A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

ELECTRIFICARE INTELIGENTĂ. REPROIECTAREA SISTEMELOR EXISTENTE. SISTEME ENERGETICE ALE VIITORULUI

Eugenia AGHINII

SMART ELECTRIFICATION. REDESIGN. THE FUTURE ENERGY CHAIN

Over the next decades, the world will face increasing challenges to supply energy in sufficient quantities, while reducing carbon emission levels. As the first IEC (International Electro technical Commission) President, Lord Kelvin, always said: "If you cannot measure it, you cannot improve it!". This statement is especially true here: without measurement you can't credibly demonstrate energy efficiency improvements. The IEC provides and will continue to provide many of the measuring standards that are the basis for benchmarking, energy audits and compliance assessments. Electricity is the most easily controllable form of energy. The IEC believes that electricity will be the most important contributor to climate change mitigation.

The IEC Market Strategy Board, which comprises high-level executives from industry, has recently prepared a **White Paper on Smart Electrification** which maps out global energy needs and potential solutions over the next 30 years and the IEC's role in meeting the challenges. **Section 6** of this White Paper demonstrates what needs to change in the energy chain to achieve the CO_2 emission levels that can help humanity to mitigate climate change.

Keywords: Electrification smart, energy efficiency, energy chain, CO2 emission level, redesign, reference architecture, smart grid, energy, micro-grid, renewable energy

Cuvinte cheie: Electrificare inteligentă, eficiență energetică, lanț energetic, nivel emisie CO_2, reproiectare, arhitectură de referință, rețea inteligentă, consum de energie, micro-rețea, energie regenerabilă

1. Privire de ansamblu

În decadele următoare, lumea va fi pusă în fața unor provocări de a furniza energie electrică în cantități suficiente, reducând în acelaşi timp emisiile de carbon. Economia de energie şi utilizarea mai eficientă a acesteia constituie baza acestor provocări.

CEI deține, însă, o parte importantă a soluției pentru eficiența energetică în ansamblu, şi anume *electrificarea inteligentă*.

Pentru a defini care sunt tematicile pe care este necesar să se axeze, CEI a studiat toată gama de oportunități şi tehnologii disponibile privind eficiența energetică şi a dezvoltat un model care previzionează ce anume este cel mai probabil să se întâmple în următorii 20 de ani. Astfel în cadrul CEI s-a constituit Consiliul de Strategii de Marketing având ca obiectiv identificarea principalelor tendințe tehnologice şi cerințe ale pieței în domeniile de activitate ale CEI, precum şi elaborarea unui document intitulat *Cartea Albă a Electrificării Inteligente* şi a fost lansat spre dezbatere.

Acest document constituie un ghid care va permite CEI să dezvolte acele standarde necesare pentru obținerea celor mai bune rezultate pe termen scurt şi lung privind eficiența energetică.

Această lucrare prezintă din documentul CEI, *Cartea Albă a Electrificării Inteligente,* aflat în dezbatere la nivelul membrilor CEI, reproiectarea sistemului energetic existent cu referire la ce anume trebuie să se modifice în sistemul energetic pentru a îndeplini țintele propuse pentru nivelul de emisie de bioxid de carbon.

2. Reproiectarea – sistemul energetic al viitorului

Eficiența energetică cuprinde eficiența activităților umane consumatoare de energie în ansamblul lor, însă nu se constituie într-o simplă eficiență măsurabilă a unui proces unic.

De aceea, aceasta se bazează pe două eficiențe complementare: eficiența unei acțiuni sau a unui proces dat (obținerea aceluiaşi produs sau serviciu utilizând cât mai puțină energie) şi eficiența deciziilor luate (modificarea sistemelor şi a comportamentului social în vederea utilizării unei cantități cât mai mici de energie).

În prezent producerea de energie este centralizată, transportul şi distribuția acesteia având loc într-un singur sens, de la centrala electrică la consumator, care observă numai rezultatul final, fără a avea informații privind utilizarea energiei în general.

