

Modulul 8 - Rețele electrice inteligente

A. Cunoașterea conceptelor de electronică și automată ce stau la baza stratului informațional

Rețelele inteligente (*smart grids*) sunt rețele electrice care asigură integrarea eficientă a tuturor surselor de energie și a utilizatorilor astfel încât indiferent de modul lor de funcționare să se asigure flexibilitate, eficiență economică, pierderi reduse, un nivel ridicat al calității energiei electrice, securitatea și siguranța alimentării cu energie.

Smart Grid constituie a *treia generație* de sisteme energetice, cea în care rețeaua electrică este dublată de o rețea informatică ce realizează conectarea operatorilor de pe piața de energie electrică și prin informație. Sunt combinate elemente de software și hardware menite să îmbunătățească semnificativ modul de funcționare a procesului de alimentare cu energie electrică a utilizatorilor, asigurând posibilitatea interacțiunii în timp real între operatorii de pe întregul lanț al producției, transport, distribuție, furnizare și utilizare. Se poate considera că rețelele smart grid nu reprezintă o revoluție în domeniu ci o evoluție a rețelei pentru a satisface necesitățile utilizatorilor.

În figura 8.1 este indicată, orientativ, diferența dintre structura unui sistem electroenergetic clasic și structura unei rețele inteligente.

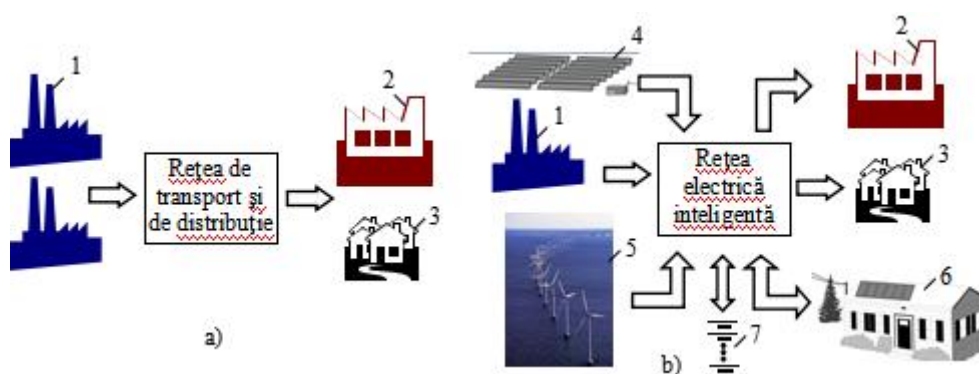


Fig. 8.1 – Structura actuală a sistemelor electroenergetice (a) și structura unei rețele inteligente (b): 1 – centrale electrice clasice; 2 – mari utilizatori industriali; 3 – mici utilizatori; 4 – centrală fotoelectrică; 5 – centrală eoliană; 6 – utilizatori „prosumer”; 7 – sistem de stocare a energiei electrice.

Smart Grid este o rețea electrică care poate integra eficient din punct de vedere energetic și informațional acțiunile tuturor utilizatorilor racordați la această rețea pentru a asigura eficiența economică a sistemului electroenergetic cu pierderi reduse și siguranță, fără a face compromisuri în ceea ce privește costurile și calitatea energiei electrice.

Se poate aprecia că rețeaua electrică actuală include insule de „inteligentă” dar implementarea conceptului Smart Grid va asigura creșterea nivelului de „inteligentă” la nivelul întregului sistem.

Principalele caracteristici ale sistemelor „Smart Grid” pot fi prezentate sub forma:

- asigurarea participării utilizatorilor la piața de energie electrică;

- asigurarea condițiilor pentru circulația bidirecțională a fluxurilor de energie;
- flexibilitate la modificări în structura surselor de generare și a utilizatorilor de energie;
- includerea în rețeaua electrică a tuturor surselor de generare și a sistemelor de stocare a energiei;
- dezvoltarea de noi produse, servicii și piețe specifice;
- asigurarea calității energiei electrice pentru toți utilizatorii de rețea;
- utilizarea eficientă a energiei electrice și optimizarea funcționării echipamentelor din rețea;
- gestionarea adaptivă a rețelei pentru a limita perturbațiile, atacurile fizice și informatice precum și daunele la condiții excepționale;
- măsurare inteligentă a energiei (*smart metering*);
- circuite de comunicații și protocoale specifice de comunicație și de securitate.

Dezvoltarea sistemelor Smart Grids va permite:

- utilizarea noilor tehnologii pentru creșterea eficienței, securității și fiabilității tuturor componentelor sistemelor electroenergetice;
- realizarea de noi servicii, noi opțiuni ale utilizatorilor de rețea, cu asigurarea condițiilor corespunzătoare privind calitatea energiei electrice;
- dezvoltarea sistemului de comunicații pentru a obține informații mai corecte, mai rapide care să permită evaluarea, în timp real, a evenimentelor din sistem și adoptarea de măsuri pentru limitarea efectelor.

Dezvoltarea rețelelor inteligente determină realizarea unor sisteme energetice mai eficiente, mai flexibile, mai fiabile, mai stabile la perturbații, mai interactive. Se asigură un flux bidirecțional atât al energiei cât și al informațiilor.

Realizarea obiectivelor caracteristice rețelelor inteligente necesită asigurarea unor condiții specifice pentru fiecare dintre operatorii de pe piața de energie electrice.

Operatorul de transport trebuie să asigure:

- capacitate suficientă (instalată și în curs de instalare) pentru a transporta energia generată în sistem;
- opțiuni suficiente pentru a echilibra generarea de energie intermitentă (de exemplu eoliană) cu o utilizare aleatorie;
- minimizarea pierderilor printr-o conducere inteligentă a sistemului și un management adecvat al

fluxurilor de energie;

- managementul corespunzător al sistemelor de reglare a puterii reactive și controlul tensiunii în noduri caracteristice ale sistemului electroenergetic.

Monitorizarea on-line a elementelor sistemului electroenergetic poate asigura o creștere importantă a eficienței și securității alimentării cu energie electrică a utilizatorilor.

Principalele condiții pe care trebuie să le asigure rețeaua de distribuție pentru implementarea concepției smart grid sunt:

- asigurarea unei capacități suficiente (instalată și în curs de instalare) pentru a distribui energia;
- instalarea de dispozitive de control pentru a garanta calitatea de tensiune, utilizând sisteme FACTS (*Flexible Alternating Current Transmission Systems*) adecvate;
- monitorizarea on line a tuturor elementelor din rețea (senzori, infrastructura de telecomunicații și IT);
- dezvoltarea sistemelor de automatizare în rețeaua de distribuție;
- managementul sarcini în prezența surselor de generare distribuită și a sistemelor de stocare a energiei);
- dezvoltarea sistemelor de măsurare inteligentă (*smart metering*);
- managementul întreruperilor și al congestiilor;
- dezvoltarea dispecerului pentru instalațiile eoliene;
- managementul echipelor de intervenție mobilă;
- dezvoltarea tehnicilor de mentenanță predictivă.

