A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

O ABORDARE INFORMATIZATĂ ÎN DESCRIEREA PROCESELOR DINTR-O C.H.E.A.P.

Elena Iuliana ANGHEL, Răzvan ROMAN, Basarab Dan GUZUN

ONE INFORMATIC APPROACH TO DESCRIBE THE PROCESS FROM ONE HPP WITH STORING FACILITIES

In the conditions of today world wide rising price for conventional fuels, the renewables and especially those of hydro power domain are coming to play one more important role at higher efficiency. The most complex hydro power plant HPP having storing energy facilities is already planned in our country into the forseen future; it will be at the level of 1.000 MW/400 kV as rated power and transmission voltage with the expected commissioning term-by the year 2020.

Cuvinte cheie: centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj
Keywords: central hydroelectric reservoir by pumping

1. Noțiuni privitoare la necesitatea CHEAP în România

Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj se regăsesc în literatura de specialitate şi sub denumirea de "transformatoare hidroenergetice". Această denumire provine din nevoile acoperirii consumului electric care variază în funcție de curba de sarcină.

Ciclul transformărilor energetice este un complex electro-mecano-hidraulic şi constă din două faze distincte: faza primară (pomparea) și cea secundară (turbinarea).

Parametrii la care funcționează centrala sunt importanți, modificarea lor influențând atât randamentele centralei cât și parametrii

sistemului energetic cu care este în legătură centrala. Pentru a nu afecta frecvența fixă de 50 Hz a rețelei, s-a impus funcționarea mașinilor hidroenegetice la viteze constante.

Optimizarea funcționării echipamentelor pentru anumite condiții date s-a făcut pe baza graficelor viteza-înălțime-debit. În aceste grafice era ținută constantă viteza și se efectua reglarea pe baza celorlalți doi parametri. Astfel, s-a utilizat metoda supraîncărcării mașinii mecano-energetice (MME), care prezenta și dezavantajul reducerii randamentului mașinii. Pentru rezolvarea acestei probleme inginerești, în ultimii ani, s-au făcut studii care au adus în atenția specialiștilor o altă metodă și anume cea legată de *modificarea vitezei*, în mod continuu, corelat cu diferența de cotă hidraulică între cele două bazine.

2. Controlul vitezei motorului electric al CHEAP

Reglarea vitezei este un procedeu folosit pentru echipamentele la care condițiile de funcționare diferă din cauza modificării unor parametrii meteorologici. Implementarea acestei metode în cadrul centralelor hidroenegetice este foarte benefică deoarece se cunoaște faptul ca mașinile hidraulice au un randament crescut în cazul funcționării la sarcini parțiale.

Singura problemă care trebuie rezolvată este efectul metodei asupra parametrilor electroenergetici, în special a frecvenței. Problema a fost rezolvată prin introducerea în sistem a convertoarelor de frecvență / soft-starter bazat pe ciclo-convertoare de putere.

Metoda prezintă avantaje, precum eficiența crescută; controlul puterii active consumate în parea de pompare; controlul puterii reactive la punctul de legătură la rețea; posibilitatea injectării instantanee de energie în rețea, datorită energiei înmagazinate în echipamentele aflate în rotație; diminuarea proceselor de uzură prin abraziune în cazul unei ape cu mâl; control facil al proceselor, prin sistem SCADA, la distanță.

3. Studiu de caz

Luând în considerare cele de mai sus, studiul de caz se referă la un sistem hidroenergetic complex din România, prezentat în figura 1, alcătuit dintr-o stație de pompare și rețeaua hidraulică respectivă.

a) EM – motorul sincron, pornire asincronă; SP – conducta de aducțiune cu diametrul de 1.92x2.76 m^2, și lungimea L2 = 6500 m; DP – conducta de refulare cu diametrul de Φ D=1.3 m, și lungimea L1 = 360 m.

Notațiile și parametri stației de pompare sunt: CP – pompă centrifugă, anume 2 agregate în paralel, fiecare cu două căi de intrare debit absorbit; parametri pentru fiecare pompă sunt următorii:

- Debit: $Q_0 = 3\ m^3/s$
- Nivel $H_0 = 274\ m, H_2O$ column;
- Viteza de rotație $n_0 = 1000\ rev/min$
- Randament $\eta_0 = 90\%$

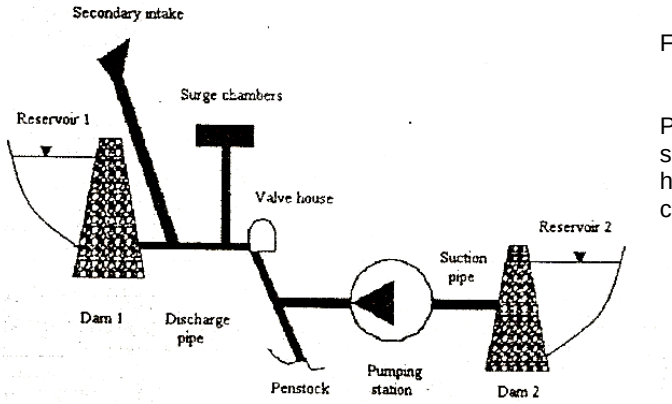

Fig. 1

Prezentarea sistemului hidroenergetic considerat

Diferența de nivel considerată dintre rezervoare este h_0=241 m (figura 2).

