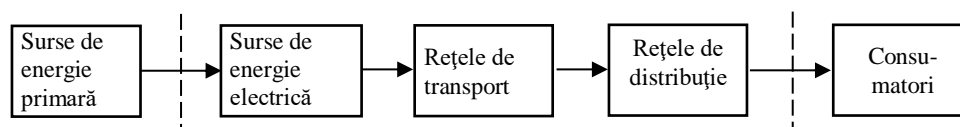


## Capitolul 9 – Sisteme electroenergetice

### 1. Structura sistemului electroenergetic

Sistemul electroenergetic reprezintă acea parte a macrosistemului energetic, care cuprinde activitățile din domeniul producerii, transportului și distribuției energiei electrice. Datorită ascensiunii cererii de energie electrică toate componentele sistemului electroenergetic au crescut, atât ca număr, cât și ca putere instalată sau putere tranzitată.

În prezent structura sistemelor electroenergetice este, în general, aceeași pentru toate țările dezvoltate ca și pentru țara noastră. Conform funcțiunilor îndeplinite, structura minimă a unui sistem electroenergetic este aceea din fig.9.1.



**Fig.9.1.** Principalele componente ale unui sistem electroenergetic

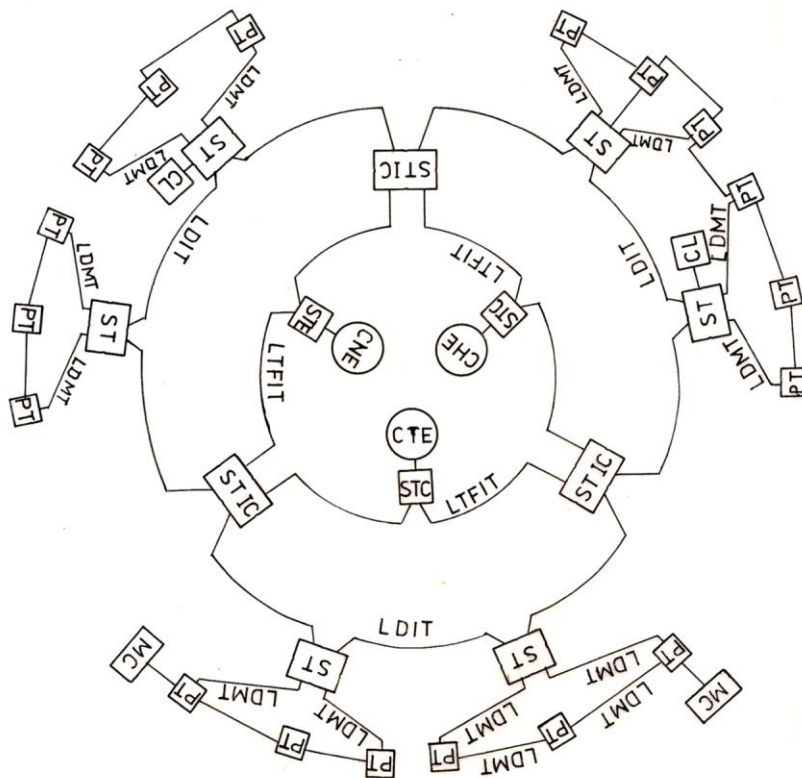
În sistemele electroenergetice, energia electrică se prezintă exclusiv sub formă de curent alternativ, trifazat, până la ultimul nivel de distribuție unde folosește mai ales forma monofazică. Folosirea curentului alternativ permite modificarea, prin transformatoare, a parametrilor tensiune și intensitate potrivit etapelor de transport, distribuție și utilizare a energiei.

Structura unui sistem electroenergetic este variată, depinzând de suprafața de teren pe care acesta este organizat. Pentru țări mijlocii și mici, precum România, structura actuală a sistemului electroenergetic poate fi reprezentată, în principiu, ca în figura 9.2.