În cele mai multe cazuri, noțiunea de *smart grid* la nivelul distribuției de energie electrică este asociată cu tehnologii de automatizare a distribuției. Funcțiile de automatizare a distribuției se pot împărți în funcții primare și funcții secundare.

În categoria funcțiilor primare sunt cuprinse:

- monitorizarea și controlul echipamentelor de distribuție din stații (sistemele SCADA de la nivelul distribuției care monitorizează starea echipamentelor din stație, protecțiile din stație etc.);
- automatizarea locală (necorelată la nivelul unei întregi rețele) a echipamentelor de distribuție de pe fideri (automatizări care permit comutarea locală de pe o cale pe alta, izolarea ramurilor cu defect etc.);

- monitorizarea și controlul echipamentelor de automatizare a distribuției de pe fideri (de exemplu, comunicația SCADA cu echipamentele automate montate pe fideri);
- managementul resurselor de energie distribuite (protecțiile liniilor de conectare cu sursele de energie distribuite, monitorizarea și controlul acestora);
- aplicații software de analiză centralizată pentru automatizarea distribuției (calculul regimului permanent în timp real, modele pentru operarea sistemului cu generare semnificativă din surse distribuite etc.).

Sistemele SCADA se realizează într-o structură integrată de echipamente, soft și căi de comunicație, deserving ambele niveluri de tensiune 110 kV (stații 110 kV/MT) și MT (stații MT/MT, rețele MT și posturi de transformare MT/JT).

Rețeaua de telecomunicații reprezintă elementul de bază al sistemului informatic pe care se pot implementa și dezvolta servicii și aplicații IT care deserveșc utilizatorii finali. Infrastructura de fibră optică ar putea fi realizată pe sistemul de distribuție a energiei, cablul de fibră optică folosindu-se de conductorul de protecție dintre stâlpii liniilor electrice aeriene.

În mod obișnuit în sistemele energetice tradiționale generarea de energie electrică este realizată astfel încât să acopere necesarul de energie al utilizatorilor. În acest sens, au fost dezvoltate mecanisme specifice pentru adaptarea producției la necesarul de energie al utilizatorilor. Sistemele *smart grid* sunt astfel concepute încât să existe posibilitatea intervenției la utilizatori pentru ca necesarul acestora să corespundă în orice moment producției de energie electrică, iar utilizatorii să-și poată controla, în timp real, energia utilizată. În acest sens, sistemul de comunicații în sistemul energetic are un rol important pentru asigurarea balanței între producție și utilizare, a utilizării eficiente a energiei și realizarea unei calități superioare a energiei electrice.

În cadrul rețelelor inteligente nu se transferă numai energie ci și o mare cantitate de informații.

Realizarea *smart grids* impune măsuri adoptate la nivelul fiecărui operator din sistemul electroenergetic pentru a asigura obiectivele impuse.

La nivelul utilizatorului (prosumer):

- sisteme de utilizare eficientă a energiei;
- producție de energie din surse locale;
- clădiri inteligente;
- automatizare a echipamentelor utilizatoare.

La nivelul generării:

- producție adaptivă cu accent pe sursele regenerabile de energie;
- controlul poluării mediului în cazul surselor convenționale;

La nivelul rețelei electrice:

- automatizare stații (SA – *Substation Automation*);
- asigurarea calității energiei electrice (PQ – *power quality*) și a monitorizării evenimentelor din rețea (PM – *power monitoring*);
- managementul puterii în sistem (EMS – *energy management system*);
- utilizarea pe scara largă a electronicii de putere;
- managementul activelor din sistem și monitorizarea acestora;
- automatizarea distribuției;
- managementul sistemelor de distribuție;
- infrastructură avansată de măsurare (AMI – *advanced metering infrastructure*);

La nivelul sistemelor de comunicație:

- asigurarea securității circuitelor de comunicație;
- dezvoltarea platformelor de comunicație.

Ca exemplu, în figura 8.2 este indicată schema de monitorizare a unei zone dintr-o rețea de distribuție de medie tensiune care alimentează o rețea de joasă tensiune în care sunt conectate atât surse distribuite cât și utilizatori pasivi.

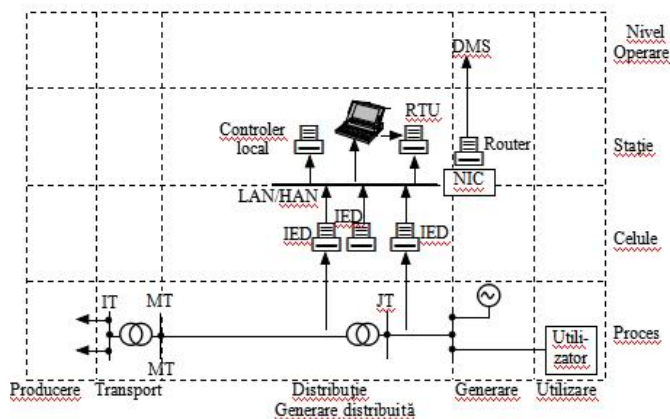


Fig. 8.2 – Sistem de monitorizare:

IED – echipament electronic inteligent (*Intelligent Electronic Device*); LAN – rețea locală de comunicații (*Local Area Network*); HAN – rețea internă de comunicații (*Home Area Network*); RTU – terminat de control la distanță (*Remote Terminal Unit*); NIC – control de interfață (*Network Interface Controller*); DMS – sistem de management al distribuției (*Distribution Management System*), Router – echipament de comunicație care asigură interconectare rețelei locale cu rețeaua publică de comunicații.

Distanțele rețelelor LAN sunt adesea limitate și, deseori, există o nevoie de a crește acest interval. Există o serie de dispozitive de interconectare, care pot fi folosite pentru a realiza acest lucru variind de la repetitoare la routere la gateway-uri. Acesta poate fi, de asemenea, necesare pentru a partiționa o rețea existentă în rețele separate pentru motive de securitate sau la o supraîncărcare a traficului.

Aceste componente care vor fi discutate separat sunt:

- Repetitoare
- Poduri
- routere
- Gateway-uri
- hub-uri
- switchuri

Repetitoare

Un repetitor funcționează la nivelul stratului fizic al modelului OSI și pur și simplu retransmite o intrare semnal electric. Aceasta înseamnă pur și simplu o amplificare și o regularizare a semnalului primit pe un segment pe toate celelalte segmente. Toate segmentele trebuie să funcționeze cu același mecanism media de acces și repetitoare este indiferent cu sensul biților individuali de date. Coliziuni, pachete trunchiate sau zgomote electrice pe un singur segment sunt transmise pe toate celelalte segmente.

Principalul motiv pentru utilizarea de repetitoare este de a extinde segmentul dincolo lungimea recomandă.

Numărul de repetitoare este în general limitat la două (dar unii recomandă un maxim de patru). Problemele de sincronizare apar atunci când prea multe repetitoare sunt utilizate.