		În prezent	2020	2030 şi ulterior
Producerea energiei electrice		♦ Centralizat	♦ Centralizat (cu mult mai înaltă eficiență pentru energia termică şi nucleară) ♦ Distribuită ♦ Energie din surse regenerabile (10 %-20 %)	♦ Centralizat, centrale pe cărbuni şi nucleare ♦ Centralizat şi distribuită din surse regenerabile (40 %-50 %) ♦ Micro-rețele
Transport şi distribuție	**La scară mare**	♦ Transfer de energie: într-un singur sens, comandat prin sisteme inteligente de transmisii de date (IT)	♦ Transfer de energie: în cele mai multe cazuri într-un singur sens, la tensiune alternativă ultra-înaltă (UHVAC) şi tensiune continuă ultra-înaltă (UHVDC), optimizat şi comandat prin IT	♦ Rețele mai mari care utilizează UHVAC şi UHVDC optimizate şi comandate prin IT ♦ Rețele interconectate
	La scară mică	♦ Transfer de energie: într-un singur sens ♦ A început schimbarea de la unidirecțional la bidirecțional	♦ Transfer de energie: bidirecțional ♦ Dezvoltarea şi introducerea comenzii prin IT	♦ Transfer de energie: bidirecțional ♦ Rețele interconectate optimizate şi comandate prin IT
Consumator		♦ Consumatorii nu au nici o informație privind utilizarea	♦ Sisteme inteligente de date pentru consum ♦ Consumatorii vor deveni şi producători de energie	♦ Consumatorii îşi vor putea optimiza consumul lor de energie, producerea şi emisia de bioxid de carbon cu ajutorul sistemelor de gestionare a energiei ♦ Implementarea soluțiilor de utilizare finală cu înaltă eficiență energetică

Perspectivele pentru evoluția sistemului energetic sunt schițate în tabelul de mai sus comparativ cu situația din prezent.

Pentru 2050, se presupune:

- un procent de 40 % eficiență/economisire, față de 30 % în prezent,
- o cotă de 50 % de energie regenerabilă şi nucleară (față de 30 % în prezent),
- o reducere a pierderilor în transport şi distribuție de la 9 % la 6 %, şi
- o îmbunătățire de 10 % a eficienței producerii energiei electrice (față de 5 % în prezent)

Se pot alcătui trei scenarii privind nivelul de emisii prognozat, bazate pe tipul de tehnologii utilizate după cum urmează:

a) Scenariul menținerii activității la acelaşi nivel ca în prezent – cantitatea emisiei de bioxid de carbon din cauza energiei electrice cu aproximație se va tripla;
b) Scenariul aplicării în totalitate a tehnologiilor cunoscute – va exista numai o limitare a creşterii emisiei de bioxid de carbon;
c) Scenariul aplicării rapide şi în totalitate a tehnologiilor inovative – aceste tehnologii sunt decisive pentru reducerea nivelului emisiei de bioxid de carbon.

Pentru a face posibilă reducerea emisiilor, trebuie să fie utilizate şi tehnologiile aflate în dezvoltare, împreună cu tehnologiile cunoscute. Cele mai bune rezultate se vor obține prin economisire şi creşterea eficienței, orice alți factori, precum producerea de energii din surse regenerabile, având o importanță nesemnificativă.

3. Necesitatea reproiectării sistemului energetic şi rolul arhitecturii de referință

Principalele tendințe în alcătuirea sistemului energetic al viitorului vor include următoarele:

- Producerea centralizată de capacitate mare va coexista cu o producere distribuită în unități de capacitate redusă dar cu un număr mare de instalații.
- Centrale electrice de capacitate şi volum mare aflate la distanță de consumatori (de exemplu centrale pe mare, în deşert sau în spațiu).
- Producerea de energii din surse regenerabile va reprezenta o cotă semnificativă şi în creştere constantă din energia

produsă în general. Ținând seama de natura discontinuă a acestei energii (solare şi eoliene), asigurarea stabilității întregului sistem va fi mai dificilă.

