



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

CAPACITATEA DE ÎNCĂRCARE A UNEI CENTRALE HIDROELECTRICE ÎN FUNCȚIE DE NIVELUL ÎN LACUL AVAL

Cristian PURECE, Sorin DUMITRESCU, Iulian BĂLĂUNȚESCU

THE LOAD CAPACITY OF A HYDROELECTRIC POWER PLANT BY THE LAKE TO DOWNSTREAM

In the paper presents the results of measurements of the tailrace of the hydroelectric power Șugag underground HPP (high head cents) to determine the maximum power that can be achieved with the safe operation of the plant by Șugag HPP capacity transport manifold run it. The paper presents how to perform monitoring and protection system for monitoring water levels in tailrace.

Keywords: hydroelectric power plant, hydraulic turbine, efficiency, run gallery

Cuvinte cheie: centrală hidroelectrică, turbină hidraulică, randament, galerie de fugă

1. Prezentarea problemei

Centrala hidroelectrică subterană de mare cădere CHE Șugag are o putere instalată de 150 MW (2x75MW) și este echipată cu 2 hidroagregate verticale cuplate la turbine Francis, în timp ce debitul instalat este de 51,5 m³/s.

Fiind o centrală subterană la funcționarea cu ambele grupuri la o putere apropiată de puterea maximă, există riscul ca nivelul în galeria de fugă să depășească nivelul admis la o funcționare în condiții de

siguranță a centralei, pereții galeriei să se surpe și centrala să se inunde.

Deoarece CHE Șugag face parte din rezerva terțială rapidă este necesar să se cunoască din timp puterea maximă disponibilă ce poate fi furnizată de această centrală.

Pentru aceasta este necesară determinarea puterii maxime care se poate realiza în centrala CHE Șugag la funcționarea cu 2 grupuri, funcție de capacitatea de transport a galeriei de fugă.

Principalele obiective ale lucrării au fost:

- stabilirea amplasamentului optim al sistemului pentru supravegherea nivelului apei în galeria de fugă precum și stabilirea necesarului de materiale pentru realizarea acestui sistem;

- realizarea practică a sistemului de supraveghere a nivelului apei în galeria de fugă, cu aducerea semnalului în camera de comandă a centralei;

- trasarea caracteristicilor de umplere a galeriei de fugă în funcție de puterea realizată pe centrală dar și funcție de debitul turbinat;

- efectuarea de măsurători pentru determinarea gradului de umplere funcție de debitul turbinat (la HA1) și puterea realizată pe centrală atât cu un grup în funcțiune cât și cu ambele grupuri în funcțiune.

2. Schema de amenajarea a centralei de mare cădere CHE Șugag

Apele uzinate din CHE Gâlceag debușează în acumularea Tău, acumulare formată cu ajutorul unui baraj arcuit din beton de 78 m înălțime, amplasat în cheile Tăului, imediat în aval de confluența cu pârâul Bistra.

Acumularea de 21 mil. m³ este alimentată atât de diferența de bazin de la Oașa în aval, de debitul uzinat, dar și de apele preluate de pe un bazin vecin de 56 km², care prin derivația secundară Dobra (7,3 km) adună 1 m³/s de la captările Dobra și Șugag. Suprafața lacului este de 21,3 ha.

În figura 1 este reprezentată schema de amenajare a CHE Șugag.

Centrala CHE Șugag este o centrală de tip subteran amplasată într-o cavernă subterană la care se ajunge printr-o galerie de acces auto de 577 m. Este echipată cu 2 turbine Francis de 75 MW la căderea statică de 381 m.

Cota radierului galeriei de fugă la debușare este 406,00 mdM.

Elementele hidraulice caracteristice ale lacului Nedeiu sunt:

- nivelul minim de exploatare 403,00 mdM;

- nivelul maxim de exploatare 410,00 mdM;
- nivelul normal de retenție 409,00 mdM.

