

Optimizarea funcționării sistemului hidrogenerator de la Centrala Hidroelectrică Râul Mare – Retezat

Teză de doctorat – Rezumat

pentru obținerea titlului științific de doctor la
Universitatea Politehnică Timișoara
în domeniul de doctorat Inginerie Energetică

autor ing. Flaviu Dilertea

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Flavius Dan Șurianu

luna 05 anul 2018

Capitolul 1 are un caracter introductiv, cuprinzând atât încadrarea și justificarea tematicii care constituie obiectul preocupărilor din cadrul tezei de doctorat, în contextul stadiului actual al evoluției sistemelor electroenergetice și al preocupărilor existente pe plan mondial și la noi în țară, cât și prezentarea sintetică a conținutului fiecărui capitol al tezei.

În ultimele decenii omenirea asistă la o creștere rapidă a consumului mondial de energie datorită dezvoltării societății, a creșterii populației pe glob și al nivelului de trai al acesteia, a industrializării țărilor în curs de dezvoltare, a creșterii numărului mijloacelor de transport etc. Viitorul lumii civilizate depinde de fapt de cantitatea de energie de care pot dispune oamenii. Problema care se pune astăzi este aceea a măsurii în care poate fi asigurată energia necesară dezvoltării permanente a societății. În această direcție părerile specialiștilor sunt încă divergente. Unii sunt pentru utilizarea intensivă a rezervelor clasice, alții consideră că soluția este utilizarea resurselor regenerabile. În ambele situații energia apei va fi cu siguranță una dintre resursele primare.

România deține locul 5 în Europa în ceea ce privește potențialul hidroenergetic teoretic cu 85 TWh/an, dintre care potențialul tehnic amenajabil fiind de 23 TWh/an. De fapt, acest potențial al țării noastre a fost identificat de către Dorin Pavel, părintele hidroenergeticii românești, care în anul 1933, după ce a absolvit Școala Politehnică din Zürich (1923) a publicat lucrarea fundamentală „Planul general de amenajare a forțelor hidraulice ale României”. De menționat aici faptul că la absolvirea facultății, Dorin Pavel a fost încadrat ca asistent la Politehnică din Zürich, unde și-a susținut teza de doctor în științe tehnice în anul 1925 și i s-a oferit șansa de a deveni conferențiar în cadrul aceleiași școli și de a-și dezvolta o carieră didactică. „Am mulțumit tuturor profesorilor, arătând că am obligația față de părinți și țară și trebuie să mă întorc acasă”[53].

În ceea ce privește dezvoltarea sistemului electroenergetic al țării și folosirea forței apei la producerea energiei electrice este de referință și „Planul de electrificare a țării și de folosire a apelor”, adoptat în anul 1950.

Sucursala Hidrocentrale Hațeg a luat ființă în anul 1976, concomitent cu începerea derulării investițiilor la amenajarea hidroenergetică a Râului Mare, având în perspectivă amenajarea în continuare a râului Strei.

În cei aproape 40 de ani de existență, sub controlul S.H. Hațeg, amenajarea Râului Mare a trecut din faza de proiect în stadiul de exploatare parțială pentru barajul Gura Apelor și exploatare normală pentru toate celelalte acumulări și centrale aflate în avalul centralei hidroelectrice Retezat.

Uzina hidroelectrică Retezat realizează amenajarea pentru producerea de energie prin captarea debitelor Râului Mare în lacul Gura Apelor, a debitelor cursurilor de apă întâlnite de aducțiunea secundară Râu Bărbat și a debitelor cursurilor de apă întâlnite de aducțiunea principală.

În aval de centrala Retezat este realizată centrala de joasă cădere Clopotiva, cu rol de centrală de restituție. Centrala Clopotiva este supraterană, echipată cu 2 grupuri Kaplan. Uzina hidroelectrică Retezat împreună cu salba de centrale din aval, prin faptul ca pot porni în interval de câteva minute, asigură o buna acoperire a vârfului de sarcina, chiar și în perioada de vara, când Râu Mare asigură totuși un debit destul de consistent. Amenajarea este deci o veriga importantă a Sistemului Energetic Național.

