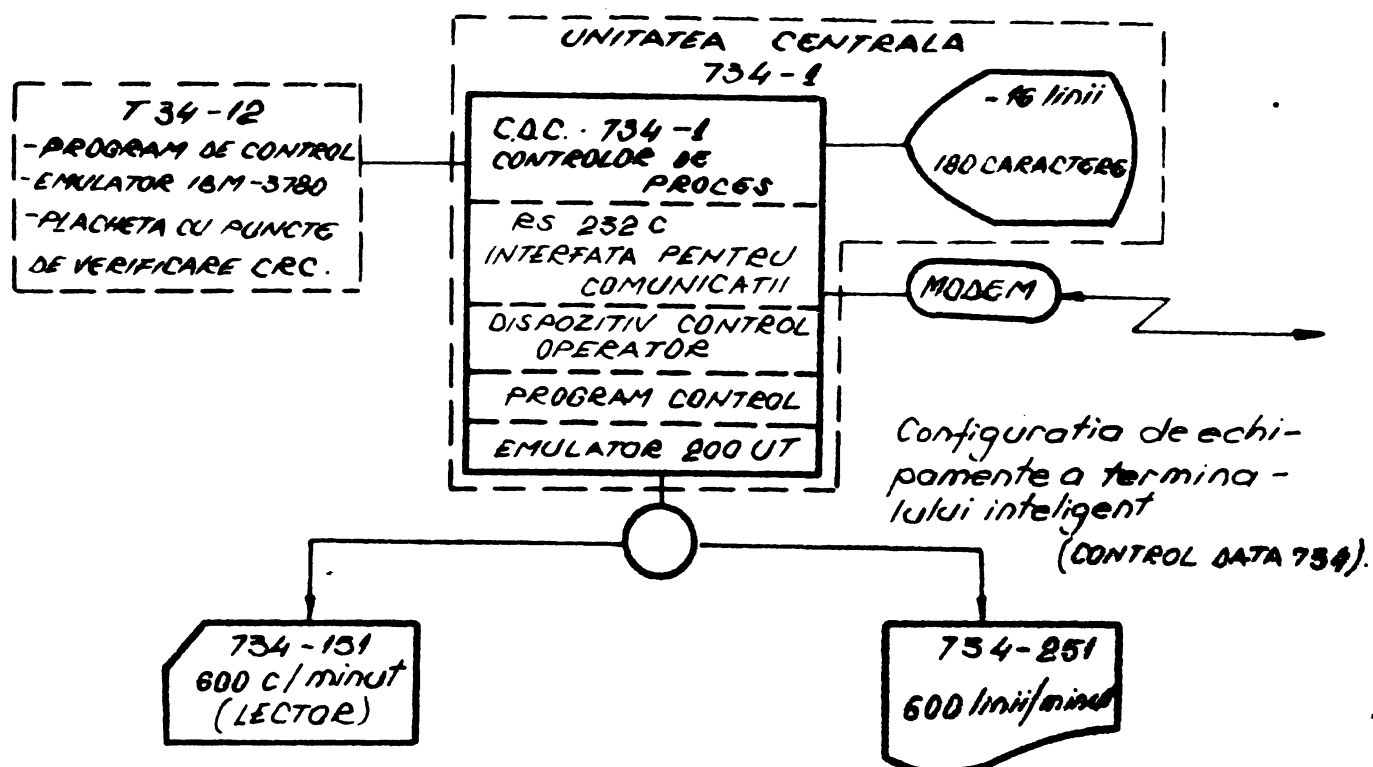


Fig. 5.2.11.

La punctul B se poate observa că setul de programe al microcalculatorului MC18 permite teletransmisia. Aceasta se realizează prin programul de firmă RB 734 R care permite folosirea microcalculatorului MC 18 ca terminal greu pentru introducerea de joburi de la distanță, prin teletransmisie la un calculator universal. In fig. 5.2.12 se prezintă schema folosirii microcalculatorului MC18 ca terminal greu al calculatorului Felix C 256. Sistemul de operare SIRIS-3 al calculatorului Felix C 256/C 512 prin programele SYMBIONT/TELESYMBIONT oferă posibilitatea de conectare la calculatorul central a unor stații de introducere de joburi, stații aflate la distanță. In acest mod capacitatea de prelucrare a calculatorului Felix C 256/C 512 devine accesibilă utilizatorului ce deține această stație locală (terminalul greu).

Pentru aceasta sînt necesare următoarele elemente ale configurației microcalculatorului MC18:

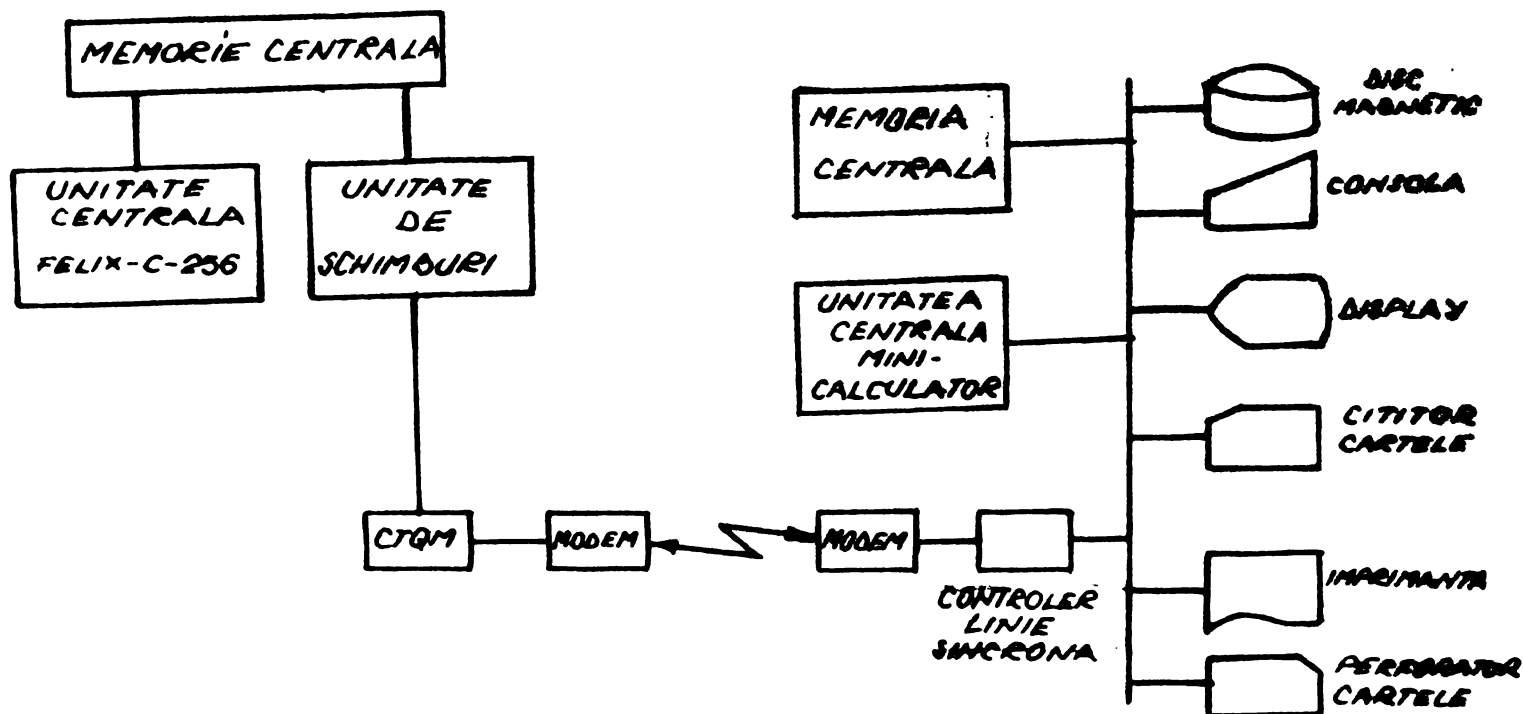
- 4 K octeți pentru program (poate fi deci și READ-ONLY),
- 2,25 K octeți memorie de lucru (READ-WRITE),
- cititor de cartele,
- imprimantă,
- consolă,

- USART,
- RTC de 0,1 secunde.

Pentru realizarea legăturii fizice sînt necesare:

- modemuri sincrone - TELEROM M2 - unul în stația centrală, celălalt în stația locală,
- o linie de telecomunicații,
- o cale sincronă disponibilă în cuplorul CTQM al stației centrale.

Conform /117/ ca echipament de culegere a datelor pentru rularea în timp real a programelor de mișcare nepermanentă a apei în lac sau albiile fluviului și afluenților principali se preconizează folosirea sistemului de telelimnimeetrie TELESET - 3005 destinat a fi utilizat cu prioritate în rețelele de hidrometrie de exploatare și de telelimnimeetrie operativă ale amenajărilor hidrotehnice. Conform /71/ sistemul asigură o viteză mare de trafic, permite extinderi succesive a rețelei și redistribuiri ale punctelor de măsură, fără a obliga la concentrări de echipamente de foarte mare capacitate care prin defectare pot întrerupe întregul flux de informații. Aceasta deoarece s-au secționat rețelele de mari dimensiuni în subrețele care-și concentrează in-



CONFIGURATIA DE PRINCIPALU A  
TERMINALULUI GREU SI CONECTAREA  
CU CALCULATORUL FELIX-C-256  
(terminal tip. R.J.E).

Fig. 5.2.12.

formațiile în echipamente de colectare, memorare și prelucrare independente și de capacitate relativ mică. Fiind specific rețelelor hidrometrice folosește suportul de teletransmisie rețeaua radio, dar nu exclude utilizarea cablurilor fizice.

Sistemul se compune din următoarele componente:

1. TELESSET-3005/1 - stație periferică de telemetrie (5 parametri),
2. TELESSET-3005/2 - stația radio a stației periferice de telemetrie,
3. TELESSET-3005/3 - stația radiotranslație,
4. TELESSET-3005/4 - stația radio centrală,
5. TELESSET-3005/5 - stația centrală de telemetrie, unitatea de bază de apelare ciclică, colectare memorare și prelucrare a informațiilor (subrețeaua I-a - 30x5 parametri)
6. TELESSET-3005/6 - unitatea adițională de colectare memorare și prelucrare a informațiilor (câte una pentru fiecare subrețea suplimentară - capacitate 30x5 parametri).

Schema conexiunii elementelor componente se prezintă în fig. 5.2.13.

Traficul radio se realizează în duplex transmitându-se simultan către toate subrețelele semnale de apel ciclic a stației centrale, iar în sens invers informațiile asupra parametrilor pe canale radio diferite pentru fiecare unitate de colectare, memorare și prelucrare.

Deci către centrul de supraveghere se asigură un flux de informații conform relației

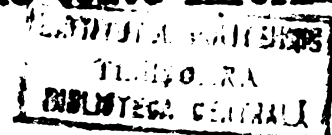
$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{S_i} P_j \text{ (parametri)}$$

$N \leq 6$  - numărul de subrețele elementare de supraveghere simultane,

$S \leq 30$  - numărul de stații de telemetrie TELESSET 3005/1 pe teritoriu în cadrul subrețelelor elementare,

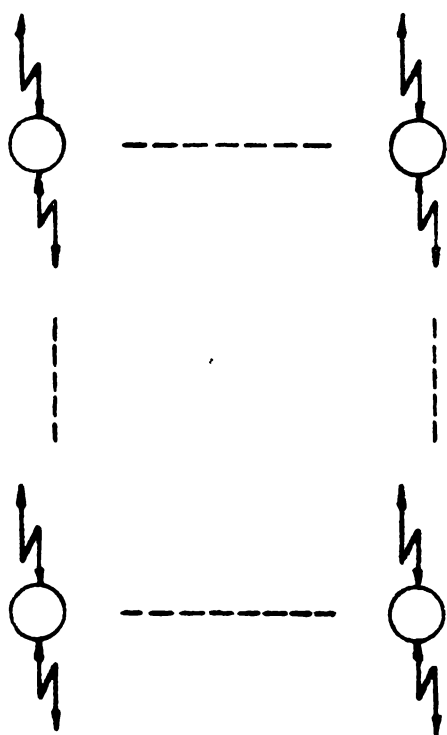
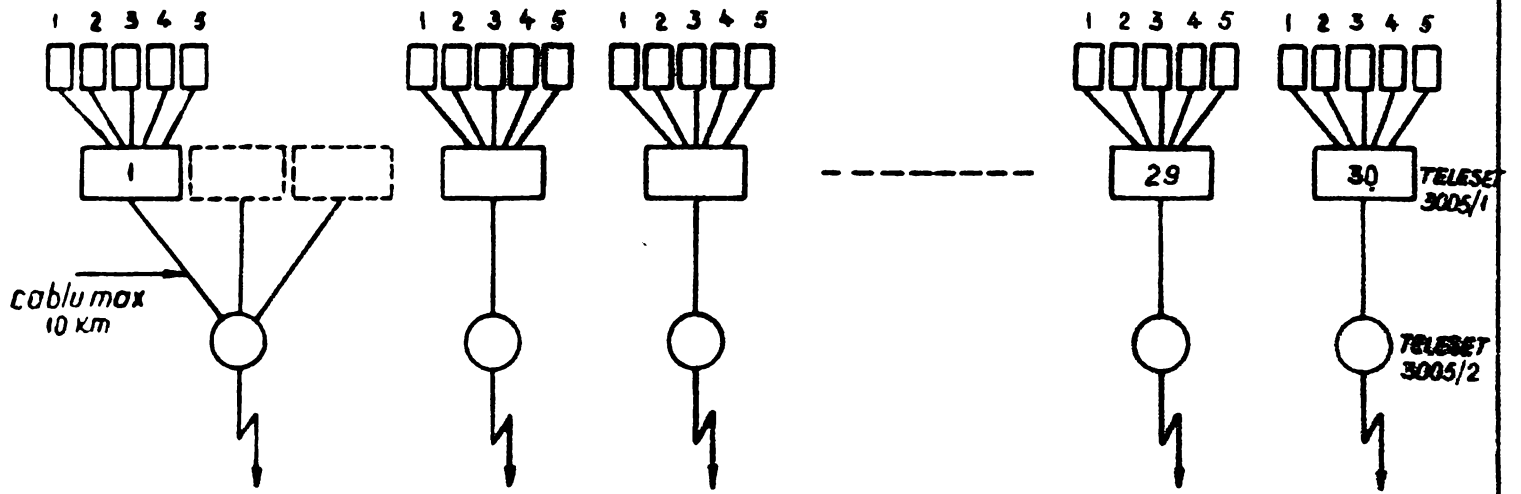
$P \leq 5$  - numărul de parametri ce se măsoară de către o stație telemetrică.

Unitățile centrale de colectare, memorare și prelucrare TELESSET 3005/5 și 3005/6 stocază în memoriile lor în condițiile reînnoirii continue într-un ciclu de 60 secunde toate informa-



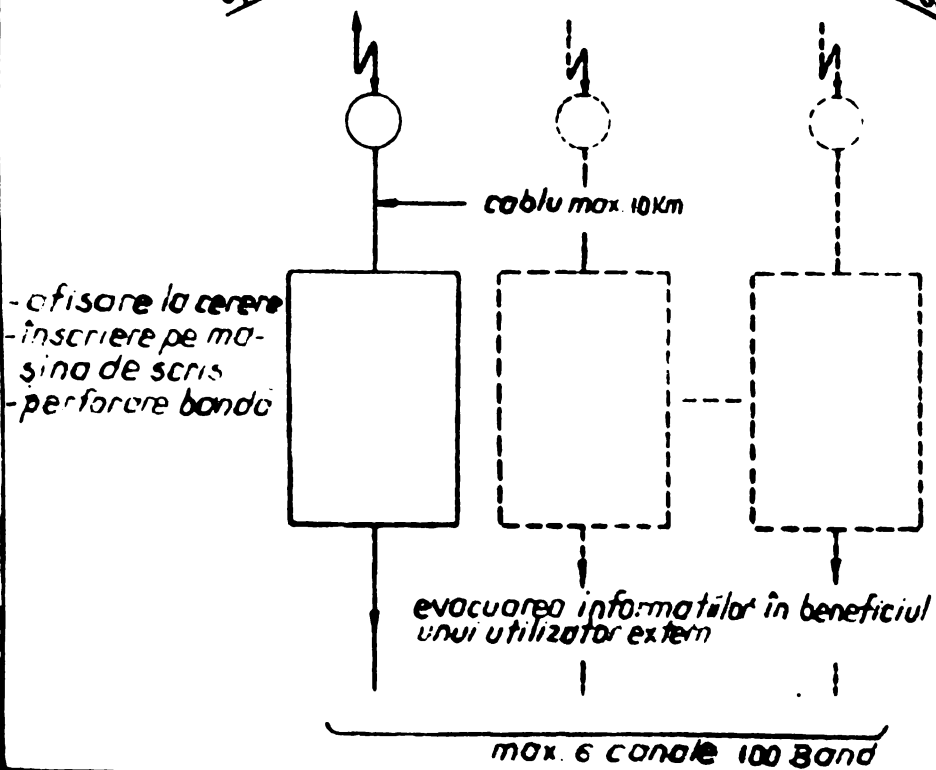
max. 30 statii

max. 3 statii



TELESET - 3005/3

apelare ciclică - durata ciclului 60 sec.



TELESET - 3005/4

TELESET - 3005/5  
TELESET - 3005/6

Fig. 52.B.

țiile situației hidrologice a teritoriului supravegheat. Informațiile sînt prelucrate în vederea cunoașterii depășirii limitelor și a afișării pe un panou sinoptic, ele putînd fi luate din memorii în vederea:

- afișării numerice cu 3 ordine zecimale, la cerere, a valorilor - afișare în bloc a tuturor parametrilor stației dorite,
- protocolare pe mașini de scris la oră fixă (cu perioada aleasă la dorință, de 1 h, 1/2h și 1/4 h) sau la cerere a tuturor informațiilor (cîte o mașină de scris pentru fiecare unitate TELESET 3005/5 sau 3005/6).

- Inregistrare pe bandă perforată, la oră fixă (ca posibilitate înlocuitoare față de protocolare pe mașină de scris).

Suplimentar unitatea centrală de colectare T.S.3005/5 și 3005/6 au posibilitatea de a fi cuplate cu un centru de calcul care efectuează prognoza hidrologică. În acest caz se utilizează un canal de teletransmisie pentru fiecare unitate centrală existentă, deci în total maximum 6 canale.

Pe aceste canale se transmite în mod continuu și ciclic informațiile acumulate în memoriile unităților TELESET 3005/5 și 3005/6.

Ciclul total de 180 sec, dacă unității de calcul i se oferă informații reînnoite într-un ciclu de 180 secunde. În funcție de numărul de parametri necesar a fi supravegheat în acel punct geografic, numărul stațiilor periferice de telelimnimeetrie T.S. 3005/1 plasat în acelaș punct poate fi ales între 1 și 3. Grupele de stații astfel formate vor funcționa în conexiune cu aceeași stație radio periferică T.S.3005/2, fără însă ca prin aceasta numărul stațiilor periferice de telemetrie T.S.3005/1 utilizate într-o subrețea să poată fi mai mare de 30.

Modul de rezolvare a dialogului între centrale de telemetrie T.S. 3005/5 și T.S. 3005/6 și stațiile periferice T.S. 3005/1 asigură în cadrul sistemului un consum foarte redus pentru subansamblele periferice T.S. 3005/1 și T.S. 3005/2 în schimbul unui consum important la stațiile de retranslație 3005/3 și stația centrală. Ca urmare subansamblele T.S. 3005/1 și 3005/2 pot fi alimentate cu surse chimice uscate de capacitate mică pentru o autonomie de 12 luni (baterii de telefonie), dar T.S. 3005/3 și T.S. 3005/4 care formează rețeaua radio trebuie alimentate de la o rețea de c.a. (220 V). Pentru a satisface însă și cazurile în care pentru stațiile de retranslație terminale

(aflăte în relație directă cu stații periferice TELESET 2) este preferată alimentarea autonomă, fără racord la rețea a fost prevăzută posibilitatea funcționării acestora în regim de emisie prin declanșarea de către codurile de apel ale stațiilor periferice de telemetrie TELESET 3005/1 cu care se află în relație directă (max. 3 stații pentru această variantă). În acest caz alimentarea stațiilor radio de retranslație TELESET 3005/3 se face din surse chimice de mare capacitate.

Setul de traductoare compatibile cu stația periferică de telemetrie TELESET 3005/1 este următorul:

- TLN-10 R - traductor numeric de nivel
- TPN-A 800 - traductor de precipitații (pluie și nivel)
- TT-40/50 - traductor de temperatură
- TDL - traductor analogic de deplasare liniară
- TDU - traductor analogic de deplasare unghiulară
- TNDL - traductor numeric de deplasare liniară
- TNDU - traductor numeric de deplasare unghiulară

putând fi utilizate însă și altele <sup>pentru</sup> care se oferă un cod paralel zecimal-binar (reflectat sau nu) cu 12 biți, fie un curent sau tensiune proporționale atât cu mărimea măsurată, cât și cu tensiunea sursei de alimentare.

Echipamentele radio utilizate provin din producția curentă de radiotelefoane și sînt incluse fără modificări, putînd fi alese pentru a lucra în benzile de frecvență utilizate de beneficiari. În situațiile în care lucrările de întreținere și depănare o cer ele pot fi folosite pentru legături în fonie între echipele de lucru și centrul de supraveghere.

### 5.3. Sinteza capitolului 5

- Analizîndu-se carențele vechiului sistem informațional, au fost stabilite cerințele, necesitățile și obiectivele ce trebuie să le atingă noul sistem informatic al activității de exploatare a hidrocentralelor fluviale privind utilizarea potențialului amenajării.
- Pentru satisfacerea deplină a acestor deziderate a fost stabilit conceptul, structura și funcționalitățile noului sistem informatic, concretizîndu-se schemele de sistem ale acestuia.
- Se preconizează aplicarea în practică a noului concept al sistemului informatic, stabilîndu-se în /116/ configurația echi-

pamentelor de calcul care permit aplicarea schemelor de sistem propuse de autor.

- Instrumentarul noului sistem informatic, respectiv configurația de calcul și sistemul de culegere a datelor teletelimitrice se preconizează a se realiza cu cele mai recente echipamente ce se produc în țară.
- Concepția autorului, noul sistem informatic al activității de exploatare a centralei fluviiale din punct de vedere al utilizării potențialului preconizând: modelarea matematică corectă mai ales a fenomenului de mișcare nepermanentă a apei în albie și lac, folosirea de proceduri pentru reducerea erorilor parametrilor de exploatare, culegerea și prelucrarea datelor în timp real și folosirea unei configurații de calcul adecvate este în măsură să atingă obiectivele propuse și să rezolve majoritatea carențelor vechiului sistem informațional.

## 6. PRINCIPIILE TEORETICE SI ALGORITMI NOULUI CONCEPT DE SISTEM INFORMATIC

Așa cum se demonstrează în /78/ o știință se maturizează pe măsura matematizării legilor cu care operează într-un domeniu de specialitate. Utilizarea metodelor matematice în organizarea și conducerea sistemelor industriale a căpătat o extindere deosebită mai ales în etapa apariției calculatoarelor electronice. Modelarea matematică reproduce la scară, prin intermediul simbolurilor, o parte a realității, o mulțime de evenimente, o teorie dintr-un anumit domeniu de specialitate cu scopul testării comportamentului acestora și găsirii căilor de optimizare a desfășurării lor în practică.

Modelele matematice reproduc anumite laturi ale obiectelor supuse studiului prin intermediul unei teorii. Modelarea servește în această idee la cunoașterea științifică a realității și construirea de modele care să servească scopului propus. Pe baza cunoașterii legilor care guvernează relațiile dintre obiecte și fenomene se clădește o teorie care să reflecte această realitate, apoi se găsesc simboluri care pot reproduce principiile teoretice într-un model ce reflectă trăsăturile realității studiate. Modelul ideal este acela care reproducând teoria unui fenomen se poate supune testării în diverse ipoteze de desfășurare



din care să rezulte concluzii privind fenomenul studiat. Corelația teorie-model-realitate este o caracteristică esențială în vederea reflectării în model a corelațiilor esențiale ale fenomenului fizic.

Conceptele controlului optimal se regăsesc în conducerea optimală a sistemelor cu ajutorul calculatoarelor de proces.

Pentru comanda sistemelor de energie dintre tipurile de calculatoare electronice care sînt pregătite pe plan mondial rețin atenția unitățile care culeg, prelucrează, întocmesc decizia de comandă pe baza unui program prestabilit și conduc nemijlocit producția. Pentru întocmirea unor programe care să rezolve anumite probleme este necesar să se stabilească algoritmi de rezolvare a acestora. Numim algoritm o mulțime de reguli de calcul folosite într-o anumită succesiune cu ajutorul căreia putem obține soluția unei probleme prin executarea unui număr finit de operații. Pentru aceasta algoritmul trebuie să cuprindă studiul tuturor situațiilor posibile, nelăsînd nimic la voia arbitrariului. Pe lângă claritate un algoritm trebuie să aibe și proprietatea de universalitate, adică să fie aplicabil unei întregi clase de probleme sau cel puțin să fie utilizabil, indiferent de valoarea datelor de intrare, precum și să aibe proprietatea de a fi eficace, în sensul de a găsi rezultatul dorit într-un timp convenabil și cu o precizie suficient de bună.

Un algoritm este format din mai mulți pași corespunzător diferitelor etape de calcul. Pașii se execută în ordinea lor naturală (secvențial), atît timp cît nu intervine o condiție de salt care să comande executarea unui alt pas decît cel următor.

Pentru întocmirea programului algoritmul trebuie prezentat într-o formă accesibilă programatorilor, de asemenea și calculatoarelor. Descrierea algoritmilor se poate face facil prin intermediul schemelor logice.

În ceea ce privește modelele în sistemele de energie se pleacă de la principiul optimalității care spune că o strategie optimală de evoluție a sistemului nu poate fi formată decît din sub-strategii optimale.

Este evident că sistemul de conducere a exploatării unei hidrocentrale fluviale din punct de vedere a utilizării potențialului amenajării este un sistem cibernetic. Modelele cibernetice se înscriu atît în domeniul teoreticului, cît și în domeniul practicului prin abstractizarea realității și prin realizarea efecti-

vă a sistemului în partea lui funcțională. În timp ce modelul matematic general se referă la domeniul posibilului logic, modelul cibernetic se referă la posibilul realizabil. Limitele modelării cibernetică sînt aceleași cu cele a cunoașterii dialectice a realității, cu condiția ca sistemul să comporte reacție inversă, să fie dotat cu o sursă de date și să aibe o astfel de structură, încît principiile sale de construcție să funcționeze, să respecte legile matematice și legile naturii.

În cazul nostru fenomenul fiind de natură hidraulică este firesc să fie guvernat de principiile teoretice ale hidraulicii și mașinilor hidraulice, principii și relații teoretice care vor determina de altfel și structura modelului matematic al fenomenului fizic și deci implicit algoritmi de rezolvare a problemelor ridicate de sistem.

În subcapitolele următoare se vor prezenta principiile teoretice și algoritmi care constituie instrumentarul matematic al noului sistem informatic al activității de exploatare a centralei hidroelectrice fluviiale. Preconizîndu-se anticiparea folosirii avantajelor date de utilizarea calculatorului electronic pentru determinarea prognozei, stabilirea, verificarea și lansarea programului, chiar înainte a primei etape de instalare a minicalculetoarelor de proces, algoritmul pentru determinarea debitului defluent, care va fi data de intrare în programul de integrare a ecuațiilor mișcării nepermanente a apei în lac, a fost conceput în consecință.

Prin rezolvarea anticipată pe calculator a ecuației polinomiale a turbinei, care a fost dedusă, pentru toate cazurile posibile de funcționare se prezintă posibilitatea construirii unor nomograme care să permită determinarea parametrilor turbinei (și implicit a debitului turbinat) cu aceleaș avantaje (reducerea erorilor) și pînă la instalarea minicalculatorului de proces. Deoarece pentru acesta este mai întîi necesară determinarea mediei ponderate a nivelelor din cele două deschideri a prizei turbinei, pentru operativitate, se preconizează folosirea de către operatorii din camera de comandă a unei mașini de calcul F.C.16, prezentîndu-se de asemeni programele și schemele logice aferente, concepute pentru aceasta.

### 6.1. Determinarea debitului defluent

Urmare barării fluviului în secțiunea amenajării, debitul ce-l avea acesta în această secțiune este înlocuit cu debitul defluent care este reglat funcție de condițiile specifice ale funcționării centralelor.

Debitul defluent se compune din debitul deversat, debitul ecluzat și debitul turbinat. Debitul deversat este specific debitelor afluate mari (perioadelor de viitură) și în general ca durată nu depășește 90 zile/an. Deoarece în cazul debitului ecluzat, în condiția că cele două ecluze nu defluează simultan, media zilnică raportată la debitul afluent cu frecvență maximă nu depășește 0,5% se poate considera că intră în eroarea de măsură și deci într-o primă ipoteză se poate neglija.

Debitul turbinat de turbinele celor două centrale în majoritatea cazurilor (atunci când nu se deversează și nu se ecluzează - respectiv se neglijează valoarea debitului de apă ecluzat) se confundă cu debitul defluent.

Rezultă deci că eroarea de determinare a debitului defluent în general este caracterizată de eroarea de determinare a debitului turbinat. În ceea ce privește ordinea de calcul chiar în condițiile că se produce deversare debitul turbinat fiind necesar la testarea situației de simetrie pentru determinarea debitului deversat, trebuie determinat primul. Suma debitelor turbinate de turbinele în funcțiune vom numi debit "uzinat".

Notăm cu  $Q_I$  și  $Q_{II}$  debitul uzinat de centrala hidroelectrică studiată și respectiv cel uzinat de centrala hidroelectrică parteneră.

Dacă există deversare, calculul debitului deversat se face folosind fișierul corespunzător situației existente de deversare și care va fi una din situațiile descrise în capitolul următor.

Atunci debitul defluent "Qdefl" este

$$Q_{defl} = Q_I + Q_{II} + Q_D \quad (6.1.1)$$

În fig. 6.1.1 se prezintă propunerea schemei de calcul a debitului defluent în condițiile descrise mai înainte.

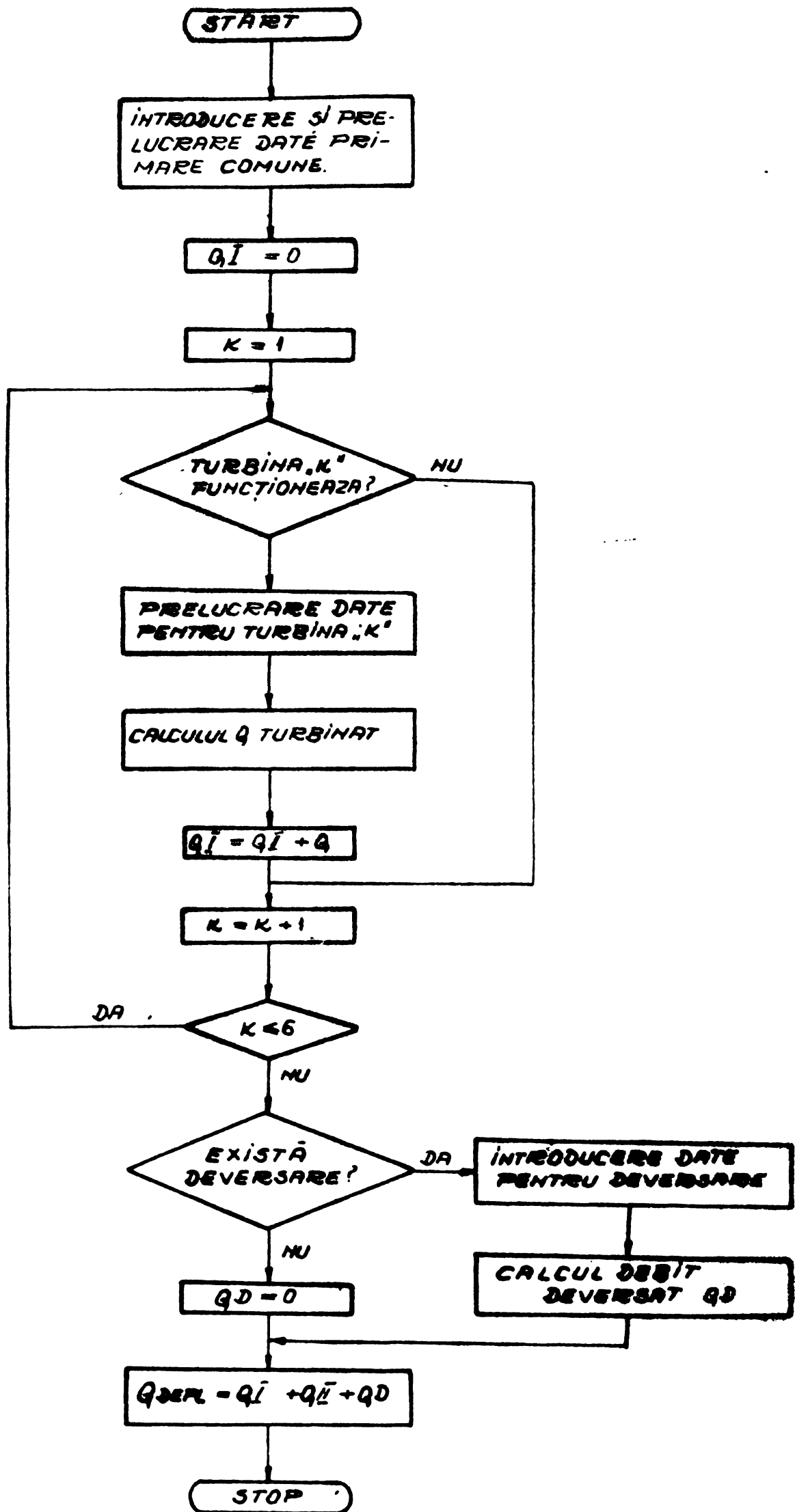


FIG 6.1

SCHEMA DE SISTEM DE PROIECTAT

## 6.2. Determinarea debitului deversat.

Evacuarea apelor mari cu debite ce depășesc debitul disponibil de evacuare a hidroagregatelor în funcțiune din centrale se face prin câmpurile deversoare ale barajului deversor.

În fiecare din aceste câmpuri este instalată câte o stăvilă dublu cârlig cuprinzând două secții (superioară și inferioară) acționate de câte o pereche de servomotoare hidraulice (fig.6.2.1).

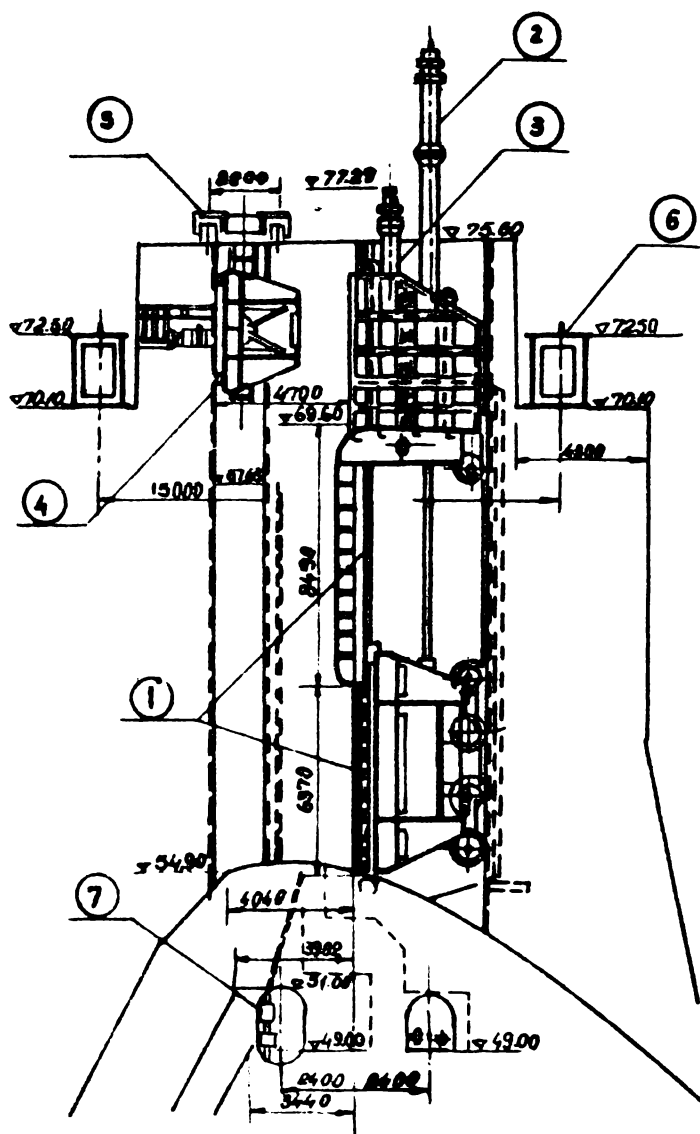


Fig. 6.2.1.- Stăvila dublu cârlig a barajului deversor.

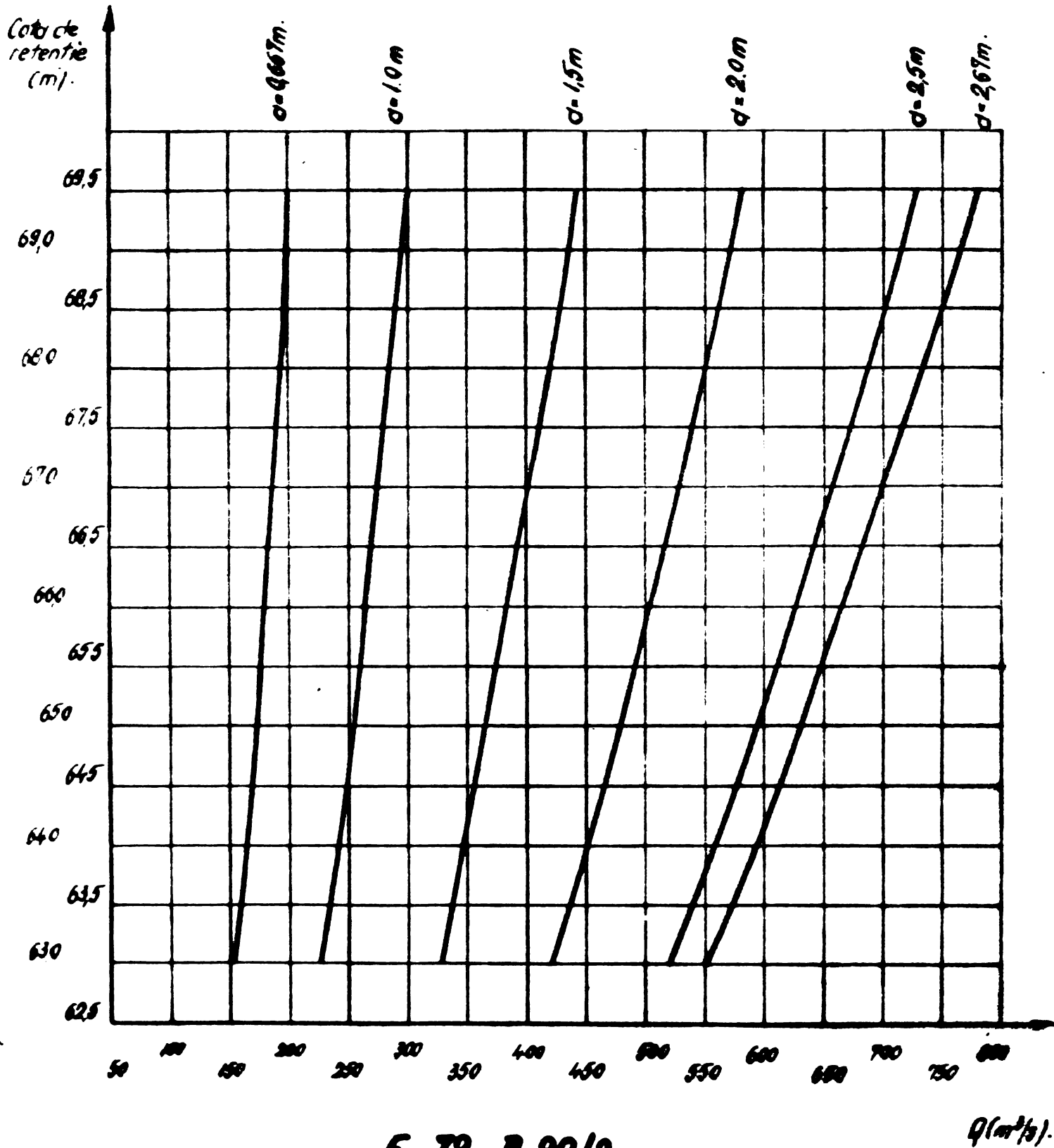
1. Stăvilă plană dublu cârlig.
2. Servomotorul secției superioare
3. Servomotorul secției inferioare
4. Element pentru stăvila de avarii
5. Suport
6. Grinzile căii de rulare a macaralei portal
7. Rețea de aer comprimat.

Ipoteze de funcționare.

1.- Secția inferioară ridicată. Cursa servomotorului secției inferioare este deschiderea stăvilii Si, deschiderea maximă (normală de lucru) fiind mai mică de 6370. În acest caz deversarea este de tip orificiu.

Din punct de vedere a simetriei debitului afluent către deversoare putem avea cazurile:

- debit afluent simetric în care caz debitul deversat se determină din diagrama B 3-72-B 29/1. (fig. 6.2.2).



E-72-B 29/2.

Fig. 6.23.

- debitul afluent nesimetric, caz în care debitul deversat se determină din diagrama E 3-72-B 29/2 (fig. 6.2.3).

În aceste diagrame, construite prin similitudine după încercările pe modele pentru cazurile descrise mai înainte, pentru diferite deschideri a stavilei este dată o curbă care descrie debitul deversat funcție de nivelul AMT (nivel amonte).

2.- Secția superioară lăsată pe secția inferioară (deversare tip clapetă). Cursa secției superioare este valoarea de coborîre a secției =  $S_s$ , corelată cu nivelul AMT determină grosimea lamei deversate.

Putem avea de asemenea următoarele cazuri din punct de vedere a simetriei debitului afluent către deversoare:

- debit afluent simetric, caz în care determinarea debitului se face din diagrama E 3-72-B 28, curba 1,

- debit afluent nesimetric, caz în care debitul deversat se determină din diagrama E 3-72-B 28, curba 2.

Aceste diagrame au fost obținute în mod similar cu cele de la ipoteza 1. (fig. 6.2.4).

Prin convertire din aceste programe se poate determina debitul deversat funcție de cursa servomotorului secției superioare.

3.- Ambele secții în poziție ridicată. În acest caz dacă AMT  $54.738 + S_i$  avem cazul deversării libere cînd debitul deversat se determină din diagrama "cheie deversor" care dă debitul funcție de nivelul amonte (fig. 6.2.5).

Si această diagramă a fost construită similar cu cele de la ipoteza 1 de deversare.

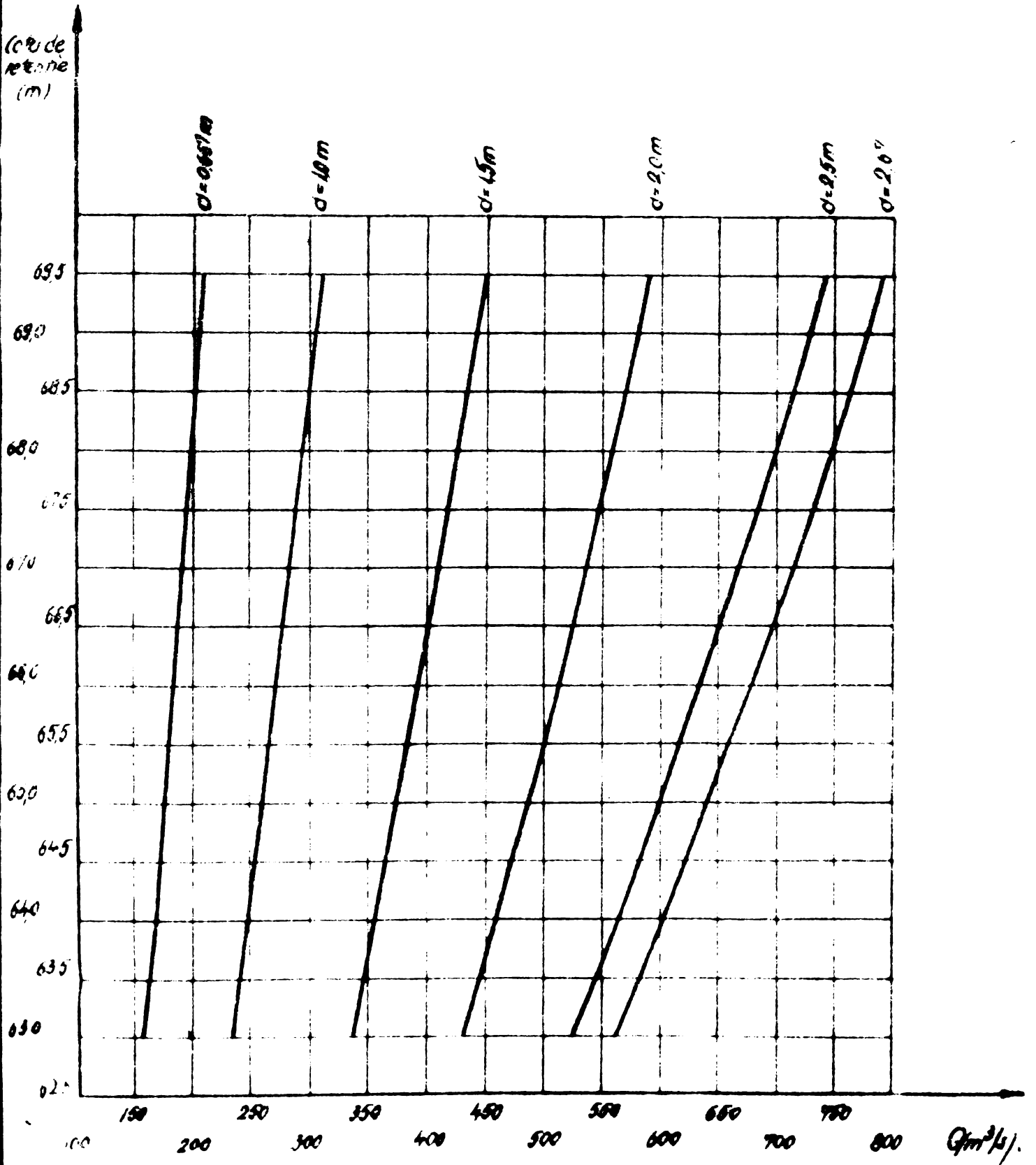
Conform condițiilor de exploatare stabilite

- secția superioară nu se acționează dacă secțiile inferioare sînt așezate pe prag (închise),

- secțiile inferioare nu se acționează, dacă cele superioare nu sînt în poziția superioară și blocate.

Aceste condiții exclud realizarea simultană a deversării pe sub secțiile inferioare cu deversări peste secțiile superioare.

În aceste condiții în fig. 6.2.6 se prezintă propunerea logică de calcul a debitului deversat.

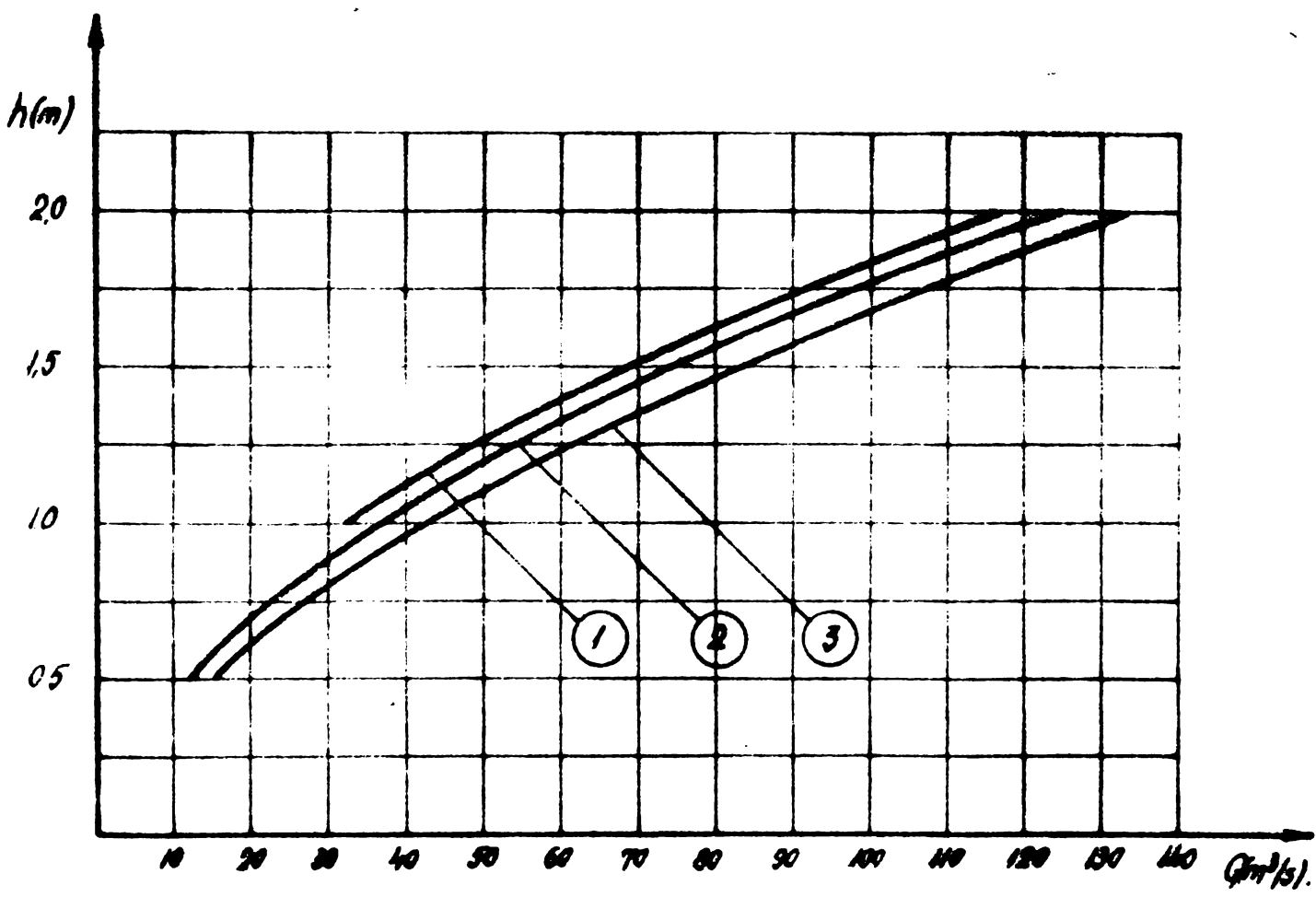


E-3-72-B. 294.

Fig. 6.2.2.



1. - Toate cimpurile functioneaza.
2. - Debit afluent asimetric
3. - Un cimp deversor functioneaza  
deci vecine nu functioneaza.



E-3-72-B.28.

Fig. 6.2.4.

CHEIE DEVERSOR

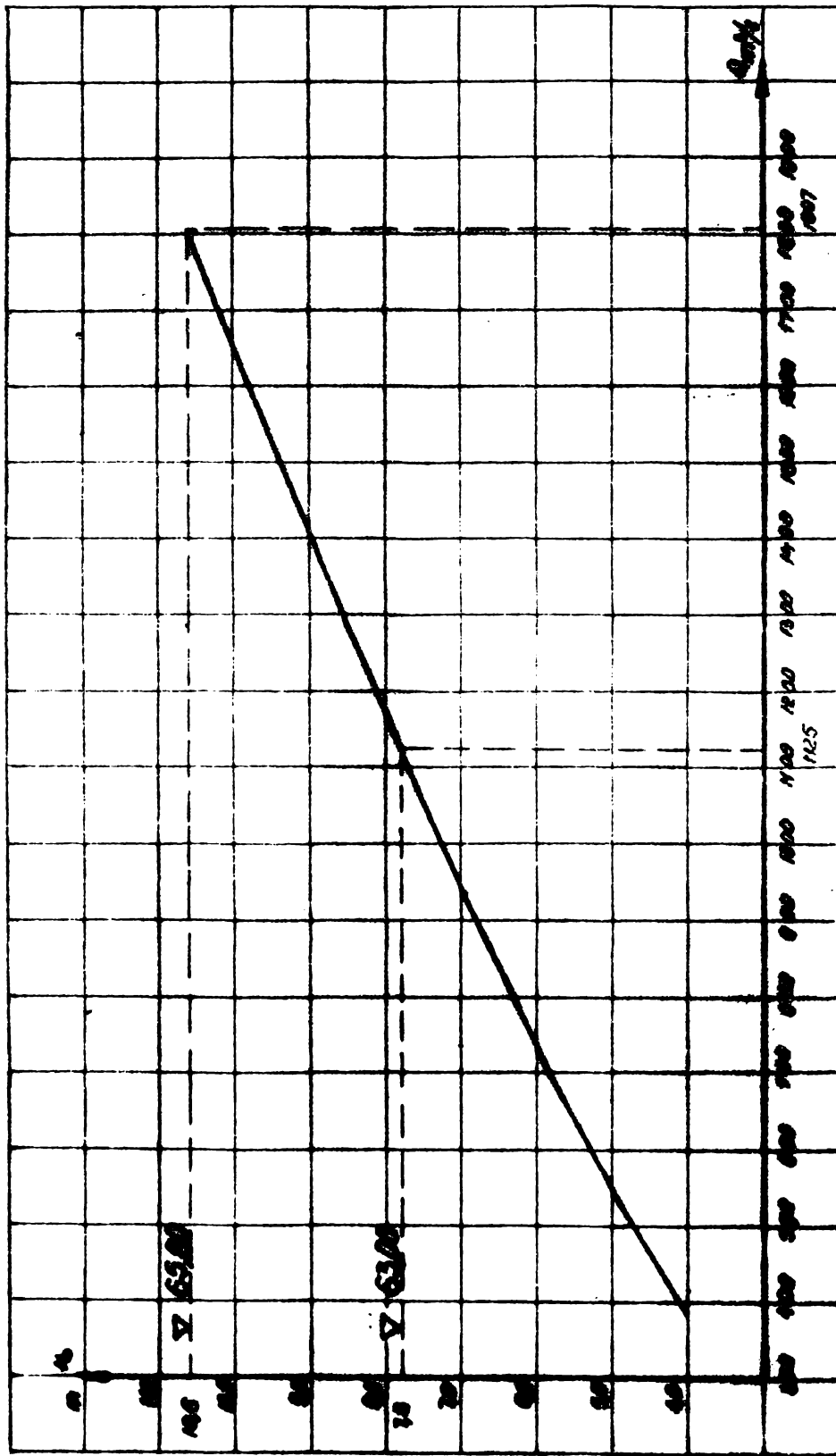


Fig. 6.2.5.

