

Modulul 5 - Surse de producere a energiei (termice și/sau electrice) – combustibil convențional, într-un contur urban. Soluții de creștere a eficienței energetice

5.1. Cogenerare

Prin cogenerare se înțelege producerea energiei termice și mecanice, plecând de la același combustibil, în aceleași instalații. Energia mecanică produsă se poate transforma în energie electrică, prin intermediul generatoarelor electrice, sau folosi direct pentru antrenarea altor echipamente. Energia termică obținută poate fi sub formă de căldură, frig, sau ambele forme simultan, caz în care în literatura de specialitate s-a impus termenul de trigenerare.

Cogenerarea constituie o metodă de îmbunătățire a randamentului termic prin folosirea parțială sau totală a căldurii reziduale altfel pierdută în atmosferă. Realizarea economiei de combustibil, în cazul cogenerării, se explică prin eficiența termodinamică superioară a ciclului, față de producerea separată a căldurii și energiei electrice.

Față de producerea separată a energiei termice și electrice, cogenerarea prezintă o serie de avantaje de natură tehnică, economică și de impact ecologic asupra mediului înconjurător, dintre care se menționează:

- se obține un randament global de producere a energiei totale (electrică și termică) superior soluției separate;
- la producerea acelorași cantități de energie termică și electrică, în cogenerare, față de producerea separată, se realizează întotdeauna o economie de energie primară;
- se reduce efortul de investiții în instalațiile de extracții și transport, sau importul de combustibil, corespunzător cantității economisite față de producerea separată;
- se reduc elementele poluante, eliminate în mediul înconjurător corespunzător cantității de combustibil economisit;
- se reduce circulația combustibilului, a zgurii și a cenușii evacuate (în cazul utilizării combustibililor solizi) cu efecte pozitive asupra impactului asupra mediului ambiant;
- se obțin importante reduceri ale costurilor energiilor produse, prin utilizarea în comun a instalațiilor energetice (concentrarea producției electrice și termice în aceleași instalații), precum și prin economia de combustibil realizată;
- se diminuează pierderile de energie (electrică și termică) la transport datorită plasării sursei aproape de consumator;

- se oferă posibilitatea utilizării unor combustibili inferiori, care se pot arde concentrat în cantități mari, și care ar fi fost improprie pentru arderea descentralizată, în cazane mici din Centrale Termice (C.T.);
- se realizează un confort superior de ordin igienic și social, prin dispariția surselor locale de încălzire, prin economisirea spațiilor de la subsolul clădirilor care altfel ar fi fost destinate instalațiilor de încălzire individuale;
- se reduce numărul personalului de exploatare și se concentrează forța de muncă calificată într-un singur loc.

Echipamentele energetice utilizate la producerea energiei termice și electrice în cogenerare sunt turbinele cu abur, turbinele cu gaze și motoarele termice. În continuare se prezintă câteva din avantajele și limitările generale ale ciclurilor de cogenerare.

Pentru motoarele termice:

➤ *Avantaje:*

- arderea desfășurându-se în cilindri, cele două transformări (energia chimică a combustibilului în energie calorică, și energia calorică în lucru mecanic) se produc în același spațiu, rezultând o construcție compactă a motorului, cu dimensiuni și gabarite mai mici față de cazul turbinelor cu abur sau a turbinelor cu gaze de aceeași putere;
- toate fazele ciclului desfășurându-se în același spațiu (cilindrii motorului) se pot atinge momentan temperaturi foarte înalte (chiar superioare a 2000 °C pentru câteva fracțiuni de secundă), crescând temperatura maximă a ciclului și deci randamentul termodinamic;
- ocupă spații reduse, putându-se realiza sub formă de surse mobile de producere a energiei;
- pornirea este rapidă (30 secunde-2 minute);
- necesitățile de apă de răcire sunt reduse;
- randamentul termic este constant într-o plajă de valori a încărcării de
- 50 - 100 %;
- gama de puteri electrice largă, de la zeci de kW la cca. 30 MW;
- oferă posibilitatea funcționării mai multor motoare în sistem modular, cu avantaje legate de disponibilitatea în caz de avarie și funcționarea la sarcini parțiale.

➤ *Dezavantaje și limitări:*

- arderea desfășurându-se în motor, solicitările termice ale pieselor sunt foarte mari, ceea ce pune probleme suplimentare de răcire, conducând în același timp la uzuri rapide ale pieselor;
- au puteri limitate (cca. 30 MW), prezintă trepidații relativ puternice;
- necesită sistemul bielă-manivelă pentru transformarea mișcării liniare a pistonului în mișcare de rotație;
- întreținere greoaie, cu multe sisteme anexe (răcire cu ulei, deci circuit special de ulei);
- consumă doar combustibili superiori (motorină, gaz sau păcură cu conținut scăzut de sulf);
- cost de exploatare ridicat.

Pentru instalațiile cu turbine cu gaze:

➤ *Avantaje:*

- utilizează ca agent de lucru aerul, element întâlnit nelimitat în natură, ne-toxic, ne-poluant, gratis și la îndemână;
- datorită curgerii continue a gazului prin mașină și a vitezelor mari ale fluidului se pot obține puteri unitare mari cu echipamente puțin voluminoase;
- temperatura de intrare în turbină ridicată (900-1300 °C), obținându-se o creștere a temperaturii inițiale a ciclului termodinamic, cu creștere corespunzătoare a randamentului termic;
- se obține direct mișcarea rotativă, fără mecanismul bielă - manivelă;
- au un mers lin, fără trepidații;
- au o pornire rapidă (12-20 minute);
- necesită debite mici de apă de răcire;
- cheltuieli de exploatarea și mentenanță reduse.

➤ *Dezavantaje și limitări:*

- gazul fiind în curgere continuă, secțiunea de intrare în turbină (după camera de ardere) este solicitată termic permanent la temperatura maximă din ciclu (tehnologia actuală permite atingerea unor temperaturi maxime de cca. 1300 °C). Limitarea temperaturii maxime din ciclu limitează respectiv și randamentul termodinamic, și impune utilizarea unor materiale speciale, rezistente la temperaturi foarte înalte, scumpe și obținute prin tehnologii speciale;

- fiecare fază a ciclului desfășurându-se separat în alt echipament, (compresia în compresor, arderea în camera de ardere, destinderea în turbină) au loc pierderi suplimentare corespunzătoare randamentelor echipamentelor respective;
- energia mecanică consumată de compresor este de cca. 50% din aceea produsă de turbină;
- la pornire are nevoie de o instalație anexă (motor de pornire), care să comprime aerul până ce turbina propriu-zisă poate acționa compresorul;
- utilizarea aerului ca agent de lucru limitează căderile de entalpie la cca. 80 kJ/kg pentru turbinele monoax, respectiv la cca. 120 kJ/kg la cele cu două axe;
- sunt sensibile, ca randament de producere a lucrului mecanic, la funcționarea la sarcini parțiale.

Pentru instalațiile cu turbine cu abur:

➤ *Avantaje:*

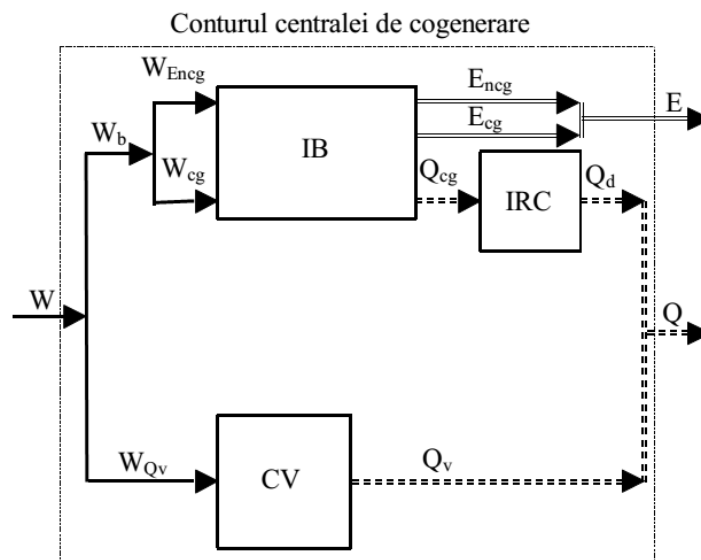
- utilizează ca agent de lucru apa, care se transformă pe parcursul ciclului în abur, deci un agent ne-toxic, ne-poluant și larg răspândit în natură;
- căderea de entalpie a aburului, de ordinul a 400 kJ/kg, permite realizarea turbinelor cu abur cu puteri unitare foarte mari, ajungându-se astăzi până la 1500 MW;
- arderea realizându-se în instalații separate (cazane) și ne-existând amestec între fluidul de lucru (abur) și gazele arse, ca în cazul turbinei cu gaze, se poate utiliza orice tip de combustibil. Acest avantaj face deosebit de interesantă utilizarea drept combustibil a cărbunilor inferiori sau a oricăror deșeuri ce întrețin arderea (de exemplu deșeuri menajere);
- prezintă solicitări termice reduse, având durate de viață ridicate și revizii tehnice relativ rare. Se citează în literatura de specialitate cazuri în care turbinele cu abur au funcționat nouă ani fără întrerupere.

