

STRUCTURĂ NUMERICĂ DE REGLARE A NIVELULUI ÎN 3 BAZINE CONECTATE ÎN CASCADĂ

Popescu Ion Marian

*Sef Lucr. Ing. Universitatea Constantin
Brancusi*

Runceanu Adrian

Lecturer, University Constantin Brancusi

REZUMAT: *Lucrarea prezinta o structura numerica de reglare a nivelului in 3 bazine conectate in cascada sub forma unui stand de laborator care simuleaza bazinul hidrotehnic Cerna-Motru-Tismana.*

Cuvinte cheie: structură, condiție de reglare, stand de laborator

1. CONSIDERATII GENERALE

În cadrul temei abordate se va încerca abordarea unor probleme de optimizare legate de un sistem hidroenergetic, format din mai multe bazine hidrografice conectate în cascada pe același curs de apă. Pentru simulare se va folosi un stand construit în laborator (ce va fi descris ulterior în lucrare), prin care se încearcă realizarea de condiții relativ reale de funcționare pentru sistemul hidroenergetic. Motivația cuvântului “optimizare” apare datorită faptului că în sistemele moderne de automatizare, pe lângă cele 2 condiții pe care trebuie să le îndeplinească structura de reglare:

S-condiția de stabilitate a procesului, adică să se găsească o comandă care în primul rând să ducă la o soluție convergentă către o valoare finită a răspunsului sistemului;

R-condiția de reglare, adică acea convergență să fie realizată și cu anumite performanțe;

mai apare și o a 3-a condiție foarte importantă, adică comanda proiectată în cadrul structurii de reglare să fie și OPTIMĂ relativ la cerințele de funcționare ale

NUMERICAL CONTROL OF THE LEVEL IN 3 BASINS CONNECTED IN CASCADE

Popescu Ion Marian

Lecturer, University Constantin Brancusi

Runceanu Adrian

Lecturer, University Constantin Brancusi

ABSTRACT: *This paper presents a numerical structure for regulating the level in 3 pools connected in cascade as a laboratory bench that simulates basin hydrotechnical Cerna-Motru-Tismana.*

Keywords: structure, control condition, laboratory bench

1. GENERAL CONSIDERATIONS

The themes will try the approach of optimization problems related to a hydroelectric system consisting of several basins connected in cascade on the same water course. For the simulation will use a stand built in the laboratory (to be described later in the paper), which tries making relatively real operating conditions for hydropower.

Motivation word "optimization" is because in modern automation systems, in addition to the 2 conditions to be met by adjusting the structure:

S-stability condition of the process, ie to find a command that primarily lead to a convergent solution to a finite value of the response system;

R-control condition, that is, convergence is realized and certain performance;

Currently appears and a 3rd very important condition, that is designed to control the structure and optimal adjustment is relative to operating requirements of the process. Because mathematical modeling simulated with Matlab software package leads to good performance, but in a real

procesului. Datorită faptului că modelarea matematică simulată cu ajutorul pachetului de programe Matlab duce la performanțe foarte bune, dar într-un proces real, datorită neliniarităților inerente, lucrurile nu stă chiar așa, s-a încercat realizarea, bineînțeles la o scară mult mai mică, a unui sistem hidroenergetic în miniatură.

2. IMPLEMENTAREA HARDWARE ȘI SOFTWARE

Pentru simularea și observarea modului de lucru al procesului aflat în studiu, cele trei lacuri de acumulare au fost transpuse sub forma unor bazine din sticlă conectate în cascadă ale căror nivele vor fi controlate. Traductoarele de nivel sunt realizate pe baza unor plutitoare conectate prin intermediul unei tijă la un potențiomtru, acționarea lor făcându-se prin ridicarea-coborârea plutitorului sub influența modificării nivelului în bazinul în care este montat acesta. Modul de așezare al bazinelor este prezentat în Fig.1

