



**Universitatea din Craiova
Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică**

REZUMAT AL TEZEI DE DOCTORAT

**SISTEM DE CONDUCERE AL UNUI BARAJ HIDROENERGETIC
ECHIPAT CU STAVILĂ SEGMENT ȘI CLAPETĂ**

Doctorand: ing. Liliana Vasile (Predici)

Conducător științific: prof. dr. ing. Vladimir Răsvan

Craiova 2010

SISTEM DE SUPRAVEGHERE ȘI CONDUCERE LA UN BARAJ HIDROENERGETIC ECHIPAT CU STAVILĂ ȘI CLAPETĂ

Sistemele moderne de control ale proceselor sunt sisteme care folosesc calculatoare de proces pentru a realiza controlul automat al proceselor de producție. Metodologiile de conducere au apărut ca urmare a caracteristicilor și indicatorilor tehnico-economici diferiți ce caracterizează diferitele procese tehnologice.

Prezenta lucrare își propune realizarea unei structuri de conducere optime a unui baraj hidroenergetic echipat cu mecanism de deversare tip stavilă segment cu clapetă, în vederea implementării practice a acesteia.

De asemenea își propune analiza privind identificarea parametrilor aferenți acestuia, determinarea interconectărilor și interblocărilor necesare, determinarea algoritmilor de calcul și algoritmilor de conducere, identificarea logicii de funcționare, în diferite variante, precum și optimizarea acestora, în vederea obținerii scopului propus.

Structura de conducere va cuprinde întreg sistemul privind măsură și achiziție, condiționare și prelucrare, acționare și control precum și comanda de la distanță sau locală a barajului hidroenergetic, pe baza algoritmilor de funcționare implementați și a datelor constructive specifice sistemului, referitoare la procesul de deversare ape.

Capitolul 1 prezintă noțiuni privind sistemele de supraveghere și conducere, precum și elementele componente ale acestora, evoluția și stadiul actual al hard-ului și softului automatelor programabile în controlul proceselor, rolul și locul automatelor programabile, a calculatoarelor de proces, a traductoarelor și senzorilor în dezvoltarea sistemelor automate și calculatoarelor în controlul proceselor.

În **capitolul 2** sunt prezentate considerații asupra unui baraj hidroenergetic.

Se prezintă cerințele generale și constructive legate de principalele elemente componente ale deversoarelor echipate cu diferite mecanisme de reglaj, elemente privind partea mobilă și partea fixă a barajelor mobile, abordarea debitmetriei pentru deversoare.

Fenomenul de deversare este prezentat pentru cazul studiat pentru un baraj hidroenergetic prevăzut cu deversoare echipate cu stavilă și clapeta, evidențiindu-se etapele principale ale acestuia.

Se prezintă sistemul de acționare electromecanic cu detalieri a sistemului mecanic și sistemului electric, a condițiilor de funcționare date de ordinea de manevră.

Partea mobilă, reprezentată de stavile, constituie partea cea mai importantă a unui baraj mobil, reprezentând uneori peste 75 % din deschiderea totală a barajului (frontul deversant). Stavilele sunt elemente mobile care permit închiderea sau deschiderea, parțială sau totală, a câmpurilor deversante, cu scopul de a regla nivelurile și debitele în bieful amonte și în cel aval. Reglarea nivelului apei, ca și descărcarea apelor mari, se face prin deschideri de diferite grade ale stavilelor. Pentru a răspunde mai bine cerințelor se folosesc stavile compuse din două elemente, care se pot mișca independent. Astfel există stavile duble, plane sau segment, la care apa poate curge peste stavilă, pe sub stavilă, sau concomitent peste și pe sub aceasta. La stavilele ridicătoare s-au aplicat clapete care permit o reglare fină a nivelului și evacuarea plutitorilor.

În **capitolul 3** se prezintă abordarea dezvoltării unui sistem de supraveghere și conducere pentru cazul unui baraj hidroenergetic, pentru care se urmărește determinarea caracteristicilor și parametrilor procesului în vederea stabilirii soluțiilor de realizare.

Pentru aceasta se analizează funcțiile sistemului ținând cont de ierarhizarea pe nivele de conducere, soluțiile de arhitectură ale sistemului legate de cerințe impuse echipamentelor de proces și aplicațiile software ce se dezvoltă pentru acestea.

Se analizează sistemul de măsură și posibilitățile de realizare a măsurii de nivel, măsurii de debit deversat, măsurii deschidere deversor – deschidere în lumină, măsură turație, măsură orizontalitate.

Referitor la sistemul de acționare sunt abordate variantele de implementare a instalațiilor electromecanice în varianta clasică cu arbore electric și în varianta cu sincronizare cu buclă de reglare a turațiilor, prin comanda motoarelor cu convertizoare de frecvență.

În acest context se prezintă modalitățile de reglare a turației în vederea urmăririi orizontalității mecanismului deversor.

Sincronizarea mecanismului de acționare reprezintă un aspect principal al sistemului de supraveghere și conducere, ceea ce implică studierea metodelor de realizare a sincronizării la sistemului deversor.

Sincronizarea reprezintă reglarea orizontalității. Reglarea orizontalității ansamblului deversor stavilă și clapetă se identifică prin păstrarea egalității poziției stânga și poziției dreapta a brațelor echipamentului, în condițiile unui sistem (x, y, z) cu condiții inițiale sau păstrarea egalității unghiurilor de rotație în articulație a brațelor mecanismului de deversare.