➤ *Dezavantaje și limitări:*

- au randament termodinamic relativ scăzut datorită valorii coborâte a temperaturii maxime din ciclu, temperatură care este în mare parte dictată de temperatura de fierbere a apei în transformarea apă-abur;
- sunt instalații voluminoase, scumpe (mai scumpe decât instalațiile cu motoare de aceeași putere electrică), cu foarte multe instalații anexă;
- au nevoie de timp de pornire foarte mare, de la 3 la 5 ore, necesar transformării apei în abur și aducerii echipamentelor în stare normală de lucru;

- necesită debite de răcire mari, dacă turbinele sunt cu condensare;
- sunt sensibile la încărcări parțiale, din punct de vedere al randamentului relativ intern al turbinei cu abur;
- consumuri proprii mari, mai ales în cazul turbinelor cu abur cu condensare și priză, și la folosirea combustibilului solid;
- cheltuieli de exploatare și mentenanță ridicate.

După cum se poate observa din figura 5.1.1 centrala de cogenerare constă dintr-o instalație de bază, un cazan de vârf și o instalație pentru recuperarea căldurii evacuate din ciclu. Ca instalație de bază care produce energie electrică și căldură în regim de cogenerare poate fi o turbină cu abur, turbină cu gaze, motor cu ardere internă sau ciclu mixt gaze-abur. În cazul în care căldura produsă în regim de cogenerare nu este suficientă pentru a satisface cerințele consumatorului în centrala de cogenerare poate fi instalată și o instalație de producere a căldurii în regim de vârf, adică un cazan sau boiler. Sub termenul de instalații de recuperare a căldurii evacuate din ciclu se subînțeleg schimbătoarele de căldură sau cazanele de recuperare, pentru ciclurile cu turbine cu gaze sau motoare cu ardere internă. De obicei, acest termen se folosește numai pentru ciclurile cu turbină cu gaze sau motor cu ardere internă, deoarece căldura produsă este recuperată din gazele de ardere. Se poate spune, deci, că acest element al schemei este prezent numai în centralele cu turbină cu gaze sau motor cu ardere internă.



IB – instalație de bază; IRC – instalație de recuperare a căldurii; CV – cazan de vârf

Fig. 5.1.1. Schema de principiu a unei centrale de cogenerare.

În tabelul 5.1.1 sunt prezentate comparativ date tehnice și economice orientative pentru principalele tipuri de cicluri de cogenerare.

Valorile orientative ale performanțelor tehnice și economice pentru principalele tipuri de echipamente, centrale de cogenerare

	CHP cu turbine cu abur	CHP cu turbine cu gaze	CHP cu motoare cu ardere internă
Puterea electrică, MWel	0,5-250	0,5-250	0,01-30
Combustibil	Toți	Gaz natural, propan, combustibil lichid ușor	Gaz natural, biogaz, propan
Randament electric (PCS), %	15-38	22-36	22-45
Randament global (PCS), %	80	70-75	70-80
Agent termic folosit pentru livrarea căldurii	Abur JP, MP, IP ; apă fierbinte	Abur JP, MP ; apă fierbinte	Abur JP ; Apă fierbinte ; apă caldă
Consum propriu de electricitate, % din producție	3-12	2-5	2-3
Producție specifică de electricitate, MW _{hel} /MW _{ht}	0,1-0,6	0,5-1	0,5-1,2
Comportarea la sarcini parțiale	Foarte bună	Slabă	Foarte bună
Timp de pornire	1 h – 1 zi	10 min – 1 h	10 sec
Disponibilitate	Cca. 100 %	90-98 %	92-97 %
Ore între 2 reparații capitale	>50000	25000-50000	25000-50000
Durata de viață, ani	25	15-20	10-15
Presiunea gaz natural, kPa	-	700-3500	7-310
Zgomot	Ridicat	Moderat	Ridicat
Suprafața specifică, m ² /MW _t	60-130	10-30	50-110
Personal, nr./unitate	5-30	2-8	1-3
Investiția specifică, €/kW _{el}	700-1800	600-1200	700-1800
Costuri fixe de operare și mentenanță, % din investiție pe an	1-5	1,5-3	1,5-2
Costuri variabile de operare și mentenanță, €/MW _{hel}	2-5	4-8	6-14

Ca și în cazul centralelor termice instalațiile din centralele de cogenerare trebuie alese și dimensionate astfel ca să funcționeze la sarcină nominală cât mai mult timp, astfel asigurându-se atingerea randamentelor maxime și a consumurilor specifice de combustibil minime.

O centrală de cogenerare este echipată cu următoarele tipuri de instalații:

- instalațiile de bază care reprezintă instalațiile de cogenerare și care produc căldură în regim de cogenerare, acoperind baza cererii ;
- instalațiile de vârf, de exemplu cazane de apă fierbinte, care produc căldură pentru acoperirea sarcinii de vârf.

Dat fiind faptul că centralele de cogenerare sunt echipate cu instalații de cogenerare și instalații de vârf, la dimensionarea unei astfel de centrale se pune problema împărțirii producției de căldură între cele două tipuri de echipamente. Acest lucru se face prin optimizarea dimensionării atât din punct de vedere tehnic cât și din punct de vedere economic.

În cazul centralelor de cogenerare care alimentează cu căldură doar consumatori urbani și/sau terțiari alegerea și dimensionarea instalațiilor de cogenerare se face în funcție de cererea de căldură pentru producerea de apă caldă de consum ; cererea de căldură pentru încălzire este acoperită din instalații de vârf (cazane de apă fierbinte). Acest lucru se datorează faptului că cererea de căldură pentru prepararea apei calde de consum este relativ constantă pe toată durata anului ; astfel instalațiile de cogenerare sunt încărcate aproximativ la maxim tot timpul anului, funcționând astfel cu randamente optime, respectiv consum specific minim de combustibil.

Alegerea tipodimensiunilor echipamentelor unei centrale de cogenerare este de regula rezultatul unor analize tehnico-economice a mai multor variante posibile de realizare a centralei respective.

Turbinele cu abur folosite pentru cogenerare pot fi: turbine cu contrapresiune sau contrapresiune și o priza reglabila și turbine cu condensatie cu una sau doua prize reglabile.

Centralele de cogenerare cu turbine cu abur pot fi folosite pentru alimentarea mai multor tipuri de consumatori, respectiv urbani, tertari și industriali (cu o durata mare de utilizare anuala a cererii nominale de caldura). Caldura este livrata atat la priza reglabila (pentru alimentarea fie a unor consumatori industriali, fie a unor schimbatoare de caldura folosite in serie cu schimbatoarele racordate de contrapresiunea turbinei, alimentand impreuna consumatori urbani), cat și la contrapresiune unui schimbator de caldura pentru producerea de apa fierbinte livrata consumatorilor urbani și tertari. In unele cazuri, priza reglabila lipseste – turbina este cu contrapresiune, centrala alimentand la contrapresiune, prin intermediul unui schimbator de caldura, doar consumatori urbani și tertari.

Turbinele cu abur cu contrapresiune functioneaza dupa cererea de caldura, respectiv productia de energie electrica este o consecinta a acesteia. Acest aspect constituie principalul dezavantaj al turbinelor cu contrapresiune sau contrapresiune și priza reglabila.

Figura 5.1.2 prezintă schema de principiu a instalației de bază dintr-o centrală de cogenerare cu turbină cu abur cu contrapresiune și priză reglabilă.

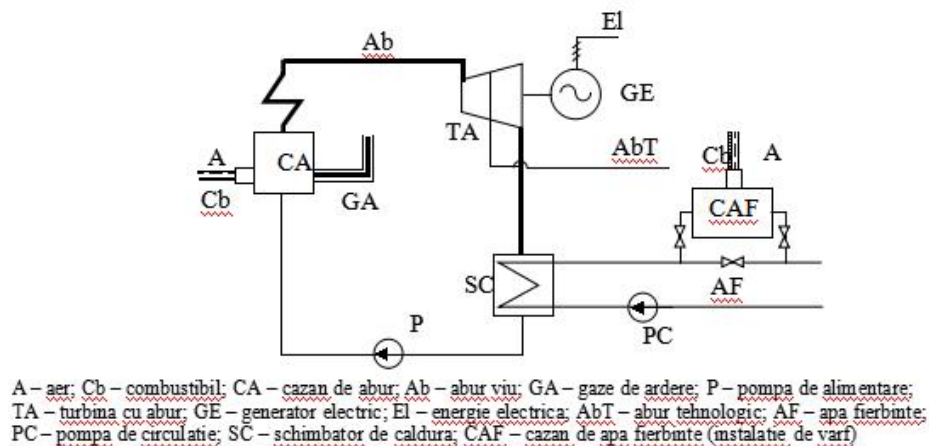


Figura 5.1.2 – Schema de principiu a unei centrale cu turbină cu abur cu contrapresiune și priză reglabilă

Turbinele cu abur cu condensare cu una sau două prize reglabile conduc la o dependență mult mai mică între producția de energie electrică și căldură. Astfel, aceste turbine sunt mult mai flexibile la variațiile cererii de căldură. Gradul de independență a puterii electrice produsă fata de caldura livrata depinde de condițiile constructive ale turbinei. Aceasta se referă la modul de dimensionare a corpului turbinei de după priza reglabilă – respectiv a "C.J.P. sau coada de condensare". In functie de acest mod de dimensionare independența a puterii electrice produsă fata de caldura electrica livrata poate fi mai mică sau mai mare. Turbina permite ca la încărcări termice parțiale să producă puteri electrice mai mari decât cele determinate strict de aceste încărcări. Plusul de putere este obținut în regim de condensare, cu un consum specific de căldură mult mai mare decât cel aferent puterii electrice obținută strict de incarcare termica.