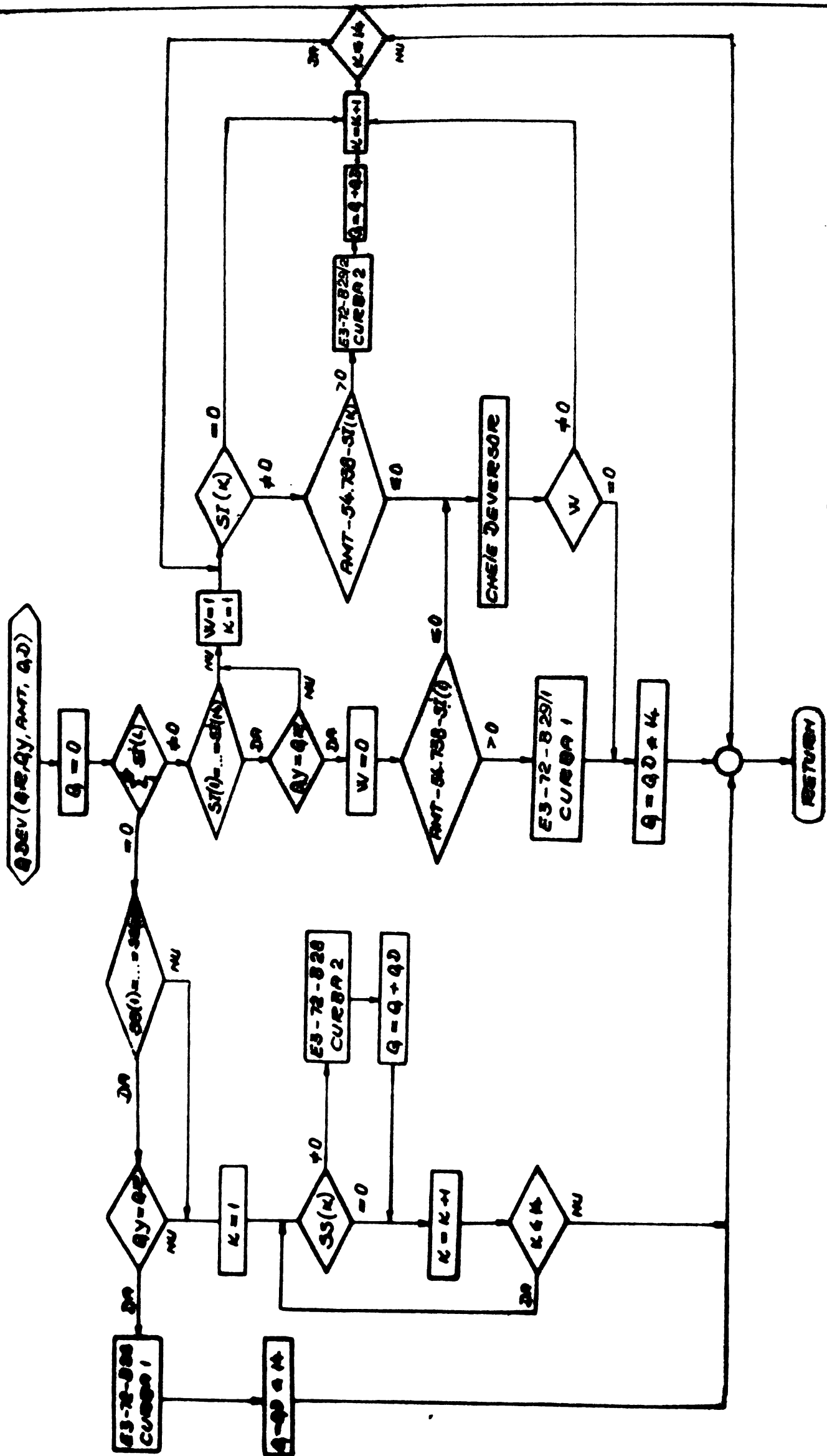


FIG. 6.2.6.

### 6.3. Determinarea debitului turbinat

Pentru hidroagregatele de mare putere dintr-o centrală fluvială de joasă cădere, respectiv de tipodimsneiunea celor din centrala studiată, există mai multe căi de determinare a debitului turbinat.

Dintre acestea amintim:

1.- Metoda Winter-Kennedy

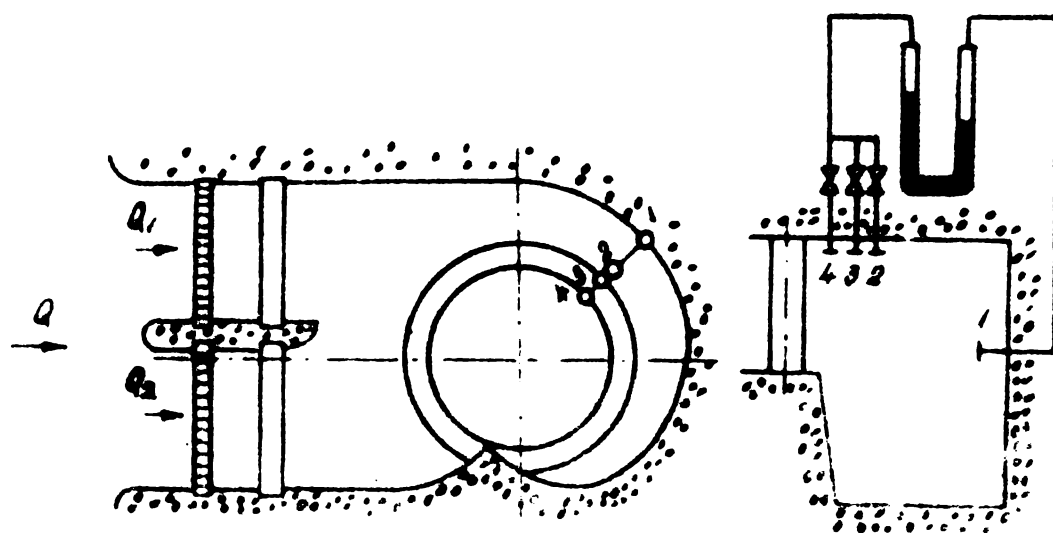
$$Q = wk \sqrt[n]{\Delta H} \quad (6.3.1)$$

unde  $\Delta H$  este presiunea diferențială măsurată la prizele din camera spirală fig. 6.3.1, iar  $wk$  - coeficientul de debit.

În /8/ se arată că eroarea acestei metode se poate situa între 2 ÷ 6%, iar indicele "n" al radicalului pentru o priză similară cu cea a turbinelor din centrala studiată (de forma din fig. 6.3.1) s-a determinat fiind egal cu 2.

2.- Metoda Allan (metoda ecranului salin) care constă din injectarea unui ecran salin în traseul de scurgere și determinarea trecerii acestuia prin două secțiuni limitrofe a unui tronson de lungime dată. Metoda se pretează în cazul efectuării unor măsurători programate și sporadice a parametrilor turbinei, dar nu se pretează practic din motive economo-ecologice la măsurarea în mod continuu a acestora.

3.- Pe cale indirectă din putere sau energie, măsurându-se totodată și căderea și folosindu-se topograma de exploatare a turbinei, determinată prin similitudine după topograma universa-



*Schema de măsură a presiunii diferențiale în camera spirală.*

Fig. 6.3.1.

lă care a fost construită în baza încercărilor pe un model la scară redusă a turbinei. Aceasta este o metodă uzuală în cazul turbinelor de puteri mari din centralele fluviiale de joasă cădere de tipodimensiunile celor instalate în amenajarea studiată. Este metoda folosită în activitatea de conducere a exploatării hidrocentralei fluviiale studiate pe care autorul și-a propus o îmbunătățescă prin eliminarea unor erori și curențe izolate în etapa de analiză în vederea optimizării determinării parametrilor de exploatare a turbinelor.

4. Metoda Krupp Atlas - de măsurare a debitului turbinat cu ajutorul ultrasunetelor. Este o metodă nouă în fază de proiect. Se bazează pe măsurarea vitezei curentului de apă într-o secțiune dată cu ajutorul ultrasunetelor putînd înlocui metoda clasică a moriștilor față de care se dovedește mai practică, mai precisă și mai operativă. Aceasta s-ar putea realiza prin adaptarea atît la turbine cît și la deversoare a instalației ATLAS-Flora 10 construită pentru măsurarea debitelor pe rîuri cu lățimi pînă la 300 m cu precizia de măsurare asigurată de această instalație.

#### 6.3.1.- Metodologia actuală de determinare a debitului turbinat.

În situația actuală indiferent de punctul de funcționare, debitul mediu turbinat pe un anumit interval de timp (luat în considerare în calculele de program) se determină considerîndu-se că turbina funcționează în regim optim cu formula

$$Q_m = \frac{W_{\text{turb}} \cdot q}{T} \quad (6.3.2)$$

$W_{\text{turb}}$  - este energia electrică activă înregistrată la bornele generatorului în acest interval de timp,

$q$  - consumul specific de debit pentru producerea unității de energie electrică în cazul funcționării turbinei în regim optim și este funcție de căderea "brută" a centralei (fig. 6.3.2)

$T$  - intervalul de timp de calcul al debitului mediu.

Curba din fig. 6.3.2 este corespondenta curbei de regim optim a-a' de pe o topogramă de exploatare "ipotetică" care a fost determinată pentru un anumit regim de funcționare al generatorului și pentru o anumită valoare a pierderilor hidraulice. Curba de regim optim a-a' din fig. 6.3.3 este locul geometric al punctelor

de tangentă a curbeilor de tangentă hidroagregat = cst cu tangen-  
tele  $H_{BR} = \text{cst}$

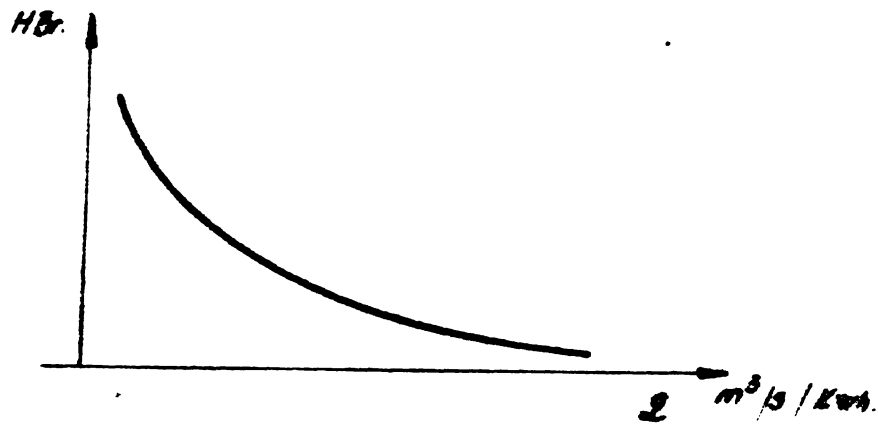


Fig. 6.3.2.

Pe această topogramă de exploatare "ipotetică" fig.6.3.4  
determinăm punctul instantaneu de funcționare, acesta fiind la  
intersecția curbei puterii active  $PA = \text{cst}$ , măsurată la megawatt-  
metru sau obținută prin împărțirea energiei active, înregistrată  
la contorul de la bornele hidroagregatului, la intervalul de timp  
re  $\Delta t$  înregistrat energia respectiv.  $P = \frac{E}{\Delta t}$  (media  
acest interval de timp) amenajării.

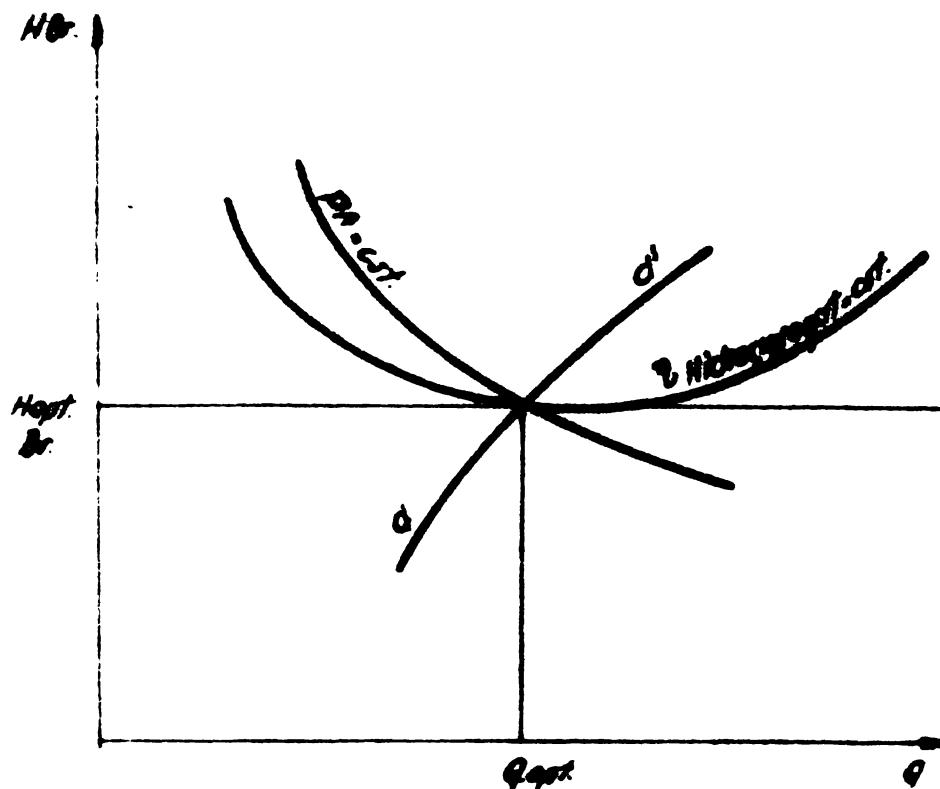


Fig. 6.3.3.

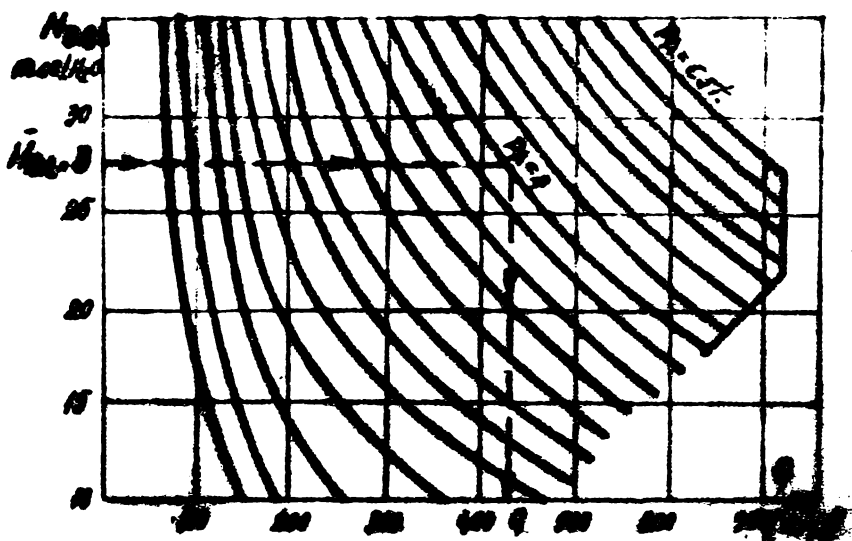


Fig. 6.3.4.

Deci

$$P_{Am} = \frac{EA}{T} \quad (6.3.4)$$

unde

$P_{Am}$  - puterea activă medie pe intervalul de timp,

$EA$  - energie activă

iar:

$$EA = (I_{A2} - I_{A1}) \times c \quad (6.3.5)$$

$I_{A1}$  - index contor la începutul intervalului

$I_{A2}$  - index contor la sfârșitul intervalului

$c$  - constanta contorului.

Așa cum am demonstrat în /46/, procedura folosită are o mulțime de deficiențe dintre care reamintim:

Valorile debitului turbinat determinat astfel

- nu corespund punctului real de funcționare
- nu are în vedere regimul de funcționare al generatorului,
- nu are în vedere pierderile hidraulice efectiv realizate în blocul turbinei,
- nu conțin influența pierderilor suplimentar dinamice ca efect al funcționării turbinelor în formație și nu singular
- nu reflectă "alterarea" randamentului hidraulic al turbinei funcție de regimul cavitațional efectiv realizat.

Procedura actuală de prelucrare a datelor mai conduce și la erori provenite din:

- nesimultaneitatea citirii datelor,

- redondanțe,
- prelucrarea manuală a datelor.

### 6.3.2.- Optimizarea determinării parametrilor de exploatare a turbinei.

Așa cum s-a arătat în capitolul precedent metodologia ce se aplică în prezent, indiferent de regimul de funcționare al generatorului, valoarea pierderilor hidraulice în priză și la ieșirea din aspiratorul turbinei și regimul cavitațional efectiv realizat pentru determinarea parametrilor de funcționare a turbinei folosește aceeași topogramă "ipotetică" de exploatare de forma  $PA = cst$  în coordonate  $H_{brut}$  și  $Q$  (fig. 6.3.4), topogramă determinată pentru o anumită ipoteză de funcționare a generatorului (cu un anumit factor de putere), o anumită valoare a pierderilor hidraulice în priză și la ieșirea din aspiratorul turbinei și fără a ține seama de regimul cavitațional efectiv realizat care "alterează" randamentul hidraulic al turbinei (acesta fiind determinat prin similitudine după încercările energetice de pe model, încercări ce nu au în vedere realizarea regimului de cavitație industrial).

Pentru eliminarea acestor erori ar trebui ca pentru fiecare regim de funcționare al generatorului, pentru fiecare valoare a pierderilor hidraulice (în priză și la ieșirea din aspiratorul turbinei) și fiecare regim de cavitație "industrială" posibil de realizat să se determine câte o astfel de topogramă de exploatare. Deci fișier de topograme. Volumul acestui fișier, ce s-ar constitui conform celor arătate mai sus, ar fi deosebit de mare.

Pentru exemplificare chiar fără a ține seama de regimul de cavitație industrială efectiv realizat (respectiv de corecțiile de randament ce ar trebui operate), admitând pentru:

- factorul de putere, o variație din sutime în sutime, între  $0,9 \div 1$ , rezultă 10 regimuri posibile,
- pierderi hidraulice în priză, o variație din cm în cm, de la o valoare corespunzătoare grătarului curat (circa 0,30 m coloană apă) la valoarea de calcul maxim admisă de infundare a grătarelor (10 m coloană apă), rezultă 9070 regimuri posibile,
- pierderi hidraulice dinamice, ca urmare interacțiunii turbinelor adiacente cu care turbina funcționează în formație, suplimentare față de cazul turbinei funcționând singular în regim combinat, din cm în cm între -1 m coloană apă la +3 m coloană apă, rezultă 4000 regimuri posibile.



In acest caz numărul de topograme de exploatare necesar ar fi

$$N = 10 \times 9070 \times 4000 = 3628 \times 10^5$$

Luarea în considerare și a regimurilor cavitaționale posibile de realizat majorează acest număr de topograme.

Este evident chiar numai din punct de vedere a căutării în acest fișier, a topogramei corespunzătoare regimului efectiv realizat al hidroagregatului, face imposibilă (fără a mai ține seama de volumul mare de manoperă și materiale necesar realizării acestui fișier de topograme) pentru mărirea preciziei de determinare a debitului turbinat, folosirea procedurii "manuale" caracteristică sistemului actual.

Dacă ținem seama și de numărul posibil de puncte de funcționare de fiecare topogramă (300.000 puncte pentru un pas din cm în cm pentru  $H_{BR}$ , din  $m^3/s$  în  $m^3/s$  pentru  $Q$  și din MW în MW pentru  $PA$  - puterea activă) chiar și prin folosirea unui calculator numeric soluția fișier de topograme de exploatare de tipul celei prezentate mai înainte, este inoperantă datorită volumului mare de memorie externă necesară (circa  $131456952 \times 10^7$  octeți).

Pentru evitarea acestui inconvenient trebuie adoptată altă soluție.

Notăm cu  $Q$  debitul turbinat ( $m^3/s$ )

$H$  - căderea (m coloană apă)

Turbinând debitul " $Q$ " și realizând căderea " $H$ " turbina funcționează cu un anumit randament " $\eta_T$ " și se obține la cupla turbinei o anumită putere " $PQ$ ".

Turbina antrenează generatorul și în regim staționar în funcție de factorul de putere efectiv realizat, la bornele generatorului se măsoară puterea activă  $PA$  (MW) și puterea reactivă  $PR$  (MVAR).

Având în vedere cele demonstrate de /79/ + /81/, conform /82/ se pot defini căderile caracteristice ale amenajării (fig. 6.3.5).

De aci rezultă că

$$H_{net} = H_T - \frac{\alpha_a Q^2}{2g \omega_a^2} - \Delta h_o \quad (6.3.6)$$

unde  $\Delta h_o$  - căderea de recuperare.

Dar din ecuația lui Bernoulli rezultă după cum se vede mai jos

$$\Delta h_o = \frac{Q^2}{2g} \left[ \frac{\alpha_e}{\omega_e^2} - \frac{\alpha_a}{\omega_a^2} - \left(1 - \frac{\omega_e}{\omega_a}\right)^2 \cdot \frac{1}{\omega_e^2} \right] - h_{p.f.a.} \quad (6.3.7)$$

unde:  $h_{p.f.a.} = K.L$  - pierderi hidraulice prin frecare în albie.

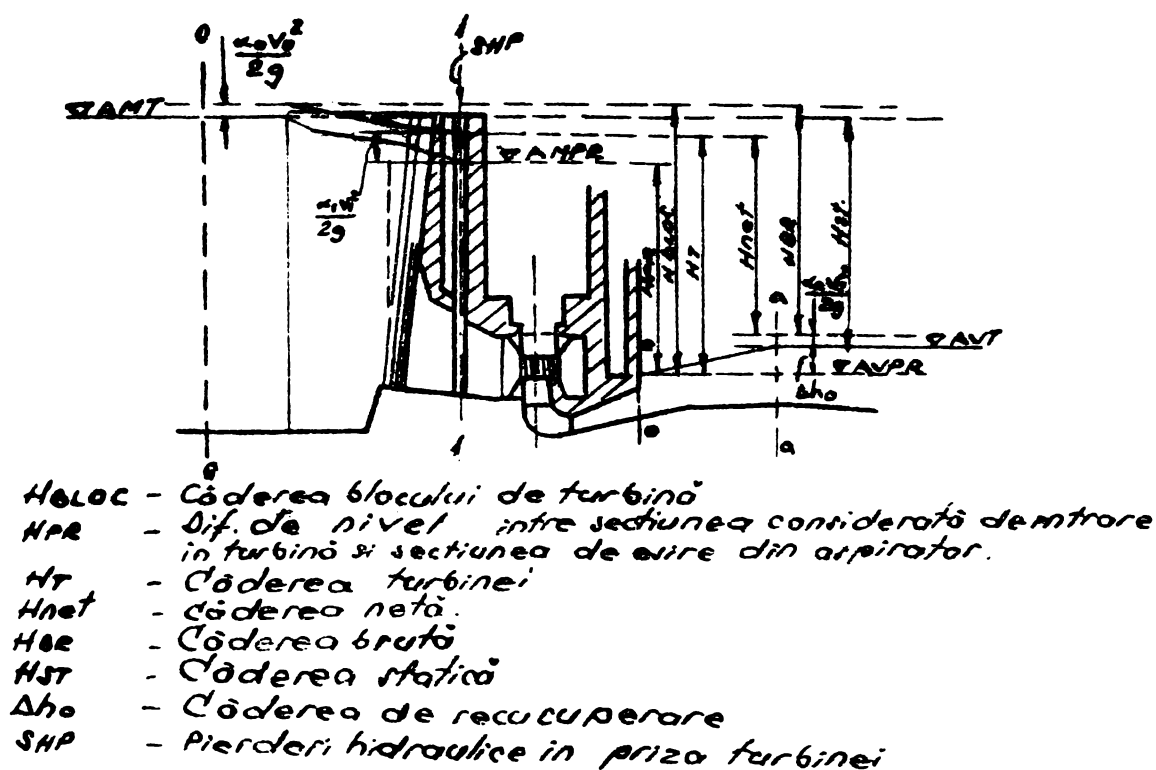


Fig. 6.3.5.

Neglijînd pierderile hidraulice prin frecare în albie se constată dependența căderii de recuperare de coeficientul de viteză Coriolis la ieșirea din aspirator respectiv de gradul de neuniformitate a vitezelor în secțiunea de ieșire din aspirator, de variația secțiunii vii în bieful aval (în zona în care distribuția vitezelor se uniformizează), de valoarea debitului turbinei și de particularitățile geometrice ale biefului aval. De remarcă că variația secțiunii vii în bieful aval poate fi consecința și a interacțiunii cu hidroagregatele alăturate.

Se poate constata că:

-  $\Delta h_0 \rightarrow 0$  dacă  $\omega_a \rightarrow \infty$ , deoarece energia cinetică a curentului ce vine din aspirator se dispersează irecuperabil în bieful aval.

-  $\Delta h_0 = 0$  pentru  $\omega_e = \omega_a$  și  $\alpha_e = \alpha_a$ , deoarece energiile cinetice fiind egale între cele două secțiuni lipsește transformarea energiei cinetice în cea potențială,

-  $\Delta h_0$  atinge valoarea maximă pentru  $\omega_a = 2\omega_e$ , dacă  $\alpha_a = \alpha_e$ .

-  $\Delta h_0$  crește odată cu creșterea debitului.

-  $\Delta h_0$  crește odată cu creșterea gradului de neuniformitate a vitezelor în secțiunea de ieșire a aspiratorului.

-  $\Delta h_0$  depinde de profilul geometriei al biefului aval de după ieșirea din aspirator. Conform /81/ are valoare maximă pentru o pantă maximă a radierului de 1:3.

Ținând seama că la standurile pentru probele energetice a modelului de turbină suprafața secțiunii a biefului aval este mult mai mare ca suprafața orificiului de ieșire a aspiratorului, energia cinetică a curenților ce vine din aspirator dispersându-se, nivelul energiei din bieful aval este determinat de nivelul suprafeței libere a apei, respectiv de mărimea energiei potențiale din secțiunea de ieșire a aspiratorului, rezultă că de fapt la încercările pe model se ridică caracteristica randamentului funcție de "căderea turbinei" și nu funcție de "căderea netă".

Folosind pentru calculul randamentului "căderea netă" în loc de "căderea turbinei", în afară de faptul că se obțin pentru randament valori mai mari, valorile randamentului sînt funcție de căderea de recuperare care la rîndul său depinde de factorii arătați mai înainte.

În cazul turbinelor funcționînd în formație, folosirea "căderii nete" mărește și mai mult gradul de eroare datorită aproximațiilor ce se introduc datorită necunoașterii variației neuniformității vitezelor în secțiunea de ieșire din aspirator și a variației secțiunii vii în bieful aval ca urmare a interacțiunii reciproce a turbinelor adiacente.

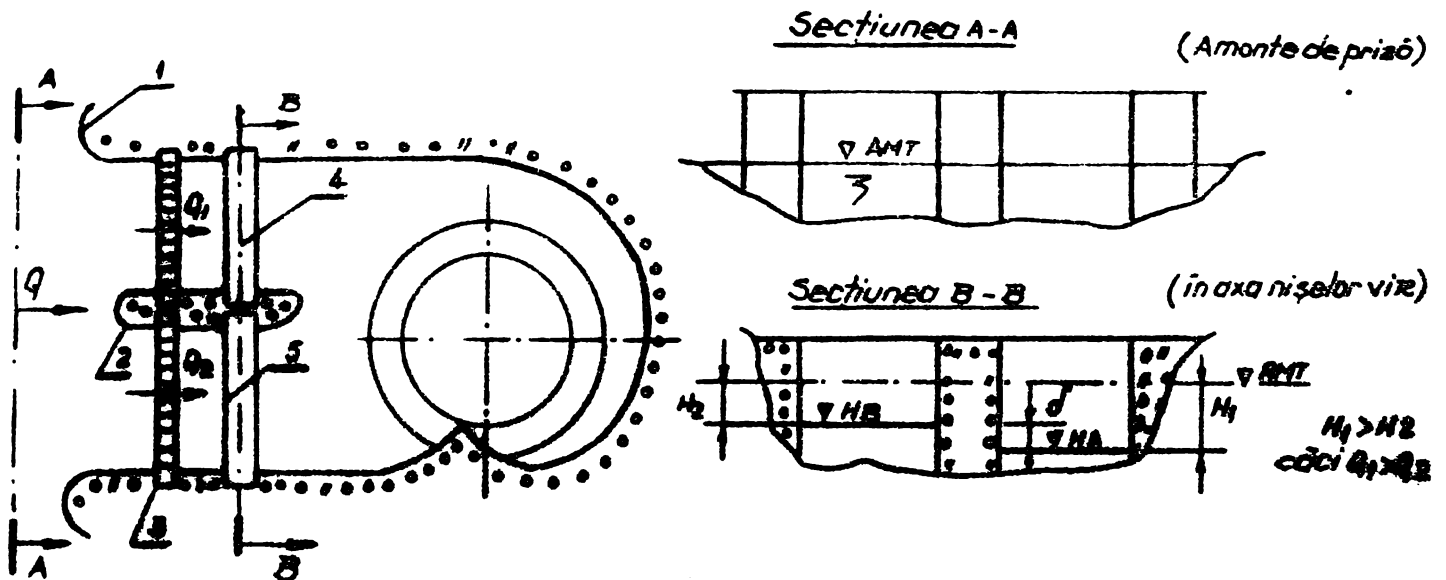
Folosind în calculul randamentului "căderea turbinei" se exclud aceste influențe, corelația randament-cădere devine similară cu cea rezultată din încercările pe model. Notînd pe  $H_T = H$  conform fig. 6.3.5 putem scrie

$$H = AMPR - AVPR + \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g\omega_1^2} \quad (6.3.8)$$

AMPR - nivelul apei în secțiunea considerată de intrare în turbină (puțul VIR),

AVPR - nivelul apei în secțiunea de ieșire din aspiratorul turbinei.

Datorită formei constructive a prizei și respectiv a camerei spirale fig. 6.3.6, repartitia debitului pe cele două deschideri fiind diferită, AMPR (nivelul apei în secțiunea considerată de intrare a prizei echivalente) va trebui să fie media ponderată



*Diferențele de nivel între nivelele măsurate în nișele viz datorită repartizării diferite a debitului pe cele două deschideri ale prizei ca urmare a formei prizei și camerei spirale*

1. Pila de bază
2. Pila intermediară
3. Gratar priză
4. Nișă viz din deschiderea a I-a
5. Nișă viz din deschiderea a II-a

Fig. 6.3.6.

în debite a nivelelor măsurate în cele două deschideri ale prizei reale.

Pentru aceasta, pornind de la fig. 6.3.7 și aplicând principiul conservării energiei putem scrie

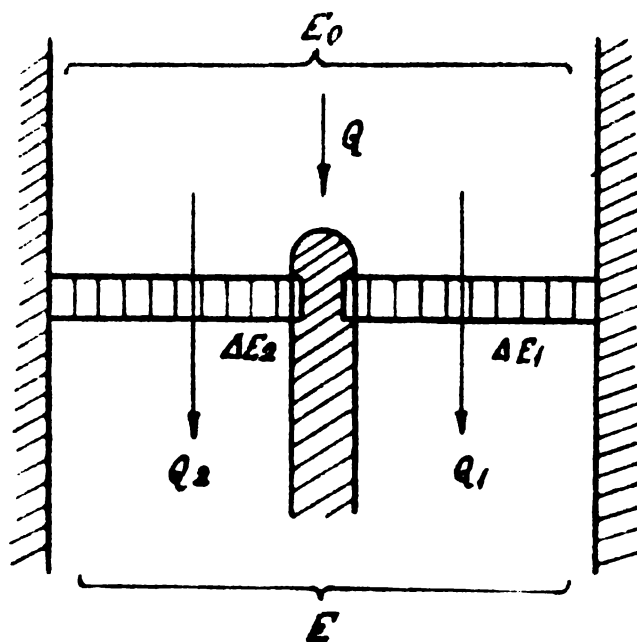


Fig. 6.3.7.

$$E_0 = E + \Delta E \quad (6.3.8)$$

unde

$$E = E_1 + E_2 \quad (6.3.9)$$

iar

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 \quad (6.3.10)$$

Dar

$$\begin{aligned} \Delta E &\cong Q \text{ SHP}; \\ \Delta E_1 &\cong Q_1 \text{ SHP}_1; \\ \Delta E_2 &\cong Q_1 \text{ SHP}_2; \end{aligned} \quad (6.3.11)$$

unde

SHP - pierderea de sarcină hidraulică în priza echivalentă,

SHP<sub>I</sub> - pierderea de sarcină hidraulică în prima deschidere a prizei reale,

SHP<sub>2</sub> - pierderea de sarcină hidraulică în cea de a doua deschidere a prizei reale.

Deci putem scrie

$$Q \text{ SHP} = Q_1 \text{ SHP}_1 + Q_2 \text{ SHP}_2 \quad (6.3.12)$$

$$\text{SHP} = \text{SHP}_1 \frac{Q_1}{Q} + \text{SHP}_2 \frac{Q_2}{Q} = \text{SHP}_1 \cdot K_I + \text{SHP}_2 \cdot K_{II} \quad (6.3.13)$$

unde

$$K_I = \frac{Q_1}{Q} \quad \text{și} \quad K_{II} = \frac{Q_2}{Q} \quad (6.3.14)$$

sînt coeficienții de repartitie a debitelor pe cele două deschideri

Dar

$$\text{SHP}_1 = \alpha_1' \xi_1' \frac{v_1'^2}{2g} = \alpha_1' \xi_1' \frac{Q_1^2}{2g\omega_1'^2} = \alpha_1' \xi_1' \frac{Q_1^2}{g\frac{\omega^2}{2}} \quad (6.3.15')$$

$$\text{SHP}_2 = \alpha_1'' \xi_1'' \frac{v_1''^2}{2g} = \alpha_1'' \xi_1'' \frac{Q_2^2}{2g\omega_1''^2} = \alpha_1'' \xi_1'' \frac{Q_2^2}{g\frac{\omega^2}{2}} \quad (6.3.15'')$$

Deoarece  $\omega_1' = \omega_1'' = \frac{\omega}{2}$  unde  $\omega$  este aria vie în aceeași secțiune a prizei echivalente. Făcînd raportul pierderilor din cele două secțiuni obținem

$$\frac{Q_1^2}{Q_2^2} = \frac{\text{SHP}_1}{\text{SHP}_2} \frac{\alpha_1'' \xi_1''}{\alpha_1' \xi_1'} \quad (6.3.16)$$

și

$$\frac{\alpha_i^i \xi_i^i}{\alpha_i^m \xi_i^m} = \frac{SHP_1}{SHP_2} \frac{Q_2^2}{Q_1^2} \quad (6.3.17)$$

respectiv

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{\alpha_i^m \xi_i^m}{\alpha_i^i \xi_i^i} \frac{SHP_1}{SHP_2}} \quad (6.3.18)$$

sau:

$$\frac{Q_1}{Q - Q_1} = \sqrt{\frac{\alpha_i^m \xi_i^m}{\alpha_i^i \xi_i^i} \frac{SHP_1}{SHP_2}} \quad (6.3.19)$$

de unde

$$Q_1 = \frac{Q \sqrt{\frac{\alpha_i^m \xi_i^m}{\alpha_i^i \xi_i^i} \frac{SHP_1}{SHP_2}}}{1 + \sqrt{\frac{\alpha_i^m \xi_i^m}{\alpha_i^i \xi_i^i} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} \quad (6.3.20)$$

$$Q_2 = Q - Q_1 = \frac{Q}{1 + \sqrt{\frac{\alpha_i^m \xi_i^m}{\alpha_i^i \xi_i^i} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} \quad (6.3.21)$$

Pentru grătarul curat:

$$\begin{aligned} \alpha_i^i &= \alpha_i^m \\ \xi_i^i &= \xi_i^m \end{aligned} \quad (6.3.22)$$

atunci

$$\frac{Q_{1c}^2}{Q_{2c}^2} = \frac{SHP_{1c}}{SHP_{2c}} \quad (6.3.23)$$

respectiv

$$\frac{Q_{1c}}{Q_{2c}} = \sqrt{\frac{SHP_{1c}}{SHP_{2c}}} \quad (6.3.24)$$

Conf. /81/ și /83/ avînd în vedere forma prizei și camerei spirale am admis:

$$\frac{Q_{1c}}{Q} = K_{Ic} = 0,55 \quad (6.3.25)$$

$$\frac{Q_{2c}}{Q} = K_{IIc} = 0,45$$

respectiv

$$\frac{Q_{1c}}{Q_{2c}} = 1,2 \quad (6.3.26)$$

$$K_{Ic} + K_{IIc} = 1 \quad (6.3.27)$$

atunci pierderea de sarcină în priza echivalentă cu grătarul curat este

$$SHP_c = K_{Ic} \cdot SHP_{Ic} + K_{IIc} \cdot SHP_{2c} \quad (6.3.30)$$

Din experiența exploatării se știe că natura și proporția gravimetrică a impurităților ce se rețin sînt aceleași în ambele deschideri realizîndu-se o repartitie similară pe înălțime în aceste deschideri. Cantitativ impuritățile se repartizează pe cele două deschideri ale prizei reale proporțional cu vitezele curenților din cele două deschideri.

Deci pornind de la grătarul curat și ținînd seama de repartițiile vitezelor datorită formei prizei și camerei spirale, proporția impurităților ce se depun în grătare va respecta legea de repartitie a acestor viteze, respectiv:

$$X_1 = a \cdot V'_{1c} = a \frac{Q_{1c}}{\omega'_1} = a \frac{Q_{1c}}{\frac{\omega}{2}} \quad (6.3.31')$$

$$X_2 = a \cdot V''_{1c} = a \frac{Q_{2c}}{\omega''_1} = a \frac{Q_{2c}}{\frac{\omega}{2}} \quad (6.3.31'')$$

putînd admite în acest caz  $\alpha'_1 = \alpha''_1 = \alpha_1$  (6.3.32)

Dar în acelaș timp

$$X_1 = c \cdot \xi'_1 \quad (6.3.33')$$

$$X_2 = c \cdot \xi''_2 \quad (6.3.33'')$$

sau

$$\xi''_1 = \frac{a}{c} \frac{Q_{1c}}{\frac{\omega}{2}} = b \frac{Q_{1c}}{\frac{\omega}{2}} \quad (6.3.34')$$

$$\xi''_2 = \frac{a}{c} \frac{Q_{2c}}{\frac{\omega}{2}} = b \frac{Q_{2c}}{\frac{\omega}{2}} \quad (6.3.34'')$$

Inlocuind în formule obținem

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{Q_{2c}}{Q_{1c}}} \frac{SHP_1}{SHP_2} \quad (6.3.35)$$

dar conform (6.3.26)

$$\frac{Q_{2c}}{Q_{1c}} = \frac{K_{IIc}}{K_{Ic}}$$

atunci

$$Q_1 = \frac{Q \sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}}{1 + \sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} \quad (6.3.36)$$

și

$$Q_2 = \frac{Q}{1 + \sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} \quad (6.3.37)$$

și atunci pierderea de sarcină hidraulică în priza echivalentă ca medie ponderată în debite a pierderilor hidraulice înregistrate în cele două deschideri prizei reale va avea forma:

$$SHP = \frac{\sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}}{1 + \sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} SHP_1 + \frac{SHP_2}{1 + \sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} \quad (6.3.38)$$

Atunci

$$K_I = \frac{\sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}}{1 + \sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} \quad (6.3.39')$$

și

$$K_{II} = \frac{1}{\sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}} \frac{SHP_1}{SHP_2}}} \quad (6.3.39'')$$

Pentru cazul ales

$$\sqrt{\frac{K_{IIc}}{K_{Ic}}} = \sqrt{0,834} = 0,914$$



de unde

$$\text{SHP} = \frac{0,914 \cdot \text{SHP}_1 \sqrt{\frac{\text{SHP}_1}{\text{SHP}_2}} + \text{SHP}_2}{1 + 0,914 \sqrt{\frac{\text{SHP}_1}{\text{SHP}_2}}} \quad (6.3.40)$$

În același timp aplicând teorema lui Bernoulli între secțiunea de intrare în priză și secțiunea considerată de intrare în turbină (fig. 6.3.5) atât pentru priza echivalentă și pentru priza reală și împărțind imaginær aria vie  $\omega_0$  în două părți corespunzătoare repartiției debitului  $Q$  în debitele  $Q_1$  și  $Q_2$  din cele două deschideri conform fig. 6.3.8, putem scrie:

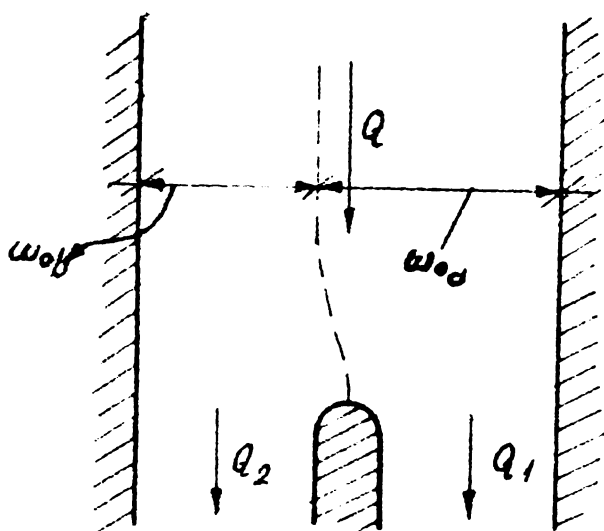


Fig. 6.3.8.

pentru priza echivalentă

$$\frac{P_0}{\delta} + \text{AMT} \frac{\alpha_0 \cdot Q}{2g\omega_0^2} = \frac{P_1}{\delta} + \text{AMPR} + \frac{\alpha_1 \cdot v_1^2}{2g\omega_1^2} + \text{SHP} \quad (6.3.41)$$

sau pentru  $P_0 = P_1$

$$\text{SHP} = \text{AMT} - \text{AMPR} + \left( \frac{\alpha_0}{2g\omega_0^2} - \frac{\alpha_1}{2g\omega_1^2} \right) \cdot Q^2 \quad (6.3.42)$$

și pentru cele două deschideri ale prizei reale

$$\frac{P_0}{\delta} + \text{AMT} + \frac{\alpha_0 \cdot Q_1^2}{2g \cdot \omega_{ca}^2} = \frac{P_1}{\delta} + \text{HA} + \frac{\alpha_1 \cdot Q_1^2}{2g \left(\frac{\omega}{2}\right)^2} + \text{SHP}_1 \quad (6.3.43')$$

$$\frac{P_0}{\gamma} + \text{AMT} + \frac{\alpha_0 \cdot Q_2^2}{2g\omega_{ob}^2} = \frac{P_1}{\gamma} + \text{HB} + \frac{\alpha_1 \cdot Q_2^2}{2g\left(\frac{\omega}{2}\right)^2} + \text{SHP}_1 \quad (6.3.42'')$$

și revenim la formula pierderilor de energie echivalente

$$\text{SHP } Q = Q_1 \text{SHP}_1 + Q_2 \text{SHP}_2$$

și notînd cu

$$\text{HP} = \text{AMT} - \text{AMR}$$

$$H_1 = \text{AMT} - \text{HA}$$

$$H_2 = \text{AMT} - \text{HB}$$

atunci

$$\text{HP} \cdot Q + \left( \frac{\alpha_0}{2g\omega_0^2} - \frac{\alpha_1}{2g\omega^2} \right) Q^3 = H_1 Q_1 + H_2 Q_2 + \left( \frac{\alpha_0}{2g\omega_{oa}^2} - \frac{\alpha_1}{g\frac{\omega^2}{2}} \right) Q_1^3 + \left( \frac{\alpha_0}{2g\omega_{ob}^2} - \frac{\alpha_1}{g\frac{\omega^2}{2}} \right) Q_2^3 \quad (6.3.43)$$

Dar din fig. 6.3.7 vînd în vedere continuitatea debitului avem relațiile

$$\frac{Q_1}{\omega_{oa}} = \frac{Q_2}{\omega_{ob}} = \frac{Q}{\omega_0} \quad (6.3.44)$$

Vom putea atunci scrie

$$\begin{aligned} \text{HP}Q + \left( \frac{\alpha_0}{2g\omega_0^2} - \frac{\alpha_1}{2g\omega^2} \right) Q^3 = H_1 Q_1 + H_2 Q_2 + \left( \frac{\alpha_0 \cdot Q^2}{2g\omega_0^2} \right) (Q_1 + Q_2) - \\ - \left( \frac{\alpha_1 \cdot Q_1^2}{g\frac{\omega^2}{2}} Q_1 + \frac{\alpha_1 \cdot Q_2^2}{g\frac{\omega^2}{2}} Q_2 \right) \end{aligned} \quad (6.3.45)$$

și prin simplificare

$$\text{HP} \cdot Q - \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g\omega^2} Q = H_1 Q_1 + H_2 Q_2 - \left( \frac{\alpha_1 \cdot Q_1^2}{2g\left(\frac{\omega}{2}\right)^2} Q_1 + \frac{\alpha_1 \cdot Q_2^2}{2g\left(\frac{\omega}{2}\right)^2} Q_2 \right) \quad (6.3.46)$$

Admițînd ipoteza aceleiași structuri ca a pierderilor de sarcină hidraulică și pentru cele două componente: statică și dinamică ale acestor pierderi putem scrie

$$\text{HP } Q = H_1 Q_1 + H_2 Q_2 \quad (6.3.47)$$

și

$$\frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g\omega^2} Q = \frac{\alpha_1 \cdot Q_1^2}{2g\left(\frac{\omega}{2}\right)^2} Q_1 + \frac{\alpha_1 \cdot Q_2^2}{2g\left(\frac{\omega}{2}\right)^2} Q_2 \quad (6.3.48)$$

Prin similitudine aceeași ipoteză va putea fi valabilă și pentru nivelul ce se va realiza în secțiunea considerată de intrare în turbină prizei echivalente când cele două deschideri se realizează la nivelele din fig. 6.3.6.

Atunci vom putea scrie

$$AMPR \cdot Q = HA \cdot Q_1 + HB \cdot Q_2 \quad (6.3.49)$$

sau pentru cazul ales va avea pentru nivelul unei prize echivalente următoarea medie ponderată în debite a nivelelor din cele două deschideri

$$AMPR = \frac{0,914 \cdot HA \sqrt{\frac{HA}{HB}} + HB}{1 + 0,14 \sqrt{\frac{HA}{HB}}} \quad (6.3.50)$$

Dar în același timp

$$AMPR = AMT + X_{(AMT)} Q^2 - SHP \quad (6.3.51)$$

unde

$$X_{(AMT)} = \frac{\alpha_0}{2g\omega_0^2} - \frac{\alpha_1}{2g\omega_1^2} \quad (6.3.52)$$

SHP - pierderile hidraulice în priza echivalentă,  $\omega_1$  fiind aria vie  $\omega$  a prizei echivalente în secțiunea considerată de intrare în turbină.

În cazul în care nivelul, în baza căror încercări s-a construit topografa unversală a turbinei, are modelate parțial forma prizei, o parte din pierderile de sarcină în priză ce se măsoară în natură (care determină valoarea lui AMPR) sînt conținute prin modelare și în  $\eta_p$ , iar pentru a nu fi operate de două ori trebuie aplicată o corecție echivalentă cu valoarea lor, respectiv

$$h_p = CQ^2 \quad (6.3.53)$$

Coeficientul "C" poate fi determinat experimental sau calculat prin însumarea coeficienților de debit (a pierderilor componente) date de literatură sau determinați prin cercetări pe modele.

Din literatură se constată că în diferite referiri bibliografice pentru același tip de pierdere se dau valori diferite pentru coeficientul de debit. Cu o anumită precizie se pot admite pentru coeficienții de debit sursa din pierderile hidraulice din priză cei dați în /83/ sau /84/ din care alegem valorile prezentate în tabloul 6.3.1.

Tabel 6.3.1.

Nr. crt	Pierderea hidraulică aferentă	Valoarea
1	Sarcini dinamice la intrarea în priză	$-3 \times 10^{-8}$
2	Contrafecției între pile de b	$\nabla 69,5 \rightarrow 0,196 \times 10^{-8}$
		$\nabla 63 \rightarrow 0,26 \times 10^{-8}$
3	Contrafecției între pile bază și pile intermediare	$\nabla 69,5 \rightarrow 0,3624 \times 10^{-8}$
		$\nabla 63 \rightarrow 0,5092 \times 10^{-8}$
4	Formei superioare a prizei	$10,22 \times 10^{-8}$
5	Nișa grafirului	$\nabla 69,5 \rightarrow 0,0072 \times 10^{-8}$
		$\nabla 63 \rightarrow 0,0102 \times 10^{-8}$
6	Dispensiei curentului în nișa V.I.R.	$0,398 \times 10^{-8}$
7	Puțul V.I.R.	$1,42 \times 10^{-8}$

În vederea stabilirii probabilității necesității luării în considerare a acestui coeficient și deci implicit a determinării valorii sale cât mai exacte, se impune determinarea influenței valorii acestui coeficient asupra erorii.

Ținând seama de toate cele arătate mai înainte, relația căderii turbinei devine

$$H = AMPR - AVPR + \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g\omega_1^2} + CQ^2 \quad (6.3.54)$$

Notăm:

$$HPR = AMPR - AVPR \quad (6.3.55)$$

Se constată că în cazul frecvent folosit în practică când se consideră

$$H = HPR \quad (6.3.56)$$

atunci eroarea de determinare a căderii este

$$\epsilon = \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g\omega_1^2} + CQ^2 \quad (6.3.57)$$

Înlocuind în relația căderii turbinei pe  $Q$  din relația puterii în regim staționar se obține următoarea ecuație polinomială în  $H$

$$H = HPR + \frac{B}{H^2 \cdot \eta_T^2} \quad (6.3.58)$$

unde

$$B = \frac{\alpha_1 + 2gC\omega_1^2}{2g^3\omega_1^2} Pc^2 \quad (6.3.59)$$

$Pc$  fiind puterea la capul turbinei

$\omega_1$  fiind aria "vie" în secțiunea considerată de intrare în turbină (puțul VIR) pentru priza echivalentă,

$\alpha_1$  fiind coeficientul Coriolis în aceeași secțiune,

$g$  fiind accelerația gravitației,

$HPR$  fiind diferența nivelelor piezometrice între secțiunea considerată de intrare în turbină și secțiunea de ieșire din aspirator.

Rezolvând această ecuație printr-o metodă iterativă în intervalul  $[HPR-t_1, HPR+t_2]$  unde  $t_1$  și  $t_2$  definesc limitele de existență a topografei, evaluând la fiecare pas valoarea lui  $\eta_T$  se obține valoarea lui  $H$ , căderea turbinei care este soluția ecuației, în condițiile de exploatare date, putându-se în continuare determina valoarea debitului în regim staționar

$$Q = \frac{Pc}{\rho \cdot H \cdot \eta_T} \quad (6.3.60)$$

unde  $H$  este soluția ecuației polinomiale în  $H$ , iar  $\eta_T$  valoarea randamentului turbinei asociate acestei soluții.

În vederea testării influenței valorii coef. "C" vom scrie ecuația polinomială în  $H$  sub forma

$$H = Hr + hd \quad (6.3.61)$$

unde

$$hd = A - \frac{Pc^2}{d^2 \cdot \eta_T} \quad (6.3.62)$$

rezultând că

$$B = a \cdot Pc^2 \quad (6.3.63)$$

$$a = \frac{\alpha_1 + 2g\omega_1^2 \cdot C}{2g^3\omega_1^2} = \frac{\alpha_1 + a}{b} \quad (6.3.64)$$

Pentru cazul ales

$$\alpha_1 = 1,014$$

$$\omega_1 = 14,16 \times 22$$

$$\omega_e = 10,8$$

$$\omega_1^2 = 106396$$

$$\omega_c^2 = 69063,84$$

în acest caz

$$A = \frac{1,024 + a}{201777919,4}$$

iar

$$a = 2969107,12 \times c \times 10^{-8}$$

$$b = 201777919,4$$

În tabelul 6.3.2 este dată variația lui A funcție de valoarea lui c între 0 + 10<sup>-8</sup>.

Tab. 6.3.2.

$c \times 10^{-8}$	a	1,024+a	A
0	0	1,024	0,51.10 <sup>-8</sup>
1	0,02969	1,054	0,52.10 <sup>-8</sup>
2	0,05938	1,08338	0,54.10 <sup>-8</sup>
3	0,08907	1,11307	0,55.10 <sup>-8</sup>
4	0,11876	1,14276	0,57.10 <sup>-8</sup>
5	0,14845	1,17245	0,58.10 <sup>-8</sup>
6	0,17814	1,20214	0,60.10 <sup>-8</sup>
7	0,20783	1,23183	0,61.10 <sup>-8</sup>
8	0,23752	1,26152	0,63.10 <sup>-8</sup>
9	0,26721	1,29121	0,64.10 <sup>-8</sup>
10	0,2969	1,32090	0,65.10 <sup>-8</sup>

Pentru alegerea valorii lui c considerăm cazul:

$$P_c = 190.000 \text{ kw}$$

$$H = 10 \text{ m}$$

$$\rho = 0,93722$$

Așa cum se vede și din tabelul 6.3.3, dacă admitem eroarea de măsură a căderii țepinei

$$\varepsilon = \pm 5 \text{ cm}$$

alegînd pe  $c = 5 \times 10^{-8}$

atunci eroarea posibilă dacă  $0 < c < 10 \times 10^{-8}$  și  $c \neq 5 \cdot 10^{-8}$  se va încadra evident în eroarea de măsură a căderii.

Tab. 6.3.3

c	A	hd
$0 \times 10^{-3}$	$0,51 \cdot 10^{-8}$	0,23299
$5 \times 10^{-3}$	$0,58 \cdot 10^{-8}$	0,26497
$10 \times 10^{-3}$	$0,65 \cdot 10^{-8}$	0,29695

### 6.3.3.- Determinarea puterii la cuplă în regim staționar

In regim staționar pentru calcularea puterii la cuplă (PC) se pleacă de la paralelogramul puterilor (fig. 6.3.9)

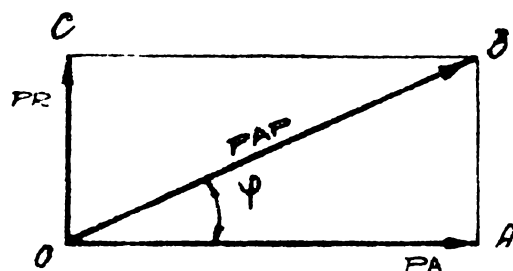


Fig. 6.3.9

Pentru a nu creia confuzii între puterea reactivă și debitul turbinat vom folosi pentru puteri notații diferite de cele consacrate.