Capitolul 2 prezintă un scurt istoric al Sucursalei Hidrocentrale Hațeg și al amenajării hidroenergetice Râu Mare. De asemenea, sunt descrise detaliat toate părțile hidro componente ale amenajării, în ordinea firească a parcurgerii lor de către apă: barajul, priza de apă, aducțiunile, galeriile, castelul de echilibru, vanele, turbina și galeria de fugă. Prezentarea se face atât în ceea ce privește rolul funcțional al acestora, cât și caracteristicile lor.

Sucursala Hidrocentrale Hațeg a luat ființă în anul 1976, concomitent cu începerea derulării investițiilor la amenajarea hidroenergetică a Râului Mare, având în perspectivă amenajarea în continuare a râului Strei.

În cei aproape 40 de ani de existență, sub controlul S.H. Hațeg, amenajarea Râului Mare a trecut din faza de proiect în stadiul de exploatare parțială pentru barajul Gura Apelor și exploatare normală pentru toate celelalte acumulări și centrale aflate în avalul centralei hidroelectrice Retezat.

Amenajarea hidroenergetică a Râului Mare cuprinde două sectoare distincte:

- amenajarea Râu Mare amonte: uzină de cădere mare;
- amenajarea Râu Mare aval în trepte: de cădere mică.

Uzina hidroelectrică Retezat realizează amenajarea pentru producerea de energie prin captarea debitelor Râului Mare în lacul Gura Apelor, a debitelor cursurilor de apă întâlnite de aducțiunea secundară Râu Bărbat și a debitelor cursurilor de apă întâlnite de aducțiunea principală.

Barajul Gura Apelor realizează acumularea principală a Centralei Hidroelectrice Râu Mare Retezat, fiind situat pe sectorul amonte al Râului Mare (afluent al râului Strei), la cca. 600 m aval de confluența pâraielor Lăpușnicul Mare, Lăpușnicul Mic și Râu Șes. Lacul Gura Apelor se află pe limita dintre județele Hunedoara și Caraș – Severin. Orașul cel mai apropiat, Hațeg, la cca. 47 km aval de barajul Gura Apelor are ca folosință exclusivă producerea de energie electrică. Debitul captat din acumulare este tranzitat prin aducțiunea principală (L = 18,4 km) care se continuă cu galeria forțată, fiind turbinat în centrala Retezat.

Lucrul la această acumulare a fost început în 10 ianuarie 1975 pentru ca în mai 1986 centrala Retezat să fie pusă în funcțiune, barajul fiind finalizat în totalitate abia în anul 1999.

Această amenajare a apărut ca nevoie a aplanării vârfului de sarcină într-un moment în care industria românească era în plina dezvoltare. Cu ajutorul lacului se efectuează de asemenea și o regularizare multianuală a debitelor.

Priza de apă este echipată cu o instalație formată din ansamblu batardou a 3,0 x 4,5 / 115 și ansamblu vană plană 3,0 x 4,5 / 115 în greutate de 40 t fiecare.

Aducțiunea principală este o galerie de 18432 m lungime, până la castelul de echilibru, cu diametrul interior 5,5 m înainte de betonare, respectiv 4,9 m în formă finală, obținută în mare parte cu metode clasice de împușcare cu dinamită, dar și cu o mașina moderna. Mașina Robins de excavare la secțiune plină a fost folosită în acest șantier în premieră națională. Cu

ajutorul acesteia se excava 3 m de galerie pe oră la o secțiune de 5,5 m, excavându-se o lungime de 7311 m.

Castelul de echilibru este de tipul mixt, și are rolul de a limita variațiile bruște (creșteri, scăderi) de presiune în galeria forțată (lovitura de berbec), și de a opri transmiterea lor pe aducțiunea principală, cât și de a crea o rezervă de apă care să permită intrarea rapidă în sarcină maximă a centralei.

