



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

SISTEME DE MONITORIZARE ÎN CONDIȚII DE RISC A CENTRALELOR HIDROELECTRICE CU ACUMULARE PRIN POMPARE (CHEAP)

Cătălina Cristina PETICĂ, Elena Iuliana ANGHEL,
Basarab Dan GUZUN, Iulian BARBOIANU, Mihai Șerban SINDILE

MONITORING SYSTEMS IN HAZARDOUS CONDITIONS OF HYDROELECTRIC PUMPED STORAGE (CHEAP)

The primary purpose of modern automation purposes of modern automatic control systems of hydroelectric plants are:

- Automatic adjustment of speed (frequency) and/or power energy group known as Automatic speed control systems (SRAV)
- Automatic adjustment of the voltage generator known as automatic control systems excitation (SRAE)
- Adjust the water level in the reservoir and swirled flow, depending on the spatial requirements
- Protection hydropower group to failures, defects or on the electric or hydraulic side.

Keywords: automatic control systems, automatic adjustment of speed, generator voltage

Cuvinte cheie: sistemelor de conducere automată, reglarea automată a turației, tensiunii generatorului

1. Introducere

Funcțiile SCADA sunt:

a) achiziții și schimb de date

Funcția de achiziție și schimb de date este utilizată pentru a interfața dispozitive și sisteme externe la sistemul EMS-SCADA, în scopul achiziției și transmisiei datelor.

Dispozitivele tipice pentru sisteme externe includ;

- alte sisteme EMS-SCADA;
- calculatoare (cu funcții de supraveghere și control ale procesului tehnologic);
- stații de lucru și sisteme de interfață cu utilizatorul;
- RTU (Remote Terminal Unit - echipamente cu funcții de achiziții de date, comenzi în proces și comunicații de date cu echipamentele de calcul aflate la dispecerat energetic).

Tipurile de informații, care pot fi schimbate cu alte sisteme EMS-SCADA, includ:

• starea rețelei electrice și măsurători (putere, tensiune) în interiorul zonei controlate și regiunea de frontieră pentru estimarea regimului și scopurile analizei securității rețelei;

• starea rețelei electrice și măsurători (putere, frecvență) la interconexiuni în scopul realizării reglajului frecvență-putere AGC (Automatic Generation Control);

• măsurători pe rețeaua electrică pe interconexiuni în scopul calculului energiei;

- comenzi de telecontrol (pentru RTU);
- fișiere (baze de date, display, rapoarte);
- actualizarea bazei de date;
- mesaje operaționale (pierderea informației, informații de preț).

Informațiile trimise către sistemul de calculatoare central includ, de regulă, doar informațiile necesare pentru calculul regimurilor de funcționare și a energiei. Pentru un sistem tipic EMS-SCADA sunt prevăzute legături de date la RTU-uri localizate în stații de transformare și echipamente de putere în întreaga arie de serviciu.

Datele obținute de la RTU-uri sunt:

• starea (poziția întreruptorului, separatorului și semnalizării);

• date privind starea evenimentelor (stare marcată cu o precizie înaltă de timp);

• măsurători (puteri active și reactive pe linie și prin transformator, tensiunea pe bară, curentul de linie, poziția prizei transformatorului etc.).

Comunicația între RTL și sistemele EMS-SCADA aflate într-un punct de dispecer se face periodic.

Inițiativa comunicației o are sistemul de la nivel dispecer:

=> 2 secunde pentru transmiterea măsurătorilor de stare necesare controlului frecvenței;

=> 10 secunde pentru alte măsurători;

=> 30 min...ore pentru rapoarte de funcționare.

Rețeaua de transmisiuni poate fi constituită din: microunde, fibră optică, radio, circuite telefonice proprii sau închiriate, curenți purtători de înaltă frecvență pe linii de înaltă tensiune.

b) înregistrarea cronologică a evenimentelor

RTU monitorizează mărimile de interes din stațiile electrice și înregistrează modificările într-un buffer. Buffer-ul de evenimente este transmis către nivelul de dispecer la solicitarea acestuia.

Precizia de timp generală a mesajelor de stare este tipic ± 1 ms în interiorul RTU și ± 10 ms de-a lungul tuturor RTU. Pentru realizarea acestor nivele de precizie este necesar un sistem de sincronizare temporară a tuturor echipamentelor de calcul din cadrul sistemului.