Pentru realizarea sincronizării mecanismului deversor sunt necesare:

- calculul on-line a dezechilibrului stânga-dreapta (abaterea de la orizontalitate)
- existența unei comenzi de închidere sau deschidere a mecanismului deversor
- implementarea unui algoritm pentru varierea controlată a vitezelor de deplasare ale celor două brațe ale mecanismului deversor

Metodele de sincronizare a sistemului deversor rezultă din modul de reglarea a orizontalității în funcție de poziția echipamentului deversor

A. Poziția deversorului obținută prin măsurarea unghiului de deschidere/rotire al mecanismului deversor

Reglarea orizontalității în funcție de pozițiilor brațelor deversorului, pornește de la premisa că dacă pozițiile celor două brațe ale mecanismului sunt identice, atunci orizontalitatea este asigurată. Poziția brațelor deversorului este dată de măsura unghiului de deschidere, care este echivalentă cu măsura unghiurilor de rotație ale brațelor în jurul punctului de articulație.

Principiul de reglare presupune minimizarea diferenței dintre pozițiile/ unghiurile de rotație ale celor două brațe de angrenare.

B. Poziția deversorului obținută prin măsurarea deplasării mecanice a mecanismului deversor

Poziția brațelor deversorului poate fi dată de măsura deplasării mecanice a mecanismului de deschidere.

Sincronizarea mecanismului se realizează prin variația controlată a vitezelor de deplasare ale celor două brațe ale mecanismului deversor, prin intermediul motoarelor asincrone trifazate comandate de convertizoare de frecvență.

Modificarea turației unui motor asincron, se realizează în general cu dificultate. Datorită faptului că turația motoarelor electrice este funcție de alunecare, parametru ce este diferit la motoare identice, pentru a nu exista un dezechilibru între turațiile motoarelor, se alege să se utilizeze câte un convertizor pentru fiecare motor electric. Convertizoarele de frecvență realizează reglarea turațiilor motoarelor asincrone trifazate prin metoda controlului vectorial.

În principiu, sincronizarea se realizează astfel: atunci când dezechilibrul dintre cele două brațe depășește o valoare admisibilă, se modifică referințele convertizoarelor până când dezechilibrul se anulează.

Realizarea sincronizării utilizând convertizoarelor de frecvență se face prin intermediul unui sistem automat de urmărire care are drept mărimi de intrare turațiile celor 2 motoare. Aceste turații sunt măsurate on-line prin intermediul unor traductoare de turație. (Figura 1)

Algoritmul de realizare a sincronizării se implementează numeric într-un echipament specializat de achiziție și prelucrare de tip PLC (programmable logic controller).

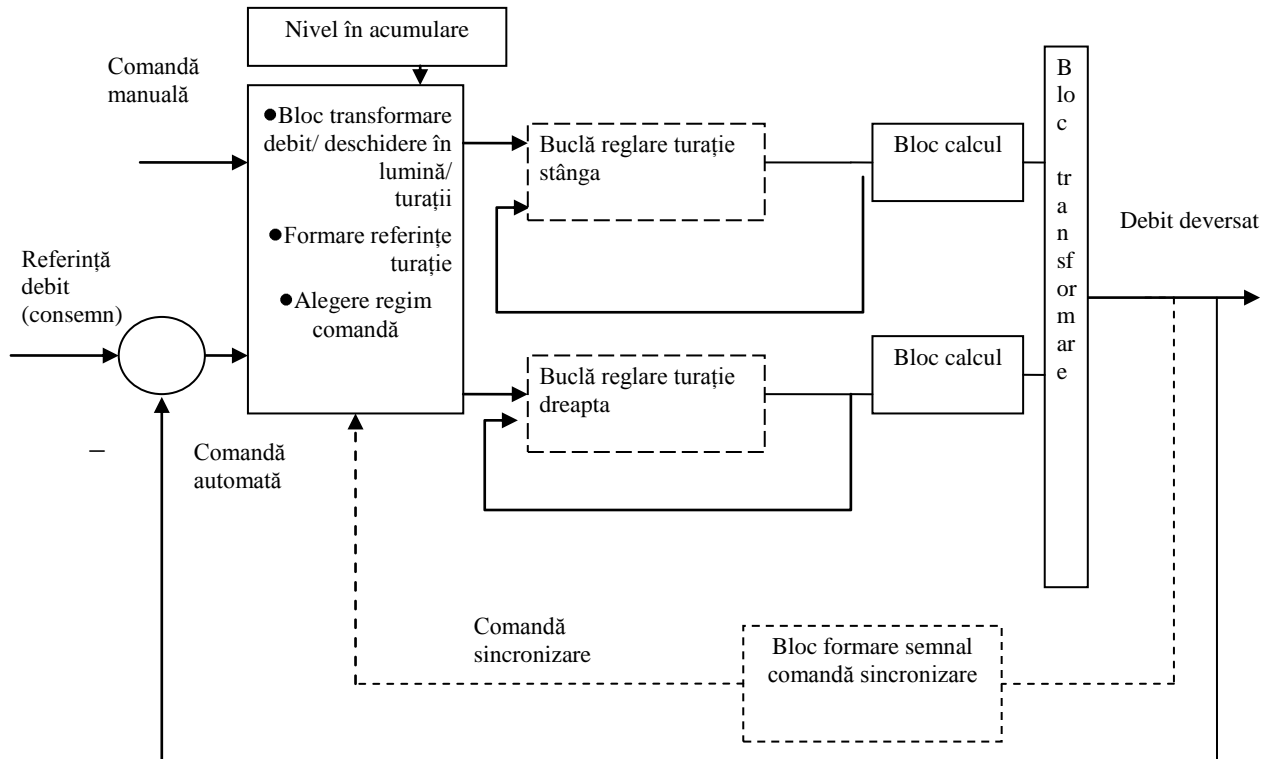


Figura 1. Structura de reglare pentru un deversor

Pornind de la tehnologia oferită la ora actuală pe piață, atât din punct de vedere al echipamentelor de măsură, al echipamentelor de achiziții și prelucrare de date, al rețelelor de transmisii de date, împreună cu facilitățile fiecăra dintre ele se prezintă un concept de realizare al sistemului de supraveghere și control la un baraj hidroenergetic echipat cu stavilă și clapetă.