Galeria de acces la casa vanelor fluture are o lungime de 336 m. Casa vanelor fluture este amplasată în subteran, la capătul aducțiunii principale. În caverna cu dimensiunile de 18,4x12,0x13,0 m, așezată la cota 921 mdM, cu acoperire de rocă de cca. 140 m, se găsesc cele două vane fluture VF 360-175, precum și toate instalațiile ce deservește aceste vane, inclusiv un pod rulant de 32 tf. Aceste vane permit golirea galeriei forțate fără a goli întreaga aducțiune.

Conducta forțată asigură accesul apei din aducțiunea principală la turbine. Este amplasată între casa vanelor fluture și galeriile distribuitorilor. Rolul ei este de a transforma energia potențială a apei în energie cinetică. Are lungimea de 841 m, o înclinație de 32 grade și un diametru interior de 3,6 m. Virolele metalice de blindaj au grosimi între 25 și 65 mm. Betonarea este executată cu beton fluidizat cu betonită, realizându-se o grosime de cca. 1m.

CHE Râul Mare Retezat este echipată cu două turbine de tipul Francis verticale în camere spirale metalice, cele mai mari de acest tip folosite într-o centrală de mare cădere, fabricate la Reșița.

Turbinele sunt amplasate în incinta centralei subterane, care are lungimea de 65 m, lățimea 16 m și înălțimea de 41,2m, echivalentul unei clădiri de 15 etaje.

Aparatul director este format dintr-un număr de 24 de pale Fink, legate prin intermediul unui sistem bielă-manivelă de un inel, care este acționat de două servomotoare cu ulei, comandate la rândul lor de către regulatorul de viteză.

Aparatul director are rolul de a regla debitul de apă care intră în turbina dinspre camera spirală, în funcție de necesarul de putere cu care trebuie încărcat generatorul. În cazul opririi turbinei, prin închiderea treptată a palelor aparatului director, se evită suprasolicitarea vanelor.

Capitolul 3 prezintă o descriere detaliată a părții electrice a centralei hidroelectrice Râul Mare Retezat. Este prezentat hidrogeneratorul cu părțile sale componente rotor și stator atât din punct de vedere constructiv cât și ca rol funcțional. De asemenea sunt descrise detaliat lagărele, sistemele de frânare și de ridicare, sistemul de detectare și stingere a incendiului, excitatoarea, transformatorul bloc și circuitele primare.

Hidrogeneratorul vertical sincron tip "HVS 490/240-12" este destinat echipării centralei hidroelectrice Râul Mare - Retezat. Hidrogeneratorul, este de tip suspendat și se cuplează direct și rigid cu turbina hidraulică tip Francis, care îl antrenează.

Rotorul hidrogeneratorului este format din arbore, coroană polară, poli și înfășurarea de excitație, el este susținut și ghidat de un lagăr axial-radial, amplasat în steaua inferioară. Steaua inferioară este fixată pe fundația din beton. Pe treapta următoare a fundației se găsește statorul hidrogeneratorului.

Statorul hidrogeneratorului se compune din carcasă, miezul magnetic și înfășurarea trifazată de înaltă tensiune. Pe inelul superior al carcasei este montată steaua superioară.

Răcirea uleiului din lagăre se realizează cu ajutorul răcitoarelor cu țevi montate în interiorul vanelor de ulei.

Răcirea hidrogeneratorului se realizează cu aer în circuit închis. Răcitoarele de aer sunt fixate de fundație și presate etanș pe carcasă, în dreptul unor degajări practice în acest scop. Atât la răcitoarele de ulei cât și la cele de aer, agentul de răcire este apă în circuit închis.

Spațiul hidrogeneratorului este separat față de cel al sălii de mașini prin intermediul unei plăci de acoperire fixată pe steaua superioară și fundație iar față de puțul turbinei printr-o diafragmă prinsă de steaua inferioară.

