

HIDROGENUL: UNA DINTRE MODALITĂȚILE DE STOCARE A ENERGIEI ELECTRICE ȘI DE APLATIZARE A CURBEI DE SARCINĂ

Autor: masterand gr. EE-10M, Iliescu P.

Conducător științific: conf. univ. Mogoreanu N.

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: În domeniul electroenergetic, problema curbei de sarcină, determinată de graficul de consum, prezintă o importanță deosebită. Este necesar de menționat că curba de sarcină nu reflectă costurile legate de pornirea, oprirea, varierea regimului sau menținerea grupului energetic în regim de mers în gol. De exemplu, 103 opriri și porniri în diferite perioade ale anului pentru un grup de 200 MW determină cheltuieli suplimentare de circa 3500 tcc. În lucrarea de față se face o încercare de a demonstra, din punct de vedere tehnic și economic, posibilitatea utilizării hidrogenului în scopul de acoperire a vârfului curbei de sarcină prin stocarea energiei electrice sub formă de hidrogen .

Cuvinte cheie: hidrogenul, pile de combustibil, supratensiuni, electroliză, prepararea H_2 , stocarea H_2 , centrale hidroelectrice cu acumulare prin pompaj.

Sunt următoarele soluții de acoperire a vârfului de sarcină.

Soluții tehnice:

- Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj ;
- Grupuri cu răspuns rapid - turbine cu abur și/sau gaze ;
- Centrale hidro cu lac de acumulare etc.

Soluții economice:

- Politica tarifară rezonabilă a statului;
- De exemplu, în Republica Moldova, ca și în majoritatea țărilor, sunt promovate tarifele diferențiate pe ore de consum :

Pilele de combustie sunt convertizoare electrochimice caracterizate de alimentare continuă în specie electroactivă la cei doi electrozi. La alcătuirea lor se disting doi electrozi, anodul, sau electrodul de combustibil cu care se alimentează pila, și catodul, sau electrodul de oxigen, unde are loc reducerea oxigenului molecular.

Cea mai eficientă și bine studiată este pila de combustie hidrogen- oxigen. În continuare vom prezenta schema de principiu a unei instalații ce ar urma să fie produsă la scară industrială pentru acumularea energiei electrice.

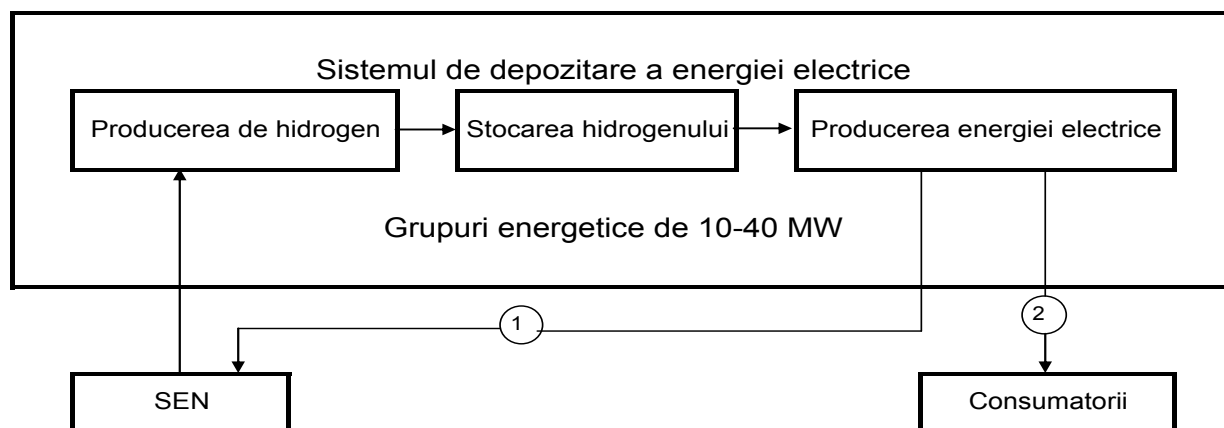


Figura 1- Instalație de stocare a energiei electrice bazată pe pile de combustie

La construcția acestei pile ideea de bază a fost capacitatea acestora de a funcționa reversibil, în timpul minimumului de consum centrala electrică ar consuma o parte din energie utilizată în electrolizoare pentru descompunerea apei în elemente constitutive, care s-ar înmagazina în rezervoare, iar în perioadele de vârf, pilele ar trece în regim de generare a energiei care va acoperi vârful curbei de sarcină.