Pentru realizarea sistemului de supraveghere și conducere a barajului este necesară măsurarea parametrilor care caracterizează procesul. Acești parametri sunt nivelul în lac, lama de apă deversată, poziția mecanismului deversor – ansamblul stavilă segment și clapetă, debitul deversat, orizontalitatea mecanismului stavilă și clapetă. Pe lângă acești parametri principali, mai sunt necesari și alți parametri auxiliari care definesc procesul cum sunt turațiile motoarelor electrice de antrenare, cuplurile electromotoare la arborii motoarelor electrice, poziții limită de cursă, diverși parametri electrice.

Conceptul sistemului include condițiile de funcționare specifice, stabilește nivele de comandă și secvențe de acționare, metodele de conducere.

În cadrul capitoului mai sunt prezentate realizări personale în domeniul supravegherii barajelor hidroenergetice de tipul studiat, sisteme de monitorizare cu și fără înlocuirea sistemului

clasic de sincronizare, sisteme de conducere cu și fără înlocuirea sistemului de acționare clasic cu arbore electric.

Capitolul 4 prezintă cercetări teoretice privind determinarea caracteristicilor procesului. Se prezintă o descriere detaliată a modului de determinare a parametrilor caracteristici mecanismului deversor stavilă și clapetă rezultați din metodologiile de calcul existente în literatura de specialitate pentru calculul debitului la deversoarele de ape mari.

Conducerea după consemn de debit a unui baraj este prezentată în schema bloc din figura 2. iar funcționarea după consemn implică:

- Stabilirea debitului care trebuie deversat
- Comandarea instalațiilor barajului (clapete și stavile) în așa fel încât să fie asigurat debitul deversat dorit și în același timp să fie respectate ordinea de deschidere și de închidere a clapetelor și stavilelor pe câmpuri deversoare.

Debitul care se dorește a fi deversat la un moment dat se numește referință de debit sau consemn, iar principiul de lucru este următorul:

- după ce se fixează consemnul calculatorul îl compară cu debitul total deversat în acel moment și stabilește secvența de comandă necesară.
- după ce se execută secvența de comandă debitul total deversat va fi egal cu consemnul.

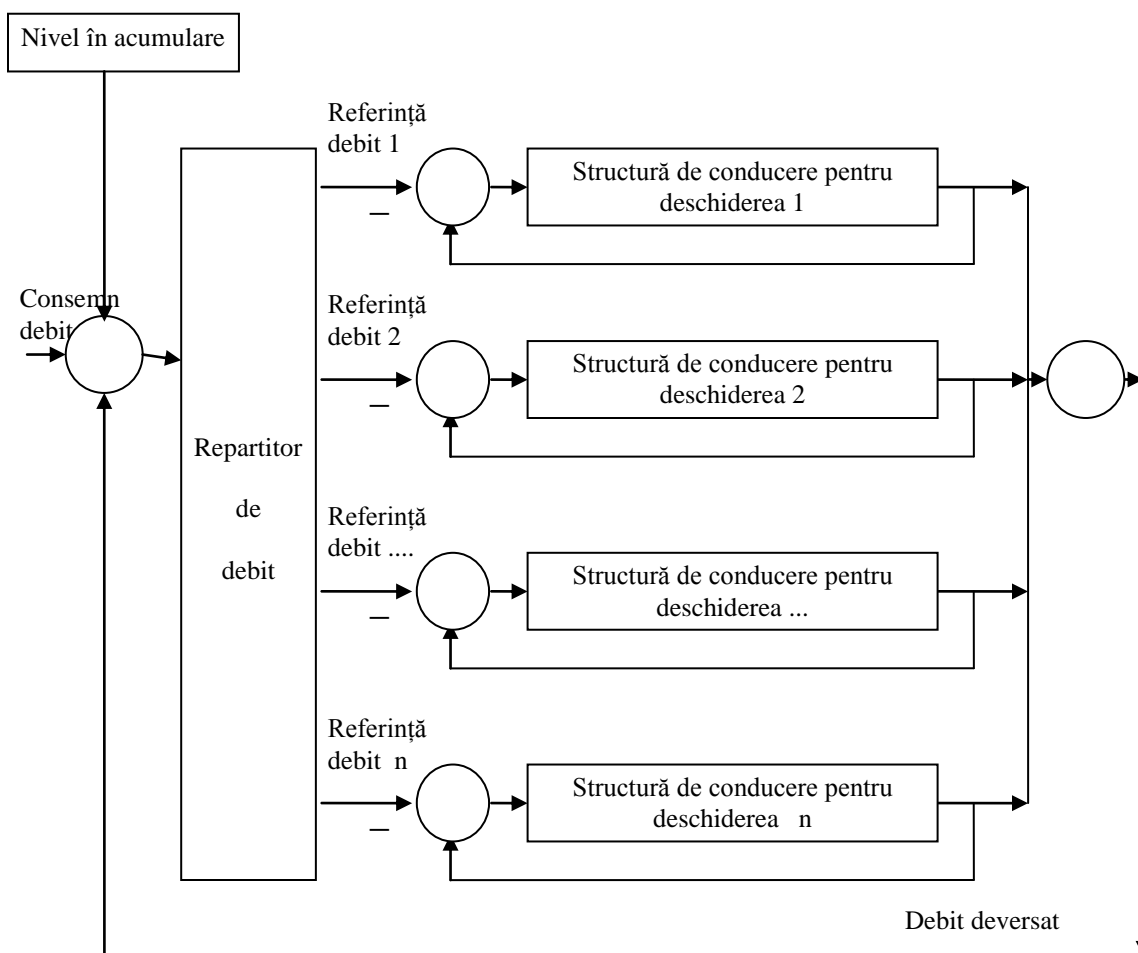


Figura 2. Structura sistemului de conducere după consemn

Pentru determinarea debitului prin calcul analitic pe faze de deversare sunt abordate fazele de exploatare posibile și anume deversarea peste clapetă, deversarea peste clapetă și pe sub stavilă, deversarea pe sub stavilă și deversarea liberă.