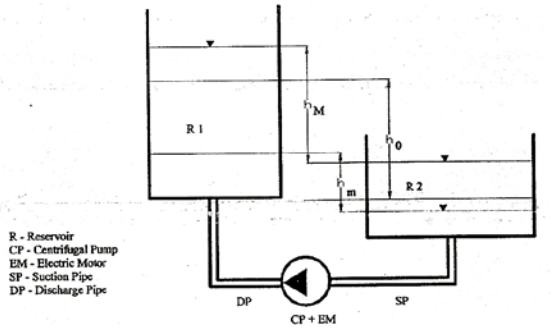

Fig. 2

Elementele sistemului hidraulic

Diferențele de nivel permise sunt:

$h_M = 253\ m;\qquad h_m = 198\ m.$

Datele sunt prezentate ca date inițiale de intrare.

Diagrama Q-H-n-η pentru cele două pompe centrifugale care lucrează în paralel este prezentată în figura 3.

Puterea este funcție de debit și viteza de rotație:

$$P = (\eta/1000)^3 * (1.213Q + 8.87) \quad (1)$$

unde: P este puterea electrică, [MW],

η – viteza de rotație, [rev/min],

Q – debit, [m^3/s].

Funcționarea intermitentă a sistemului depinde de nivelurile dintre rezervoarele R1 și R2. Procesul presupune transportul apei din rezervorul R2 în rezervorul R1.

Ecuația 1 are o importanță calitativă și este determinată de valoarea vitezie de rotație a rotorului pompei:

$$n_S = n(Q_0/2)^{1/2}(H_0/2)^{-3/4} = 71.75 \text{rev/min}$$

Vitezele extreme de rotație, necesare pentru funcționarea optimă a pompelor sunt determinate după cum urmează.

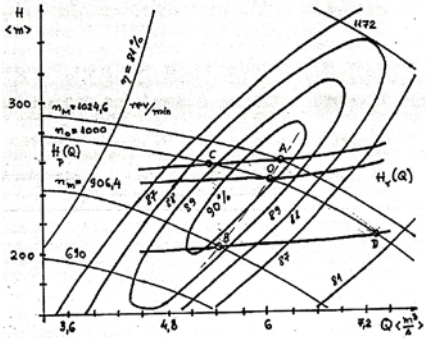

Fig. 3 Curbele caracteristice pentru cele două pompe funcționând în paralel

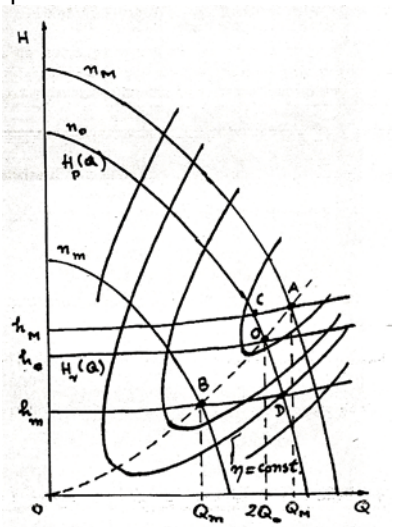

Fig. 4 Curbele caracteristice H-Q-n pentru sistemul de pompare

Din punct de vedere calitativ, ceea ce se va calcula începând cu nivelul considerat și terminând cu regimurile extreme se prezintă în figura 4.

Tabelul 1 prezintă principalele caracteristici ale celor două pompe, funcționând în paralel.

Tabelul 1

Pct	Regim	H [m]	Q [m^3/s]	P_u [MW]	P_{abs} [MW]	η [%]	n [rev/ min]
0	Considerat	247	6	14.538	16.118	90.2	1000
A=M	Viteza variabilă	259.3	6.148	15.639	17.338	90.2	1024.6
B=m		202.9	5.438	10.824	12.094	89.5	906.4
C=M	Viteza constantă	257.7	5.3	13.398	15.127	88.57	1000
D=m		210.9	7.323	15.153	18.419	82.27	1000