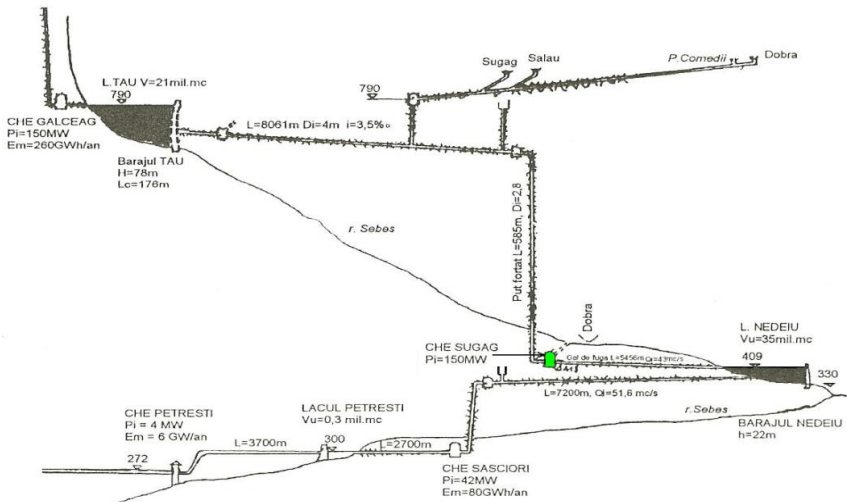


Fig. 1 Schema de amenajare a CHE Șugag

Galeria de fugă are o lungime $L = 5456$ m și un diametru $D = 4,3$ m (în formă de potcoavă) debușează în lacul Nedeiu (Obreji de Căpâlna).

3. Stabilirea configurației sistemului de măsură și alegerea aparaturii necesare realizării acestuia

Pentru funcționarea în siguranță a CHE Șugag a fost necesară conceperea și realizarea unui sistem de monitorizare și supraveghere a nivelului apei în galeria de fugă a centralei.

Prezentarea sistemului de monitorizare a nivelului apei

Sistemul de monitorizare și supraveghere a nivelului apei în galeria de fugă de la CHE Șugag a avut următoarea componență:

- traductor de nivel;
- placă de achiziție (sau automat programabil);
- laptop (sau PC);
- sursă de alimentare în comutație c.a./c.c., 220 V/24 V;

- cablu cu două fire plus ecran de tip tresă metalică.

Sistemul de monitorizare a nivelului apei descris mai sus, este prezentat în figura 2.

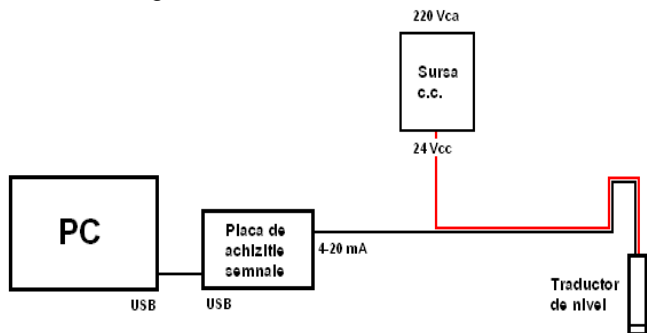


Fig. 2

Sistem de monitorizare a nivelului

Alegerea aparaturii necesare realizării sistemului

a. Traductor de nivel

Principala componentă a sistemului de monitorizare a apei a fost traductorului de nivel. Pentru aplicația de la CHE Șugag a fost ales un traductor de nivel submersibil de tip MPA.

Traductorul de nivel ales este un transmițător de presiune care folosește un senzor piezorezistiv conceput să măsoare o presiune relativă (între cea atmosferică și cea de la baza senzorului). El prezintă un cablu special de transmitere ce include: 3 fire electrice pentru semnalul analogic 4 ÷ 20 mA și alimentare (24 Vcc), respectiv un cablu tubular de 6 m lungime pentru sesizarea presiunii atmosferice.

Traductorul de nivel utilizat a avut următoarele caracteristici:

- domeniu de măsură: 0 – 6 m coloană de apă;
- transmițător submersibil;
- semnal de ieșire: 4-20 mA pe 2 fire;
- alimentare: 24 Vcc;
- acuratețe: +/- 0.25 % din domeniu sau +/- 1,5 cm;
- compensare pentru temperatura în domeniul 0 – 70 °C;
- clasa de protecție: IP68 [NEMA 4X];
- temperatura de funcționare: 0 – 80 °C.

Traductorul de nivel utilizat funcționează după o corelație între semnalul de ieșire (x în mA) și nivelul apei (y în mm) caracterizată de următoarea ecuație liniară:

$$y = 386,47x - 1476,33 \quad (1)$$

Aceasta ecuație de tip liniar a fost implementată într-un program de monitorizare ce furnizează ca date de ieșire nivelul apei.

În cadrul probelor de verificare efectuate în laborator s-a obținut o valoare a curentului de ieșire a traductorului de 3.820 mA pentru 0 mm coloană de apă corespunzător presiunii atmosferice de la altitudinea Bucureștiului.