Am notat:

PA - puterea activă,

PR - puterea reactivă,

PAP - puterea aparentă.

Din  $\triangle OAB$  avem că

$$PAP = \sqrt{PA^2 + PR^2} = PA \sqrt{1 + \left(\frac{PR}{PA}\right)^2} = PA \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi} = \frac{PA}{\cos \varphi} \quad (6.3.65)$$

unde  $\varphi$  - este unghiul factorului de putere.

Între aceste puteri și puterea la cuplă PC în regim staționar avem relația

$$PC = \frac{PA}{\eta_G} \quad (6.3.66)$$

unde

$\eta_G$  - randamentul generatorului.

Se știe că  $\eta_G = f(\varphi, \text{PAP})$ ; ( $\eta_G$  este funcție de  $\varphi$  și PAP), care pentru un  $\varphi$  dat

$$\eta_G = f_\varphi(\text{PAP}).$$

Pentru fiecare  $\varphi$  există o funcție  $f_\varphi$  care descrie corespondența  $\text{PAP} \rightarrow \eta_G$ .

Deoarece practic din familia de funcții  $f_\varphi$ , se dispune doar de graficele funcțiilor  $f_{\varphi_1}$  și  $f_{\varphi_2}$  (vezi fig. 6.3.10) unde  $\cos \varphi_1 = 1$ ;  $\cos \varphi_2 = 0,9$ , pentru a se obține valorile  $\eta_G(\varphi, \text{PAP})$ , când  $\varphi \in (0,9; 1)$  se utilizează interpolarea liniară.

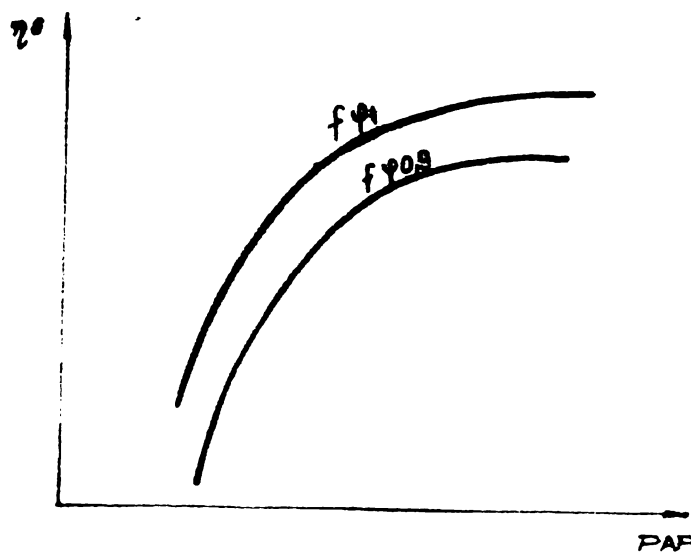


Fig. 6.3.10.

$$\eta_G(\varphi, \text{PAP}) = f_\varphi(\text{PAP}) = f_{\varphi_1}(\text{PAP}) + 10 [f_{\varphi_1}(\text{PAP}) - f_{\varphi_2}(\text{PAP})] (\cos \varphi - 0,9) \quad (6.3.67)$$

Pentru un PA dat vom putea determina puterea reactivă PR astfel încât  $\cos \varphi = 0,9$ . Deci

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{\text{PA}^2 + \text{PR}^2}} = 0,9 \quad (6.3.68)$$

Ridicând la puterea 2 și eliminând numitorul obținem

$$0,81 (\text{PA}^2 + \text{PR}^2) = \text{PA}^2$$

sau

$$0,81 \text{PR}^2 = 0,19 \text{PA}^2$$

Putem deci scrie

$$\text{PR} = \frac{\sqrt{19}}{9} \text{PA}$$



aică puterea reactivă corespunzătoare lui  $\cos \varphi = 0,9$ .

Pentru  $PR > PR_9$  rezultă  $\varphi > \varphi_2$  și cosinusul fiind o funcție descrescătoare avem:

$$\cos \varphi < \cos \varphi_2 = 0,9$$

Diagramele funcțiilor  $f_{\varphi_1}$  și  $f_{\varphi_2}$  au limitare funcție de PAP la puterea maximă aparentă a generatorului dată de furnizor (ex. la PAF 190 MVA).

Pentru un PA dat rotînd cu PRL puterea reactivă pentru care se obține PAP max (dacă acest lucru este posibil)

Fi

$$M(\text{PA}) = \begin{cases} \min \{ PR_9(\text{PA}), PRL(\text{PA}) \}, & \text{dacă } \ni PRL(\text{PA}) \\ PR_9(\text{PA}), & \text{dacă } \not\exists PRL(\text{PA}) \end{cases} \quad (6.3.69)$$

Deoarece  $PAP \leq PAP_{\max}$  din paralelogramul puterilor rezultă că

$$PR^2 \leq PAP_{\max}^2 - PA^2$$

și pentru că

$$PR \leq PRL$$

avem

$$PR \leq \min \{ PR_9, PRL \} \quad (6.3.70)$$

Să notăm cu

$$D(\text{PA}) = PC(\text{PA}, M(\text{PA})) - PC(\text{PA}, 0). \quad (6.3.71)$$

Programul PAPERPC listează valorile  $PC(\text{PA}, PR)$  în punctele de coordonate  $(60, K, I)$ , unde  $K = \overline{1,190}$  cu pasul 1, iar  $I = \overline{0, M(\text{PA})}$  cu pasul 1. Din această listare s-a stabilit că  $D(\text{PA}) < 1 \text{ MW}$  și deci pentru PA dat reprezentarea grafică a funcției  $PC = PC(PR)$  este practic o dreaptă perpendiculară pe axa OX pe care se reprezintă PC.

Luînd deci pentru un anumit PA puterea la cuplă

$$PC = PC(\text{PA}, 0) + \frac{1}{2} D(\text{PA}) \quad (6.3.72)$$

se poate atunci stabili cu o eroare mai mică de 0,5 MW (acceptabilă dacă amintim că în general megawattmetrele de tablou au în general clasă de precizie 2,5%) legea de variație a lui PC funcție de PA care este redată în fig. 6.3.11.

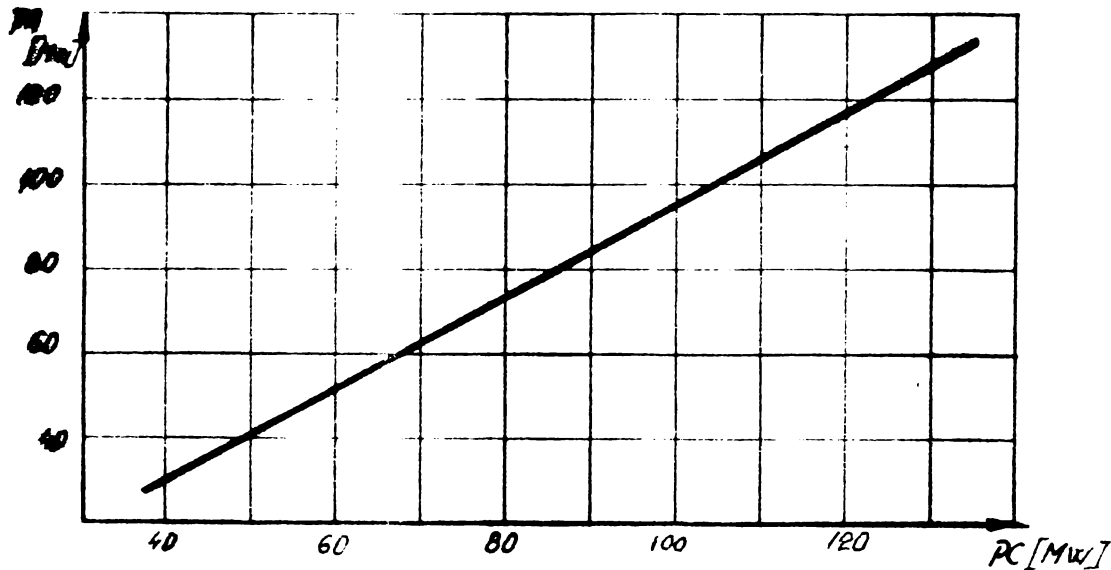


Fig. 6.3.11.

Notatii folosite în programul PAPRPC

- N** - numărul de puncte de pe curba  $f_{\varphi_1}$  care este egal cu numărul de puncte de pe curba  $f_{\varphi_2}$ .
- (P1( $\dot{i}$ ),  $\dot{i}=1,N$ )** - abscisele punctelor de pe curba  $f_{\varphi_1}$ .
- (P9( $\dot{i}$ ),  $\dot{i}=1,N$ )** - abscisele punctelor de pe curba  $f_{\varphi_2}$ .
- (E1(I),  $I=1,N$ )** - ordonatele punctelor de pe curba  $f_{\varphi_1}$ .
- (E9(I),  $I=1,N$ )** - ordonatele punctelor de pe curba  $f_{\varphi_2}$ .
- X** - limita inferioară a puterii active PA
- Y** - limita superioară a puterii active PA
- DPA** - pasul cu care variază PA
- DPR** - pasul cu care variază PR
- IP** - contor ce numără paginile
- NR** - contor ce numără rîndurile pe pagină
- SPR** - puterea reactivă corespunzătoare lui  $\cos \varphi = 0,9$
- C** - cosinusul unghiului  $\varphi$
- PAP** - puterea aparentă
- EPS** - precizia polinoamelor de interpolare
- EG1** -  $\eta_G(PAP, \varphi_1)$
- EG9** -  $\eta_G(PAP, \varphi_2)$
- EG** - valoarea de interpolare a lui  $\eta_G(PAP, \varphi)$
- VPR** - vector ce conține valorile puterii reactive ce se vor lista pe un rînd,
- VPC** - vectorul ce conține valorile puterii la cuplă ce se vor lista pe un rînd

A, B, - vectori ce conțin abscisele respectiv ordonatele punctelor ce determină curba ce o vom interpola printr-un polinom Lagrange.

Schema logică a programului PAPNIC este dată în fig. 6.3.12.

#### 6.3.4. Calculul parametrului HPR

Diferența de nivel piezometrică între secțiunea considerată de intrare în turbină (puț VIR) și cea de ieșire din aspiratorul turbinei, "HPR", se calculează cu relațiile arătate în continuare.

- Se măsoară pneumatic:

AVPR - nivelul apei la ieșirea din aspiratorul turbinei,

HA - nivelul apei în secțiunea considerată de intrare în turbină (puțul VIR) al deschiderii nr. 1 a prizei,

HB - nivelul apei în aceeași secțiune a deschiderii nr. 2 a prizei,

- Pentru comparare cu vechea metodă se calculează

$$H_1 = AMT - HA$$

$$H_2 = AMT - HB$$

- Se calculează

AMPR - nivelul apei în secțiunea considerată de intrare în turbină (puțul VIR) a prizei echivalente (priza cu o singură deschidere ce are o arie vie egală cu suma ariilor vie a celor două deschideri și prin care trece un debit Q egal cu suma debitelor ce trec prin cele două deschideri) ca medie ponderată în debite a nivelelor apei (HA, HB) măsurate în aceeași secțiune a celor două deschideri ale prizei turbinei

$$AMPR = (0,914 \cdot HA \sqrt{H_1} / (0,914 \sqrt{H_1} + H_2) + HB) / (1 + 0,914 \sqrt{HA/HB}) \quad (6.3.50)$$

Atunci

$$HPR = AMPR - AVPR \quad (6.3.51)$$

Pentru realizarea operațiilor corespunzătoare formulelor de mai sus s-a utilizat minicalculatorul FC-16.

Programul cablat pe FC-16

- are numărul de secvență 0

- utilizează ca date de intrare AMT, HA, HB, AVPR,

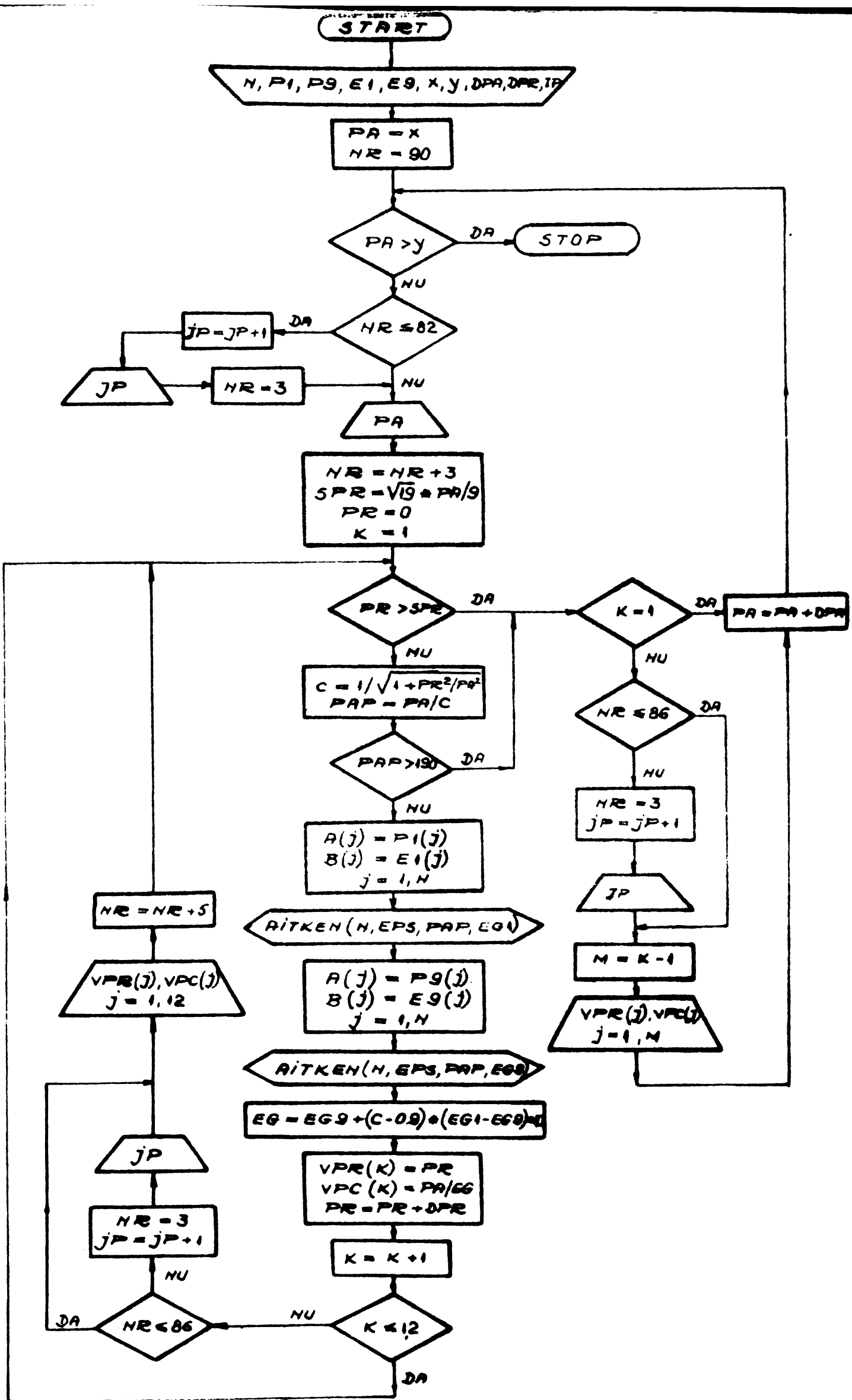


Fig. 6.3.12.

- Listează datele de ieșire în ordinea AMT, HA, H<sub>1</sub>, HB, H<sub>2</sub>, AVPR, AMPR, HPR.

Utilizează pentru extragerea radicalului subrutina cu numărul de secvență 1. Pentru calculul lui  $\sqrt{y}$  s-a rezolvat cu metoda înjumătățirii ecuația  $x^2=y$  considerînd ca interval (care conține soluția (1,y) dacă  $y>1$  și (y,1) dacă  $y<1$ , căci evident,  $1<\sqrt{y}<y$  sau  $y<\sqrt{y}<1$ .

Simbolizînd cu V tasta de introducere date, succesiunea de operații pentru punerea în lucru a programului este următoarea: O, EXEC, AMT, V, HA, V, HB, V, AVPR, V.

Corespunzător schemelor logice a celor două secvențe, listarea în cod hexa a programelor corespunzătoare lor arată astfel:

<u>f70</u>				<u>f71</u>	
5	8	6	1	f54	f36
C01	5	9	C08	C08	f92
8	6	7	8	9	f35
e44	8	8	7	6	9
a	e44	f90	9	9	C09
5	C17	f32	C02	1	8
e44	9	f51	9	C05	f90
2	C07	9	3	9	f34
e44	8	C09	6	4	f56
6	C02	8	9	C11	9
8	9	6	1	8	C08
f80	6	9	C08	C08	8
5	9	C08	9	9	f87
e44	4	8	4	2	f91
2	C10	f52	C01	f92	f34
e44	8	f61	9	f35	f55
6	C04	f43	2	C11	C11
8	9	C08	e44	9	9
a	2	9	C06	a	C08
4	f91	7	9	3	8
6	f31	9	f80	7	f8f
8	9	3	2	9	
a	C08	8	e44	2	
1	8	C04	f8f	6	
6	6	9		f91	

Schemele logice a secvențelor 0 și 1 a programului pentru determinarea lui HPR pe mașina de calcul PC 16 sînt arătate în fig. 6.3.13.

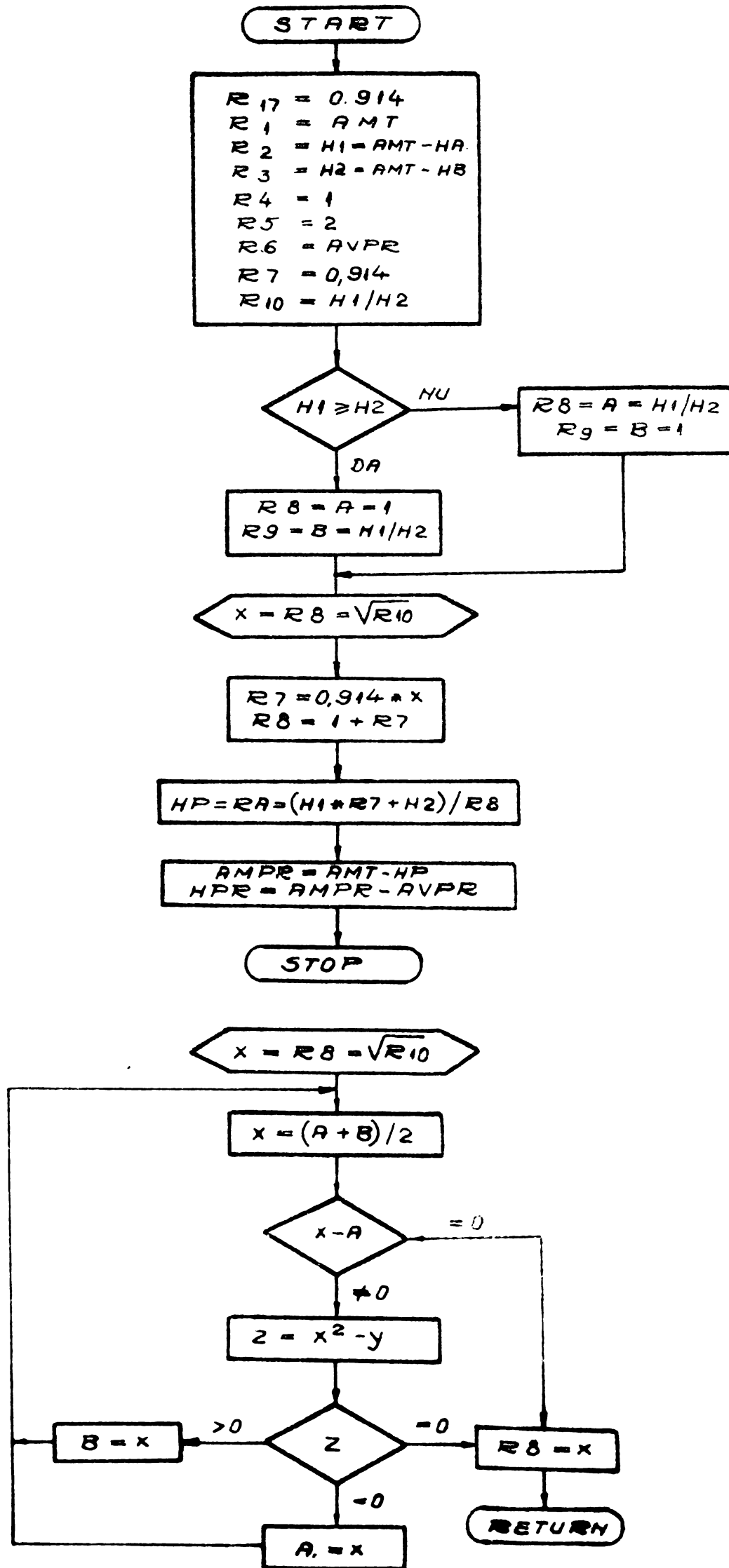


Fig. 63.13.

### 6.3.5.- Determinarea prin similitudine a curbelor de garanție HT=cst.

Programele PCKQH și simulare din capitolul ce urmează folosesc ca date de intrare punctele curbelor  $ET = ET(PC, HT=cst)$ . În vederea determinării punctului real de funcționare al unei turbine este necesar ca această familie de curbe să fie generată.

Deoarece în general furnizorii dau topograma universală a turbinei ( $\eta_M$  în coordonate  $Q_{11}$  și  $n_{11}$ ) construită prin transpunerea datelor obținute prin încercările pe model la turbina dublu unitară ( $D=1$  m,  $H=1$  m) formulele folosite neglijând corecțiile datorită efectului de scară, calea urmărită pentru generarea acestei familii de curbe este revenirea de la topograma universală la parametrii turbinei model prin aplicarea aceluiași formule. Parametrii turbinei industriale se obțin recalculând datele astfel obținute aplicând de astă dată formulele de similitudine și reevaluare ce conțin și corecțiile efectului de scară și care au un grad mai ridicat de certitudine pe întreg domeniul de existență a topogramei (nu numai în punctul de optimum). Schema bloc a acestei conversii este în fig. 6.3.14:

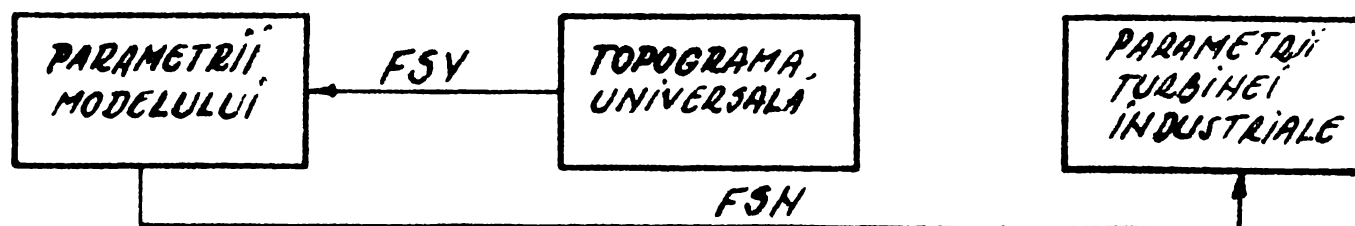


Fig. 6.3.14.

Am notat

FSV - formulele de similitudine și evaluare "vechi",

FSN - formulele de similitudine și evaluare "noi".

Notații:

- $\eta_h = \eta_{hi}$  - randamentul hidraulic al turbinei industriale
- $\eta_{mec}$  - randamentul mecanic al turbinei industriale
- $Q_m$  - debitul turbinei model
- $\eta_m = \eta_{hm}$  - randamentul turbinei model
- $P_m$  - puterea turbinei model
- $D_m$  - diametrul turbinei model

$D_i$	- diametrul turbinei industriale
$H_m$	- căderea turbinei model
$H_i$	- căderea turbinei industriale
$T_m$	- turația turbinei model
$T_i$	- turația turbinei industriale
$D_{11} = 1 \text{ m}$	- diametrul turbinei "dublu unitare"
$H_{11} = 1 \text{ m c.a.}$	- căderea turbinei "dublu unitare"
$T_{11}$	- turația turbinei "dublu unitare"
$\eta_{11}$	- randamentul turbinei "dublu unitare"
$Q_{11}$	- debitul turbinei "dublu unitare"
$P_H$	- puterea turbinei industriale
$\eta_{nix}$	- randamentul hidraulic al punctului efectiv de funcționare al turbinei industriale
$Q_x$	- debitul punctului efectiv de funcționare al turbinei industriale,
$\varphi$	- unghiul de inclinație a paletelor
$A_g$	- deschiderea paratului director
$V$	- coeficient repartiție a pierderilor.

Pentru ridicarea topografei universale obținută prin transformarea datelor încercărilor unui model s-au folosit formulele de similitudine "vechi" neglijându-se corecțiile efectului de scară

$$\frac{T_{11}}{T_m} = \frac{D_m}{D_{11}} \sqrt{\frac{H_{11}}{H_m}} \quad (1')$$

$$\frac{Q_{11}}{Q_m} = \frac{D_{11}^2}{D_m^2} \sqrt{\frac{H_{11}}{H_m}} \quad (1'')$$

(6.3.73)

$$\eta_{11} = \eta_m \quad (1''')$$

$$H_{11} = 1 \text{ m c.a.}$$

$$D_{11} = 1 \text{ m}$$

Formulele de similitudine "noi" sînt formule care conțin și corecția efectului de scară (2' + 2'''), inclusiv formula de recalculare randamentului lui OSTERWALDER (2<sup>IV</sup>), /1/

$$\frac{T_i}{T_m} = \frac{D_m}{D_i} \left(\frac{H_i}{H_m}\right)^{1/2} \left(\frac{\eta_{nix}}{\eta_{hm}}\right)^{1/2} \quad (2')$$

$$\frac{Q_{ix}}{Q_m} = \frac{D_i^2}{D_m^2} \left(\frac{H_i}{H_m}\right)^{1/2} \left(\frac{\eta_{nix}}{\eta_{hm}}\right)^{1/2} \quad (2'') \quad (6.3.74)$$



$$\frac{P_H}{P_m} = \frac{D_i^2}{D_m^2} \left( \frac{H_i}{H_m} \right)^{3/2} \left( \frac{\eta_{mix}}{\eta_{hm}} \right)^{3/2} \quad (2^{III})$$

$$\eta_i = \eta_m + V(1 - \eta_m) \left[ 1 - \left( \frac{H_i}{H_m} \right)^{1/2\alpha} \left( \frac{D_m}{D_i} \right)^{1/\alpha} \right] \quad (2^{IV})$$

$$\alpha = 6,2$$

Osterwalder folosește formula de interpolare a legii de frecare a lui Schlichting pentru plăci și a lui Prandtl pentru tuburi (care sunt indiscutabil diferite de legea lui Blasius în domeniul practic al curgerii turbulente) și a determinat pentru domeniul  $Re$  corespunzător funcționării turbinelor hidraulice

$$\alpha = 6,2$$

Valabilitatea formulei de recalculare a randamentului a lui Osterwalder și la alte regimuri decât cel optim este mai certă decât alte formule ce se folosesc în prezent (Nutton 1954, LMZ, AKERET, etc) avînd în vedere corelația

$$V = f \left( \frac{Q}{Q_{opt}} \right)$$

pe care Osterwalder a determinat-o experimental (fig. 6.3.15),  $Q$  fiind debitul optim-optimorum (sau punctul de optim).

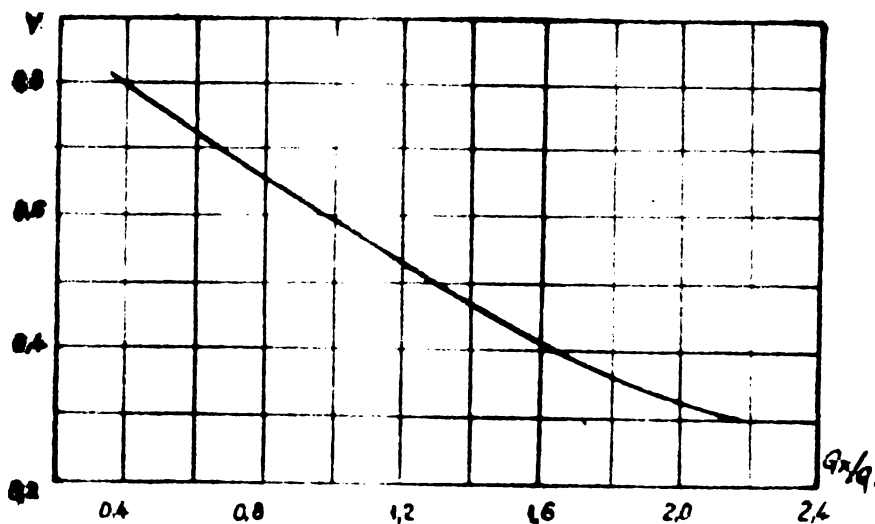


Fig. 6.3.15

Coordonatele  $(Q/Q_{opt}, V)$  polinomului de interpolare a diagramei din fig. 6.3.15 sînt date în tabelul 6.3.4.

Avînd date de intrare datele primare a topogramei uni-

Tab. 6.3.4

nr. crt.	$Q_x/Q$	V
1	0,4	0,8
2	0,6	0,725
3	0,675	0,7
4	0,8	0,65
5	0,975	0,6
6	1,2	0,525
7	1,3	0,5
8	1,4	0,468
9	1,6	0,4125
10	1,65	0,4
11	1,8	0,368
12	2	0,325
13	2,2	0,3

versale pentru obținerea curbelor de HT=cst în coordonate (PC, ET) se procedează după cum urmează.

a) Programul CRMFIS - face trecerea de la topograma universală la turbina model prin formulele (6.3.73) listează datele obținute și crează fișierul "RESITA" pe disc cu aceste date care este folosit de programul SIMIL pentru obținerea curbelor ET = ET (PC, HT=cst).

Trecerea de la "topograma universală" la parametrii modelului pe baza formulelor (6.3.73) se face astfel:

- a)  $Q_m = Q_{11}$   
b) În relația

$$\frac{Q_{11}}{Q_m} = \frac{D_{11}^2}{R^2} \sqrt{\frac{H_{11}}{H_m}}$$

înlocuim

$$Q_m = K - \frac{\sum_m^2}{2gR} ; \quad \text{unde } R = \omega_a^2$$

și  $K = 9$  pentru datele de la standul Reșița pentru modelul cu  $D_m = 500$  mm.

Prin ridicare la pătrat și ținând cont că

$$H_{11} = 1 \text{ m} \quad D_{11} = 1 \text{ m}$$

obținem următoarea ecuație de gradul II în  $Q_m$

$$2gRQ_m^2 + Q_{11}^2 D_m^4 Q_m - 18 gRQ_{11}^2 D_m^4 = 0 \quad (6.3.75)$$

Se observă că

$$\Delta = Q_{11}^4 D_m^8 + 14 g^2 R^2 Q_{11}^2 D_m^4 > 0$$

După rezolvarea acestei ecuații se alege rădăcina pozitivă, singura rădăcină care convine problemei:

$$Q_m = \frac{-Q_{11}^2 D_m^4 + \sqrt{\Delta}}{2gR}$$

a) În relația

$$\frac{n_{11}}{n_m} = \frac{D_m}{D_{11}} \sqrt{\frac{H_{11}}{H_m}}$$

înlocuim de asemeni

$$H_m = K - \frac{n^2}{2gR}$$

unde  $R = a \frac{2}{1}$

$K = 9$  pentru datele de la standul Reșița.

Prin ridicare la pătrat și ținând cont de valorile lui  $H_{11}$  și  $D_{11}$  obținem următoarea ecuație de gradul II în  $n_m$ :

$$n_m^2 + \frac{n_{11}^2}{D_m^2} \left( 9 - \frac{Q_m^2}{2gR} \right)$$

După rezolvarea ecuației alegem de asemeni rădăcina pozitivă, singura rădăcină care convine problemei:

$$n_m = \frac{n_{11}}{D_m} \left( 9 - \frac{Q_m^2}{2gR} \right)^{1/2}$$

b) Programul SIMUL citește fișierul "RESITA" și face conversia de la turbina model la turbina industrială folosind printre altele formulele (6.3.6). Listează curbele de HT=cst pentru  $HT \in [t_1, t_2]$  - domeniu de existență topogramei din 0,5 în 0,5 m în coordonate  $(L, ET)$ .

Datele obținute pentru aceste curbe vor fi introduse într-un fișier sau perforate pe cartele pentru a fi folosite în programele POKR și SIMULAT.

Pentru interpolare algoritmul folosește polinomul Lagrange prin  $N$  puncte  $L(x)$  și derivata sa - într-un punct  $L'(x_2)$

formulele (6.3.77).

$$L(x) = \sum_{i=1}^N Y_i \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i, k}}^N \frac{(x - x_j)}{(x_i - x_j)} \quad (6.3.77)$$

$$L'(x_k) = \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^N \frac{Y_i}{x_i - x_k} \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i, k}}^N \frac{(x_k - x_j)}{(x_i - x_j)} + Y_k \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^N \frac{1}{x_k - x_j}$$

Pasul "b" cuprinde următorii subpași

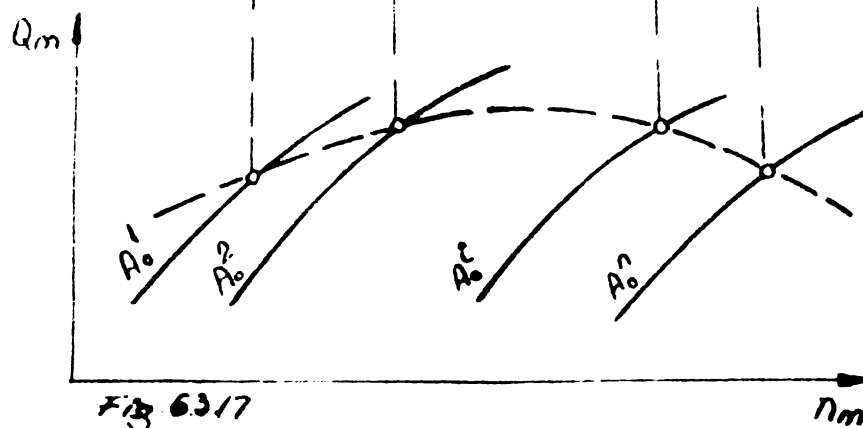
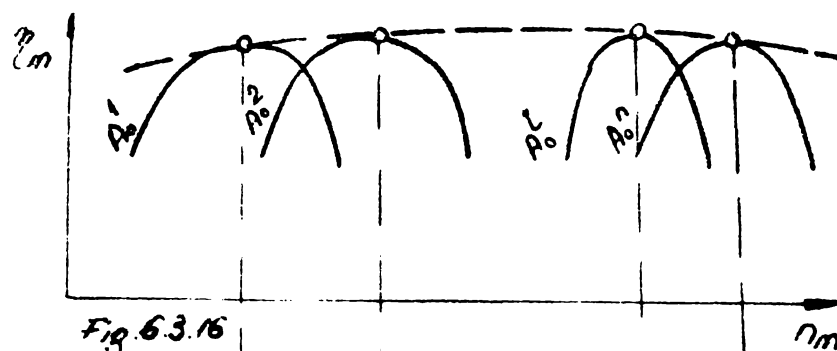
**b<sub>1</sub>** - Determinarea înfășurătoarei curbelor de randament pentru  $\varphi = \text{cst}$  și diferiți  $A_0$

Pentru fiecare  $\varphi = \text{cst}$  datele de intrare se prezintă grafic sub forma unor curbe conjugate:

$$\eta_m = \eta_m(n_m, \varphi = \text{cst}, A_0 = \text{cst}) \quad (6.3.78)$$

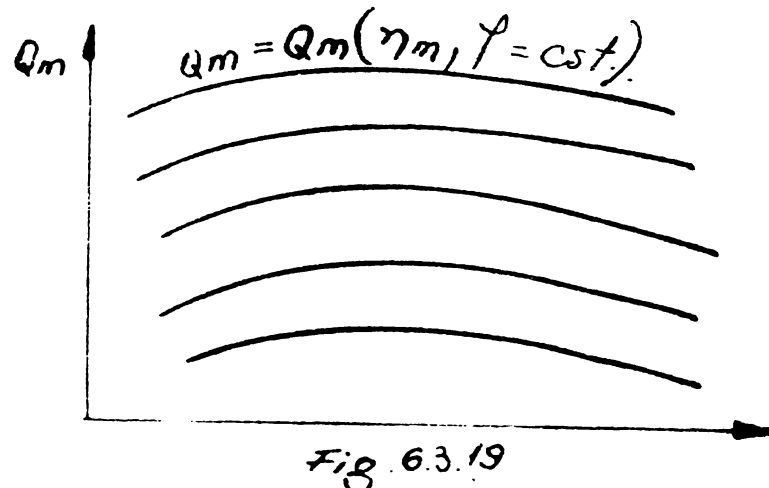
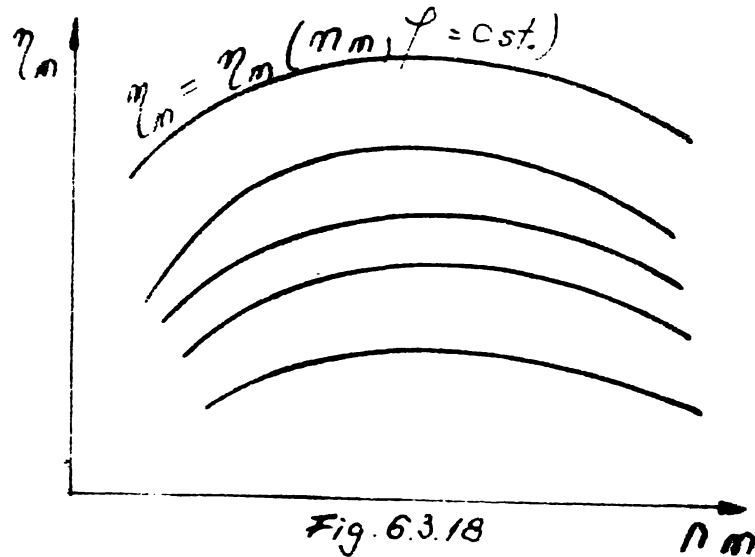
$$Q_m = Q_m(n_m, \varphi = \text{cst}, A_0 = \text{cst}) \quad (6.3.79)$$

de forma celor din fig. 6.3.16 și fig. 6.3.17.



Programul SIMIL prin subprogramele ZEXTRA și AITKEN evaluează înfășurătoarea (curbă extremelor) pentru fiecare  $\varphi$  folosind formulele 6.3.77 pentru curbele descrise de 6.3.78 determinând din 6.3.79 ordonatele corespunzătoare turațiilor de "extremum" caracteristice înfășurării.

Se obțin astfel două familii de curbe conjugate ale "extremelor" care nu mai conțin parametrul  $A_0$  și sînt de forma fig. 6.3.18 și fig. 6.3.19.



Deci pentru fiecare  $\psi$

$$\eta_m = \eta_m(n_m, \psi = \text{cst}) \quad (6.3.80)$$

$$Q_m = Q_m(n_m, \psi = \text{cst}) \quad (6.3.81)$$

**b2) Determinarea debitului optim optimarum  $Q_{00}$**

Se determină  $\eta_m$  maxim al curbelor și

$$V_0 = \theta(Q_x/Q_{00}) = \theta(1) \quad (6.3.82)$$

unde  $\theta(y)$  - este polinomul Lagrange care trece prin punctele de coordonatele  $(Q_x/Q, V)$  din tabelul 6.3.4.

Ou aceste elemente se rezolvă sistemul format din ecuațiile (2°) și (2<sup>IV</sup>) sistem care prin eliminarea  $\eta_i = \eta_{\text{mix}}$  se reduce la o ecuație în  $H_1$  ce se rezolvă prin metoda înjumătățirii.

Conoscînd  $\eta_i$  pentru  $H_1$  calculat din relația (2<sup>II</sup>) se determină  $Q_{00}$ .

Pentru a ajunge la ecuația în  $H_1$  care se rezolvă prin metoda înjumătățirii se procedează după cum urmează.

Dacă  $Q_x = Q_{00}$  rezultă că  $V' = Q_x/Q_{00} = 1$ .

Notăm cu  $V_0 = \theta^{-1}(1)$ .  $Q_{00}$  corespunde la un  $\eta_{\text{max}} = \eta_{\text{min}}$  și  $n_{\text{min}}$  (turația modelului corespunzătoare acestui punct).

Din (2<sup>IV</sup>) avem că

$$\eta_h = a + b \left( \frac{1}{H_1} \right)^{\frac{1}{2\alpha}} \quad \text{not } A(H_1) \quad (6.3.83)$$

unde

$$a = \eta_{\text{min}} + V_0 (1 - \eta_{\text{min}}) \quad (6.3.84)$$

$$b = -V_0 (1 - \eta_{\text{min}}) \left( \frac{D_m}{D_i} \right)^{1/\alpha} \cdot \frac{1}{H_{\text{min}}^{1/2\alpha}} \quad (6.3.85)$$

$$\alpha = 6,2$$

Din (3') și expresia lui  $\eta_h$  de mai sus se obține

$$n_{\text{min}} \frac{\text{not}}{A(H_1)} \quad (6.3.86)$$

(ecuația explicită în  $H_1$ ). Mai precis, împărțim expresia lui  $\eta_h$  prin  $\eta_{\text{min}} \neq 0$  și obținem

$$\frac{\eta_h}{\eta_{\text{min}}} = \frac{a}{\eta_{\text{min}}} + \frac{b}{\eta_{\text{min}}} \left( \frac{1}{H_1} \right)^{-1/2\alpha} = C + D \cdot H_1^\beta \quad (6.3.87)$$

unde  $\beta = \frac{-1}{2\alpha}$ .

Notăm cu

$$\frac{n_i}{n_{\text{min}}} = E \quad (6.3.88)$$

$$\frac{D_m}{D_i} \left( \frac{1}{H_{\text{min}}} \right)^{1/\alpha} = F \quad (6.3.89)$$

Atunci ecuația explicită în  $H_1$  devine:

$$(C + D \cdot H_i^\beta)^{1/\alpha} \cdot H_i^{1/2} \cdot F = E \quad (6.3.90)$$

sau

$$(C + D \cdot H_i^\beta) \cdot H_i \cdot \frac{E^2}{F^2} \quad \text{not } G$$

Astfel ecuația

$$(C + D H_i^\beta) H_i = G \quad (6.3.91)$$

se rezolvă prin metoda înjumătățirii, ținând cont de reprezentarea grafică a lui  $f(H_1) = (C + D \cdot H_1^\beta) H_1 - G$ , în următoarele

ipoteze:

$$C > 0, \quad D < 0, \quad G > 0.$$

**b3) Determinarea curbelor ET = ET(PC, HT=cst)**

Pentru  $\eta_m$  dat se obține din (2<sup>I'</sup>) ecuația:

$$\eta_h = g(V) \quad (6.3.92)$$

Din ecuațiile (2<sup>I'</sup>) și (6.3.92) rezultă

$$\eta_m = g(\eta_h) \quad (6.3.93)$$

Se intersectează familia de curbe din fig. 6.3.18 cu dreapta

$$X = n_m \quad (U \text{ Og})(V) \quad (6.3.94)$$

și rezultă curba de ecuație

$$\varphi = \varphi(\eta_m, n_m = \text{cst}) \quad (6.3.95)$$

Notăm cu  $P_\varphi(z)$  polinomul Lagrange care trece prin punctele de coordonate  $(\eta_m, \varphi)$ .

Pornind de la familia de curbe din fig. 6.3.19 se obține în mod analog curba de ecuație  $Q_m = Q_m(\varphi, n_m = \text{cst})$ . Fie  $P_Q(z)$  polinomul Lagrange care trece prin punctele de coordonate  $(\varphi, Q_m)$ . Notăm cu  $\varphi_0 = \varphi(\eta_m)$ . Atunci  $Q_m = P_Q(\varphi_0)$ . Din (2<sup>II</sup>) se calculează debitul turbinei industriale  $Q_x$  corespunzător lui  $Q_m = P_Q(\varphi_0)$ . Astfel ecuația

$$\theta(Q_x/Q_{00}) = V \quad (6.3.96)$$

nu se poate scrie sub formă explicită dar se poate calcula diferența

$$f(V) = \theta(Q_x/Q_{00}) - V \quad (6.3.97)$$

pentru fiecare  $V$ , se face posibilă rezolvarea ei și prin metoda înșurătății.

Din ultima intersecție rezultă

$$\eta_{hi} \quad \text{și} \quad \eta_{hi} = \eta_i$$

Aplicând succesiv formulele

$$\left\{ \begin{array}{l} N^{\text{II}} = \dots \text{HT} \times \dots \eta_{hi} \\ \eta_{\text{mec}} = \frac{1}{100} \left[ 99, \dots - 1 - \frac{N^{\text{II}}}{178.000} \times \frac{0,05}{0,3} \right] \\ P_0 = \dots = g \times \dots \eta_i \times \eta_T \end{array} \right. \quad (6.3.98)$$

Se obțin curbele

$$\eta_{hi} = \eta_T(PC, HT = \text{cst}) \quad (6.3.99)$$

unde  $g$  - accelerație gravitațională ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )

Datele în fapt rezultate din măsurători nu dispunem de curbe date prin puncte care sânt de dese în combinație cu interpolarea Lagrange s-a folosit metoda celor mai mici patrate care prin cele trei subrutine PAUN, PAUN.1 și GAUSS rezolvă problema cerută.

La trecerea de la turbina model la turbina industrială pe baza formulelor (1),  $H_m$  este dat de

$$H_m \stackrel{\text{not}}{=} H_{m0} + HST_m + \frac{\alpha_1 \cdot \omega_m^2}{2g \cdot \omega_1^2} \quad (6.3.100)$$

unde pentru datele de pe standul Reșița  $HST_m \approx 9$  m (căderea statică model),  $\alpha_1$  și  $\omega_1$  fiind caracteristice secțiunii considerate de intrare în turbina model.

#### Notatiile folosite pentru programele CREFIS și SIMIL

- DM** - diametrul turbinei model (model Reșița DM=0,5 m)  
**D11** - diametrul turbinei "dublu unitare" D11 = 1 m  
**DI** - diametrul turbinei industriale (EdF = 9,5 m)  
**HM** - căderea turbinei model (model Reșița HM= 9 m)  
**H11** - căderea turbinei "dublu unitare" (H11 = 1 m)  
**HI** - căderea turbinei industriale - corespunzătoare punctului de optim,  
**EPS** - precizie (EPS=0,01)  
**TI** - înălțimea turbinei industriale  
**L** - vector corespunde numărul de no-uri pentru fiecare  $\varphi$   
**FI** - vector corespunde unghiurilor  $\varphi$   
**LA** - matrice corespunde numărul de triplete de forme (T11, D11, Q11) și datele de intrare pentru fiecare  $A_0$  pentru un  $\varphi$  dat  
**A<sub>0</sub>** - vector corespunde valorile lui  $A_0$  pentru un  $\varphi$  dat  
**T11** - vector corespunde valorile turbinilor dublu unitare pentru fiecare  $A_0$   
**ETA 11** - vector corespunde randamenle turbinei "dublu unitare" (tipul topologic universal) pentru fiecare  $A_0$   
**Q11** - vector corespunde debitelor turbinei dublu unitare pentru fiecare  $A_0$   
**TM** - vector corespunde valorile turbinilor model  
**QM** - vector corespunde valorile turbinilor corespunzătoare turbinei



- ETA** - vector ce conține valorile randamentelor turbinei model
- A, B** - vectori ce conțin abscisele respectiv ordonatele punctelor care definesc curba ce se va interpola printr-un polinom Lagrange.
- U, Y, W** - vectori de parametri
- TR** - matrice de tranziție a turbinelor turbinei model
- ETA** - matrice de tranziție a turbinelor turbinei
- Q** - matrice de tranziție a turbinelor corespunzătoare turbinei model
- Y** - vector ce conține valorile coeficienților de repartiție a pierderilor
- QXQ** - vector ce conține valorile rapoartelor  $Q_x/Q_0$  unde  
 $Q_x$  - debitul efectiv de funcționare al turbinei în variabile  
 $Q_0$  - debitul efectiv de funcționare al turbinei în variabile
- PO** - matrice de tranziție a turbinelor la cuplă (turbina industrială)
- ET** - matrice de tranziție a turbinelor turbinei (industriale)
- A1, B1** - vectori de tranziție pentru interpolare
- E1** -  $-1/2\alpha$  ( $\alpha = \dots$ )
- B2** -  $1/\alpha$
- TRM** - tranziția turbinelor model corespunzătoare punctului de optim
- QMM** - debitul efectiv corespunzător punctului de optim
- VMM** - coeficientul de repartiție a pierderilor corespunzător punctului de optim
- ETAMM** - randamentul turbinei model corespunzător punctului de optim
- HT** - coeficientul de tranziție industriale
- TRM** - tranziția turbinelor model
- ETH** - randamentul turbinelor industriale (turbina industrială)
- ETAX** - randamentul turbinelor industriale
- ETAM** - randamentul turbinelor industriale

Schemele logice ale programelor SIMIL și SIMIL se prezintă în continuare în fig. 6.3.20 și respectiv 6.3.21 și 6.3.34.