Turbinele cu abur cu o singura priza reglabila alimenteaza de la priza reglabila un schimbator de caldura care produce apa fierbinte folosita pentru alimentarea cu caldura a consumatorilor urbani si tertari. Turbinele cu abur cu doua prize reglabile alimenteaza de la priza raglabila inferioara un schimbator de caldura care produce apa fierbinte folosita pentru alimentarea cu caldura a consumatorilor urbani si tertari iar, de la cea superioara fie consumatori industriali, fie schimbatoare de caldura folosite in serie cu schimbatoarele racordate de priza reglabila inferioara a turbinei si care alimenteaza impreuna consumatorii urbani.

Figura 5.1.3 prezintă schema de principiu a instalației de bază dintr-o centrală de cogenerare cu turbină cu abur cu condensare și priză reglabilă

Turbinele cu condensare și prize reglabile pot funcționa în doua regimuri caracteristice:

- în regim de cogenerare după graficul termic; în acest caz cererea de căldură este aceea care dictează funcționarea turbinei, iar puterea electrică este funcție de debitul de căldură livrat la priza turbinei;

- în regim de cogenerare după graficul electric ; în acest caz funcționarea turbinei este dictată; simultan atât de cererea electrica cat si de cea de caldura. Puterea electrica obtinuta in acest regim este mai mare decat la functionarea dupa graficul termic pentru aceiasi caldura livrata. Regimul de condensatie pură este un caz particular al acestui regim, corespunzator unei calduri livrate nule.

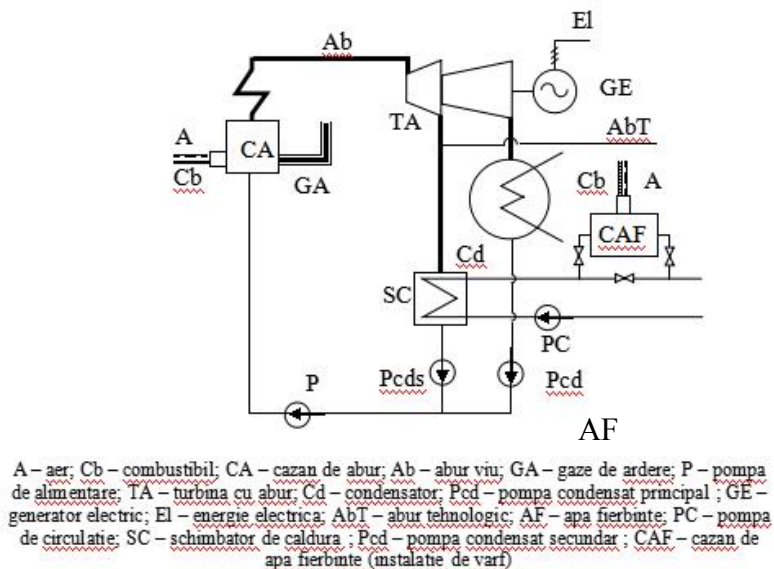


Figura 5.1.3 – Schema de principiu a unei centrale cu turbină cu abur cu condensatie și priză reglabilă

În cazul turbinelor cu gaze producerea de căldură într-o astfel de instalație are în loc cazanul recuperator care folosește căldura sensibilă a gazelor de ardere pentru prepararea agentului termic la parametri necesari impusi de consumator. În cazanul recuperator se poate produce apă caldă, apă fierbinte și abur la diverse nivele de presiune. Cazanul recuperator poate fi echipat și cu o instalație de postardere, care permite creșterea cantității de căldură produsă în centrală. Instalația de postardere împreună cu cazanele de apă fierbinte reprezintă instalațiile care acoperă cererea de vârf. În unele cazuri, cazanul recuperator este prevăzut și cu un ventilator auxiliar, ele devenind instalație de rezerva pentru alimentarea consumatorilor de caldura în cazul staționării turbinei cu gaze din diferite motive (avarii, lucrări de întreținere curentă etc).

Turbinele cu gaze au fost inițial concepute pentru aviație, dar în timp companiile constructoare de turbine cu gaze au făcut mici modificări la aceste turbine și le-au adaptat pentru scopuri energetice ; astfel de turbine cu gaze se numesc aeroderivative. După dezvoltarea acestei tehnologii, companiile constructoare au început să producă turbine cu gaze special dedicate aplicațiilor energetice ; astfel de turbine cu gaze se numesc « heavy-duty ». Principala caracteristica tehnica care diferențiază cele două tipuri constructive îl constituie turatia. Astfel, turbinele cu gaze « heavy-duty » funcționează la o turatie de 3000 rot/min., generatorul electric fiind antrenat direct de turbina cu gaze, pe când turbinele cu gaze aeroderivative funcționează la turatii mult mai mari (de regula peste 10000 rot/min), antrenarea generatorului electric făcându-se prin intermediul unui reductor de turatie.

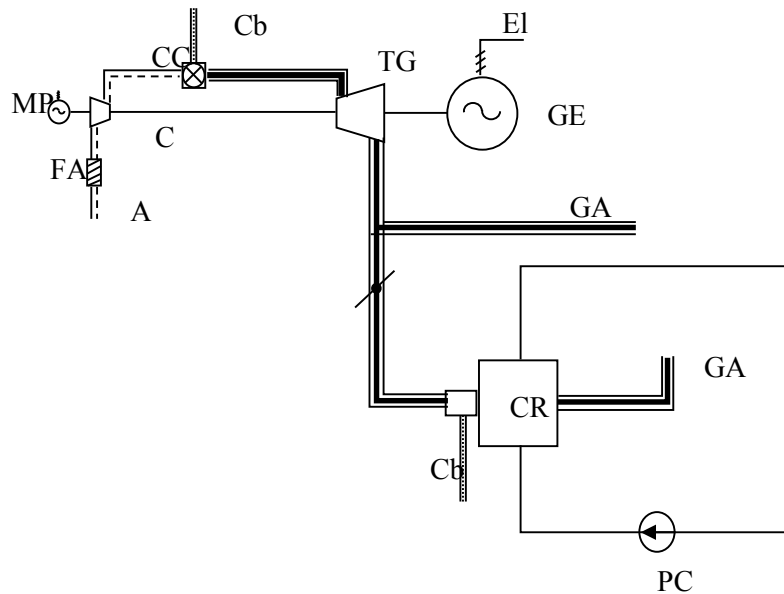
Caracteristicile tehnice ale turbinelor cu gaze

Caracteristica	Tipul de turbină cu gaze	
	Industrială (heavy-duty)	Aeroderivativă
Puterea electrică [MW]	≤ 340 ≤ cca. 50 pentru centrale de cogenerare	≤ 50
Raportul de compresie	≤ cca. 16	≤ cca. 30
Temperatura gazelor de ardere la intrarea în turbina cu gaze [°C]	cca. 800 - 1 600	cca. 900 - 1 700
Temperatura gazelor de ardere la ieșirea din turbina cu gaze [°C]	400 - 650 ¹⁾	400 - 650 ¹⁾
Randamentul electric [%]	≤ cca. 40	≤ cca. 45
Turația [rot./min]	1 500 (1 800) 3 000 (3 600)	≥ 5 000 ²⁾
Alimentarea cu gaze naturale	pot funcționa cu, sau fără compresor de gaze naturale	necesită întotdeauna compresor de gaze naturale
Costul	mic	mare
Greutatea	mare	mică
Gabaritul	mare	mic
Uzura	mică	mare
Disponibilitatea	mai mare	mai mică

1) turbinele cu gaze aeroderivative au o temperatură a gazelor la intrare mai mare decât în cazul celor industriale, dar și gradul de compresie este mai ridicat, în consecință temperatura gazelor la ieșire este practic în același domeniu;

2) antrenarea generatorului impune existența unui reductor de turație. Pentru simplificarea desenelor, acesta nu este figurat.

Figura 5.1.4 prezintă schema de principiu a instalației de bază dintr-o centrală de cogenerare cu turbină cu gaze.