Informațiile din înregistrările cronologice ale evenimentelor sunt utilizate pentru a analiza atât modul de funcționare a echipamentelor primare de comutație și a sistemului de protecții și automatizări, cât și pentru a verifica corectitudinea comenzilor operatorilor.

c) prelucrarea primară a datelor

Prelucrarea datelor include următoarele:

- procesarea datelor analogice scanate;
- procesarea datelor de stare scanate;
- citirea sumatoarelor de date procesate;
- citirea datelor în timp real.

Prelucrarea datelor analogice scanate include următoarele:

- transformarea citirilor mărimilor analogice în unități tehnologice ($y = mx + b$) și verificarea limitelor. Trei seturi de limite sunt utilizate în mod normal (prealarmare, avarie, operaționale);
- transformarea citirilor intrărilor numărător impuls în mărimi fizice și verificarea încadrării în limitele tehnologice;
- detectarea poziției echipamentului primar de comutație;
- detectarea stării protecțiilor și automatizărilor;
- verificarea integrității circuitelor de măsură.

d) analiza post avarie

Analiza post avarie presupune stocarea evenimentelor în ordine cronologică, cu o precizie de 1 ms într-un buffer. La apariția unei avarii, semnalizată de tranziția unei mărimi de intrare prestabilite, se

continuă înregistrarea cronologică pe intervalul de timp post avarie și apoi se depune înregistrarea cronologiei evenimentelor într-un fișier care să poată fi analizat ulterior.

e) actualizarea bazei de date de timp real

- actualizarea valorilor mărimilor analogice cu valorile nou citite;
- actualizarea pozițiilor echipamentului primar;
- actualizarea stării protecțiilor și automatelor;
- actualizarea rapoartelor de funcționare.

Baza de date de timp real va conține informații privind funcționarea sistemului în ultima zi.

f) baza de date cu informații istorice privind funcționarea sistemului

Datele din baza de date de timp real sunt salvate periodic în baza de date cu informații istorice.

Utilizarea unui sistem comercial de gestiune a bazelor de date permite realizarea într-un mod coerent a funcțiilor de actualizare, întreținerea și consolidarea bazei de date de către utilizatori. Este asigurată integritatea datelor.

g) teleconducere

Permite dispecerului să controleze echipamente localizate în stații de transformare și instalații electrice prin intermediul RTU:

- comutare întreruptoare (deschis/închis);
- comutare separatoare (deschis/închis);
- conectare/deconectare baterii de condensatoare,
- modificarea poziției prizei transformatorului;
- schimbarea parametrilor de funcționare.

Operațiile de control sunt supuse unor verificări privind intercondiționările dintre acestea și permisibilitatea execuției.

h) semnalizări și alarme

Detectate de sistemul de achiziție trebuie gestionate astfel încât să fie prezentate într-o manieră simplă și concisă numai pe acele console care necesită aceste informații. Alarmele pot fi preventive sau de avarie.

Pentru mărimile analogice este uzual să se definească 4 nivele de semnalizare preventivă (2 nivele pentru depășirea limitei preventive inferioare și 2 nivele pentru depășirea limitei preventive superioare) și 1 nivel de avarie (depășire limită avarie superioară, depășire limită avarie inferioară). Alarmele au un nivel de prioritate asociat. Nivelul de prioritate este dependent de pericolozitatea evenimentului.

Semnalizările tipice includ:

- lista tuturor alarmelor;
- lista alarmelor care nu au fost tratate, dar au fost inhibitate;
- lista celor mai recente alarme;
- lista filtrată a alarmelor cuprinzând cele mai periculoase alarme (selectarea se face prin tehnici de inteligență artificială).

Pentru echipamente a căror telecomandă este inhibată este prevăzută marcarea cu un simbol grafic, care să atragă atenția operatorului. Programele de calcul vor anula comenzile greșite către echipamentele marcate. Trebuie prevăzută posibilitatea adăugării de comentarii explicative pentru marcaje.

i) interfața utilizator

Interfața cu utilizatorul include următoarele:

- console grafice;
- echipamente de imprimare grafică;
- panouri sinoptice.