- Va fi necesară dezvoltarea capacităților de stocare a energiei electrice, vehiculele electrice fiind considerate o oportunitate pentru dezvoltarea unui sistem de gestionare a capacităților de stocare.
- Utilizatorul final al energiei electrice nu va fi numai un consumator, ci va deveni un producător de energie, ceea ce va ridica probleme în ceea ce priveşte interfața cu sistemul energetic cât şi în gestionarea diferitelor surse. Astfel tarifele vor fi legate de emisiile de CO_2 şi timpul de utilizare, pentru care trebuie să fie disponibile sisteme adecvate de gestionare (în principal de contorizare) în timp ce satisfacerea cererii şi economisirea la nivelul vârfului de sarcină vor deveni o problemă semnificativă din punct de vedere economic.

4. Arhitectura rețelelor de energie electrică

Pentru înțelegerea soluțiilor propuse spre dezbatere de acest document al CEI referitoare la reproiectarea sistemelor energetice existente se foloseşte termenul de *arhitectură de referință* prin analogie între complexitatea concepției sistemului energetic şi concepția unei construcții, al cărui termen consacrat este ”arhitectură”.

Arhitectura sistemelor energetice va trebui să cuprindă micro-rețele bazate pe producerea distribuită de energie (în special energie din surse regenerabile, cum ar fi solară şi eoliană). Aceasta are loc în interiorul sistemului energetic. Principalele caracteristici ale acestei arhitecturi:

● Pentru sistemele energetice în totalitatea lor – amplificarea şi interconexiunea vor fi problemele cheie ale acestora. Soluția propusă efectivă: transportul la tensiune alternativă ultra-înaltă (UHVAC) şi la tensiune continuă ultra-înaltă (UHVDC). Un astfel de sistem energetic este proiectat în China cu scopul de a realiza sisteme de transport a energiei pe distanțe lungi şi la mare putere, produsă de marile sisteme hidroelectrice din vestul Chinei. În această țară deja au început să funcționeze unele sectoare de sisteme UHVAC. În Japonia având în vedere cantitatea mare de energie transportată au fost construite linii de transport UHVAC şi în

prezent funcționează la 500 kV. Şi în India sunt deja proiectate sisteme UHVAC şi UHVDC.

● Pentru micro-rețele sunt esențiale – comanda optimă a rețelei în funcție de necesarul de energie, stocarea şi distribuția energiei produse. În prezent sunt dezvoltate mai multe concepte de rețele inteligente în scopul îndeplinirii cerințelor de mai sus, de exemplu: Smart Grid, Intelli-Grid, Ubiquitous Power Grid.

● Conceptul Smart Grid cuprinde următoarele:

a) tehnologia de rețea inteligentă este un ansamblu de sisteme de control şi management al rețelei, de senzori şi mijloace de comunicare şi informare, care încorporează atât elemente tradiționale, cât şi de ultimă generație. Ea combină elemente de software şi hardware menite să îmbunătățească semnificativ modul în care este operat sistemul electric actual, oferind în acelaşi timp şi posibilitatea modernizării ulterioare. Prin urmare, Smart Grid nu presupune înlocuirea rețelei existente;
b) rețelele inteligente de tip Smart Grid pot furniza energie electrică folosind tehnologia digitală şi pot, de asemenea, să integreze energia provenită din surse regenerabile. În plus, consumatorii vor avea posibilitatea de a reduce consumul în timpul orelor cu consum maxim, adaptând cantitatea luată din rețea la nevoile personale.

În principal, tehnologiile pentru rețele de tip Smart Grid trebuie gândite în contextul optimizării micro-rețelelor, însă utilizarea sistemelor avansate de tehnologia informației, de comandă şi de protecție cresc fiabilitatea şi securitatea sistemelor energetice la scară mare precum şi interconectarea lor.