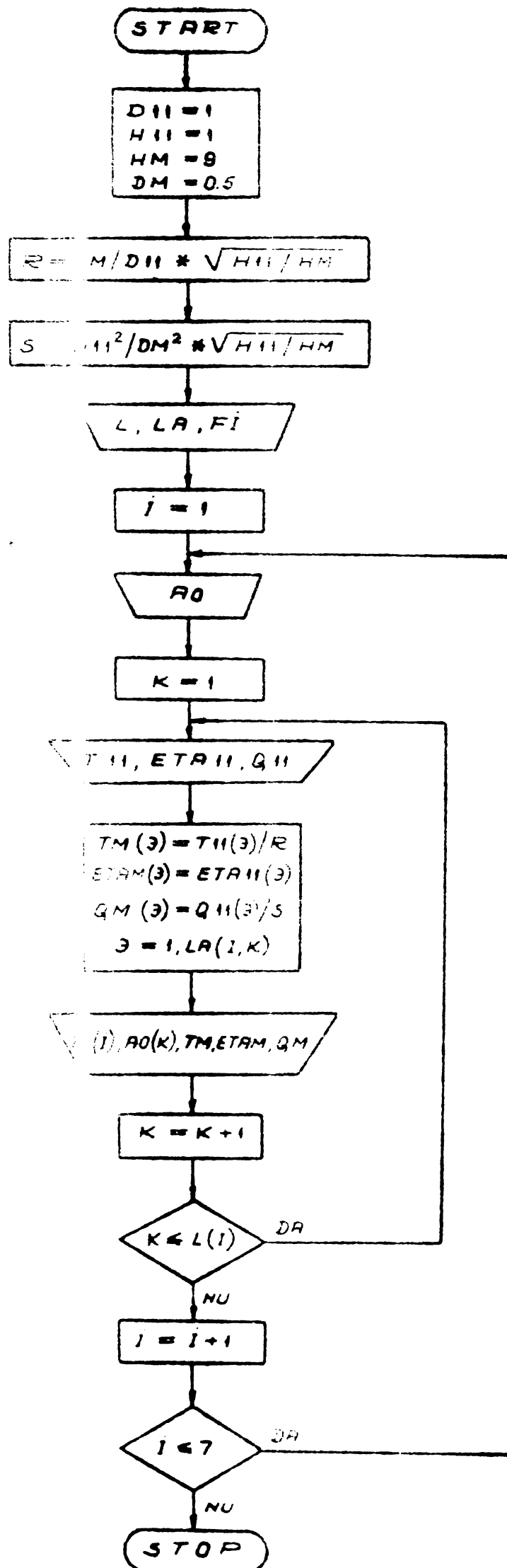


FIG. 6.3.20

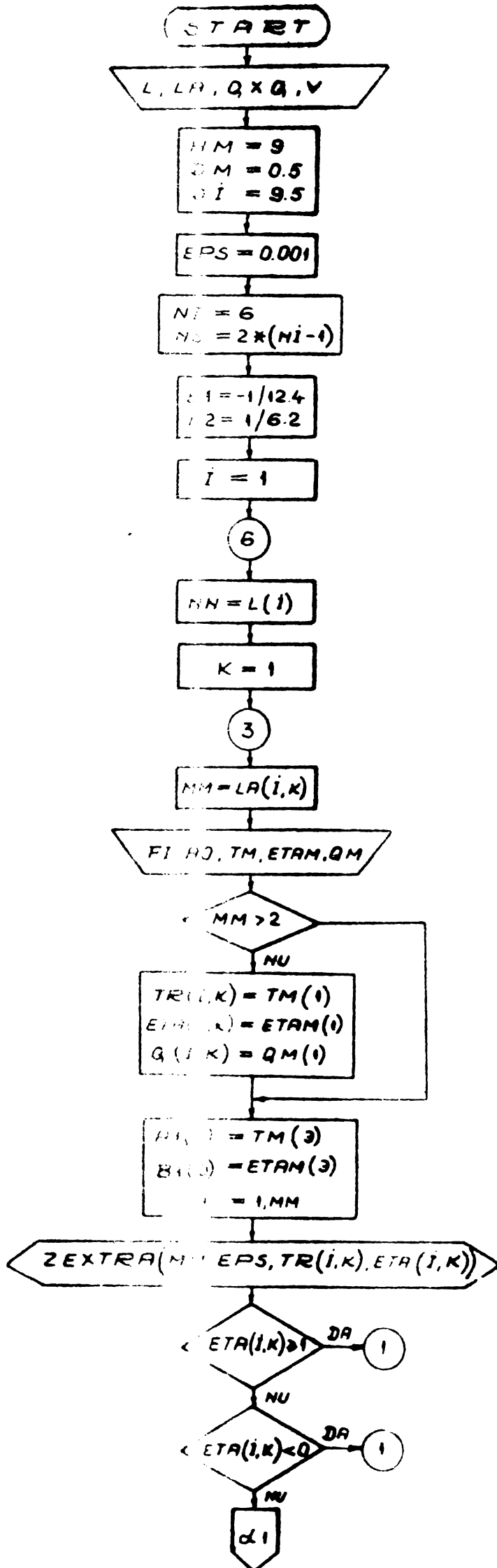


FIG. 6.3.21

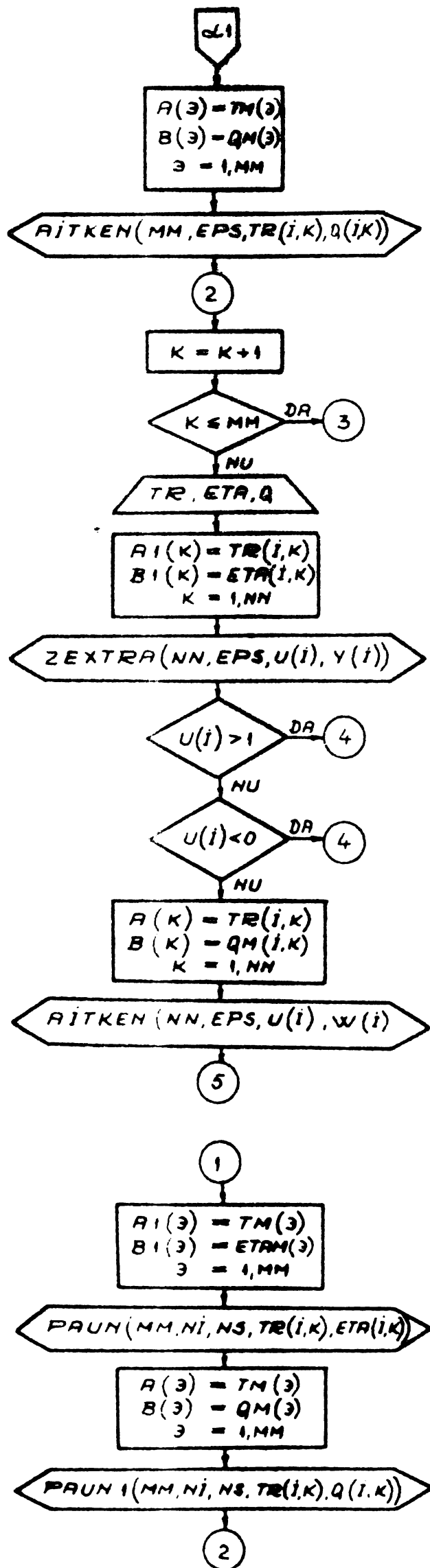


FIG 6.3.22

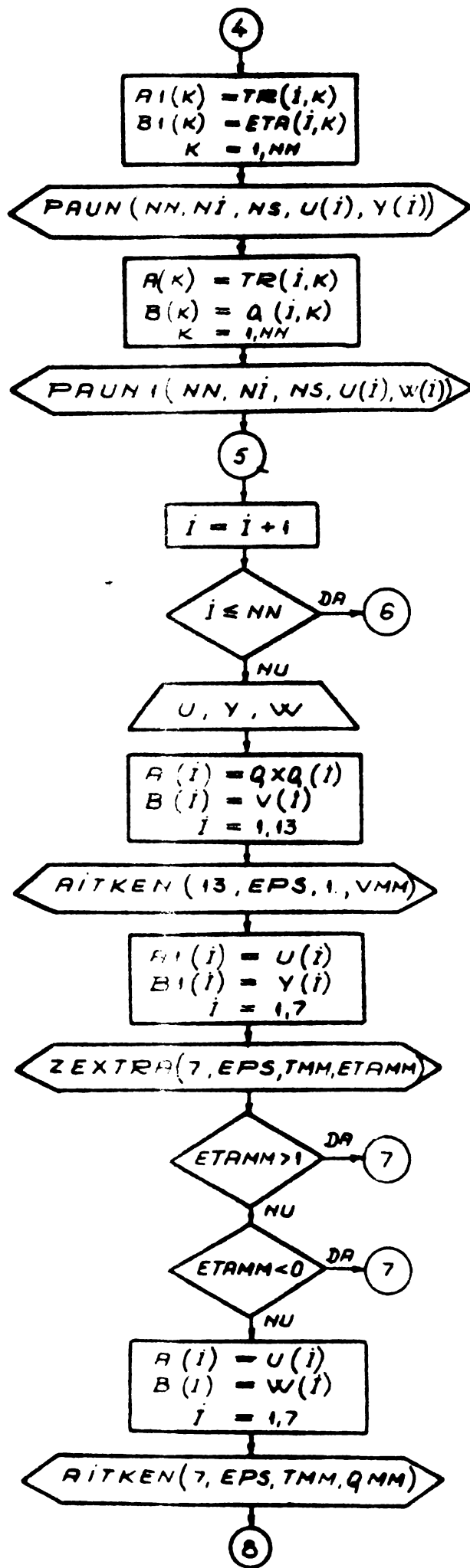


FIG. 6.3.23

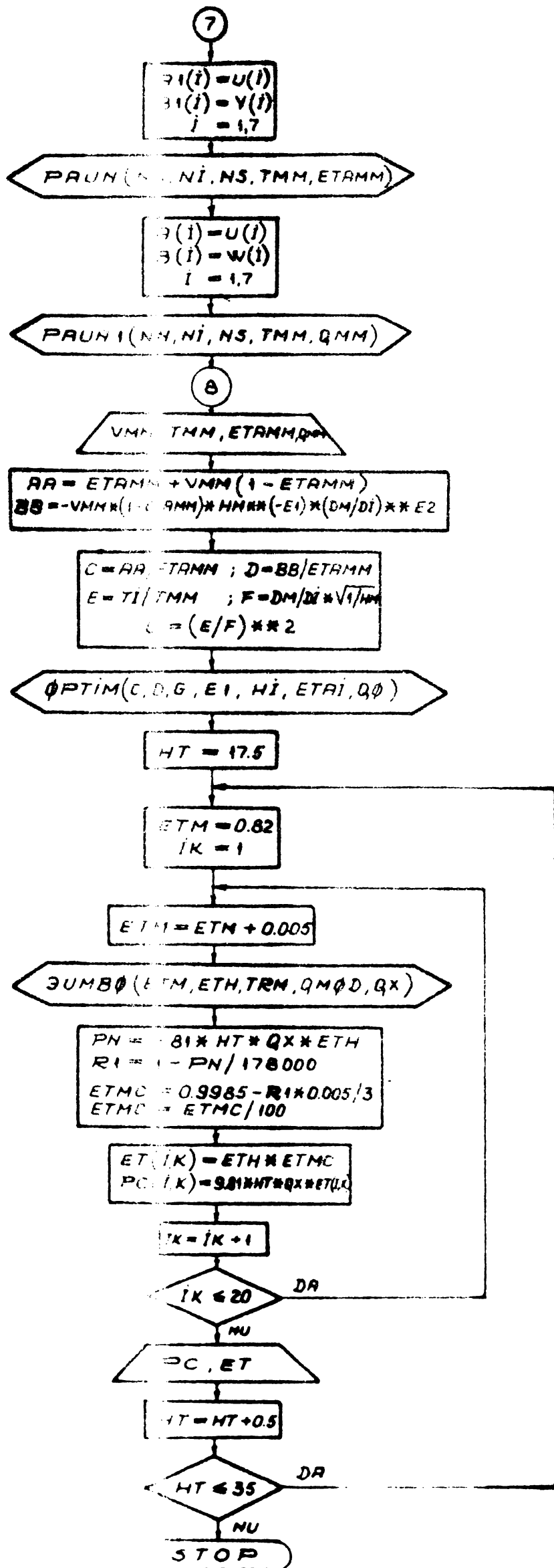


FIG. 6.3.24

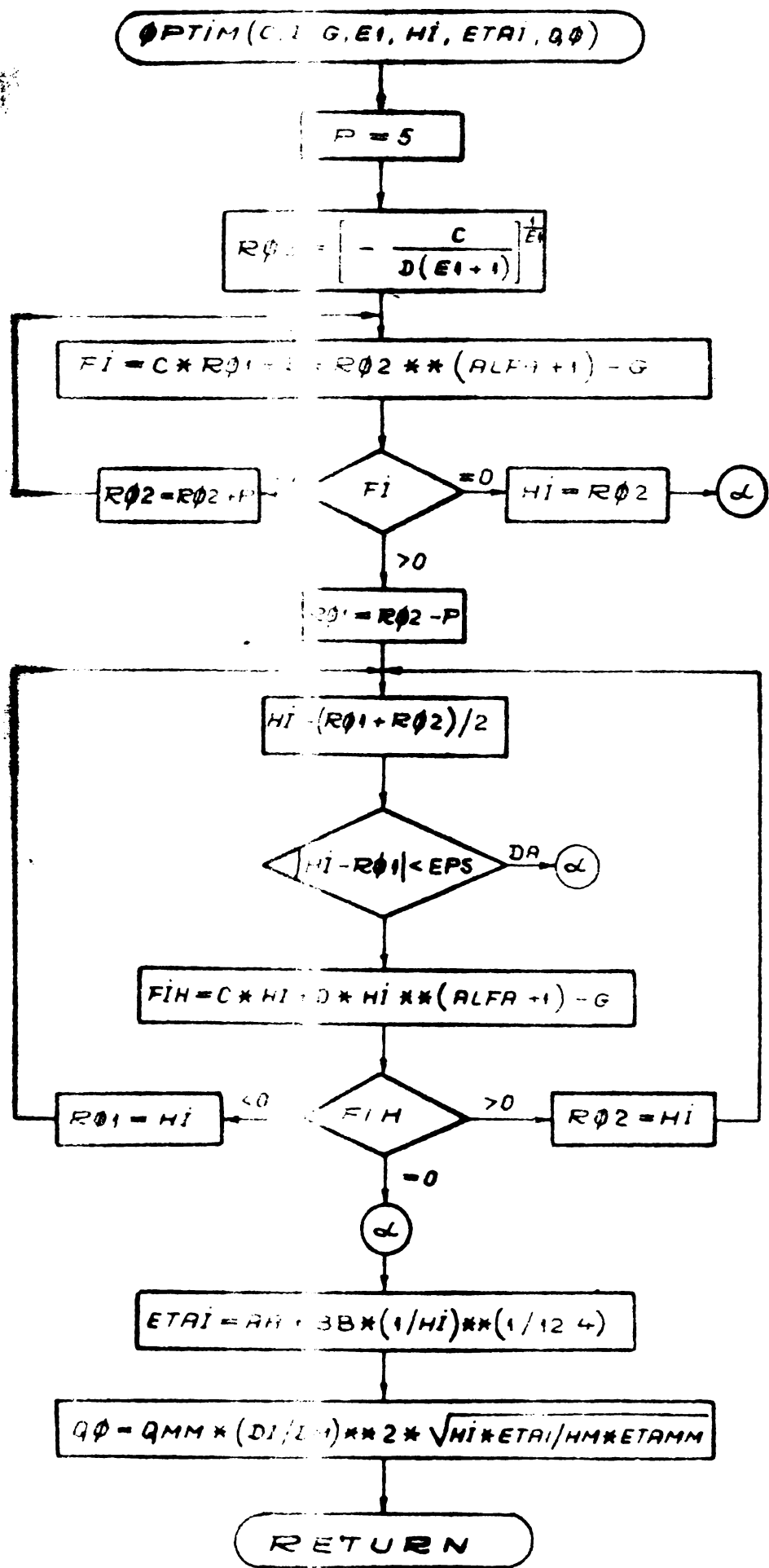


Fig. 6.3.25

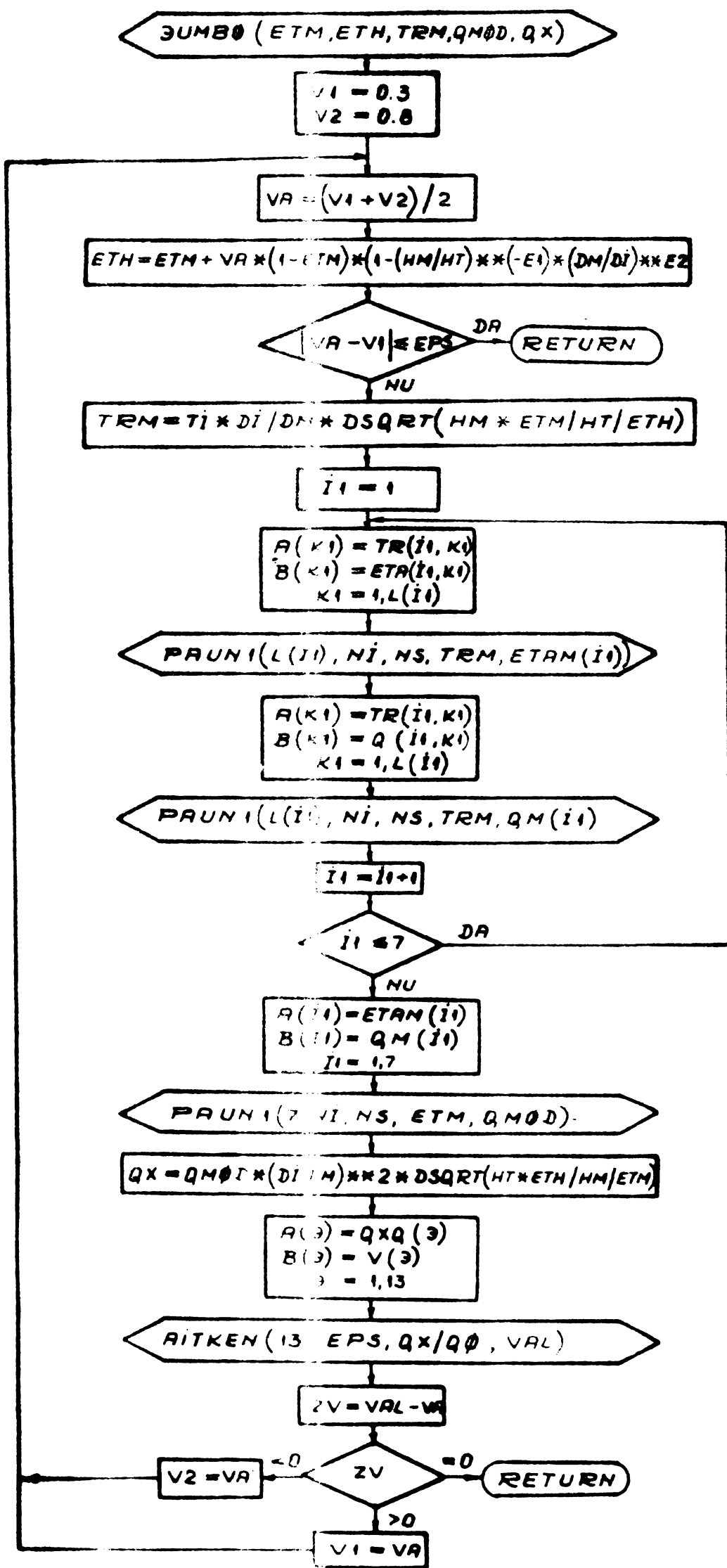


FIG. 6.3.26



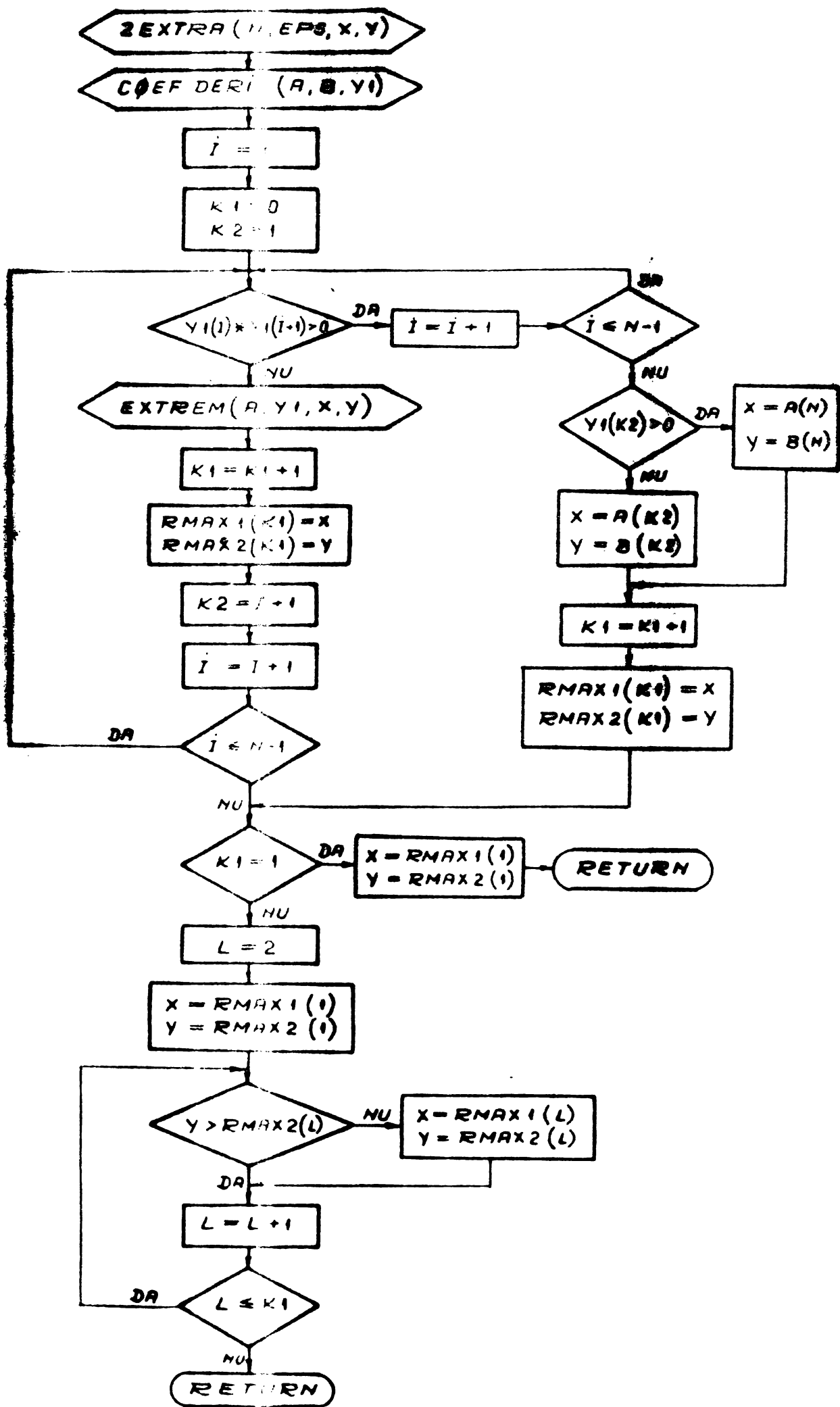


FIG 6.3.27

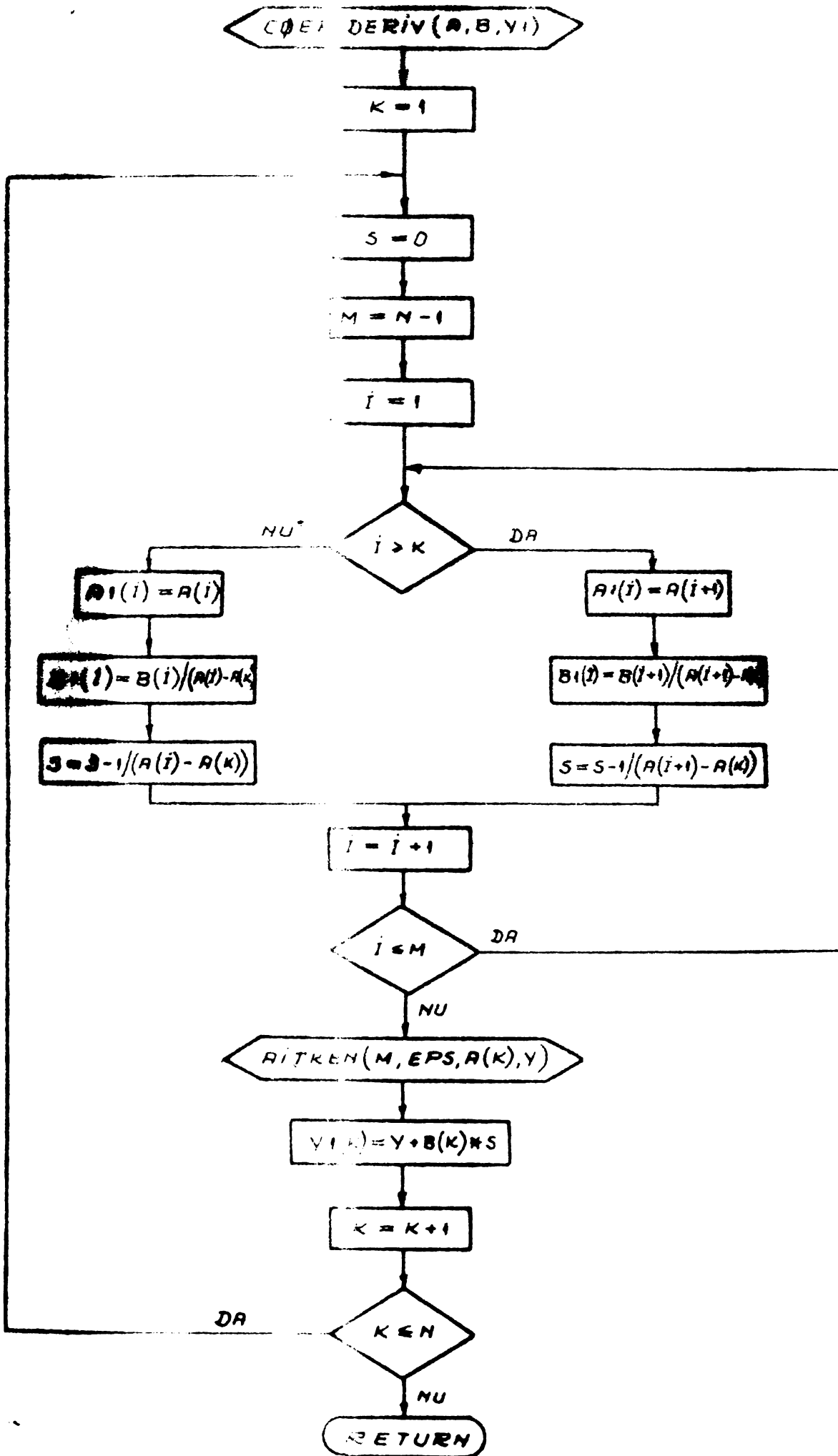


Fig 6.3.28

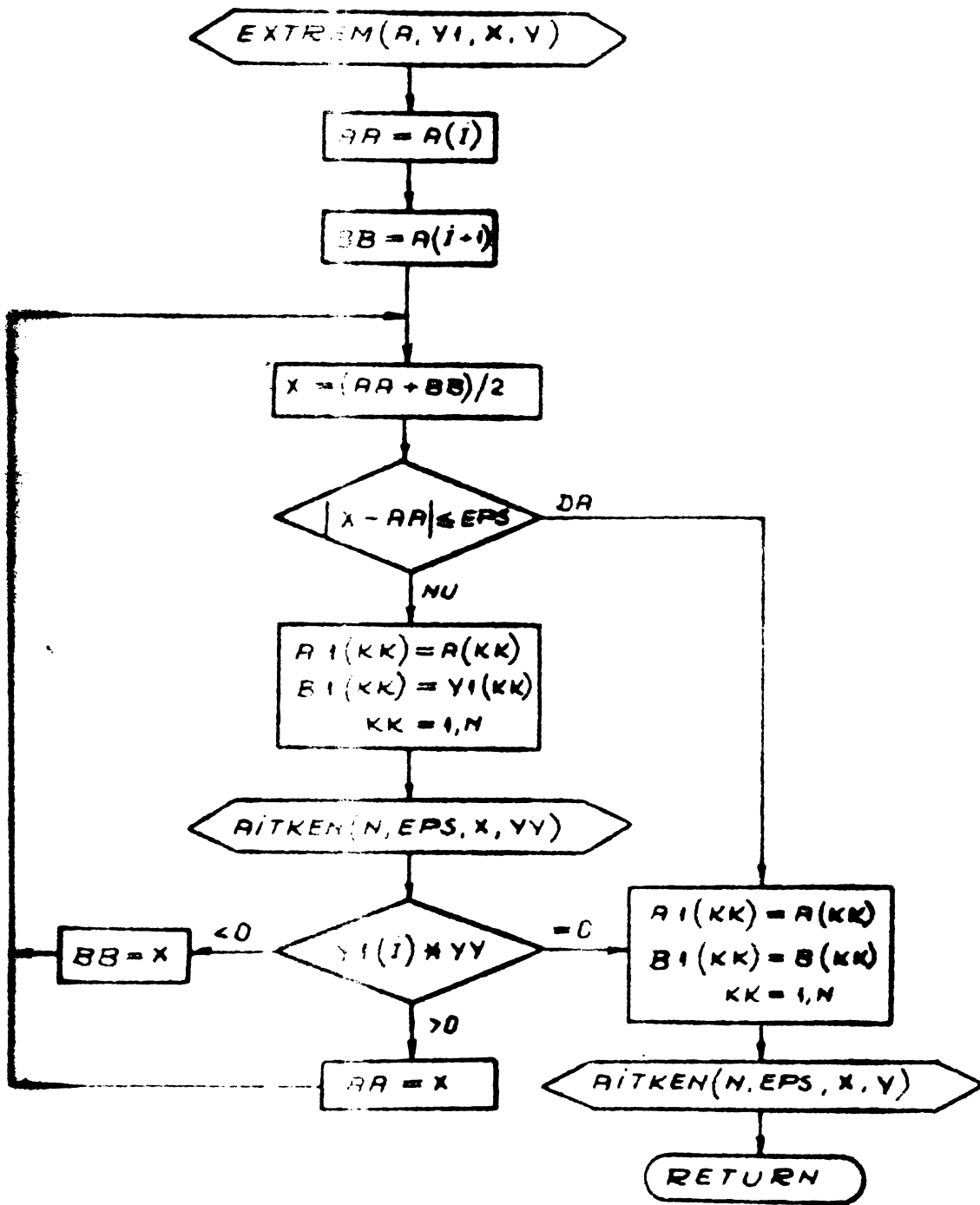


FIG 6.3.29

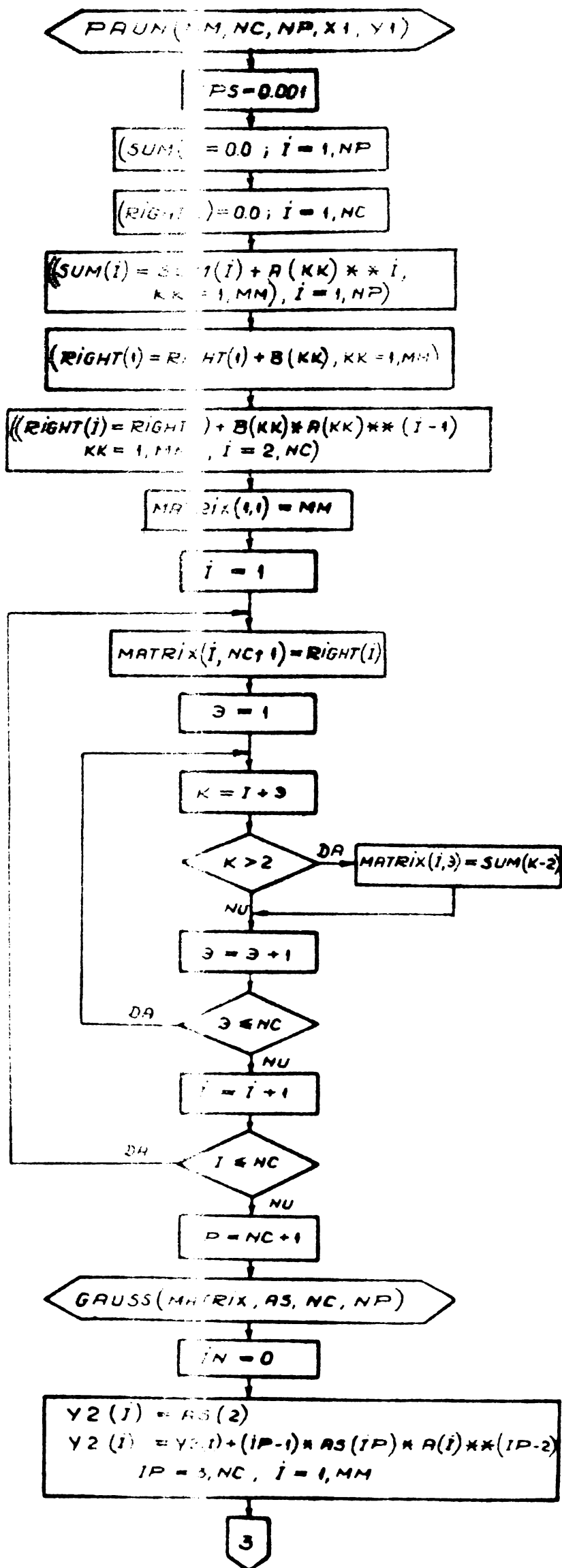


FIG. 6.3.30

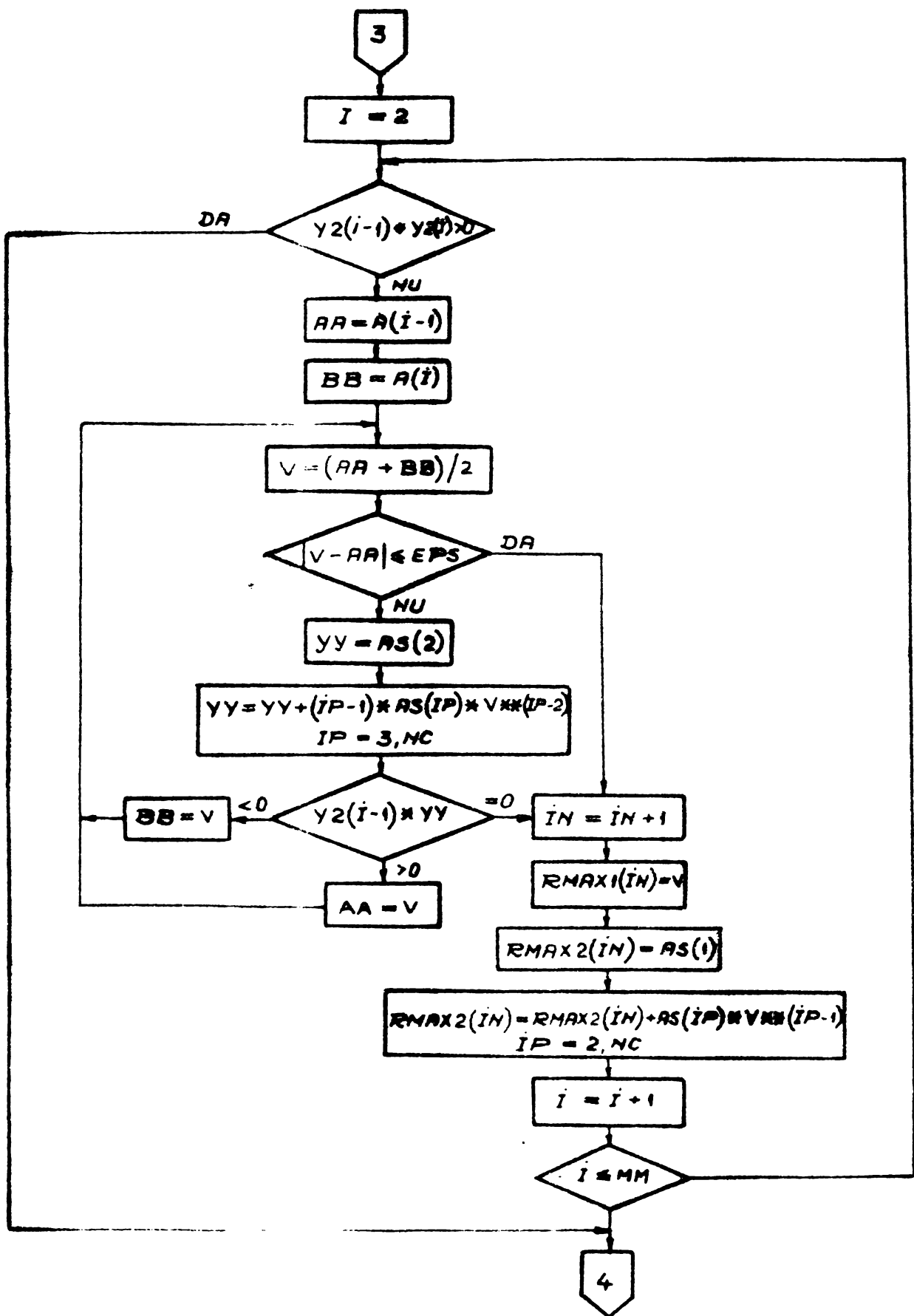


FIG. 6.3.31

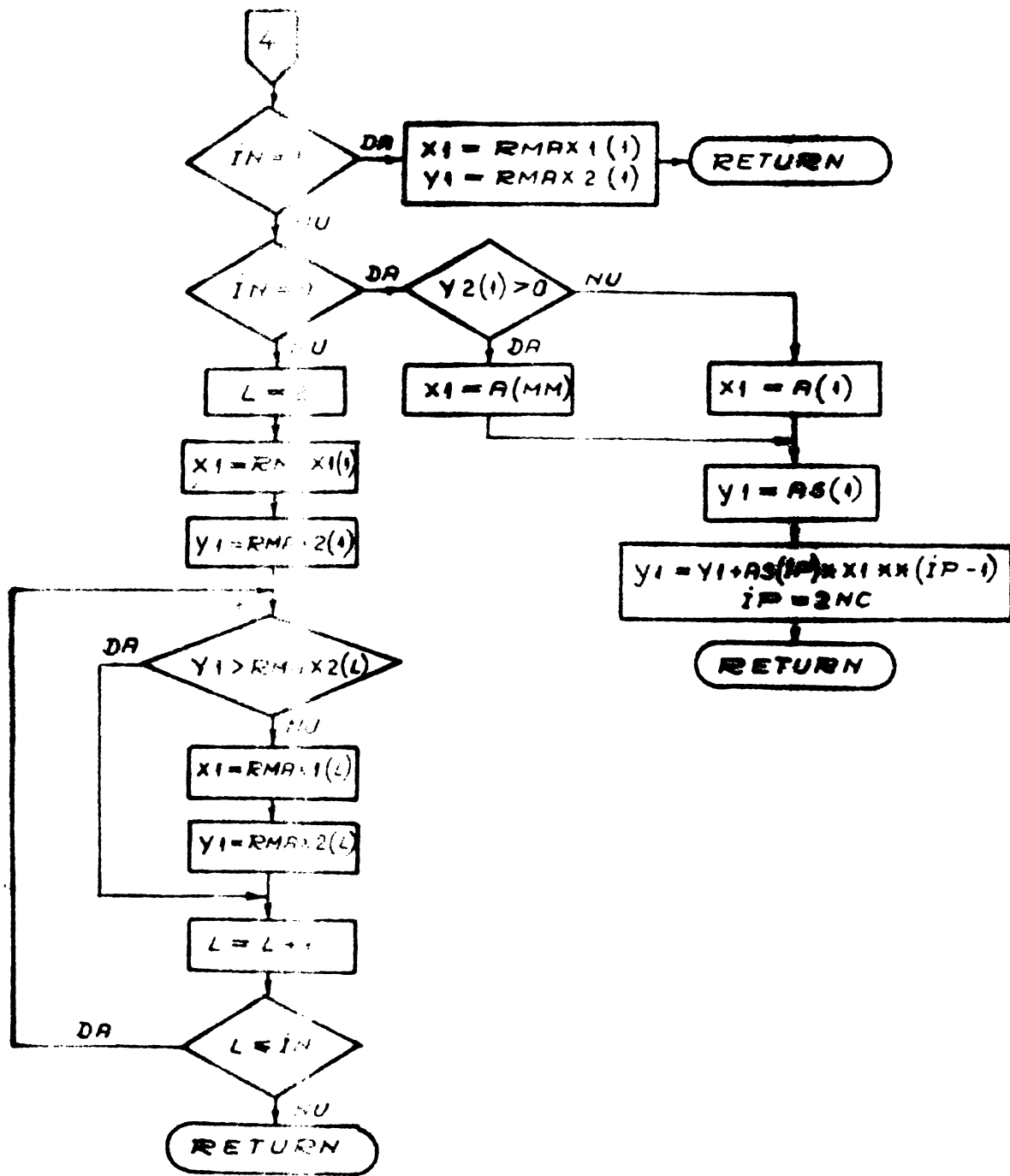


FIG 6.3.32

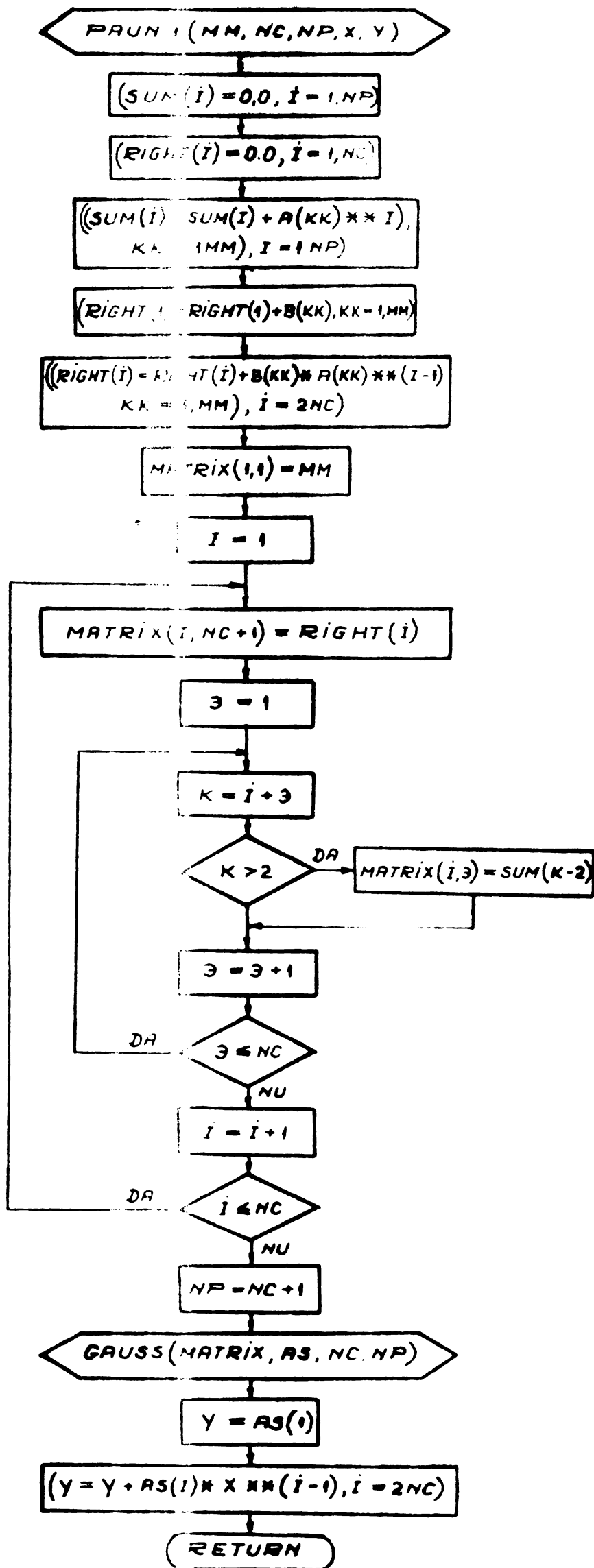
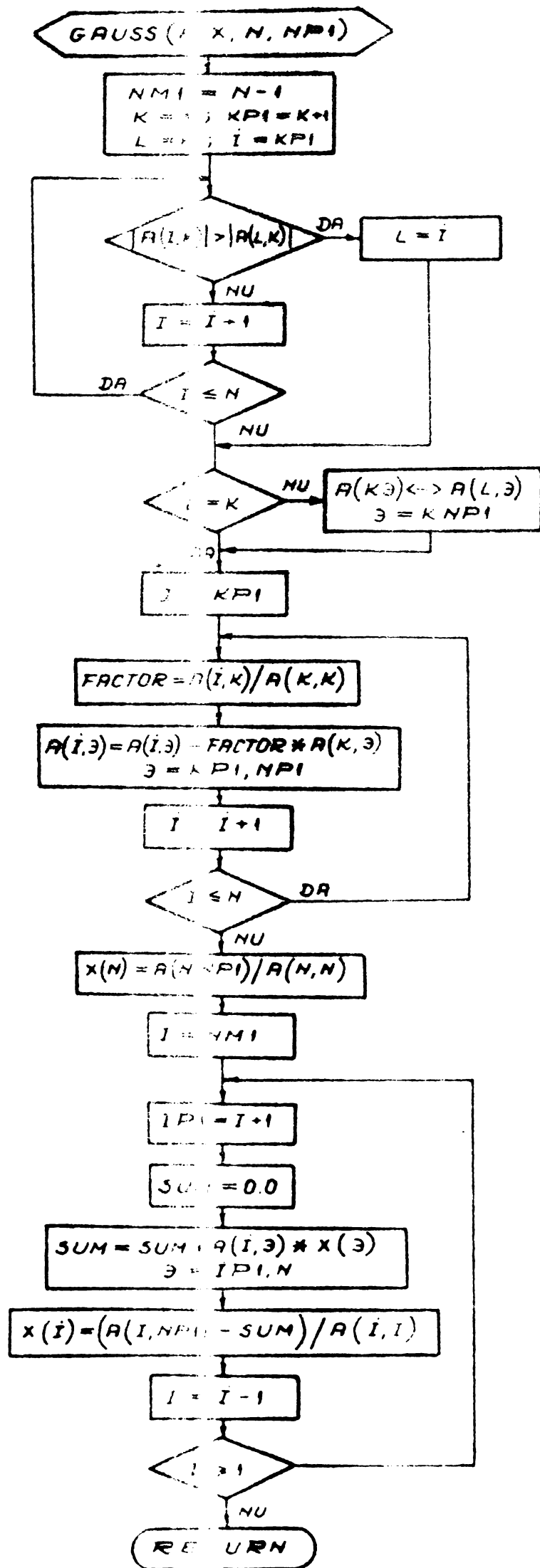


FIG. 6.3.33



6.3.34.



### 6.3.6.- Stabilirea punctului real de funcționare al unei turbine

Considerăm date începând de la  $HT_{\min}$  și până la  $HT_{\max}$  (ex. până la 35 m) din 0,5 m în 0,5 m, curbele de HT constant în coordonate (PC, ET) unde:

PC - puterea la cuplă și

ET - randamentul turbinei.

Notăm cu  $N_c$  numărul curbelor  $HT=cst$ . În vectorul  $L$  în poziția "i" păstrăm numărul de puncte pe care-l luăm pe curba "i". Poziția "i" din vectorul  $S$  conține valoarea lui HT corespunzătoare curbei. Abscisele și ordonatele punctelor luate pe curbele de  $HT=cst$  se introduc în vectorii HX respectiv HY în ordinea dată de vectorul  $S$ . Dacă intersectăm această familie de curbe cu dreapta  $X=PC$  se obțin punctele  $(HT(i), ET(i))$ ,  $i=\overline{1, N_c}$ , ale curbei de  $PC=cst$ , sau altfel spus avînd dată familia de curbe  $ET=ET(HT=C_i, PC)$ ,  $i=\overline{1, N_c}$  și intersectînd cu dreapta  $X=PC_0$  obținem curba  $ET = ET(HT=C_i, PC_0)$  unde  $C_i \in [HT_{\min}, HT_{\max}]$ , ( $C_i$  - constantă).

Pentru fiecare punct de coordonate (HT, ET) se poate găsi cîte un HPR corespondent din

$$HPR = HT - \left( \frac{\alpha_1}{2g\omega_1^2} + C \right) \left( \frac{PC}{g \cdot HT \cdot ET} \right)^2 \quad (6.3.101)$$

se poate calcula și debitul turbinat

$$Q = \frac{PC}{g \cdot HT \cdot ET} \quad (6.3.102)$$

Programul PCKHQ interpolînd prin polinoame Lagrange sursele determinate de punctele  $(HT(i), ET(i))$ ,  $i = \overline{1, N_c}$ , și utilizînd relațiile (101) și (102) listează plecînd cu PC de la  $P_{\min}$  (unde  $P_{\min}$  poate fi egal cu puterea de mers în "gol") cu pasul 1 MW, la  $PC = P_{\max}$  (puterea de limitare a turbinei) valorile HT, HPR, Q, ET cu pasul din 0,5 m în 0,5 m pentru fiecare PC. Alegînd cîte doi parametri din cvadrupletul (HT, HPR, Q, ET), putem reprezenta o curbă de  $PC=cst$  în diverse coordonate.

Pentru rezolvarea problemei s-au ales perechiile de coordonate (HT, HPR) și (Q, HPR) care avînd în comun pe axa OY reprezentarea lui HPR, iar pe axa OX, luîndu-se scări diferite pentru HT și Q se obține nomograma din fig. 6.3.35.

Atunci pentru obținerea punctului real de funcționare a tur-

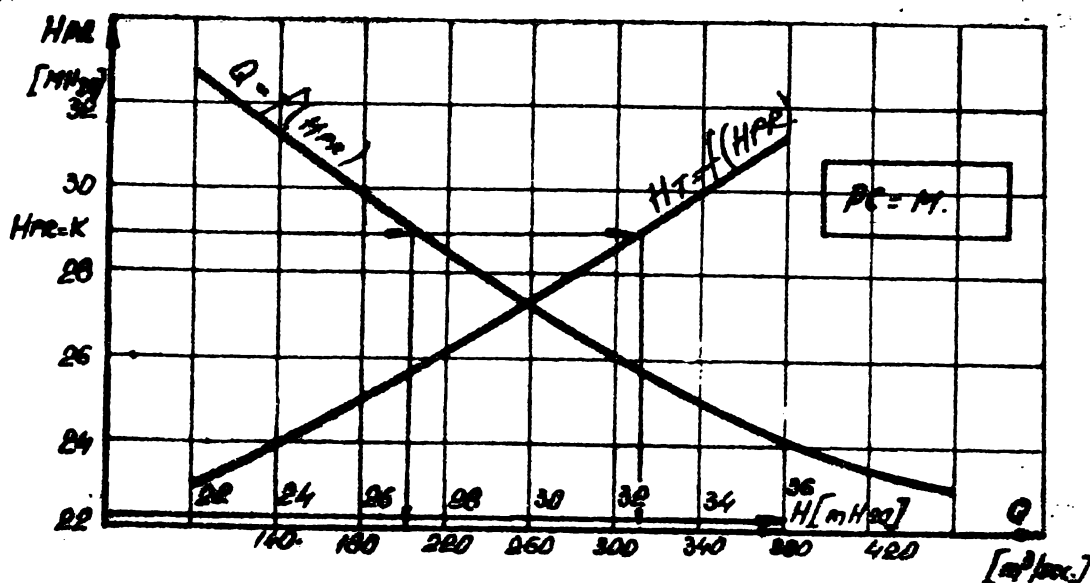


Fig. 6.3.35

binei se procedează în felul următor:

a) Se citește puterea activă PA și apoi se determină din diagrama din fig. 6.3.10 puterea la cuplă PC prin programul PAPERPC.

Cu o eroare mai mică de 0,6 MW (subclasa de precizie a aparatelor de tablou) se poate determina operativ valoarea puterii la cuplă PC funcție de PA din nomograma ilustrată în fig. 6.3.11.

b) introducând datele AMT, HA, HB, AVPR programului cabșat pe minicalculatorul PC-16 se obține HPR.

c) Pe baza lui HPR astfel obținut din nomograma de tipul celei din fig. 6.3.35 corespundență puterii la cuplă "PC" (obținută la pct. "a") se determină parametri HT și Q aferenți punctului de funcționare pentru care se obțin la bornele generatorului puterea activă "PA" și puterea reactivă "PR" și se realizează nivelele AMT, HA, HB, AVPR.

Programul SIMULARE - simulează pe calculator metoda de calcul de mai sus parcurgând șirul de calcule indicat la paragrafele 6.3.3, 6.3.4, 6.3.5 și 6.3.6 pornind de la setul de parametri PA, PR, AMT, HA, HB, AVT corespunzători unui caz de funcționare.

Programul "simulare" listează toți parametrii luați în considerare realizând și comparația între debitul  $Q^{\text{calc}}$  calculat prin metodologia folosită în mod curent (până în prezent) și debitul determinat prin metoda (de reducere a erorilor) propusă, listându-se  $DQ = Q^{\text{calc}} - Q$ .

In figurile 6.3.36 și 6.3.37 respectiv 6.3.38 + 6.3.40 sînt prezentate schemele logice ale programelor PCKHQ și SIMULARE.

#### Notății folosite în programele PCKHQ și SIMULARE

- PI - limita inferioară a lui PC
  - PS - limita superioară a lui PC
  - DH - pasul în raport cu HT
  - DP - pasul în raport cu PC
  - IP - contor ce numără paginile
  - T - contor pentru numărul de curbe de PC=cst listate pe o pagină prin punctele HT, HPR, Q, ET.
  - K - notație pe listing pentru HPR
  - HC - vector ce conține valorile parametrului HPR listate pe un rînd
  - QT - vector ce conține valorile parametrului Q listate pe un rînd
  - NP - numărul de curbe de PC=cst, listate pe o pagină prin punctele HT, HPR, Q, ET.
- Coordonatele HT, HPR, Q, ET ale punctelor obținute prin intersecția familiei de curbe de HT=cst cu dreapta X=PC și prin aplicarea relațiilor (12) și (13) se păstrează respectiv în vectorii PX, PK, PQ, P~~X~~.
- QS - debitul calculat perin metoda folosită în mod curent în prezent.
  - DQ - diferența QS - Q (respectiv  $Q^{\#} - Q$ )
  - AVT - nivelul indicat de telelimnimetrul aval.

#### 6.3.7.- Rezultate obținute

Folosindu-se programele ai căror algoritmi de calcul au fost prezentați în cap.6.3.5 și 6.3.6 a rezultat o procedură în care funcția de contorizarea unor indici parametru se poate efectua prelucrarea datelor obținute prin încercările energetice pe model folosindu-se una din următoarele formule de conversie a randamentului:

- L.M.Z.
- Hutton (1954)
- Osterwalder.

Cu ajutorul acestei proceduri se poate obține în oricare din

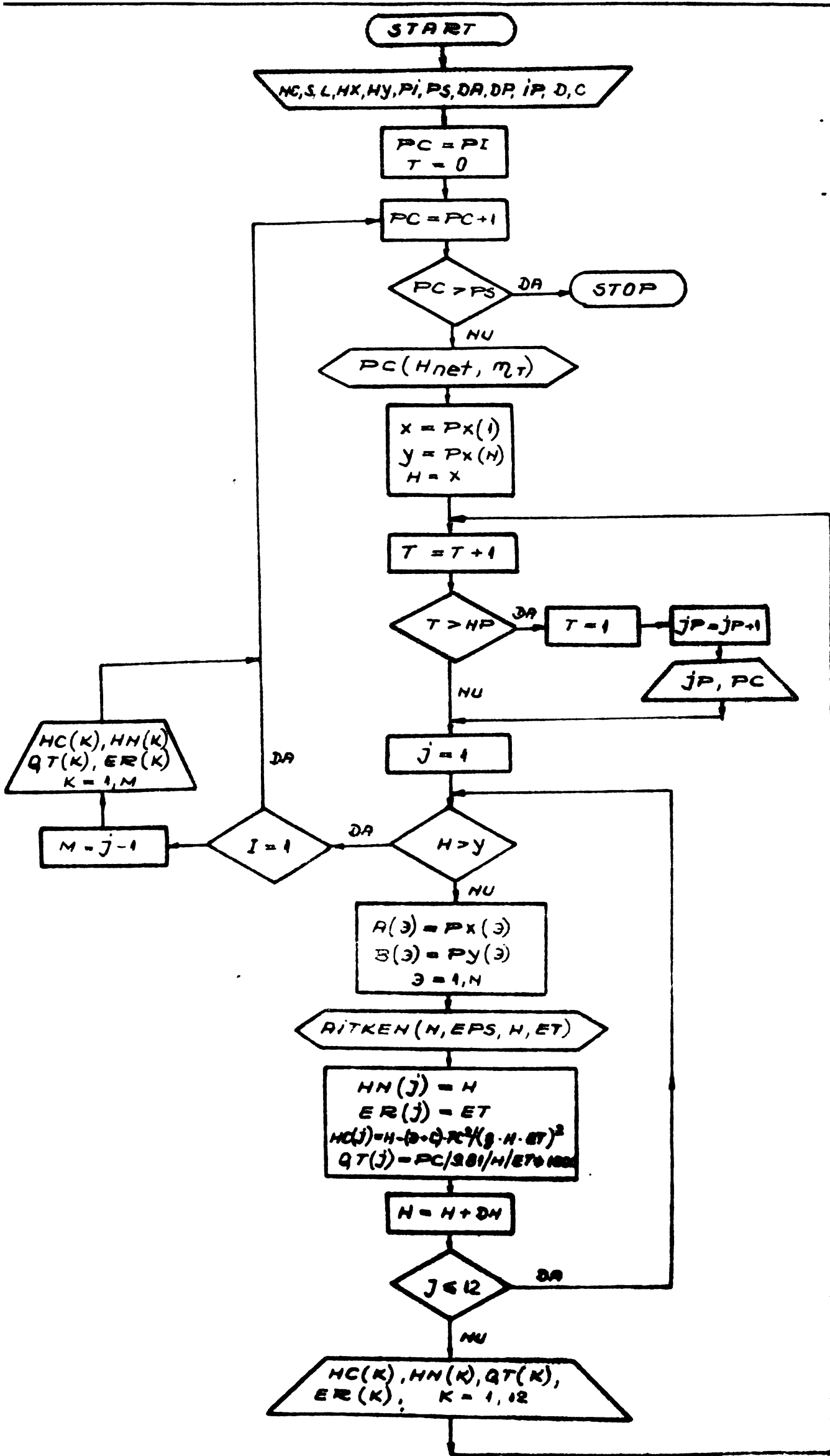


Fig. 6.3.35.

