

Capitolul 8 – Energia electrică

1. Aspecte generale

Energia electrică poate fi considerată drept energie secundară întrucât nu se poate obține decât ca rezultat al unor procese de conversie.

Importanța energiei electrice a crescut permanent datorită unor avantaje majore precum:

- transport facil pe distanțe mari și posibilitatea de alimentare a tuturor categoriilor de consumatori;
- utilizare fără reziduuri, cu posibilitate de transformare integrală în alte forme de energie (mecanică, termică, radiantă);
- posibilități mari de control optimal al proceselor de consum, ceea ce asigură performanțe ridicate din punct de vedere tehnologic și economic;
- posibilitatea folosirii majorității surselor de energie primară pentru generarea electricității, inclusiv a surselor regenerabile.

Unitățile de producție a energiei electrice sunt cunoscute sub denumirea tradițională de centrale electrice. Acestea se pot clasifica în funcție de sursa de energie primară utilizată, astfel:

- centrale termoelectrice (termocentrale): utilizează combustibilii fosili;
- centrale hidroelectrice (hidrocentrale): folosesc energia potențială a apei;
- centrale nucleare-electrice (atomoelectrice), care folosesc energia eliberată în reacțiile nucleare de fisiune;
- centrale electrice solare, care folosesc energia solară fie prin conversie fotovoltaică, fie prin conversie termică;
- centrale electrice eoliene, ce folosesc energia cinetică a vântului.

Modul de producere a energiei electrice a evoluat în timp sub forma concentrării capacităților de generare în entități de dimensiuni din ce în ce mai mari. O astfel de evoluție este justificată de avantajele economice asociate, costul unitar fiind cu atât mai redus cu cât capacitatea de producție este mai mare. Astfel capacitățile de producție au evoluat până la valori de mii de MW, fiind găsite soluții optime de amplasare în raport cu sursele de energie primară și cu centrele de consum.

În prezent însă, se constată o tendință de descentralizare a producerii de energie electrică, cunoscută sub denumirea de *generare distribuită*. Acest trend este datorat utilizării la scară din ce în ce mai mare a resurselor regenerabile, sub forma unor capacități de producție a energiei electrice mici și medii.

O altă tendință intens promovată este producerea simultană de electricitate și căldură, procesul fiind cunoscut sub numele de *cogenerare*. Această metodă se aplică în cazul folosirii combustibililor sau biomasei ca resursă primară și prezintă avantajul unui randament global mai bun a instalației de conversie ca și a unui preț mai redus a energiei produse.

2. Centralele termoelectrice

O centrală termoelectrică realizează producerea de energie electrică utilizând ca sursă primară de energie, energia chimic legată a combustibililor fosili. Lanțul transformărilor energetice ce au loc într-o termocentrală este prezentat în figura următoare:

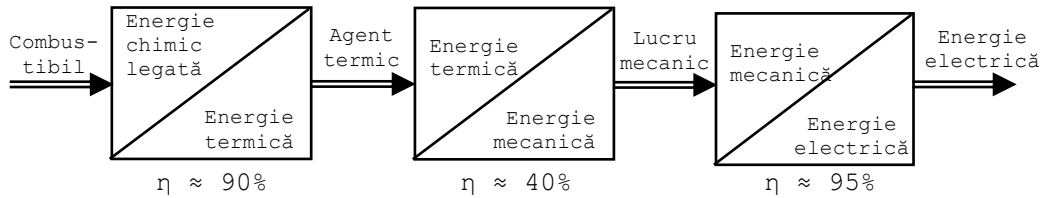


Fig.8.1. Procese energetice într-o termocentrală

Randamentul total al instalației este dat de produsul randamentelor proceselor înseriate, valoarea rezultată fiind de aproximativ 35%. Această valoare este destul de scăzută, principala cauză fiind randamentul redus al mașinii termice care asigură transformarea energiei termice în energie mecanică. Acest aspect se constituie într-un dezavantaj semnificativ al utilizării combustibililor fosili.

În funcție de natura agentului purtător al energiei termice, termocentralele se pot clasifica astfel:

- termocentrale cu turbine cu aburi,
- termocentrale cu turbine cu gaze,
- termocentrale cu cicluri mixte (aburi + gaze).

Dintre acestea, termocentralele cu turbine cu aburi ocupă primul loc în privința puterii instalate, atât pe plan mondial cât și în România.