Faza deversare I – Deversarea peste clapetă, Debitul deversat în funcție de înălțimea lamei de apă este $Q = f(N_L, H)$ unde: $H = N_L - (z_{NNR} - d_c)$ (1)

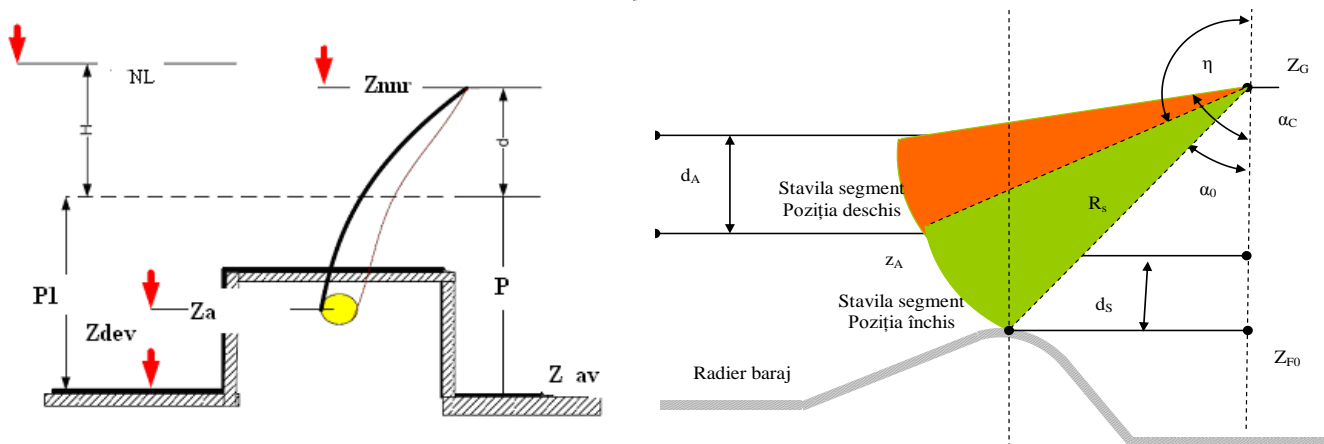
Curgerea peste stavila clapetă având ca model curgerea peste un deversor cu perete subțire, cu muchie ascuțită, are ecuația caracteristică dată de formula, [36]:

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b_1 \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (2)$$

unde: H este sarcina clapetei și μ este un coeficient de debit, este fără contracție laterală

Ecuația caracteristică a debitului deversat peste clapetă, se mai folosește [10] relația:

$$Q_I = m \cdot b_1 \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$



a) notații pentru calculul debitului clapeta

b) notații pentru calculul debitului stavilă

Figura 3. Explicații privind notațiile folosite în calculul debitului

Caracteristica deschidere clapetă – unghi de rotație al mecanismului deversor este dată de:

$$d_c = R_c \sin \beta_0 - R_c \sin \beta_0 - \beta_0 \quad (3)$$

Faza deversare II – Deversarea peste clapeta complet deschisă și pe sub stavilă

$$\text{Conform [10], [11], [36], } Q_{II} = Q_1(H_1) + Q_2(H_2) \quad (4)$$

unde:

$$H_1 = \text{sarcina de apă peste clapetă, } H_1 = N_L - z_A ;$$

$$H_2 = \text{sarcina de apă pentru stavilă } H_2 = N_L - d_S$$

Debitul deversat peste clapetă și pe sub stavilă se exprimă astfel:

$$Q_{II} = m_1 \cdot b_1 \cdot \sqrt{2g} \cdot H_1^{3/2} + m_2 \cdot b_2 \cdot \sqrt{2g} \cdot H_2^{3/2} \quad (5)$$

Curgerea peste clapetă are loc atât timp cât muchia de sus a pragului amonte se află sub nivelul acumulării din lac. Atunci când este depășită această limită, curgerea are loc doar pe sub stavilă și astfel se trece la o nouă etapă de calcul.

Faza deversare III – Deversarea pe sub stavilă

Curgerea apei la deschiderea stăvililor segment are ca model de studiu, curgerea prin orificii mari de forma dreptunghiulara.