A – aer; FA – filtru de aer ; C – compresor; CC – cameră de combustie; Cb – combustibil; MP – mo gaze; GE – generator electric; El – energie electrica; CR – cazan recuperator; PC – pompă de

Figure 5.1.4 Schema de principiu a unei centrale de cogenerare cu turbină cu gaze

In cazul motoarelor cu ardere interna producerea de căldură într-o astfel de instalație se face prin trei tipuri de recuperare :

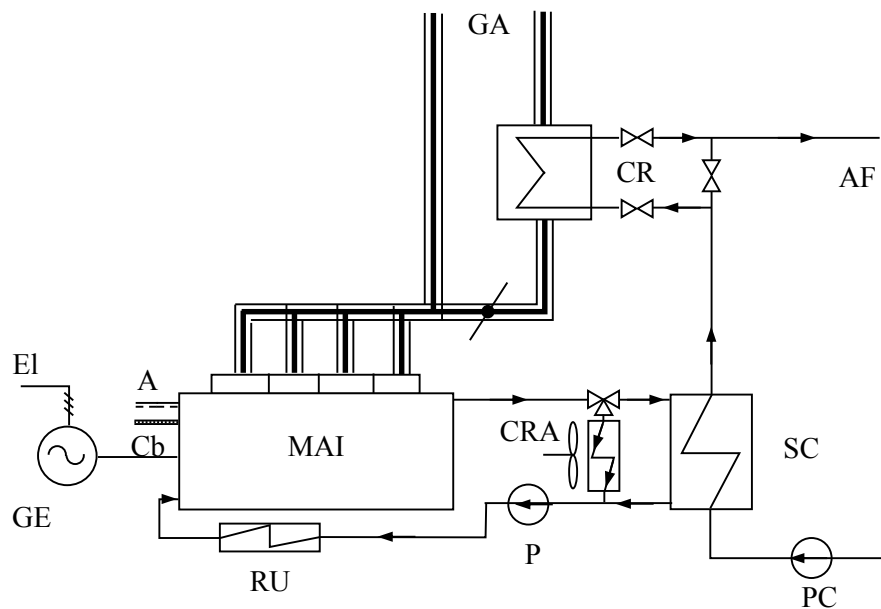
- recuperarea căldurii de înaltă temperatură din gazele de ardere ; prin această recuperare se poate produce apă fierbinte sau abur ;
- recuperarea căldurii de medie temperatură din răcirea blocului motor ; prin această recuperare se poate produce apă caldă sau chiar apă fierbinte dar la temperaturi puțin peste 100 °C ;
- recuperarea căldurii de joasă temperatură din răcirea uleiului de ungere si a aerului de ardere (in cazul motoarelor supraalimentate) ; prin această recuperare se poate produce apă caldă.

Dintre aceste cantitati de caldura recuperabile, cele de medie si joasa temperatura sunt impuse de conditiile de buna functionare a motorului. Ele trebuie evacuate si in lipsa consumului de caldura, motiv pentru care se prevede un circuit de racire special.

Indiferent de tipul constructiv al motorului (in doi sau patru timpi, cu sau fara supraalimentare) cota parte de căldura recuperată din circuitele de joasă și medie temperatură are o pondere aproximativ egala cu cota parte de caldura recuperata in circuitul de inalta temperatura. Acest aspect influenteaza puternic performantele in cogenerare ale motoarelor termice in cazul in care livreaza caldura sub forma de abur. Daturita nivelului termic al caldurilor recuperate, producerea aburului are loc astfel : vaporizarea si eventual supraincalzirea se face pe baza caldurii recuperate de inalta temperatura, iar praincalzirea apei de alimentare pana in apropierea temperaturii de saturatie se face pe baza caldurii de medie si joasa temperatura. Ori, caldura de preincalzire este de cateva ori mai mica decat cea de vaporizare si supraincalzire. Rezulta ca in cazul livrarii caldurii sub forma de abur nu este posibila recuperarea integrala a

caldurii de medie si joasa temperatura. Acest lucru conduce la un randament global redus si la existenta obligatorie a circuitului special de racire.

Figura 5.1.5 prezintă schema de principiu a instalației de bază dintr-o centrală de cogenerare cu motor cu ardere internă. Pentru simplificare nu sunt prezentate instalatiile de varf si cele speciale de racire pentru evacuarea caldurii de joasa si medie temperatura.



A – aer; Cb – combustibil; MAI – motor cu ardere internă; RU – racitor de ulei ; GA – gaze de ardere
GE – generator electric; El – energie electrica; AF – apa fierbinte; PC – pompa de circulație; SC – sch
racire auxiliar.

Figura 4.1.5 Schema de principiu a unei centrale de cogenerare cu motor cu ardere internă

Un sistem de alimentare cu căldură este compus din: sursa/sursele de producere a căldurii, rețeaua termică primară, punctele/modulele termice, rețeaua termică secundară și instalațiile consumatoare de căldură. În funcție de tipul sistemului de alimentare cu căldură unele dintre componentele mai sus pot lipse din configurație.

Punctul termic reprezintă ansamblul instalațiilor care se află între rețeaua primară de transport și rețeaua secundară de distribuție și asigură condițiile de funcționare atât a rețelei de transport cât și a rețelei de distribuție astfel încât să satisfacă toate cerințele consumatorilor de căldură.

În ultima perioadă, pe lângă punctele termice au început să fie folosite și **modulele termice** sau punctele termice individuale sau descentralizate. Modulele termice reprezintă ansamblul instalațiilor dintre rețeaua termică de transport (rețeaua primară) și instalațiile consumatoare de căldură. Ele au rolul de a asigura condițiile de funcționare a rețelei termice de transport astfel încât să satisfacă în totalitate cerințele consumatorilor de căldură. În astfel de sisteme de alimentare cu căldură lipsește rețeaua de distribuție cu toate consecințele care reies (avantaje, dezavantaje, limitări).

Tipul punctelor termice folosite în sistemele de alimentare cu căldură depinde de mai mulți factori:

- natura și mărimea consumurilor de căldură;
- natura și parametrii agentului termic de transport;
- sistemul de transport al caldurii (numărul de conducte).

Dat fiind faptul că, în sistemele de alimentare cu căldură se folosește în calitate de agent termic și apa fierbinte, este important ca în orice punct al rețelei termice primare (mai ales pe conducta tur, unde temperaturile sunt peste 100 °C) presiunea apei să fie mai mare decât presiunea de saturație corespunzătoare temperaturii apei fierbinți.

În sistemele bitubulare închise, care sunt și cele mai răspândite se pot folosi următoarele tipuri de scheme pentru punctele termice pentru racordarea consumatorilor de căldură pentru încălzire și pentru prepararea apei calde de consum:

- schema de racordare într-o treaptă paralel pentru prepararea apei calde de consum cu sau fara acumulare de apa calda;
- schema de racordare într-o treaptă serie pentru prepararea apei calde de consum;
- schema de racordare în două trepte serie-paralel pentru prepararea apei calde de consum cu sau fara acumulare de apa calda;
- schema de racordare în două trepte serie pentru prepararea apei calde de consum;
- schema de racordare într-o treaptă serie cu injecție pentru prepararea apei calde de consum cu sau fara acumulare de apa calda.

5.2. Trigenerare

La momentul actual trigenerarea poate fi definită ca producerea combinată a energiei electrice, căldurii și frigului. Condițiile care trebuie satisfăcute sunt următoarele:

- ☐ Producerea este combinată, poate fi și simultană, dar nu totdeauna;
- ☐ Ca forme de energie utilă sunt lucru mecanic / energie electrică, căldură și frig;
- ☐ Cele trei forme de energie sunt produse în instalații de cogenerare și de producere a frigului;
- ☐ Cele trei forme de energie sunt produse utilizând aceeași sursă de energie primară.

Comparând condițiile impuse de către conceptul producerii combinate cu condițiile ce caracterizează termenul de trigenerare, trebuie de menționat că din acest punct de vedere nu există noțiuni de trigenerare care ar descrie procesul de producere combinată a trei forme de energie. Contradicțiile care apar sunt următoarele:

- Producerea celor trei forme de energie poate fi simultană, dar e posibil ca în unele cazuri să fie produse numai două forme de energie, de exemplu vara energie electrică și frig, iarna energie electrică și căldură;
- Principala contradicție care apare este, însă, că acest concept al producerii combinate presupune producerea a diverse forme de energie folosind aceeași instalație, iar producerea combinată a energiei electrice, căldurii și a frigului necesită două instalații (instalația de cogenerare și instalația frigorifică).

Pentru cazul producerii a trei forme de energie, energie electrică, căldură și frig, termenul de trigenerare poate fi folosit pentru a caracteriza centrala, adică o astfel de centrală poate fi numită centrală de trigenerare. Ca definiție o centrală de trigenerare este ansamblul instalațiilor care fac parte din același contur, și ca energii utile sunt produse energie electrică, căldură și frig. O astfel de centrală este compusă din:

- Instalațiile de cogenerare;
- Instalațiile de producere a frigului bazate pe utilizarea energiei produse în cogenerare;
- Instalații de vârf pentru producerea căldurii și a frigului.

Într-o centrală de trigenerare energia mecanică poate fi folosită în mai multe scopuri. Energia mecanică generată poate fi utilizată pentru producerea energiei electrice, sau pentru antrenarea directă a unor instalații energetice. Căldura produsă poate fi sub formă de abur la diferite nivele de presiune și temperatură, sub formă de apă fierbinte sau apă caldă la diferite nivele de temperatură. Frigul produs poate fi sub formă de apă rece la temperaturi mai ridicate de 0 °C, sau sub formă de soluții apoase sau alte substanțe la temperaturi mai joase de 0 °C.

Trigenerarea, la fel ca și cogenerarea, este o metodă de creștere a randamentului global de producere a energiei, care, în general, se bazează pe utilizarea căldurii reziduale, care de altfel este evacuată în atmosferă. La momentul actual centralele de trigenerare existente pot avea o eficiență globală de producere a energiei de 90 % sau chiar mai mare, depinde de tipul centralei. Din utilizarea acestei călduri reziduale rezultă și o economie de combustibil primar față de producerea separată a celor trei forme de energie.