2.1. Centrale termoelectrice cu abur

Astfel de centrale pot asigura fie numai producerea de energie electrică, fie pot funcționa într-un regim de cogenerare, furnizând atât energie electrică cât și termică. Acest fapt depinde însă de tipul turbinelor cu aburi folosite, principalele categorii fiind:

- turbine cu condensare pură,
- turbine cu condensare și prize de termoficare,
- turbine cu contrapresiune.

a. Turbina cu condensare pură permite producerea numai a energiei electrice, deoarece debitul de abur admis este destins integral până la condensator (debitul de abur admis la turbină este aproximativ egal cu cel evacuat la condensator). Datorită posibilităților facile de transport a energiei electrice, un astfel de bloc energetic poate fi dimensionat până la cele mai mari puteri tehnic realizabile.

Valorile maxime ale puterii instalate sunt de 1800 MWe (megawatt electric) la nivel mondial, respectiv de 300 MWe în țara noastră. Acest tip de turbine reprezintă peste 70% din puterea instalată în termocentralele cu abur.

b. Turbina cu condensare și prize realizează destinderea integrală numai a unei părți din aburul admis, restul fiind extras din turbină după destinderea parțială prin niște orificii speciale numite prize.

Aburul astfel prelevat este utilizat pentru încălzirea clădirilor în sezonul rece, respectiv pentru asigurarea apei calde menajere.

Cantitățile de energie electrică, respectiv termică ce pot fi livrate sunt corelate între ele, astfel încât dacă necesarul de energie termică scade, atunci și producția de energie electrică va fi mai mică. Transportul energiei termice nu poate fi realizat în condiții de eficiență economică decât pe o distanță de câțiva kilometri față de sursă.

Datorită acestor restricții, turbinele cu condensare și prize nu pot fi dimensionate pentru puteri la fel de mari ca acele cu condensare pură. Plafonul de putere pe plan mondial este de cca. 250 MW. La noi în țară cel mai frecvent întâlnite sunt turbinele cu puterea de 50 MW, deși există și câteva unități de 125 și 150 MW.

c. Turbina cu contrapresiune constituie o dezvoltare a tipului precedent pe partea de prelevare a aburului pentru consum termic. Astfel, întreg debitul de abur admis în turbină este destins numai parțial, până la parametri convenabili pentru consumatorul termic căruia îi este livrat. Raportul căldură/electricitate este mai mare decât în cazul anterior.

Din componența turbinei lipsește condensatorul, rolul acestuia fiind preluat chiar de consumatorul termic, ce returnează centralei condensul format. Astfel de surse de energie sunt folosite de către unii consumatori industriali (rafinării, uzine chimice, etc.). Puterea acestor blocuri energetice depășește rareori 50 MW.

Stadiul de dezvoltare tehnologică al instalațiilor cu turbine cu abur a ajuns la maturitate, fiind implementate, până la limita economică admisibilă, toate măsurile de creștere a randamentului. Singura posibilitate de eficientizare a costurilor asociate funcționării acestor termocentrale constă în implementarea unor tehnologii de monitorizare permanentă a parametrilor funcționali.

2.2. Centrale termoelectrice cu turbine cu gaze

Acest tip de centrale utilizează drept fluid purtător de căldură ce antrenează mașina termică tocmai gazele rezultate în urma arderii combustibililor fosili. Schema de principiu a unei astfel de instalații este redată mai jos:

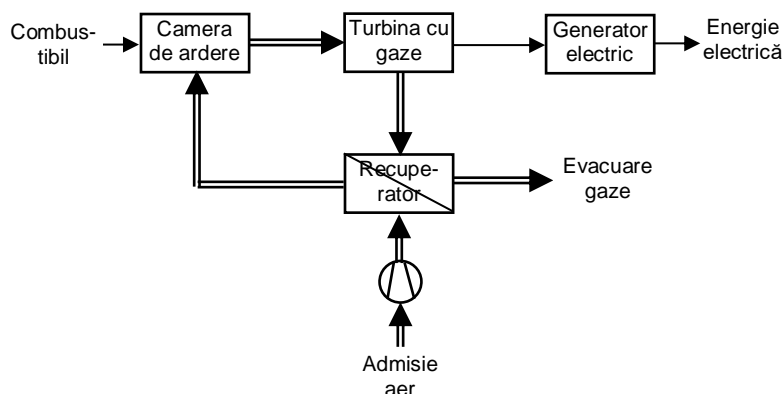


Fig.8.2. Schema bloc a unei instalații cu turbină cu gaze

Arderea se desfășoară într-o încăpăre specială, denumită cameră de ardere, având o construcție mult mai simplă decât cea specifică unei instalații cu abur. Arderea are loc sub presiune, motiv pentru care este necesară prezența unui compresor.