Deversarea pe sub stavilă [11], [12], [13], [16] pentru un orificiu considerat mare, dreptunghiular practicat într-un perete vertical, caracteristica ecuației de debit se poate calcula cu formula:

$$Q = \frac{\mu \tau T^{3/2} \sqrt{2g} \sqrt{1 - \epsilon \tau_e}}{\sqrt{1 - \alpha \mu^2 \beta^2 \tau_e^2}} \quad (6)$$

Pentru deversoarele menționate se consideră $\alpha = \beta = 1$ și $T = N_L - Z_{F0}$.

$$d_s = N_L - H$$

$$d_s = z_G - R_S \cos \alpha \quad H = N_L - z_G + R_S \cos \alpha$$

$$Q_{III} = m \cdot b_2 \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{3}{2}} \quad (7)$$

Formulele de calcul folosite au fost cele menționate, optându-se pentru acest model matematic deoarece plecând de la energia specifică medie a curentului în secțiunea de acces în bieful amonte, T_0 , energie care ține seama de factorul cinetic, se lucrează în final cu energia specifică T ,

Faza deversare IV – Deversarea liberă

La deversare liberă, sarcina hidraulică este chiar nivelul în lac, și anume:

$$H = N_L \quad (8)$$

$$Q_{IV} = m \cdot b_2 \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{\frac{3}{2}}, \quad (9)$$

Se prezintă modelarea matematică a parametrilor caracteristici mecanismului deversor stavilă și clapetă rezultați din cinematica acestora. Se studiază determinarea parametrilor aferenți unui deversor echipat cu stavilă și clapetă prin calcul analitic.

Pentru fiecare fază sunt prezentate metodele de calcul pentru debitele evacuate în funcție de parametri specifici. Pornind de la aceasta, sunt determinate relațiile pentru mărimile caracteristice indirecte ale procesului: deschiderea în lumină, sarcina de apă, unghiul de deschidere al echipamentului deversor, lungimea lanțului desfășurat al mecanismului și numărul de rotații efectuate fiecare motor de acționare.

Se prezintă metoda de determinarea a debitului deversat printr-un deversor prin calcul tabelar și metoda de interpolare liniară pe porțiuni pentru valori nedeterminate.

Pe bază de determinări pe modele structurale sunt determinate pentru fiecare amenajare corespondențele între nivelul în lacul de acumulare, debitul deversat și deschiderea elementelor mecanismului deversor, clapetă și stavilă.

Pentru fiecare centrală hidroenergetică, există impuse prin Regulamentele de exploatare, corespondențele între debitul de deversat, nivelul în lac și deschiderea deversorului, iar determinările se fac pentru valori fixe, cu trepte de 0.5m. Calculele sunt realizate pe un singur deversor, iar pentru celelalte, prin similitudine sunt multiplicat valorile inițiale.

O etapă importantă în realizarea unui sistem de supraveghere și conducere o constituie elaborarea algoritmilor de conducere proprii.

Pentru realizarea sistemului de supraveghere și conducere, în vederea realizării funcțiilor barajului în mod automat, echipamentele de conducere, automatele programabile și/sau calculatorul de proces trebuie să execute procedurile de lucru pentru îndeplinirea condițiilor de exploatare și algoritmi de calcul pentru determinarea parametrilor specifici.

Pentru funcționare automată a procesului de supraveghere și conducere trebuie cunoscute procedurile pentru:

- Conducerea prin consemn de debit
- Modul de formare și realizare comandă automată acționare
- Modul de formare și realizare comandă locală acționare
- Modul de formare și realizare comandă închidere/deschidere
- Secvențele de calcul ale consemnului de debit pe deversoare
- Repartizarea debitelor pe deversoare
- Determinarea regimului de calcul al parametrilor în funcție de fazele de deversare
- Urmărirea păstrării orizontalității
- Realizarea sincronizării
- Reglajul sistemului de acționare

În **capitolul 5** se prezintă modelarea unui sistem de sincronizare pentru două mașini asincrone trifazate și simularea în timp real a sistemului de acționare electrică, a sistemului de determinare parametrii și analiza modelelor dinamice rezultate.

Pentru implementarea în mediul Simulink a modelului sistemului funcționării în paralel a două mașini asincrone trifazate s-a pornit de la modelul motorului asincron și se propune urmărirea comportării, în regim dinamic, a unui sistem format din două motoare electrice asincrone, ce funcționează în buclă de reglare de sincronizare în următoarele cazuri:

- funcționare normală, fără perturbații
- funcționare la apariția unui dezechilibru produs de creșterea cuplului static pe unul din motoare
- funcționare la apariția unui dezechilibru produs de creșterea cuplului static pe ambele motoare simultan
- funcționare la apariția unui dezechilibru înainte de stabilizarea parametrilor motoarelor

La apariția unui dezechilibru dat de diferența dintre numărul de rotații în unitatea de timp între cele două motoare, se evidențiază modul de evoluție la diferite momente de timp al mărimii de reglare.

Având în vedere că dacă se pornește de la debit ca mărime cunoscută de referință, este necesară determinarea unei metode analitice de calcul al debitului pe etape de exploatare. Relațiile obținute din studiu, reprezintă o funcție cu două necunoscute (sarcina de apă și deschiderea mecanismului) de forma $bH^{\frac{5}{2}} + aH^{\frac{3}{2}} - QH^2 - 2HPQ - PQ = 0$, unde P depinde de caracteristicile constructive ale barajului și de deschiderea mecanismului, $P=f(d_c)$, iar a și b sunt coeficienți ce depind de caracteristicile constructive ale barajului. Acest lucru nu permite implementarea unei metode analitice de determinare a debitului, ci utilizarea metodei de interpolare liniară pe baza caracteristicilor date de modelele structurale.

În aceste condiții se pot utiliza relațiile de legătură dintre deschiderea în lumină și numărul de rotații efectuate de motoarele de acționare ale mecanismului de deversare, ca metodă suplimentară.