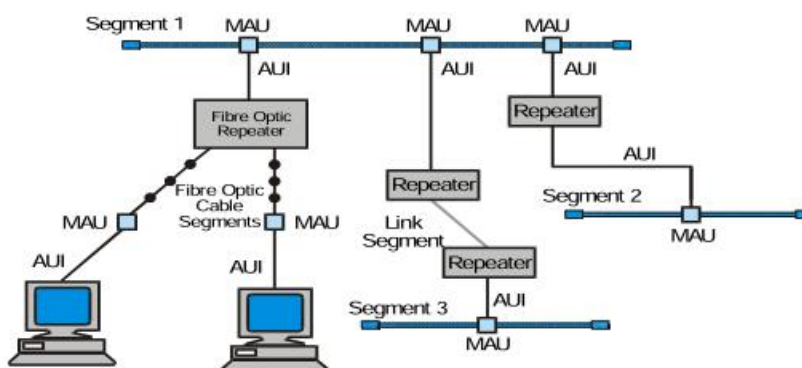


Fig. 8.3. Repetitor ETHERNET

Segmente conectate prin repetitoare ar trebui să aibă, în general trafic similar, din moment ce tot traficul este repetat în celelalte segmente.

O altă variantă de repetitor standard este repetitorul multi-port, care conectează mai mult de două

segmente. O aplicație utilă a repetoare multi-port conectează diferite medii de cablu, împreună (de exemplu, coaxial gros cu coaxial subtire sau coaxiale răsucite). Repetorele multi-port, sunt, uneori, de asemenea, menționate ca concentratori multimedia.

Poduri (bridges)

Podurile sunt utilizate pentru a conecta două rețele separate pentru a forma o rețea logică. Podul are un nod pe fiecare rețea și transmite la adresele destinație doar mesajele valabile până la cealaltă rețea. Podurile memorează cadrul dintr-o rețea și examinează adresa destinație pentru a stabili dacă acesta trebuie să fie transmis pe pod. Figura 8.4 arată configurația de bază a unui Bridge Ethernet.

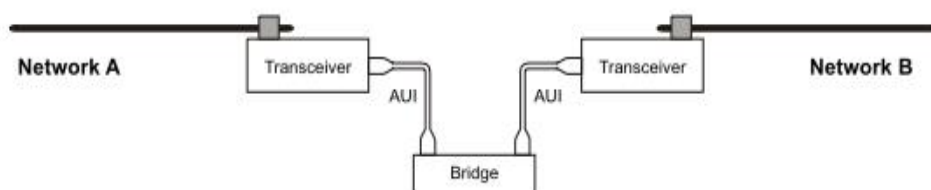


Fig. 8.4. Poduri (bridges).

Podul menține înregistrări ale adreselor Ethernet ale nodurilor ale ambor rețele la care este conectat. Protocolul conexiunii de date trebuie să fie identic pe ambele părți ale podului, cu toate acestea, straturile fizice (sau prin cablu mass-media) nu trebuie neapărat să fie aceleași. Astfel, podul izolează mecanismele de acces mass-media a rețelelor. Datele pot prin urmare, fi transferate între LAN Ethernet și Token Ring. De exemplu, coliziuni privind sistemul Ethernet nu traversează podul nici jetoanele (tokens). Podul oferă o legătură transparentă între un LAN full size cu numărul maxim de posturi, repetoare și lungimi de cablu, precum și orice alte LAN. Podurile pot fi folosite pentru a prelungi durata de rețea (ca cu repetoare), dar în plus, ele îmbunătățesc performanțele rețelei. De exemplu, dacă o rețea prezintă răspuns lent, nodurile care comunică între ele, în principal pot fi grupate împreună pe un segment și nodurile rămase pot fi grupate într-un alt segment. Segmentul ocupat nu poate vedea o puternică ameliorare în ratele de răspuns (cum este deja destul de ocupat), dar segmentul cu activitate mai mică poate vedea o îmbunătățire destul de bună a timpilor de reacție. Podurile ar trebui să fie proiectate astfel încât 80% sau mai mult din trafic să fie în LAN și numai 20% traversează podul. Stațiile generatoare de trafic excesiv ar trebui să fie identificate printr-un analizor de protocol și mutat la un alt LAN.

Router

Routerele sunt utilizate pentru a transfera date între două rețele, care au aceeași protocole de rețea (cum ar fi TCP / IP), dar nu neapărat fizice sau aceleași protocole de legături de date. Figura 8.5 prezintă aplicația router.

Routerii mențin tabelele rețelelor la care sunt atașate și la care ele pot ruta mesaje. Routerii utilizează (IP)

rețelei pentru a determina unde mesajul ar trebui să fie trimis, deoarece adresa de rețea conține informații de rutare. Routerii mențin tabelele cu calea optimă pentru a ajunge la rețea și redirectionarea mesajului la următorul router de-a lungul acestei cai.

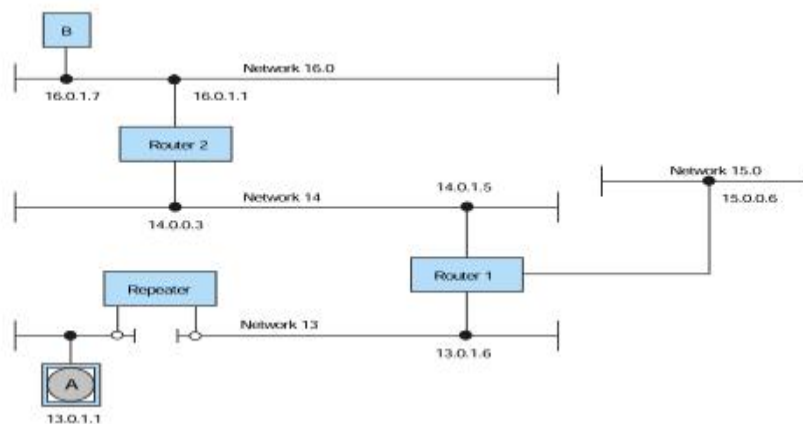


Fig. 8.5. Aplicații router

Gateway-uri

Un gateway este conceput pentru a conecta rețele diferite. Un gateway poate fi obligat să decodeze și reencodeze toate cele șapte straturi de două rețele diferite conectate la fiecare parte. Gateway-urile au astfel cea mai mare regie și cel mai scăzută de performanță a dispozitivelor internetworking. De exemplu, o poartă de acces ar putea conecta o rețea Ethernet și un token inel de rețea. Gateway-ul face traducerea de la un protocol la altul (eventual toate șapte straturi ale modelului OSI) și se ocupă de diferența de semnale fizice, format de date și viteză.