5. Arhitectura rețelei electrice a utilizatorului final de electricitate

5.1 Clădiri

În trecut o clădire a fost numai un consumator de energie electrică pentru încălzire, ventilație şi aer condiționat, consumul fiind în principal determinat de anvelopa structurii clădirii cu rol principal de izolație termică. Astăzi consumul de energie pentru o clădire a crescut în mod semnificativ, un rol important în eficiența energiei utilizate avându-l sistemele de supraveghere şi comandă.

În viitor (deja a început schimbarea) o clădire va fi un jucător activ: nu va fi numai un consumator ci şi un producător de energie electrică. Datorită tehnologiei informației şi comunicațiilor o clădire:

- o va avea capabilitatea de a se adapta în mod automat la modificările condițiilor interne (tipuri şi niveluri diferite de activitate) şi condițiilor externe;
- o va cunoaşte necesarul de energie legat de producerea distribuită de energie din surse regenerabile şi rețeaua inteligentă;
- o va avea o interfață pentru vehiculele electrice, inclusiv tehnologii eficiente pentru stocarea energiei;
- o va avea utilități integrate într-un sistem general de management al energiei care va determina transformarea clădirii într-un loc sigur, eficient, mult mai fiabil şi mai productiv, şi care nu poluează mediul.

O arhitectură de rețea electrică a unei clădiri va avea atât echipamente consumatoare de energie cât şi echipament de producere a energiei electrice cum ar fi celule fotovoltaice, celule cu combustibil, pompe de căldură, echipament de stocare a energiei (baterii) reîncărcabile. Unele clădiri vor avea sisteme de cabluri speciale (LVDC – joasă tensiune continuă) pentru interconectarea celulelor cu combustibil şi bateriilor. Deja sunt integrate aplicații adecvate pentru conectarea directă în sistemele de curent continuu (DC).

5.2 Conectarea vehiculelor electrice la rețea

Acasă, în clădiri sau în locurile de parcare, vehiculele electrice sau vehiculele hibride constituie o nouă sarcină care trebuie gestionată, iar bateriile lor vor fi utilizate pentru aplicații de stocare staționară a energiei electrice care va ajuta la uniformizarea sarcinii rețelei de alimentare. CEI recunoaşte importanța deosebită a standardizării interfeței vehiculelor electrice şi rețelelor de energie electrică.

5.3 Industrie

În industrie, pentru scopul acestei tematici, este luată în considerare numai eficiența energiei electrice, însă şi celelalte tipuri de energie utilizată (de exemplu energia termică) vor contribui la eficiența energetică totală. De aceea arhitectura de referință care

reuneşte toate energiile utilizate este necesară ca bază pentru sistemele de management al energiei şi îmbunătățirea eficienței energetice.

6. Stocarea energiei electrice

Tehnologiile de stocare a energiei obținută din surse regenerabile (fie în modul distribuită cu posibilitate de stocare sau ca şi cantitate de energie livrată în sistemul energetic) vor avea un rol deosebit de important în ceea ce priveşte producerea discontinuă şi posibilitatea consumatorilor să-şi optimizeze consumurile şi energia produsă local prin sistemul de management al energiei la nivel local.

În prezent se utilizează diferite tehnologii, de exemplu tehnologia cu aer comprimat, se remarcă evoluțiile tehnologice în sisteme rotative inerțiale (cu o limită maximă recent anunțată de 20 MW) şi sisteme de stocare a energiei în baterii cu ioni de litiu sau natriu-sulf (NaS) care pot furniza puteri de ordinul zecilor de MW. Dezvoltarea acestor tehnologii a fost posibilă şi datorită evoluției electronicii de putere.

O alternativă energetică de stocare a energiei, asupra căreia se insistă în prezent, este aceea a introducerii pe scară largă a hidrogenului, obținut prin metode variate, dintre care cea mai promițătoare pare a fi electroliza apei în stații amplasate în apropierea centralelor electrice.

7. Micro-rețele

O micro-rețea este definită ca fiind o rețea de putere mică, aceasta putând să funcționeze complet sau aproape complet izolată de alte rețele prin elemente de comandă optimă şi cuprinde generarea distribuită, echipament de stocare a energiei electrice şi diferiți consumatori.