Steaua superioară este de construcție sudată, executată din tablă laminată din oțel. Steaua este compusă din corpul stelei și 6 brațe în forma de dublu T dintre care două demontabile, pentru asigurarea transportului la locul de montaj. Brațele demontabile se fixează de corpul stelei cu ajutorul flanșelor și a buloanelor de strângere. În corpul stelei superioare care formează vana de ulei se montează lagărul axial combinat cu lagărul radial superior. Pe suprafața exterioară a corpului stelei, peste orificiile special practicate, se montează cele 6 baterii de răcitoare ale lagărului axial, iar pe suprafața superioară a stelei, placa de acoperire.

Steaua inferioară este de construcție sudată; se compune din partea centrală și 6 brațe în formă de dublu T. Partea centrală o constituie vana lagărului radial inferior. Fundul vanei conține răcitoarele de ulei ale lagărului. Pe porțiunea inferioară a stelei se fixează diafragma. Aceasta are rolul de a separa puțul hidrogeneratorului de puțul turbinei și de a dirija aerul de ventilație.

Lagărul axial este dimensionat pentru a prelua sarcina axială compusă din greutatea rotorului hidrogeneratorului, greutatea rotorului turbinei și împingerea axială a apei. El este conceput pentru a permite funcționarea grupului la sarcina maximă.

Lagărul axial este montat în vana de ulei pe care o formează partea centrală a stelei superioare. Lagărul funcționează în regim de ungere hidrodinamică (autoungere) cu ulei de volum constant aflat în vana de ulei, permițând atât pornirea cât și oprirea agregatului fără injecția de ulei.

Lagărul radial inferior este montat în partea centrală a stelei inferioare, care formează vana de ulei. El este similar cu cel superior și funcționează în regim de ungere hidrodinamică cu volum constant de ulei având segmenti oscilanți cu posibilitate de reglare radială pentru centrare precisă față de arborele hidrogeneratorului. Sarcina radială este transmisă prin intermediul buloanelor cu cap sferic fixate în corpul stelei.

Excitația hidrogeneratorului este de tip rotativ cu diode redresoare. Excitatorul este montat deasupra hidrogeneratorului pe arborele comun, furnizează curent alternativ la redresorul rotativ. Acesta îl transformă în curent continuu cu care se alimentează înfășurarea de excitație a hidrogeneratorului.

Capitolul 4 reprezintă practic un raport de încercări asupra stabilirii regimurilor de funcționare ale Centralei Hidroelectrice Râul Mare Retezat în funcție de valorile saltului hidraulic în castelul de echilibru la cote mici de exploatare ale acumulării Gura Apelor. Încercările pentru determinarea performanțelor energetice ale hidroagregatelor au fost efectuate cu respectarea recomandărilor din SR EN 60041:2003: încercări de recepție efectuate pe mașina reală, pentru determinarea performanțelor hidraulice ale turbinelor hidraulice, pompelor de acumulare și turbinelor-pompe.

Încercările pentru determinarea saltului în castelul de echilibru au fost realizate în următoarele condiții de funcționare: nivelul în lac cuprins între 978,970 mdMN și 977,380 mdMN.

Pentru determinarea pierderilor de sarcină, au fost măsurate nivelele în toate punctele accesibile (lac, castelul de echilibru, secțiunile amonte vane sferice, galerie de fugă aval). Cotele găsite în diverse planuri au fost verificate și corelate prin verificări hidrostatice.

Realizarea încercărilor a necesitat măsurarea mai multor parametri, măsurare care a fost efectuată utilizând atât traductoarele și sistemul de monitorizare HidroSmart amplasat în centrală cât și aparatura byt.NET.

Pentru măsurarea nivelului apei în castelul de echilibru a fost montat un traductor de presiune relativă la Nodul de presiune, traductor care a fost integrat în sistemul HidroSmart și care rămâne în instalația beneficiarului. Valoarea nivelului în castelul de echilibru este afișată on line în aplicația software SCADA.

Probele în natură au cuprins montarea, calibrarea și verificarea aparatului de măsurat,

efectuarea încercărilor energetice, a încercărilor pentru determinarea pierderilor de sarcină și a coeficienților de rugozitate și încercările privind saltul în castelul de echilibru.