Hub-uri

Hub-urile sunt utilizate pentru implementarea rețelelor fizice stea pentru 10BaseT și sisteme Token Ring în așa fel ca problemele electrice pe link-urile individuale nod-la-hub nu ar afecta întreaga rețea. Hub-urile, în general, sunt de două tipuri - hub-uri cabinet și hub-uri șasiu. Primul este un singur cabinet sigilat cu toate conexiunile atașate și fără capacitatea de expansiune internă. Aceste unități sunt cu costuri inițiale reduse și sunt mici.

Hub-urile șasiu furnizează un cabinet cu un backplane pentru interconectarea module de conectare cablu. Deși mai scumpe aceste hub-uri șasiu furnizează o mai mare flexibilitate, îmbunătățirea fiabilității rețelei prin eliminarea interhub-urilor vulnerabile de cablare și pentru a permite extinderea peste backplane hub-ului fără a fi nevoie de repetitoare suplimentare.

Switch-uri

Dispozitivele care au făcut o schimbare majoră a modului de utilizare a rețelelor și Ethernet-ului sunt switch-urile omniprezente. Acest lucru permite comunicații directe între mai multe perechi de dispozitive

în modul full duplex; eliminându-se astfel limitele impuse de clasică arhitectura Ethernet.

Switch-urile permit transferuri de date specifice și discrete care urmează să fie realizate între orice pereche de dispozitive de pe o rețea, într-un mod dedicat. Rezultă din rețeaua STAR, în cazul în care au avut fiecare un terminal de cablu propriu discret la hub-ul central, a devenit evident că acolo a fost o cerință pentru o rețea pentru a putea conecta rapid și eficient două terminale sau noduri împreună. Acest lucru trebuie să se facă în așa fel că au, în cazul Ethernet 10BaseT un impact direct și dedicat 10 Mbps conexiuni.

SCADA și Internet-ul

Internetul este, singura rețea (virtuală) în care toate posturile sunt ușor de conectat împreună, fără a ne face griji pentru conexiunile fizice care stau la baza. În conectarea a două noduri, calea de comunicare poate fi între rețele multiple (sau local), la care nu este conectat nici nod. Acest lucru este posibil prin utilizarea unei familii universale de protocoale deschise numite TCP / IP, care stau la baza Internetului. În esență, protocolul IP vă oferă posibilitatea de a efectua rutarea, permitând pachetelor să fie trimise peste o topologie destul de complicată de rețele interconectate. Partea de TCP a protocolului permite pachetelor să fie trimise de la un punct la altul și de a avea o distribuție-garanție de fier că acestea ajung la destinație într-adevăr necesară. Layer-ul protocoalelor de aplicare poate fi elemente, cum ar fi protocolul de transfer hipertext (HTTP) utilizate de către World Wide Web (www). Www, sau pur și simplu Web, este interfața grafică care vă permite să citiți și să descărcați informații stocate în formatul www standard. Deși Internetul este extrem de popular și o modalitate foarte bună de comunicare între stații, intranetul este un alt termen, care devine important în lume SCADA.

Un intranet este proiectat pentru a comunica într-o singură rețea. Intranet-urile pot fi definite ca rețele bazate pe IP, care folosesc un browser de web standard, și cu interfața cu utilizatorul standardă pentru toate stațiile de lucru conectate la rețea. Intranet-uri oferă un mod frumos de a valorifica avantajele tehnologiilor de Internet - o interfață consecventă în întreaga rețea, web cu instrumente ușor de utilizat și multilingvist, mass-media, întreținerea centralizată a resurselor comune și multe altele - toate într-o rețea internă.

Multe companii cu un sistem SCADA ar putea dori să limiteze transferul de date doar în cadrul societății.

Utilizare Internet pentru sistemele SCADA

Odată cu adăugarea unui modem și ceva soft, aceste PC de fabrică devin noduri de Internet accesibile de oriunde din lume. Clientii și integratorii de sistem se pot loga la sistem de la distanță și pot face tot ce ar face în cazul în care aceștia ar fi în clădirea fabricii. Ei se pot uita la numărul de revizuire a procesorului și observa rurile programului. Deoarece și tehnicienii locali se pot conecta, de asemenea, la rețea, pot colabora cu ușurință cu sprijin mai sofisticat.

Prin urmare, Internetul are potențialul să lucreze cu mai multe SCADA tradiționale, telemetrie și sisteme de achiziție de date cu RF, comunicații dial-up învechite. Cu software-ul disponibil și hardware-ul se poate face un sistem de achiziție de date care poate capta date în timp real și o transmite oriunde în lumea de astăzi la un neglijabil de cost.

B. Calculul de dimensionare a circuitelor de alimentare pentru autovehiculele electrice

Autovehiculele electrice pot furniza putere, cu beneficii economice, rețelei electrice în perioadele în care sunt în stare "parcat" și conectate la un terminal electric. Figura 8.6 ilustrează conexiunile între autovehiculele electrice și sistemul electroenergetic. Semnalul de control de la operatorul de sistem (OS) este ilustrat printr-un semnal radio, dar această comunicație poate fi realizată prin intermediul unei rețele de telefonie mobilă, conexiune directă de internet, sau alte mijloace media.

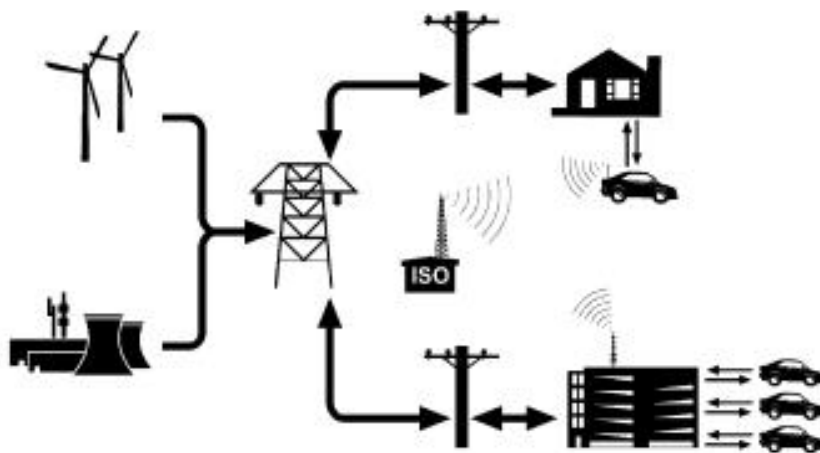


Fig. 8.6. Sistemul de alimentare cu energie electrică și sistemul de comunicații între autovehiculele electrice și sistemul electroenergetic.

Puterea electrică disponibilă pentru autovehiculele electrice este determinată de doi factori: a) limitele circuitului electric unde este conectat autovehiculul electric, și b) energia stocată în bateria autovehiculului raportată la perioada în care este utilizată. Limita circuitului de alimentare este determinată pe baza capacității de curent a circuitului (A) multiplicată cu tensiunea nominală a circuitului (V). Acest termen îl vom numi capacitatea de putere a liniei și îl vom nota cu P_{linie} . De exemplu, pentru cazul unor circuite electrice din casă la tensiunea de 240 V, și un curent electric de 50 A, capacitatea de putere este $50 \text{ A} \times 240 \text{ V}$, sau 12 kW. Pe baza limitelor din practică pentru circuitele din case sau comerciale, se consideră o limită P_{linie} de 15 kW.