Principalele surse de energie dintr-un sistem electroenergetic sunt centralele termoelectrice, (CTE), centralele hidroelectrice (CHE), respectiv cele nucleare-electrice (CNE), alături de care, mai recent au apărut centrale fotovoltaice, solare, respectiv eoliene, având putere instalată comparabile cu cele ale centralelor electrice convenționale. De asemenea, există și o serie de centrale electrice de importanță locală (CL), precum și unele de microcentrale (MC), mai ales hidroenergetice, eoliene și solare.

Centralele electrice convenționale (CTE, CHE, CNE) produc energie electrică cu ajutorul generatoarelor sincrone care funcționează la tensiuni cuprinse între 6 și 24 kV, acest interval fiind cunoscut sub denumirea de medie tensiune - MT.

Pentru a putea transporta energia cât mai eficient (cu pierderi prin efect Joule cât mai reduse) la distanțele, uneori mari, până la marile centre de consum, în stațiile de transformare (STC) amplasate lângă centrale tensiunea este ridicată la un nivel denumit foarte înaltă tensiune-FIT (care pentru țara noastră este de 400 kV). Aceste stații sunt legate între ele prin linii de transport la foarte înaltă tensiune (LTFIT). În sistemul electroenergetic al României aceste linii operează la tensiuni de 220 kV, respectiv 400 kV.



**Fig.9.2.** Structura unui sistem electroenergetic

În apropierea marilor concentrații de consumatori (centre industriale sau orașe mari) sunt amplasate stații transformare și interconexiuni în care, cu ajutorul autotransformatoarelor FIT/IT (în România 400/110 kV, respectiv 220/110 kV), se trimite energia în rețeaua de distribuție, care funcționează la înaltă tensiune-IT (110 kV). Prin intermediul liniilor acesteia (LDIT), energia este adusă în apropierea marilor consumatori industriali sau a unor concentrații de consumatori mai mici. Rețeaua de distribuție de înaltă tensiune este interconectată la nivel regional, iar la nivel național numai parțial.

La liniile de distribuție de înaltă tensiune sunt racordate stațiile de transformare (ST) în care tensiunea este coborâtă în continuare de la nivelul de înaltă tensiune la medie tensiune, iar prin liniile de distribuție de medie tensiune (LDMT) sunt alimentați direct o serie de consumatori industriali. Majoritatea consumatorilor este însă alimentată la joasă tensiune (JT-0,4 kV), prin intermediul posturilor de transformare (PT), racordate tot la LDMT.

Sursele de energie electrică de importanță mai mică sunt racordate în sistem la nivele de tensiune cu atât mai joase cu cât au putere mai redusă. Astfel centralele locale (CL) sunt racordate la stațiile de transformare IT/MT, iar microcentralele (MC) la posturile de transformare.

## 2. Funcționarea sistemului electroenergetic

Structura a sistemului electroenergetic descrisă în figura 9.2 mai este cunoscută și sub denumirea de schemă complex buclată. Principalele avantaje ale unei astfel de scheme, comparativ cu schema radială, sunt siguranță crescută în funcționare și eficiența din punct de vedere economic.

Astfel, defectarea oricărei componente din schema complex buclată nu va afecta consumatorii întrucât funcția acelei componente poate fi preluată de către celelalte prin interconexiunile existente. Eficiența economică a unei astfel de scheme este datorată următoarelor aspecte:

- nivelul minim al pierderilor înregistrate în transport și distribuție, ca urmare a alegerii corespunzătoare a nivelelor de tensiune și amplasării stațiilor de transformare;
- mărimea și numărul redus al componentelor de rezervă necesare realizării siguranței în alimentare.

Astfel, în cazul unei scheme radiale (fără interconexiuni) pentru a obține o siguranță mare în alimentarea consumatorilor fiecare componentă ar trebui teoretic dublată de o rezervă. O asemenea schemă dublată ar fi extrem de costisitoare din punct de vedere economic, fiind practic imposibil de realizat.