Controlul procesului este realizat cu ajutorul calculatorului, care implementează algoritmul de reglare și care prin intermediul unei plăci de achiziție și comandă va achiziționa date de la proces(nivelul), și va transmite comanda către elementul de execuție care este pompa ce forțează un debit variabil între 2 bazine succesive, sau între ultimul bazin și exterior. Structura hardware a sistemului este prezentată în Fig.2. Pentru achiziția datelor se folosește o placă de achiziție și comandă organizată în jurul unui nucleu cu microcontroller Intel 80C32 și o placă de extensie analogică echipată cu convertoare pe 12biți, care face conversia din semnal analogic în semnal numeric și invers. Comunicația dintre calculator și placa de achiziție se face cu ajutorul portului serial RS232, iar placa mai dispune de un modul RS485 pentru a putea fi conectată de la distanțe mai mari de 2m. la calculator. Pentru citirea nivelelor din bazine se folosesc traductoare de nivel realizate cu ajutorul unor plutitoare conectate printr-o tijă la câte un potențiomtru. Pentru implementarea

process due to inherent non-linearity, things lies not so, attempted execution, Of course on a much smaller scale, a system hydropower in miniature.

2. IMPLEMENT HARDWARE AND SOFTWARE

To simulate and observe the workings of the process being studied, the three lakes were incorporated in the form of glass tanks connected in cascade whose levels are controlled. Level transducers are made on the basis of floating through a rod connected to a potențiomtru, their action being done by lifting-lowering plutitorului under the influence of changes in river level where it is mounted. The way of settlement basins is shown in Fig. Process control is achieved using computer algorithm implementing regulation and through acquisition boards to acquire data and control the process (level), and will transmit the order execution element is a variable flow pump that forces the 2 successive wells, or between past and outdoor pool. The structure of the system hardware is shown in Fig.2.

For data acquisition using a purchasing card and order organized around a core with Intel 80C32 microcontroller and analog expansion cards equipped with the 12bit converters, which convert the analog signal into digital signal and vice versa. Communication between computer and card purchase is made using RS232 serial port and motherboard also has a module 485 to be connected at distances greater than 2m. computer. For reading levels in pools using transducers made using floating level connected by a rod from one potentiometer. To implement the management software application development environment used LabWindows CVI8.1. This development environment is achieved by the company National Instruments for the real-time automation applications and has powerful features libraries of signal processing and also has evolved mechanisms taskurilor based management system interruptions and events in real time clock .

software a aplicației de conducere s-a folosit mediul de dezvoltare LabWindows CVI8.1. Acest mediu de dezvoltare este realizat de firma National Instruments pentru aplicații de automatizare de timp real și are biblioteci de funcții puternice pentru prelucrarea de semnale și totodată dispune de mecanisme evoluate de gestiune a taskurilor bazate pe sistemul de întreruperi și evenimente de la ceasul de timp real.