Limita impusă asupra capacității electrice a autovehiculului electric P_{veh} este dependentă de energia stocată în baterii, timpul de dispecerizare necesar, și necesarul distanțelor de călătorie. Expresia de calcul a P_{veh} este:

$$P_{veh} = \frac{\left(E_s \cdot DoD - \frac{d_d + d_{rb}}{\eta_{veh}} \right) \cdot \eta_{inv}}{t_{disp}}$$

unde P_{veh} este capacitatea bateriei autovehiculului (kW), E_s este energia stocată și disponibilă (kWh), DoD este descărcarea maximă a bateriei (de obicei 80% pentru baterii NiMH și 100% pentru baterii Li-Ion), d_d este distanța parcursă din momentul în care bateria era complet încărcată (km), d_{rb} este distanța medie parcursă de conducătorul autovehiculului electric (km), η_{veh} este vehiculului în deplasare (km/kWh), η_{inv} este randamentul inverterului și a celorlalte componente electronice (de obicei 0.93), iar t_{disp} este timpul de dispecerizare (ore). Timpul de dispecerizare este o fracțiune din timpul cât autovehiculul electric este la încărcat.

Se consideră 15 kW ca fiind limita superioară a cablurilor electrice uzual folosite și 6,6 kW limita impusă de sistemele de încărcare. Dacă circulația de putere este dinspre rețeaua electrică înspre autovehiculul electric, limita de capacitate va fi impusă de circuitele electrice și de circuitele electronice (P_{line}), însă capacitatea de stocare și DoD vor determina cât timp autovehiculul electric va sta la încărcat (t_{plug}) înainte ca bateria să fie complet încărcată.

Tabelul 8.1 prezintă datele caracteristice ale autovehiculelor electrice instalate în SUA de către Autoritatea de Energie Electrică din New York și închiriate utilizatorilor pentru deplasarea în fiecare dimineață de acasă până la o aceeași stație de încărcare, sunt încărcate pe parcursul zilei, iar seara sunt folosite pentru retur. Tabelul 8.2 prezintă datele caracteristice ale circuitelor de alimentare ale vehiculelor electrice, on-board și la stația de alimentare.

Tabelul 8.1

Caracteristici autovehicul electric	
Tip baterie	NiCd, 100 Ah 19 module 6V
Energie stocată (kWh)	11,5
Adâncimea maxima de descărcare (%)	80
Puterea maximă transferată la motor	27
η_{veh} (km/kWh)	5,71
Distanță maximă parcursă	53
Durata de viață a bateriei (cicluri)	1500
Cost funcționare și mentenanță	300
Durată operație de înlocuire baterie (h)	8

Tabelul 8.2

Tip de conexiune electrică	Capacitate curent electric (A)	Tensiune (V)	P _{line} (kW)
Conexiuni electrice on-board	14	208	2,9
Conexiuni electrice la stația de alimentare	30	208	6.2

Modalități de încărcare

În Europa, capacitatea electrică a bateriei unui autovehicul electric este de aproximativ 20 kWh, ceea ce îi permite parcurgerea unui număr de aproximativ 150 km; autovehiculele hibride au o capacitate de aproximativ 3-5 kWh, pentru o distanță parcursă între 20 și 40 de kilometri.

Deoarece acest interval încă este limitat, autovehiculul trebuie să fie reîncărcat în mod regulat. În practică, conducătorul auto va efectua o reîncărcare a autovehiculului electric de fiecare dată când găsește un prilej pentru a face acest lucru.

Pentru încărcarea normală (3kW), producătorii de autovehicule au dezvoltat un încărcător în interiorul mașinii. Un cablu de încărcare este utilizat pentru a conecta autovehiculul electric la rețeaua electrică de 230V în curent alternativ. Pentru o încărcare rapidă (22 kW, chiar 43 kW sau mai mult), producătorii au dezvoltat două soluții:

- utilizarea încărcătorului din interiorul mașinii, concepute pentru a încărca între 3 și 43 kW la tensiune monofazată de 230V sau trifazată de 400V;
- utilizarea unui încărcător extern, care transformă curentul alternativ în curent continuu și care încarcă vehiculul la 50 kW.

Timp de încărcare	Tipul sursei	Tensiune	Curentul maxim
	[kW]	[V]	[A]
6-8 ore	Monofazat 3,3 kW	230 V ca	16 A
2-3 ore	Trifazat 10 kW	400 V ca	16 A
3-4 ore	Monofazat 7 kW	230 V ca	32 A
20-30 minute	Trifazat 43 kW	400 V ca	63A
20-30 minute	Tensiune continuă 50 kW	400-500 V cc	100-125 A
1-2 ore	Trifazat 24 kW	400 V ca	32 A

Standardul CEI 61851-1 "Electric Vehicle Conductive Charging System" stabilește diferitele moduri de încărcare, și anume:

Modul 1: Priză acasă și cablu extensibil

Autovehiculul este conectat la rețeaua electrică prin intermediul unor prize de alimentare standard (curent electric standard: 10 A) prezente în interiorul rezidenței. Pentru a utiliza modul 1, instalația electrică trebuie să respecte normele de siguranță electrică și trebuie să aibă un circuit de împământare, un întreruptor pentru a proteja la supraîncăcare și protecție contra curentului de scurgere către pământ. Această soluție este cea mai simplă și direct implementabilă. Permite conducătorului autovehiculului opțiunea de a-și reîncărca vehiculul aproape oriunde.



Totuși, această soluție prezintă și limitări precum puterea disponibilă pentru a evita riscuri de tip: încălzirea prizei și a cablului ca urmare a utilizării intensive pe parcursul a câtorva ore dacă se depășește puterea maximă (curentul variază între 8 A și 16 A în funcție de diferitele țări Europene); incendii sau șocuri electrice în cazul în care instalația electrică este defectă sau lipsesc sistemele de protecție adecvate.

A doua limitare constă în managementul energetic al instalației: dacă priza de încărcare nu are un circuit dedicat și curentul electric depășește limita de protecție (în general 16 A), întreruptorul de circuit va deconecta și va întrerupe alimentarea.

Toate aceste considerente impun o limită de putere în Modul 1, din motive de siguranță și de calitate a serviciului de alimentare, astfel încât o valoare de 10 A reprezintă un bun compromis. În acest fel, sunt necesare 10-12 ore pentru a încărca complet bateria autovehiculului.

În Franța, standardul NF-C-15100 impune secțiuni de cablu de 1,5 mm² sau 2,5 mm². Puterea lor maximă admisibilă este de 3,7 kW pentru 1,5 mm² și 5,7 kW pentru 2,5 mm².