Cunoscând nivelul considerat H_0 = 247 m și debitul de $2Q_0$ = 6 m^3/s, constantă C ale rețelei este dată de:

$$H_r = h_0 + C(2Q_2)^2 = H_0 \tag{2}$$

Valoarea obținută este: $C = 1/6 \quad s^2/m^5$

Luând în considerare formulele de calcul pentru turbomașini:

$$Q = k_Q n \tag{3}$$

$$H = k_H n \tag{4}$$

Calculul parametrilor regimurilor extreme se rezumă la rezolvarea ecuțiilor (5), (6) și (7), respectiv (8), (9) și (10):

$$H_m = \left(H_0 / (2Q_0)^2\right) Q_m^2 \tag{5}$$

$$H_m = h_m + CQ_m^2 \tag{6}$$

$$n_m = (n_0 / Q_0) Q_m \tag{7}$$

Rezultatele sunt: debit Q_m = 5,438 m^3/s, înălțime H_m = 202,929 m și viteza n_m = 906,4 rev/min.

Pentru

$$H_M = \left(H_0 / (2Q_0)^2\right) Q_M^2 \tag{8}$$

$$H_M = h_M + CQ_M^2 \tag{9}$$

$$n_M = (n_0 / Q_0) Q \tag{10}$$

Rezultatele sunt: debit Q_M = 6,148 m^3/s, înălțime H_M = 259,299 m și viteza $n_m = 1024{,}6 \ \ rev/min$.

Analizând caracteristicile pompelor, figura 3, se poate determina prin interpolare eficiența și puterea electrică prezentate în tabelul 1.

Aportul la randament este de $\Delta\eta_{AC}$=1,63 % și $\Delta\eta_{BD}$ = 7,23 %. Aceste valori prezintă de ce este mai bună funcționarea la viteză variabilă a pompelor față de funcționarea la viteză constantă și de supraîncărcare.

A. Sistemul studiat

Sistemul prezentat în figura 5, asigură funcționarea la viteză variabilă a pompelor și oferă câteva avantaje remarcabile. Oricum cel mai important avantaj îl reprezintă eficiența ridicată. Trebuie menționată și o funcționare mai bună la viteze reduse, precum și un control mai bun al proceselor prin calculator. Acest sistem poate fi generalizat la alte sistemele hidraulice, în special pentru cele de putere mare.

Sistemul CHEAP prezentat în acest caz, are un generator de 24 MVA, 10/110 kV, funcționând insularizat, injectând în rețeaua electrică prin LEA 110 kV.

Celălalt Hidrogenerator al CHE poate funcționa la frecvența constantă; cele două unități sunt separate prin celule de cuplare introduse intenționat în schemă, oferind elasticitate sistemului.

Sistemul de pompare de 2x10 MW, 110/6 kV, 2x3 m^3/s, 1000 rot/min este situat la distanță - aproximativ 30 km, în munți.

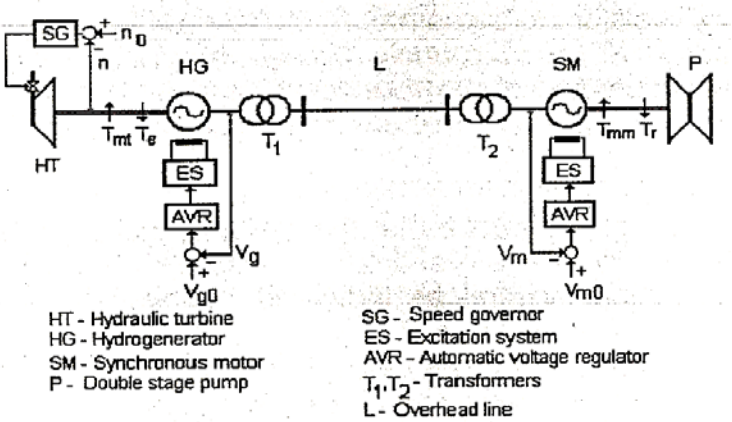

Fig. 5 Sistemul CHEAP

B. Implementarea în procedura de simulare - SIMULINK

Schema de simulare pentru sistem este prezentată în figura 6.

Pentru a se demonstra stabilizarea sistemului, la intrarea în generator se aplică un semnal treapta de 1,025. Rezultatele simulării pe partea de hidrogenerator sunt prezentate în figura 6.

Nivelurile din cele două lacuri sunt communicate prin GPS către centrală, iar sistemul de conducere al centralei poate funcționa la frecvență variabilă, pentru a se obține randamentul maxim pentru PPS. Pe partea de motor, se observă evoluția parametrilor în momentul introducerii treptei.

Condițiile de funcționare impuse prin practica determină un interval de funcționare a sistemului de pompare cuprins între 906,4 și 1024,6 rev/min, ce diferă de valoarea folosită actual și anume 1000 rev/min. Această viteză de 1000 rev/min a fost impusă de frecvența națională de 50 Hz, dar se demonstrează că nu este cea mai bună soluție pentru funcționarea pompelor.