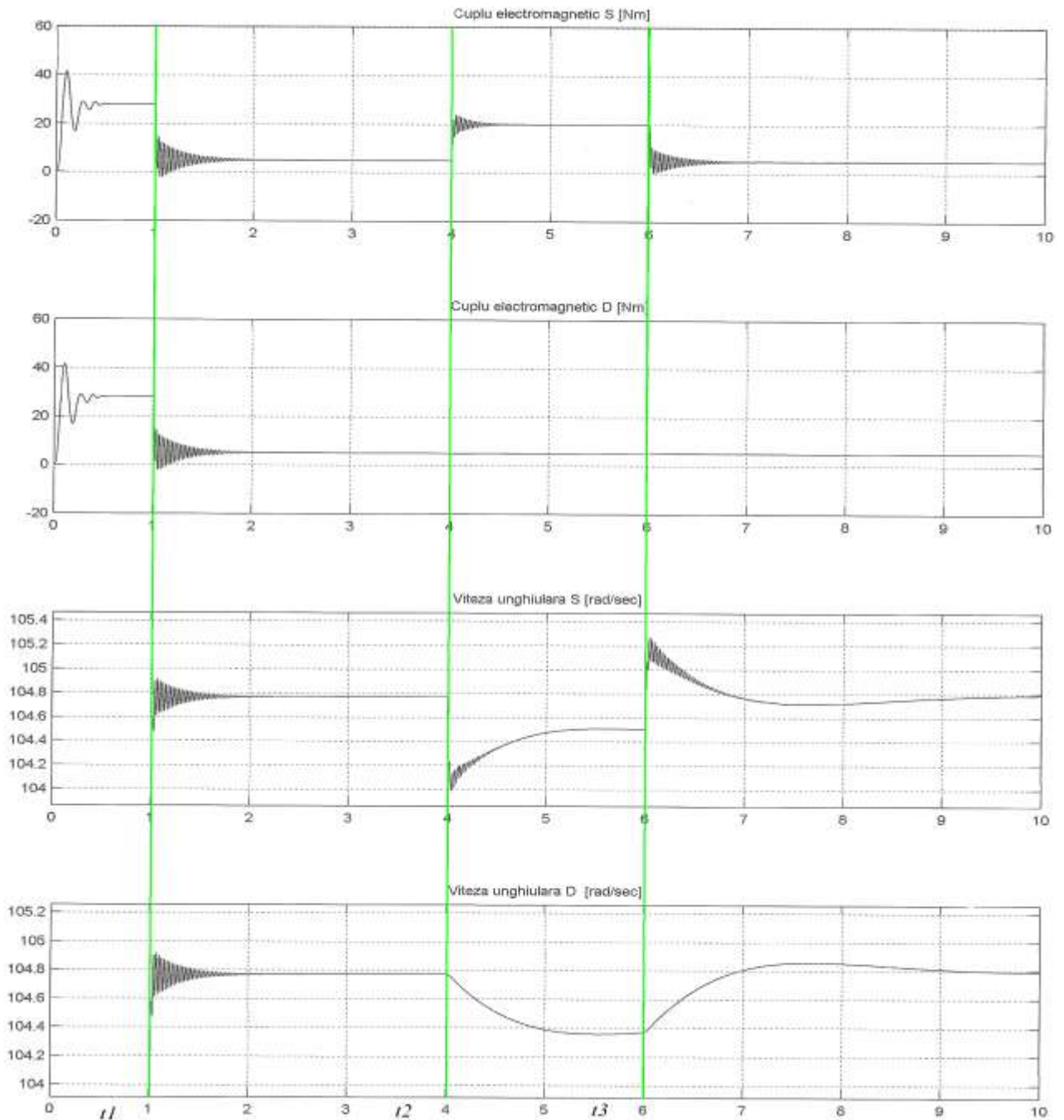


Figura 4. Evoluția cuplurilor electromagnetice și a vitezelor unghiulare la dezechilibru pe un braț

Modelarea matematică a debitelor deversate pentru clapetă și pentru stavilă și o analiză comparativă a datelor obținute din reprezentarea pe model structural și pe model matematic, este prezentată în încheiere capitolului.

Pentru aceasta s-au considerat situațiile de exploatare studiate, respectiv:

- cazul stavila segment și clapetă cu stavila segment pe radier.
- cazul clapeta coborâtă și stavila segment în ridicare