Modul 2: la rezidență, priză electrică și cablu electric cu dispozitiv de protecție

Autovehiculul este conectat la rețeaua electrică prin intermediul prizelor cu care este echipată rezidența. Reîncărcarea este realizată prin cablu monofazat sau trifazat, cu un dispozitiv de protecție ce echează cablul de alimentare. Această soluție necesită un cost de investiție mai ridicat datorită specificațiilor cablului de alimentare.



Dispozitiv de protecție integrat în cablu

Modul 3: priză electrică pe un circuit dedicat

Autovehiculul este conectat direct la rețeaua electrică prin intermediul unei prize dedicate și a unui circuit de alimentare dedicat. Un sistem de control și protecție este instalat și funcțional permanent în cadrul instalației. Această configurație este singura care respectă standardele aplicabile privind instalațiile electrice. Permite de asemenea descărcarea de sarcină astfel încât echipamentele domestice pot funcționa pe perioada încărcării autovehiculului, sau pot fi deconectate astfel încât să se optimizeze încărcarea bateriei.



Dispozitiv de protecție în instalație, stație de încărcare dedicată

Modul 4: conectare la tensiune continuă pentru încărcare rapidă

Autovehiculul este conectat la rețeaua electrică de 50 Hz prin intermediul unui încărcător extern. Un sistem de control și protecție și cablul de alimentare al autovehiculului sunt instalate permanent în cadrul instalației.



Conversie curent alternativ/curent continuu externă autovehiculului

Modul 3 de alimentare stabilit în standardul CEI 61851-1 asigură siguranță maximă utilizatorilor pe parcursul încărcării autovehiculului electric. De asemenea, acest mod permite de a determina puterea de încărcare (cu precizie ridicată) dacă acest lucru este cerut de către furnizorul de energie electrică (smart grid/răspuns al sarcinii) și impune un circuit de încărcare adițional și dedicat.

Un sistem de control al încărcării semnalizează următoarele aspecte:

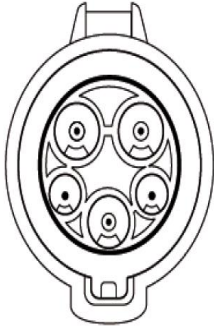
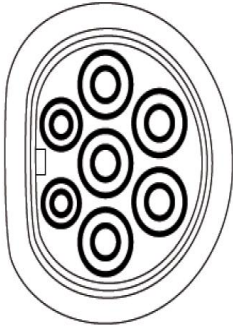
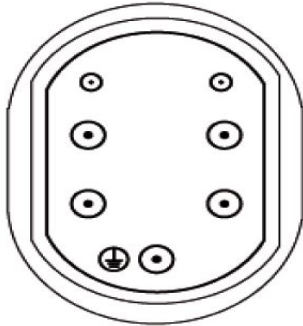
- verifică dacă autovehiculul este conectat corect la sistem;
- verifică dacă instalația de împământare a alimentării autovehiculului este corect conectată la circuitul de protecție al instalației;
- verifică dacă puterea circulând prin cablu, autovehiculul și circuitul de încărcare sunt compatibile;
- determină puterea de încărcare maximă ce va fi alocată autovehiculului.

Toate aceste verificări sunt efectuate și comunicate printr-un cablu dedicat denumit cablu pilot.

Standardul CEI 62196-2 stabilește tipurile de prize de alimentare ce pot fi folosite pentru încărcarea autovehiculului în modul 3.

Pentru încărcarea vehiculelor electrice se pot utiliza trei tipuri de prize cu conectori pentru cablul pilot:

Tipuri de prize:

Caracteristici	Tip 1	Tip 2	Tip 3
Fază	Monofazată	Monofazată/trifazată	Monofazată/trifazată
Curent electric	32 A	70 A (monofazată) 63 A	32 A
Tensiune	250 V	500 V	500 V
Număr de pini	5	7	5 sau 7
Clapetă	Nu	Nu	Da
Diagramă			

Tipul 3 de priză este impus în Marea Britanie, deoarece este singurul echipat cu clapetă, protejând copiii (și adulții) de a intra în contact cu părțile electrice active.

C. Calculul dimensionării unor circuite de alimentare cu energie electrică provenită din surse regenerabile

Circulație de putere activă

Se consideră un amplasament a unei surse regenerabile de energie (SRE) de-a lungul unui feeder de distribuție ce funcționează radial, cu un consum total în aval egal cu $P_{cons}(t)$ și o putere totală generată în

aval $P_{gen}(t)$. Se neglijează fluxurile de putere reactivă, astfel încât fluxul total de putere la această locație este:

$$P(t) = P_{cons}(t) - P_{gen}(t) \quad (8.1)$$

Presupunem că nu există nicio situație de supraîncărcare înainte de a se introduce sursa regenerabilă. Atâta timp cât circulația maximă de putere după conectare este mai mică în comparație cu cea anterioară, nu va fi nicio supraîncărcare a feederului. Condiția care trebuie îndeplinită este:

$$P_{max} < P_{cons,max} \quad (8.2)$$

Existând o cantitate mare de putere generată din surse regenerabile, circulația maximă de putere apare în momentul în care se generează o putere maximă și există un consum minim:

$$P_{max} = P_{gen,max} - P_{cons,min} \quad (8.3)$$

Astfel, condiția care garantează că nu există supraîncărcare este:

$$P_{gen,max} < P_{cons,max} + P_{cons,min} \quad (8.4)$$

Acest criteriu ar trebui să fie îndeplinit pentru fiecare amplasare a sursei regenerabile de-a lungul feederului. Aceasta este o cerință suficientă ce poate fi folosită ca un prim nivel limită de capacitate. Atâta timp cât puterea generată maximă este mai mică decât suma consumului minim și maxim, nu va exista supraîncărcare. În cazul în care puterea maximă generată depășește acest prim nivel de capacitate pentru orice amplasament a SRE de-a lungul unui feeder, sunt necesare studii suplimentare pentru a determina cel de-al doilea nivel de capacitate. Se ajunge la acest nivel doi în momentul în care curentul maxim devine egal cu valoarea capacității de curent maximă a secțiunii de feeder. Puterea maximă prin secțiunea feederului este dată de (8.3). Aceasta ar trebui să fie mai mică decât puterea maximă admisă:

$$P_{gen,max} - P_{cons,min} < P_{max,limit} \quad (8.5)$$

Rezultă următoarea condiție:

$$P_{gen,max} < P_{max,limit} + P_{cons,min} \quad (8.6)$$

Această abordare pentru identificarea nivelurilor de capacitate este ilustrată în exemplele 1 și 2. În aceste exemple se presupune că nivelurile maxime și minime ale sarcinii sunt bine cunoscute. În realitate, de multe ori nu sunt disponibile informații despre sarcina minimă. Acest lucru ar putea duce la o subestimare a nivelului de capacitate de SRE.

Exemplul 1.

Se consideră feederul ilustrat în figura 8.7, cu datele caracteristice ale conductoarelor prezentate în tabelul 8.3. A fost folosită o tensiune nominală de 15 kV pentru calculul puterii maxime admisibile.