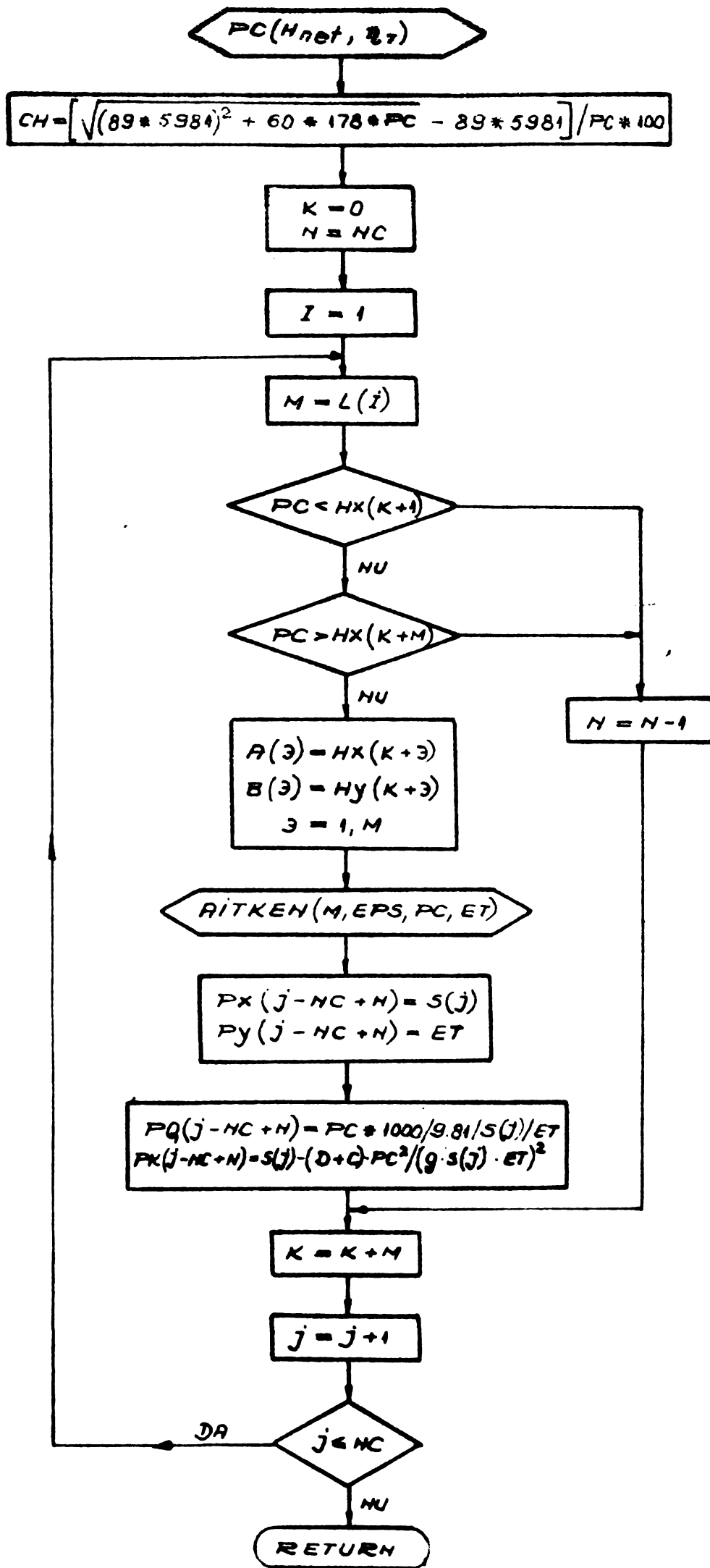


Fig. 6.337

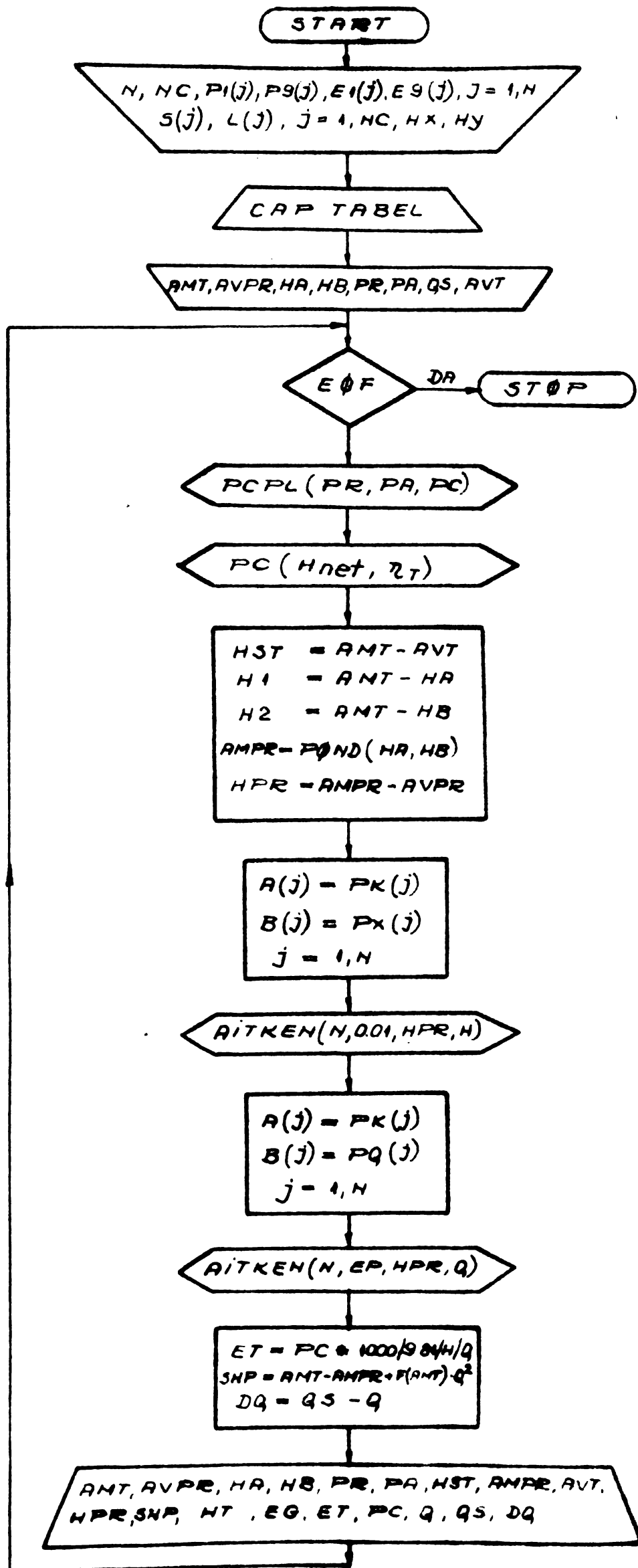
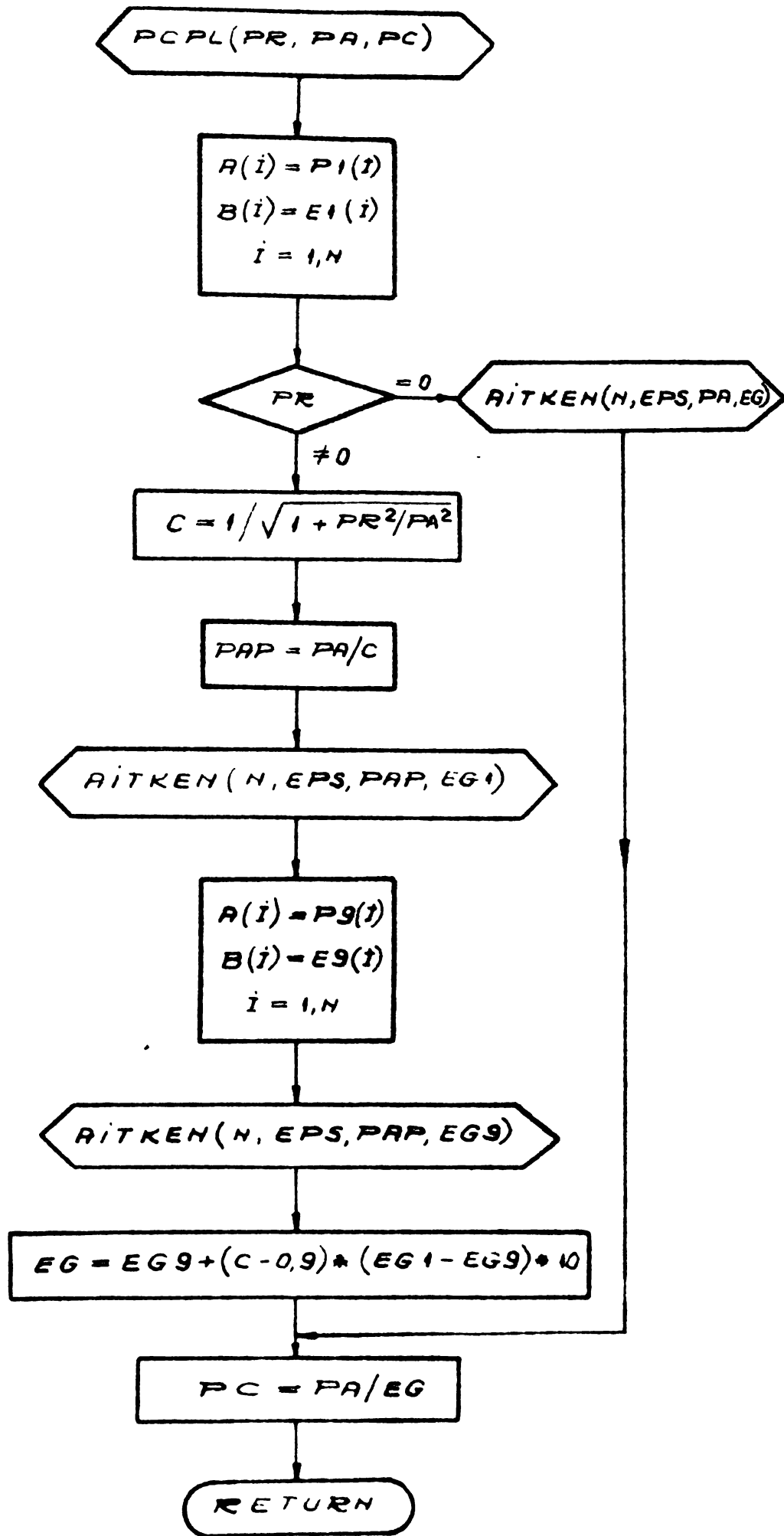


Fig. 6.138



6.239

RITKEN (N, EPS, x, y)

L = N - 1

I = 1

M = N - 1

J = 1

Decision:  $|x - A(M+1)| > |x - A(J)|$

Block:  
 $AUX = A(M+1)$   
 $A(M+1) = A(J)$   
 $A(J) = AUX$   
 $AUX = B(M+1)$   
 $B(M+1) = B(J)$   
 $B(J) = AUX$

J = J + 1

Decision:  $J \leq M$

Decision:  $x = A(I)$

y = B(I)

J = 2

K = J - 1

I = 1

Block:  
 $B(J) = [B(I) * (x - A(J)) - B(J) * (x - A(I))] / (A(I) - A(J))$

I = I + 1

Decision:  $I \leq K$

Decision:  $|B(J) - B(J-1)| \leq EPS$

y = B(J)

J = J + 1

Decision:  $J \leq N$

y = B(N)

RETURN

Fig. 5.1.40



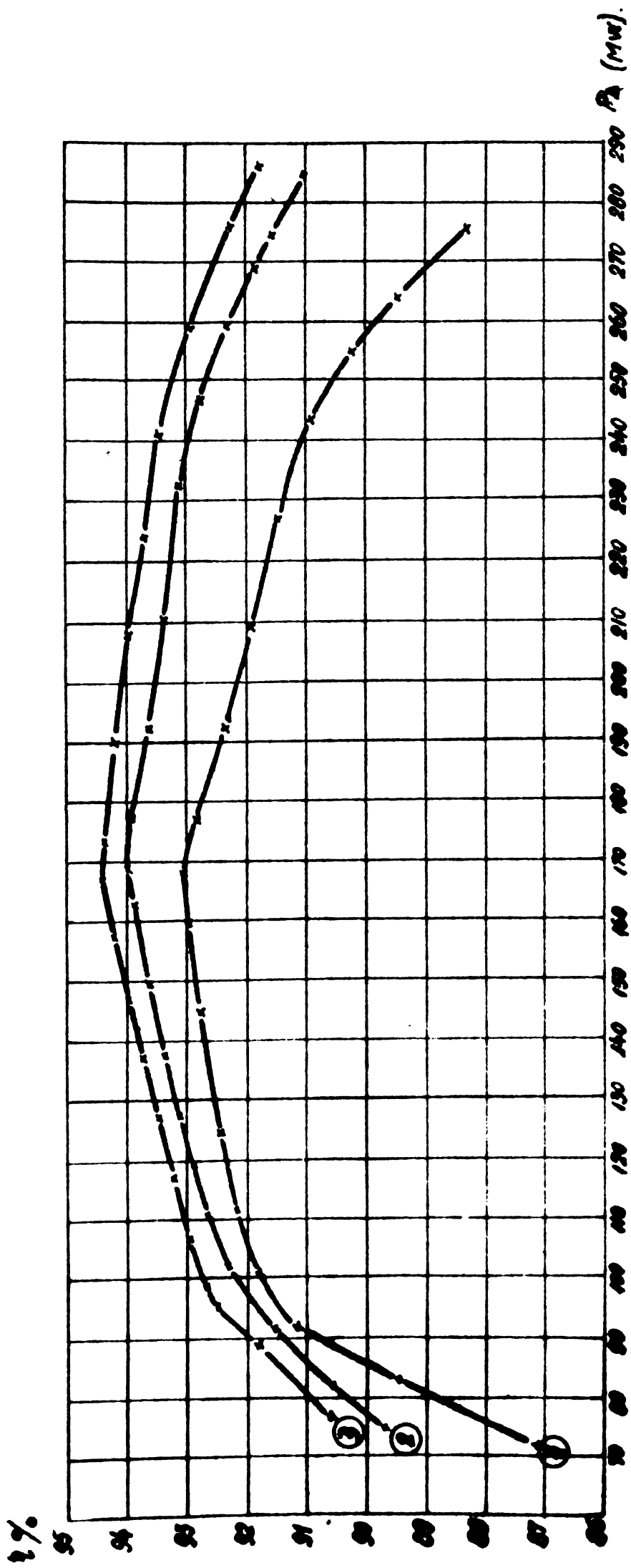
aceste situații

- 1) Determinarea punctului de optim optimum,
- 2) Listarea după dărință a topogramei modelului (considerat ca o turbină din familie) sau a topogramei universale,
- 3) Determinarea punctelor de extremum a curbelor de căderea turbinei HT constante ale turbinei industriale,
- 4) Calculul coordonatelor curbelor de HT=est,
- 5) Calculul coordonatelor nomogramelor pentru determinarea parametrilor de exploatare a turbinei pentru tot diapazonul puterilor active și componentei statice a căderii turbinei posibil de realizat efectiv.

În sinteză, rezultatele obținute se pot vedea în figurile 6.3.41 și 6.3.42.

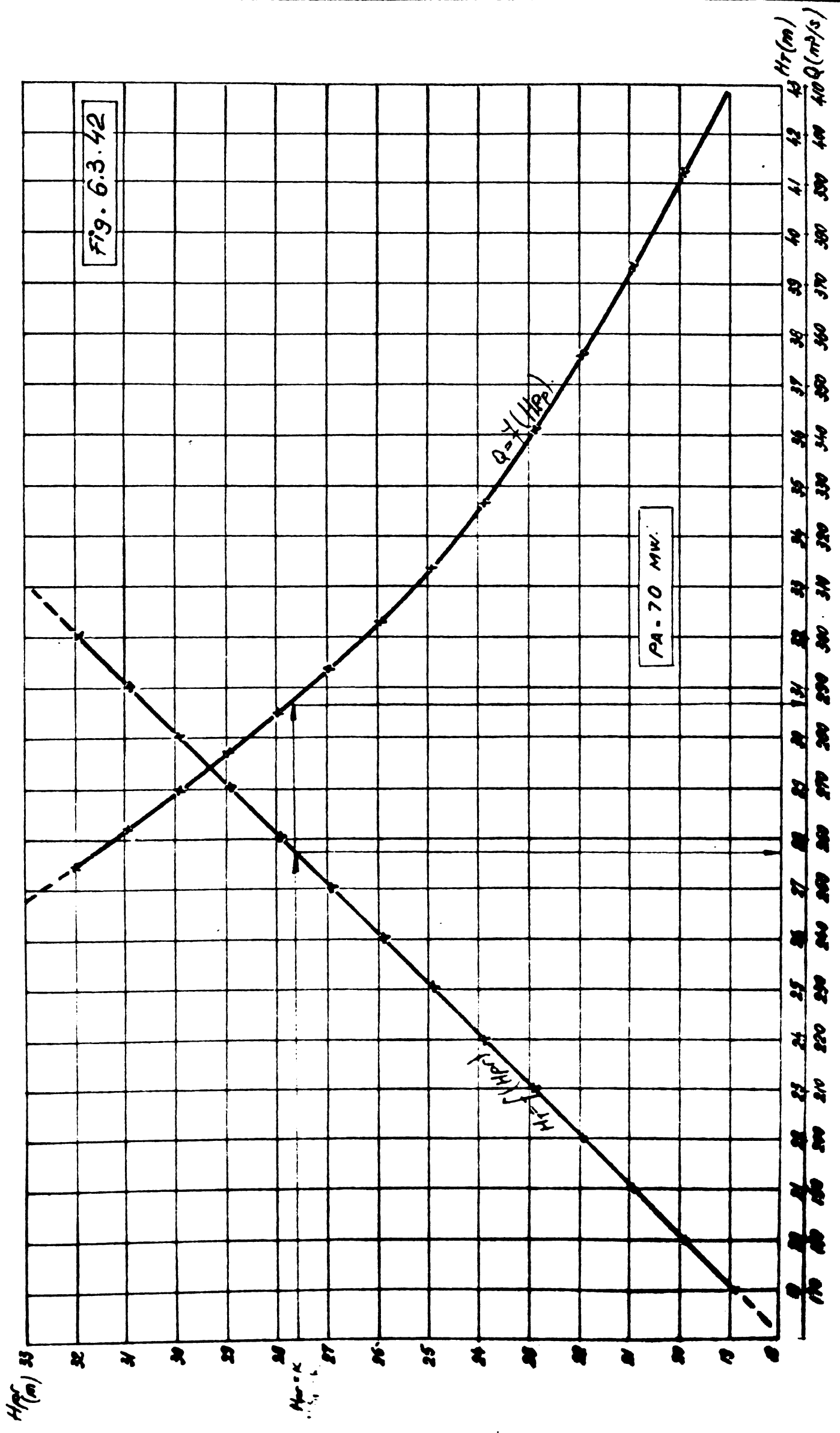
Astfel în fig. 6.3.41 se prezintă curbele de garanție pentru căderea turbinei HT = est corespundență punctului de optim optimum pentru o turbină Kaplan de mare putere în cele trei cazuri de folosirea formulelor de conversie a randamentului enunțat anterior. Se poate vedea influența coeficienților pierderilor hidraulice și indicilor radicalilor a celor trei formule folosite asupra valorii efective a randamentului în punctul de optim. Tot odată se observă că datorită variației, funcție de regimul de scurgere, a coeficientului de pierderi hidraulice, panta curbei determinate prin formule de conversie a randamentului propusă de Osterwalder în comparație cu celelalte două formule se mărește pe măsură ce punctul de funcționare se depărtează de punctul de optim optimum.

În fig. 6.3.42 este prezentată una din nomogramele pentru determinarea parametrilor de exploatare ai aceleași turbine, respectiv cea corespunzătoare realizării la bornele hidroagregatului a puterii active de 70 MW, funcție de diferite valori a componentei statice a căderii turbinei ce pot fi efectiv realizate. Nomograma prezentată în această figură a fost determinată în situația folosirii pentru conversia randamentului a formulei propusă de Osterwalder. Nomograma se utilizează astfel: Presupunem că puterea activă realizată este de 70 MW. Pentru o anumită valoare a componentei statice a căderii turbinei măsurată efectiv se citește pe scara referență abscisa punctelor de intersecție a orizontalei ce trece prin ordonata de valoare egală cu valoarea măsurată și curbele corespundență căderii și debitului turbinei, rezultă valorile efective a acestor doi parametri pe care-i realizează turbina în situația dată de funcționare.



- ① Osterwolder.
- ② Hutton
- ③ L.M.Z.

Fig. 6.3.41



#### 6.4.- Integrarea ecuațiilor de mișcare nepermanentă a apei în albie cu suprafața liberă

##### 6.4.1.- Definiri, particularități și comparații

Mișcarea nepermanentă a apei în albie cu suprafața liberă se întâlnește foarte des în practica exploatării centralelor de tip fluvial.

Manevrarea stăvililor barajelor, funcționarea la vîrf a centralelor, oprirea acestora în caz de avarie, variația scurgerii în bazinul fluviului, etc., reprezintă surse de perturbare ce determină apariția unei mișcări nepermanente a apei în albie și lac. Fenomenul se manifestă prin variațiile în timp a nivelului suprafeței libere și respectiv a debitului ce trece prin secțiunile corespunzătoare variațiilor de nivel.

Perturbațiile generează formarea de unde, care reprezintă elementul esențial al mișcării nepermanente, aceasta mai fiind numită și mișcare ondulatorie. În /38/ se caracterizează regimurile de mișcare a apei în lac și albie sub forma prezentată în continuare.

Regimul permanent în care debitele au o valoare constantă de-a lungul amenajării (dacă nu există aport lateral de debit) și nu variază în timp. Într-o secțiune dată nivelurile sînt constante în timp.

Reglajul de nivel al lacului, în această situație, determină la diferite mărimi ale debitului pe fluviu, cota la baraj cîreia îi corespunde pe curba de nivel, în secțiune de control a nivelului în lac, cota de control convenită.

Nivelul la baraj coboară odată cu creșterea debitului pe fluviu pînă la o cotă minimă corespunzătoare unui anumit debit, (pentru amenajarea studiată, debitul cu asigurarea de 9,6%). În fig. 3.2 sînt prezentate cheile  $Z_{\text{baraj}} = f(Q_{\text{af}})$  pentru diferite regimuri de nivel în punctul de control al nivelului din lac.

Regimul nepermanent staționar, în care debitele defluente din lac sînt variabile în decursul unei zile, dar debitele în secțiunea de intrare în lac sînt staționare, nu variază în timp. Nepermanența regimului de funcționare al centralelor generează oscilații ale debitelor și nivelurilor, care se propagă în amon-

te și în aval de nodul hidrotehnic, amortizându-se pe măsură ce se depărtează de sursa de perturbație (hidrocentralele). Un caz particular este regimul nepermanent, staționar, stabilizat (periodic), pentru acelaș grafic de funcționare al centralelor, variația debitelor și nivelelor se repetă identic la intervale periodice (24 ore).

În situația regimului nepermanent staționar condiția de reglaj al nivelului în lac devine: nivelul mediu zilnic în secțiunea de control al nivelului în lac să fie egal cu nivelul de control convenit, atât timp cât nivelul mediu zilnic la baraj nu coboară sub cota minimă. La debite pe fluviu mai mari decât debitul instalat al centralelor se face trecerea la regimul permanent.

Regimul nepermanent dinamic, cel mai caracteristic, regimul debitelor pe fluviu fiind un regim dinamic, cu variații, uneori însemnate, de la o zi la alta și uneori chiar în cursul unei zile

Neuniformității debitelor pe fluviu i se adaugă importante modificări ale volumelor în lacul de acumulare, în vederea realizării reglajului de nivel impus de acordurile și convențiile cu partenerul. Ca uzmare are loc o continuă și pronunțată variație a stocurilor zilnice defluente în lac, deci a debitelor medii zilnice defluente, cu importante consecințe asupra parametrilor energetici ai centralelor și asupra regimului de debite și niveluri în biefurile amenajării.

În această situație, condiția de reglaj a nivelului este, nivelul mediu zilnic egal cu nivelul de control convenit sau încadrarea în limitele unei anumite toleranțe, convenite, a nivelului de control. Reglajul pe cota medie zilnică, minimă la baraj se menține atât timp cât nivelul mediu în punctul de control al nivelului nu scade sub nivelul de control. În comparație cu regimul permanent cota minimă la baraj nu mai este constantă în decursul unei zile decât în cazuri cu totul particulare. Față de regimul nepermanent staționar, această cotă minimă la baraj nu mai este atinsă totdeauna la acelaș debit mediu zilnic pe fluviu, ci la debite mai mici, în funcție de configurația nivelurilor la începutul zilei și de sensul de variație, creștere sau descreștere a debitelor afluate din lac. Rezultă evident că mișcarea nepermanentă dinamică a apei în lac și albie nu este numai cea mai caracteristică și des întâlnită în cazul exploatării hidrocentralelor fluviiale, ci reprezintă chiar cazul general al mișcării apei în lac și albie în timpul exploatării acestor

hidrocentrale, celelalte cazuri prezentate fiind doar cazuri particulare. Se menționează că /38/ remarcă că problema care se pune în regim nepermanent dinamic, pentru realizarea reglajului de nivel în lacul de acumulare, este să se determine acel debit mediu zilnic defluent, care în funcție de hidrograful debitelor afluențe în lac, de hidrograful debitelor defluente și de configurația nivelurilor în lac la începutul zilei, să permită realizarea condiției de nivel, în punctul de control a nivelului în lac sau de la baraj. Se remarcă de asemenea că parametrul hidraulic care trebuie determinat cu o bună precizie pentru realizarea condițiilor de reglaj de nivel pe lac este debitul mediu zilnic defluent.

Din testările făcute de /38/ rezultă că în condiții date de aflux și de configurația inițială a nivelurilor lacului, mărimea stocului zilnic defluent are o importanță determinantă asupra realizării reglajului de nivel. Forma graficului de sarcină realizată obișnuit de centrale, funcționare variabilă cu vîrf mai pronunțat, are o influență destul de redusă asupra nivelului mediu zilnic, în secțiunea punctului de control sau la baraj.

Modelarea matematică a mișcării nepermanente a apei în albiile cu suprafața liberă a fost efectuată încă în urmă cu un secol. Astfel, Saint Venant a dedus ecuațiile cîi poartă numele încă din 1836. Ecuațiile fiind cu derivate parțiale de tip hiperbolic a căror integrare fiind legată de dificultăți matematice și un volum mare de calcule, reprezintă unul din cazurile tipice de felul celor descrise în capitolul 1, putînd fi rezolvate, pînă la apariția calculatoarelor electronice, cu aproximații și numai pentru cazuri cu totul particulare, care de cele mai multe ori nu corespundeau cu complexitatea fenomenului. Sintetizînd bibliografia din acest domeniu, de care s-a dispus, relevăm că în /73/ și /75/ se prezintă principiile teoretice și unele soluții de rezolvare aproximativă, iar în /5/ și /30/ și /38/ metode și cazuri de rezolvare cu ajutorul calculatorului electronic a acestor ecuații. De remarcat că /30/ și /36/ se referă la rezolvarea unor cazuri de scurgeri a apei în canale, albiile unor râuri sau simularea propagării undei de "marcarea", iar singurele care se referă, nu numai la cazul unor amenajări de hidrocentrale fluviale, ci tratează chiar cazul amenajării studiate, sînt lucrările din bibliografie de la nr. /5/, /37/ și /38/. Lucrările /5/ și /37/ se referă la cazurile regimurilor permanent și nepermanent staționar, iar /38/ la cazul regimului

nepermanent dinamică. Din această cauză pentru alegerea ca element de comparație cu metodologia propusă de autor lucrările /38/ sînt cele mai indicate, deoarece nu numai că tratează acest caz general al mișcării apei în lac și albie în situația exploatării unei hidrocentrale fluviale, ci se referă chiar la amenajarea studiată.

Dar /38/ nu are în vedere participarea optimă a centralei la vîrf de sarcină, concentrîndu-și atenția numai asupra determinării debitului mediu defluent pe baza unor corelații între debitul defluent și afluent la începutul zilei, debitul afluent la sfîrșitul zilei (pe care-l consideră cunoscut) și volumul acumulat și evacuat din lac în condițiile participării la vîrf a centralelor. Opinia autorului adoptată cu privire la optimizarea participării la vîrf de sarcină a fost prezentată în cap. 5.2, fiind inclusă în algoritmul subsistemului 100.

În ceea ce privește reglajul nivelului /38/ se mărginește a-l încadra fără nici un criteriu, după efectuarea unor calcule interative, într-un cîmp de toleranță determinat anticipat, funcție de diferența debitelor defluente a zilei curente și a celei anterioare. Autorul, preconizînd însă respectarea criteriului utilizării optime a potențialului amenajării, admite încadrarea prioritară în ecartul superior al cîmpului de toleranță și numai în extremis în cazul realizării unor abateri de la program, generate de necesitățile accidentale ale sistemului energetic, încadrarea în ecartul inferior al cîmpului de toleranță adoptat pentru nivelul de control ce a fost convenit cu partenerul.

De asemenea /38/ nu are în vedere dinamica cozii lacului și nu modelează cu suficientă acuratețe fenomenul de scurgere a apei în albie și lac. Consideră cunoscută marea necunoscută a problemei, dinamica debitului afluent, adoptînd hidrograful debitului afluent determinat prin metodele obișnuite de prognoză. Din această cauză nu poate rezolva problemele necesare eliminării carențelor vechiului sistem.

Ținînd seama de necesitățile exploatării, spre deosebire de /38/, autorul propune ca pornind de la configurația inițială a nivelurilor în lac și valorile cunoscute ale debitului defluent atât la începutul cît și la sfîrșitul intervalului de timp considerat, să se determine distribuția debitelor în secțiunile de măsură a nivelelor în lac și apoi prin testări interative să se stabilească locul de moment al cozii lacului, asociîndu-i tot-

odată și determinarea debitului afluent. Apoi prin metoda tendinței, comparându-se cu intervalul de explorare anterior, să se determine prognoza gradientului debitului afluent, respectiv valoarea acestuia într-un anumit moment viitor. Pentru obținerea unei prognoze cu o anticipație de minimum 2 zile se va muta în amonte punctul în care se va determina hidraulic (prin integrarea mișcării nepermanente a apei în albie) tendința debitului, pînă pe izocrona corespondentă intervalului de anticipație dorit. Prin urmărirea, în timp real, cu corecția succesivă zilnică, a propagării undei pe albie pînă în lac se va asigura o precizie corespunzătoare a prognozei debitului afluent pe tot intervalul de anticipație necesar. În vederea orientării strategiei de exploatare pe o dublă durată a acestui interval de anticipație, se vor efectua prognoze hidrologice prin metodele obișnuite de prognoză. Deși este normal că precizia acestor prognoze hidrologice de dublă durată să fie comparabilă preciziilor realizate pînă în prezent, prin corectarea zilnică succesivă și adoptarea planului de exploatare conform prognozei hidraulice din punctul de pe izocrona de anticipație amintită, se vor putea asigura condițiile realizării unor strategii de exploatare corespunzătoare. Nu mai așa este posibilă determinarea corectă și la momentul oportun a dinamicii debitului afluent și volumului lacului, noțiuni de bază pentru realizarea eficientă a reglajului de nivel, stabilirii și realizării unor programe de exploatare optime. Prin simularea situației într-o dinamică considerată a debitelor afluent și defluent, se va stabili cu predicție starea sistemului într-un anumit moment și respectiv situarea față de valorile de consemn precum și valorile de corecție necesare pentru încadrarea în cîmpul de toleranță stabilit pentru aceste mărimi.

Pentru aceasta, după modelarea corespunzătoare a albiei și realizarea rețelei de culegere a datelor, autorul consideră că pentru necesitățile de exploatare a amenajării fluviale rezolvarea sistemului de ecuații Saint Venant se impune în ipotezele prezentate în continuare, a căror algoritmi de calcul i-a abordat într-o concepție inedită.

a) Determinarea distribuției de debite și variațiilor acestora pe un anumit interval de timp, în punctele de telemăsură din lac, dacă se cunosc nivelele în aceste puncte și debitul defluent la începutul și sfîrșitul intervalului de timp.

b) Determinarea distribuției debitelor și nivelelor la sfîrșit



șitul intervalului de timp dacă se cunoaște distribuția acestora la începutul intervalului și variațiile debitului afluent și defluent pe acest interval de timp.

c) Determinarea distribuției debitelor și nivelelor în punctele de telemăsură din lac la sfârșitul intervalului de timp când se cunoaște distribuția lor la începutul intervalului și variațiile debitului afluent și nivelului la baraj pe același interval de timp.

d) Determinarea aceleiași distribuții când se cunoaște distribuția la începutul intervalului de timp și variațiile debitului afluent și nivelului în punctul de control pe același interval de timp.

#### 6.4.2.- Integrarea ecuațiilor mișcării nepermanente în ipotezele de rezolvare necesare.

În cazul mișcării nepermanente a apei în albie cu suprafață liberă, debitul  $Q(t,x)$  și nivelul  $Z(t,x)$ , unde  $t$  este coordonata temporală, iar  $x$  cea spațială pentru un rîu cu lățimea la oglinda apei  $B(Z(t,x))$ , secțiunea  $\omega(Z(t,x))$  și modulul de debit  $K(Z(t,x))$  sînt corelate prin următorul sistem de derivate parțiale pe care-l numim și sistemul Saint-Venant

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial Z}{\partial t} = 0 \\ \frac{1}{g\omega} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{ZQ}{g\omega^2} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} + \left(1 - \frac{BQ^2}{g\omega^3}\right) \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{Q^2}{K^2} = 0 \end{cases} \quad (6.4.1)$$

În cadrul acestui dublet prima ecuație este numită și "ecuația de continuitate", iar cea de a doua ecuația "mișcării" sau "a energiei".

Coefficienții  $B(z,x)$ ,  $\omega(z,x)$  și  $K(z,x)$  se determină sau se calculează pe baza măsurătorilor hidrometrice efectuate în natură.

Rezolvarea acestui sistem de ecuații diferențiale de tip hiperbolic ca și în alte cazuri similare este dificil de abordat analitic. Apariția calculatoarelor rapide care pot memora cantități mari de date și efectua calcule aritmetice după un program dat a permis folosirea a diferite metode de rezolvare numerică a ecuațiilor diferențiale. Corespunzător cu posibilitățile menționate ale calculatoarelor orice metodă numerică constă din trece-

rea de la soluția căutată la un tabel de numere necunoscute și precizarea succesiunii operațiilor aritmetice pentru calculul acestora. Pentru rezolvarea sistemului dat, am ales din aceste metode de rezolvare numerică a ecuațiilor diferențiale, metoda diferențelor finite. Esența acestei metode numerice constă în aceea că drept secvență de numere necunoscute se adoptă tabelul soluției în punctele unei mulțimi, numită de regulă rețea. Pentru calculul tabelului necunoscutelor se utilizează ecuații algebrice "în diferențe" care înlocuiesc cu aproximație pe cele diferențiale.

În consecință considerăm rețeaua de puncte  $(x_i, t_j)$  pentru  $i = \overline{1, n}$  cu pași  $\Delta x = x_{i+1} - x_i$  și  $\Delta t = t_{j+1} - t_j$  (fig. 6.4.1)

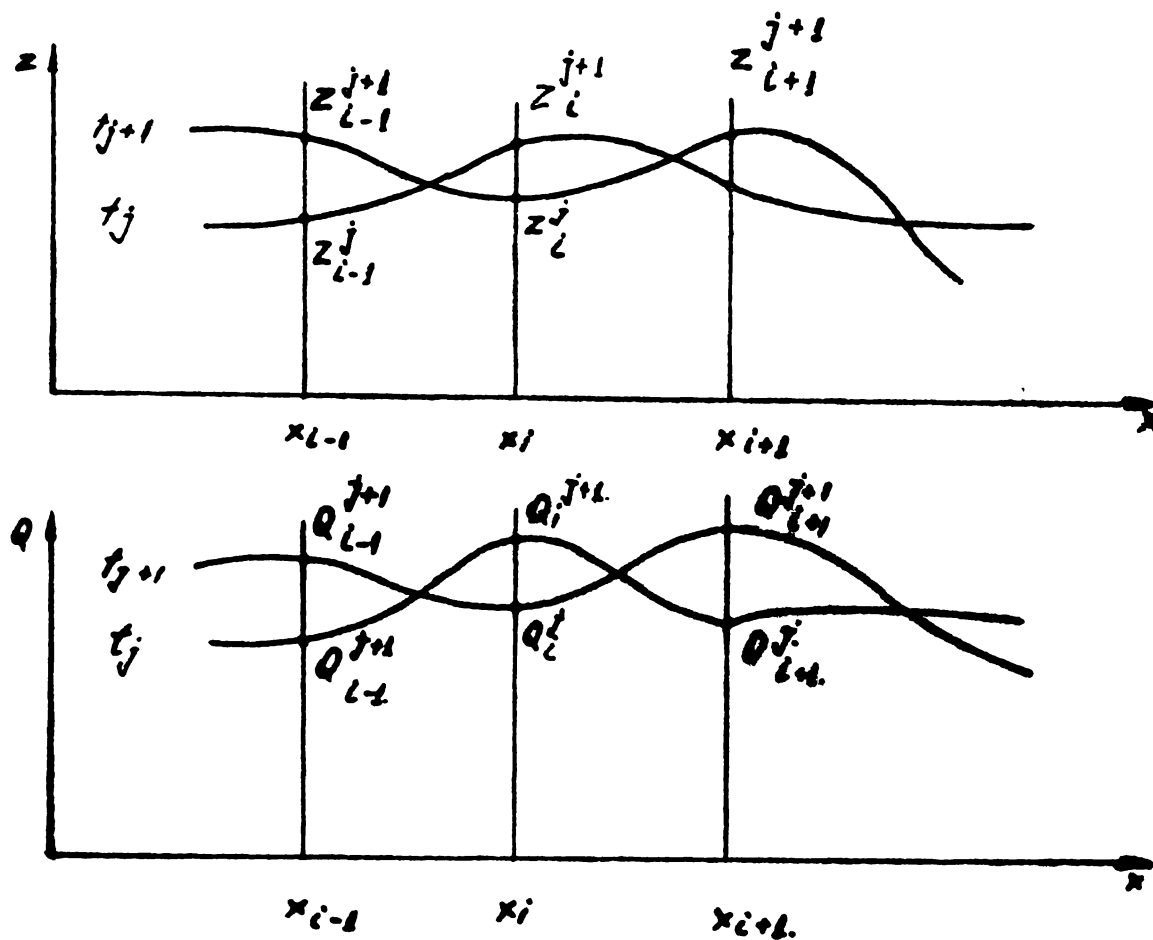


Fig. 6.4.1.

Aproximăm derivatele parțiale ale unei funcții  $F(t, x)$  prin relații cu diferențe

$$\frac{\partial F}{\partial x}(x, t_j) \approx \frac{F(x_i, t_{j+1}) - F(x_i, t_j)}{\Delta x} \quad \text{pentru } x \in (x_i, x_{i+1}) \quad (6.4.2)$$

$$\frac{\partial F}{\partial t}(x_i, t) \approx \frac{F(x_i, t_{j+1}) - F(x_i, t_j)}{\Delta t}$$

Facem notațiile

$$F(x_i, t_j) = F_i^j \quad (6.4.3)$$

$$\Delta F_K = F_K^{j+1} - F_K^j$$

Atunci pentru

$$(x, t) \in (x_i, x_{i+1}) \times (t_j, t_{j+1})$$

considerînd un coeficient de pondere  $\theta$  ce poate lua valorile  $0 < \theta < 1$

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial t}(x, t) \approx \theta \cdot \frac{F_{i+1}^{j+1} - F_i^{j+1}}{\Delta x} + (1 - \theta) \frac{F_{i+1}^j - F_i^j}{\Delta x} \\ \frac{\partial F}{\partial t}(x, t) \approx \frac{1}{2} \left[ \frac{F_i^{j+1} - F_i^j}{\Delta t} + \frac{F_{i+1}^{j+1} - F_{i+1}^j}{\Delta t} \right] \end{cases} \quad (6.4.4)$$

sau

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial x}(x, t) \approx \frac{F_{i+1}^j - F_i^j}{\Delta x} + \theta \frac{\Delta F_{i+1} - \Delta F_i}{\Delta x} \\ \frac{\partial F}{\partial t}(x, t) \approx \frac{\Delta F_i + \Delta F_{i+1}}{2 \Delta t} \end{cases} \quad (6.4.4')$$

Aproximăm în dreptunghiul  $(x_i, x_{i+1}) \times (t_j, t_{j+1})$  coeficienții  $Q, B, \omega$  interpolînd mediile calculate cu valorile  $x_i$  și  $x_{i+1}$  la momentele  $t_j$  și  $t_{j+1}$ . Notăm aceste aproximații cu  $Q_{ai}, B_{ai}$  și  $K_{ai}$ , atunci

$$\begin{aligned} Q_{ai} &\approx \theta \frac{Q_i^{j+1} + Q_{i+1}^{j+1}}{2} + (1-\theta) \frac{Q_i^j - Q_{i+1}^j}{2} = \frac{Q_i^j + Q_{i+1}^j}{2} + \theta \frac{\Delta Q_i + \Delta Q_{i+1}}{2} \\ B_{ai} &\approx \theta \frac{B_i^{j+1} + B_{i+1}^{j+1}}{2} + (1-\theta) \frac{B_i^j + B_{i+1}^j}{2} = \frac{B_i^j + B_{i+1}^j}{2} + \theta \frac{\Delta B_i + \Delta B_{i+1}}{2} \\ \omega_{ai} &\approx \theta \frac{\omega_i^{j+1} + \omega_{i+1}^{j+1}}{2} + (1-\theta) \frac{\omega_i^j + \omega_{i+1}^j}{2} = \frac{\omega_i^j + \omega_{i+1}^j}{2} + \theta \frac{\Delta \omega_i + \Delta \omega_{i+1}}{2} \\ K_{ai} &\approx \theta \frac{K_i^{j+1} + K_{i+1}^{j+1}}{2} + (1-\theta) \frac{K_i^j + K_{i+1}^j}{2} = \frac{K_i^j + K_{i+1}^j}{2} + \theta \frac{\Delta K_i + \Delta K_{i+1}}{2} \end{aligned} \quad (6.4.5)$$

Considerînd  $m$  puncte  $x_1, \dots, x_i, \dots, x_m$  acestea vor determina  $m-1$  sectoare  $(x_i, x_{i+1})$ . Aplicînd sistemului 6.4.1 formulele

de aproximare prin diferențe finite se obține următorul sistem de  $2(m-1)$  ecuații

$$\left\{ \begin{aligned} & \theta \frac{\Delta Q_{i+1} - \Delta Q_i}{\Delta x} + \frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x} + B_{ai} \frac{\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}}{2 \Delta t} = 0 \\ & \frac{1}{\varepsilon \omega_{ai}} \frac{\Delta Q_i + \Delta Q_{i+1}}{2 \Delta t} + \frac{2Q_{ai}}{\varepsilon \omega_{ai}^2} \left( \theta \frac{\Delta Q_{i+1} - \Delta Q_i}{\Delta x} + \frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x} \right) + \\ & + \left( 1 - \frac{B_{ai} Q_{ai}^2}{\varepsilon \omega_{ai}^3} \right) \left( \theta \frac{\Delta Z_{i+1} - \Delta Z_i}{\Delta x} + \frac{Z_{i+1}^j - Z_i^j}{\Delta x} \right) + \left( \frac{Q_{ai}}{K_{ai}} \right)^2 = 0 \end{aligned} \right. \quad (6.4.6)$$

pentru  $i = \overline{1, m-1}$ .

Sistemul acesta va fi rezolvat în cele patru ipoteze de rezolvare enumerate în capitolul 6.4.1.

Ipoteza "a". Are în vedere determinarea pentru momentul  $t_j$  a debitelor  $Q_K^j$  cât și a variațiilor  $\Delta Q_K$ , unde  $K = \overline{2, m}$  și implicit obținerea prin relația  $Q_K^{j+1} = Q_K^j + \Delta Q_K$ ,  $K = \overline{2, m}$  a debitelor  $Q_K^{j+1}$  la momentul  $t_{j+1}$  când se cunosc

- nivelele  $Z_i^j, Z_i^{j+1}$ ,  $i = \overline{1, m}$  transmise de telelimnimele în momentele  $t_j$  și  $t_{j+1}$ ,
- debitul defluent  $Q_1^j$  la momentul  $t_j$  și  $Q_1^{j+1}$  la momentul  $t_{j+1}$ , respectiv variația sa  $\Delta Q_1 = Q_1^{j+1} - Q_1^j$ .

Considerând sistemul de două ecuații corespunzător sectorului  $i$  în care pe lângă datele din ipoteză presupunem cunoscute și  $Q_i^j$  și  $\Delta Q_i$ , scoatem  $\Delta Q_{i+1}$  din ecuația de continuitate (prima din dubletul de ecuații 6.4.1) și înlocuind în a doua obținem o ecuație în  $Q_{i+1}^j$  care se rezolvă evaluând apoi pe  $\Delta Q_{i+1}$ .

În acest mod pornind de la  $Q_1^j$  și  $\Delta Q_1$  cunoscuți se pot determina pas cu pas  $Q_K^j$  și  $\Delta Q_K$ , unde  $K = \overline{2, m}$

$$\Delta Q_{i+1} = -\frac{1}{\theta} \cdot Q_{i+1}^j + \frac{1}{\theta} Q_i^j - \frac{B_{ai} \Delta x}{2\theta \Delta t} (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) + \Delta Q_i \quad (6.4.7)$$

Notăm

$$A = Q_i^j + \frac{B_{ai} \Delta x}{2 \Delta t} (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) + 2 \theta \Delta Q_i \quad (6.4.7.a)$$

Atunci

$$\Delta Q_{i+1} = \frac{1}{\theta} (A - \theta \Delta Q_i - Q_{i+1}^j) = \frac{A - Q_{i+1}^j}{\theta} - \Delta Q_i \quad (6.4.8)$$

de unde

$$\Delta Q_i + \Delta Q_{i+1} = \frac{1}{\theta} (A - Q_{i+1}^j)$$

și deci

$$\frac{1}{g\omega_{ai}} \cdot \frac{\Delta Q_i + \Delta Q_{i+1}}{2\Delta t} = \frac{A - Q_{i+1}^j}{2\theta g\Delta t\omega_{ai}} \quad (6.4.9)$$

$$Q_{ai} = \frac{Q_i^j + Q_{i+1}^j}{2} + \theta \frac{A - Q_{i+1}^j}{2\theta} = \frac{A + Q_i^j}{2}$$

Deoarece din ecuația de continuitate se poate obține

$$\theta \frac{\Delta Q_{i+1} - \Delta Q_i}{\Delta x} + \frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x} = -\frac{B_{ai}}{g\Delta t} \frac{\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}}{2\Delta t} \quad (6.4.10)$$

atunci

$$\frac{2Q_{ai}}{2\omega_{ai}^2} \left( \theta \frac{\Delta Q_{i+1} - \Delta Q_i}{\Delta x} + \frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x} \right) = -\frac{B_{ai}}{2g\Delta t\omega_{ai}^2} (A + Q_i^j) (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) \quad (6.4.11)$$

Facem notațiile

$$\begin{cases} T = \theta \frac{\Delta Z_{i+1} - \Delta Z_i}{\Delta x} + \frac{Z_{i+1}^j - Z_i^j}{\Delta x} \\ F = \frac{1}{K_{ai}} - \frac{B_{ai} T}{g\omega_{ai}^3} \end{cases} \quad (6.4.12)$$

Atunci:

$$\left( \frac{1 - B_{ai} Q_{ai}^2}{g\omega_{ai}^3} \right) \left( \theta \frac{\Delta Z_{i+1} - \Delta Z_i}{\Delta x} + \frac{Z_{i+1}^j - Z_i^j}{\Delta x} \right) + \frac{Q_{ai}^2}{K_{ai}} = T + F \frac{(A + Q_i^j)^2}{4} \quad (6.4.13)$$

Se obține astfel o ecuație de gradul întâi în  $Q_{i+1}^j$

$$\frac{A - Q_{i+1}^j}{2\theta g\Delta t\omega_{ai}} - \frac{B_{ai}}{2g\Delta t\omega_{ai}^3} (A + Q_i^j) (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) + T + F \frac{(A + Q_i^j)^2}{4} = 0 \quad (6.4.14)$$

a cărei soluție este

$$Q_{i+1}^j = A - \frac{\theta B_{ai}}{\omega_{ai}} (A + Q_i^j) (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) + HT + HF \frac{(A + Q_i^j)^2}{4} \quad (6.4.15)$$

unde

$$H = 2\theta g\Delta t\omega_{ai}$$

$\Delta Q_{i+1}$  se obține din ecuația 6.4.8.

Din analiză se deduce că ordinul de mărime a termenului

$\frac{B_{ai} T}{g\omega_{ai}^3}$  este  $10^{-12}$  și deci poate fi neglijat. De fapt neglijând pierderile locale datorate variației secțiunii de-a-lungul curentului ecuația de mișcare devine:

$$\frac{1}{g\omega} \cdot \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{ZQ}{g\omega} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{Q^2}{K^2} = \frac{\partial Z}{\partial x} \quad (6.4.16)$$

Se observă că a dispărut tocmai termenul  $\frac{B \cdot Q^2}{g\omega^3} \frac{\partial Z}{\partial x}$  care de fapt a condus la apariția termenului  $\frac{B_{ai} T}{g\omega_{ai}^3}$

Rezultă că în această ipoteză  $F = \frac{1}{K_{ai}^2}$ .

Ipoteza "b". Are în vedere determinarea debitelor  $Q_i^{j+1}$  unde  $i = \overline{2, m-1}$  și nivelele  $Z_i^{j+1}$  unde  $i = \overline{1, m}$ , la momentul  $t_{j+1}$  când se cunosc:

- debitele  $Q_i^j$  și nivelele  $Z_i^j$ , unde  $i = \overline{1, m}$  în momentul  $t_j$
- variațiile debitului afluent  $\Delta Q_m$  și defluent  $\Delta Q_1$  și deci implicit valorile acestora în momentul  $t_{j+1}$  respectiv  $Q_m^{j+1}$  și  $Q_1^{j+1}$ .

În această situație ecuația 6.4.14 devine o expresie

$$E_1(Q_{i+1}^j, Q_i^j, Q_i^{j+1}, Z_i^j, Z_{i+1}^j, Z_i^{j+1}, Z_{i+1}^{j+1}) = 0. \quad (6.4.17)$$

care nu depinde de  $Q_{i+1}^{j+1}$ , acesta fiind eliminat cu ajutorul ecuației de continuitate.

Pentru  $i=1$  deoarece din ipoteză  $Q_2^j, Q_1^j, Q_1^{j+1}, Z_1^j, Z_2^j$  sînt cunoscute se obține o ecuație

$$E_1(Z_1^{j+1}, Z_2^{j+1}) = 0 \quad (6.4.18)$$

de unde rezultă că

$$Z_2^{j+1} = f_1(Z_1^{j+1}) \quad (6.4.19)$$

Membrul drept al ecuației 6.4.8 devine de asemenea o expresie

$$D_i(Q_{i+1}^j, Q_i^j, Q_i^{j+1}, Z_i^j, Z_{i+1}^j, Z_i^{j+1}, Z_{i+1}^{j+1}) \quad (6.4.20)$$

Pentru  $i=1$  avînd elementele cunoscute din ipoteză obținem o relație

$$D_1(Z_1^{j+1}, Z_2^{j+1}) \quad (6.4.21)$$

sau ținând cont de 6.4.19

$$D_1(z_1^{j+1}, f_1(z_1^{j+1})) \quad (6.4.21')$$

și deci

$$Q_2^{j+1} = g_1(z_1^{j+1}) = D_1 + Q_2^j \quad (6.4.22)$$

Presupunem că

$$\begin{cases} z_i^{j+1} = f_{i-1}(z_1^{j+1}) \\ Q_i^{j+1} = g_{i-1}(z_1^{j+1}) \end{cases} \quad (6.4.23)$$

atunci expresia 6.4.17 se poate scrie

$$E_i(g_{i-1}(z_1^{j+1}), f_{i-1}(z_1^{j+1}), z_{i+1}^{j+1}) \quad (6.4.17')$$

și deci

$$z_{i+1}^{j+1} = f_i(z_1^{j+1}) \quad (6.4.24)$$

Astfel expresia 6.4.20 devine

$$D_i \equiv D_i[g_{i-1}(z_1^{j+1}), f_{i-1}(z_1^{j+1}), f_i(z_1^{j+1})] \quad (6.4.20')$$

adică

$$Q_{i+1}^{j+1} = g_i(z_1^{j+1}) = D_i + Q_{i+1}^j \quad (6.4.25)$$

Am demonstrat astfel prin inducție că

$$z_{k+1}^{j+1} = f_k(z_1^{j+1}) \text{ și } Q_{k+1}^{j+1} = g_k(z_1^{j+1}) \quad (6.4.26)$$

unde  $k=1, m-2$ .

Pentru ultimul sector,  $m-1$ , deoarece  $Q_m^{j+1}$  se cunoaște prin ipoteză expresia  $E_{m-1}$  devine

$$E_{m-1}[g_{m-2}(z_1^{j+1}), f_{m-2}(z_1^{j+1}), z_m^{j+1}] = 0 \quad (6.4.27)$$

de unde rezultă

$$z_m^{j+1} = f_{m-1}(z_1^{j+1}) \quad (6.4.28)$$

și obținem

$$D_{m-1}[g_{m-2}(z_1^{j+1}), f_{m-2}(z_1^{j+1}), f_{m-1}(z_1^{j+1})] \quad (6.4.29)$$

respectiv

$$Q_m^{j+1} = g_{m-1}(z_1^{j+1}) \quad (6.4.30)$$

relație care constituie o ecuație în  $z_1^{j+1}$ .

Din cauza imposibilității explicitării funcțiilor cu ajutorul

căroră se construiește relația 6.4.30 aceasta nu poate fi scrisă explicit.

Însă pentru ori ce  $Z_{11}^{j+1}$  poate fi calculată valoarea  $g_{m-1}(Z_1^{j+1})$  fapt suficient pentru a rezolva ecuația 6.4.30 prin metoda înjumătățirii.

Valoarea  $g_{m-1}(Z_{11}^{j+1})$  poate fi calculată în felul următor:

Valoarea  $f_1(Z_1^{j+1})$  este soluția ecuației 6.4.18 ai căror coeficienți fiind funcții de  $Z_2^{j+1}$  pentru rezolvarea ei este necesară o metodă iterativă. Ținând seama de dificultățile de apăsare a derivatelor, este indicat a folosi o metodă care nu le utilizează cum ar fi metoda înjumătățirii.

$g_1(Z_1^{j+1})$  se obține apoi înlocuind valorile cunoscute  $Z_1^{j+1}$  și  $f(Z_1^{j+1}) = Z_2^{j+1}$  în expresia 6.4.8.

Valorile  $Z_{i+1}^{j+1} = f(Z_{11}^{j+1})$  și  $Q_{i+1}^{j+1} = g_i(Z_1^{j+1})$  se determină rezolvând recursiv prin metoda înjumătățirii ecuațiile 6.4.17' și evaluând expresiile 6.4.25.