Curentul alternativ generat în perioada de minim este redresat în curent continuu cu care se alimentează bateria de pile care are rolul de celulă de electroliză. Gazele produse la electrozi se înmagazinează în rezervoare care de regulă se construiesc subterane, în rocă densă pentru a micșora prețul de cost a acestora. Totodată trebuie de menționat că hidrogenul în contact cu aerul atmosferic este un amestec explozibil, dacă hidrogenul se află în proporție de 3,3... 74%, amestecul cel mai periculos este 30% hidrogen și 70% aer. Pentru a se asigura imposibilitatea pătrunderii aerului în rezervorul cu hidrogen, acesta din urmă se depozitează la presiuni superioare aerului atmosferic, pentru excluderea pătrunderii aerului prin neetanșeități.

După ce părăsesc celule de electroliză gazele cu o temperatură de 200 °C trec prin schimbătoarele de căldură transferând o parte din căldură agentului de răcire care poate fi apa sau aerul.

În cazul când pila funcționează ca generator, hidrogenul și oxigenul din rezervoare se alimentează la electrozii pilei care devine sursă de putere, [1, p 60].

Toate electrolizoarele pot fi alimentate cu curent ieftin, căruia nu-i sunt impuse anumiți parametri, de exemplu curentul obținut de generatoarele eoliene ori celule fotovoltaice.

Trebuie de menționat că utilizarea pilelor de combustie este eficientă doar în cazul utilizării tarifelor diferențiate la energia electrică, condiție necesară și la CHEAP.

1 Producerea hidrogenului

Un obstacol important care apare la utilizarea celulelor cu combustibil, la scară industrială, este dificultatea obținerii hidrogenului la un preț rezonabil.

În prezent există următoarele procedee industriale de obținere a hidrogenului:

- electroliza apei;
- ciclul termochimic;
- gazificarea cărbunelui în ciclu deschis;
- obținerea cu ajutorul radiațiilor ultraviolete emise de reactoarele nucleare;
- producerea cu ajutorul organismelor biologice .

Costul hidrogenului obținut prin procedeu electrolitic depinde de costul energiei electrice, dar totodată și de costul gazelor naturale și a cărbunelui . Consumul de energie electrică pentru producerea unui kg de hidrogen în urmă cu 50 ani era de 56 kWh/kg, mai târziu consumul a scăzut la 44 kWh/kg, iar în prezent consumul este estimat la 36 kWh/kg .

Aceste performanțe au fost obținute prin perfecționarea tehnologiilor și în special prin utilizarea membranelor schimbătoare de ioni, la care densitatea de curent electric pe electrozi este superioară, și utilizarea electrozilor poroși, ceea ce contribuie la mărirea vitezei reacției catodice pe electrod.

Deoarece dezideratul propus este aplatizarea curbei de sarcină, vom analiza procedeu de electroliză a apei pentru obținerea hidrogenului. Progresele înregistrate în ultimii ani în tehnica electrolizei apei permit prepararea hidrogenului cu un randament termic (raportul dintre puterea calorică a hidrogenului și energia electrică cheltuită în procesul de electroliză) de 75% în celule Stuart și 90% în celule mai scumpe elaborate de General Electric.

În general se folosesc două tipuri de instalații în ceea ce privește electroliza apei:

- 1.Celule cu electrozi bipolari;
- 2.Celule cu electrozi monopolari.

Electrozilor metalici pe lângă condiția de a fi stabili în soluții, li se impune și supratensiuni de electrod reduse, odată cu mărirea densității de curent pe ei. În literatura de specialitate sunt prezentate curbele supratensiunilor la catod și la anod în funcție de densitatea curentului, și de tipul

soluției, [6]. Din aceste curbe reiese că la catod platina are cea mai mică supratensiune, dar deoarece este un material scump ea nu se utilizează în electrolizoare, se utilizează metale ca Fe, Co și Ni, a căror supratensiune de asemenea este mică la anod și la catod.