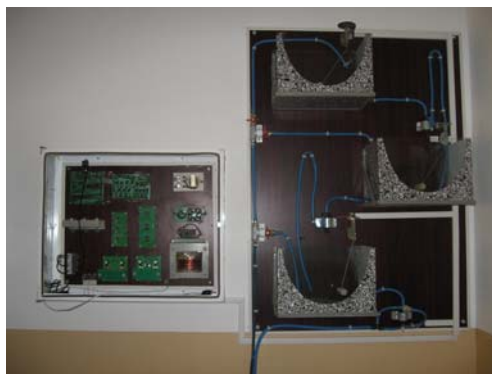


Figura 1. Standul realizat

Figure 1. Platform made

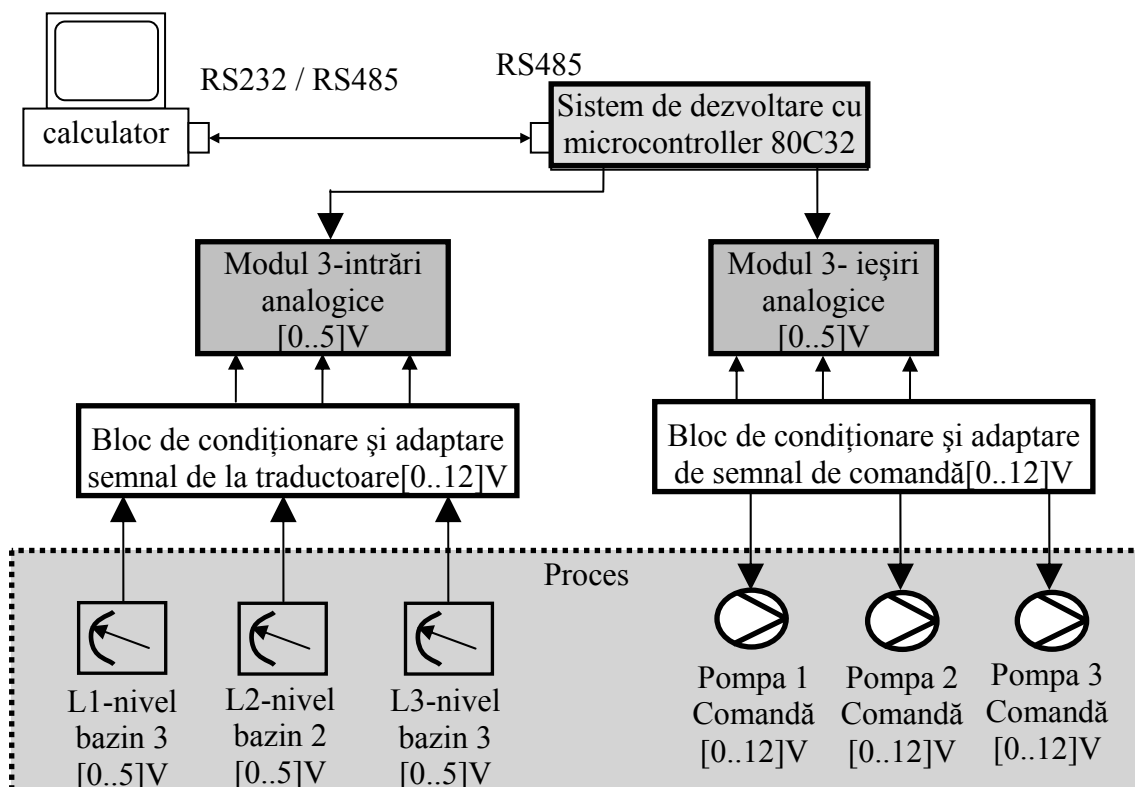


Figura 2.

Figure 2.

Schema de reglare, alegând ca mărime de comandă debitul de evacuare (comanda pompei de evacuare), este prezentat în Fig.3.

Control structure, choosing the size of order flow exhaust (exhaust pump control) is shown in Fig.4. Power generator, we

Puterea pe generator am considerat-o ca fiind proporțională cu debitul de intrare în turbina ce angrenează generatorul, energia necesară curgerii va fi transferată sistemului prin intermediul pompei de evacuare și putem spune într-o abordare grosieră pentru macheta realizată, că puterea este direct proporțională cu comanda aplicată acestor pompe. În funcție de eroare, calculată ca diferența dintre valoarea de referință a nivelului și cea măsurată, regulatorul va elabora o comandă astfel încât evacuarea de lichid să se facă mai ferm sau mai încet. Funcția de transfer a regulatorului $H_R(s)$ a fost aleasă de tip PI, sub forma următoare:

$$H_R(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

unde

K_R -factor de amplificare a elementului proporțional

T_i -constanta de timp de integrare

considered it to be proportional to the flow of entry into the turbine generator that engage the energy needed will be transferred to flow through the pump exhaust system and we can say in a rough approach to model performed, that power is directly proportional command applied to these pumps. Depending on the error, calculated as the difference between reference value and the measured level, a regulator will develop so that the discharge of liquid order to be more firm or slower. Transfer function of controller $H_R(s)$ type was chosen PI, following form:

$$H_R(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Where

K_R -amplification factor proportional element

T_i -integration time constant

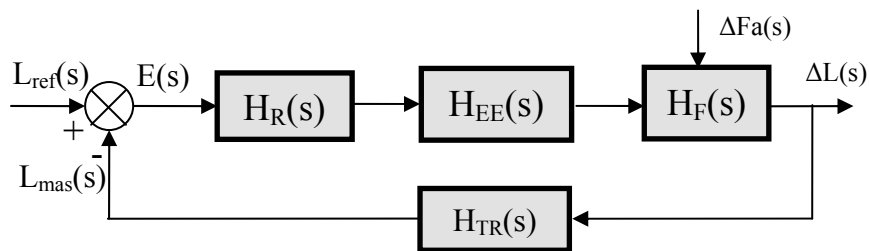


Figura 3.

Figure 3.