Intervalul de timp poate fi luat astfel încât  $\Delta Z_{11}$  să fie suficient de mic pentru ori ce  $i$  și atunci în formulele de interpolare ale lui  $Q, B, \omega, K$  se pot neglija termenii din momentul  $t_{j+1}$ .

În ipotezel de mai sus expresia 6.4.17 conduce la o ecuație de gradul doi în  $Z_{i+1}^{j+1}$  care poate fi rezolvată prin metodele clasice. Coeficienții acestei ecuații se calculează după cum urmează:

$$A = -\frac{B_{ak}\Delta x}{2 \cdot \Theta \Delta t} \cdot Z_{i+1}^{j+1} + Q_i^j - \frac{B_{ai}\Delta x}{2 \cdot \Theta \Delta t} (\Delta Z_{11} - Z_{i+1}^j) + 2 \cdot \Theta \Delta Q_i =$$

$$= C_1 Z_{i+1}^{j+1} + C_2 \quad (6.4.7a')$$

$$T = \frac{\Theta}{\Delta x} \cdot Z_{i+1}^{j+1} + \frac{Z_{i+1}^{j+1} - Z_i^j}{\Delta x} - \Theta \frac{Z_{i+1}^j + \Delta Z_i}{\Delta x} = C_3 Z_{i+1}^{j+1} + C_4 \quad (6.4.12')$$

$$(A + Q_i^j)(\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) = (C_1 Z_{i+1}^{j+1} + C_2 + Q_i^j)(\Delta Z_i - Z_{i+1}^j + Z_{i+1}^{j+1}) =$$

$$= C_1 (Z_{i+1}^{j+1})^2 + [C_1(\Delta Z_i - Z_{i+1}^j) + C_2 + Q_i^j] \cdot Z_{i+1}^{j+1} + (C_2 + Q_i^j)(\Delta Z_i - Z_{i+1}^j)$$

$$(A + Q_i^j)^2 = (C_1 Z_{i+1}^{j+1} + C_2 + Q_i^j)^2 = (C_1)^2 (Z_{i+1}^{j+1})^2 + 2C_1(C_2 + Q_i^j) Z_{i+1}^{j+1} + (C_2 + Q_i^j)^2$$

Înlocuind în ecuația 6.4.14 obținem



$$\frac{C_1 z_{i+1}^{j+1} + C_2 - Q_{i+1}^j}{H} - \frac{B_{ai} \theta}{H \omega_{ai}} \left\{ C_1 (z_{i+1}^{j+1})^2 + [C_1 (\Delta z_i - z_{i+1}^j) + C_2 + Q_1^j] - z_{i+1}^{j+1} + (C_1 + Q_i^j) (\Delta z_i - z_{i+1}^j) \right\} + C_3 z_{i+1} + C_4 +$$

$$+ \frac{1}{4K_{ai}^2} \left[ (C_1)^2 (z_{i+1}^{j+1})^2 + 2C_1 (C_2 + Q_i^j) z_{i+1}^{j+1} + (C_2 + Q_i^j)^2 \right] = 0$$

(6.4.14')

sau grupînd termenii

$$\left[ \left( \frac{C_1}{2K_{ai}} \right)^2 - \frac{B_{ai} \theta C_1}{H \omega_{ai}} \right] (z_{i+1}^{j+1})^2 + \left[ \frac{C_1 (C_2 + Q_i^j)}{2K_{ai}^2} + C_3 + \frac{C_1}{H} - \right.$$

$$\left. - \frac{B_{ai} \theta}{H \omega_{ai}} (C_1 \Delta z_i - C_1 z_{i+1}^{j+1} + C_2 + Q_i^j) \right] z_{i+1}^{j+1} + \frac{C_2 Q_{i+1}^j}{H} -$$

$$- \frac{B_{ai} \theta}{H \omega_{ai}} (C_2 + Q_i^j) (\Delta z_i - z_{i+1}^j) + C_4 + \frac{(C_2 + Q_i^j)^2}{4K_{ai}^2} =$$

$$= C_5 (z_{i+1}^{j+1})^2 + C_6 z_{i+1}^{j+1} + C_7 = 0$$

(6.4.14'')

Ipoteza "c". Are în vedere determinarea debitelor  $Q_i^{j+1}$ , unde  $i = \overline{1, m-1}$  și nivelele  $z_i^{j+1}$ , unde  $i = \overline{2, m}$  la momentul  $t_{j+1}$  cînd se cunosc:

- debitul  $Q_i^j$  și nivelele  $z_i^j$ , unde  $i = \overline{1, m}$  la momentul  $t_j$ ,
- variația debitului afluent  $\Delta Q_m$  pe intervalul de timp  $\Delta t$  și implicit prin relația  $Q_m^{j+1} = Q_m^j + \Delta Q_m$ , valoarea debitului afluent la momentul  $t_{j+1}$ ,
- nivelul  $z_1^{j+1}$  la momentul  $t_{j+1}$ .

În această ipoteză  $z_1^{j+1}$  fiind cunoscut ecuația 6.4.18 se poate scrie sub forma

$$E_1(Q_1^{j+1}, z_2^{j+1}) = 0 \quad (6.4.18')$$

de unde rezultă

$$z_2^{j+1} = U_1(Q_1^{j+1}) \quad (6.4.19')$$

Expresia 6.4.21 devine

$$D_1(Q_1^{j+1}, z_2^{j+1}) = D_1(Q_1^{j+1}, U_1(Q_1^{j+1})) \quad (6.4.21')$$

și atunci

$$Q_2^{j+1} = V_1(Q_1^{j+1}) = D_1 + Q_2^j \quad (6.4.22')$$

Presupunem

$$\begin{cases} z_i^{j+1} = U_{i-1}(Q_1^{j+1}) \\ \text{și} \\ Q_i^{j+1} = V_{i-1}(Q_1^{j+1}) \end{cases} \quad (6.4.23')$$

Atunci ecuația 6.4.17 se poate scrie

$$E_i(V_{i-1}(Q_1^{j+1}), U_{i-1}(Q_1^{j+1}), z_{i+1}^{j+1}) = 0 \quad (6.4.17'')$$

și deci

$$z_{i+1}^{j+1} = U_i(Q_i^{j+1}) \quad (6.4.19'')$$

Înlocuind în expresia 6.4.20 ea devine

$$D_i = D_i(V_{i-1}(Q_1^{j+1}), U_{i-1}(Q_1^{j+1}), U_i(Q_i^{j+1})) \quad (6.4.20'')$$

de unde

$$Q_{i+1}^{j+1} = D_i + Q_{i+1}^j = V_i(Q_i^{j+1}) \quad (6.4.25')$$

Astfel s-a demonstrat prin inducție că

$$\begin{cases} z_{k+1}^{j+1} = U_k(Q_1^{j+1}) \\ \text{și} \\ Q_{k+1}^{j+1} = V_k(Q_1^{j+1}) \end{cases} \quad (6.4.26')$$

unde  $k = \overline{2, m-1}$ .

Pentru  $k=m-1$  relația 6.4.30 devine

$$Q_m^{j+1} = V_{m-1}(Q_1^{j+1}) \quad (6.4.30')$$

și este o ecuație în  $Q_1^{j+1}$  deoarece  $Q_m^{j+1}$  se cunoaște prin ipoteză.

Deoarece valoarea  $V_{m-1}(Q_1^{j+1})$  se poate calcula pentru orice  $Q_1^{j+1}$  ecuația 6.4.30' se poate rezolva prin metoda înjumătățirii. Valoarea  $V_{m-1}(Q_1^{j+1})$  poate fi calculată în felul următor:

Valoarea lui  $U_1(Q_1^{j+1})$  este soluția ecuației 6.4.18' care se rezolvă prin metoda înjumătățirii în raport cu  $z_2^{j+1}$ .

$V_1(Q_1^{j+1})$  se obține înlocuind valorile cunoscute  $Q_1^{j+1}$  și  $U_1(Q_1^{j+1}) = z_2^{j+1}$  în expresia 6.4.21'.

Valorile  $z_{i+1}^{j+1} = U_i(Q_1^{j+1})$  și  $Q_{i+1}^{j+1} = V_i(Q_1^{j+1})$  se determină rezolvând recursiv prin metoda înjumătățirii ecuațiile 6.4.17' și evaluând expresiile 6.4.25'.

Ipoteza "d". Are în vedere determinarea debitelor  $Q_i^{j+1}$  unde  $i = \overline{1, m-1}$  și nivelurile  $Z_i^{j+1}$  unde  $i = \overline{1, m}$  și  $i \neq n$  la momentul  $t_{j+1}$ , cînd se cunosc:

- debitele  $Q_i^j$  și nivelele  $Z_i^j$ , unde  $i = \overline{1, m}$  la momentul  $t_j$ ,
- variația debitului afluent  $\Delta Q_m$  și de aici, prin expresia  $Q_m^{j+1} = Q_m^j + \Delta Q_m$ , valoarea  $Q_m^{j+1}$  a acestuia în momentul  $t_{j+1}$ ,
- nivelul  $Z_m^{j+1}$ , în punctul de control al nivelului în lac, la momentul  $t_{j+1}$ .

Cunoașterea nivelului  $Z_m^{j+1}$  permite aplicarea metodei folosite în cazul ipotezei "c" luînd ca sector inițial sectorul "n". Ecuația 6.4.30' devine o ecuație în  $Q_m^{j+1}$

$$Q_m^{j+1} = W_{m-n}(Q_m^{j+1}) \quad (6.4.30'')$$

Rezolvînd prin metoda înjumătățirii această ecuație se obține soluția  $Q_m^{j+1}$  precum și soluțiile

$$(Q_{i+n}^{j+1}, Z_{i+n}^{j+1}) = (W_i(Q_n^{j+1}), H_i(Q_m^{j+1})) \quad (6.4.31)$$

unde  $i = \overline{1, m-n}$

ale sistemelor de două ecuații pe sectoarele  $n, n+1, \dots, m-1$ , care sînt necesare pentru evaluarea valorii  $W_{m-n}(Q_n^{j+1})$  la fiecare reinteracție a metodei înjumătățirii pentru ecuația 6.4.30''. Odată cunoscute  $Z_n^{j+1}$ ,  $Q_m^{j+1}$  se poate rezolva sistemul de două ecuații pe sectorul  $n-1$  în raport cu necunoscutele  $Z_{n-1}^{j+1}$  și  $Q_{n-1}^{j+1}$  și apoi mai departe pas cu pas sistemele pe sectoarele  $n-2, n-3, \dots, 2, 1$ .

Formulele care dau soluțiile  $Z_i^{j+1}$ ,  $Q_i^{j+1}$  unde  $i = \overline{n-1, 1}$  se obțin din relațiile ipotezei "a" în modul următor:

Din relația 6.4.7 se obține

$$\Delta Q_i = + \frac{1}{\theta} Q_{i+1}^j - \frac{1}{\theta} Q_i^j + \frac{B_{ai} \Delta x}{2 \theta \Delta t} (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) + \Delta Q_{i+1}$$

Notăm

$$A' = Q_{i+1}^j + \frac{B_{ai} \Delta x}{2 \theta \Delta t} (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) + 2 \theta \Delta Q_{i+1} \quad (6.4.7a'')$$

$$\Delta Q_i = \frac{1}{\theta} (A' - \theta \Delta Q_{i+1} - Q_i^j) = \frac{A' - Q_i^j}{\theta} - \Delta Q_{i+1} \quad (6.4.8')$$

$$\Delta Q_i + \Delta Q_{i+1} = \frac{1}{\theta} (A' - Q_i^j)$$

Atunci

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{g\omega_{ai}} \cdot \frac{\Delta Q_i + \Delta Q_{i+1}}{2 \Delta t} = \frac{A' - Q_i^j}{2 \theta g \Delta t \omega_{ai}} \\ Q_{ai} = \frac{Q_i^j + Q_{i+1}^j}{2} + \theta \frac{A' - Q_i^j}{2 \theta} = \frac{A' + Q_{i+1}^j}{2} \end{array} \right. \quad (6.4.9')$$

$$\frac{2Q_{ai}}{g\omega_{ai}^2} \left( \theta \frac{\Delta Q_{i+1} - \Delta Q_i}{\Delta x} + \frac{Q_{i+1}^j - Q_i^j}{\Delta x} \right) = - \frac{B_{ai}}{2g\Delta t \omega_{ai}^2} (A' + Q_{i+1}^j) (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) \quad (6.4.11')$$

Păstrînd notațiile H, T, și F a ipotezei "a" obținem

$$\left( 1 - \frac{B_{ai} Q_{ai}^2}{g\omega_{ai}^2} \right) \left( \theta \frac{\Delta Z_{i+1} - \Delta Z_i}{\Delta x} + \frac{Z_{i+1}^j - Z_i^j}{\Delta x} \right) + \frac{Q_{ai}^2}{K_{ai}} = T + F \frac{(A' + Q_{i+1}^j)^2}{4} \quad (6.4.13')$$

Făcînd înlocuirile corespunzătoare rezultă următoarea ecuație

$$\frac{A' - Q_i^j}{H} - \frac{B_{ai} \theta}{H \omega_{ai}} (A' + Q_{i+1}^j) (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) + T + F \frac{(A' + Q_{i+1}^j)^2}{4} = 0 \quad (6.4.14'')$$

Această ecuație se rezolvă prin metoda înjumătățirii în raport cu  $Z_i^{j+1}$  și apoi se calculează  $Q_i^{j+1}$  din relația 6.4.8'. Adoptînd pentru intervalul de timp același raționament ca în cazul ipotezei "b" beneficiem de aceleași facilități pentru interpolarea coeficienților Q, B,  $\omega$ , K putînd atunci calcula în modul următor coeficienții ecuației de gradul doi în  $Z_i^{j+1}$

$$A' = \frac{B_{ai} \Delta x}{2 \theta \Delta t} Z_i^{j+1} + \frac{B_{ai} \Delta x}{2 \theta \Delta t} (\Delta Z_{i+1} - Z_i^j) + 2 \theta \Delta Q_{i+1} = C_1 Z_i^{j+1} + C_2 \quad (6.4.7a''')$$

$$T = - \frac{\theta}{\Delta x} Z_i^{j+1} + \frac{Z_{i+1}^j - Z_i^j}{\Delta x} + \theta \frac{\Delta Z_{i+1} + Z_i^j}{\Delta x} = C_3 Z_i^{j+1} + C_4 \quad (6.4.12'')$$

$$(A' + Q_{i+1}^j) (\Delta Z_i + \Delta Z_{i+1}) = (C_1 Z_i^{j+1} + C_2 + Q_{i+1}^j) (Z_i^{j+1} - Z_i^j + \Delta Z_{i+1}) =$$

$$= C_1 (Z_i^{j+1})^2 + (C_1 \Delta Z_{i+1} - C_1 Z_i^j + C_2 + Q_{i+1}^j) Z_i^{j+1} + (C_2 + Q_{i+1}^j) (\Delta Z_{i+1} - Z_i^j)$$

$$(A' + Q_{i+1}^j)^2 = (C_1 Z_i^{j+1} + C_2 + Q_{i+1}^j)^2 = (C_1)^2 (Z_i^{j+1})^2 + 2C_1 (C_2 + Q_{i+1}^j) Z_i^{j+1} + (C_2 + Q_{i+1}^j)^2$$

Inlocuind în ecuația 6.4.14''' obținem

$$\frac{c_1 z_i^{j+1} + c_2 - Q_i^j}{H} - \frac{B_{ai}^0}{H\omega_{ai}} \left[ c_1 (z_i^{j+1})^2 + c_1 \Delta z_{i+1} - c_1 z_i^j + c_2 + \right. \\ \left. + Q_{i+1}^j z_i^{j+1} + (c_2 + Q_{i+1}^j) (\Delta z_{i+1} - z_i^j) \right] + c_3 z_i^{j+1} + c_4 + \\ + \frac{1}{4K_{ai}^2} \left[ (c_1)^2 (z_i^{j+1})^2 + 2c_1 (c_2 + Q_{i+1}^j) z_i^{j+1} + (c_2 + Q_{i+1}^j)^2 \right] = 0$$

sau grupind termenii

$$\left[ \left( \frac{c_1}{2K_{ai}} \right)^2 - \frac{B_{ai}^0 c_1}{H\omega_{ai}} \right] (z_i^{j+1})^2 + \left[ \frac{c_1 (c_2 + Q_{i+1}^j)}{2K_{ai}^2} + c_3 - \right. \\ \left. - \frac{B_{ai}^0}{H\omega_{ai}} (c_1 \Delta z_{i+1} - c_1 z_i^j + c_2 + Q_{i+1}^j) + \frac{c_1}{H} \right] z_i^{j+1} + \frac{c_2 - Q_i^j}{H} - \\ - \frac{B_{ai}^0}{H\omega_{ai}} (c_2 + Q_{i+1}^j) (\Delta z_{i+1} - z_i^j) + c_4 + \left( \frac{c_2 + Q_{i+1}^j}{2K_{ai}} \right)^2 = \\ = c_5 (z_i^{j+1})^2 + c_6 z_i^{j+1} + c_7 = 0 \quad (6.4.14^{IV})$$

Mențiuni. În ipotezele "b", "c" și "d" s-a presupus cunoscută variația debitului afluent  $\Delta Q_m = Q_m^{j+1} - Q_m^j$  pe intervalul  $(t_j, t_{j+1})$ . În majoritatea cazurilor se poate admite că debitul afluent are o variație suficient de lentă încît pentru intervale de timp bine determinate practic se poate admite a avea

$$\Delta Q_m = Q_m^{j+1} - Q_m^j = Q_m^{j+2} - Q_m^{j+1} \approx \nabla Q_m \quad (6.4.32)$$

În această situație este suficient a evalua  $\Delta Q_m$  pe intervalul  $(t_j, t_{j+1})$  pentru a putea aplica algoritmiile acestor ipoteze pe intervalul  $(t_{j+1}, t_{j+2})$  și în anumite cazuri și eventual pe intervalele următoare.

Algoritmul ipotezei "a" calculează distribuția debitelor în lac la momentele  $t_j$  și  $t_{j+1}$ .

Pentru a putea evalua  $\Delta Q_m$  pe intervalul  $(t_j, t_{j+1})$  trebuie determinată situația spațială a debitului afluent respectiv care dintre debitele distribuției determinate este debitul afluent. Pentru aceasta este necesară determinarea poziției "cezii lacului" (punctul de intersecție a suprafeței apei în albia naturală, nebarată cu suprafața apei de la momentul de calcul, în regim be-

rat). Debitul din distribuția de debite determinată corespunzător acestui punct este debitul afluent.

#### 6.4.3.- Determinarea poziției cozii lacului

Am determinat cu ajutorul algoritmului ipotezei "a" distribuția de debite

$$Q_1, \dots, Q_\emptyset, \dots, Q_i, \dots, Q_L.$$

Presupunem că poziția cozii lacului este în punctul "i" și deci debitul afluent  $Q_{afl} = Q_i$ .

În secțiunea  $\emptyset$  situată la circa 10 km de baraj considerată ca o secțiune cu o stabilitate corespunzătoare a patului albiei este determinată cheia limnometrică pentru regimul natural respectiv

$$z_\emptyset = f(Q_{afl}) \quad (6.4.33)$$

Conform fig. 6.4.2 scriem ecuația "energiei" pentru sectorul "S".

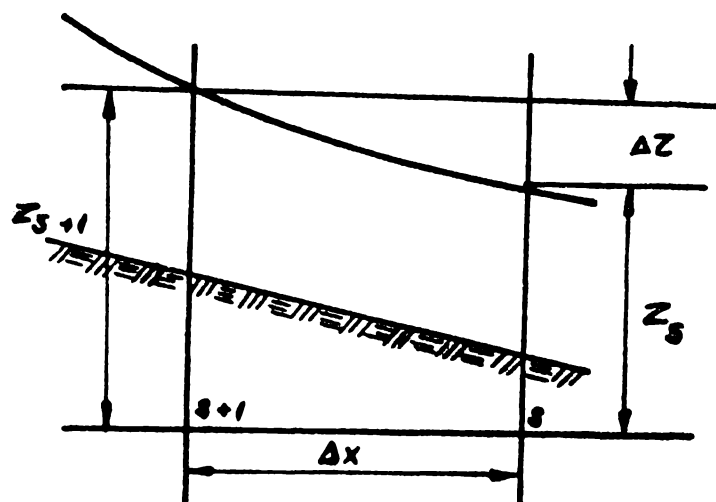


Fig. 6.4.2.

$$z_{S+1} - z_S = \frac{\alpha}{2 \cdot g} \left( \frac{Q_{S+1}^2}{\omega_{S+1}^2} - \frac{Q_S^2}{\omega_S^2} \right) + \frac{Q_{af}^2}{K_{af}^2} \Delta x \quad (6.4.34)$$

unde  $\alpha$  - coeficientul Coriolis.

Admițînd cunoscut  $z_S$  ecuația se rezolvă prin metoda înjumătățirii determinîndu-se  $z_{S+1}$ .

Pornind din secțiunea  $\varnothing$  pentru debitul  $Q_i$  presupus a fi la coada lacului deci sinonim cu debitul afluent pornind de la 6.4.33 și rezolvînd din aproape în aproape ecuația 6.4.34 determinăm șirul de nivele  $Z_{\varnothing+1}, Z_{\varnothing+2}, \dots, Z_n, \dots, Z_L$  care determină linia de remu în regim natural pentru debitul  $Q_i$ .

Presupunem că această linie de remu în regim natural intersectează linia de remu în regim barat din momentul de calcul în punctul  $m-1$ , iar

$$X_{m-1} - X_i > \varepsilon \quad (6.4.35)$$

unde  $\varepsilon$  este eroarea admisă prin precizia de calcul adoptată atunci. Se va efectua o nouă iterație luînd în calcul de această dată de  $Q_{m-1}$  determinîndu-se o nouă linie de remu în regim natural a cărei intersecție cu linia de remu în regim barat din momentul de calcul în punctul "m". Se consideră că s-a determinat poziția cozii lacului și

$$Q_m \approx Q_{af1}, \text{ dacă}$$

$$X_m - X_{m-1} < \varepsilon \quad (6.4.35')$$

În acest caz coada lacului se află efectiv pe sectorul  $(X_{m-1}, X_m)$  putîndu-se determina cu mai mare precizie secționîndu-se și acest sector în tronsoane folosindu-se același algoritm. Avîndu-se în vedere tendința de modificare datorită dinamicii albiei a cheilor limnimetrice, folosirea unei chei limnimetrice determinată în regim natural înaintea barării fluviului poate conduce la realizarea unei precizii insuficient de mulțumitoare. Atunci pornind de la raționamentul că ecuația "energiei" pentru scurgerea apei în albi cu suprafața liberă e pentru regim natural și nu modelează influența barajului, poziția cozii lacului se poate obține testîndu-se pe sectoarele de calcul locul unde nivelul apei  $Z_j$  se află pe cursul natural al fluviului (unde nu coincide cu cel în regim barat). Deci mergînd pe tronsoane dinspre baraj și calculînd pe baza nivelului  $Z_{j+1}$  și nivelului  $Z_j$  aflat între secțiunea  $X_{j+1}$  și baraj acesta va coincide cu cel în regim baraj aflîndu-se în același timp și pe cursul natural al fluviului în locul unde se află poziția cozii lacului.

Dacă  $X_u$  este primul punct depistat pe cursul natural al albiei, coada lacului se va afla pe sectorul  $[X_{u-1}, X_u]$  și în consecință considerînd coada lacului în mijlocul acestui sector mărimea erorii va fi  $\left| \frac{X_{u-1} - X_u}{2} \right|$ .

Pornind apoi înapoi spre baraj și calculând din ecuația energiei nivelul  $Z_j$ , pe baza lui  $Z_{j+1}$  obținem punctele liniei de remu în regim natural pentru debitul afluent de valoarea celui corespondent punctului în care s-a considerat poziția cozii lacului.

#### 6.4.4.- Modul de interpolare a datelor

Presupunem că aria secțiunii udate  $\omega$ , perimetrul udat "P", lățimea la oglinda apei B și modul de debit K pentru secțiunea i sînt date într-un fișier începînd de la nivelul  $Z_{oi}$  cu pasul  $\Delta Z$ . Atunci pentru ori ce  $Z \geq Z_{oi}$  există un j astfel încît

$$Z_j = Z_{oi} + j \cdot \Delta Z \leq Z_{oi} + (j+1) \Delta Z = Z_{j+1} \quad (6.4.36)$$

Din fig. 6.4.3 folosind teoremele de asemănare în trapezul ABCD

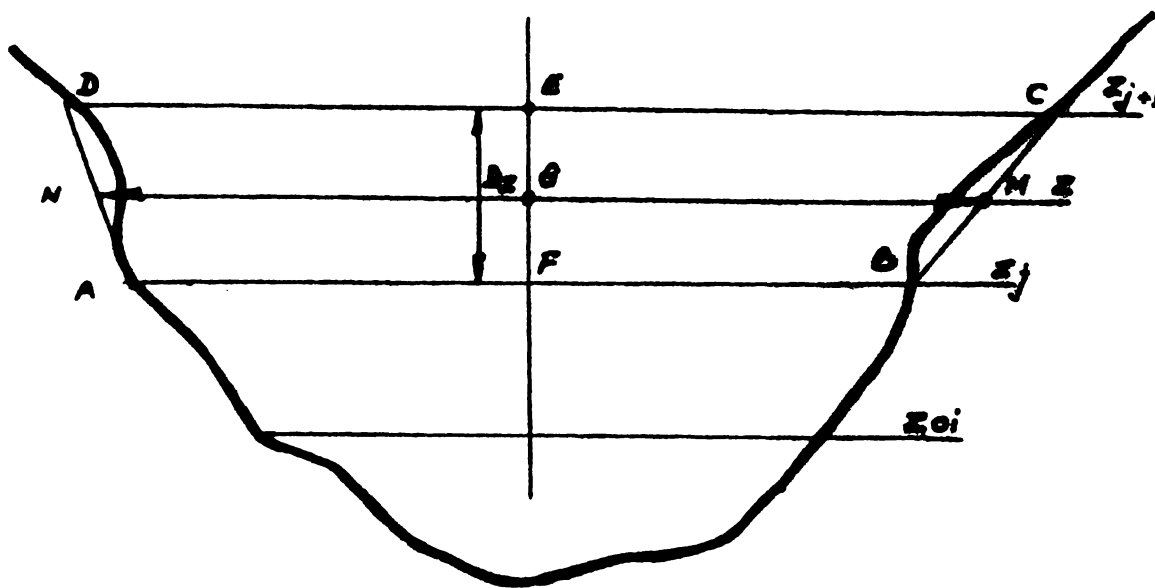


Fig. 6.4.3.

$$\frac{AN}{AD} = \frac{BM}{BC} = \frac{GF}{EF} = \frac{Z - Z_j}{\Delta Z} = e \quad (6.4.37)$$

Aceasta conduce la

$$\begin{cases} AN = AD \cdot e \\ BM = BC \cdot e \end{cases} \quad (6.4.38)$$



$$AN + BM = (AD + BC) e \quad (6.4.38')$$

și deci

$$P(Z) = P(Z_j) + [P(Z_{j+1}) - P(Z_j)] \cdot e \quad (6.4.39)$$

Considerînd egalitatea

$$\text{aria (ABMN)} + \text{aria (MNDC)} = \text{aria (ABCD)} \quad (6.4.40)$$

putîndu-se atunci scrie

$$\frac{MN + AB}{2} \cdot GF + \frac{MN + DC}{2} \cdot EG = \frac{AB + CD}{2} \cdot EF \quad (6.4.41)$$

sau

$$\begin{cases} (MN + AB)GF + (MN + DC)EG = (AB + CD) EF \\ MN (GF + EG) = AB(EF - GF) + CD(EF - EG) \\ MN \cdot EF = AB \cdot EG + CD \cdot GF \end{cases} \quad (6.4.42)$$

și deci

$$B(Z) = MN = \frac{AB \cdot EG + CD \cdot GF}{EF} = \frac{B(Z_j) \cdot (Z_{j+1} - Z) + B(Z_{j+1}) \cdot (Z - Z_j)}{DZ} \quad (6.4.43)$$

atunci

$$\text{aria (ABMN)} = \frac{AB + MN}{2} GF = \frac{B(Z_j) + B(Z)}{2} (Z - Z_j)$$

iar

$$\omega(Z) = \omega(Z_j) + \text{aria (ABMN)} = \omega(Z_j) + (B(Z_j) + B(Z)) \frac{Z - Z_j}{2} \quad (6.4.44)$$

Pentru calculul modului de debit  $K(Z)$  utilizăm interpolarea liniară.

$$K(Z) = K(Z_j) + [K(Z_{j+1}) - K(Z_j)] \frac{(Z - Z_j)}{2} \quad (6.4.45)$$

Modulul de debit  $K(Z)$  este definit prin relația

$$K(Z) = C(Z) \cdot \omega(Z) \sqrt{Rh(Z)} \quad (6.4.46)$$

unde raza hidraulică

$$Rh(Z) = \frac{\omega(Z)}{P(Z)} \quad (6.4.47)$$

iar coeficientul lui Chézy  $C(Z)$  se calculează după formula lui Manning

$$C(Z) = \frac{1}{n} Rh(Z)^{1/6} \quad 6.4.48.$$

unde  $n$  este coeficientul de rugozitate care se determină prin măsurători în natură pe sectoarele de fluviu luate în considerare.

### 6.5.- Imbunătățirea metodologiei de prognoză

Prognoza debitului afluent este esențial determinantă pentru stabilirea programelor de exploatare ale unei hidrocentrale fluviale.

Aceasta deoarece în cazul unei hidrocentrale fluviale:

Prognoză + strategia = Program

Pentru cazul studiat, actuala (vechea) metodologie de prognoză folosită, se bazează pe corelații de niveluri din bazin și afluenții principali utilizând coeficienți de prognoză mediați pe un interval de 3 ani. Determinarea debitului afluent efectiv realizat se face folosind relația:

$$Q_{\text{afl}} = Q_{\text{defl}} \pm \Delta Q_{\text{lac}} \quad (6.5.1)$$

unde  $Q_{\text{defl}}$  este debitul trecut prin secțiunea barajului obținut așa cum s-a arătat în cap. 6.1 prin însumarea debitului turbinat (obținut din energiile produse, vezi cap. 6.3.1) cu debitul deversat (obținut prin utilizarea cheilor deversoarelor) și debitul ecluzat, etc.

Debitul acumulat sau evacuat din lac, se calculează cu ajutorul relației:

$$\Delta Q_{\text{lac}} = \frac{1}{\Delta t} \sum_{k=1}^m S_{K(HK)} \cdot \Delta H_K \quad (6.5.2)$$

unde

$$\Delta H_K = H_{K(t)} - H_{K(t-\Delta t)} \quad (6.5.3)$$

reprezintă creșterile nivelurilor în perioada  $\Delta t$  la telemetriile  $K=1, m$  instalate în lac, iar  $S_{K(HK)}$  - suprafața lacului de acumulare aferentă aceluiaș puncte de măsură corespunzătoare cotelor medii

$$H_K = \frac{H_{K(t)} + H_{K(t-\Delta t)}}{2} \quad (6.5.4)$$

Se determină cota la mira din stațiunea hidrometrică amonte de amenajare  $H_{S.H.A.A.}$ , în regim natural de scurgere corespunzătoare debitului intrat în lac utilizând vechea cheie limnometrică (din perioada explorată înaintea realizării amenajării).

Se prognozează creșterea nivelelor la această miră fictivă pentru următoarele zile cu ecuația de prognoză:

$$\Delta H_j = \sum_{i=1}^{n_j} C_i \cdot \Delta H_i \quad (6.5.5)$$

în care

$$\Delta H_i = H_i(t) - H_i(t-1) \quad (6.5.6)$$

reprezintă variația nivelurilor de ieri ( $t-1$ ) pînă azi ( $t$ ) la stațiunile hidrometrice  $i=\overline{1, n_j}$ , situate în amonte de coada lacului la o distanță corespunzătoare unui timp de parcurgere de  $j$  zile.

$C_i$  - coeficienții de prognoză specifici fiecărei secțiuni din amonte considerate pentru prognoză.

$$\Delta H_j = H(t+j) - H(t+j-1) \quad (6.5.7)$$

valoarea prognozată a creșterii zilnice a nivelului la mira din stațiunea hidrometrică amonte de amenajare (în regim natural de scurgere), cu  $j$  zile anticipație.

Se determină cota prognozată la mira de la stațiunea hidrometrică amonte de amenajare  $H_{\tau}$  cu o anticipație de  $\tau$  zile, unde  $\tau = \overline{0,4}$  zile utilizînd relația:

$$H_{\tau} = H_{S.H.A.A.t} + \sum_{j=0}^{\tau} H_j \quad (6.5.8)$$

Se obține debitul prognozat prin transformarea cotei prognozată  $H_{\tau}$ , în debit utilizînd din nou cheia mirei "fictive" (în regim natural, din perioada anterioară barării fluviului) a stațiunii hidrometrice imediat amonte de amenajare.

Carențele acestei metodologii le-am demonstrat în /46/, sinteza fiind inclusă în schema problemelor derivate prezentată în fig. 4.6.1 ÷ 4.6.4. La aceasta ar mai trebui adăugat și următorul fapt: coeficienții de prognoză mediați sînt caracteristici unor perioade anterioare, între timp însă s-a modificat scurgerea naturală în bazin, chiar luînd în considerare numai amenajările hidrotehnice construite între timp și făcînd abstracție de dinamica patului albiei.

Folosindu-se în calcul și elementul  $\pm \Delta Q_{lac}$  este evident că metodologia de determinare a prognozelor este influențată și de erorile de evaluare a acestuia.

Rezultă evident că pentru mărirea preciziei programelor de exploatare față de valoarea efectivă a debitului afluent, în vederea evitării pierderilor de energie prin exploatarea necorespunzătoare a potențialului amenajării, este necesară schimbarea radicală a metodologiei de prognozarea debitelor afluate.

În ceea ce privește metodologiile și variabilele de prognoză în /85/ se consemnează cele prezentate în continuare.

Se prezintă patru posibilități privind variabila de prognoză

- adaptarea nivelurilor,

- adaptarea debitelor,

- considerarea valorilor zilnice

- considerarea creșterilor corespunzătoare între 2 zile.

Pe baza unor criterii în /85/ se arată că fiecare din aceste alternative posibile prezintă o serie de avantaje și dezavantaje care se prezintă în tabela 6.5.1. Unul din criteriile considerate este variabilitatea naturală. Un alt asemenea criteriu îl reprezintă activitatea hidrometrică cât mai redusă. Ținând seama de aceste două criterii alegerea diferenței de niveluri zilnice ca variabilă de prognoză apare mai corespunzătoare. În cazul metodei tendinței însă diferența de debite zilnice apare mai indicată a fi aleasă ca variabilă de prognoză.

Conform /85/ notînd cu  $z$  nivelul sau debitul, variabil în timp și spațiu ( $t, s$ ), diferența de nivel sau debit într-o secțiune dată ( $s$ ) la timpii  $t$  și  $t+\tau$

$$\Delta z_{s;t,t+\tau} = z_{s;t+\tau} - z_{s;t} \quad (6.5.9)$$

poate fi considerată ca depinzînd de elemente similare anterioare în timp.

Astfel, considerînd o legătură secvențională în lanț multiplu se ajunge la

$$\Delta z_{s;t;t+\tau} = f(\Delta z_{s;t-\tau;t}, \Delta z_{s;t-2\tau;t-2\tau} \dots) \quad (6.5.10)$$

O asemenea legătură permite realizarea prognozei prin metoda tendinței.

În continuare în cazul unei albie fără afluenți la care viteza de translație a perturbațiilor (celeritatea) " $\sigma$ " se presupune constantă, se poate stabili o legătură spațiu temporală în lanț multiplu de forma

$$\Delta z_{s;t;t+\tau} = f(\Delta z_{s-\sigma;t-\tau;t}, \Delta z_{s-2\sigma;t-2\tau;t-2\tau} \dots) \quad (6.5.11)$$

în care  $\sigma = \sigma \cdot \tau$

Prognoza realizată în baza unei asemenea relații constituie metoda corespondenței.

Se mai poate concepe o metodă bazată pe principiul ergodicității în care diferențele temporale sînt o funcție de diferențele spațiale

Tabel 6.5.1.

Nr. Variabila de ert prognoză	Avantaje	Dezavantaje
0 1	2	3
1 Nivelul zilnic	necesită o singură cheie limnimetrică	<ul style="list-style-type: none"> <li>- instabilitate în timp a relațiilor de prognoză din cauza modificărilor morfologice ale albiilor</li> <li>- sînt necesare măsurători sigure și suficiente pentru precizarea cheii limnimetrice</li> <li>- variabilitate naturală mare</li> <li>- relațiile de prognoză nu pot fi folosite în perioada de ghețuri</li> </ul>
2 Debitul zilnic	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prezintă o stabilitate în timp a relațiilor de prognoză</li> <li>- relațiile de prognoză sînt valabile și în perioadele de ghețuri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- necesită chei limnimetrice în toate secțiunile considerate în relațiile de prognoză</li> <li>- trebuie efectuate măsurători sigure și suficiente pentru precizarea tuturor cheilor limnimetrice</li> <li>- variabilitate naturală mare.</li> </ul>
3 Diferență de niveluri zilnice	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prezintă în general o stabilitate în timp a relațiilor de prognoză</li> <li>- necesită o singură cheie limnimetrică</li> <li>- precizia cheii limnimetrice poate fi mai scăzută</li> <li>- variabilitate naturală mai redusă</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apar scurte perioade cu modificări morfometrice intense ale albiei, în care relațiile de prognoză nu sînt stabile</li> <li>- relațiile de prognoză nu pot fi folosite în perioada de ghețuri</li> </ul>
4 Diferență de debite zilnice	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prezintă o stabilitate în timp a relațiilor de prognoză</li> <li>- precizia cheilor limnimetrice poate fi mai scăzută</li> <li>- variabilitate naturală mai redusă</li> <li>- relațiile de prognoză sînt valabile și în perioadele de ghețuri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesită chei limnimetrice în toate secțiunile considerate în relațiile de prognoză</li> </ul>

$$\Delta z_{s;t;t+\tau} = f(\Delta z_{s-\sigma,s;t}) \quad (6.5.12)$$

în care:

$$\Delta z_{s-\sigma,s;t} = z_{s,t} - z_{s-\sigma,t} \quad (6.5.13)$$

Din examinarea relațiilor celor trei metode în /85/ se constată:

- cele corespunzătoare metodelor tendinței și corespondenței prezintă stabilitate mai mare în timp;
- cea bazată pe principiul ergodicității este foarte instabilă în timp, lucru de așteptat fiind sensibilă la cele mai mici modificări ale albiei;
- nu se poate stabili vreo influență a cotelor H asupra diferențelor de cotă  $\Delta H$

Trecerea de la niveluri la creșteri de debite se poate face cu relația

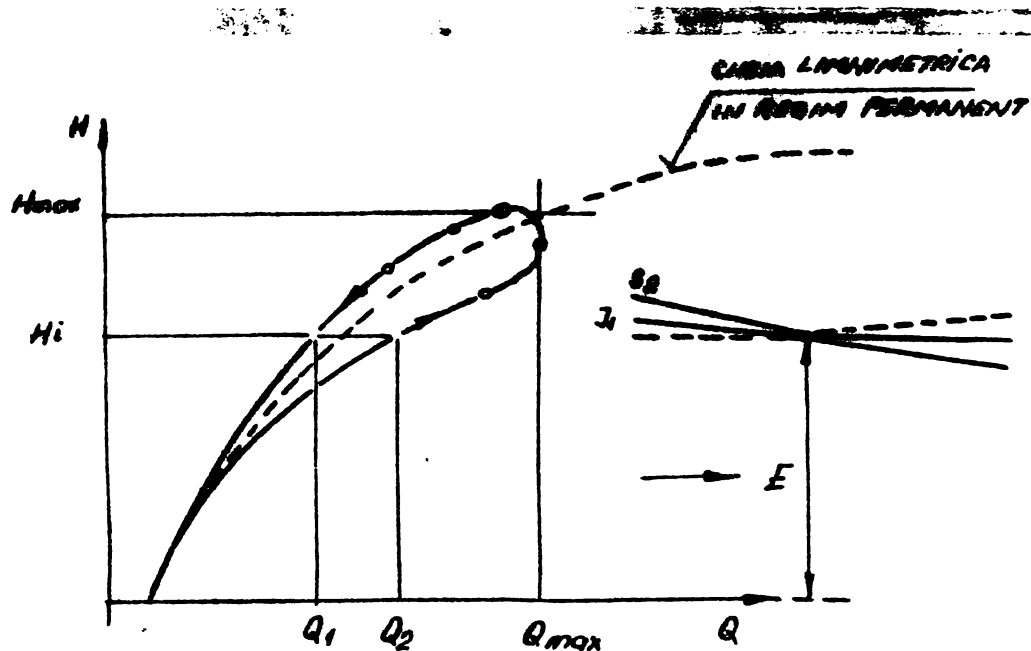
$$\Delta Q_{t,t+\tau} = H_{t,t+\tau} \cdot \left( \frac{\partial Q}{\partial H} \right) \quad (6.5.14)$$

unde derivata parțială  $\partial Q / \partial H$  se referă la panta cheii limnimetrice.

Vechea metodologie folosită în cazul analizat în /46/ consideră cheia limnometrică că este stabilă iar formarea buclei de histeresis creștere-descreștere o neglijează, derivata parțială  $\partial Q / \partial H$  o transformă atunci în  $dQ/dH$  considerând în acest caz că nu mai depinde decât de H. Aceasta este valabilă însă doar în condițiile regimului permanent și adoptarea acestui principiu în cazul regimului nepermanent caracteristic predominant de exploatare a amenajării reprezintă de asemenea o eroare a metodologiei actuale (vezi și /37/). De asemenea nu se poate conta pe stabilitatea perpetuă a cheii datorită dinamicii patului albiei (vezi /88/ - /89/). Situația reală e conformă fig. 6.5.1.

Ținând seama de toate acestea în /118/ am stabilit că noua metodologie trebuie să asigure prognoza debitelor afluențe în lacul amenajării fluviale și determinarea propagării sale în albie pînă în lac și în lac pînă la baraj, astfel încît stocul de apă afluent să fie utilizat optim energetic.

Precizia prognozelor și implicit configurația sistemului de culegere și prelucrare a datelor pentru prognoze trebuie să asigure condițiile realizării regimurilor optime de exploatare, regimuri care printre altele trebuie să răspundă la următoarele cerințe generale:



*Curba de histerezis a cheii luminetrice in regim nepermanent - variatia pantei hidrolice a curentului de apă este mai mare in perioada de crestere a apelor față de perioada de scădere a apelor.*

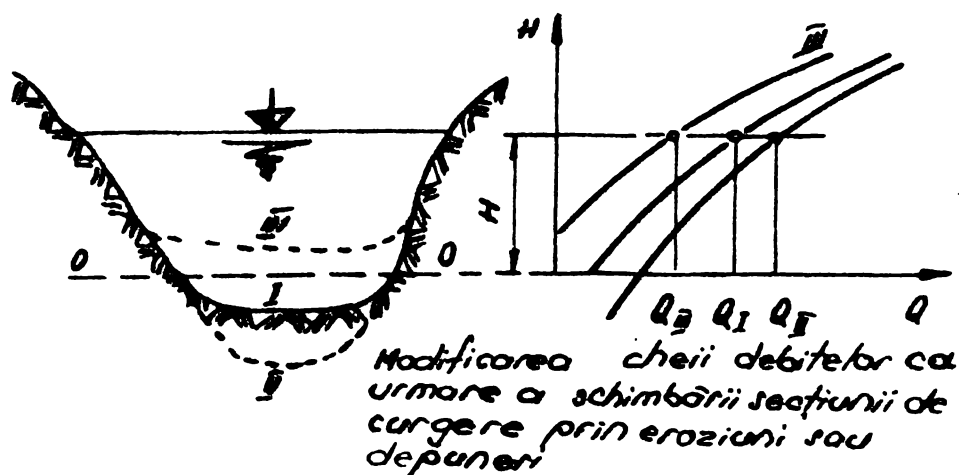


Fig. 6.5.1.

1. Să respecte nivelurile impuse în secțiunile de control în lac
  - a) în punctul de control a nivelului din lac la niveluri controlate impuse de convenții și acorduri cu partenerul,
  - b) la baraj niveluri cât mai mari pentru obținerea unor căderi și producții de energie maxime.
2. Să se satisfacă cerințele energetice impuse de fiecare sistem pentru centrala sa, fără afectarea partenerului. In general

să se asigure participarea în condiții de optim la vârful de sarcină a fiecăruia din cele două sisteme.

3. Să se utilizeze optim energetic debitele afluențe, fără deversări la debite afluențe sub debitul instalat și cu deversări minime la debitele afluențe mai mari decât acesta.

4. Să utilizeze optim capacitatea lacului de acumulare, evitându-se în aval amplificarea viiturilor prin golirea bruscă a lacului sau micșorarea debitelor afluențe mici, prin reținerea într-un ritm sever a apei în lac, în afara limitelor strict necesare în condițiile hidrologice date.

5. Să se respecte toate restricțiile specifice amenajării stabilite în documentații sau convenite în acorduri.

În funcție de configurația bazinului hidrografic și de gradul său de complexitate, prognoza debitelor afluențe să se facă pe subbazine caracteristice sau reprezentative, componente.

Prognoza pentru fiecare subbazin hidrografic trebuie să se dea în fiecare zi pentru următoarele 5 zile sub formă de debite medii zilnice (în perioadele cu variații zilnice mici) sau sub formă de debite la intervale orare regulate, de exemplu din 4 în 4 ore, 8 în 8 ore, sau la alte intervale de timp corespunzătoare necesităților diferitelor situații (în perioada de variații orare mari, în special la viituri sau goliri de lacuri din amonte). Debiturile trebuie prognozate atât pentru situații hidrologice normale (debituri ușor variabile) cât și în cazul apariției viiturilor. Pentru această vorb trebuie folosite ca date de intrare elemente hidraulice, hidrologice și hidrometeorologice.

Metodologia trebuie să permită cunoașterea efectivă, în anumite puncte de control stabilite pentru fiecare din subbazinele hidrografice componente, în secțiunile corespondente realizării efective a debitelor afluențe care se prognozează a intra în lac cu anticipație de minimum 48 ore (2 zile), în cel mai defavorabil caz și să permită urmărirea propagării pînă în lac și în lac (în condițiile dinamicii "cozii lacului") cu frecvența determinată de necesitate. Prognoza debitelor afluențe cu o anticipație de pînă la 2 zile prezintă o importanță deosebită pentru precizia de determinare a programului de exploatare. Pentru această perioadă de anticipație considerăm că singura care ar asigura valori de prognoză suficient de certe pentru asigurarea unor programe de exploatare optime este metoda hidraulică de prognoză, bazată pe integrarea ecuațiilor scurgerii apei în albi oarecari în regim nepermanent



(ecuațiile Saint-Venant) în condițiile admiterii unei stabilități limitate a cheilor limnimetrice, ca urmare a dinamicii patului albiei, în limita gradului de precizie pentru determinarea valorii debitului afluent luată în considerație. Pentru asigurarea unor date de bază cât mai corecte în ceea ce privește elementele morfometrice și hidraulice, acestea vor fi verificate prin ridicări hidrotopometrice și măsurători hidrometrice curente și ori de câte ori se va constata, prin sistemul de validare a corectitudinii modelului, că eroarea de determinare a debitului afluent depășește valoarea erorii adoptate funcție de gradul de precizie stabilit.

Prognoza de anticipație de 3-5 zile, avînd o importanță mai redusă asupra preciziei programului de exploatare, servind în general pentru adoptarea strategiei de exploatare, poate fi asigurată prin metoda folosită pînă în prezent, respectiv metoda corespondenței (corelației) de nivele.

Pentru urmărirea propagării debitului afluent pînă în lac și în lac pînă la baraj, gradul de îndesire a rețelei de telelimnimeetrie trebuie să fie determinat din analiza gradului de precizie asigurat de modelele matematice de simulare a fenomenului de propagare.

Modele pentru prognoze trebuie să se bazeze pe concepții moderne matematice și de analiză hidrologică-hidraulică astfel încît să asigure conform celor de mai înainte:

- prognoza hidraulică și urmărirea propagării pînă în lac și apoi în lac pentru debitele afluate prognozate pentru intrarea în lac cu anticipație pînă la 2 zile;

- prognoze hidrologice pentru debitele afluate prognozate pentru intrarea în lac cu anticipație de 3-5 zile.

Culegerea și transmiterea datelor să fie făcute în așa fel ca fiecare din centralele amenajării să poată să le folosească oricînd are nevoie pentru calcularea prognozelor debitelor afluate sau urmărirea propagării acestora pînă în lac și în lac.

Se consideră necesară asigurarea următoarelor cerințe pentru precizia prognozei:

- + 1% - 1,5% pentru anticipație de pînă la 2 zile,
- + 1,5% - max 2% pentru anticipație de 3-4 zile
- + 2,5 - max 3% pentru anticipație de 5 zile.

Prin simulare va trebui analizată în ce măsură precizia prognozei și a urmării propagării sale este condiționată de numărul datelor de intrare, de gradul de îndesire a rețelei de telelimnimeetrie dealungul bazinelor și lacului, de mărimea anticipării.

Modelele trebuie să asigure simularea propagării pînă în lac și în lac pînă la baraj, a debitelor afluate din subbazinela hidrografica componente în condițiile compunerii sincronice a acestor debite.

Simularea propagării debitului prognozat pînă în lac și în lac se va face în ipoteza că centralele amenajării funcționează "pe firul apei". Această ipoteză corespunde de altfel determinării graficului de sarcină și respectiv a hidrografului debitului defluent în regim "de bază" a centralelor.

Datele de intrare pentru modelele de prognoză trebuie să se bazeze în măsură maximă pe informații hidrologice și hidrometeorologice din rețeaua existentă, completată cu noile puncte de măsurători care sînt justificate de asigurarea preciziei, necesare, cerute prognozei. Pentru stabilirea fiabilității care trebuie asigurată rețelei de culegere a datei este necesară determinarea prin analiză simulatorie a influențelor, asupra prognozei și preciziei acesteia, pe care o are omiterea informațiilor din diferite puncte ale rețelei.

De asemenea trebuie să se aibe în vedere și că informații de la eventuale puncte pot apărea treptat, pe măsura instalării noilor puncte. În acest caz modelele de prognoză trebuie să permită prognozarea debitelor și în perioada de tranziție pînă la intrarea în funcțiune a noilor posturi. Rezultă evident că în acest caz eroarea de prognoză va fi cea care va rezulta din situația de fapt.

Deoarece în unele subbazine hidrografice, componente bazinului aferent amenajării, există amenajări hidrotehnice, care influențează asupra regimului debitelor în aval, trebuie stabilit modul în care se vor prognoza aceste debite și cum se vor include în modelul de prognoză în ansamblu.

De asemenea trebuie avut în vedere că în viitor se pot construi noi obiective hidrotehnice în bazine, pot apărea noi puncte de observații și culegere a datelor și se poate amplifica rețeaua de transmitere a informațiilor la cele două centrale.

De aceea modelele de prognoză trebuie astfel concepute încît odată cu apariția noilor situații ele să se poată corecta, suplimenta și extinde pentru menținerea sau mărirea preciziei.

Pentru fiecare subbazin hidrografic trebuie stabilit modul de tarare a modelului și modul de validare a valabilității tarării.

În vederea calibrării parametrilor modelului de prognoză este necesar să se folosească datele celor mai recente măsurători în

natură, iar dacă acestea lipsesc trebuie să fie executate.

Pentru prognoza hidraulică de anticipație am conceput două variante prezentate în continuare.

În baza analizei tehnico-economică, complexitate, costuri investiție, gradului de precizie și eficiență se va alege varianta ce urmează să se realizeze.

Varianta I-a. Determinarea debitului afluent în punctele de control, rezolvînd din aproape în aproape ecuațiile mișcării nepermanente în lac și albi avînd cunoscute debitul defluent realizat de centralele amenajării și nivelele realizate în punctele de telelimnimeetrie din lac și albi pînă în secțiunea punctului de control considerat în subbazinele hidrografice componente bazinului hidrografic aferent amenajării.

Funcție de convențiile cu partenerul, gradul de dotare respectiv baza tehnico-materială realizată pentru aceasta, varianta I se poate realiza în două etape.

Etapa I-a. Folosește sistemul de colectare a datelor hidrometeorologice de la posturile hidrometrice din bazin sub forma folosită de vechiul sistem, completată cu datele hidrometrice transmise în timp real de radiotelelimnimeetrele din lac.

Prognoza din ziua în curs și eventual, în anumite condiții favorabile de debit afluent, pentru ziua următoare, se va putea stabili în majoritatea cazurilor cu un grad mai bun de certitudine decît metodologia actuală, admițînd valabilitatea tendinței debitului afluent, determinată în timp real prin integrarea ecuațiilor de mișcare nepermanentă pe intervalul de timp anterior momentului considerat, și pentru intervalul de timp imediat următor.

Pentru a mări gradul de certitudine a prognozelor, chiar în condițiile variațiilor mari de gradienti ai debitului afluent, trebuie reorganizat ciclul de calcul care se efectuează în așa fel încît să se poată folosi la maximum perioada de certitudine maximă a acestei metode "a tendinței" debitului afluent.

