

Echilibrarea puterilor din sistemul energetic

Balancing the powers of the energy system

Dr.ing. Gheorghe VERTAN, Dr.ing. Adrian RETEZAN,
Ing. Paul GIHORGHIESCU

AIRR, Banat, Timisoara, Romania
Str. Traian Lalescu nr. 2a
email: adrian.retezan@upt.ro

DOI: 10.37789/rjce.2022.13.1.4

Rezumat. Pentru o funcționare de calitate, un sistem energetic - (SE) - menține frecvența la o valoare etalon, prin echilibrarea continuă și în timp real a sumei puterilor furnizate de producători cu suma puterilor utilizate, care variază conform nevoilor utilizatorilor. În acest scop se folosesc și hidrocentrale de acumulare prin pompaj (HCAP) - care, atunci când frecvența este ridicată, cu energie preluată din SE pompează apă din lacuri joase în lacuri situate mai sus, iar când frecvența este scăzută redau SE energie, turbinând apă din lacurile de sus în cele joase. Realizarea HCAP este costisitoare, iar utilizarea lor prezintă anual pierderi energetice mari, a căror amploare este ilustrată sugestiv în prezenta lucrare prin raportarea procentuală la întreaga energie electrică utilizată de România într-un an. Aceste neajunsuri (costuri mari și pierderi energetice mari) impun căutarea unor metode noi, fără HCAP, de echilibrare a puterilor din SE.

Cuvinte cheie: system energetic, hidrocentrale

Abstract. For quality operation, an energy system (SE) maintains the frequency at a standard value, by continuously and in real time balancing the amount of power provided by manufacturers with the amount of power used, which varies according to user needs. For this purpose, pumped storage hydropower plants (HCAP) are also used, which, when the frequency is high, with energy taken from SE pumps water from low lakes to lakes located above, and when the frequency is low they return SE energy, tubing water from the upper lakes in the lower ones. The realization of HCAP is expensive, and their use has high energy losses annually, the magnitude of which is suggestively illustrated in this paper by the percentage ratio to the entire electricity used by Romania in one year. These shortcomings (high costs and high energy losses) require the search for new methods, without HCAP, to balance the powers of the SE.

Key-words: energy system, hydropower plants

⚡ Stadiul tehnic actual

În fiecare țară funcționarea de calitate și în siguranță a sistemului energetic (SE) se asigură printr-o strategie, uneori publică [1] și respectă cerințe tehnice, precum menținerea frecvenței la o valoare etalon (denumită și valoare de referință sau de consemn). Pentru etalon s-a adoptat 50 Hz sau, numai în America, 60 Hz. Față de etalon se admit abateri mici în plus sau în minus, de până la 200 mHz [2, pag. 29].

Într-un SE, pentru simplificarea expunerii făcând abstracție – numai în acest aliniat – de pierderile energetice din transformatoarele și liniile electrice ale SE, când suma puterilor ΣP^f furnizate este egală cu suma puterilor ΣP^u utilizate ($\Sigma P^u = \Sigma P^f$) frecvența are valoarea etalon, când SE are excedent de putere ($\Sigma P^f > \Sigma P^u$) frecvența crește peste etalon și energia este ieftină, iar când SE are deficit de putere ($\Sigma P^f < \Sigma P^u$) frecvența scade sub etalon și energia este scumpă.

Sarcina, adică ΣP^u , variază în timpul (t) al fiecărei zile (24 ore) conform nevoilor utilizatorilor de energie și se reprezintă prin curba zilnică de sarcină CZS, adică $\Sigma P^u = f(t)$ [2, pag. 35, fig. 3.11]. CZS are zone (și respectiv ore, puteri și energii) de vârf, de semivârf și de bază. Totodată, CZS prezintă variații lente predictibile (vârfurile de dimineață și de seară și golul de sarcină - noaptea) care impun compensarea curbei zilnice de sarcină CZS [2, pag. 10, fig. 1.4]. Dar CZS prezintă și variații rapide impredictibile (cu durate de ordinul minutelor) care impun reglajul frecvenței în timp real, reglaj realizat parțial descentralizat și parțial centralizat, condus de un calculator [2, pag. 29], [3]. **Problema fundamentală a oricărui sistem energetic este asigurarea continuă și în timp real a echilibrului perfect între puterea produsă și puterea consumată**, adică compensarea curbei zilnice de sarcină plus reglajul frecvenței.