Consolele grafice au următoarea destinație:

- consola operator;
- consola simulator;
- consola instructor simulator;
- consola pentru planificare manevre;
- consola pentru calcule pentru prognoza predictivă;
- consola pentru mentenanța sistemului și întreținerea bazei de date.

Consolele trebuie să poată asigura:

- rotirea panoramică a display-ului (panning);
- modificarea dimensiunilor imaginilor (zooming);
- modificarea logică a dimensiunilor imaginilor (decluttering);
- capacitatea de a defini ferestre individuale pe același ecran (windowing).

Imprimante grafice

Jurnalele de evenimente și imaginile grafice vor fi tipărite la cerere. Se consideră necesare:

- 2 imprimante pentru conducerea operativă;
- 1 imprimantă pentru planificarea funcționării sistemului.

Panouri sinoptice

Pot fi selectate următoarele posibilități:

- panou mozaic cu schema instalației și semnalizări active (pozițiile întreruptorului, indicații de semnalizare în stații de transformare, indicații cu privire la tensiunea pe linie, tensiunea pe bară și/sau circulații pe linii);

- sistem de protecție video unic;
- mai multe sisteme de protecție video [1].

2. Avantajele automatizării în hidroenergetică

Centralele hidroelectrice permit un grad înalt de automatizare astfel încât să se asigure automat următoarele acțiuni:

- Pornirea și oprirea automată de la distanță sau printr-un programator orar local, pentru asigurarea cerințelor de putere activă sau reactivă în sistemul energetic, alegerea numărului optim de agregate în funcțiune pe o amenajare hidroenergetică și repartiția economică a sarcinii între agregate cu reducerea timpilor de funcționare în gol;

- Pornirea rapidă a grupului hidroenergetic, realizarea operațiilor de sincronizare și cuplare la sistemul energetic, fără a fi nevoie de pregătiri suplimentare de ordinul orelor precum în cazurile grupurilor termoenergetice, fapt ce asigură încărcarea rapidă la puterea nominală pentru acoperirea cerințelor stringente de putere în sistemul energetic, în caz de oprire accidentală a altor grupuri, fără sacrificarea nivelului de frecvență;

- Evitarea funcționării în gol a hidroagregatelor, diminuându-se consumul energetic al instalațiilor de servicii proprii, grupul putând fi repornit, atunci când este nevoie într-un timp extrem de scurt comparativ cu grupurile termoenergetice;

- Sistemele de protecție și control automat al grupurilor hidroenergetice permit detectarea în timp util a abaterilor de la regimul nominal de funcționare și asigură punerea în funcțiune a echipamentelor de rezervă sau scoaterea din funcțiune a echipamentului afectat cu evitarea avariilor;

- Având în vedere faptul că, în sistemul energetic național (SEN) există o serie de centrale hidroelectrice (CHE) de mare putere cu lac de acumulare (CHE Lotru-Ciunget-510 MW, Râul Mare Retezat - Clopodiva – 350 MW, Vidraru-Argeș-220 MW, Sebeș-350 MW, Bicaz-210 MW) există posibilitatea cuplării rapide a hidroagregatelor oprite, în cazuri de avarie în alte centrale, rezolvând problema deficitului de putere activă din SEN, pentru restabilirea echilibrului dintre putere consumată/generată și aducerea frecvenței la valoarea nominală.

Anumite centrale hidroelectrice pot fi programate pentru injecția de putere reactivă în sistem în scopul menținerii factorului de putere ($\cos \phi$) în domenii impuse și în acest caz, aceste centrale trebuie prevăzute cu un înalt grad de automatizare. În scopul atingerii acestor

aspecte în automatizarea grupurilor hidroenergetic, sarcinile sistemului automat pot fi împărțite în trei mari categorii:

a) Asigurarea cerințelor interne pentru siguranța grupului hidroenergetic, manevrabilitatea acestuia, controlul și siguranța amenajării hidroenergetice (lac de acumulare, conducte de transfer, conductă forțată, sisteme de evacuare a apei, eventual sisteme de repompare) precum și controlul serviciilor proprii.

b) Menținerea echilibrului putere produsă - putere consumată cu asigurarea valorilor impuse pentru frecvența și tensiunea în sistemul energetic.

c) Funcționarea la regim nominal economic a sistemului energetic în totalitate prin distribuția optimă a puterilor între centralele electrice din sistem, transportul economic la distanță și menținerea în limite date a sarcinii transformatoarelor și liniilor de transport.