Ecuația liniară a traductorului de nivel a fost adaptată la noile condiții de lucru existente în galeria de fugă din CHE Șugag și față de cea de la altitudinea orașului București are următoarea formă :

$$y = 376,81x - 1428,16 \quad (2)$$

Semnalul de ieșire x este în mA și nivelul apei y este în mm.

Corelația între semnalul traductorului (semnalul de ieșire) și nivelul în galeria de fugă de la CHE Șugag este prezentată în figura 3.

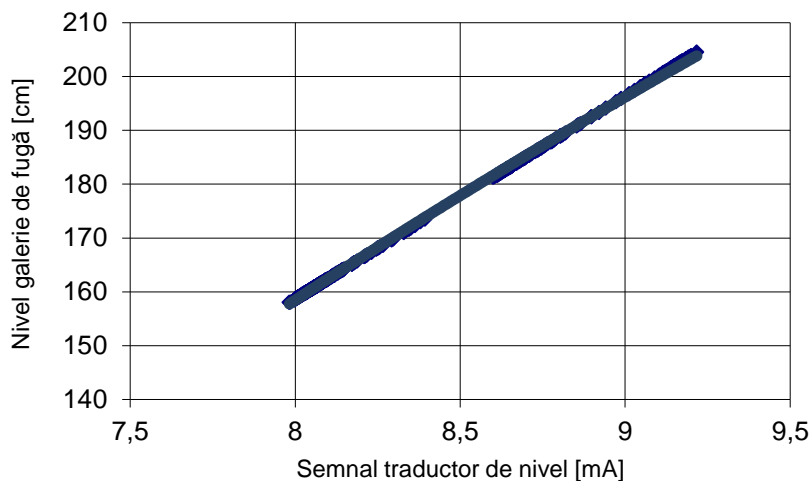


Fig. 3 Corelație între nivelul în galeria de fugă și semnalul traductorului

b. Sistemul de achiziție a semnalului traductorului de nivel

Sistemul de monitorizare a nivelului apei (figura 2) a trebuit să cuprindă și o parte de achiziție (figura 4). Pentru partea de achiziție s-a utilizat o placă de achiziție National Instruments de mare acuratețe (NI-

9203) ce are ca intrări analogice curenți în domeniul $4 \div 20$ mA. Semnalul este convertit din analogic în digital de un convertor intern de mare precizie pe 16 bit și de mare viteză, 200 kS/s. Acest semnal este transmis prin intermediul portului USB la un calculator de tip laptop.

În programul de monitorizare a fost implementată ecuația traductorului de presiune (nivel), datele de ieșire înregistrându-se într-un fișier, la o cadență de 1 secundă, timpul, semnalul de intrare (în mA) cât și cel de ieșire (în cm).

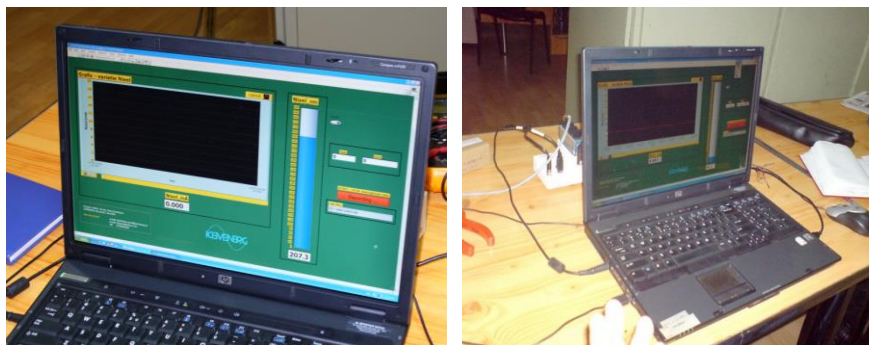


Fig. 4 Sistemul de monitorizare a nivelului apei în galeria de fugă

Placa de achiziție împreună cu calculatorul și softul aferent, pot fi înlocuite cu un automat programabil.

c. Sursa de alimentare

Pentru alimentarea traductorului de nivel s-a utilizat o sursă de alimentare în comutație c.a./c.c., 220 V/24 V de 3 A, ceea ce este mai mult decât acoperitor pentru consumul traductorului care este de ordinul zecilor de mA.

Alegerea amplasamentului optim al traductorului de nivel

În figura 5 este prezentat locul de amplasare al traductorului de nivel utilizat pentru monitorizarea nivelului în galeria de fugă de la CHE Șugag. Ca loc de amplasare al traductorului de nivel a fost aleasă intersecția galeriei de acces cu galeria de fuga într-o zonă ferită de valurile și vârtejurile (turbulențele) create de apă la lovirea zidurilor galeriei (figura 5).