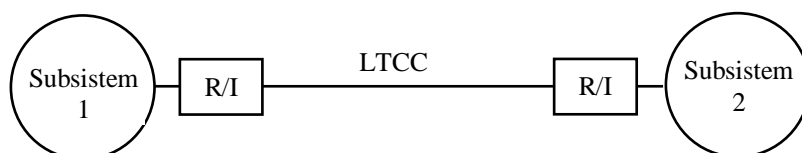
Datorită interconexiunilor, centralele electrice pot fi programate în funcționare, în raport cu eficiența economică proprie, pe măsura creșterii cererii de energie a consumatorilor. Astfel, vor căpăta prioritate în funcționare centralele mai economice, iar celelalte vor interveni în caz de avarie sau de depășire a puterii furnizate de primele.

Funcționarea interconectată a surselor într-un astfel de sistem este strict condiționată de menținerea la aceeași valoare a frecvenței curentului alternativ în toate instalațiile componente, abaterile admise fiind fracțiuni de procent. Variațiile frecvenței sunt strict supravegheate, iar depășirea limitelor admise conduce la deconectarea elementului „vinovat”.

Circulația energiei electrice într-o astfel de schemă poate fi dirijată pe traseele cele mai scurte prin reglarea nivelului tensiunii în stațiile de transformare. Acest fapt este posibil întrucât transformatoarele din stații au înfășurări de reglaj cu prize ce pot fi comutate chiar în timpul funcționării acestora.

Schema complex buclată prezentată anterior (figura 9.2) se folosește doar pentru teritoriile de întindere mică sau medie ce sunt relativ omogene în ceea ce privește repartiția consumatorilor. Pentru teritorii mari și foarte mari asemenea scheme sunt folosite pentru părțile cele mai dezvoltate din punct de vedere economic, formându-se astfel o serie de sisteme locale. Acestea sunt interconectate la rândul lor prin următoarele tipuri de linii:

- linii de transport în c.a. la FIT sau UIT (ultra înaltă tensiune), mergând până la 750 kV și 1150 kV;
- linii de transport în curent continuu (LTCC în fig.9.3).



**Fig.9.3.** Interconectarea sistemelor locale în curent continuu

Asigurarea stării de funcționare normală a instalațiilor sistemului se realizează și prin existența unor dispozitive de protecție împotriva regimurilor de defect (care, cel mai frecvent sunt scurtcircuite)

sau de suprasarcină. De asemenea există sisteme automate pentru reglarea tensiunii, frecvenței, puterii, etc.

### **3. Conducerea sistemului electroenergetic**

Numărul mare de componente și viteza de variație a stării acestora impune un control permanent asupra stării de funcționare și intervenții foarte rapide asupra sistemelor de comandă și reglare. Toate componentele sistemului electroenergetic sunt monitorizate, iar informațiile astfel obținute sunt folosite fie de sistemele automate existente, fie de operatorii umani.

Pe lângă intervențiile necesare din motive tehnice (defecțiuni) există și alte tipuri de intervenții, impuse datorită modificării cererii de energie sau a disponibilului de resurse primare. Pentru realizarea tuturor acestor funcții de conducere este organizată o structură denumită dispecerat, ce cuprinde mai multe nivele ierarhice. Pentru țara noastră această structură este constituită din următoarele nivele:

- dispecerul energetic național (DEN);
- dispecerul energetic teritorial (DET – Bacău, București, Craiova, Timișoara și Cluj);
- dispeceri energetici locali (DEL - la nivel operatorilor de distribuție).

Fiecare dintre ei are competență asupra unei zone din instalații, iar treptele superioare au autoritate asupra celor inferioare.