Rezolvarea rapidă a sarcinilor de sistem prevăzute la punctele b și c poate fi asigurată de controlul automat complex al centralelor hidroelectrice în special prin sistemele de reglare automată a excitației SRAE (asigurând reglarea tensiunii în sistem) și prin sistemele de reglare automată a vitezei SRAV (asigurând reglajul de frecvență).

SRAE asigură creșterea stabilității funcționării în paralel a CHE cu SEN și favorizează restabilirea rapidă a tensiunii în rețea în urma scurtcircuitelor ce pot apare pe liniile de transport și distribuție a energiei electrice.

SRAV asigură conservarea frecvenței în SEN și controlul turației agregatelor pentru evitarea regimurilor tranzitorii periculoase (supra și sub turație).

O centrală hidroelectrică este prevăzută cu următoarele sisteme de comandă, reglare și protecție:

- Sistem de pornire/oprire automată a grupului (prin apăsarea unui buton de pornit/oprit);
- Sistem de sincronizare automată și cuplare la sistemul energetic;
- Sistem de reglare automată a vitezei (turației) grupului (SRAV);
- Sistem de reglare automată a excitației generatoarelor sincrone (SRAE);
- Sistem de reglare automată a nivelului apei în lacul de acumulare și a puterii CHE;
- Sisteme de protecție automată a echipamentelor electrice și mecanice din centrală;
- Sisteme de detecție și stingere automată a incendiilor;
- Sisteme de ungere automată a lagărelor hidroagregatelor;

- Sisteme de frânare/ridicare automată a rotoarelor hidroagregatelor;
- Sisteme de comandă de la distanță a vanelor și stăvilarelor;
- Sisteme de monitorizare a nivelurilor apei și a debitelor în diverse puncte ale amenajării hidroenergetice;
- Sisteme de anclanșare automată a rezervei (AAR) și reanclanșare automată rapidă (RAR).

Gradul de automatizare al unei CHE, mai avansat sau mai simplu este dictat, din faza de construcție și se alege funcție de regimurile de lucru prevăzute de proiectant și de rolul acesteia în sistemul energetic [2].

3. Sisteme SCADA - Control, Supervizare și Achiziție de date pentru hidrocentralele amenajate pe cursul unei ape

O amenajare hidroenergetică cuprinde un lac de acumulare principal, cu capacitate mare de stocare a apei, ce colectează apele curgătoare și pluviale de pe versanții munților ce alimentează centrala hidroelectrică principală construită în zona ce permite exploatarea configurației terenului pentru a asigura maxim de cădere hidraulică și minim de pierderi energetice pe conductele de transport a apei. În aval de această centrală se construiește o cascadă de hidrocentrale de putere mai mică ce utilizează debitul de apă al centralei din aval la care se mai adaugă apa captărilor secundare dintre cele două centrale.

Aceste centrale, denumite centrale pe firul apei, au un lac de acumulare cu capacitate mică de stocare, o cădere brută uzual mică și în care puterea debitată este funcție de debitul primit de la centrala din aval.

Este clar, în acest caz, că apare necesitatea implementării unui sistem de tip SCADA, pentru corelarea funcționării ansamblului de hidrocentrale construite în cascadă pe firul unei ape, în scopul utilizării la maxim a energiei hidraulice disponibile în orice moment de timp.

Un asemenea sistem trebuie organizat într-o structură distribuită ierarhizată pe trei niveluri funcționale și anume:

- Nivelul 1 - cuprinde sistemele SCADA de la fiecare centrală hidraulică în parte ce monitorizează sistemele de reglare, comandă de la distanță și protecție la fiecare grup în parte.
- Nivelul 2 - cuprinde sistemul SCADA din camera de comandă a dispecerului energetic al cascadei de hidrocentrale.
- Nivelul 3 - cuprinde sistemul SCADA al dispecerului energetic al zonei energetice (off-Site).