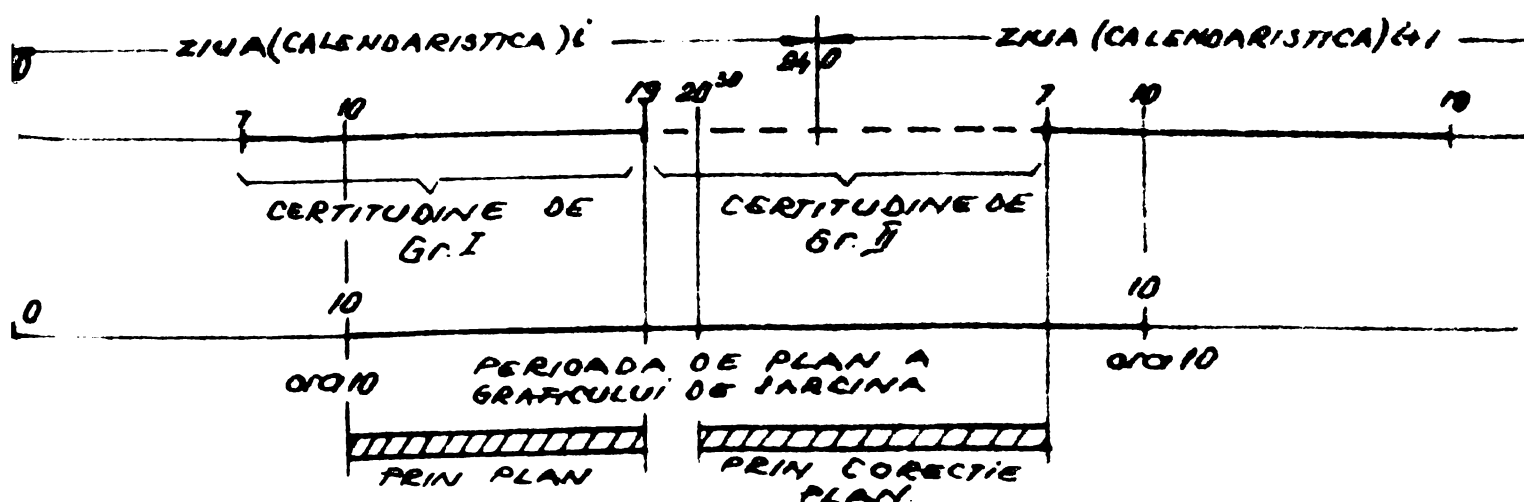
Admițînd că certitudinea valorii prognozelor se reduce pentru perioade mai mari de 12 ore datorită creșterii vîrstei informațiilor hidrometrice, vom împărți valorile de prognoză determinate în timpul unei zile cu aceleași valori hidrometrice în două grade de certitudine

- certitudinea maximă de gradul I,
- certitudinea medie de gradul II.

Deoarece datorită modului de organizare a datelor perioadele

de certitudine astfel stabilite corespund celor două jumătăți a zilei hidrologice se observă că dacă s-ar modifica ziua de plan între orele 10 a zilei în curs și până la orele 10 a zilei următoare calendaristice, (pentru orarul de vară perioadele decalându-se corespunzător cu o oră în vederea comparabilității datelor pe întreg anul) așa cum se vede din fig. 6.5.2 față de situația descrisă în fig. 4.5, perioadele de plan folosesc mai bine perioadele de certitudine de gradul I. Efectuându-se corecții de plan în cea de a doua jumătate a zilei față de o nouă prognoză determinată cu date telelimnimetrice de la mijlocul zilei se ameliorează din punct de vedere a certitudinii încadrarea și pentru a doua jumătate a zilei a graficului de sarcină (a programului de exploatare).

În cazul folosirii și datelor hidrometrice de pe albia naturală din amonte de lac corelate în timp, respectiv de aceeași "vîrstă" cu cele telelimnimetrice de pe lac, deci colectarea și transmiterea în timp real și a acestora cu ajutorul unor telelimnimeetre instalate în punctele hidrometrice, în loc de cota la miră citită o dată la 24 ore ca în prezent, se va realiza implicit încadrarea graficului de putere în zonele de certitudine maximă și pentru perioada corespunzătoare corecției de program. În mod firesc efectul metodei se reflectă prin îmbunătățirea corespondenței programelor de exploatare față de valoarea debitului afluent cu efecte energetice corespunzătoare.



*Obținerea încadrării graficului de sarcină în perioadele de certitudine de gradul I prin decalarea perioadei de plan a zilei.*

Fig. 6.5.2.

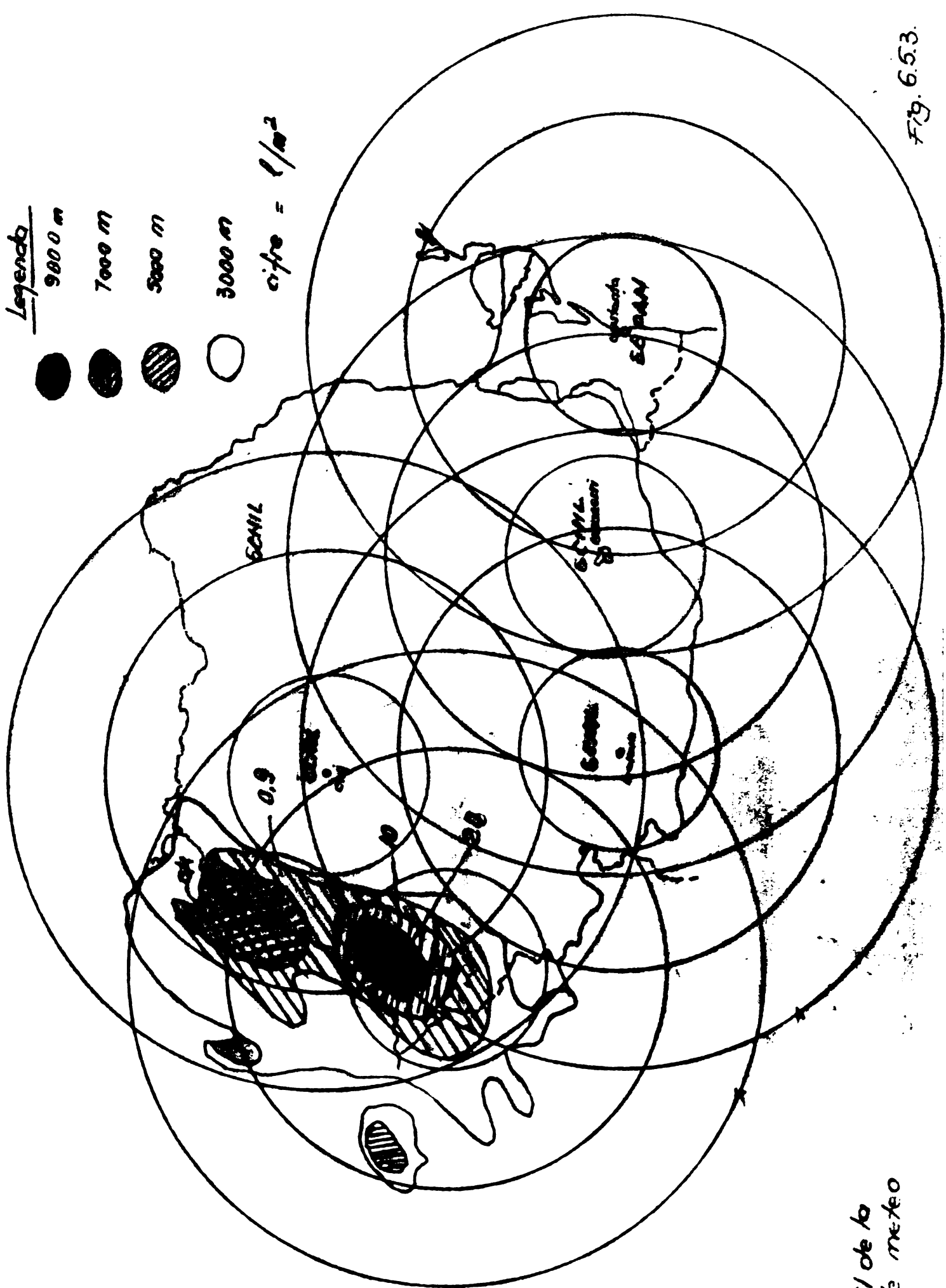
Realizându-se însă prognoze a gradientului debitului afluent pe perioade relativ scurte, 1/2 sau 1 zi, sînt insuficiente stabilirii unor programe corespunzătoare sau a strategiei de reglaj a nivelului în lac, în ideea pregătirii în permanență a lacului pentru evitarea unor deversări, ce ar putea astfel evitate, perioada de prognoză obținută este insuficientă. Pentru a obține prognoze de dublu și triplu durată va trebui apelat<sup>la</sup> vechea metodologie.

Ecuatiile de corelație folosite de vechea metodologie, cu carențele cunoscute, datorate în mare parte ca urmare frecvenței rare de culegere a datelor (o dată la 24 ore) și a faptului că nu conțin influența fenomenelor meteorologice din zonele de bazin apropiate de lac, influența acestora manifestîndu-se într-o perioadă mai scurtă de 24 de ore. Se pot stabili corelații ploaie-scurgere-prognoză-debit aportat de afluenții din zona lacului cu ajutorul traductorilor telepluviometrici, sau a unor bazine hidrometeorologice reprezentative /86/, /90/ și /117/. În /68/ și /91/ am arătat (ținînd seama de /93/ și /94/) că se pot obține informații deosebit de prețioase pentru "filtrarea" prognozei și stabilirea strategiei de exploatare folosindu-se posibilitățile informaționale ale radarurilor meteorologice din zonele apropiate ce au o rază de acțiune de circa 300 km, care poate acoperi cea mai mare parte a bazinului apropiat. Aceste informații sub forma imaginilor din fig. 6.5.3 conf. /86/ pot parveni în timp util la centrală cu ajutorul unei instalații de telefoto cuplată pe circuit telefinic închiriat la rețeaua de transmisie meteorologică realizată între IMH București și centrele teritoriale de prevederea timpului. Pentru zonele de bazin ce depășesc raza de acțiune a radarului meteorologic se obțin informații sub forma fig. 6.5.4 privind dinamica frontului de precipitații (hărți barice sinoptice). Se mai pot obține hărți de "nefinaliză" realizate de serviciile meteorologice pe baza imaginilor nebulozităților din bazin obținute de la sateliții meteo care avînd în vedere /92/ pot asigura informații de aceeași importanță pentru "filtrul" prognozei și stabilirea strategiei de exploatare.

În perioadele de viitură se pot efectua prognoze privind durata și amploarea acestora prin obținerea de informații cu privire la oria zăpezilor, grosimea, dinamica topirii, inundații, etc, folosindu-se teledetecția prin sateliții pentru resursele terestre, metodă care conform /96/ + /106/ și /119/ este o tehnologie ce face salguri spectaculoase în hidrologie și amenajări hidroenerge-

- Legenda
- 9000 m
  - 7000 m
  - 5000 m
  - 3000 m

cifre =  $l/m^2$



Facsimil de la  
nodurile meteo

Fig. 6.53.



Fig. 6.5.4.

tice. Reglementările reciproce între țările Organizației Mondiale Meteorologice permit obținerea acestor informații din zonele de bazin situate în alte state. Informații de același gen de pe arii mai restrânse și exclusiv de pe teritoriul național se pot obține prin zboruri utilitare aerofotogrametrice.

Pentru luarea în calculul de corecție și a cantității de apă pierdută din lac urmare fenomenului de evapo-transpirație, ținând seama de suprafața însemnată a lacului, instalându-se în anumite puncte de măsură caracteristice dispozitive pentru măsurarea evotranspirației de la care obținându-se prin teletransmisie datele necesare se vor putea determina corelații pentru corecția modelului funcție de acest fenomen. Pentru aplicarea corecțiilor datorită vântului se poate influența local fenomenul de retenție se vor sta

bili corelații de corecție funcția de viteză și direcția vântului, teletransmisă punctului de calcul de traductoarele (radioteleane-metre) instalate în punctele de măsură unde se pot manifesta aceste fenomene.

Folosind datele din punctele hidrometrice conform metodologiei actuale, iar pentru nivelele din lac valorile transcrise în timp real de radiotelelimnimeetre se va manifesta desigur carența specifică necorelării în timp a datelor ca urmare a decașajelor de transmitere și programul nu se va mai încadra în totalitate în perioadele corespunzătoare gradului I de certitudine a prognozei. Datele înregistrate la ora 7 a zilei în punctele hidrometrice, în general se obțin studiind emisiunile de după amiază, a diferitelor posturi de radio în cadrul emisiunilor "cotele apelor fluviului", în timp ce nivelele de la radiotelelimnimeetrele din lac fiind transcrise în timp real se obțin chiar la ora 7.

Făcînd deci prognoze funcție de ora obținerii ultimelor date hidrologice din bazin, conduce la situația sau a obținerii unor prognoze tardive, ceea ce reduce perioada de certitudine de gr. I folosibilă, sau efectuarea prognozelor mai devreme de obținerea tuturor datelor, se obțin prognoze cu date necorelate în timp, deci de certitudine și respectiv precizie diminuată, ceea ce poate conduce la stabilirea unor programe de exploatare eronate.

Toate acestea fac ca efectele energetice, favorabile ale metodei să fie cel puțin înjumătățite.

#### Etapa II-a

În ideea de a asigura prognoza cu certitudine de gr. I pe un interval de minimum 48 ore, în vederea asigurării condițiilor stabilirii programelor de exploatare cât mai corecte față de evoluția debitului afluent, prin asigurarea folosirii datelor limnimeetrice corelate în timp, soluția este mutarea punctului de determinare a debitului pe cursul natural, în secțiunea izocronelor corespunzătoare propagării undelor într-un interval echivalent cu cel de prognoză (în cazul propus 48 ore), urmărindu-se apoi transmiterea undei pînă în lac și în lac. Acest lucru este posibil extinzîndu-se rețeaua de telelimnimeetre și pe cursul natural, amonte de coada lacului, pe fluviu și afluenții principali pînă în secțiunile izocronelor de 48 ore, efectuîndu-se "prognoza hidraulică" prin integrarea ecuațiilor mișcării nepermanente a apei în albi în ipotezele de integrare necesare, respectiv pentru determinarea debitului în secțiunea propusă, ipoteza "a" de integrare, iar pentru propagarea aces-



tuia pînă în lac, și în lac în situația centrală funcționează pe fizul apei, ipoteza "b" de integrare. Evident vor trebui cunoscute datele morfometrice și hidraulice și a albiilor pînă în secțiunile luate în considerație admitînd ipoteza stabilității limitate a patului albiei, în limitele de precizie preconizate pentru determinarea valorii debitului prognozat.

Determinînd tendința debitului din acest secțiuni, pe o perioadă de circa 24 ore, se va putea apoi prin urmărirea propagării undei pînă în lac să se determine prognoza debitului pentru ziua a treia în general cu certitudine de gradul I. Efectuînd rulări cu frecvența necesară urmării în timp a evoluției acestui debit, este posibil să se asigure aceeași precizie prognozei chiar în cazurile variațiilor mari a gradientului debitului.

Prin combinarea acestei metode cu cea a corelării de nivele, pe zonele de albie amonte de secțiunea izocroniei de 48 ore, se va putea asigura prognoza debitului din aceste secțiuni cu anticipații pînă la 3 + 5 zile. Ținînd seama de durata propagării undei pînă în lac, acesta reprezintă practic o anticipare pînă la 5 + 7 zile la intrarea în lac, precizia prognozei fiind însă aproximativ echivalentă prognozei hidrologice pînă la 3-+ 5 zile.

Prognozele hidrologice cu această anticipare deși de precizie mai redusă, decît cea a celor hidraulice de anticipare de pînă la 48 ore, ținînd însă seama de corecțiile succesive zilnice, vor putea asigura condiții destul de suficiente stabilirii unor strategii de exploatare a lacului corespunzătoare.

Pentru a avea în vedere și influența fenomenelor meteorologice din zonele apropiate rămîn valabile cele privind sistemul informațional complementar de prognoză (traductori pluviometrici, radar meteorologic, teledetecția prin sateliții meteo și resurse terestre, teletransmisie, telefacsimil, etc) descrise la etapa I.

Pentru determinarea debitului aportat de afluenții ce debutează direct în lac se poate folosi procedeul de măsurare cu ultrasunete (ex. cu aparatura Flora 10 fabricată de firma Krupp-Atlas Bremen RFG). Aceiași metodă se poate folosi și pentru validarea rezultatelor metodei de integrare a ecuațiilor mișcării nepermanente a apei instalîndu-se aparatura în zone de lățimi de albie corespunzătoare performanțelor sale.

Comparîndu-se valoarea măsurată cu valoarea debitului din distribuția de debite obținută prin aplicarea ipotezei "a" de integrare a ecuațiilor Saint-Venant se poate determina momentul cînd

pentru încadrarea modelului în limitele de precizie preconizate, trebuie determinate din nou elementele morfometrice și hidraulice a albiei.

Avantajele măririi preciziei prognozei, în ceea ce privește stabilirea unor programe corecte față de evoluția debitului afluențe și unor strategii de exploatare a lacului corespunzătoare, chiar și numai prin faptul că practic dublează efectele etapei I-a, justifică realizarea etapei a II-a, chiar în condițiile de coparticipare a celor doi parteneri la cheltuelile de construcție, instalare, exploatare și întreținere a rețelei de telelimnimeetrie de pe albiile fluviului și afluenților principali pînă în secțiunea corespondentă izocroniei, propagării undei pînă în lac, de 48 ore. Trebuie însă subliniată importanța fiabilității întregii rețele telelimnimeetrice. Fără asigurarea acestei condiții folosirea calculatoarelor în vederea conducerii exploatării privind utilizarea optimă a potențialului nu-și mai are sensul.

#### Varianta a II-a.

Preconizează măsurarea efectivă a debitului în secțiunile corespondente izocronelor de 48 ore, cu aparatură adecvată ce să asigure precizii de circa 1% (ultrasunete), metodă cu avantaje nete față de metoda cheilor limnimeetrice, întrucît are o precizie superioară măsurătorilor cu morișca, nu este afectată de regimul de mișcare nepermanentă a apei și nu necesită măsurători hidrometrice periodice pe teren.

Rămîn valabile și în cazul acestei variante, cele prezentate în cazul variantei I-a etapa II cu privire la urmărirea propagării debitului măsurat pînă în lac și în lac și cele privind sistemul informațional complementar de prognoză, descris la etapa I a aceleiași variante.

Măsurîndu-se efectiv debitul în secțiunea considerată, în locul determinării sale prin integrarea din aproape în aproape începînd din secțiunea barajului, a ecuațiilor mișcării nepermanente a apei în lac și albiei, varianta II nu conține eroarea indusă de modelul matematic. Deci chiar neținînd seama de precizia ridicată de măsurare a debitului, varianta II este mai precisă decît prima variantă.

De asemeni este de circa 2 ori mai rapidă eliminîndu-se integrarea de determinare a debitului, cu descompunerea întregului debitelor în zonele de confluență. Implică însă aparatură costisică

măsura debitului ce actual este numai furnitură vest, în schimb rețeaua de telelimnimeetrie pe albiile naturale ar putea fi mai rară folosindu-se nu pentru determinarea debitului, ci pentru urmărirea propagării sale pînă în lac.

6.6.- Exploatarea optimă a turbinelor hidraulice, din centrala hidroelectrică fluvială de mare putere, din punctul de vedere a utilizării potențialului amenajării.

La aceeaș componentă statică a căderii bloc turbină medii zilnice și medii pe centrale, fig. 6.3.5, respectiv

$$\bar{H}_K = \overline{AMT} - \overline{AVPR} \quad (6.6.1)$$

caracteristica amenajării fiind atunci

$$\bar{H}_K = f(\bar{Q}_{af1.K}) \quad (6.6.2)$$

împărțirea potențialului echivalează cu împărțirea debitului afluent.

Pentru utilizarea optimă a părții de potențial fiecare din parteneri va fi interesat să realizeze condițiile:

$$1. \min Q_{opt.t} < Q_t < \max Q_{opt.t} \quad (6.6.3)$$

(conf. fig. 5.2.4).

2. Să realizeze turbinări la  $H_{T,max}$ , respectiv cu pierderi hidraulice în priză și dinamice, la ieșirea din aspirator, minime.

În aceste condiții dispăre paradoxul inechității eforturilor semnalat în cap. 4 și partenerul care va dispune de instalații de curățirea grătarelor mai eficiente, capabile să realizeze în scurtele opriri de gol de sarcină curățirea grătarelor, pînă la obținerea unor valori a pierderilor hidraulice echivalente cu cele a grătarelor "curate", va putea beneficia de un spor de energie datorat numai unei utilizări mai raționale a părții de potențial ce i se cuvine.

Conform /121/ în tabelele 6.6.1 + 6.6.3 este prezentat într-o anumită ipoteză de infundare a grătarelor efectul energetic a pierderilor hidraulice în grătare într-o centrală fluvială.

Prin reducerea pierderilor hidraulice pînă la valoarea corespunzătoare grătarului "curat" se obține o producție suplimentară de energie echivalentă cu reducerea energiei corespundente "înfundă-

ANEXA 1: INVENTARIUL GR. TURBINEOR, REZERVA ANUAL HIDROLOGIC MEDIU

	U/M	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Media anuală
Debit mediu afluent	m <sup>3</sup> /s	4860	4700	6940	7380	7450	6540	5250	4180	3450	3830	4540	4770	
Cădere me- die brută	m	28,35	28,55	24,30	23,30	23,15	25,30	27,80	29,30	30,2	29,63	28,75	28,45	
Debit af- luent RSR	m <sup>3</sup> /s	4430	2350	3470	3690	3725	3270	2625	2090	1725	1915	2270	2385	
nr. mediu turbine în funcțiune	buc.	4,9	4,5	6	6	6	5,8	5,2	4,1	3,5	3,9	4,5	4,6	
Debit mediu pe turbină	m <sup>3</sup> /s	496	523	578	615	621	564	505	510	493	490	504	519	
Pierderi su- plimentare (medii) la grătare.	m	0,09	0,10	0,13	0,15	0,15	0,12	0,09	0,10	0,09	0,08	0,09	0,10	
Pierderi to- tale la gră- tare	m	0,30	0,33	0,40	0,45	0,46	0,39	0,31	0,31	0,30	0,29	0,31	0,33	
Cădere medie	m	23,05	23,22	23,90	22,85	22,69	24,91	27,49	28,99	29,9	29,36	28,44	28,12	
Randament me- diu aprobat	%	88,25	88,88	87,28	86,35	86,15	87,75	85,88	89	89,5	88,84	89,12	89,90	
Pierderi de putere(medie)	MW	6,7	7,3	12,8	15,44	15,96	11,9	7,84	5,95	4,69	5,15	6,47	7,12	8,94
Pierderi de energie	MWh	4978,6	4903,6	9506,9	11119,5	1854,5	8507	5870,4	4427,8	3437	3821	4672,9	5318,9	78.350

DATE LA ARMA PIERDERILOR DE PUTERE DISPONIBILA  
A AGREGATULUI DATORITA INFUNDARII GRATARELOR

Cădere brută	m	17,9	1,9	20	21	22	23,4	24,8	25,3	27,4	29	31	33	35
Putere disponibilă agreg.	MW	100	110	120	130	140	150	160	170	175	175	175	175	175
Debitul turbinat	m <sup>3</sup> /s	634	658	680	700	720	720	720	720	720	675	628	588	554
Pierderi de cădere la grătare dat. infundării	m	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18	0,15	0,13	0,11
Pierderi de putere disponibilă	MW	0,89	0,98	1,08	1,17	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28	1,09	0,85	0,65	0,55

In calcul s-a considerat că debitul și randamentul nu variază la modificarea căderii cu valoarea pierderilor la grătare datorită infundării.

Tabel 6.6.3.

PIERDERI DE PUTERE DE VIRF PE CENTRALA

Debit afluent	mc/s	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000
Nivel amonte	mDMA	67,80	67,15	64,70	63,00	63,00	63,00	63,00
Nivel aval	mDMA	35,70	37,50	38,90	40,2	41,2	42,3	43,3
Cădere brută	m	32,10	29,65	25,80	22,80	21,70	20,70	19,70
Pierderi de putere disponibilă pe un agregat	MW	0,76	1	1,27	1,27	1,23	1,14	1,05
Idem 6 agregate	MW	4,56	6	7,6	7,6	7,4	6,85	6,3
Idem 5 agregate	MW	3,8	5	6,35	-	-	-	-
Idem 4 agregate	MW	3,04	4	-	-	-	-	-

rii" grătarelor (în exemplul dat circa  $1/3$  din pierderea hidraulică în priză). Pentru aceasta este nevoie de instalații de curățirea a grătarului rapide și productive pentru a putea realiza operația de curățire în scurtele opriri ce se pot realiza în golul de sarcină. Conform celor demonstrate în /45/ instalația de curățire a grătarelor /110/ pe care împreună cu colaboratorii am experimentat-o (certificat de inovație 209/76) răspunde la toate aceste cerințe.

#### Asigurarea condiției

pierderile hidraulice în grătare = pierderile hidraulice coresp.  
grătarului curat

pe lângă sporul de energie ce-l aduce, creează premizela stabilirii unor programe de exploatare corecte și mai certe, pentru perioada următoare, din punctul de vedere a prognozei căderii turbinei ( $H_T$ ).

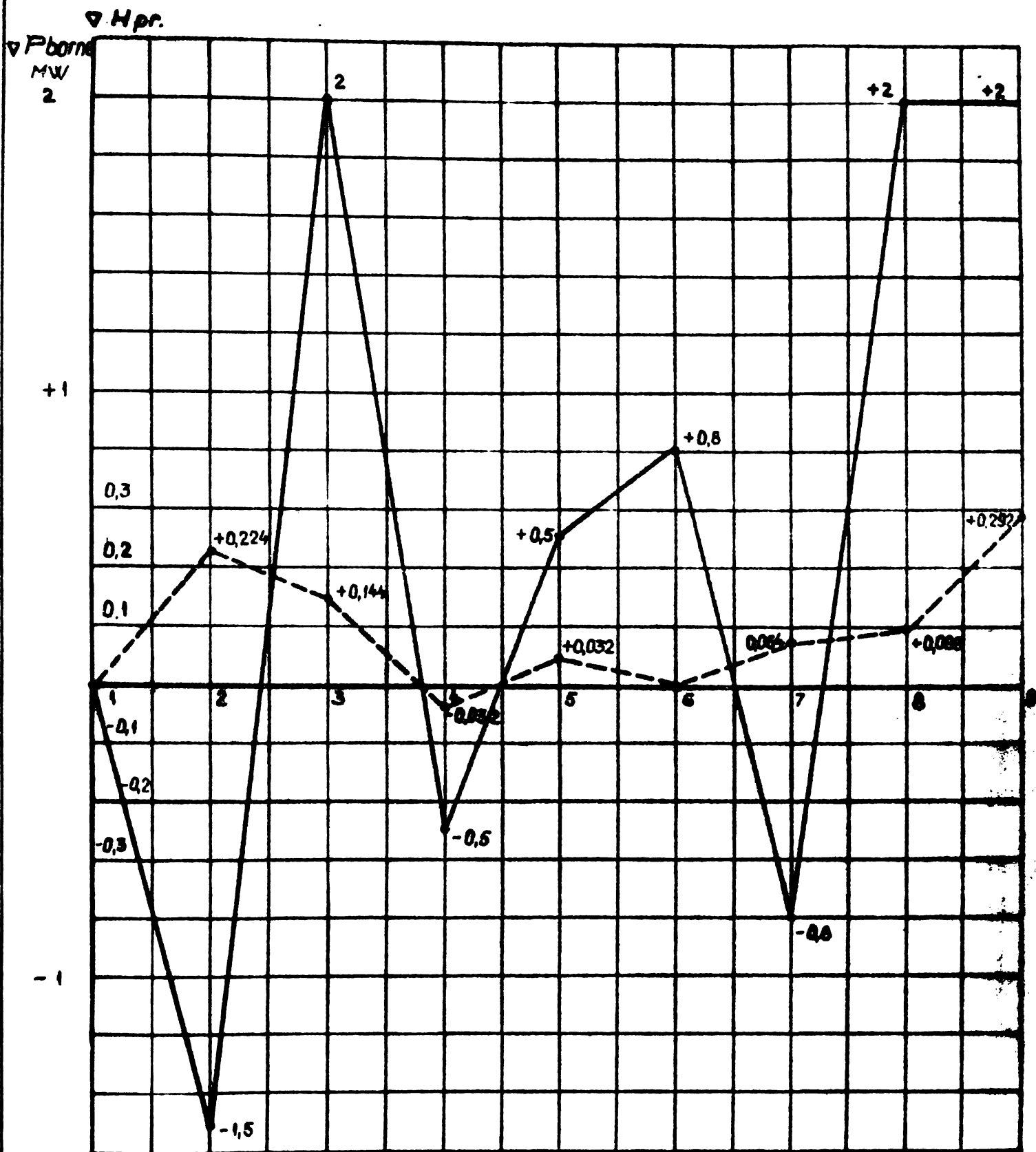
Un efect similar se poate obține prin reducerea și a pierderilor hidraulice "dinamice" suplimentare la ieșirea din aspirator, datorită interacțiunii reciproce a hidroagregatelor adiacente cu care funcționează în formație, ca urmare alegerii unor regimuri de încărcare adecvate sau stabilirii unor formații de funcționare (sau staționare), la anumite valori a debitului de afluent.

Stabilirea corelației pentru optimizarea după acest criteriu s-ar putea determina prin încercări energetice pe un modal complex format din 3 modele de turbină funcționând în paralel, cu simularea condițiilor de evacuare posibile în natură, sau prin prelucrarea statistică a datelor măsurate în natură, printre care și căderea de recuperare  $\Delta h_p$  (fig. 6.3.5), după câțiva ani de funcționare a centralei cu calculatorul de proces.

Fenomenul de interacțiune reciprocă a hidroagregatelor l-am intuit și pus în evidență în mai 1977 cu ocazia unor măsurători efectuate în natură, rezultatul prezentându-se în fig. 6.6.1, care a fost determinat apoi pe cercetătorii din cadrul laboratorului de încercări hidraulice a ISPH București, cu care întrețin unele relații de colaborare, să construiască un model complex (cu trei modele) pentru UHE Slatina, deși în această centrală se instalează numai 2 turbine.

Fenomenul se datorește ejecției între curentul de apă ce iese din aspiratorul turbinei, luată de referință și cei de la turbinele adiacente, manifestându-se ca o variație a pierderii de sarcină "dinamice" la ieșirea din turbină. Funcționarea cu asemenea pierderi minime poate constitui un criteriu de optimizare a funcționării turbinei.

Conf. cap. 2, ținând seama că noțiunea optimizării hidroagrega-



$n$  - numărul regimului de încărcare  
 —  $\nabla P_{borne} = P_{borne_{n+1}} - P_{borne_n}$   
 - - -  $\nabla H_{pr} = H_{pr_{n+1}} + H_{pr_n}$

Fig. 6.6.1

**GRADIENTŪ PUTERŪ LA BORNE ȘI CĂDERŪ  
 (COMPONENTA STATICĂ), FUNCȚIE DE REGIMURILE  
 DE ÎNCĂRCARE A TURBINELOR ADIACENTE**

telor dintr-o centrală fluvială, trebuie privită în contextul utilizării cât mai raționale a potențialului amenajării, ca atare graficul de exploatare a hidroagregatelor trebuie să fie determinat de condițiile energetice ale amenajării, hidroagregatele urmînd să funcționeze de-a-lungul liniei frînte trasată prin fracționarea caracteristicii amenajării (topograma de exploatare "în dinți de ferăstrău"), debitul mediu afluent identificîndu-se și cu debitul de limitare. Inșă funcție de situațiile specifice naturale sau de exploatare etc, caracteristica de exploatare a amenajării este o noțiune dinamică. În aceste condiții și curba fracționată de pe topograma de exploatare "în dinți de ferăstrău" va avea aceeași caracteristică. De aceea ea va trebui determinată pentru fiecare din aceste situații, conform strategiei de exploatare adoptate. Pentru aceasta vom proceda după cum urmează.

Presupunem că unsare prognozei este necesar coborîrea nivelului amonte conform unei variante de strategie care se adoptă, fig. 6.6.2.

Vom determina apoi caracteristica amenajării prin diferența între nivelul amonte corespondente punctelor ce constituie curba de strategie aleasă și valorilor corespondente a nivelului aval specifice cheii limnimetrice (fig.3.3). Căderea turbinei fiind mai mică decît căderea blocului de turbină cu valoarea pierderii de sarcină hidraulică din blocul de turbină, în consecință pe topograma de exploatare în dinți de ferăstrău corespondente strategiei de exploatare adoptate se va transpune prin fracționare nu curba (1) (caracteristica de exploatare a amenajării), ci curba (2) (fig.6.6.3) ce echivalează practic cu componenta statică a căderii turbinei (HPR), medie pe centrală, respectiv

$$H_{st.bloc}^{TV} = H_{st.bloc} - H_p = HPR \quad (6.6.4)$$

unde

$$H_p = HMT - HPR \quad (6.6.5)$$

este componenta statică a pierderilor hidraulice în priza turbinei, medie pentru turbinele unei centrale.

În cazul cunoașterii unei valori a pierderilor hidraulice în priză turbinei ca de ex.  $H_{PN}$ , valoarea aferentă debitului "nominal" al turbinei  $Q_{TN}$  vom putea determina pierderile de sarcină hidraulică în priză turbinei  $H_p$  corespondente și a altor debite turbinate,  $Q_T$ , în alte regimuri de exploatare cu relația

$$H_p = \frac{H_{PN}}{K} \quad (6.6.6)$$



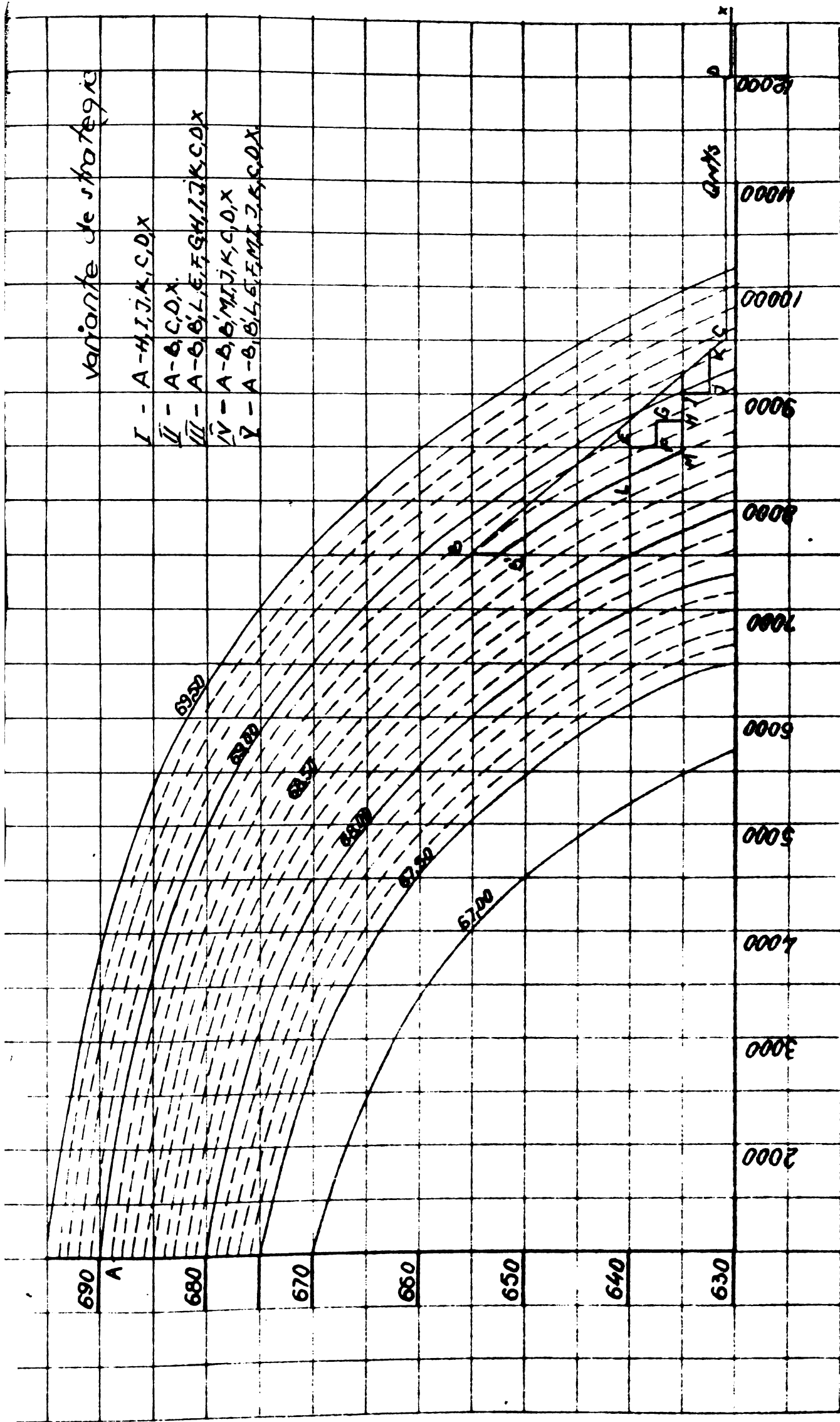
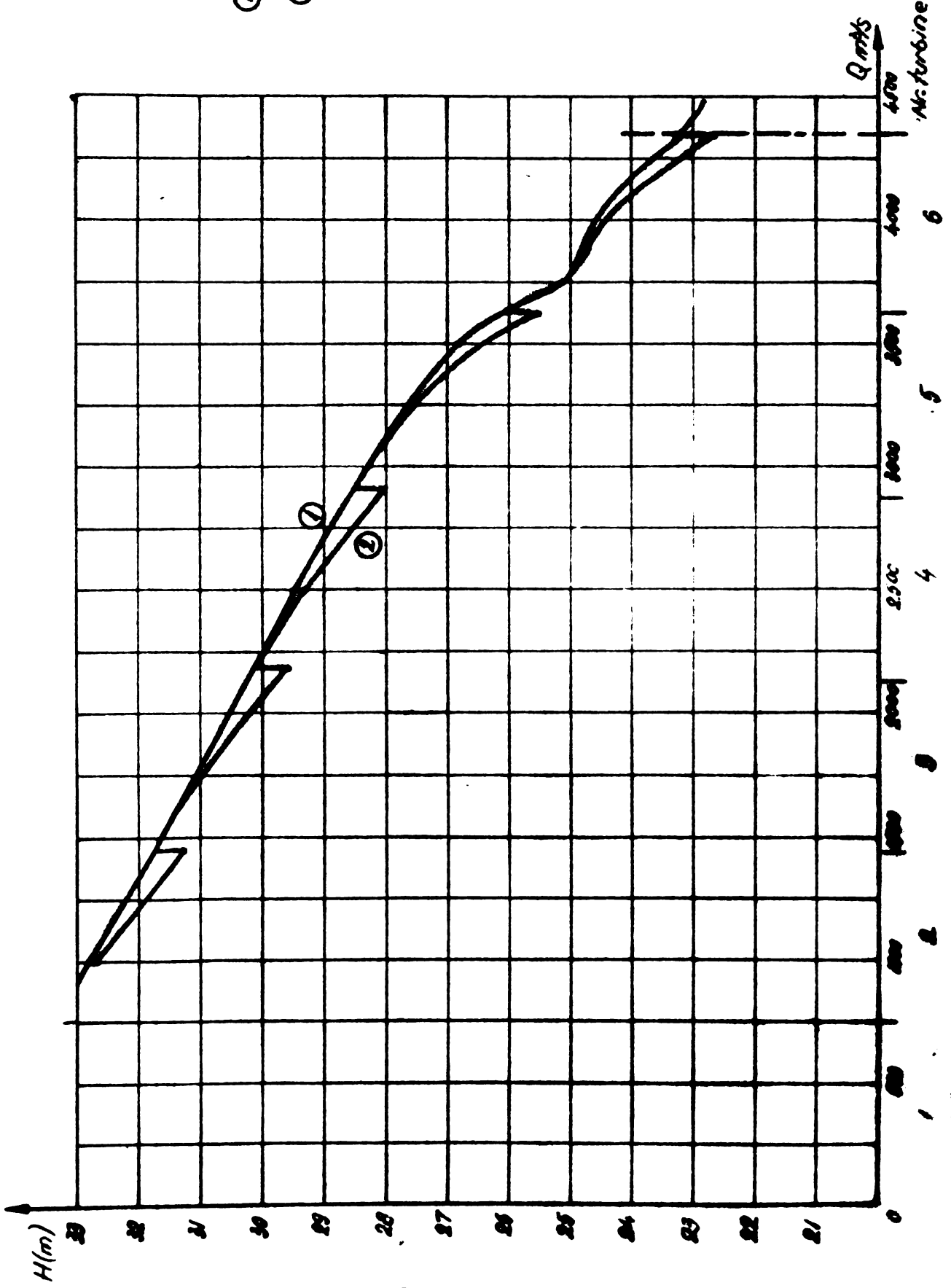


Fig.- 6.6.2.



- ①  $\bar{H}_{TT} \text{ vac.}$
- ②  $H_T \text{ pentru } H_p(TT25) = 0,55 \text{ m.}$

Fig. 6.6.3.

Mr. turbine

unde

$$K = \left( \frac{Q_{TN}}{Q_T} \right)^2 = f(Q_T) \quad (6.6.7)$$

Valoarea lui K pentru  $Q_{TN} = 725 \text{ m}^3/\text{s}$  se poate obține din nomograma dată în fig. 6.6.4.

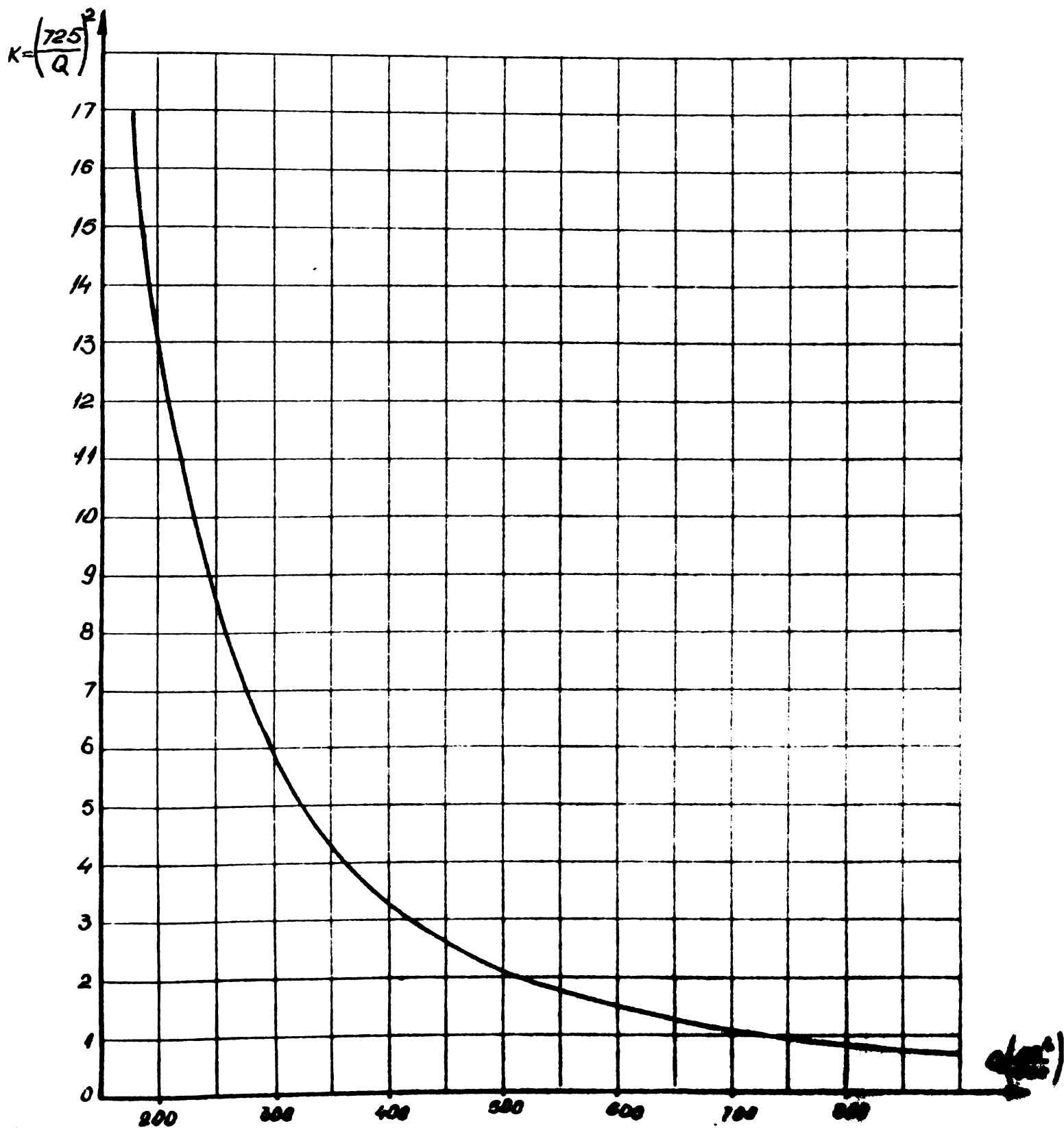


Fig. 6.6.4

Presupunem că după fracționarea curbei (2) a rezultat topografa de exploatare "în dinți de ferăstră" din fig. 6.6.5. Vom folosi această topogramă pe întreaga perioadă de valabilitate a strategiei de exploatare a lacului adoptată și a prognozei pierderilor hidraulice (medii pe centrală) din priza turbinei.

În funcție de prognoza debitului afluent se va stabili valoarea acestuia la începutul și sfârșitul zilei "i" de plan.

Admițând o variație liniară vom determina valoarea corespunzătoare a acestuia pentru fiecare oră a zilei "i" deci "hidrograful său" pe această perioadă de timp.

Conform strategiei de variație a nivelului adoptate se determină apoi valoarea nivelului din punctul de control al nivelului din lac, orar, pe întreaga durată a zilei "i".

Integrându-se ecuațiile de mișcare nepermanentă a apei, în ipoteza "d" de integrare, având ca date de intrare valorile conjugate orare, din ziua "i" de plan, a debitului afluent prognozat și nivelul din punctul de control al nivelului din lac, se obține graficul de variație a debitului defluent și a nivelului amonte de centrală. Graficul orar de variație a căderii blocului de turbină (medie pe centrală) se va obține prin scăderea din valorile orare a nivelului amonte a valorilor corespunzătoare, valorii orare aferente a debitului defluent, din cheia limnometrică aval.

Prin scăderea valorii pierderilor hidraulice  $H_p$  în priza turbinei, corespunzătoare valorilor debitului orar aferent, rezultă componenta statică a căderii turbinei  $\overline{H_{PR}}$ , medie pe amenașare.

Formația optimă de funcționare se alege pe criteriul eficienței maxime a transformării energetice.

Presupunem de ex., în fig. 6.6.5, că  $\overline{H_{PR}} = 30$  m. iar  $Q_{defl.}$  ce-i revine uneia din centrale este de  $1764 \text{ m}^3/\text{s}$ . Se poate observa că acest debit poate fi turbinat cu 4 hidroagregate funcționând în formație, debitând  $441 \text{ m}^3/\text{s}$  fiecare și producând o putere la cupla turbinei de  $116,5 \text{ MW}$  fiecare și în total  $466 \text{ MW}$ , sau cu 3 hidroagregate funcționând în formație debitând  $588 \text{ m}^3/\text{s}$  fiecare, și producând la cupla turbinei o putere de  $154,33 \text{ MW}$  fiecare și în total  $463 \text{ MW}$ . Se constată că se obține la același consum de debit, la aceeași cădere, un spor de putere de  $5 \text{ MW}$ , în cazul formației de 4 hidroagregate față de formația de 3 hidroagregate.

Rezultă atunci că formația optimă este cea de patru hidroagregate. Prin alegerea acestei formații de funcționare turbinele funcționează într-un domeniu de randamente mai bune decât în cazul celeilalte formații, transformarea energetică este mai eficientă,

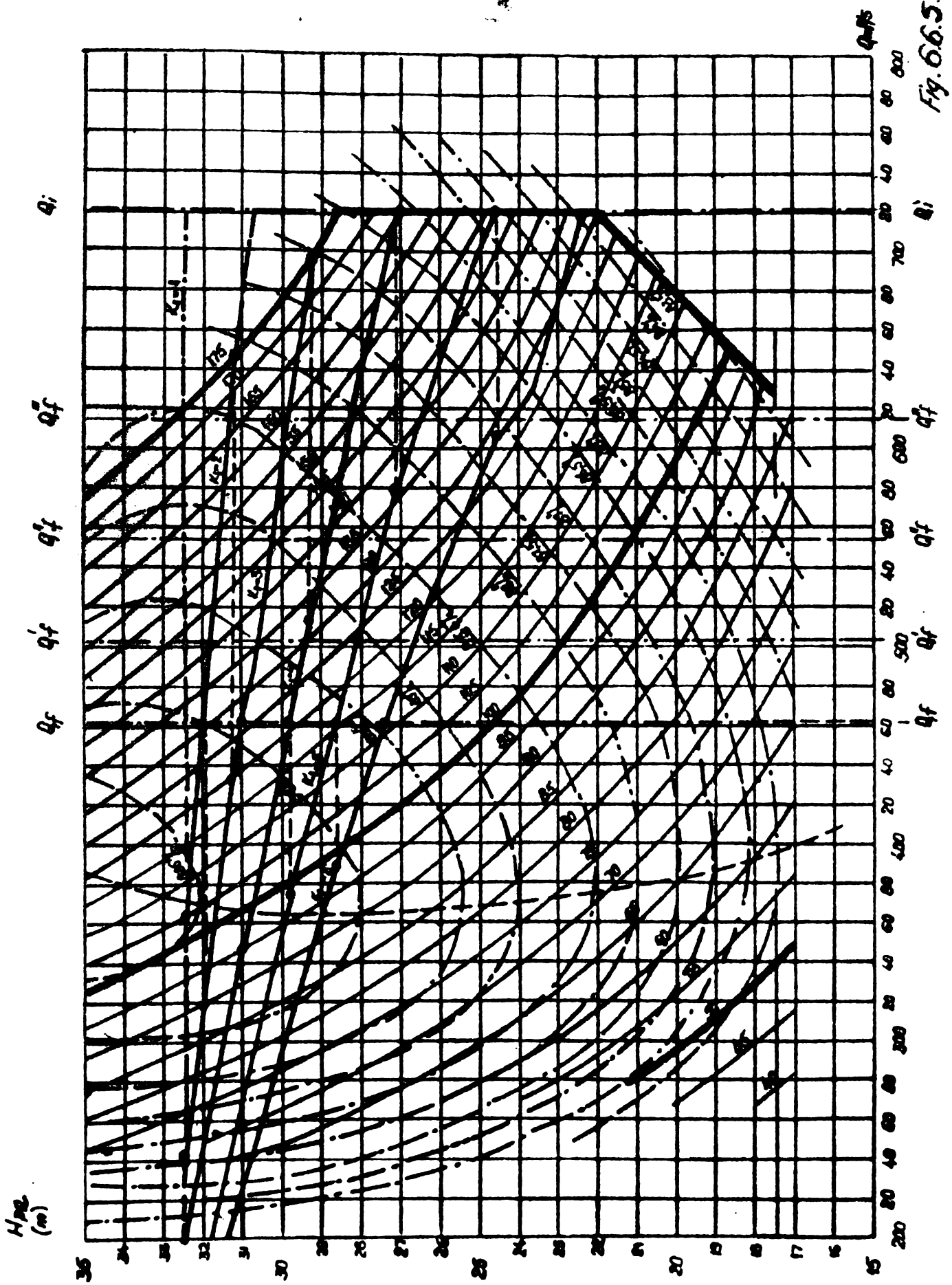


Fig. 6.6.5.

la aceeași cădere și debit defluent puterea pe centrală obținută fiind cu 5 MW mai mare.

În cazul funcționării centralei în regim "de bază" puterea la cupla turbinei se va menține constantă la valoarea de 468 MW, obținută prin funcționarea în formație de patru hidroagregate producând fiecare la cuplă 116,5 MW, în cazul că debitul afluent nu variază. În situația variației acestuia punctul de funcționare a formației de 4 turbine se va deplasa pe segmentul caracteristic formației de 4 turbine, din poziția corespunzătoare puterii de 468 MW, corespunzător punctului de pe caracteristica amenajării,  $H_K = f(Q_{afl.K})$ , aferent noii valori a debitului afluent.

Dacă însă s-ar funcționa "la vîrf" iar măsurimea și durata acestuia nu va ține seama de condițiile hidraulice de moment din lac, de ex. în formație de 5 hidroagregate cu 150 MW fiecare, pentru menținerea acestei puteri va exista tendința accentuării creșterii consumului de debit, ceea ce în mod implicit, datorită turbinării debitelor sensibil mai mari decât debitul afluent, va conduce prin fenomenul de "golire a lacului" la scăderea rapidă a nivelului amonte, creșterea nivelului aval și deci micșorarea accentuată a căderii.

Unda "negativă" se va transmite în lac în cazul realizării unor puteri la vîrf necorelate ca mărime și durată cu condițiile hidraulice de moment, va influența nivelul de control din lac, acesta putînd să scadă sub limita inferioară a cîmpului de toleranță convenit cu partenerul. În condițiile unor debite afluate relativ scăzute va fi nevoie ca ambele centrale să-și reducă programele pe circa 3-4 zile consecutiv, reducerea de energie trebuind să fie suplinită în sistemele energetice, pe seama unor centrale termice cu combustibili superiori.

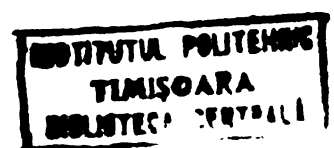
În cazul că generarea acestui fenomen de "prăbușire a căderii" nu se datorește și partenerului, acesta va putea pretinde compensații pentru pierderile de potențial sau energie ce le-a suferit ca urmare regimului de exploatare nefavorabil energetic realizat de hidrocentrală.

Pentru evitarea unor asemenea situații repartiția sarcinii între perioadele de vîrf și gol va trebui realizată prin maximizarea funcției obiectiv prezentate în relația 5.3.2, respectiv

$$\max Y = \sum_{j=1}^T Q_{tj} \cdot H_j \cdot \eta_j \cdot \Delta t_j - \sum_{j=t_2}^{j=t_3} Q_{tj} \cdot H_j \cdot \eta_j \cdot \Delta t_j - \sum_{j=t_4}^T Q_{tj} \cdot H_j \cdot \eta_j \cdot \Delta t_j$$

inclusiv cu respectarea condiției definite în relația 5.3.3

$$\min X = \sum_{j=1}^T Q_{dev.j}$$



și avîndu-se în vedere toate cele ce le-am arătat cu privire la aceasta în cap. 5.2.

Valoarea maximă a puterii de vîrf cît și a duratei acesteia se va verifica prin integrarea ecuațiilor de mișcare nepermanentă a apei în lac, ipoteza de integrare "b", ca să nu provoace variații, în afara toleranței convenite cu partenerul, nivelului apei din punctul de control al nivelului din lac.

Pentru realizarea unei exploatări optime din punct de vedere a utilizării potențialului trebuie admise numai variațiile din jumătatea superioară a cîmpului de toleranță a nivelului apei din punctul de control al nivelului din lac. Pentru evitarea fenomenelor de oscilații a nivelului în lac, a cărei amortizare să nu se poată realiza pe parcursul mai multor zile consecutive, valoarea maximă a puterii de vîrf și a duratei sale trebuie alese prin simulare în așa fel ca să nu provoace decît unde care să aibe tendința să se amortizeze aproape complet pînă în punctul de control a nivelului din lac și deci să nu provoace variații de nivel importante în acest punct de măsură sau valoarea acestora să se păstreze exclusiv în jumătatea superioară a cîmpului de toleranță convenit al nivelului.