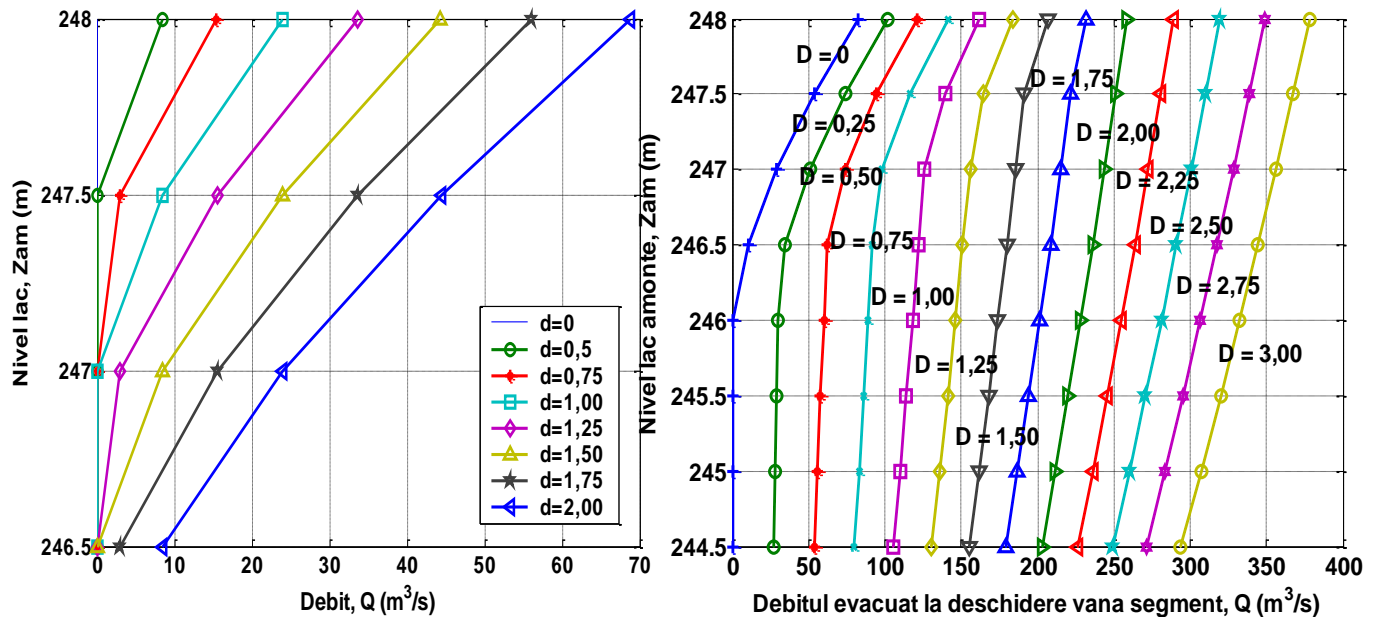


Figura 5. Debitul evacuat de clapeta / stavilă (valori calculate)

- cazul stavila segment cu clapeta în poziție ridicată și curgerea se face cu nivel liber.

S-a considerat cazul de exploatare al deversorului pentru situația de funcționare neînecată, iar tipul de deversor cu profil practic WES (Waterways Experiment Station, Vicksburg).

Analiză comparativă a datelor obținute din reprezentarea pe model structural și pe model matematic

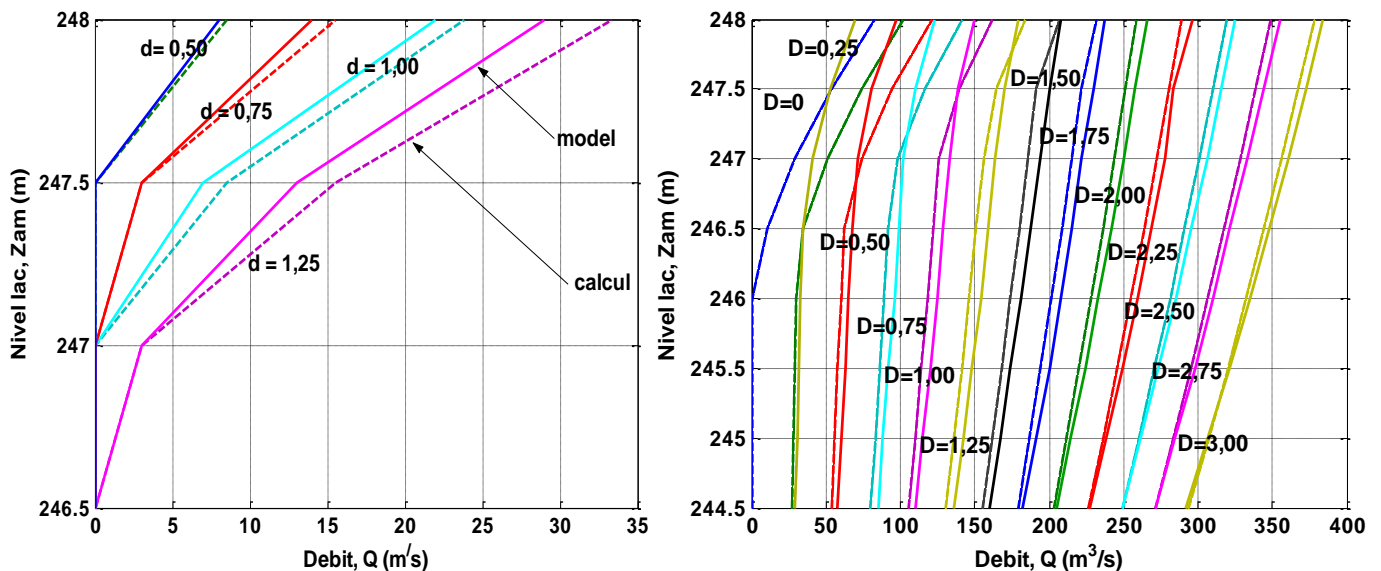


Figura 6 Reprezentare comparativă model structural – model matematic – Clapetă - Stavilă

Debitele obținute pe model structural sunt reprezentate cu linie plină iar cele din model matematic cu linie punctată .

Se observă că debitul deversat cu stavila segment este mai bine aproximat prin formulele de calcul, decât cel pentru clapetă

Folosind modelele matematice prezentate se pot reprezenta caracteristicile de debit în trepte foarte mici, putându-se obține o reprezentare mai exactă a debitelor pe curbele de nivel pentru orice baraj cu respectarea condițiilor constructive și de exploatare.

Capitolul 6 prezintă implementarea unei soluții a sistemului de conducere a barajului la o centrală din amenajarea râului Olt, CHE Rm. Vâlcea, prezentarea obiectivului, a sistemului de măsură folosit, a structurii hardware și software, precum și funcționarea sistemului privind automatizarea, monitorizarea și comanda deversorului. Este prezentată interfața grafică, rețeaua de comunicație, și interconectarea cu alte procese.