Fig. 5

Locul de amplasarea al traductorului de nivel în galeria de fugă

4. Rezultatele obținute în urma măsurării parametrilor hidroagregatelor

Pentru a avea o imagine cât mai exactă a gradului de umplere a galeriei de fugă s-au efectuat măsurători hidraulice și electrice pentru determinarea principalelor parametri de funcționare ai hidroagregatelor.

În figura 6 este reprezentată grafic caracteristica de umplere a galeriei de fugă în funcție de debitul turbinat la funcționarea cu un hidroagregat.

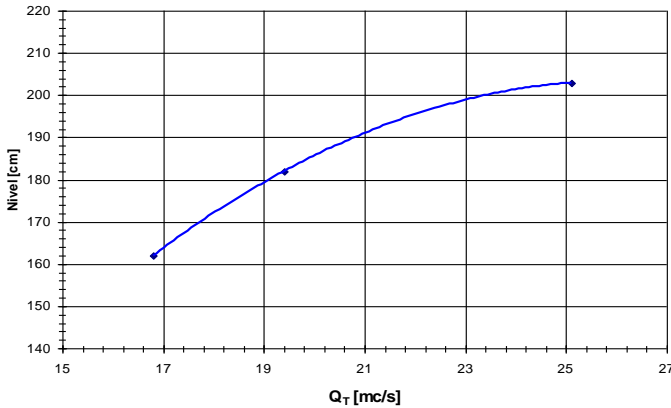


Fig. 6

Caracteristica nivel în galeria de fugă funcție de debitul turbinat la funcționarea a cu un grup (HA 1)

Tabelul 1

Nr. crt.	P_G [MW]	ad_{HA1} [%]	Q_T [mc/s]	$N_{G.F.}$ [m]	S_T [mA]
1	51,06	72,34	16,80	1,62	8,09
2	62,31	60,10	19,40	1,82	8,62
3	74,03	49,07	25,10	2,03	9,18

La funcționarea cu un singur hidroagregat (HA1) au fost măsurate parametri de interes prezentați în tabelul 1.

Pentru determinarea puterii maxime care se poate realiza la funcționarea cu două grupuri, în funcție de capacitatea de transport a galeriei de fugă și determinarea gradului de umplere a galeriei de fugă în funcție de puterea realizată pe centrală, au fost necesare măsurători la ambele grupuri.

La funcționarea cu două grupuri au fost măsurate parametri de interes prezentați în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr. crt	P_G [MW]	ad_{HA1} [%]	ad_{HA2} [%]	∇_{am} [m]	∇_{av} [m]	$\nabla_{L.O.C.}$ [m]	H_{br} [m]	$N_{G.F.}$ [m]	S_T mA
1	123,8	83,57	52,40	770,62	420,10	408,14	350,52	3,09	11,99
2	134,5	88,43	63,72	770,58	420,41	408,16	350,17	3,40	12,81
3	136,6	90,34	68,61	770,43	420,47	408,29	349,96	3,46	12,97
4	138,3	90,52	72,03	770,25	420,58	408,44	349,67	3,55	13,21

unde:

P_G – puterea activă pe centrală în [MW];

ad_{HA1} – deschiderea aparatului director pentru HA 1 în [%];

ad_{HA2} – deschiderea aparatului director pentru HA 2 în [%];

∇_{am} - nivelul amonte în lacul Tău în [mdM];

∇_{av} - nivelul aval turbină în [mdM];

$\nabla_{L.O.C.}$ - nivel în lacul Obreji de Căpâlna [mdM];

H_{br} – căderea brută în [m];

$N_{G.F.}$ – nivelul în galeria de fugă în [m];

S_T – semnal traductor de nivel montat în galeria de fugă în [mA].

Din tabelul 2 se observă ca la funcționarea cu două grupuri datorită faptului că pierderea de sarcină crește odată cu creșterea puterii, pentru a putea obține aceeași putere maximă pe HA1 (74 MW) trebuie să deschidem aparatul director de la 83,57 % până la 90,52 %, ceea ce înseamnă o creștere a debitului turbinat pe HA1.

Pe baza valorilor din tabelul 2 s-a reprezentat grafic variația nivelului în galeria de fugă în funcție de puterea la bornele hidroagregatului - figura 7.

Din figura 7 se observă că puterea maximă cu care se poate funcționa în condiții de siguranță este de 138 MW pe centrală.