Echilibrarea puterilor este dificilă, căci centralele atomice și cele termice (mai ales cele pe cărbune) produc eficient numai puteri constante; doar hidrocentralele cu lacuri de acumulare asigură eficient puteri reglabile, dar limitate. Centralele eoliene și cele solare dau puteri variabile aleator, după cum bate vântul și strălucește soarele, făcând și mai dificilă echilibrarea. Dacă vântul bate atunci când frecvența este scăzută, sau în timpul orelor de vârf, energia eoliană transformată în energie electrică poate fi preluată în întregime și fără dificultate în SE. Însă atunci când frecvența este ridicată și/sau în timpul orelor de bază (noaptea) nu întotdeauna toată energia eoliană transformată în energie electrică ar putea fi preluată eficient în SE, deoarece disponibilitatea acestei energii, nefiind garantată anticipat, în SE se mențin în mod normal în funcțiune și grupuri termoenergetice și/sau grupuri nucleare, a căror oprire nu este rentabilă.

În devans față de directiva europeană 2009/28/CE (având scopul să crească ponderea energiei regenerabile în producerea energiei electrice necesare, pentru a reduce poluarea, efectul de seră și încălzirea globală) s-a legiferat în România, încă din 2008, garantarea preluării în SE a energiei regenerabile [3]. Dar astfel au apărut și efecte secundare păguboase. Concret, mari grupuri termo care ar fi trebuit pornite numai după cel puțin 24 ore de la ultima oprire (pentru a evita uzura accelerată a componentelor) au fost repornite după numai 13 ore, ajungându-se la avarii, precum spargerea cazanelor [3].

De asemenea, pentru a face loc energiei eoliene, s-au oprit cazane ale unor grupuri termo care erau programate să înceapă să producă (deci grupuri care consumaseră deja combustibil, dar încă nu livraseră energie electrică [3].

În aceste condiții, după realizarea și racordarea la SE a unor turbine eoliene însumând o anumită putere electrică, SE nu ar mai putea prelua eficient, pe baza soluțiilor tehnice cunoscute, energia livrată aleator de eventuale noi grupuri eoliene,

așa că se sistează (sau amână) amenajarea de noi parcuri eoliene, chiar dacă în zonă mai există încă un mare potențial eolian neamenajat [3]. Iar la nivel global trebuie subliniat că sursa primară a energiilor regenerabile este radiația solară care ajunge pe pământ, iar aceasta depășește de 10.000 ori necesarul mondial de energie [3], [4].

În SE în care nu se poate asigura echilibrarea puterilor în măsura necesară, trebuie realizate și utilizate hidrocentrale de acumulare prin pompaj HCAP (denumite și centrale hidroelectrice de acumulare prin pompaj, simbolizate CHAP sau CHEAP). HCAP, atunci când frecvența este ridicată, cu o energie ieftină $E_{\text{HCAP}}^{\text{pomp}}$ preluată din SE pompează apă din lacuri joase în lacuri situate mai sus, iar când frecvența este scăzută, redau SE parte din energia preluată, ca energie scumpă $E_{\text{HCAP}}^{\text{turb}}$, produsă turbinând apa din lacurile de sus în cele joase. Restul energiei preluate acoperă parțial numeroasele pierderi energetice de la pompare (adică pierderile prin transformatoarele electrice din HCAP, prin motoarele electrice care antrenează pompele, prin pompe și pierderile hidraulice prin circuitul hidraulic – priza de apă, galerii, castel de echilibru, vane, conducte și distribuitor – dintre lacurile de sus și de jos) și de la turbinare (adică pierderile hidraulice prin circuitul hidraulic, pierderile prin turbine, prin generatoare și prin transformatoarele din HCAP). La pompare și la turbinare orice HCAP utilizează aceleași circuite (hidraulic și electric) și, de regulă, are mașini reversibile, adică turbinele funcționează și ca pompe, iar generatoarele funcționează și ca motoare electrice. Eficiența sau randamentul total al CHAP este de circa 75%-80% [2, pag. 17], deci pierderile totale de energie sunt de aproximativ 20%-25% (în medie 22,5 %) din energia redată SE.