Pornind de la cerințele unei teme de execuție care presupune modernizarea instalațiilor electrice a barajului la CHE Vâlcea, am contribuit la alegerea unei soluții de conducere care s-a concretizat în:

- Proiectarea sistemului de automatizare prin:
 - Identificarea mărimilor procesului, mediul de lucru
 - Stabilirea structurii de conducere
 - Determinarea metodelor de măsură și a metodelor de calcul pentru mărimile sistemului
 - Analiza spațială și determinarea modalităților de transmitere fizică, logică și de ierarhizare a informațiilor
 - Determinarea cerințelor fizice și logice pentru echipamentele de achiziție, prelucrare și execuție
- Alegerea echipamentelor sistemului, a softului de bază pentru prelucrare și implementare funcționare
- Determinarea logicii de funcționare
- Coordonarea funcționalității sistemului
- Analiza, verificarea și testarea algoritmilor implementați prin urmărirea funcționării în condiții reale
- Reactualizarea sistemului în funcție de cerințe

Concluziile privind realizarea și implementarea unui sistem de supraveghere și conducere sunt prezentate în **capitolul 7**.

Sistemul clasic de sincronizare al mașinilor asincrone trifazate cu rotor în scurtcircuit prin arbore electric se înlocuiește cu o variantă modernă care asigură pe lângă operația de sincronizare propriu-zisă, realizată printr-o buclă de reglare, pornirea lentă a motoarelor și preluarea șocului de sarcină. În plus această metodă oferă posibilitatea conectării seriale cu un sistem de prelucrare numerică împreună cu toate facilitățile oferite de acesta.

Se pot menționa ca principale concluzii ale lucrării, următoarele:

Metodele de calcul analitic nu transpun cu eroare acceptabilă formele modelelor structurale

Modelele obținute din modele structurale prezintă avantajul posibilității construirii curbelor de debit pentru diferite deschideri în pași fini, astfel încât determinarea valorilor intermediare, obținute prin interpolare liniară, să se realizeze cu o mai mare exactitate

Conducerea sistemului presupune implementarea unui algoritm ce utilizează pentru determinarea debitului deversat valorile reglementate pentru debit-deschidere în lumină-nivel în lac, așa cum rezultă din caracteristicile specifice amenajării, obținute pe modele structurale.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- BABUȚIA Ioan, DRAGOMIR Leonida, MUREȘAN Ioan, PROSTEAN Octavian**, Conducerea automată a proceselor, Facla Timișoara 1985
- CALIN Sergiu** Echipamente electrice și electronice pentru automatizări
- CĂLINOIU Constantin**, Senzori și traductoare, vol1, Editura Tehnică 2008
- CERTOUSOV M.D.**, Hidraulica, curs special, Ed. Tehnica, Bucuresti-1966;
- CIOC D.**, Hidraulica, Ed. Didactica si Pedagogica, București, 1983;
- DIACON AI.** ISPH 1976, Debitmetria de exploatare și optimizarea manevrei evacuatorilor pentru hidrocentralele de pe Olt
- GRISIN, M.M.**, Construcții Hidrotehnice, vol. II, 1959
- IDELCIK**, Îndreptar pentru calcule hidraulice, Ed Tehnica, București, 1988;
- IONESCU C., Vlădeanu V., Larionescu S., Ionescu D.**, Automatizări, Ed. didactică și pedagogică, București, 1982
- ISBĂȘOIU Eugen Constantin, MARINOV Anca Marina, SAFTA Carmen Anca** Determinarea expresiei analitice a coeficientului de debit al unei goliri de fund, echipată cu vană segment
- IVANOV Sergiu**, Reglarea vectorială a sistemelor de acționare electronică, Reprografia Universității din Craiova 2000
- IVĂNESCU Mircea**, Roboți industriali, Editura Universitaria Craiova, 1994
- KELEMEN Arpad** , Acționari electrice, Ed. Didactică și pedagogică București 1979
- KISELEV P.G.** Îndrumar pentru calcule hidraulice, Editura tehnică 1988
- MANOLEA Gheorghe**, Sisteme automate de acționare electromecanică, ED. Universitaria Craiova 2004
- MARIN Constantin**, Structuri și legi de reglare automată, Editura Universitaria, vol.1, Craiova 2000
- MATEESCU Cristea**, Hidraulica, Ed. Didactică și Pedagogică, 1963;
- NICOLAIDE Andrei**, Mașini electrice – Teorie, Proiectare, Ed. Scrisul Românesc 1975
- NISTREANU V., V. Nistreanu**, Amenajarea resurselor de apa si impactul asupra mediului, Editura BREN, București, 1999
- PAVEL Dorin**, Echipamente hidroenergetice, Ed. Didactică și Pedagogică, Vol. 1, 2, București, 1965, 1967
- PETRE Emil**: Sisteme automate neliniare, Editura Universitaria Craiova, 2002
- POPA Bogdan**, Aplicații în hidroenergetică,
- RĂSVAN Vladimir**, Popescu, Dan, Sisteme dinamice aplicate. Oscilații. Robustețe. Întârzieri de timp, Editura SITECH, Craiova, 2004
- RĂSVAN Vladimir**, Sisteme și echipamente de conducere a proceselor
- VASILE Liliana** , CIOBANU Constantin, VENINATU Cătălin, MARCU Nicolae, STĂTESU Paul, ALEXANDRU Petre, Controlul debitului deversat la un baraj hidroenergetic - Automatizări și instrumentație nr. 4/2006
- VASILE Liliana**, CIOBANU Constantin, CHELU Cristian –, MONITORIZATION AND CONTROL SYSTEM OF THE DRAIN FLOW FOR A HYDROENERGETIC DAM Editura Alma Mater Bacău, 2005
- VASILE Liliana**, Constantin CIOBANU, Cristian CHELU – CNEI 2009, Possibilities of implementing controlling structures to a hydro energetic dam
- VASILE Liliana**, Constantin CIOBANU, Sincronizarea motoarelor de acționare a stavilei unui deversor la un baraj hidroenergetic – Editura Politehnică, 2010
- VINATORU Matei** Conducerea automată a proceselor industriale volum 2 – 2005