În viitor, sistemul electroenergetic va fi împărțit între producția centralizată şi producția distribuită. Generatoarele distribuite pot fi agregate şi controlate astfel încât să formeze micro-rețele sau centrale virtuale care vor facilita integrarea acestora în sistemul fizic dar şi pe piața de energie electrică.

Micro-rețelele ar putea să reprezinte o soluție la natura discontinuă a generării distribuite în mod special din surse de energie regenerabilă, fiind adecvate pentru zonele aflate la distanță mare de sistemul energetic principal.

8. Probleme ridicate de sistemul energetic al viitorului

■ Prin punerea în aplicare a arhitecturii de referință pentru sistemul energetic de viitor se preconizează că aceasta va avea o contribuție importantă la reducerea emisiilor de bioxid de carbon însă va ridica probleme noi care pot fi serioase pentru siguranța, fiabilitatea şi stabilitatea întregului sistem energetic.

■ Trebuie să se țină seama de problemele care apar prin introducerea unor surse de producere de energie în rețeaua de distribuție deoarece sistemele energetice au fost concepute să transfere energia electrică într-un singur sens, adică dinspre rețeaua de transport spre consumatorii finali conectați la rețeaua de distribuție.

■ Prin introducerea unui număr cât mai mare de generatoare dispersate în sistem, circulația de puteri poate deveni bidirecțională, ceea va ridica problema coordonării protecției, iar în rețeaua de distribuție cât şi în cea de transport creează probleme de reglaj al frecvenței, iar uneori al tensiunii.

■ Pentru funcționarea eficientă a sistemului energetic în viitor este necesară dezvoltarea sistemelor informaționale, de calcul şi de telecomunicații care să contribuie la eficientizarea managementului tehnic şi economic al sistemului.

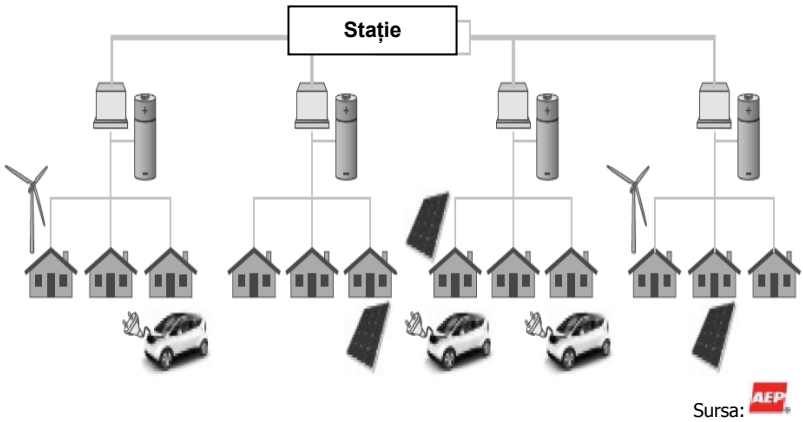

Fig. 1 Rețea de distribuție a energiei electrice pentru un grup de locuințe

■ Un exemplu de rețea de distribuție a energiei electrice pentru un grup de locuințe poate să includă, aşa cum se arată în figura următoare: un sistem avansat de contorizare, surse de energie regenerabilă locale (energie solară şi eoliană), sisteme de stocare a energiei, vehicule electrice şi un sistem de management al energiei la nivel local.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * *IEC Coping with the Energy Challenge. The IEC's role from 2010 to 2030 Smart electrification – The key to energy efficiency*. White paper, 2010.
[2] Eremia, M., Toma, L., Bulac, C., Triștiu, I., *Rețele electrice inteligente.* Universitatea "Politehnica" din Bucureşti – Forumul Regional al Energiei – FOREN 2008.

Eugenia AGHINII
Expert principal standardizare
ASOCIAȚIA DE STANDARDIZARE DIN ROMÂNIA - ASRO
e-mail: eugenia.aghinii@asro.ro