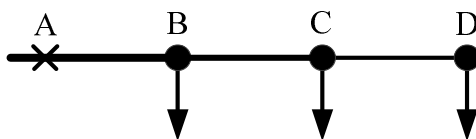


Fig. 8.7. Exemplu de feeder

Primul nivel de capacitate, în conformitate cu (8.4), pentru secțiunea CD este:

$$P_{gen,max} = 2.5MW + 700kW = 3.2MW \quad (8.7)$$

Tabelul 8.3.

Secțiune de feeder	AB	BC	CD
Dimensiune conductor	185 mm ²	95 mm ²	35 mm ²
Curent maxim admisibil	388 A	268 A	151 A
Putere maximă admisibilă	10 MVA	7 MVA	3.9 MVA

Tabelul 8.4.

Date de consum pentru feederul din exemplul 1.

	B	C	D
Putere maximă activă	2 MW	3.5MW	2.5MW
Putere maximă reactivă	1.3 Mvar	2Mvar	1.3Mvar
Putere minimă activă	500 kW	900kW	700kW
Putere minimă reactivă	300 kvar	500 kvar	500 kvar

Pentru secțiunea BC, trebuie considerată toată sarcina din aval, prin urmare sarcina din punctele C și D.

Primul nivel de capacitate este:

$$P_{gen,max} = (2.5 + 3.5MW) + (700 + 900k \text{ var}) = 7.6MW \quad (8.8)$$

Pentru secțiunea AB, se obține:

$$P_{gen,max} = (2.5 + 3.5 + 2MW) + (700 + 900 + 500kW) = 10.1MW \quad (8.9)$$

Acest exemplu furnizează informații despre cantitatea maximă de SRE care poate fi conectată în siguranță în aval de fiecare secțiune a feederului. Atunci când sunt necesare limite pentru cantitatea de SRE în

fiecare punct de consum, sunt posibile diferite combinații. Cantitatea maximă de putere generată în punctul C este de 7,6 MW minus cantitatea furnizată în D. O posibilă alocare a limitelor pentru cantitatea furnizată în fiecare punct de consum este:

- punct de consum A: 2.5 MW;
- punct de consum B: 4.4 MW;
- punct de consum C: 3.2 MW.

Exemplul 2.

Pentru feederul din figura 8.7, nivelul 2 de capacitate (atunci când apare supraîncărcarea efectivă) este pentru secțiunea de feeder CD:

$$P_{gen,max} = 3.9MW + 700kW = 4.6MW \quad (8.10)$$

Pentru secțiunea de feeder BC, suma puterii maxime a acestei secțiuni și minimul consumului din aval furnizează nivelul doi de capacitate:

$$P_{gen,max} = 7MW + (700 + 900kW) = 8.6MW \quad (8.11)$$

Pentru secțiunea de feeder AB, rezultatul este:

$$P_{gen,max} = 10MW + (700 + 900 + 500kW) = 12.1MW \quad (8.12)$$

Atunci când nivelul doi de capacitate pentru prima secțiune a feederului este depășită, întreruptorul amplasat în punctul A va deconecta atunci când puterea generată maximă este egală cu nivelul minim de consum. Supraîncărcarea va conduce la o întrerupere a alimentării cu energie electrică, determinând o reducere a fiabilității sistemului.

Situația este diferită în cazul în care nivelul doi de capacitate este depășit pentru secțiunile de feeder BC sau CD. Deoarece nu există o protecție dedicată pentru aceste secțiuni de feeder, acestea ar putea deveni supraîncărcate fără ca protecția feederului (în punctul A) să observe o supraîncărcare. Rezultatul ar putea fi o deteriorare a echipamentelor. Acest lucru necesită o întărire a secțiunii de feeder.

Circulație de putere activă și reactivă

Atunci când este considerată și contribuția puterii reactive, expresiile matematice devin mai complicate, însă metodologia este aceeași. Puterea maximă aparentă pentru o secțiune de feeder în lipsa surselor de putere este egală cu:

$$S_{\max,1} = \sqrt{P_{\text{cons,max}}^2 + Q_{\text{cons,max}}^2} \quad (8.13)$$

unde P_{cons} și Q_{cons} sunt puterile consumate maxime activă, și respectiv, reactivă. S-a considerat că variațiile în timp ale cererii de putere activă și reactivă sunt aceleași, deci putere reactivă maximă este atinsă atunci când consumurile de putere activă și reactivă sunt la valoarea maximă. Atunci când există variații diferite în timp ale consumului de putere activă și reactivă, acest lucru trebuie inclus în analiza de dimensionare. În acest caz este necesară o simulare în domeniul timp.

În cazul în care există o cantitate semnificativă de RES conectată la feeder, puterea aparentă maximă este atinsă pentru un consum minimă și o putere generată maximă:

$$S_{\max,2} = \sqrt{(P_{\text{gen,max}} - P_{\text{cons,min}})^2 + Q_{\text{cons,min}}^2} \quad (8.14)$$

unde s-a considerat că RES nu produce și nici nu consumă putere reactivă.

Puterea aparentă maximă considerând sursele RES trebuie să fie mai mică decât puterea aparentă maximă în absența RES:

$$S_{\max,2} < S_{\max,1} \quad (8.15)$$

Acest lucru conduce la următorul rezultat pentru nivelul 1 de capacitate:

$$P_{\text{gen,max}} < P_{\text{cons,min}} + \sqrt{P_{\text{cons,max}}^2 + Q_{\text{cons,max}}^2 - Q_{\text{cons,min}}^2} \quad (8.16)$$

Nivelul doi de capacitate este atins atunci când curentul electric circulând prin feeder este egal cu curentul maxim al feederului. Curentul electric maxim, sau puterea aparentă maximă, trebuie să fie mai mică decât puterea aparentă maximă admisibilă (curent maxim multiplicat cu tensiunea nominală) rezultând în următoarea expresie:

$$P_{\text{max,gen}} < P_{\text{cons,min}} + \sqrt{S_{\text{max,limit}}^2 - Q_{\text{cons,min}}^2} \quad (8.17)$$

Exemplul 3.

Se consideră feederul din figura 8.7. Primul nivel de capacitate, pentru secțiunea de feeder CD este:

$$P_{\text{gen,max}} = 700 + \sqrt{2500^2 + 1300^2 - 500^2} = 3400 \text{ kW} \quad (8.18)$$

Pentru secțiunea de feeder BC, primul nivel de capacitate este:

$$P_{gen,max} = 1600 + \sqrt{6000^2 + 3300^2 - 1000^2} \quad (8.19)$$

În ambele cazuri, estimarea este mai mare decât cea obținută la exemplul 1, unde puterea reactivă a fost neglijată.

Exemplul 4.