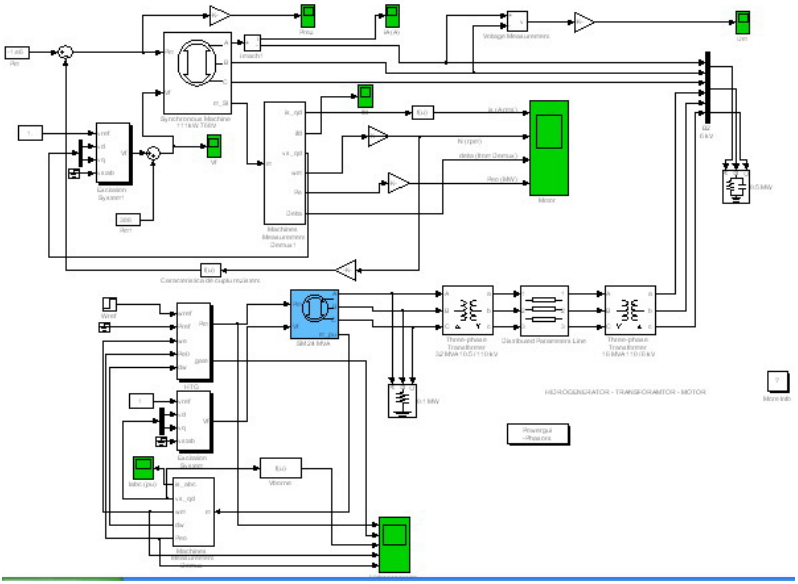

Fig. 6 Simularea sistemului studiat

C. Rezultatele simulării

Rezultatele simulării se bazează pe ecuațiile standard ale mașinii sincrone. De aceea, o creștere cu 10 rot/min. echivalent cu 3 % determină creșterea în câteva secunde a vitezei de rotație a HG. Motorul reacționează mai greu, atingând puterea limita cu ceva delay, care nu depășește 10-15 s.

Pe partea HG, creșterea cuplului activ determină creșterea promptă a curentului statoric și a puterii active astfel injectate.

Pe partea motorului, comanda primită prin intermediul liniei de 110 kV determină un răspuns la fel de prompt prin creșterea curentului statoric și absorbția de putere reactivă la scăderea tensiunii statorice.

Această aplicație este caracteristică unei funcționării spate-în-spate în anumite condiții locale.

4. Concluzii

■ Avantajele funcționării la viteză variabilă a unui sistem de pompare în cadrul unui sistem hidraulic sunt următoarele:

- eficiență crescută;
- controlul puterii active consumate în partea de pompare;
- controlul eficient de puterii reactive în punctul de injecție/rețea;
- posibilitatea injectării instantanee de energie în rețea, datorită energiei înmagazinate în echipamente turnante, aflate în rotație;
- reducerea proceselor de abraziune în cazul unei ape cu mâl;
- un control mai bun printr-un sistem de calcul standard;
- presetarea condițiilor de funcționare (înălțimea și debitul).

■ Aplicația ia în considerare anumite regimuri de funcționare precum și condiții specifice de lucru dintre care - unele foarte dificile.

■ Pentru funcționarea acestei scheme, se folosesc convertoare de frecvență și/sau soft-startere bazate pe module electronice de putere.

■ Lucrarea prezintă simplu și, evident mai ieftin, un sistem de funcționare spate-în-spate, în care un HG-aval determină funcționarea sistemului de pompare la viteză variabilă, pentru a demonstra avantajele acestui tip de funcționare, la un redus minim investițional.

BIBLIOGRAFIE

[1] * ***** *Normativ de proiectare a sistemelor informatice pentru coducerea prin dispecer a instalaţiilor energetice din SEN*, RENEL, 1997.
[2] Duşa, V., Vaida, V., *Comanda şi controlul funcţionării reţelelor electrice*, Editura tehnică, Bucureşti, 2001.
[3] *** * *** *PE 501-3/95 Normativ pentru proiectarea sistemelor de circuite secundare ale staţiilor electrice,* vol 3, Renel.
[4] *** * *** *Studiu de fezabilitate pentru realizarea CHEAP Tarnița –Lăpușteşti. Vol 1 Memoriu de sinteză,* ISCE 2003.
[5] Mihoc, D., ş.a., *Conducerea şi automatizarea instalaţiilor energetice*, Editura Printech, Bucureşti, 2006.
[6] Ispas, D., *Studiu pentru determinarea impactului tehnico-economic asupra cascadei de hidrocentrale din amenajarea Râul Someșul Mic a CHEAP Tarnița-Lăpușteşti,* STSDA. Bucureşti, 2005.