Pentru alegerea tipului și concentrației optime a electrolitului trebuie să cunoaștem conductivitatea specifică a electrolitului în funcție de temperatură și de concentrație. Graficele ce exprimă aceste dependențe, [6, p 301], pentru toate temperaturile trec printr-un maxim. Odată cu ridicarea temperaturii maximumul se deplasează spre concentrații mai mari a electrolitului.

Teoretic pentru producerea unui m^3 de H_2 și $0,5 m^3$ de O_2 în condiții normale este necesar următoarea cantitate de apă:

$$v = \frac{V}{V_m} = \frac{m}{M},$$
$$m_{H_2O} = \frac{V(H_2) \cdot M(H_2O)}{V_m} = \frac{1000 \cdot 18}{22,4} = 804 \text{ g}.$$

În practică consumul de apă constituie 900-1000 g la $1 m^3$ de H_2 , din contul evaporării și pierderilor. Bine înțeles că sunt și pierderi de hidroxid, consumul de KOH constituie 2-3 g, iar de NaOH 1,3-1,8 g la $1 m^3$ de H_2 , [6, p 304].

2 Stocarea hidrogenului

Se știe deja că amestecul format de hidrogen și aer este un amestec explozibil. De aceea stocarea hidrogenului a devenit o sarcină extrem de responsabilă ce trebuie rezolvată în condiții de siguranță mărită.

Hidrogenul poate fi stocat în următoarele sisteme tehnice:

1. Depozitare sub presiune;
2. Depozitare în stare lichidă;
3. Stocare în hidruri metalice;
4. Compuși pe bază de metanol;
5. Stocare amoniacală.

Principalele defecte ce sunt datorate hidrogenului în exploatarea utilajelor industriale și chimice ce vin în contact direct cu acest gaz sunt, [4]:

1. Fisurarea și ruperea fragilă a rezervoarelor și conductelor în care hidrogenul se află sub presiune;
2. Fisurarea corozivă a diverselor echipamente din oțel ce vin în contact cu compușii ce conțin H_2S ;
3. Afînarea oțelului datorită metanului format în timpul decarburării sub acțiunea hidrogenului.

De cele mai multe ori aceste fenomene nu apar singulare, ci combinate și este greu de sistematizat acțiunea hidrogenului asupra oțelului. Totuși în literatura de specialitate se urmărește divizarea fenomenelor în două categorii distincte:

1. Efecte fizice ale hidrogenului la temperaturi joase;
2. Efecte chimice ale hidrogenului la temperaturi și presiuni ridicate.

Oțelurile rezistente la coroziune se obțin prin creșterea conținutului de C în oțelurile cu 0,1-0,2% C, pînă la aproximativ 5%, și introducerea de mici cantități de $Mo \leq 0,5\%$, vanadium sau niobiu $\leq 0,3\%$. Se obțin aliaje rezistente la hidrogenul sulfurat și la hidrogenul sub presiune.

3 Transferul energiei hidrogenului în energie electrică

Se va studia pila de combustie H_2-O_2 .

În această pilă procedeul de electroliză a apei este inversat, apa în loc de a fi descompusă în componentele sale cu ajutorul curentului electric, ea este sintetizată din elemente constitutive, într-o reacție controlată și care eliberează energie sub formă de electricitate și căldură. În figura 2 este reprodusă schema unei pile de combustie H_2-O_2 . Reacția ce are loc în pila de combustie este următoarea:

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2 O$$

Combustibilul și oxidantul se introduc în două compartimente diferite separate printr-o placă subțire de masă poroasă îmbibată cu electrolit, sau o membrană schimbătoare de ioni. Membrana este mărginită de electrozi, care posedă și proprietăți electrocatalitice, și care sunt legați la consumatorul de energie electrică.