Pentru exemplul de feeder din figura 1, nivelul doi de capacitate, pentru secțiunea CD este:

$$P_{gen,max} = 700 + \sqrt{3900^2 - 500^2} = 4500kW \quad (8.20)$$

Estimarea este mai mare decât cea obținută la exemplul 1, unde puterea reactivă a fost neglijată.

D. Cunoașterea conceptelor despre domotică

Domotica este un ansamblu de tehnologii care permit managementul și controlul instalațiilor într-o clădire. Obiectivul este de a optimiza resursele, de a crește nivelul de confort, de a centraliza interfețele sistemelor, de a crește nivelul de siguranță. Domotica poate fi folosită pentru a controla sistemul de alimentare cu căldură și frig al clădirilor, pentru a controla instalațiile de iluminat din diferite camere și permite a conlucra, printr-o infrastructură comună diferitele dispozitive prezente într-o casă, birou sau clădire (figura 8.8).



Fig. 8.8. Sistem domotic de comandă și control a dispozitivelor inteligente.

Domotica, ca instrument de supervizare, permite a controla toate dispozitivele conectate prin intermediul unei unice centrale de supervizare, gestionandu-le într-o manieră rațională și unitară. Un astfel de sistem

este necesar să fie echipat cu un pachet software de supervizare și monitorizare a sistemului care are rolul de a achiziționa datele de la fiecare software al sub-sistemelor sau chiar direct de la dispozitive și are rolul de a observa desfășurarea în timp a acestor subsisteme (figura 8.9).



Fig. 8.9. Interfața de control a dispozitivelor din interiorul unei locuințe

Atât pentru energia termică, cât și pentru energia electrică, utilizarea domoticii permite o creștere a eficienței energetice a clădirilor ne-rezidențiale de până la 60%. Pentru clădirile rezidențiale, cuantificarea eficienței energetice este dificil de calculat datorită dependenței de consumurile locatarilor, ceea ce nu permite o clasificare omogenă.

Din punct de vedere al distribuției inteligenței sistemelor domotice, există trei arhitecturi posibile pentru aplicațiile de domotică:

- 1) Arhitectura centralizată: dispozitivele inteligente sunt doar senzori și / sau actuatori . Un nod central coordonează aparatele inteligente și generează comenzile necesare;
- 2) Arhitectura distribuită: nu există nici un punct central de inteligent. Inteligența sistemului este distribuită între dispozitivele care cooperează fiecare între ele cu scopul de a îndeplini un anumit serviciu;
- 3) Arhitectura mixtă: există un punct central de comandă, dar dispozitivele inteligente sunt de asemenea capabile să coopereze în mod independent unul cu celălalt pentru anumite sarcini.

Mediile de comunicare cele mai utilizate în domotică pentru aplicații rezidențiale sunt circuitele electrice și frecvența radio. Circuitele electrice oferă o viteză mai mare de transfer de biți , dar necesită costuri de instalare mai mari. În principiu, se dorește utilizarea rețelele de cablu deja instalate pentru alimentarea cu energie electrică sau rețelele de telefonie, în case vechi , în timp ce în casele noi are loc instalarea de noi rețele ad- hoc. Viceversa, frecvența radio oferă instalații cu cost redus dar viteza de transfer este mică. O altă cerință importantă, în special pentru domotica bazată pe transmisie wireless, este economia

consumului bateriilor. Aplicațiile inteligente echipate cu baterii trebuie să aibă un consum de energie redus, atât pentru funcțiile de calcul cât și pentru cele de comunicație, pentru a crește durata de viață a bateriei. În domotică, este des folosit protocolul standard IEEE 802.15.4 pentru a furniza soluții de wireless, cu cost redus și consum redus de energie a bateriilor.

Sistemele domotice și în general automatizările rezidențiale și din cadrul clădirilor se pot baza, în funcționarea lor, pe o bară de comandă. Tehnica de sistem este aceea de a avea distincte, dar nu necesar separate, liniile de alimentare cu energie electrică de liniile de semnal de comandă. Primele sunt necesare pentru a alimenta utilizatorii, în timp ce celelalte sunt necesare pentru a transporta semnalul de comandă la senzori și actuatori.

La nivel mondial există diferite standarde de schimb de informație pe bara de comandă, însă standardul european Konnex se bazează pe o tehnologie de tip distribuit și pe o inteligență descentralizată în toate dispozitivele, cu un dublu avantaj: fiecare dispozitiv este autonom (permițând sistemului de a continua alimentarea în cazul defectării unui aparat) și există posibilitatea de a alege furnizorul dorit al dispozitivului, considerând interoperabilitatea acestora. Sistemul este constituit din diverse aparate care execută toate funcțiile necesare pentru managementul unei instalații electrice mai mult sau mai puțin complex, fiecare aparat conectat la bara de comandă va trebui configurat astfel încât să fie identificabil în configurarea finală.

La nivel mondial există standardele domotice ilustrate în figura 8.10, diferența principală constând în protocolul de comunicație utilizat și de zona geografică de dezvoltare.



Fig. 8.10. Protocoalele utilizate la nivel mondial în domotică

Diferențele principale între un sistem tradițional și un sistem utilizând domotică sunt că, în cazul tradițional (figura 8.11- a), fiecare dispozitiv la joasă tensiune este gestionat de către utilizator; în cazul instalației domotice (figura 8.11-b), sistemul de control folosește o magistrală dedicată în cadrul căreia are loc un schimb de informații sub formă de mesaje, în timp ce actuatorii gestionează utilizatorii la joasă tensiune.

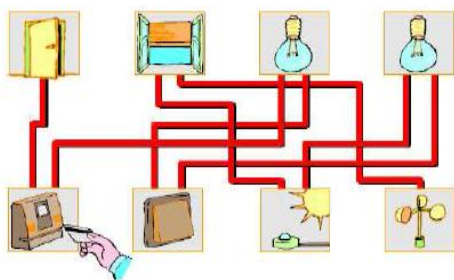


Fig. 8.11-a. Sistem tradițional

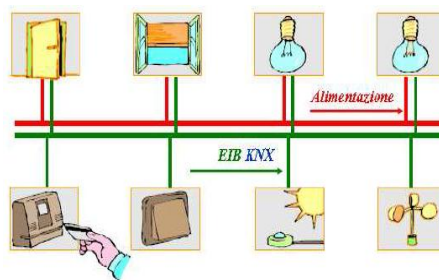


Fig. 8.11-b. Sistem utilizând domotică

Aplicațiile de domotică realizabile cu un sistem de automatizare rezidențială sau terțioară pot fi împărțite în 3 clase.

Tabel 8.5.

Clase de aplicabilitate a sistemelor de automatizare

Clasa 1	
Comandă	Iluminat, încălzire, ventilație, aer condiționat, actuatori
Alarmă	Urgență, antiefracție, scăpări de gaze, incendiu, inundație
Difuzie sonoră	Control
Clasa 2	
Difuzie sonoră	Difuzoare
Comunicație	Telefon, interfon
Clasă 3	
Comunicație	Video cu bandă largă