Manevrele asupra funcționării hidroagregatelor au fost realizate de către personalul de exploatare al Centralei Hidroelectrice Retezat.

Mărimea nivelului în lac a fost preluată prin intermediul sistemului SCADA de la instalația telelimnometrică existentă, care utilizează un traductor de nivel Rittmayer amplasat pe o priză a golirii de fund a barajului Gura Apelor. Precizia citirii a fost de ± 10 mm.

Nivelul manometric în castelul de echilibru a fost măsurat la casa vanelor în amonte de vana fluture auxiliară și la o distanță de cca. 62 m de castelul de echilibru, punct în care există amenajata o priză de presiune statică. Având în vedere această distanță relativ scurtă și dacă nu ținem seama de termenul cinetic în secțiunea de măsurare, se poate considera că nivelul manometric din acest punct reproduce suficient de precis și fidel nivelul din castelul de echilibru.

Pentru măsurare a fost montat un traductor de presiune relativă Sensortech tip CTE 8000 cu domeniul de 20 bar și precizia de 0,1%.

Deoarece presiunea la intrarea în carcasa spirale nu este accesibilă, s-au măsurat presiunile relative în secțiunile amonte vane sferice la care, pentru calcule se va adăuga diferența de cotă între planul median al turbinei și cota prizei de presiune utilizate (aprox. 26,70m).

Au fost utilizate traductoarele de presiune relativă SIEMENS ale sistemului HydroSmart amplasate în dulapurile cu robinetii prizelor de presiune aferente vanelor aflate în sala vanelor sferice.

Pentru o mai bună observare a fenomenelor ce se produc, precum și pentru o mai ușoară comparație cu diagramele SCADA, am realizat un program Delphi care simulează diferite regimuri de funcționare ale hidroagregatelor din CHE Retezat în diverse scenarii de pornire-oprire, simulând astfel regimul tranzitoriu a oscilațiilor amortizate din castelul de echilibru și oscilațiile în imediata vecinătate a aparatului director, amonte de vana sferică.

În cadrul *Capitolului 5* se prezintă analiza stabilității generatorului sincron pe durata a două evenimente ce au avut loc pe linia electrică de evacuare a puterii din centrală. Este vorba despre un scurt circuit bifazat și respectiv o descărcare atmosferică. Sunt analizate variațiile valorile tensiunilor și curenților pe cele trei faze atât ca modul cât și ca unghi pe durata celor două evenimente. Astfel de studii au fost făcute și la nivel internațional, în literatura de specialitate fiind prezentate o serie de studii de caz, unele dintre ele foarte asemănătoare cu cel prezentat în acest capitol. Astfel, în [16] se prezintă impactul regimurilor hidraulice tranzitorii asupra stabilității dinamice a sistemului electroenergetic. Practic este analizată comportarea unei centrale cu patru turbine Francis la un scurtcircuit pe linia de evacuare a puterii de 330 kV. În [33] se prezintă chiar simulări privind insularizarea grupurilor unei centrale hidroelectrice.

Analiza stabilității tranzitorii constă în studiul comportării în timp a sistemului electric la apariția unor perturbații bruște, rezultate prin declanșarea unor generatoare sau linii electrice, variații mari ale sarcinii consumatorilor, precum și din apariția unor defecte.

Astfel, în analiza stabilității tranzitorii se consideră trei faze distincte: anterioară perturbației sau regimul permanent inițial, pe durata perturbației și post-perturbație sau regim permanent final.

Pe durata perturbației, tranziția de la o stare de echilibru la altă stare de echilibru a unui SEE poate fi un proces normal, de exploatare sau poate fi un eveniment accidental provocat de cauze externe (de exemplu, apariția unui scurtcircuit pe o linie electrică de transport, urmată de declanșarea nesimultană a liniei la cele două capete și eventual de reanclanșarea automată sau manuală a acesteia).