În prezent se preconizează amenajarea de noi CHAP, precum:

- în România CHAP Tarnița-Lăpușești, cu o putere de 1000 MW și un cost de 1.150.981.000 € (incluzând stația de transformare de 400 kV [2, pag. 85]) care să genereze anual o energie $E_{\text{HCAP}}^{\text{turb}} = 1649$ GWh/an [2, pag. 86, rând 4 jos]; soluția s-a stabilit și printr-un grant de la guvernul japonez și o finanțare de la Banca Internațională de Reconstrucție și Dezvoltare, cu participarea firmelor Ansaldo GIE (Italia), Altshom-Neyrpic (Franța), Toshiba, Hitachi și Mitsubishi (Japonia) etc. [2, pag. 37-38];

- în Ungaria CHAP de circa 1200 MW de la granița cu Ucraina, pentru care deja s-a finalizat studiul de fezabilitate [2, pag. 14 jos];

- în Olanda o centrală de pompaj de circa 1500 MW [2, pag. 14 jos].

Iar un studiu din 2014 arată că Germania trebuie să crească puterea instalată în HCAP de la 7000 MW la 15000 MW în 2030 (în scenariul cu 60 % energie regenerabilă) și la 23-25 mii MW în 2050 (pentru 80 % energie regenerabilă) [2, pag. 15].

În Europa sunt 169 HCAP, totalizând o putere de 60,3 GW (adică 60300 MW), anume 151 HCAP operaționale, totalizând 50,2 GW, 12 HCAP în construcție, 1 HCAP contractată, 3 HCAP anunțate și 2 HCAP în reparație [2, pag. 16, fig. 2.5 jos].

În lume sunt 341 HCAP, totalizând 177,4 GW, anume 292 HCAP operaționale, totalizând 142 GW, 31 HCAP în construcție, 2 HCAP contractate, 11 HCAP anunțate și 5 HCAP în reparație [2, pag. 16, fig. 2.5 sus].

Compania de consultanță Global Market Insights într-un raport din august 2018 arată că, până în 2024, piața globală totală a CHEAP va depăși 350 miliarde euro investiții și 200 GW capacitate instalată [2, pag. 36, rând 1-3 sus] din care în China vor fi peste 46 GW [2, pag. 36, fig. 3.12].

Amploarea acestor valori se poate percepe mai bine prin alăturarea de valorile energiei nucleare din UE. În UE energia nucleară asigură peste 30 procente din energia produsă, cu 1,1 milioane locuri de muncă, o cifră de afaceri anuală de 102 miliarde euro, având 109 reactoare în operare în 15 țări, plus 4 reactoare în construcție în Finlanda, Franța și Slovacia și 8 reactoare în etapa de planificare în Bulgaria, Cehia, Finlanda, România și Ungaria [5].

∴ **Necesitatea unor soluții tehnice noi pentru echilibrarea puterilor din SE**

Soluția cu HCAP este veche de un secol. Atunci nivelul tehnic era modest (de pildă datele nu se puteau transmite și prelucra rapid) și nu se conștientiza gravitatea poluării. Astfel, se neglija atât faptul că producerea poluantă a energiei dăunează la fel dacă dă energie ieftină sau scumpă, cât și caracterul global al efectelor poluării (poluarea din orice loc contribuie la efectul de seră, la încălzirea globală, dăunând astfel pe toată suprafața pământului).