#### 6.7.- Sinteza cap. 6

- Folosindu-se principiile teoretice ale teoriei mașinilor hidraulice, hidraulicii și hidroenergeticii au fost concepute modelele matematice specifice noului sistem informativ.

- Modelîndu-se fenomenul fizic s-a stabilit algoritmul de calcul a debitului defluent.

- Algoritmul pentru determinarea debitului deversat folosește cheile deversorilor în funcție de tipul deversării realizate.

- Pentru determinarea debitului turbinat a fost aleasă calea indirectă, din putere sau energie, cu măsurarea căderii și utilizarea topogramei de exploatare, determinată prin similitudine din încercările energetice ale modelului, metodă caracteristică pentru turbinele de mare putere din centrale de tip fluvial.

- Din analiza sistemică a vechii metodologii de determinare a debitului turbinat s-a determinat modul de eliminare a erorilor și aproximărilor stabilindu-se o nouă metodologie ce va fi utilizată de sistemul informatic, nou, conceput.

- Noua metodologie a înlocuit noțiunea "căderii nete", dovedi-

tă eronată, cu noțiunea căderii turbinei și astfel corelația cădere randament devine similară cu cea rezultată din încercările energetice pe model, optimizându-se astfel determinarea parametrilor de exploatare a turbinei.

- S-a dedus formula de calcul a mediei ponderate în debite a nivelelor din secțiunea considerată de intrare a turbinei, când priza turbinei are două deschideri.

- A fost dedusă ecuația polinomială a turbinei care prin rezolvarea în condițiile de exploatare date facilitează determinarea parametrilor de exploatare a turbinei.

- S-au conceput algoritmi și programele de calcul ale determinării parametrilor de exploatare în regim staționar de exploatare.

- Programele de calcul pot folosi pentru reevaluarea prin similitudine a randamentului turbinei industriale una din formulele: LMZ, Hutton (1954) și Osterwalder.

Tinând seama de modul de manifestare a certitudinii valabilității acestor formule pe întreg domeniul topogramei de exploatare se optează pentru formula lui Osterwalder. Rezolvându-se anticipat, pentru toate cazurile de exploatare practic posibile, a fost concepută o nomogramă cu ajutorul căreia pot fi determinați parametrii de exploatare, folosindu-se numai o mașină de calcul FC 16 pentru calcularea operativă a componentei statice a căderii turbinei.

- Folosindu-se algoritmi și programele concepute s-a pus la punct o procedură automată ce realizează:

- determinarea punctului de optin optimum specific fiecărei formule de conversie a randamentului din cele trei prezentate,

- listarea după dorință a topogramei modelului (considerat ca o turbină din familie) sau a topogramei universale.

- determinarea punctelor de extremum a curbelor  $H_T = \text{cost}$  ale turbinei industriale.

- calculul coordonatelor curbelor de  $H_T = \text{cost}$  pentru ori care din cele trei formule de conversie a randamentului.

- calculul coordonatelor nomogramelor pentru determinarea parametrilor de exploatare a turbinei pentru tot diapazonul puterilor active și componentei statice a căderii turbinei posibil de realizat efectiv.

- Procedurile au fost aplicate în cazul a două tipuri de turbine hidraulice de mare putere (Kaplan și bulb) din două hidrocentrale fluviale în cascadă.

- Mișcarea nepermanentă a apei în albie și lac fiind carac-



teristică exploatării centralei fluviale, au fost determinate ipotezele de integrare necesare procesului de exploatare, abordându-se concepția algoritmilor de calcul sub o formă inedită.

- Programele ce se concep pe baza acestor algoritmi vor fi testate prin simulări cu date reale de exploatare pentru verificarea preciziei cu care modelează fenomenul fizic al procesului.

- Prognoza debitului afluent avînd o importanță deosebită pentru precizia programului de exploatare optimă a centralelor, au fost concepute două variante de îmbunătățire a acesteia.

- Pentru luarea în considerare a influențelor fenomenelor meteorologice de averse din zonele apropiate lacului s-a stabilit necesitatea unui sistem informațional complementar al prognozei, care printr-un telefacsimil cuplat la o rețea meteo permite obținerea operativă a informațiilor necesare.

- Algoritmii optimizării exploatării hidroagregatelor din centrala fluvială, conține principiul de optim economic a utilizării cât mai raționale a potențialului amenajării și participării maxime la vîrf de sarcină a sistemului energetic pe care-l deservește. Sarcina maximă de vîrf și durata acesteia se stabilesc funcție de condițiile hidroenergetice de moment a amenajării. Formațiile de funcționare a turbinelor din centrale sînt stabilite în condițiile unei transformări optime energetice.

- S-a avut în vedere reducerea pierderilor hidraulice în blocul turbinei, propunîndu-se soluții proprii pentru realizarea acestei necesități.

## 7.- EVALUAREA EFICIENTEI NOULUI SISTEM INFORMATIC

În /108/ se arată "prin utilizarea în calcule a nivelelor variabile amonte și aval care rezultă la funcționarea cu regularizarea zilnică, ținînd seama de influența mișcării nepermanente se va obține, în cazul că se va realiza o exploatare în condiții optime, un spor de producție de circa 3 - 4 %". În această cifră s-ar include și sporul de producție în cazul că s-ar evita depășirile de program de genul celor tratate de /4/, care avînd în vedere și cele arătate în /6/ au toate șansele să se producă, Admițînd o probabilitate de realizare de 30%, le evaluăm pentru centrala studiată la 82 Gwh/an.

Lufînd în calcul cifra minimă pe care o prevede /108/, 3 %,

sporul de producție pentru centrala studiată ce s-ar putea obține, la nivelul anului mediu fictiv (cu asigurarea de 97%) este de 165 Gwh/an.

Avînd în vedere exemplul prezentat în cap. 6.6, privind alegerea formației optime de funcționare, efectul se evaluează la 1% din valoarea producției anului mediu fictiv, respectiv în cazul centralei studiate, la 54 Gwh/an.

Conform exemplului prezentat în cap. 6.6 sporul de producție anual, în cazul funcționării cu pierderi hidraulice în priză la valoarea celor corespunzătoare grătarului curat, se ridică la 1/3 din valoarea pierderilor de energie cauzate de pierderile hidraulice din priza turbinelor, ceea ce în cazul centralei studiate ar echivala la circa 23,7 Gwh/an.

Deși efectul reducerii pierderilor dinamice s-ar situa cel puțin la valoarea corespunzătoare cazului prezentat, pentru pierderile din priza turbinei, neputînd încă să-l cuantificăm cu exactitate, îl evaluăm la numai 12 Gwh/an.

Pentru producerea puterii medii disponibile, specifice anului mediu fictiv la căderea de calcul, în cazul funcționării neeconomice cu un procent de randament, în cazul turbinelor din centrala studiată, consumul specific de debit a crescut cu 3,992 l/s/kwh (7,213 m<sup>3</sup>/s/turbină). La un număr mediu de 6800 ore de funcționare pe an, efectul energetic fiind de 12,284 Gwh/an agregat, pe centrală este de 73,7 Gwh/an.

Admițînd că măsurile de optimizare a determinării parametrilor turbinei, se concretizează numai prin obținerea unui spor de randament de numai 0,9%, atunci, sporul de energie anual, pentru cazul centralei fluviiale studiate, se poate evalua la 66,3 Gwh/an.

Rezultă deci în total următorul spor de producție:

$$165 + 54 + 23,7 + 12 + 66,3 = 321 \text{ Gwh/an}$$

Tinînd seama de cele arătate în /108/, respectiv că pentru debitele cuprinse între valorile corespondente asigurărilor de 99,2% și 9,6%, care conform /123/ au o probabilitate de realizare de 90%, centrala fluviială poate funcționa cu regim zilnic, orar, variabil, atunci, se poate ajunge la livrarea a circa 42% din producția totală de energie în zona de vîrf a graficului de sarcină.

În aceste condiții evaluarea venitului anual, ce rezultă la nivelul economiei naționale, prin sporul de producție ce se realizează este următoarea :

$$0,9 \times 321 \times 0,42 \times 944.000 + 0,1 \times 321 \times 0,58 \times 379.000 =$$

$$= 121.599,292 \text{ mi\~n lei.}$$

Au fost luate în calcul prețuri diferențiate funcție de calitatea energiei produse, respectiv:

- pentru energia produsă în regim de vîrf de sarcină  
944 mi\~n lei/Gwh
- pentru energia produsă în regim de bază  
379 mi\~n lei/Gwh.

Tinînd seama de cele ce le-am arătat la capitolul 6.5, în cazul realizării numai a etapei I-a varianta I-a de îmbunătățire a metodologiei de prognoză, efectul practic se înjumătățește și atunci sporul de producție ce s-ar putea obține este de numai 160,5 Gwh/an iar în echivalent valoric

60.799,645 mi\~n lei.

## 8.- CONTRIBUTII PERSONALE. CONCLUZII

Rezultatele preocupărilor autorului pe tema optimizării exploatării hidroagregatelor dintr-o hidrocentrală fluvială de mare putere au fost prezentate pe larg în prezenta teză. Sintetizîndu-le sub formă de contribuții personale și concluzii ele s-ar putea clasifica pe domenii în modul care se prezintă în continuare.

### I. Cu caracter general

- 1 - Pentru prima dată în țară și concomitent cu încercări de rezolvare a unor probleme similare pe plan mondial, studiindu-se particularitățile turbinelor hidraulice în condițiile amenajării, îmbinîndu-se teoria mașinilor hidraulice și a centralelor hidro-electrice cu noua disciplină informatică, se abordează problema optimizării funcționării turbinelor, din punct de vedere a utilizării raționale a potențialului dintr-o centrală fluvială de mare putere, aplicîndu-se metoda analizei de sistem.
- 2 - Pornindu-se de la principiile teoretice ale hidraulicii și mașinilor hidraulice, care guvernează fenomenele fizice ale procesului de exploatare a turbinelor în cadrul unei centrale fluviale, au fost concepuți algoritmi de calcul ai noului sistem informatic al activității de exploatare a centralei din punctul de vedere <sup>o/</sup>utilizării raționale a potențialului amenajării.

- 3 - Noua metodologie concepută inițial pentru SHEN PdF I, complet programabilă pe calculator, se poate generaliza și aplica și la alte centrale hidroelectrice de tip fluvial, de mare putere, cu regularizare în regim similar cu cel a centralei studiate.
- 4 - Deoarece referirile bibliografice, ce i-au stat la îndemână autorului în acest domeniu, sînt mai mult decît sărace, practic inexistente, modul de abordare a problemei, respectiv izolarea pe baza analizei de sistem a carențelor și deficiențele vechiului sistem informațional al activității de exploatare, pe care le-a atacat apoi succesiv căutîndu-le soluționarea, poate fi considerat o rezolvare originală.
- 5 - Concepția autorului, noul sistem informatic al activității de exploatare a centralei fluviale din punct de vedere al utilizării potențialului, preconizînd modelarea matematică corectă a fenomenului de mișcare nepermanentă a apei în albie și lac, folosirea de proceduri pentru reducerea erorilor de determinare a parametrilor de exploatare, culegerea și prelucrarea datelor în timp real și folosirea unei configurații de calcul adecvate, este în măsură să atingă obiectivele propuse și să rezolve majoritatea carențelor vechiului sistem informațional.
- 6 - Documentațiile întocmite de autor la care se fac referiri în teză, particularii pentru cazul SHEN PdF, au fost însușite și adoptate conform /111/ de către institutele de specialitate, cu care autorul a colaborat în vederea introducerii calculatorului de proces în conducerea exploatării hidrocentralei fluviale studiate, devenind propunerea părții române în următoarele probleme:
  - precizarea sistemului informațional care să asigure regimul optim,
  - mijloace tehnice ce asigură sistemul informațional și prelucrarea datelor obținute,
  - metodologie prin care se asigură prognoza mai sigură a debitului afluent.

## II.- Teoria turbinelor hidraulice

- 1 - S-au pus la punct proceduri automate /113/, pentru reducerea erorilor în determinarea parametrilor de exploatare a turbinelor axiale, dublu reglabile (Kaplan sau bulb), din centralele fluviale, care permit ridicarea topografei de exploatare, în coordonatele dorite, pornindu-se de la încercările energetice ale modelului.

2 - Metodologia propusă în cadrul acestor proceduri, folosind conform constatărilor din /81/ noțiunea de "cădere a turbinei". în locul "căderii netă", evită luarea în calculul programului de exploatare a centralei a unor consumuri de debit mai mici decât cele realizate efectiv.

3 - Prin adoptarea corectă a căderilor caracteristice ale turbinei, în condiții similare cu cele ale modelului, pe care s-au făcut încercările energetice, se elimină eroarea de determinare a randamentului turbinei, specifică folosirii noțiunii de "cădere netă".

Aceasta deoarece la calculul randamentului turbinei pe baza căderii turbinei, se exclud erorile de aproximare a coeficientului Coriolis de repartiție a vitezei în secțiunea de ieșire din aspirator, a variației, urmare interacțiunii cu turbinele adiacente, a secțiunii vii din bieful aval și a căderii de recuperare. De asemeni nu se ia în calcul a doua oară pierderea hidraulică cinetică la ieșirea din turbină, aceasta fiind conținută deja o dată prin randamentul tubului de aspirație, în randamentul modelului.

4 - În cadrul procedurilor concepute pot fi folosite, după dorință, pentru reevaluarea prin similitudine a randamentului turbinei industriale, următoarele formule de conversie a randamentului:

LMZ, Hutton (1954), Osterwalder.

Avându-se în vedere "efectul de scără", s-au inclus corecțiile specifice corespunzătoare.

5 - S-a optat pentru folosirea formulei lui Osterwalder, la care variația coeficientului de repartiție a pierderilor este funcția de regimul de scurgere, fiind determinată de către autorul formulei, pentru turbine Kaplan, pe cale experimentală. Ca stare valabilitatea formulei de conversie a lui Osterwalder are o certitudine mai ridicată, pe întreg domeniul topogramei de exploatare și nu numai în punctul optim optimorum ca celelalte două formule.

6 - Luându-se în considerare toate relațiile ce guvernează modelul matematic al transformărilor energetice din turbină s-a dedus ecuația polinomială a acesteia.

Rezolvându-se iterativ această ecuație, în intervalul definit de limitele existenței topogramei de exploatare, se pot determina parametrii de exploatare ai turbinei în ori care situație de exploatare. Se evaluează la fiecare pas, prin formula de simili-

tudine aleasă, valoarea randamentului turbinei, soluția ecuației polinomiale, în condițiile de exploatare date, fiind chiar căderea turbinei. Debitul se calculează apoi din formula puterii turbinei.

- 7 - Deoarece modelul turbinei, după a cărui încercări energetice se reevaluează prin similitudine randamentul turbinei industriale, modelează parțial forma prizei, o parte din pierderile hidraulice în priză, ce determină nivelul apei în secțiunea de intrare în turbină, sînt conținute și în randament, pentru a nu fi luate de două ori în calcul s-a stabilit necesitatea efectuării unei corecții.
- Coef. de debit al acestei corecții după diferiți autori putînd avea diferite valori, valoarea ce s-a adoptat s-a determinat pe baza analizei influenței valorii sale asupra mărimii erorii de calcul.
- 8 - S-a dedus că deoarece turbinele hidraulice din centralele fluviale funcționează practic la cădere variabilă, este mai indicată, în cazul acestora, folosirea metodologiei prezentată de /3/, pentru construcția profilului spațial a camei combinatorice, față de metodologia clasică, care realizează profilul camei prin racordarea estetică a relațiilor combinatorice, pentru  $H$ -est stabilite la cîteva valori de căderi din diapazonul căderii specific centralei, camă care apoi se translatează (prin intermediul unui servomecanism) pentru "acordare" cu căderea.
- 9 - Constatîndu-se posibilitatea alegerii unei multitudini de strategii de variație a nivelului în lac, funcție de situația de moment și necesitățile de exploatare, s-a dedus că această camă combinatorică nu este unică și că apare necesitatea construirii unei asemenea came "virtuale" pentru fiecare strategie de variație a nivelului în lac adoptată, valabilitatea camei respective fiind determinată de durata de adaptare a strategiei căreia-i este corespondentă.
- 10 - A fost intuit și pus în evidență prin încercări în natură, fenomenul interacțiunii turbinei cu turbinele adiacente, care se concretizează prin variația pierderii de sarcină cinetică la ieșirea din aspiratorul turbinei.

### III.- Hidraulică

- 1 - A fost dedusă formula mediei ponderate, în debite, a nivelelor din cele două deschideri a prizei turbinei, din centrala studiată, în ipotezele că natura și proporția gravimetrică a impurităților ce se rețin sînt aceleași în ambele deschideri, realizîndu-se o repartitie similară pe înălțime, iar cantitativ, impuritățile se repartizează, pe cele două deschideri ale prizei, proporțional cu vitezele curenților.
- 2 - S-a analizat mișcarea nepermanentă a apei în lac și albie, alegîndu-se în vederea obținerii unei precizii mai ridicate, modelarea fenomenului prin sistemul de ecuații Saint-Venant.
- 3 - S-au stabilit ipotezele de rezolvare a sistemului de ecuații lui Saint-Venant, necesare în elaborarea metodei de exploatare centralii fluviiale, care nu este în prezent de tipul proprie, încaștat, algoritmul de calcul și programul de calcul.

### IV.- Hidroenergetică

- Ideile enunțate în prezenta teză, se încadrează pe deplin în actuala concepție tehnico-științifică a energeticii, avînd ca scop utilizarea rațională a resurselor hidroenergetice a hidrocentralelor fluviiale de mare putere, rezultînd din preocupările și căutăturile permanente ale autorului de îmbunătățire a conducerii unei centrale hidrocentrale și pentru rezolvarea sarcinilor de valorificare superioară a resurselor hidroenergetice.
- Pornind de la criteriul energetic de optimizare a unei centrale fluviiale funcționînd pe firul apei, prezentat în /3/, s-au definit principiile optimizării exploatarei centralei fluviiale pentru cazurile generale de exploatare, în regiile de regularizare orară, zilnică, săptămînă, etc., elaborîndu-se metodologia conducerii centralei fluviiale pe criteriu energetic în timpul procesului de exploatare.
- Pe baza analizei energetice și hidraulice a sistemului de utilizare a resurselor hidroenergetice, prezentat în /3/, s-a stabilit metoda de includere a centralei fluviiale în sistemul energetic, pe baza condiției de maximizare a producției de energie electrică pe turbină.
- În vederea realizării condițiilor de regularizare orară și zilnică și pentru asigurarea securității funcționării centralei fluviiale pe firul apei, prezentată în /4/, s-a optat pentru experimentarea metodei de exploatare a centralei fluviiale pe criteriu energetic, elaborată în prezent în domeniul, conținut în /4/, s-a demonstrat că se asigură condiția de reducere a pierderii

lor hidraulice în priza turbinelor, la nivelul celor caracteristice grătarului "curat", în scurtul răgaz oferit de perioadele de "gol de sarcină".

- 5 - Stabilirea funcției de corelație pentru optimizarea după criteriul reducerii pierderilor hidraulice, dinamice, suplimentare, la ieșirea din aspiratorul turbinelor, ca urmare a interacțiunii cu turbinele adiacente, fenomen intuit și pus în evidență de autor prin încercări în natură, va întregi condiția reducerii pierderilor din blocurile de turbină, ce se include în criteriul exploatării optime.
- 6 - Conform celor propuse de autor și prezentate și în lucrările /112/ și /113/, prin încercări energetice pe un model energetic complex, cu 3 modele funcționale de turbină, sau prin prelucrarea statistică a datelor măsurate în natură (inclusiv căderea de recuperare), pe o perioadă de circa 2-4 ani de exploatare cu ajutorul calculatorului de proces, se va putea stabili această funcție de corelație pentru optimizarea și după acest criteriu, pierderi hidraulice, dinamice, suplimentare, la ieșirea din aspiratorul turbinei, minime.
- 7 - Spre deosebire de alți autori care au tratat regimul nepermanent dinamic al apei, caracteristic exploatării unei centrale fluviale, rezolvarea propusă în prezenta teză are în vedere dinamica cozii lacului, determinarea dinamicii debitului afluent, care așa cum este în realitate nu este considerată ~~apriori~~ cunoscută. Modul de rezolvare propus mai are în vedere o modelare cu acuratețe a albiei, validarea valabilității modelului, participarea în condiții de optim a centralei la vârful de sarcină a sistemului și respectarea criteriului utilizării optime a potențialului la efectuarea reglajului de nivel în lac.

#### V.- Hidrologie

- 1 - Avându-se în vedere importanța prognozei debitului afluent în stabilirea unor programe corecte de exploatare și însăși în realizarea unei exploatări optime a centralei fluviale, din punctul de vedere a utilizării potențialului amenajării, s-a acordat atenția cuvenită conceperii unei metodologii capabile să asigure realizarea unor precizii corespunzătoare.
- 2 - Calitatea prognozelor fiind determinată pentru stabilirea și realizarea programelor optime de exploatare, s-au elaborat prin-



cipiile teoretice a metodologiei de îmbunătățire a prognozelor, inventariindu-se necesitățile de îmbunătățire a sistemului informațional atât în această privință cât și în ceea ce privește conducerea activității de exploatare a hidrocentralei privind utilizarea rațională a potențialului amenajării.

- 3 - Au fost concepute două variante de realizare a prognozei de scurtă durată, de precizie, a debitului afluent, alegerea variantei ce se va aplica urmînd a se face după criteriul precizie - cost - eficiență. Pe aceste premise s-a întocmit, /118/, tema de proiectare pentru elaborarea studiului privind metodologia de prognozare a debitelor fluviului, necesară exploatării amenajării studiate.
- 4 - S-au stabilit etapele de îmbunătățire a metodologiei actuale, clasice, de prognoză, funcție de etapele de asigurare tehnico-materială și gradului de dotare.
- 5 - În vederea luării în considerare a influenței fenomenelor meteorologice din zonele apropiate lacului, acoperinse de ecuațiile de prognoză, a căror influență se manifestă chiar mai rapid de 24 ore, care e ciclul actual de culegere a datelor de prognoză, s-a propus și realizat un sistem informațional complementar de prognoză. Acesta asigură parvenirea operativă a informațiilor meteo, obținute de la posturile de radar meteorologic, teledetecția prin sateliții meteorologici și resurse terestre, din analiza evoluției fronturilor de precipitații pe hărțile baricosinoptice, cu ajutorul unei instalații de telefacsimil ce este cuplată la rețeaua meteo. Aceste informații se asigură în cadrul unor lucrări de prestații și avertizări meteo ce se efectuează de institute de specialitate și asigură baza informațională necesară filtrării rezultatelor prognozelor efectuate și stabilirii unor strategii de exploatare cât mai corecte.

#### VI.- Informatică

- 1 - Pentru prima dată, pe baza analizei sistemului informațional al activității de exploatare a turbinelor dintr-o centrală fluvială, au fost determinate carențele acestuia, căile de eliminare a erorilor, stabilindu-se apoi noul sistem informatic al noii activități, concepîndu-se totodată algoritmi și de calcul.
- 2 - Pe această cale au fost concepute proceduri automate pentru eliminarea erorilor și optimizarea determinării parametrilor

de exploatare ai turbinei.

- 3 - Analizându-se carențele vechiului sistem informațional, au fost stabilite cerințele, necesitățile și obiectivele ce trebuie să le atingă noul sistem informatic, al activității de exploatare a hidrocentrelor fluviiale, în privința utilizării potențialului amenajării.
- 4 - S-a conceput structura și funcționalitățile noului sistem informatic concretizându-se schemele de sistem ale acestuia.

#### VII.- Automatizarea conducerii procesului tehnologic

- 1 - S-au stabilit criteriile și concepția, din punctul de vedere al utilizatorului, privind utilizarea calculatorului de proces, în vederea îmbunătățirii utilizării potențialului hidroenergetic al amenajării, prin împletirea armonioasă a funcționalităților ce se prezintă în continuare.
  - a) Stabilirea și realizarea unui program de exploatare, pe baza determinării în timp real<sup>4</sup> distribuției de debite în lac, a locului cozii lacului și a debitului afluent, precum și prin prognoze hidraulice cu ridicat grad de certitudine (de cel puțin 48 ore anticipație), ridicarea preciziilor programelor hidrologice de dublu și triplă durată, prin integrare, în timp real, a ecuațiilor mișcării apei în regim nepermanent în lac și albiile fluviului și afluenților principali din zona amonte a lacului de acumulare.
  - b) Determinarea debitului afluent cu o eroare de același ordin de mărime cu cea a debitului defluent.
  - c) Reducerea erorilor și optimizarea determinării parametrilor turbinei.
  - d) Optimizare pe criteriul pierderi hidraulice în blocurile turbinelor minime.
  - e) Realizarea formațiilor de funcționare a turbinelor care să asigure condițiile realizării unor transformări energetice optime.
  - f) Conducerea și urmărirea procesului de exploatare, determinarea cu predicție, prin simularea fenomenului fizic, a efectelor abaterilor de la program, stabilirea și aplicarea corecțiilor necesare pentru evitarea unor consecințe energetice nefavorabile.
- 2 - A fost stabilită, /116/, configurația echipamentelor de calcul

care permite aplicarea schemelor de sistem propuse de autor. Se preconizează realizarea practică a sistemului informatic a cărui concept s-a prezentat în prezenta teză.

- 3 - Instrumentarul noului sistem informatic, respectiv configurația de calcul și sistemul de culegere și teletransmitere a datelor limnimetrice, se preconizează a se realiza cu cele mai recente echipamente ce se produc în țară.
- 4 - Determinarea parametrilor de exploatare cu ajutorul nomogramelor, construite prin rezolvarea anticipată pe calculator a ecuației polinomiale a turbinei, poate fi transpusă ca subrutină pentru calculatorul de proces. În această situație determinarea parametrilor de exploatare ar deveni foarte performantă ca timp de execuție, cca 1/24 sec. pentru un punct de funcționare, creându-se astfel o rezervă de timp suficientă pentru efectuarea, în cadrul unui ciclu de explorare, de calcule necesare determinării altor parametri de proces.
- 5 - A fost concepută schema logică după care se va efectua calculul debitelor deversate pentru ori care din ipotezele de deversare ce se realizează efectiv.
- 6 - Algoritmii concepuți pentru ipotezele a, b, c, d, de integrare a ecuațiilor Saint-Venant pot fi transpuși și ca subrutine ale calculatorului de proces, corespunzând modulelor corespondente schemelor de sistem ce au fost concepute pentru determinarea, urmărirea și evidențierea parametrilor funcționali, determinare abaterii față de program și predicția corecției, pentru evitarea consecințelor energetice nefavorabile.

#### VIII.- Exploatarea centralei fluviale

- 1 - A fost concepută noua metodologie de conducere a exploatării centralei hidroelectrice fluviale, care asigură utilizarea rațională a potențialului amenajării și care nu conține erorile și aproximațiile specifice vechii metodologii de exploatare.

Această nouă metodologie asigură realizarea reducerii erorilor de determinare a parametrilor turbinelor, optimizarea regimurilor acestora de exploatare, realizarea prognozei debitului afluent, programarea, verificarea, corectarea și lensarea programelor, conducerea și urmărirea procesului de exploatare cu evaluarea prin predicție a stării procesului, determinarea și aplicarea corecțiilor necesare respectării condițiilor și restricțiile in-

puse de program, de strategia aleasă, restricțiilor specifice de exploatare și convențiilor stabilite.

- 2 - Asigurarea condițiilor realizării pierderilor hidraulice în prizele turbinelor, egale cu pierderile hidraulice caracteristice grătarului "curat", pe lângă sporul de producție ce se realizează prin aceasta, creiază premisele facilității elaborării unor programe de exploatare corecte, pentru perioada următoare, din punctul de vedere a prognozei pierderilor hidraulice în priză, respectiv a prognozei căderii turbinei.
- 3 - Ținându-se seama de perioada inerentă necesară introducerii calculatorului de proces, pentru optimizarea și automatizarea activității de exploatare, în ceea ce privește utilizarea potențialului, a hidroagregatelor din centrala fluvială, prin rezolvarea anticipată, pentru toate cazurile posibile practic de exploatare, a ecuației polinomiale a turbinei, s-au putut construi nomograme care permit determinarea acestor parametri, cu aceleași avantaje, reducerea erorilor și până la punerea în funcțiune a calculatorului de proces.
- 4 - Pentru folosirea nomogramelor fiind mai întâi necesară determinarea mediei ponderate, în debite, a nivelelor din cele două deschideri a prizelor turbinelor, din centrala studiată, s-a programat această operație pe o mașină de calcul EC.16 pentru a putea fi efectuată operativ de către operatorii din camera de comandă.
- 5 - S-au creiat astfel premisele, prin determinarea mai corectă a debitului defluent, care este dată de intrare în subrutina de determinare debitului afluent, prin integrarea ecuațiilor mișcării nepermanente a apei în lac, să se anticipeze instalării calculatorului de proces, introducerea și exploatarea subsistemului care cuprinde lucrările de prognoză, verificare, corectare și lansare program de exploatare, prin teleprelucrarea pe calculatorul universal al Centrului teritorial de calcul.
- 6 - Concepția algoritmului optimizării exploatării hidroagregatelor din centrale fluviale de mare putere, a fost privită, în cadrul noii metodologii, în contextul utilizării cât mai raționale a potențialului amenajării, ținându-se seama de caracteristicile specifice ale centralei și necesitățile sistemului energetic pe care acesta-l deservește.

- 7 - În cadrul noii metodologii de conducere a exploatării, s-a avut în vedere că stabilirea regimului de exploatare optimă a centralei fluviiale este o problemă de optim economic funcție de criteriile:
- utilizării maxime a potențialului amenajării,
  - participării maxime la vîrf de sarcină.
- 8 - Pentru evitarea unor consecințe energetice nefavorabile, datorită turbinării unor debite excesiv de mari față de debitul afluent, ca urmare a realizării unor puteri de vîrf de valoare prea ridicată și de durată prea mare, față de posibilitățile energetice de moment ale amenajării, în cadrul algoritmului de calcul a noii metodologii sarcina maximă de vîrf și durata acesteia se determină și verifică simulîndu-se prin predicție, efectul mișcării nepermanente a apei în lac, pe care o generează regimul de exploatare a centralei. Se urmărește să nu se provoace variații de nivel în punctul de control al nivelului în lac, în afara jumătății superioare a cîmpului de toleranță apriori stabilit cu partenerul.
- 9 - Formațiile de funcționare a hidroagregatelor se stabilesc în condițiile unei transformări energetice optime.

Desigur acest mod de clasificare fiind convențional nu poate fi unic. Dar importantă nu este clasificarea în sine ci fondul problemei. Esențial este că s-au creat premisele teoretice a exploatării și optimizării funcționării turbinelor hidraulice, de mare putere, în privința utilizării potențialului hidroenergetic al amenajării.

Rămîne totuși un cîmp larg pentru punerea la punct practică, a întocmirii proiectelor de execuție, testării și implementării industriale metodologiei, ce vizează îmbunătățirea conducerii exploatării centralelor fluviiale în ceea ce privește utilizarea potențialului amenajării.

Putem deci trage concluzia că prezenta lucrare este numai prima parte din această vastă acțiune ce vizează utilizarea rațională a potențialului hidroenergetic al amenajărilor fluviiale. Prin realizarea programului de rezolvare a problemelor ce se impun în cadrul concepției, proiectului și implementării noului sistem de exploatare, se va ajunge în mod practic la utilizarea mai eficientă a acestor resurse hidroenergetice.

B I B L I O G R A F I E

- 1.- Prof.dr.docent ing. I. Anton, membru al Academiei R.S.România:  
Turbine hidraulice. Editura Facla - Timișoara 1979.
- 2.- Ministerul Energiei Electrice și Industrii electrotehnice:  
Hidroenergetica generală. Editura Tehnică, 1951.
- 3.- Preda I. : Considerații asupra alegerii turbinelor pentru centrale hidroelectrice pe firul apei - Extras - Conferința de mașini hidraulice - septembrie 1964.
- 4.- ISPH București : "Studiul temă privind funcțiunile calculatorului pentru SHEN Porțile de Fier necesar elaborării cererilor de ofertă" - ianuarie 1971 (uz intern).
- 5.- ISCIFGA : "Studii hidraulice pentru SHEN PdF - mișcarea nepermanentă - studiul regimului nepermanent corespunzător debitelor variabile la intrarea în lac" - București 1970 (uz intern).
- 6.- ISPH București : "Funcțiunile dispecerului hidroenergetic al SHEN Porțile de Fier", septembrie 1969 (uz inter).
- 7.- I.E. PdF : "Bilanțul energetic hidraulic pe luna noiembrie 1974" - anexa 1 - Drobeta Turnu Severin 1974 (uz intern).
- 8.- Denicol A. : Studiul reprelor de debitmetre la turbinele de la CHE în funcțiune. Ghidrotehniceskoe stroitelstvo nr. 4/1977.
- 9.- Novodvorski A. : Cu privire la măsurătorile pentru determinarea corelației optime  $p=p(a)$  la trei nivele H. Sesiunea IRME 1969.
- 10.- Ghibu C., Dondoe S. : Procedeu pentru determinarea legăturii optime la turbina Kaplan. Dosar OSI 53520, Inventie brevet nr. 53520.
- 11.- Bartalozzi E. : Controlul și exploatarea turbinelor hidraulice. L'energia Electrica Nr. 7/1967. Milano.
- 12.- Gornstein V.M. : Repartiția optimă a puterii între centralele electrice funcționând în paralel. Gosenergoizdat Moscova-Leningrad 1949.
- 13.- Bärgläsen A. : Încercările mașinilor hidraulice și pneumatice E.T. București 1953.
- 14.- Ghibu C. : Măsurători de optimizare efectuate la H.C. Pîngrați prin metoda "min". IRME Sibiu.
- 15.- Bihoiu Gh., Pop T. : Note de lucru la o primă încercare de comparare două metode de determinare a corelației optime. Sesiunea IRME 1970.
- 16.- IRME - ICEMNERG, Bihoiu Gh., Pop T., Ghibu C., Dondoe S. : Măsurători pentru optimizarea funcționării turbinelor 5,5 - 15 H.C. P.Neamț și 22 - 25 Vaduri (metoda "minQ")

- 17.- Dr.ing. Gh.Cosma : Unele probleme ale determinării combinației optime  $\varphi = \varphi(\alpha)$  a turbinelor Kaplan. Lucrări tehnico-științifice nr. 8 București 1971 (uz intern).
- 18.- Funa St. : Referitor la menținerea relației combinatorii optime de către reglatoarele. Lucrări tehnico-științifice IRME nr. 8 București 1971 (uz intern).
- 19.- Miu P. : Un exemplu de aplicare în practică a metodei măsurătorilor statistice la stabilirea camelor optime. Lucrări tehnico-științifice IRME nr. 8.
- 20.- I.E. PdF : Instrucțiuni pentru întreținerea tehnică a instalațiilor pneumohidraulice pentru limitarea automată a puterii turbinei (deschiderea aparatului director) funcție de căderea netă și cota nivelului aval și pentru corecția automată a relației combinatorii a turbinei funcție de cădere (Uz intern).
- 21.- Bercu I., Bîlboacă Fl., Dudaș N., Hertea A., Vancu A., Ștefănescu M. : Concepția noilor instalații de conducere automată a hidrocentralelor în lumina experienței căpătată la hidrocentrala Bistrița. Lucrări tehnico-științifice IRME nr. 8.
- 22.- Rozov G.G. : Sisteme de conducere cu microprocesoare a centralelor electrice și substațiilor în Japonia. Energetika za rubežom, nov. 1973.
- 23.- Diacon Al., Șeteanu I., Popa R. : Model liniar neliniar de optimizare hidroenergetică pe termen scurt. Energetica nr. 1/1976.
- 24.- Diacon Al., Șeteanu I., Popa R., Voicu G., Stănculescu F. : Exploatarea optimă a lacurilor cu regularizare zilnică pentru un sistem de CHE în cascadă. Energetica nr. 5-6/1975.
- 25.- Diacon Al., Șeteanu I., Popa R. : Model determinist generalizat pentru optimizarea exploatarei cascadelor de centrale hidroelectrice. Energetica nr. 11/1976.
- 26.- Curry G.I., Holz I.C. și Clark R.A. : A model for a linked system of multi-purpose reservoirs with stochastic inflows and demands. Texas Water Res. Inst. Techn. Report nr. 41/1972.
- 27.- Șeteanu I., Popa R. : Optimizarea hidroenergetică în regim stocastic pentru sisteme de CHE în cascadă. Energetica nr. 1/1977.
- 28.- IGARENBERG : Optimizarea exploatarei centralelor hidroelectrice - condiții tehnico-economice de realizare a măsurătorilor periodice la turbinele hidraulice conform prevederilor RE (RE 301/75) cap. 1.6. București 1975 (uz intern).
- 29.- EFD : Production Hydraulique. Division Technique Générale DGT. Activité de la DGT 1970.
- 30.- Abbott M.B. : The solution of wave propagation problems by an interactive operator. La Houille Blanche 3, 1973.

- 31.- Guyot M.T. : Etude numerique des regimes transitoires dans les canoux. La Houille Blanche nr. 3/1960.
- 32.- Cunge I.A., Egner M.W. : Integration des equations d'ecoulement de baré de la Saint Venant par une schème implicite de diferences finie. La Houille Blanche nr.1/964
- 33.- Faure I., Nahas N. : Etude numerique et experimentale d'intumescences a forte courbure du front. La Houille Blanche nr. 5/1961.
- 34.- Preissmann A., Werner G. : Application du calcul des intumescences sur la machine électronique à divers cas pratique. La Houille Blanche nr. 6/1961.
- 35.- M.M., M. Guilton : Fonctionnement en éclusées du canal industriel de Basse - Durance. La Houille Blanche nr. 5/1961.
- 36.- Preissmann A. Cunge I.A. : Calcul du mascaret sur la machine électronique. La Houille Blanche nr. 5/1961.
- 37.- ISPH București : Studiul energetic și de gospodărire a apelor a cascadei de hidrocentrale PdF I, PdF II și Turnu Măgurele - Nicopole, etapa I, II și III. București, 1976, martie și nov. 1977 (uz intern).
- 38.- ISPH București : Studiul energetic și de gospodărire a apelor a cascadei de hidrocentrale PdF I, PdF II și Turnu Măgurele-Nicopole, etapa IV și etapa V. București, 1978 și martie 1979 (uz intern).
- 39.- Stănescu V. Al. : Folosirea calculatoarelor electronice la stocarea, controlul calității, prelucrarea recuperării și publicarea informațiilor hidrologice. Hidrotehnica, nr. 3/1978.
- 40.- \* \* \* : Utilizarea calculatorului pentru reglarea tensiunii și puterii reactive la UHE Voitinsk. Elektriceskie stanții nr. 7/1978.
- 41.- Berbece C. : Utilizarea calculatoarelor de proces în termocentrale. Lucrări tehnico-științifice IRME nr. 8 București, 1971.
- 42.- CIPEET București : - Către MEE DCCPI Referitor la sisteme de conducere cu calculatoare a proceselor tehnologice. București 1978 (uz intern).
- 43.- ICEMENERG - I.C.H. : Studiu de siteză asupra realizării bazei de date hidroenergetice (off line) centralizate pentru unitățile MEE. București 1978 (uz intern).
- 44.- MEE - DEN : Către Intreprinderile hidrocentrale. Considerații cu privire la exploatarea optimă. București 1976 (uz intern).
- 45.- Simeștru A. : Considerații asupra unor probleme privind exploatarea hidroagregatelor KVB 178-27 MW de la I.E. Porțile de Pier. ICPEH Reșița - Sesiunea de comunicări științifice 1975.



- 46.- Simedru A. : Analiza și proiectarea sistemului informațional privind activitatea de exploatare a electrocentralei Porțile de Fier cu mijloace complexe de automatizare și control prin calculator de proces. Academia "Stefan Gheorghiu" CPADC, februarie 1978.
- 47.- Duran H., Querbin R., Cuervo G, Renjifo A. : A model for planning hydrothermal power systems. Proc. 9th PICA conf. New Orleans 1975, 235-241.
- 48.- Dammer F., Maschke H., Schild H.,: Ein Wochenfahrplan für den hydrothermischen Verbundbetrieb. Elektrotech. u. Maschinenb. 88, 1971 (8), 333-336.
- 49.- Kopshoff H., Schorr H.,: Berechnung des optimalen Einsatzplanes einer Flussspeicherkette Oesterr. s. Energiewirtschaft 21, 1968 (3), 110-118.
- 50.- Reichert K. : Betriebsführungskonzepte elektrischer Energie Systeme. Bul. SEV 66, 1975 (2), 1116-1122.
- 51.- Vischer D., Spreafico M. : Optimale Bewirtschaftung von Speichern. Wasser u. Energiewirtschaft. 66, 1974 (3), 97-104.
- 52.- Edwin K. : Der Einsatz von Prozesserschwerern in Wasserkraftwerken. Elektrotech. u. Maschinenb. 85, 1969 (3) 98-105.
- 53.- Reichert K., Schaffer G., Marculin R., Wettstein F. : Conduite optimale de l'exploitation des centrales hydroelectriques. Position du probleme, conception et solutions. Rev. Brown Boveri 1977 (7) 372-381.
- 54.- \* \* \* : Electronica inteligentă. Știința 7.IV.1978.
- 55.- Boldur-Lăteșcu Gh., Ciobanu Gh., Băncilă I. : Cartea analistului de sisteme. Ed. științifică și enciclopedică București 1976.
- 56.- Fișu Gh., Toma C., Mihăescu I. : Elaborarea și introducerea sistemelor informatice. Ed. Tehnică București 1976.
- 57.- Marinescu V., Faur I., Bratu A. : Elemente de analiză în proiectarea sistemului informațional în unitățile economice. Suport curs. Cursul F.1.3, CPADC.
- 58.- Jalbă V. : Implicații ale utilizării calculatoarelor electronice în conducere. Suport de curs. Cursul F.1.3, CPADC
- 59.- Popescu V. : Includerea automată a datelor. Sistemul Felix C.256. Suport de curs. Cursul F.1.3. CPADC.
- 60.- Stăncioiu I. : Metodologia generală de proiectare a sistemelor informatice. Suport de curs. Cursul F.1.3. CPADC.
- 61.- Luchian Gh. : Reprezentarea grafică operațională a sistemului de documente. Suport de curs. Cursul F.1.3 CPADC.
- 62.- Luchian Gh. : Diagrame bloc. Suport Curs. Cursul F.1.3. CPADC

- 63.- Pătruț St. : Exemple de programare în FORTRAN. Suport curs. Cursul F.1.3 CPADC.
- 64.- Dan N. și alții : Limbaje de programare pentru calculatoarele de proces. Ed. Albatros.
- 65.- Georgescu M. Octavian Bîrcă : Programe în limbaj Fortran. Ed. Albatros 1976.
- 66.- Dorn W.S. și alții : Fortran IV. Traducere din limba engleză. Ed. Tehnică, 1976.
- 67.- ISPH București : Studiul împărțirii zilnice a potențialului hidroenergetic al Dunării între RSR și RSFJ. Decembrie 1966 (uz intern).
- 68.- Simeștru A. : Studiu temă privind îmbunătățirea conducerii exploatării SHEN Porțile de Fier din punct de vedere a utilizării potențialului. I.E. Pdf, iulie 1978. (uz intern).
- 69.- Preda I. : Studiul zonelor de agresivitate cavitațională crescute în diagramele de exploatare ale unor CHE dotate cu turbine Kaplan (în curs de publicare).
- 70.- Dodescu Gh., Ionescu D., Popescu Cr., Popa I., Minicalculatoare - aplicații. vol I Ed. tehnică 1978. Colecția A.I-(45).
- 71.- ICEMENBERG : Nota tehnică privitoare la sistemul TELESMT - 3005.
- 72.- Simeștru A. : Folosirea calculatorului electronic în vederea îmbunătățirii utilizării potențialului hidroenergetic al SHEN Porțile de Fier. Simpozionul de comunicații "Realizări și perspective în informatică laheedunbuc" (R), decembrie 1978.
- 73.- Certousov M.D. : Hidraulică. Curs special. Traducere din limba rusă. Ed. tehnică București 1966.
- 74.- Lateescu C. : Hidraulică, Ed. didactică și pedagogică. București 1963.
- 75.- Blidaru V. : Sisteme de irigații și drenaje. Ed. didactică și pedagogică. București 1976.
- 76.- Georgescu H., Bîrcă O. : Programe în limbaj Fortran. Ed. Albatros 1975.
- 77.- Moldovan Gr. : Scheme logice și programe Fortran - călăuză de probleme. Ed. didactică și pedagogică București 1978.
- 78.- Carabulea A. : Inițiere în ingineria sistemelor industriale. Modelarea sistemelor de energie. Ed. Tehnică București 1978.
- 79.- Time B.A. : O metode opredelenia raboçego napora ghidroturbini prim provedenii naturnih energheticeskih ispitanii. Kotlotubostroenie, trudî TKTİ 46 - Ghidroturbostroenie Leningrad 1964.

- 80.- Chevalier I. et Giraud H. : Etudes theoriques et experimentales de l'evolution de l'energie dans les ouvrages aval des installations hydroelektriques de basse chute. La Houille Blanche, nr. special 2-3/68.
- 81.- Sliskii S.M. : Ghidravlika zdanii ghidroelektrostații. Energhia Moscova 1970.
- 82.- Simedru A. : Contribuții privind reducerea erorilor în determinarea parametrilor de exploatare a turbinelor Kaplan din centrale fluviale de mare putere.- Metode moderne în concepția și realizarea hidroagregatelor. Sesiunea de comunicări tehnico-științifice 1978 - MICM - CIUEMER, Institutul de cercetare și proiectare echipamente hidroenergetice Reșița, pag. 119-128.
- 83.- Ghidroproiekt Moscova : Ghidravlicheskie issledovania vodopriemnika i sorouderjivaiuščih rešetok GES Djerdaj - Jeleznije Vorota - Moscova 1966.(Uz intern)
- 84.- ISPH București : SHEN Pdf. Regimul de utilizare a apei (date pentru convenția interdepartamentală) - partea II Calculul pierderilor hidraulice pentru blocul turbinei SHEN Porțile de Fier. București 1971 (uz intern).
- 85.- ISPH București : Prognoza de scurtă durată a debitelor în lacul UHE Porțile de Fier. Studiu preliminar. (uz intern).
- 86.- IMH București : - Către I.E. Pdf. Ofertă pentru studii prestații avertizări și prognoze. București 1979 (uz intern)
- 87.- Bondar C., Dumitrescu C. : Influența pantei suprafeței libere asupra scurgerii apei Dunării și metoda de determinare hidraulică a cheilor limnometrice - CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală. 6-10 nov. 1978.
- 88.- Bondar C., State I., și alții : Date asupra regimului petului albiei Dunării pe sectorul românesc cuprins între Drobeta Turnu Severin și Ceatal Izmail.
- 89.- Bondar C., Harabagiu E. : Date referitoare la cîmpul cinematic de concentrație de aluviuni în curentul de apă al Dunării - CNA - IMH București, Sesiunea științifică anuală, 6-10.XI.78.
- 90.- Stanciu F. : Model matematic pentru determinarea hidrografului scurgerii de pe versanți. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală, 6-10.XI.1978.
- 91.- I.E. Pdf : Considerații privind oferta de prestații IMH București - Drobeta Turnu Severin iunie 79 (uz intern).
- 92.- Bucur G., Ioana M., Kiloș I. : Unele considerente asupra precipitațiilor în zona frontală pe baza datelor de nebulozitate identificate pe imaginile de la sateliții meteorologici - CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală, 6-10.XI.1978.

- 93.- Moldovan F., Bretan M.: Informațiile radar și datele sondajelor aerologice. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală, 6-10.XI.1978.
- 94.- Tilinca Z., Moldovan F. : Caracteristicile norilor cumulo-nimbus în podișul Transilvaniei determinate cu ajutorul radarului meteorologic Plessey 42. CNA - IMH București Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.1978.
- 95.- Grumăzescu H. : Prezent și viitor în utilizarea teledetecției la evaluarea și supravegherea resurgelor de apă. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.78.
- 96.- Grumăzescu H., Grumăzescu C., Stănculescu S. : Utilizarea înregistrărilor multispectrale ale sateliților LANDSAT 1 și 2 la cartografierea și evaluarea stratului de zăpadă. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.1978.
- 97.- Grumăzescu H., Grumăzescu C., Stănculescu S. : Studiarea variației temporale și spațiale a umidității solului la suprafață prin teledetecție. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.1978.
- 98.- Grumăzescu H., Stănculescu S., Grumăzescu C. : Stabilirea trăsăturilor generale ale turbidității apelor din lungul litoralului Mării Negre și a lacurilor litorale cu ajutorul teledetecției. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.1978.
- 99.- Mita P., Drăgan L. : În privința scurgerii apei generate de topirea zăpezii. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.1978.
- 100.- Drăgoi E., Moissiu C., Blideru S. : Cercetări experimentale asupra scurgerii de apă din stratul de zăpadă sub acțiunea ploilor și insolației. CNA - IMH București. Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.1978.
- 101.- Crăciun S. : Radionivometru portabil pentru măsurarea echivalentei de apă din stratul de zăpadă. CNA - IMH București Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.1978.
- 102.- Dișon C. : Rezerva de apă din stratul de zăpadă. Revista Hidrotehnică nr. 1/78.
- 103.- Donald R. Wicsnet : Teledetecția și aplicațiile ei în hidrologie - Facets of Hydrology John C.Rodda - Editura John Wiley and sons Londra, New York, Sydney, Toronto 1976.
- 104.- Martincio J. : Zăpada și gheața - Facets of Hydrology - John C.Rodda - Editura John Wiley and sons Londra, New York, Sydney, Toronto 1976.
- 105.- Pascu M., Barbu I., Constantin D. : Posibilități și perspective în aplicarea teledetecției la rezolvarea unor probleme de îmbunătățiri funciare. Revista Hidrotehnică nr. 3/1979.

- 106.- Rusu G., Ciută I. : Posibilități de utilizare a teledetecției în domeniul protecției calității apelor.
- 107.- Busuioc I., Ciurea St., Rădulescu C. : Dispozitive pentru măsurarea evotranspirației reale și potențiale. CNA - IIN București. Sesiunea științifică anuală 6-10.XI.78.
- 108.- Bogdan S., Frank G., Andrei D. : Stabilirea parametrilor și a regimului de funcționare a centralelor sistemului hidroenergetic și de navigație a Porților de Fier. MEE ISPH București. Comunicări tehnico-științifice vol.IV. Sistemul Hidroenergetic și de Navigație Porțile de Fier. București 1970.
- 109.- ISPH București + SHEN PdF : Influența depunerilor de aluviuni pe sectorul româno-juugoslav al lacului de acumulare asupra regimului de exploatare a Sistemului Porțile de Fier - 1976 - (uz intern).
- 109.a.- ISPH București - SHEN PdF : Dinamica depunerilor de aluviuni pe sectorul româno-juugoslav al lacului de acumulare, tranșa 1977 (uz intern).
- 110.- Simeanu A., Svirșcevschi G., Mărculescu C., Popescu A.C., Mateșescu G. : Decolmatarea grătarelor turbinelor de la hidrocentrala "Porțile de Fier". Dosar de inovație nr. 2503/31.03.76, certificat de inovator nr. 209/21. IX.76.
- 111.- CIPENR București, ISPH București, ICEMENERG, I.E. PdF : Minuta referitoare la sarcinile sesiunii XXVI (ianuarie 1979) a Comisiei Mixte privind problemele de optimizare a conducerii SHEN PdF și PdF II. București, martie 1979 (uz intern).
- 112.- Simeanu A. : Răspunsuri și precizări la observațiile din ședința CTE din 15.07.78 la studiul temă privind îmbunătățirea conducerii exploatarei SHEN PdF din punct de vedere al utilizării potențialului amenajării (uz intern).
- 113.- Simeanu A. : Proceduri pentru reducerea erorilor în determinarea parametrilor de exploatare a turbinelor Kaplan din centrale fluviale de mare putere. Metode moderne de concepție și realizarea hidroagregatelor. Sesiunea de comunicări tehnico-științifice - MICM - CIUREA ICPEN Reșița pag.134-141.
- 114.- Simeanu A. : Criterii pentru introducerea calculatorului numeric de proces în activitatea de exploatare a unei centrale hidroelectrice de mare putere în vederea folosirii raționale a potențialului hidroenergetic - ICPENR Sesiunea de comunicări științifice 1977.
- 115.- Simeanu A. : Considerații asupra introducerii calculatorului de proces pentru conducerea activității de exploatare privind utilizarea rațională a potențialului hidroenergetic a Electrocentralei "Porțile de Fier" - Colecțiunea tehnico-științifică "Utilizarea și gospodărirea rațională a energiei" Craiova 1978.

- 116.- ICEMENERG București și colaboratorii Simeștru A și Gionca C.:  
Notă de comandă privind dotarea I.E. Porțile de Fier  
cu un sistem de conducere și supraveghere cu calcula-  
tor de proces - București 1980.
- 117.- Dudaș H. : Studiul privind hidrometria de exploatare a centra-  
lelor Porțile de Fier I și II - ICEMENERG - București  
Decembrie 1979.
- 118.- Simeștru A. : Temă de proiectare pentru elaborarea studului  
privind metodologia de prognozare a debitelor Dunării  
necesare exploatării SMM Porțile de Fier I - prezen-  
tată ca propunerea compartimentului de exploatare al  
I.E. P&F l. gedința cu proiectanții din 29-30.05.1980  
Drebeta Turnu Severin (uz intern).
- 119.- Zeghera N., Albotă M. : Introducere în teledetectie. Editura  
științifică și enciclopedică București 1979.
- 120.- Chiriac V., Filoti A., Manoliu I.A. : Prevenirea și combaterea  
inundațiilor. Să. Ceres, București 1980.
- 121.- Trâmlișag I. : Studiu privind îmbunătățirea activității de  
curățire a grătarelor de la centrala Porțile de Fier  
I - la forma C.1 - CPL - 1974.
- 122.- Simeștru A. : Exploatarea optimă privind utilizarea potenția-  
lului amenajării într-o CHE fluvială. Căminul de co-  
municări tehnico-științifice a Institutului Tehnic  
"Traian Vuia" Timișoara - 1979.
- 123.- Goldstein M., Marinescu G., Tănase S. : Determinarea debitelor  
afluente în lacul Porțile de Fier. ISPI București.  
Comunicări tehnicoștiințifice vol. III - SMM P&F.  
București 1970.