3. IMPLEMENTARE ALGORITMULUI DE OPTIMIZARE – REFERINȚĂ DE PUTERE

3. IMPLEMENTATION ALGORITHM OPTIMIZATION - REFERENCE POWER

În cadrul acestei metode de optimizare se urmărește ca puterea totală, obținută prin însumarea puterilor debitate de către cele trei bazine, să fie menținută constantă, la o valoare setată de utilizator, cât mai mult timp posibil.

In this method of optimization is desirable that the total power produced by power cut by the addition of three pools, to be kept constant to a value set by the user, as long as possible.

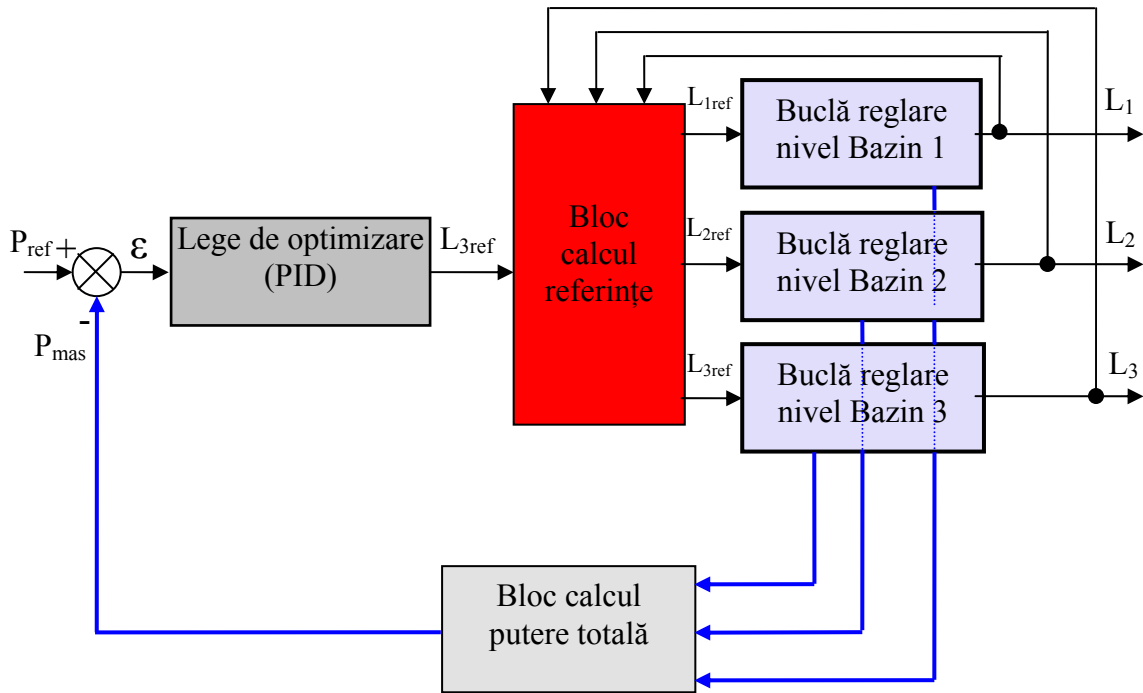


Figura 4.

Figure 4.

Algoritmul de optimizare trebuie să plece de la următoarea premisă: ținând cont că puterea este direct proporțională cu comanda dată către pompe, la un moment dat, comanda cea mai mare va corespunde bazinului care are nivelul cel mai mare, deci comanda va fi stabilită proporțional în funcție de raportul dintre nivelele existente în bazine. Schema bloc de reglare este prezentată în Fig.4.

Bucă de reglare a nivelului este identică cu cea prezentată în fig.3. Blocul așezat pe reacție are rolul de a calcula puterea totală debitată de cele trei pompe, plecând de la următoarele relații:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad \text{unde} \quad P_1 = ku_1, P_2 = ku_2 \text{ și} \quad P_3 = ku_3 \quad (1)$$

Plecând de la relație prezentată mai sus, vom avea:

$$P = k(u_1 + u_2 + u_3) \quad (2)$$

Ținând cont de domeniile presupuse de variație ale puterilor $P_i \div 0..10[MW]$ și de domeniul de variație al comenzii $u_i \div 0..100[\%]$ și de relația (1), valoarea lui k va fi:

Optimization algorithm must start from the following premise: given that power is directly proportional to the order given by the pumps at some point will meet the highest order basin that has the highest level, so the order will be determined proportionally the ratio of existing levels in pools. Adjustment block diagram is shown in fig.4. Adjustment of the level loop is identical to that shown in fig.3. Block put on side is to calculate the total power flow of the three pumps, starting from the following relationship:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad \text{where}$$

$$P_1 = ku_1, P_2 = ku_2 \text{ și} \quad P_3 = ku_3 \quad (1)$$

Starting from the relationship described above, we have:

$$P = k(u_1 + u_2 + u_3) \quad (2)$$

Given the suspected areas of power change $P_i \div 0..10[MW]$ and field variation of order $u_i \div 0..100[\%]$ and the relationship (1), value of k will be:

$$k = \frac{P_i}{u_i} = \frac{0..10[MW]}{0..100[\%]} = \frac{1}{10} [MW] = 0.1[MW] \quad (3)$$

To highlight operations that are performed to

$$k = \frac{P_i}{u_i} = \frac{0..10[MW]}{0..100[\%]} = \frac{1}{10}[MW] = 0.1[MW] \quad (3)$$

Pentru a evidenția operațiile care sunt efectuate în blocul de calcul al referințelor facem următoarele notații:

$$\frac{L_1}{L_2} = K_1 \text{ și } \frac{L_2}{L_3} = K_2. \quad (4)$$

Plecând de la aceste relații și ținând cont de faptul că puterea este direct proporțională cu comanda vom obține următoarele relații pentru noile referințe de nivel ce se aplică buclilor de reglare a nivelului:

$$\frac{L_{1ref}}{L_{2ref}} = K_1 \text{ și } \frac{L_{2ref}}{L_{3ref}} = K_2. \quad (5)$$

Prelucrând relațiile (5) se obține:

$$L_{1ref} = K_1 L_{2ref} \text{ și } L_{2ref} = K_2 L_{3ref}, \quad (6)$$

deci operațiile care se efectuează în blocul de calcul al referințelor sunt:

$$\begin{cases} L_{1ref} = K_1 K_2 L_{3ref} \\ L_{2ref} = K_2 L_{3ref} \\ L_{3ref} = L_{3ref} \end{cases} \quad (7)$$

Pentru calculul mărimii de intrare în blocul de calcul referințe (L_{3ref}) se folosește o lege de reglare de tip PID care are următoarea funcție de transfer:

$$H_{PID}(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{T_\gamma s + 1} \right), \quad \text{unde: } K_R -$$

coeficient de proporționalitate, T_i -constantă de timp de integrare, T_d -constantă de timp derivativă, T_γ -constantă de timp parazită

Funcționarea acestei legi de reglare este în logică inversă, adică pentru o creștere a puterii, comanda este de scădere a nivelelor, adică să se turbioneze mai multă apă. Acordarea regulatorului s-a făcut experimental.

Pentru a înțelege mai bine cum trebuie să funcționeze această lege vom prezenta următorul exemplu: considerăm că nivelul în primul bazin este $L_1=20\%$, nivelul în bazinul al doilea $L_2=40\%$ și $L_3=80\%$ și presupunem că valoarea puterii pe care trebuie s-o asigure cele trei părți ale procesului este 20MW.

Cu aceste nivele se calculează valorile celor

calculate the reference block do the following notations:

$$\frac{L_1}{L_2} = K_1 \text{ și } \frac{L_2}{L_3} = K_2. \quad (4)$$

Starting from these relations and taking into account the fact that power is directly proportional to the order we obtain the following relations for the new reference level loops applicable adjustment level:

$$\frac{L_{1ref}}{L_{2ref}} = K_1 \text{ și } \frac{L_{2ref}}{L_{3ref}} = K_2. \quad (5)$$

Working with relations (5) is obtained:

$$L_{1ref} = K_1 L_{2ref} \text{ and } L_{2ref} = K_2 L_{3ref}, \quad (6)$$

so operations performed in calculating the reference block are:

$$\begin{cases} L_{1ref} = K_1 K_2 L_{3ref} \\ L_{2ref} = K_2 L_{3ref} \\ L_{3ref} = L_{3ref} \end{cases}. \quad (7)$$

To calculate the size of entry into the block account references (L_{3ref}) using a PID law regulating type having the following transfer function:

$$H_{PID}(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \frac{T_d s}{T_\gamma s + 1} \right),$$

where: K_R - coefficient of proportionality, T_i - integration time constant, T_d - Derivative time constant, T_γ - time constant parasite

The operation of this law is the logical inverse adjustment, ie an increase in power, the command is lowering levels, ie more water to swirl. Grant regulator has been traced.