Față de producerea separată a energiei electrice, căldurii și a frigului, trigenerarea prezintă o serie de avantaje de natură tehnică, economică și de impact ecologic asupra mediului ambiant, dintre care pot fi menționate:

- Se obține o eficiență globală de producere a energiei totale (electrică, căldură și frig) superioară soluției separate;

- La producerea acelorași cantități de energie electrică, căldură și frig într-o centrală de trigenerare se realizează întotdeauna o economie de energie primară față de producerea separată;
- Se reduce efortul de investiții în instalațiile de extracții și transport a combustibilului, sau importul de combustibil, corespunzător cantității economisite față de producerea separată;
- Se reduc elementele poluante, eliminate în mediul înconjurător corespunzător cantității de combustibil economisit;
- Se obțin importante reduceri ale costurilor energiilor produse, prin utilizarea în comun a instalațiilor energetice (concentrarea producției energiei electrice, căldurii și a frigului în aceleași instalații), precum și prin economia de combustibil realizată;
- Se diminuează pierderile de energie la transport datorită plasării sursei aproape de consumator, sau chiar la consumator;
- Soluția de trigenerare necesită mai puțin spațiu decât în cazul producerii separate de energie;
- În cazul amplasării sursei la consumator permite o oarecare autonomie din punct de vedere al alimentării cu energie.

Ca dezavantaje și limitări ale soluției de trigenerare față de producerea separată a celor trei forme de energie se pot enumera următoarele:

- Interdependența în funcțiune a diverselor instalații de producere a energiei, ceea ce impune o necesitate a cererii constante de energie pentru unele soluții de trigenerare;
- Din cauza interdependenței mari a funcționării instalațiilor într-o centrală de trigenerare la sarcini parțiale sunt posibile pierderi de energie și exergie în diferite instalații de reglare;
- Necesită o siguranță în exploatare mai mare decât în cazul producerii separate.

O centrală de trigenerare, după cum s-a menționat mai sus, trebuie să producă trei forme de energie: energie electrică, căldură, și frig, deci, este evident, că într-o astfel de centrală trebuie să fie prezente toate echipamentele necesare producerii acestor forme de energie. Deoarece se poate considera, că trigenerarea este un caz particular al cogenerării, atunci se poate spune, că concepția de ansamblu a unei centrale de trigenerare depinde de principiul de funcționare al instalației frigorifice, folosită în cadrul centralei de trigenerare. Instalațiile frigorifice folosite într-o centrală de trigenerare pot fi cu absorbție și compresie. Conceptual centralele de trigenerare pot fi împărțite în:

- Centrale de trigenerare cu instalații frigorifice cu compresie;
- Centrale de trigenerare cu instalații frigorifice cu absorbție.

În figura 5.2.1 este prezentată schema de concepție a unei centrale de trigenerare, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu compresie. În acest caz frigul este produs utilizând o parte din energia electrică produsă în centrală.

Pentru această soluție se poate spune, că are un dezavantaj legat de un consum de energie electrică pentru producerea frigului, însă cantitatea de agent de răcire a instalației frigorifice este mai mică, decât în cazul instalației frigorifice cu absorbție, iar coeficientul frigorific mediu este în jurul valorii 5.

În figura 5.2.2 este prezentată schema de concepție a unei centrale de trigenerare, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu absorbție. În acest caz frigul este produs utilizând o parte din energia termică produsă în centrală.

Această soluție, în comparație cu cea precedentă, are avantajul că nu consumă energie electrică, produsă în centrală, pentru producerea de frig, în schimb necesită o cantitate de agent de răcire cu mult mai mare, și coeficientul frigorific mediu este în jurul valorii 1. Deci, în concluzie se poate spune, că o centrală de trigenerare, indiferent de ce motor termic folosește pentru producerea energiei electrice și a căldurii, poate fi cu instalație frigorifică cu compresie sau cu instalație frigorifică cu absorbție.

Ca soluții tehnice sunt posibile următoarele tipuri de centrale de trigenerare:

- Centrală de trigenerare cu turbină cu gaze cu instalație frigorifică cu compresie;
- Centrală de trigenerare cu turbină cu gaze cu instalație frigorifică cu absorbție;
- Centrală de trigenerare cu motor cu ardere internă cu instalație frigorifică cu compresie;
- Centrală de trigenerare cu motor cu ardere internă cu instalație frigorifică cu absorbție;

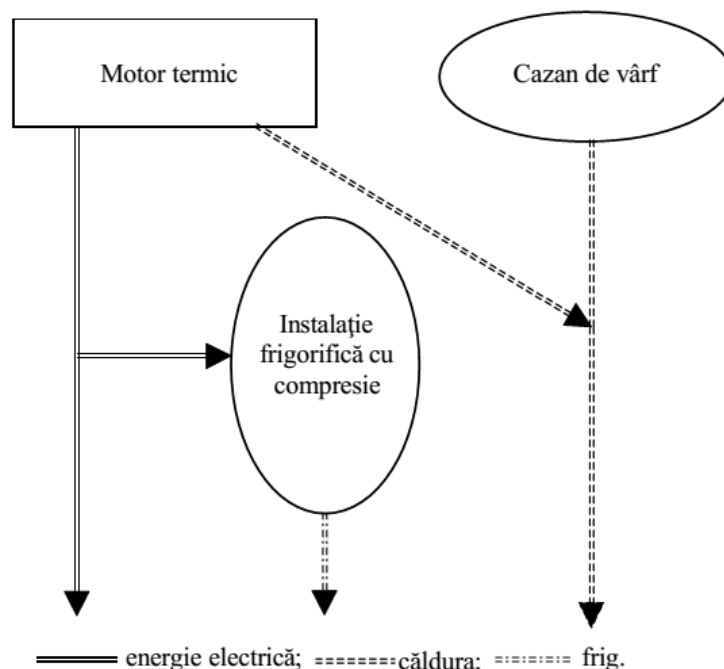


Fig. 5.2.1. Schema de concepție a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu compresie.

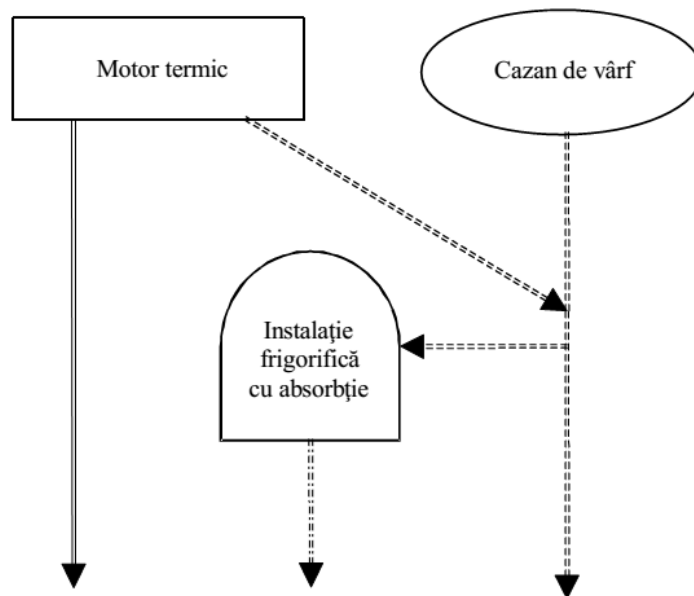
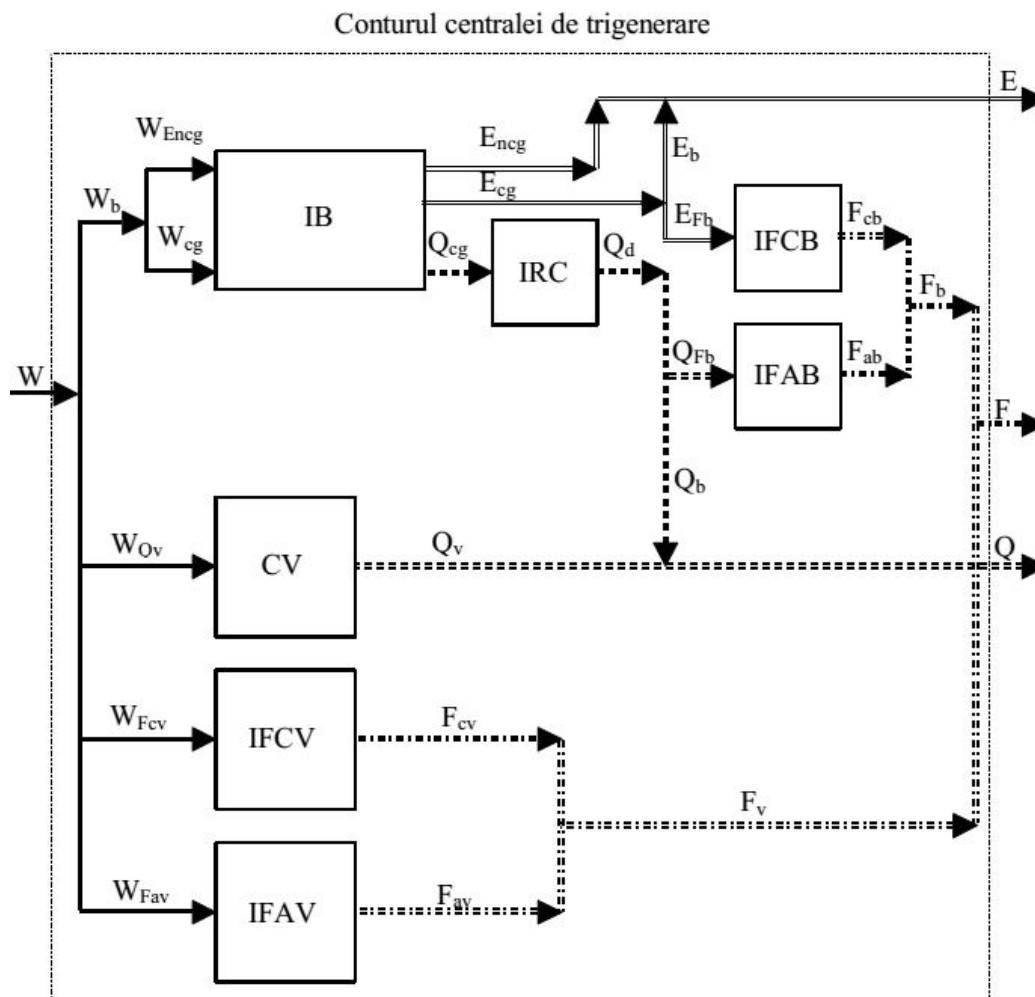


Fig. 5.2.2. Schema de concepție a unei centrale de trigenerare cu instalație frigorifică cu absorbție.