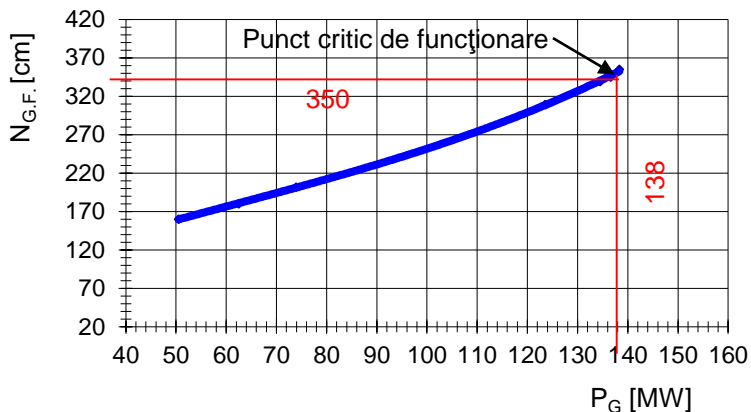


Fig. 7 Caracteristica nivel în galeria de fugă funcție de puterea la bornele generatorului la funcționarea cu două hidroagregate

5. Concluzii

- Probele s-au efectuat în condițiile cele mai defavorabile, cota în lacul Obrejii de Căpâlna variind între 408,00 mdM și 408,45 mdM, fiind la 55 cm față de cota de deversare de 409 mdM.

- În timpul probelor efectuate nivelul în lacul Tău, a variat între 770,25 mdM și 770,90 mdM, realizându-se o cădere medie brută de 350,91 m.

- La funcționare cu un hidroagregat pe centrală (HA1) la o putere de 74,1 MW s-a măsurat un debit turbinat de 25,1 m³/s iar nivelul în galeria de fugă a fost de 2,03 m.

- La funcționare CHE Șugag cu o putere de 138,4 MW s-a înregistrat în galeria de fugă un nivel de 3,55 m.

- La debușarea în lacul Obrejii de Căpâlna la o putere pe centrală de 138 MW, galeria de fugă nu este pusă sub presiune, până la pragul superior mai rămânând o distanță de un metru.

■ Se recomandă însă ca nivelul în galeria de fugă să nu depășească valoarea de **3,5 m**, valoare ce corespunde conform figurii 5 unei puteri pe centrală de **138 MW** și unei indicații a miliampermetrului de **13,1 mA**, la o cădere brută de **349,70 mDM**.

■ Depășirea unui nivel de 3,5 m al apei în galeria de fugă poate duce la surparea peretelui galeriei de fugă deoarece peste această valoare peretele galeriei este format dintr-un beton torcretat care în contact cu apa poate ceda.

BIBLIOGRAFIE

- [1] * * * *Codul Internațional de măsurători în natură pentru determinarea performanțelor turbinelor hidraulice*, Publicația CEI 41/63, revizuit în 1991.
- [2] * * * *Regulament de exploatare a instalațiilor de turbine hidraulice din centralele hidroelectrice*, PE 301/93 , ICEMENERG 1994.
- [3] Mateescu, C. *Hidraulică*, Editura Tehnică, București, 1963.
- [4] Kiselev, P.G., *Îndreptar pentru calcule hidraulice*, Editura Tehnică, București, 1968.
- [5] Anton, I., *Turbine hidraulice*, Editura Facla, Timișoara, 1979.
- [6] Adamkowski, A., *Essential methods of SHP efficiency testing. Keynote address at Szewalski Institute of Fluid-Flow Machinery*, Gdansk, September 10-11th, 2009.
- [7] * * * ICEMENERG, *Monitorizarea parametrilor la captările și ramurile de aducțiune secundare din amenajarea Lotru* , Contr. nr 3070/1999.
- [8] * * * ICEMENERG, *Sistem de automatizare complex pentru conducerea hidrocentralelor de la distanță și corelarea amenajării hidroenergetice*, Contr. nr. 66/2004.
- [9] * * * ICEMENERG, *Determinarea prin probe a randamentului global (hidrogenerator - turbină) pentru HG 2 din CHE Șugag*, Contr. nr. 8/2009.

Dr. Ing. Cristian PURECE
ICEMENERG Bucuresti
e-mail: cristianicemenerg@yahoo.com

Drd. Ing. Sorin DUMITRESCU
ICEMENERG Bucuresti
e-mail: dsasorin@yahoo.com

Drd. Ing. Iulian BĂLĂUNȚESCU
Hidroelectrică S.H. Bistrița
e-mail: iulian.balauntescu@hidroelectricra.ro