Parametrii termodinamici la intrarea în turbina cu gaze sunt limitați de rezistența materialelor folosite pentru construcția turbinelor. Astfel, în cazul turbinelor construite din oțel, temperatura gazelor de ardere este de cel mult 800° C, în timp ce turbinele construite din materiale ceramice suportă temperaturi mai mari, de până la 1400° C.

La ieșirea din turbină, gazele au încă o temperatură destul de mare (350-450° C). Recuperarea parțială a căldurii gazelor evacuate și folosirea acesteia pentru preîncălzirea aerului comprimat, permite mărirea randamentului termic la cca. 30-32 %, reducând temperatura gazelor evacuate la 200-250° C.

Principalele avantaje ale unor astfel de termocentrale sunt următoarele:

- investiție specifică mai mică decât în cazul blocurile cu turbine cu abur, precum și un timp mai mic de realizare, datorită numărului mai mic de componente;
- elasticitate sporită în funcționare, prin capacitatea de pornire mai rapidă și posibilitatea de preluare a sarcinilor variabile cu pierderi mai mici.

Blocurile energetice cu turbine cu gaze pot fi pornite în cel mult 30 de minute, spre deosebire de cele 3÷4 ore necesare pornirii blocurilor cu abur. Astfel, ele pot prelua consumul rapid variabil, din zonele de vârf ale cererilor zilnice.

2.3. Centrale termoelectrice cu cicluri mixte

Posibilitățile tehnice de mărirea randamentului termocentralelor cu aburi sunt epuizate, iar randamentul turbinelor cu gaze este chiar mai mic. Cuplarea celor două cicluri însă, conduce la creșterea randamentului de utilizare a combustibililor fosili. Practic cuplajul între cele două cicluri este realizat prin utilizarea gazelor arse evacuate, a căror căldură reziduală este folosită pentru obținerea aburului.

Randamentul ciclului mixt este mai mare decât al fiecăruia din ciclurile componente, putând fi atinse valori cu până 10-12% mai ridicate față de ciclul cu abur (54 % - ciclu mixt, 42% - ciclul cu abur).

Cu toate acestea, ciclurile mixte sunt complicate constructiv și dificil de exploatat, fiind necesară coordonarea regimurilor celor două cicluri. Un astfel de ciclu mixt nu poate fi separat pe componente, apă și gaze, în cazul unei avarii la unul din ele.

3. Centralele nucleare-electrice

Schema termică a unei centrale nucleare-electrice are, în principiu, aceeași componență ca și în cazul termocentralelor pe combustibili fosili. Principala deosebire este constituită de sursa de căldură, în acest caz fiind utilizat un reactor nuclear.

Datorită naturii diferite a agentului de răcire utilizat în reactor, schemele termice pot conține un număr diferit de circuite pentru transferul căldurii, fapt ce are un impact direct asupra randamentului centralei. Toate schemele termice utilizează turbina cu aburi, dar un număr mai mare de circuite va conduce la un randament mai scăzut al centralei.

a. Scheme termice cu un circuit

Aceste scheme se folosesc în cazul reactoarelor "fierbătoare", a căror agent de răcire este apa ușoară sau apa grea care se vaporizează la ieșirea din reactor (BWR, BHWR, RBMK).

Aburul rezultat din reactor este suficient de radioactiv pentru a fi periculos pentru personalul centralei, astfel încât întreaga instalație prin care circulă aburul și agentul de răcire trebuie ecranată pentru a asigura astfel protecția împotriva radiațiilor.

Schema de principiu a unui astfel de reactor este prezentată în figura 8.3.