Din punct de vedere organizatoric fiecare nivel are, în principiu, aceeași structură, și anume:

- compartimentul de comandă operativă – se ocupă cu conducerea în timp real a funcționării instalațiilor, folosind în acest scop informațiile primite prin intermediul sistemelor de comunicații din instalațiile din zona de autoritate;
- compartimentul de regimuri de funcționare – se ocupă cu planificarea stării de funcționare a componentelor sistemului, în baza informațiilor referitoare la variația cererii de energie, starea tehnică a instalațiilor, respectiv disponibilul de resurse primare. Aceste planificări pot fi realizate pentru perioade începând de la o zi, până la câteva luni, și sunt transmise și compartimentului de comandă operativă.

### **4. Grafice de sarcină în sistemul electroenergetic**

Graficul (curba) de sarcină reprezintă variația în timp a consumului de energie. Aceste grafice de sarcină constituie elementul de plecare în activitatea de prognoză a dezvoltării sistemelor energetice, fiind de asemenea utile pentru programarea modului de funcționare a surselor de energie.

Forma graficelor de sarcină este influențată de mai mulți factori, precum: structura consumului (industrial, public, casnic, etc.), condițiile climatice ale zonei considerate, respectiv gradul de dezvoltare economică.

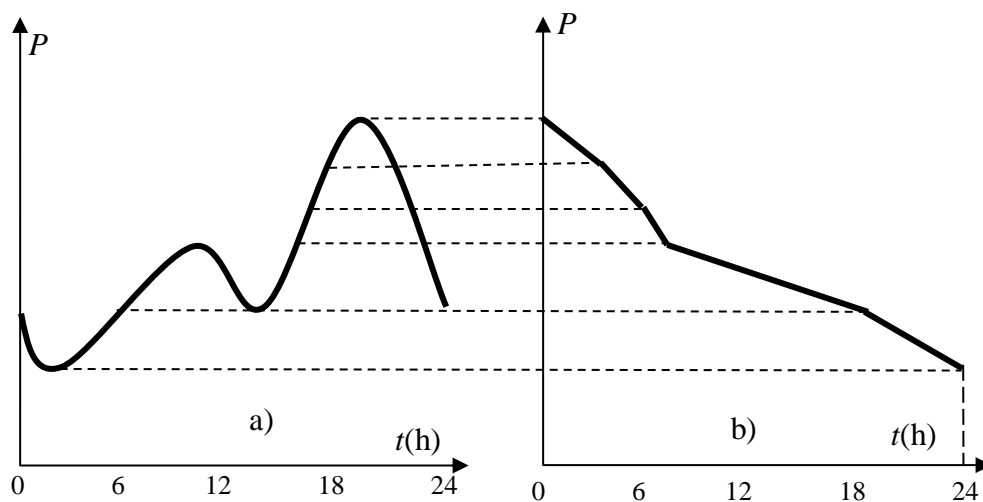
Astfel, în țara noastră sunt folosite grafice de sarcină asemănătoare în zilele de lucru și diferite pentru zilele de repaus. Există de asemenea similitudini între curbele de sarcină din perioada de vară și separat între cele din perioada de iarnă.

În funcție de modul de reprezentare a variației sarcinii în timp, graficele de sarcină se împart în:

- grafice de sarcină în timp real;
- grafice clasate de sarcină.

Curba în timp real se obține prin reprezentarea puterii debitate (consumate) cronologic în timp. Aceste grafice se pot obține direct, folosind aparate de măsură înregistratoare. Curba clasată de sarcină se obține prin prelucrarea curbei în timp real, în sensul reprezentării monoton descrescătoare a puterii, respectând durata de cerere a fiecărei valori a acesteia. Un exemplu de reprezentare a celor două tipuri de grafice de sarcină este dat în figura 9.4.

Intervalul de timp pentru care se reprezintă un grafic de sarcină poate fi de tip calendaristic (o anumită perioadă) sau de tip tehnologic, determinat de durata unui anume proces tehnologic.