În vederea evaluării stabilității tranzitorii, unul din cei mai utilizați indicatori este timpul

critic de deconectare, definit ca intervalul maxim de timp între momentul apariției perturbației și momentul izolării porțiunii avariate, astfel încât sistemul electric să-și păstreze capacitatea de a reveni la un regim permanent post-perturbație (după eliminarea defectului). Se precizează că durata de deconectare cuprinde timpul de acționare a protecției și întreruptoarelor implicate, precum și, dacă este cazul, timpul necesar transmiterii semnalului de protecție la celălalt capăt al liniei electrice care a fost sediul perturbației.

În practica mondială, metoda generală cea mai utilizată pentru evaluarea stabilității tranzitorii este cea temporală, de simulare a variației în timp a variabilelor inerțiale și neinerțiale, ca urmare a apariției unei perturbații mari.

Mărimile analizate în cadrul capitolului au fost înregistrate în timpul unor defecte reale la Centrala Hidroelectrică Râul Mare Retezat cu ajutorul unui sistem de tipul Perturbografelor Digitale Modulare (PDM).

Sistemele pentru înregistrarea evenimentelor electrice sunt structuri modulare de înregistrare, monitorizare și analiză a evenimentelor din sistemele electrice. Sunt constituite pe baza unor module numerice de achiziție dedicate – PDM.

Perturbograful digital modular face parte din seria de echipamente electronice programabile destinate echipării panourilor de protecție, măsură și automatizări aferente celulelor de linii, transformatoare, generatoare, bare colectoare din Sistemul Energetic.

Cu acest echipament se realizează achiziția mărimilor analogice (curenți, tensiuni etc.) și binare (stare contacte). Dispozitivul permite stocarea temporară a informației și transferul acesteia la un echipament de calcul local sau la distanță, în vederea prelucrării ulterioare. Folosind mai multe echipamente din familia PDM se pot realiza diverse structuri modulare flexibile de achiziție, monitorizare și analiză.

În *Capitolul 6*, pe baza considerațiilor teoretice prezentate în capitolul anterior, pentru optimizarea regimurilor de funcționare a hidrogenatoarelor din CHE Retezat s-au efectuat probele de calificare pe mașina nr. 1. Pentru simularea matematică a comportării dinamice a CHE Râul Mare-Retezat s-a considerat că centrala funcționează cu un singur grup hidroenergetic, celălalt fiind în rezervă, prin aceasta reproducându-se cele mai frecvente situații reale de funcționare a centralei. Simularea numerică a comportării dinamice a instalațiilor primare hidroenergetice ale CHE Râul Mare-Retezat a fost analizată pentru o aplicație constând din modificarea bruscă a puterii electrice la bornele generatorului sincron printr-o creștere cu 10% a acesteia față de valoarea din regi-mul staționar. S-a urmărit evoluția în timp a mărimilor mecanice și hidraulice pe un interval de 200 secunde, iar rezultatele au fost comparate cu cele monitorizate de aplicația SCADA pentru o situație similară.

Puterea activă, tensiunile și curenții la bornele generatorului au fost măsurate cu un analizor de parametrii electrici și parametrii de proces.

Turația hidrogenatorului a fost măsurată cu un senzor laser de turație, de tipul QS30LDQ, 120000 rpm, 2 m distanța de sesizare, produs de Banner.

Vibrațiile pe lagărul superior al generatorului și lagărul turbinei au fost măsurate cu trei senzori de vibrații, produși de firma Hansford Sensors.

Se observă în timpul procesului de pornire în gol neexcitat că vibrațiile nu depășesc valoarea de 3.2 mm/s, iar în regim stabilizat de mers în gol neexcitat valoarea maximă a vibrațiilor este în lagărul turbinei (1.956 mm/s).

Se observă că în timpul procesului tranzitoriu de magnetizare a generatorului, nu se constată o creștere considerabilă a nivelului vibrațiilor din lagăre, existând chiar o tendință de reducere a acestora la nivelul lagărului turbinei. Acest fapt indică o centrare corectă a rotorului în stator din punct de vedere geometric cât și din punct de vedere magnetic.