Uzual, Nivelul 2 și Nivelul 3 formează o structură integrată de echipamente de calcul grupate în aceeași clădire.

Sistemul SCADA acoperă sarcinile de monitorizare de la Nivelul 2 - Dispecerul hidroenergetic al ansamblului de hidrocentrale și Nivelul 3 - Dispecerul energetic al zonei energetice (distribuție și transport energie electrică) acoperită de ansamblul de hidrocentrale. Dispecerul hidroenergetic este constituit dintr-o serie de servere și console care sunt cuplate între ele prin intermediul unei rețele locale (LAN) de tip Ethernet.

Elementele constitutive ale nivelului dispecer sunt:

- Serverele de comunicație primare (comandate prin linie telefonică) și secundare (conectate prin radio) care au rolul de a citi datele achiziționate în centralele hidroelectrice cu un număr maxim de 8 canale pe server pentru comunicația pe fir. Menținerea numărului de canale de comunicație la 8 este făcută din motive de scalabilitate și disponibilitate a sistemului de comunicație. Sistemul de operare folosit este de tip UNIX (QNX) iar protocolul de comunicație cu serverul SCADA este TCP/IP. Protocolul de comunicație cu CHE este compatibil cu protocolul IEC 870-5-101;

- Serverul SCADA primar este serverul care menține baza de date în timp real a nivelului dispecer. El este dublat de un server SCADA secundar care lucrează în regim de rezervă caldă pentru creșterea fiabilității sistemului. Sistemul de operare folosit este Windows 2000 iar pentru dezvoltarea aplicației se folosește pachetul SCADA iFIX. Datele din centrale sunt citite de la serverele de comunicație prin intermediul unor drivere de tip OPC (OLE for Process Control). Sistemul SCADA folosit permite utilizatorului să-și dezvolte propriile ecrane de aplicație, să-și definească variabile în baza de date de timp real, să elaboreze rapoarte, să definească și să modifice drepturile de acces la informație, să memoreze istoria unor anumite valori;

- Serverul de baze de date are rolul de a memora datele istorice și folosește ca sistem de operare Windows 2000, iar ca sistem de gestiune a bazelor de date sistemul SQL Server 2000;

- Consolele operator sunt de două feluri: console care permit efectuarea de comenzi și console care permit numai vizualizarea datelor din proces. Aceste console folosesc sistemul de operare Windows 2000 și sunt furnizate de pachetul SCADA iFIX;

- Consola de inginerie de la care utilizatorul își va putea dezvolta aplicația în funcție de cerințele suplimentare pe parcurs sau în cazul extensiei sistemului;

- Simulatorul de CHE care este alcătuit dintr-o consolă operator și dintr-un calculator de automatizare ale cărui intrări sunt legate la un panou cu comutatoare și potențiometre iar ieșirile la indicatoare luminoase. Are aceleași caracteristici ca și nivelul CHE și are ca scop simularea diverselor situații din CHE în scopul pregătirii și instruirii operatorilor de la dispecer sau de la centrale;

- Afișoare de tip wall-display care sunt cuplate la un server de afișare și care au rolul de a permite vizualizarea de scheme sinoptice care să poată fi văzute de dispeceri. Serverul este cuplat la nivelul rețelei locale, rulează o aplicație de consolă SCADA folosind sistemul de operare Windows 2000 permițând operatorilor de la dispecer să stabilească imaginile ce sunt afișate [2].

BIBLIOGRAFIE

[1] Chiuță, I.N., Chiuță, I.Al., *Sisteme de achiziție și transmiterea datelor*, Editura ICPE, București, 1999.

[2] * * * <https://www.google.ro/#q=sisteme+de+monitorizare+a+centralelor+hidroelectrice>, http://www.automation.ucv.ro/scd/Cap86PAG77_100.pdf.

Prof.Dr.Ing. Basarab Dan GUZUN,
e-mail: guzunbasarabdan@yahoo.com

Drd.Ing. Cătălina Cristina PETICĂ,
e-mail: catalinapetica@yahoo.com

Drd.Ing. Elena Iuliana ANGHEL
Drd.Ing. Iulian BARBOIANU

Drd.Ing. Mihai Șerban SINDILE
e-mail: sindilems@yahoo.com

Universitatea *Politehnica* București