To better understand how to operate this law we will present the following example: Consider that the first tank is $L_1=20\%$, the second level in the basin $L_2=40\%$ și $L_3=80\%$ and assume that the amount of power that we have to ensure the three parts of the process is 20MW. With these levels are calculated values of two constants: $K_1=K_2=0.5$.

Given the levels above values we find that the third basin to produce more energy. Given the relation (7) and the value of k we have the following relationship:

două constante: $K_1=K_2=0.5$.

Date fiind valorile nivelelor de mai sus ne dăm seama că bazinul al treilea trebuie să producă mai multă energie. Ținând cont de relația (7) și de valoare lui k avem următoarea relație:

$$u_1 + u_2 + u_3 = PK = 200 [\%].$$

Comanda u_3 trebuie să fie mai mare, de fapt $u_3 > u_2 > u_1$. Legea de reglare de tip PID va lucra invers pentru că, pentru a obține o comandă mai mare trebuie ca referința buclei de reglare a nivelului să fie mai mică pentru a forța procesul să aducă nivelul din bazin la valoarea prescrisă, lucru care duce la mărirea energiei produse, deci a puterii.

$$u_1 + u_2 + u_3 = PK = 200 [\%].$$

Command u_3 be less than actually $u_3 > u_2 > u_1$. Law regulating type PID will work to reverse that, to obtain a higher order should be that the reference loop adjustment level is less than to force the process to bring the basin to the prescribed amount, which leads to increased energy produced, so the power.

4. REZULTATE EXPERIMENTALE

The following figures are presented some results obtained by implementing the actual process application.

4. REZULTATE EXPERIMENTALE

În figurile următoare se prezintă câteva rezultate obținute prin implementarea aplicației pe procesul real.

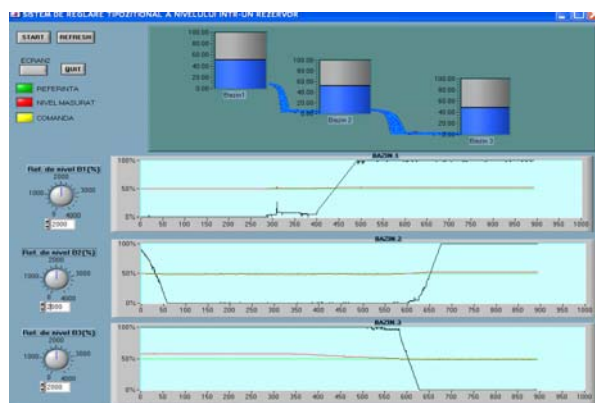


Figura 7

Figure 7

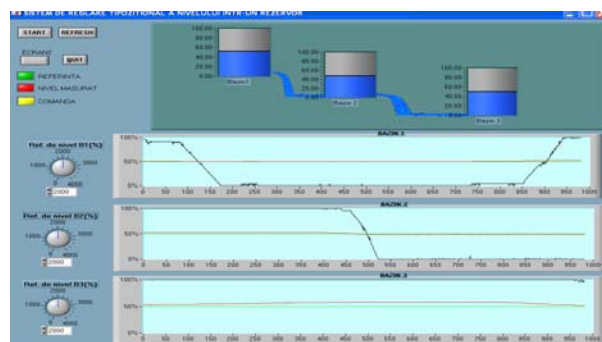


Figura 8

Figure 8

În Fig.7. se prezintă răspunsul celor 3 bucle de reglare relativ la menținerea mărimilor de referință constante. În Fig.8. se prezintă răspunsul celor 3 bucle de reglare relativ la menținerea mărimilor de referință constante,

In Fig.7. presented the response of the 3 loop adjustment to maintain relatively constant reference quantities. In Fig.8. presented the response of the 3 loop adjustment to maintain relatively constant reference quantities, plus

la care se adaugă modificarea perturbației pentru bazinul 3(cel de jos). Se poate observa pe graficul 3 că bucla de reglare încearcă să readucă nivelul la valoarea de referință, dar acest lucru se face cu un timp de răspuns relativ mare, datorat și faptului că nivelul în bazinul de jos este puternic influențat și de deversările din celelalte bazine.

change disturbance Basin 3 (the lower). It can be seen in Chart 3 that the adjustment loop trying to return to the baseline level, but this is a relatively large response time due to the fact that in the lower basin is strongly influenced by discharges from other basins .