Din măsurătorile de vibrații rezultă că în regim de funcționare în sarcină, vibrațiile au tendința de stabilizare la un nivel inferior celui corespunzător la funcționarea în gol neexcitat.

La nivelul lagărului turbinei vibrațiile în regim de mers în gol neexcitat sunt 1.956 mm/sec iar în regim de sarcină la $P=110$ MW, scad la valoarea de 1.174 mm/s.

În regim de funcționare în sarcină la $P=110$ MW se constată că hidroagregatul funcționează corespunzător din punct de vedere electric, toți parametrii electrici încadrându-se în limitele prevăzute în documentația tehnică. În același timp se constată că și din punct de vedere mecanic hidrogenatorul se comportă corespunzător, nivelul de vibrații fiind cel corespunzător unei funcționări în clasa „bine”.

Descărcările parțiale sunt în general consecința unei concentrări locale de solicitări electrice în izolație sau pe suprafața izolației. În general astfel de descărcări apar sub formă de impulsuri cu o durată mult mai mică de $1\ \mu\text{s}$. Totuși pot apărea și forme continue de descărcări, cum sunt așa numitele descărcări de mică intensitate ("pulse-less") în dielectrici gazoși.

În general se poate considera că descărcările parțiale în sistemele de izolație sunt "simptomele" unor fenomene ce se produc în izolația respectivă și în majoritatea cazurilor pot fi asociate cu defectele de izolație datorate fie tehnologiei de fabricație, fie unor solicitări complexe (mecanice, electrice, termice, chimice etc.) asupra materialului din care este realizată izolația.

Durata în timp a descărcărilor parțiale este foarte mică, de ordinul nanosecundelor, spre deosebire de durata unui arc electric care se menține până la dispariția tensiunii de alimentare.

Sistemul utilizat la măsurarea descărcărilor parțiale este constituit din mai multe subsisteme: dispozitiv de cuplaj, sistem de transmisie (de ex. cablu de legătură sau legătură optică) și aparat de măsurat.

Dispozitivul de cuplaj este parte integrantă a sistemului de măsurare și a circuitului de încercare, componentele sale fiind special concepute pentru a obține o sensibilitate optimă cu un circuit de încercare specific.

Prin urmare se pot folosi diferite dispozitive de cuplaj în combinație cu un singur aparat de măsură.

Dispozitivul de cuplaj este în general o rețea activă sau pasivă cu patru borne (cuadripol) și convertește curentul de intrare în semnale de tensiune de ieșire.

Aceste semnale sunt transmise la aparatul de măsurat printr-un sistem de transmisie. Răspunsul în frecvență al dispozitivului de cuplaj, definit de raportul dintre tensiunea de ieșire și curentul de intrare este ales astfel încât să împiedice frecvența tensiunii de încercare și armonicile sale să ajungă la aparatul de măsurat.

Răspunsul acestui aparat la un impuls de curent (neoscilant) datorat unei descărcări parțiale este în general o oscilație puternic amortizată. Atât sarcina aparentă cât și polaritatea impulsului de curent al DP pot fi determinate din acest răspuns. Timpul de rezoluție al impulsurilor este mic și este în mod obișnuit între 5 și 20 pC.

Încercările s-au efectuat cu generatorul funcționând în regim de mers în gol. Determinarea nivelului de descărcări parțiale s-a efectuat la diferite valori a tensiunii la bornele generatorului. Pentru fiecare nivel de tensiune s-au măsurat descărcările parțiale pe fiecare fază, considerându-se un număr de 30 de înregistrări. Din valorile medii măsurate în timp s-au determinat valorile medii pe fiecare fază.

Simularea numerică a comportării dinamice a instalațiilor primare hidroenergetice ale CHE Râul-Mare-Retezat a fost analizată pentru o aplicație constând din modificarea bruscă a puterii electrice la bornele generatorului sincron printr-o creștere cu 10% a acesteia față de valoarea din regi-mul staționar. S-a urmărit evoluția în timp a mărimilor mecanice și hidraulice pe un interval de 200 secunde, iar rezultatele au fost comparate cu cele monitorizate de aplicația SCADA pentru o situație similară.