- Centrală de trigenerare cu turbină cu abur cu instalație frigorifică cu compresie;
- Centrală de trigenerare cu turbină cu abur cu instalație frigorifică cu absorbție.

Producerea mixtă de energie electrică, căldură și frig presupune că aceste trei tipuri de energie sunt produse combinat folosind instalații de cogenerare și de producere a frigului și utilizând o singură sursă de energie primară. În figura 5.2.3 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare. Schema ia în considerație toate variantele posibile de echipare a unei astfel de centrale, atât din punct de vedere al instalațiilor de bază cât și din punct de vedere al instalațiilor de vârf.

Schema din figura 5.2.3 este o schemă generală. Ea poate fi simplificată pentru orice variantă de echipare a unei centrale de trigenerare. Analizând figura 5.2.3 se poate spune că centrala de trigenerare în cel mai general caz este compusă dintr-o centrală de cogenerare plus instalațiile frigorifice cu compresie și absorbție care produc frig în regim de bază și instalații frigorifice cu compresie și absorbție care produc frig în regim de vârf. Ca instalații de bază pentru centrala de cogenerare pot fi turbină cu gaze, motor cu ardere internă, turbină cu abur sau ciclu mixt gaze-abur. Ca și pentru cazul unei centrale de cogenerare instalația de recuperare a căldurii este prezentă într-o centrală de trigenerare numai pentru cazurile unei turbine cu gaze, motor cu ardere internă sau ciclu mixt gaze-abur. Într-o centrală de trigenerare poate lipsi instalația frigorifică cu compresie sau cea cu absorbție pentru producerea frigului în regim de bază. Pentru producerea frigului în regim de vârf pot lipsi ambele tipuri de instalații frigorifice sau una dintre ele. Acestea depind de cazurile particulare ale centralelor de trigenerare.



IB – instalație de bază; IRC – instalație de recuperare a căldurii; CV – cazan de vârf; IFCB – instalație frigorifică cu compresie de bază; IFAB – instalație frigorifică cu absorbție de bază; IFCV – instalație frigorifică cu compresie de vârf; IFAV – instalație frigorifică cu absorbție de vârf

Fig. 5.2.3. Schema de principiu a unei centrale de trigenerare.

Soluția de producere mixtă a energiei electrice, căldurii și frigului, ca concept, este o formă relativ nouă de producere a energiei. Apariția trigenerării a fost dictată de mai mulți factori, printre care se regăsesc utilizarea mai eficientă a energiei primare, reducerea poluării, apariția de noi tehnologii în domeniu ș. a.

Deoarece trigenerarea a apărut și a început să se dezvolte în anii '80-90, astăzi practic, există numai soluții care se bazează pe cicluri cu turbină cu gaze și pe cicluri cu motor cu ardere internă dar, pe lângă acestea, există și soluții care se bazează pe cicluri cu turbină cu abur.

O centrală de trigenerarea cu turbină cu gaze poate folosi pentru producerea frigului atât instalații frigorifice cu compresie, cât și instalații frigorifice cu absorbție. Alegerea tipului de instalație frigorifică depinde de mai mulți factori atât de natură tehnică, economică, cât și de specificul fiecărui caz aparte.

În figura 5.2.4 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu gaze, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu compresie. O astfel de centrală de trigenerare folosește în calitate de combustibil gazul natural, care este ars în camera de ardere, de unde gazele de ardere ajung în turbina cu gaze unde se destind, producând energie electrică.

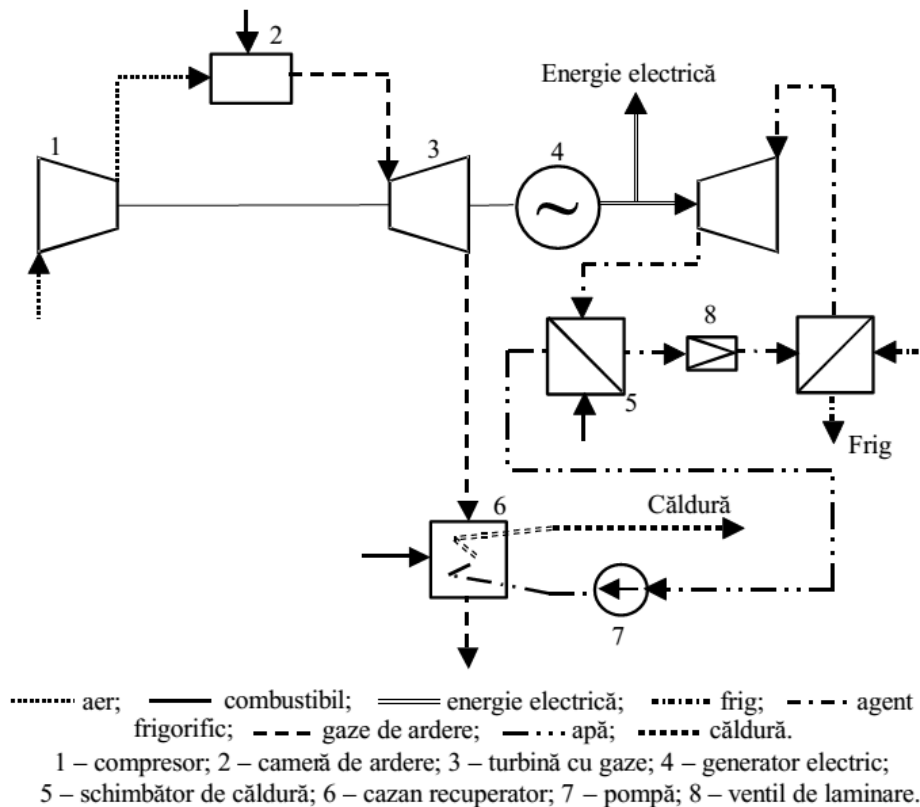


Fig. 5.2.4. Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu gazecu instalație frigorifică cu compresie.

Compresorul instalației frigorifice poate fi legat direct la turbina cu gaze, sau poate folosi pentru antrenare energia electrică produsă de turbina cu gaze. Aceste două opțiuni au avantajele și dezavantajele sale. Legarea directă a compresorului la turbina cu gaze exclude pierderile de energie la transformarea ei în generatorul electric, în schimb impune funcționarea instalației frigorifice tot timpul cât funcționează turbina cu gaze. Deci, practic, instalația frigorifică nu are o autonomie proprie. Această soluție este de preferat atunci, când necesitățile în frig sunt foarte mari și constante în timpul anului. Separarea completă a instalației frigorifice de instalația cu turbină cu gaze are dezavantajul, că apar pierderi de energie în generatorul electric, dar în schimb, este complet autonomă, și deci, poate funcționa independent. Această soluție este de preferat atunci, când necesitățile în frig sunt periodice sau sezoniere. Producerea de căldură într-o centrală de trigenerare cu turbină cu gaze se realizează pe baza recuperării căldurii din gazele de ardere într-un cazan recuperator, care poate fi sub formă de apă fierbinte sau abur. În caz dacă cantitatea de căldură recuperată din gazele de ardere nu satisface cerințele, atunci se poate introduce o ardere suplimentară în cazanul recuperator pentru a mări cantitatea de căldură produsă.

O altă soluție de producere mixtă, bazată pe ciclu cu turbină cu gaze, este aceea care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu absorbție. În figura 5.2.5 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu gaze cu instalație frigorifică cu absorbție.

Ca și soluția precedentă, această centrală de trigenerare folosește în calitate de combustibil gazul natural, care este ars în camera de ardere, de unde gazele de ardere ajung în turbina cu gaze unde se destind, producând energie electrică. În acest caz instalația frigorifică nu mai necesită energie electrică pentru producerea frigului, doar o cantitate foarte mică pentru antrenarea pompelor, cealaltă cantitate de energie electrică produsă poate fi folosită în alte scopuri. Plus la cele spuse mai sus, instalația frigorifică este autonomă și poate funcționa periodic, în dependență de cererea de frig existentă. Producerea de căldură se realizează pe baza căldurii recuperate din gazele de ardere într-un cazan recuperator, în care pe lângă apă fierbinte se poate produce și abur, în caz de necesitate. Dacă cantitatea de căldură recuperată din gazele de ardere nu este suficientă pentru satisfacerea cerințelor, atunci în cazanul recuperator se poate introduce arderea suplimentară, care mărește cantitatea de căldură produsă.