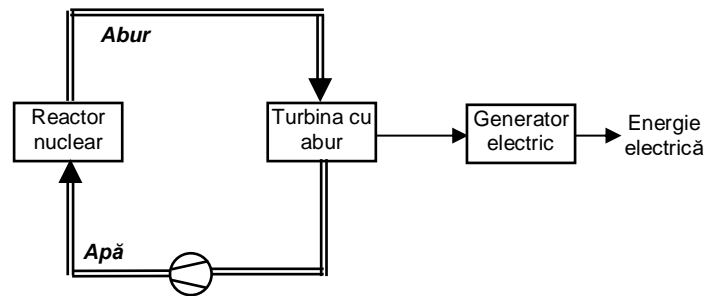


Fig.8.3. Schema bloc cu un singur circuit termic

b. Scheme termice cu două circuite

O asemenea schemă este utilizată în cazul reactoarelor răcite cu gaze sau cu apă sub presiune (PWR, PHWR, AGR, GCR, VVER). Aburul necesar turbinei este generat în partea secundară printr-un schimbător de căldură, conform reprezentării schematice din figura 8.4.

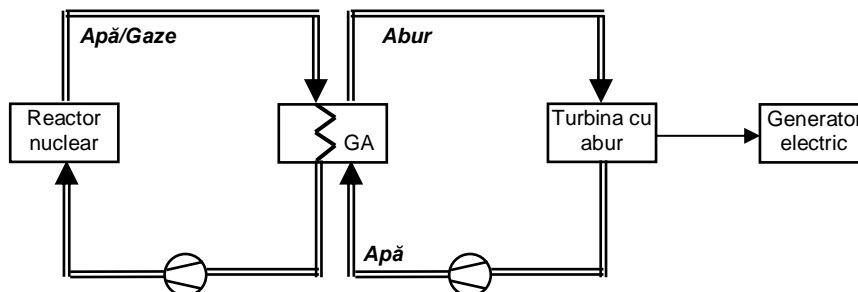


Fig.8.4. Schema bloc cu două circuite termice

Circuitul primar este o sursă de radiații, astfel încât generatorul de abur (GA) este amplasat în apropierea reactorului. Circuitul secundar nu este însă radioactiv, putând fi astfel realizat în varianta convențională.

c. Scheme termice cu trei circuite

O astfel de soluție este utilizată numai în cazul reactoarelor cu sodiu topit (reactoare reproducătoare). Schema de principiu este prezentată în figura 8.5.

Un singur schimbător de căldură nu este suficient pentru eliminarea radioactivității din circuitul secundar. Fluidul termic utilizat în circuitul secundar este tot un metal topit (amestec Na-K), fapt care

asigură dimensiuni mai reduse pentru schimbătoarele de căldură. Circuit al treilea este inofensiv din punct de vedere radioactiv.

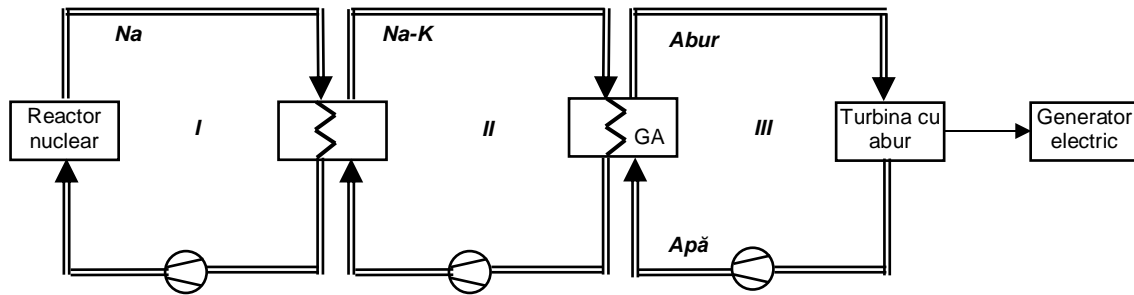


Fig.8.5. Schema bloc cu trei circuite termice

Randamentul centralelor nucleare depinde în mod esențial de temperatura agentului de răcire la ieșirea din reactor. Această temperatură este mai mică la reactoarele răcite cu apă decât la cele răcite cu gaze. Ca urmare, temperatura aburului la intrarea în turbină este de $300\div 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ în cazul reactoarelor răcite cu apă, fiind sensibil mai mică decât în cazul termocentralelor clasice cu abur.

Cu toate acestea, randamentul centralei nucleare este apropiat de cel al unei centrale termoelectrice, deoarece în cazul celei din urmă există pierderi de căldură la nivelul cazanului cu abur.