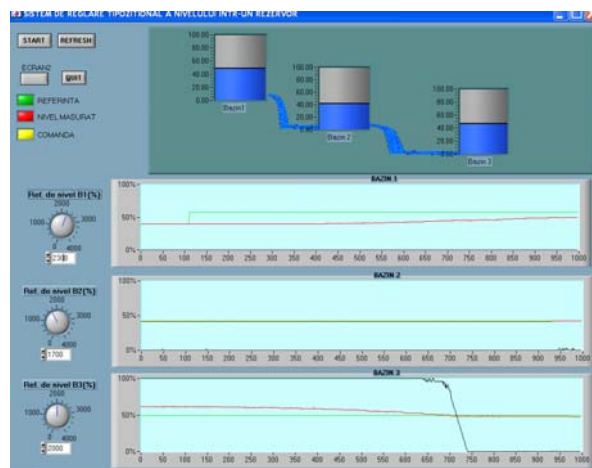


Figura 9

Figure 9

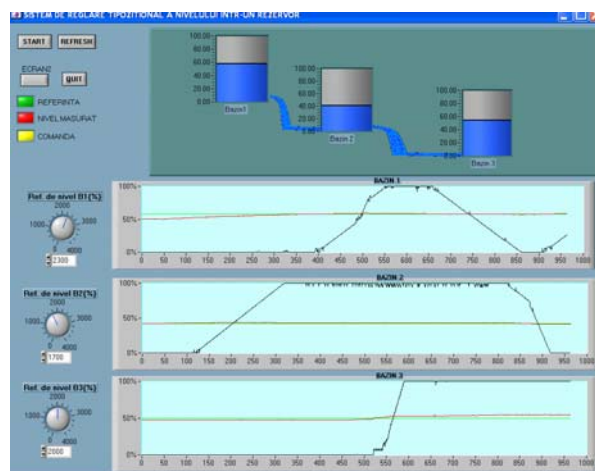


Figura 10

Figure 10

În Fig.9. se prezintă răspunsul celor 3 bucle de reglare relativ la menținerea mărimilor de referință constante pentru bazinele 2 și 3, și variația mărimii de referință pentru bazinul 1. Se poate observa că cele 3 procese sunt de fapt procese lente, și este foarte cunoscută ideea că “procesele lente sunt foarte greu de controlat”, deoarece având un timp de răspuns mare, răspunsul poate fi influențat de foarte multe perturbații care pot apărea în acest timp mare și de fapt se poate întâmpla

In Fig.9. presented the response of the 3 loops to keep adjusting the relative sizes of the constant reference to basins 2 and 3, and change size reference 1. Se Basin can be seen that the 3 processes are actually slow, and is well known idea that " slow processes are very difficult to control "as having a high response time, response may be influenced by many disturbances that may occur during this time and really big it may be that the answer to be the cause various disturbances

ca răspunsul să aibă drept cauză diverse perturbații și nu mărimea de comandă pe care am aplicat-o procesului. În Fig.10. se prezintă răspunsul celor 3 bucle de reglare relativ la menținerea mărimilor de referință constante. Se poate observa, că datorită conectării în cascadă a bazinelor și implementării unor bucle de reglare independente, practic cele 3 sisteme interacționează între ele, având mari șanse să se ajungă la instabilitate. Aceasta rezultă din vizualizarea comenzilor (graficul de culoare neagră).

and not the size of order we apply a process. In Fig.10. presented the response of the 3 loop adjustment to maintain relatively constant reference quantities. It may be noted that due to the cascade connection of river and implementation of self-regulating loops basically the 3 systems interact with each other, having chances to reach instability. This results from the viewing controls (black graph).