Pentru cazul centralei de trigenerare cu turbină cu gaze producerea de căldură este complet autonomă, adică nu depinde de producția de energie electrică. Dacă cererea de căldură este mai mică decât capacitatea de producere, atunci excesul de gaze de ardere poate fi evacuat în atmosferă.

Soluțiile de trigenerare cu turbine cu gaze pot utiliza fie turbine cu gaze de putere, specializate, de tip "Heavy – duty", fie turbine cu gaze derivate din aviație. Turbinele specializate au o gamă mai largă de puteri, pe când cele derivate din aviație sunt de puteri mici. Alegerea și dimensionarea tuturor echipamentelor din centrala de trigenerare depinde de mai mulți factori, atât de natură economică, tehnică, cât și de specificul cererilor de energie. Așa cum s-a menționat și mai sus, cazanele recuperatoare pot fi cu sau fără ardere suplimentară. În comparație cu camera de ardere, cazanele recuperatoare pot folosi în calitate de combustibil gazul natural, gazul de furnal, combustibil lichid ușor și chiar păcură fără sulf, cu măsuri speciale privind arderea ei.

Un alt tip de centrală de trigenerare este acela care are la bază ciclul unui motor cu ardere internă. Ca și soluția cu turbină cu gaze, soluția cu motor cu ardere internă, pentru producerea frigului, poate folosi atât instalații frigorifice cu compresie, cât și instalații frigorifice cu absorbție. În figura 6 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu motor cu ardere internă, care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu compresie.

O astfel de centrală de trigenerare poate folosi pentru producerea energiei atât combustibili gazoși cât și combustibili lichizi. Combustibilul este ars în motor, care produce energie electrică. Pentru această soluție de trigenerare, la fel ca și pentru cea precedentă, există posibilitatea ca compresorul instalației frigorifice să fie legat direct la motor, sau să folosească energie electrică produsă de motor pentru antrenarea sa. Avantajele și dezavantajele ale celor două posibilități sunt aceleași ca și în cazul centralei de trigenerare cu turbină cu gaze cu instalație frigorifică cu compresie. Producerea căldurii într-o centrală de trigenerare cu motor cu ardere internă diferă puțin față de varianta cu turbină cu gaze. În acest caz căldură se poate produce folosind energia gazelor de ardere și căldura evacuată din motor în urma răcirii lui. Pe baza

căldurii din gazele de ardere se poate produce abur sau apă fierbinte într-un cazan recuperator. Cazanul recuperator funcționează autonom față de motorul cu ardere internă, deci, poate satisface orice cerere de căldură. Căldura recuperată din răcirea motorului poate fi utilizată pentru prepararea apei fierbinți sau a apei calde, dar cererea de căldură trebuie să fie constantă, în comparație cu cazanul recuperator, pentru a asigura răcirea motorului.

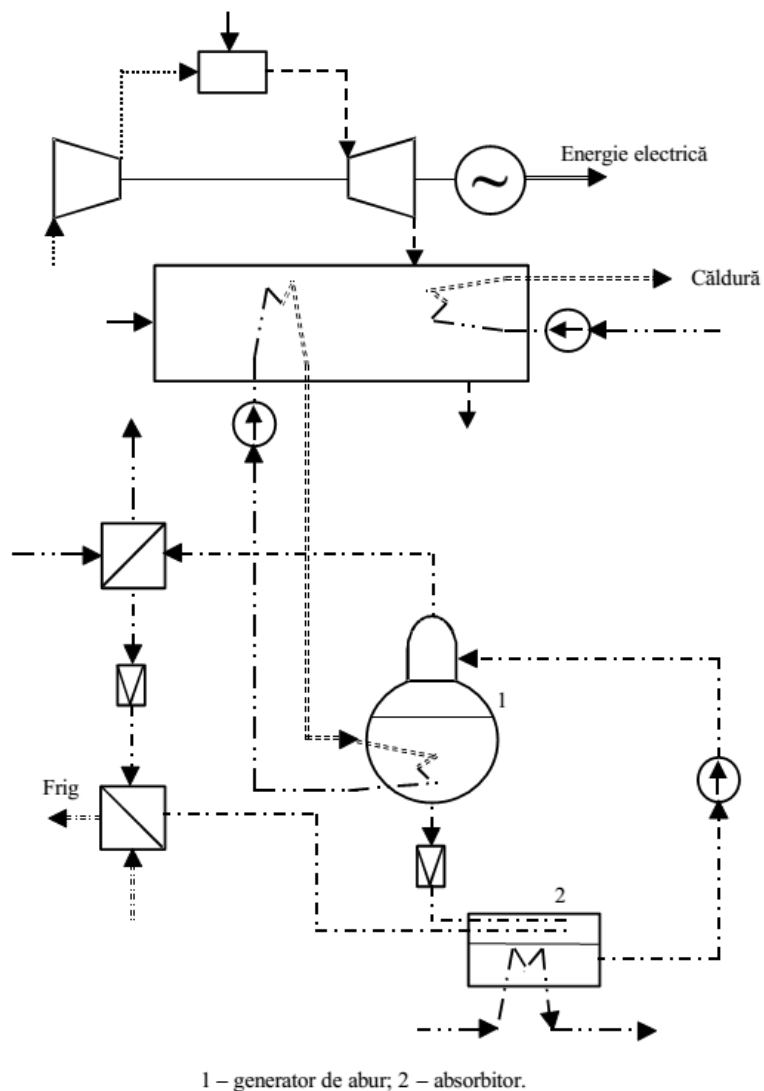


Fig. 5.2.5. Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu gazecu instalație frigorifică cu absorbție.

O altă soluție de centrală de trigenerare, bazată pe ciclu cu motor cu ardere internă, este aceea care folosește pentru producerea frigului o instalație frigorifică cu absorbție. În figura 5.2.7 este prezentată schema de principiu a unei astfel de centrale.

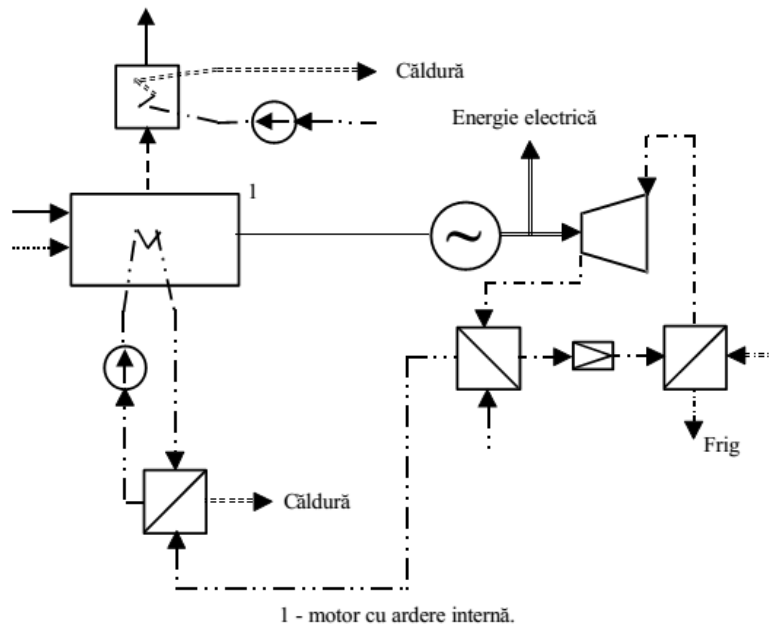


Fig. 5.2.6. Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu motor cu ardere internăcu instalație frigorifică cu compresie.

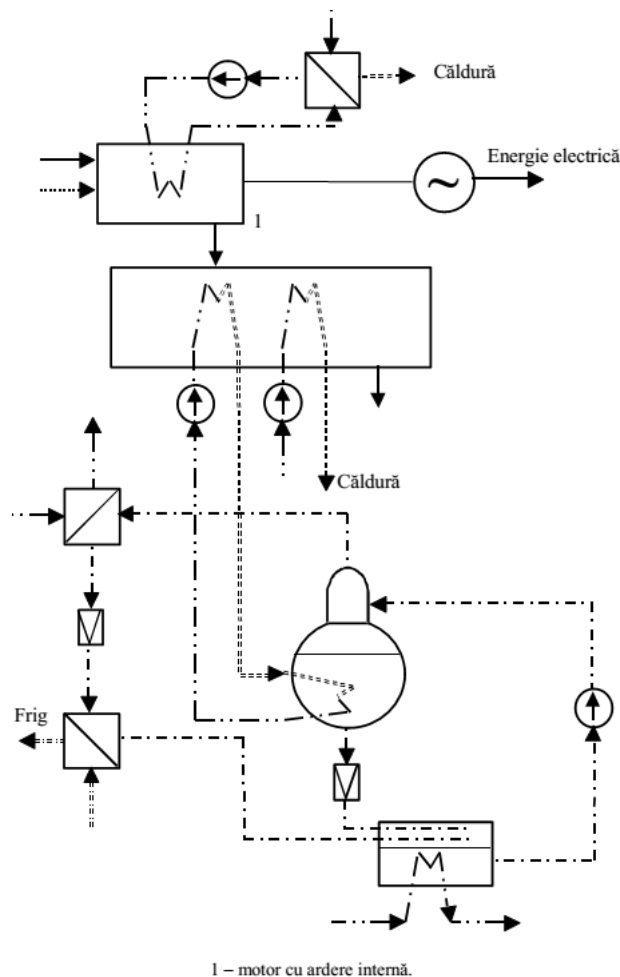


Fig. 5.2.7. Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu motor cu ardere internăcu instalație frigorifică cu absorbție.