**Fig.9.4.** Grafice de sarcină:  
a) în timp real; b) clasat

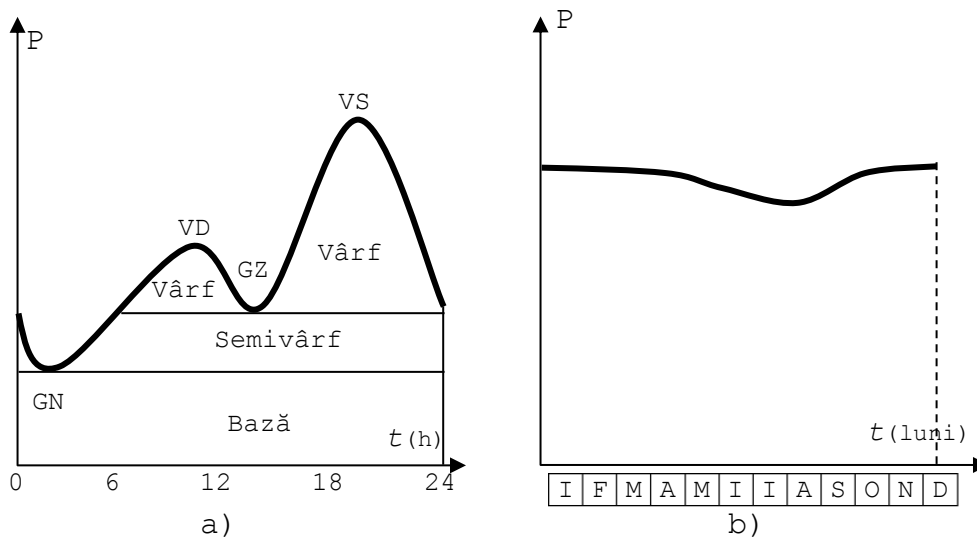
Pentru conducerea sistemului electroenergetic cele mai importante grafice de sarcină sunt cele zilnice, respectiv anuale. Forma acestora este de regulă diferită, cele specifice țării noastre fiind prezentate în figura 9.5.

Graficul zilnic de sarcină se poate împărți în zone orizontale, în funcție de regimul de funcționare al surselor care participă la acoperirea cererii (fig.9.5,a):

- zona de bază (B), situată sub nivelul puterii la golul de noapte, GN;
- zona de semivârf sau de semibază (SV/SB), situată între golul de zi GZ și golul de noapte, GN;
- zona de vârf (V), situată deasupra nivelului GZ al puterii la golul de zi.

Modul de funcționare al surselor în funcție de încadarea în aceste zone este diferit, după cum urmează:

- în zona de bază se poate funcționa neîntrerupt, cu putere constantă;
- în zona de semibază se poate funcționa cu putere constantă numai o parte din zi, cu o pornire și o oprire zilnică;
- în zona de vârf, funcționarea cu putere constantă este posibilă pe unul sau două intervale mai scurte, necesitând una sau două porniri, respectiv opriri zilnice.



**Fig.9.5.** Grafice de sarcină zilnic (a) și anual (b)

Funcționarea acestor surse este condiționată și din punct de vedere economic, astfel încât vor trebui utilizate cât mai mult sursele ce produc energia cea mai ieftină. Sunt admise însă unele excepții de la această regulă, în special în ceea ce privește sursa hidro a cărei resursă primară este gratuită, precum și în cazul centralelor nucleare-electrice datorită regimului de exploatare a reactoarelor nucleare.

Variația puterii cerute de către consumatori implică un nivel al pierderilor de energie mai mare decât în cazul funcționării permanente la putere constantă. Reducerea acestor pierderi este posibilă printr-un procedeu denumit aplatizarea graficului de sarcină. Principalele mijloace prin care se poate realiza aplatizarea unui grafic de sarcină sunt:

- aplicarea unui tarif diferențiat pentru energia consumată, mai mare în zona de vârf și mai mic în zonele de gol;
- utilizarea unor sisteme de stocare a energiei care să permită acumularea energiei în goluri de consum și din care să se consume în perioadele de vârf.