Această soluție prezintă 4 neajunsuri, anume:

1. realizarea HCAP este foarte costisitoare;
2. fiecare HCAP are nevoie, pentru a se racorda la SE, de o stație de transformare și de linii de transport al energiei electrice, uneori de sute de km (HCAP Târnița-Lăpușești necesită o linie electrică aeriană scumpă de 400 kV de 158 km până la stația de 400 kV Mintia și una de 74 km până la stația Gădălin [2, pag. 71, rând 3-9 sus];

3. la transportul energiilor electrice $E_{\text{HCAP}}^{\text{pomp}}$ prin transformatoarele și liniile electrice ale SE au loc pierderi de energie;

4. în cadrul HCAP au loc pierderi de energie de 20%-25% din energiile $E_{\text{HCAP}}^{\text{turb}}$ pe care aceste HCAP le transmit spre SE din care fac parte.

Aceste 4 neajunsuri apar numai în cazul echilibrării puterilor din SE cu ajutorul HCAP și, pentru eliminarea lor, se impune căutarea unor noi soluții tehnice.

În cele de mai jos se detaliază ultimul din neajunsurile menționate.

Deoarece, pe plan mondial, prețul energiei variază mult și impredecibil, amploarea pierderilor anuale de energie generate în HCAP la echilibrarea puterilor se apreciază mai sugestiv în continuare, prin raportarea procentuală la întreaga cantitate de energie electrică utilizată de România în întregul an 2017, anume $E_{\text{Ro}}^{\text{u}}=54,6$ TWh [2, pag. 6, rând 17 jos]. La calculul pierderilor de energie rezultate anual în HCAP, se consideră că întreaga energie $E_{\text{HCAP}}^{\text{turb}}=1649$ GWh produsă ceea ce ar însemna o funcționare de 1649 ore/an. Acoperitor, se consideră că fiecare HCAP din lume ar funcționa cu puterea instalată numai 1500 ore/an și se omit pierderile energetice de la transportul energiei $E_{\text{HCAP}}^{\text{pomp}}$ prin transformatoarele și liniile electrice din SE.

∴ cele 151 HCAP operaționale din Europa, cu o putere totală $P_{\text{tot}}=50,2$ GW, la

Echilibrarea puterilor din sistemul energetic

echilibrarea puterilor din SE generează pierderi anuale de energie:

$E_{\text{pierderi}} = 1500 \text{ ore/an} \times 50,2 \text{ GW} \times 0,225 = 16.942,5 \text{ GWh/an} = 16,9425 \text{ TWh/an}$, iar procentual, raportat la $E_{R_0^u}$, rezultă $E_{\text{pierderi}} = 16,9425 \times 100/54,6 = 31,03\% E_{R_0^u}$.

∴ toate cele 169 HCAP din Europa, având 60,3 GW, generează anual pierderi:

$E_{\text{pierderi}} = 1500 \text{ ore/an} \times 60,3 \text{ GW} \times 0,225 = 20,35 \text{ TWh/an} = 37,27\% E_{R_0^u}$.

∴ cele 292 HCAP operaționale din lume, având 142 GW, generează anual pierderi:

$E_{\text{pierderi}} = 1500 \text{ ore/an} \times 142 \text{ GW} \times 0,225 = 47,925 \text{ TWh/an} = 87,77\% E_{R_0^u}$.

∴ toate cele 341 HCAP din lume, având 177,4 GW, generează anual pierderi: $E_{\text{pierderi}} = 1500 \text{ ore/an} \times 177,4 \text{ GW} \times 0,225 = 59,8725 \text{ TWh/an} = 109,656\% E_{R_0^u}$. Iar în anul 2024, toate HCAP din lume, având 200 GW, vor genera pierderi:

$E_{\text{pierderi}} = 1500 \text{ ore/an} \times 200 \text{ GW} \times 0,225 = 67,5 \text{ TWh/an} = 123,626\% E_{R_0^u}$, din care în China, cu 46 GW, se vor genera pierderi de energie:

$E_{\text{pierderi}} = 1500 \text{ ore/an} \times 46 \text{ GW} \times 0,225 = 15,525 \text{ TWh/an} = 28,43\% E_{R_0^u}$

Eliminarea acestor pierderi energetice va permite scăderea corespunzătoare, în fiecare an, a cantității de energie produsă poluant, protejând astfel mediul.