Capitolul 7 cuprinde o sinteză a concluziilor tezei de doctorat și a contribuțiilor proprii.

Bibliografie

1. *** UCM Reșița - Cartea tehnică Hidrogenerator tip „HVS 500/250 – 12 poli CHE Râul Mare Retezat;
2. *** UCM Reșița - Măsurători mărimi electrice și neelectrice HA 2 CHE Râul Mare Retezat;
3. *** UCM Reșița –Documentație tehnică însoțitoare hidrogeneratoare CHE Râul Mare Retezat;
4. *** UCM Reșița –Turbina hidraulică tip FVM 170,5 -526,3 CHE Râul Mare Retezat. Cartea turbinei;
5. *** UCM Reșița –Instalația de vane sferice, vane fluture și vane plane aducțiune principală CHE Râul Mare Retezat.
6. *** Institutul de studii și proiectări hidroenergetice – Date tehnice baraj Gura Apelor. pentru întocmirea instrucțiunilor de exploatare.
7. *** ICPE ACTEL – Documentație tehnică : Sistem numeric pentru reglarea tensiunii SRATN 2009.
8. *** HydroEngineering – Raport cu interpretare măsurători descărcări parțiale CHE Râul Mare Retezat. – 2008
9. *** ISCE – Studiu privind calificarea instalațiilor de reglaj secundar – Buc. 2010
10. *** Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița CCHAPT –Raport tehnic privind determinarea parametrilor de funcționare, după finalizarea lucrărilor de reparație tip LN 3 din CHE Retezat . Reșița 2013.
11. *** Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița CCHAPT – Studiu privind ridicarea indisponibilității de putere la HA 1 și HA 2 din CHE Retezat. Reșița 2011
12. *** Universitatea „Eftimie Murgu” Reșița CCHAPT –Analiza comportării hidroagregatelor din CHE Retezat în regimuri tranzitorii și încărcări parțiale.
13. *** P.E. 012 /92 – Regulament privind asigurarea funcționării economice a centralelor electrice – București 1992
14. *** P.E. 022 /89 –Prescripții generale de proiectare a amenajărilor hidroenergetice– București 1989
15. *** SR EN 60041:2003 - Încercări de recepție efectuate pe mașina reală, pentru determinarea performanțelor hidraulice ale turbinelor hidraulice, pompelor de acumulare și ale turbinelor-pompe;
16. Agüero, J. L., Arnera, P. L., Barbieri, M. B., Beroqui, M. C., Bianchi Lastra R. E., Mastronardi J. and Molina R., Hydraulic Transients in Hydropower Plant. Impact on Power System Dynamic Stability, IEEE Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008;
17. Bruno Strah, Ognjen Kuljaca, and Zoran Vukic, Speed and Active Power Control of Hydro Turbine Unit, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 20, NO. 2, JUNE 2005;
18. Hannett Louis N, Feltes James W., Fardanesh, B., Wayne Crean, Modeling and control tuning of a hydro station with units sharing a common penstock section, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 14, No. 4, pp.1407-1414, November 1999;
19. Hongesombut, K., Mitani, Y, Tada, Y., Takazawa, T., Shishido, T., Object-Oriented Modeling for Advanced Power System Simulations, IEEE Power Tech 2005 Russia;
20. Hongqing Fang, Long Chen, Nkosinathi Dlakavu, and Zuyi Shen, Basic Modeling and Simulation Tool for Analysis of Hydraulic Transients in Hydroelectric Power Plants, IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 23, NO. 3, pp. 834-841 SEPTEMBER 2008;
21. Huimin. Gao, Chao. Wang, Effect of Detailed Hydro Turbine Models on Power System Analysis, IEEE Power Systems Conference and Exposition, PSCE '06. 2006;