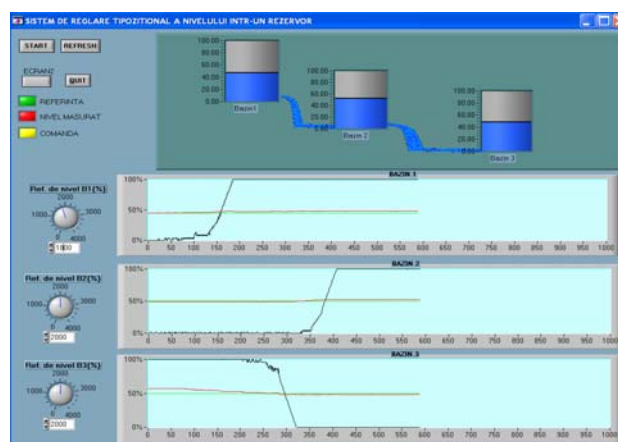


Figura 11

Figure 11

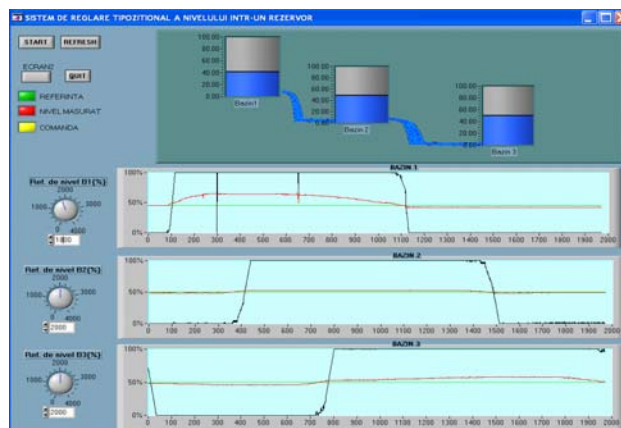


Figura 12

Figure 12

În Fig.11. se prezintă răspunsul celor 3 bucle de reglare relativ la menținerea mărimilor de referință constante și continuarea răspunsului din Fig.10.

In fig.11. presented the response of the 3 loop adjustment to maintain relatively constant reference quantities and further response of Fig.10.

În Fig.12. se prezintă răspunsul celor 3 bucle de reglare relativ la menținerea mărimilor de referință constante, la care se adaugă modificarea perturbației pentru bazinul 1 (cel de sus care nu este influențat de bazinele din

In fig.12. presented the response of the 3 loop adjustment to maintain relatively constant reference quantities, plus change disturbance Basin 1 (at the top which is not influenced by river downstream). It can be seen on Chart 1

aval). Se poate observa pe graficul 1 că bucla de reglare încearcă să readucă nivelul la valoarea de referință, dar acest lucru se face cu un timp de răspuns mai mic comparativ cu fig.3.9, unde s-a vizualizat influența unei perturbații pentru bazinul 3. Se poate observa că o perturbație (ploaie puternică și acumulare mare) la bazinul din amonte poate influența puternic toate bazinele din aval, după cum se observă din figură, întâi nivelul 2, și apoi nivelul 3.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Matei Vînătoru, „Conducerea Automată a Proceselor Industriale”, vol.2, Ed. Universitaria, 2005, ISBN 973-742-243-0
- [2] Mateescu A., Dumitriu N., Stanciu L. “Semnale și sisteme-Aplicatii în filtrarea semnalelor”, Ed. Teora, 2001, ISBN:973-20-0666-8
- [3] Buzdugan G., Fetcu L., Rades M. “Vibrațiile sistemelor mecanice”, Ed. Academiei Romane Bucuresti, 1975.
- [4] www.ni.com, Tutorial-*Control systems*, 2009

that the adjustment loop trying to return to the baseline level, but this is done with a faster response time compared fig.3.9 where he viewed the influence of a disturbance Basin 3. It may be noted that a disturbance (heavy rain and high accumulation) in the upstream catchment can strongly influence all downstream basins, as seen from the figure, the first 2, then level 3.

REFERENCES

- [1] Matei Vînătoru, „Conducerea Automată a Proceselor Industriale”, vol.2, Ed. Universitaria, 2005, ISBN 973-742-243-0
- [2] Mateescu A., Dumitriu N., Stanciu L. “Semnale și sisteme-Aplicatii în filtrarea semnalelor”, Ed. Teora, 2001, ISBN:973-20-0666-8
- [3] Buzdugan G., Fetcu L., Rades M. “Vibrațiile sistemelor mecanice”, Ed. Academiei Romane Bucuresti, 1975.
- [4] www.ni.com, Tutorial-*Control systems*, 2009