Mai trebuie subliniat caracterul concurențial al căutării de soluții noi și competitive. Piața globală a HCAP însumează sute de miliarde de euro [2, pag. 36, rând 1-3 sus] și face parte din piața și mai amplă a echilibrării puterilor din toate SE din lume. Conștientizarea dimensiunilor acestor piețe enorme mobilizează mai multe entități (grupuri de specialiști, firme, țări) ca, independent unele față de altele și chiar în concurență, să caute soluții noi și avantajoase de echilibrare a puterilor din SE. Dintre aceste entități concurente numai cele care vor reuși primele să găsească, să breveteze internațional și să aplice soluții noi și avantajoase vor dobândi poziții privilegiate pe aceste piețe globale uriașe.

În fine, necesitatea eliminării cât mai urgente a neajunsurilor menționate și conștientizarea atât a acestei necesități, cât și a dimensiunilor pieței globale de profil și a concurenței de pe această piață, impun intensificarea și accelerarea la maximum posibil a eforturilor de găsire, de brevetare internațională și de implementare a unor soluții tehnice noi și avantajoase de echilibrare a puterilor din SE din toată lumea.

∴ Concluzii

Metode noi de echilibrare a puterilor din SE, fără HCAP, ar asigura eliminarea pierderilor energetice anuale, calculate acoperitor în lucrare, precum și a pierderilor de

la transportul energiilor $E_{\text{HCAP}^{\text{pomp}}}$ prin SE și ar permite scăderea corespunzătoare a cantității de energie produsă poluant, protejând astfel mediul.

În plus, s-ar obține economii prin eliminarea atât a necesității de realizare a unor noi HCAP (cu stațiile de transformare și cu liniile electrice aferente de transport a energiei electrice) cât și a mentenanței HCAP existente.

Firmele și țările care vor breveta internațional și vor implementa primele noi soluții tehnice avantajoase vor dobândi poziții privilegiate pe piața internațională de echilibrare a puterilor din SE, piață de sute de miliarde de euro.

Conștientizarea valorii pieței globale de echilibrare a puterilor din SE impune maximizarea eforturilor de căutare și de implementare a unor noi soluții în acest domeniu, iar necesitatea înlăturării urgente a neajunsurilor soluției actuale și conștientizarea concurenței impun accelerarea acestor eforturi.

Bibliografia

1. www.energie.gov.ro Ministerul Energiei – „Strategia energetică a României 2019-2030, cu perspectiva anului 2050”, București, 2018;
2. www.cnp.ro Comisia Națională de Strategie și Prognoză – „Studiul de Fundamentare Centrala de Acumulare prin Pompaj Tarnița- Lăpuștești”, București, 2019;
3. Retezan, A., Man, T. E., Isbășoiu, E. C., Dumitrescu, H., Vertan, G. – „Aspecte și provocări noi în energetică”, A 50-a Conferință Jubiliară de Instalații, 14-16 oct. 2015, Sinaia, Edit. MATRIX ROM, ISBN 978-606-25-0200-3, pag. 513-520;
4. Căluianu, L., Colda, I. - „Creșterea productivității energetice a panourilor fotovoltaice”, A 46-a Conferință Națională de Instalații, 19-21 octombrie 2011, Sinaia, Edit. MATRIX ROM, ISBN 978-973-755-755-1, pag. 31-39;
5. Cicovschi, A. – „Energia nucleară în contextul schimbărilor climatice”, Suplimentul „Energie” al ziarului „Adevărul” din 26-28 martie 2021, pag. E3.
6. xxx Directiva europeană 2009/28/CE, privind promovarea utilizării energiei din surse regenerabile.