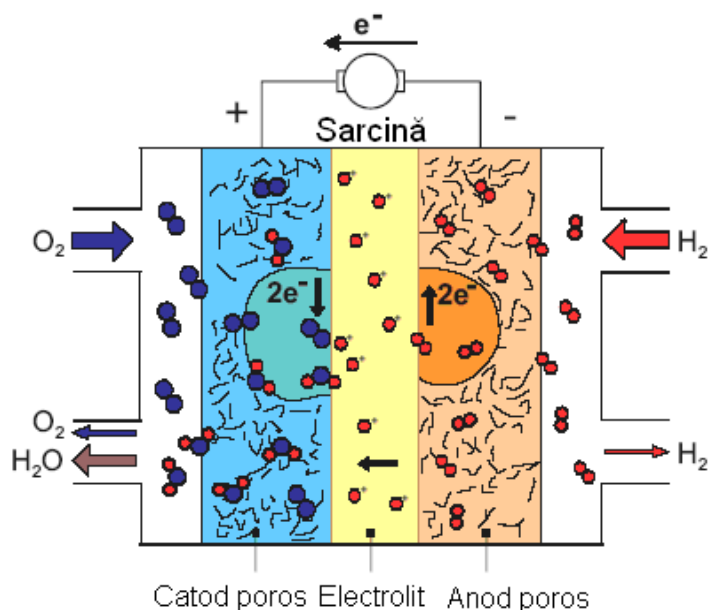
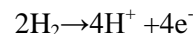


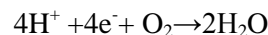
Figura 2-Schema de principiu a unei pile de combustie

La suprafața electrodului pilei de combustie are loc adsorbția chimică a combustibilului, H_2 , proces numit chemosorbție, în urma acestui fenomen are loc procesul electrochimic cu producerea de energie.

Vom prezenta reacțiile ce au loc la interfața electrod – electrolit – gaz, în cazul unei pile de combustie, avînd electrolit acid, în acest caz apa se degajă la catod. În contact cu anodul hidrogenul se ionizează:



Ionii H^+ pătrund în electrolit, iar electronii prin electrod se îndreaptă în circuitul receptorului, apoi ajung la catod. La catod în interacțiune cu oxigenul din aer și H^+ formează apa care se scurge prin partea exterioară a pilei.



Reacția globală din pilă este: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

Reieșind din acest exemplu de pile de combustie putem spune că la alcătuirea lor se disting doi electrozi, anodul, sau electrodul de combustibil și catodul, sau electrodul de oxigen, sau aer, unde are loc reducerea oxigenului molecular. Acești doi electrozi sunt separați printr-un electrolit ce trebuie să nu permită difuzia oxigenului prin el, care duce la amestecarea combustibilului cu aerul.

4 Compararea CHEAP cu centralele bazate pe pile de combustibil

Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj, CHEAP, sunt denumite în literatura de specialitate „transformatoare hidroenergetice”. Acestea consumă energie în perioada golului de sarcină prin transformatorul coborîtor și o utilizează la pomparea apei din bazinul de jos în cel de sus, iar în perioada vîrfului de sarcină lucrează în regim de generator prin utilizarea energiei potențiale a apei din bazinul de sus.

Necesitatea stocării energiei a devenit necesară din cauza regimului de consum variabil a consumatorilor.

Vom enumera avantajele pililor de combustie în raport cu CHEAP.

1. Centralele cu pile de combustie pot fi construite chiar lângă consumatori, evitînd pierderile de transport și distribuție care în țara noastră constituie 16% ;
2. O cantitate considerabilă de energie termică poate fi utilizată, care se degajă pe durata funcționării pililor de combustie, ducînd la îmbunătățirea randamentului global;
3. Nu necesită configurații speciale de relief și catități mari de resurse acvatice;
4. Nivel redus de zgomot, care din ce în ce mai mult afectează mediul ambiant;
5. Calea pentru utilizarea resurselor locale diversificate;
6. Eficiența ridicată a utilizării combustibilului;
7. Prin reglementări adecvate, unele categorii de consumatori pot fi stimulați să-și construiască, din surse proprii, grupuri energetice cu celule cu combustibil;
8. Eficiența economică a grupurilor energetice cu celule cu combustibil este determinată, în mare măsură, de raportul factorilor asociați tarifelor zonale (în orele de vîrf și orele de gol) ;
9. Timpul de răspuns a acestui tip de sursă este foarte redus, ceea ce este un factor important în asigurarea stabilității sistemului electroenergetic.

Bibliografie

1. L. Oniciu. Conversia electrochimică a energiei. București, 1977 ;
2. L. Oniciu. Surse electrochimice de putere. Cluj-Napoca, 1987 ;
3. L. Oniciu. Pile de combustie. București, 1971 ;
4. A. Million. Hidrogenul în oțeluri și în îmbinări sudate. București, 1968 ;
5. А. Л. Ротиняна. Прикладная электрохимия. Ленинград, 1974.