Ca și în cazul precedent, combustibilul care poate fi folosit într-o astfel de centrală este atât combustibilul gazos, cât și combustibilul lichid. În acest caz, în comparație cu precedentul, energia electrică produsă nu este folosită pentru producerea de frig, doar numai o mică cantitate a ei pentru antrenarea pompelor. Instalația frigorifică poate funcționa autonom, adică poate satisface orice cerere de frig, independent de

sarcina motorului cu ardere internă. Producerea de căldură are la bază două surse: căldura recuperată din gazele de ardere și căldura recuperată din răcirea motorului. Pe baza căldurii recuperate din gazele de ardere se poate produce abur sau apă fierbinte într-un cazan recuperator. Căldura recuperată din răcirea motorului poate fi folosită pentru producerea apei fierbinți sau a apei calde. Dar schimbătorul de căldură, în care se recuperează căldură din răcirea motorului, este dependent de funcționarea lui și necesită o fiabilitate sporită în funcționare pentru a asigura o răcire corespunzătoare a motorului cu ardere internă. În caz că cererea de apă caldă și fierbinte este zero, atunci pentru asigurarea răcirii motorului se necesită o sursă de răcire.

Al treilea tip de centrală de trigenerare este acela care se bazează pe ciclul unei turbine cu abur. Pentru producerea frigului această soluție, ca și cele două precedente, poate folosi instalații frigorifice cu compresie și cu absorbție. În figura 8 este prezentată schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu abur cu instalație frigorifică cu compresie. În comparație cu cazurile precedente acest tip de centrală de trigenerare poate folosi orice combustibil, chiar și combustibili de proastă calitate. Acest fapt este un avantaj în comparație cu celelalte tipuri de centrale de trigenerare prezentate mai sus. Într-o astfel de centrală se pot instala mai multe turbine cu abur pentru producerea de energie electrică, dar una dintre ele antrenează compresorul instalației frigorifice, sau, un alt caz, turbina de înaltă presiune produce energie electrică iar cea de joasă presiune antrenează compresorul.

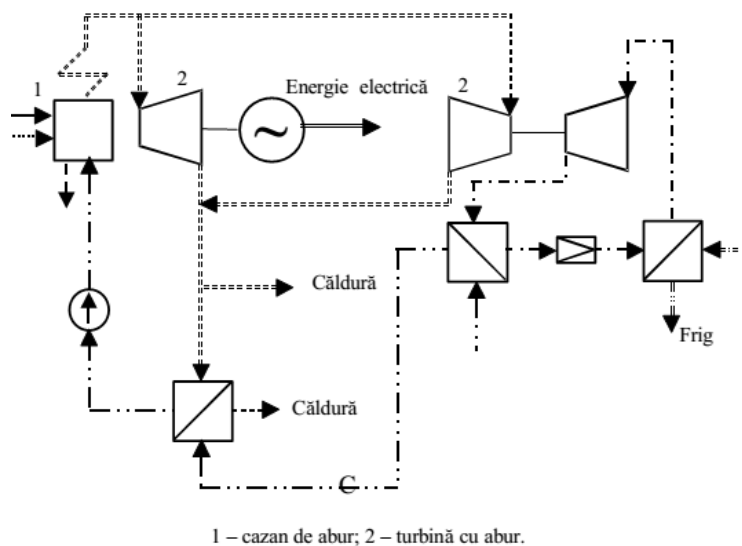


Fig. 5.2.8. Schema de principiu a unei centrale de trigenerare cu turbină cu abur și instalație frigorifică cu compresie.

Deci, se poate spune, că într-o astfel de centrală de trigenerare nu există pierderi de energie legate de antrenarea compresorului. Instalația frigorifică într-o astfel de centrală este, practic, autonomă și poate satisface orice fluctuație a cererii de frig. Producerea de căldură se bazează pe aburul evacuat din turbină, fie din contrapresiunea turbinei, fie din priza reglabilă, dacă turbina este cu condensare și prize de abur. Acest abur poate fi livrat direct consumatorilor, sau pe baza lui se poate prepara apă fierbinte sau caldă într-un schimbător de căldură. Pentru cazul turbinei cu contrapresiune, turbina trebuie să funcționeze

după graficul termic, adică cererea de căldură determină încărcarea turbinei. În cazul turbinei cu condensatie și prize de abur, cererea de energie electrică determină încărcarea turbinei, și, deci, producerea de căldură este direct legată de producerea de energie electrică.

Producerea frigului într-o centrală de trigenerare cu turbină cu abur se poate efectua și pe baza unei instalații frigorifice cu absorbție. Schema unei astfel de centrale este prezentată în figura 5.2.9.

La fel ca și în cazul precedent o astfel de centrală de trigenerare poate folosi orice tip de combustibil. Instalația frigorifică, însă, folosește căldură pentru producerea frigului. Aburul din contrapresiunea turbinei sau dintr-o priză reglabilă, depinde de tipul turbinei din centrala de trigenerare, se condensează într-un schimbător de căldură sau mai multe. Un schimbător de căldură alimentează instalația frigorifică. În cazul în care centrala de trigenerare este cu turbină cu abur cu contrapresiune, atunci instalația frigorifică poate funcționa la diferite sarcini în dependență de cererea de frig, reglajul efectuându-se la nivelul turbinei cu abur. Pentru cazul unei centrale de trigenerare cu turbină cu condensatie și prize reglabile, în care turbina cu abur funcționează după graficul electric, instalația frigorifică nu mai poate funcționa având la bază cererea de frig, și este total dependentă de cererea de energie electrică. Producerea de căldură are, practic, aceleași aspecte legate de autonome ca și producerea de frig. Într-o astfel de centrală de trigenerare se poate produce atât abur, cât și apă fierbinte sau caldă. Aburul, în cazul în care există o cerere, este livrat consumatorilor din contrapresiunea turbinei sau din prizele reglabile pentru cazul turbinei cu abur cu condensatie și prize reglabile. Apa fierbinte sau caldă se poate produce într-un schimbător de căldură pe baza a unei cote părți a aburului livrat din turbină.

Astfel de centrale de trigenerare bazate pe ciclul cu turbine cu abur, în comparație cu cele cu turbine cu gaze sau motoare cu ardere internă sunt mai mari atât din punct de vedere al cantității de energie produsă cât și din punctul de vedere al instalațiilor prezente în centrală și din punct de vedere al personalului care deservește centrala.

La momentul actual cele mai răspândite sunt centrale de trigenerare cu turbine cu gaze și cu motoare cu ardere internă. Această situație s-a creat din cauza descentralizării producerii de energie și, deci, centralele de trigenerare sunt de puteri mici sau medii. Totodată centralele bazate pe ciclul cu turbină cu abur nu prea se mai construiesc, mai ales în țările vestice, accentul punându-se pe centrale cu turbine cu gaze și cu motoare cu ardere internă. Aceasta se întâmplă din mai multe cauze, cum ar fi randamente mai bune de producere a energiei electrice pentru turbinele cu gaze și motoarele cu ardere internă, investiții specifice mai mici ș. a. Dar, după părerea autorului, se merită examinarea atentă și a soluției unei centrale de trigenerare cu turbină cu abur, mai ales pentru cazul României, deoarece existența multor centrale bazate pe ciclul cu turbină cu abur ar putea face această soluție viabilă.

Figura 5.3.1 prezintă schema de principiu a producerii separate (P.SEP) a energiei electrice, căldurii și frigului.

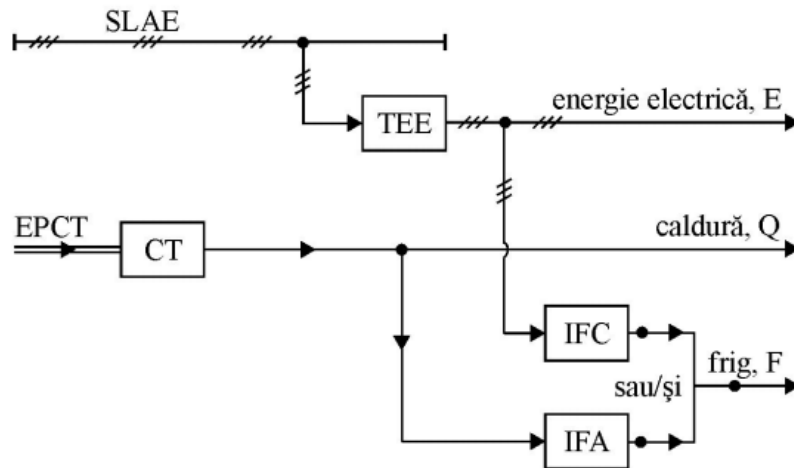


Fig. 5.3.1. Schema de principiu a alimentării separate cu energie electrică, frig și căldură: SLAE – sistemul local de alimentare cu energie electrică; TEE – transformator de energie electrică

Pentru producerea energiei electrice se pot folosi următoarele tipuri de centrale:

- cu turbine cu abur, cu contrapresiune pură sau/și priză reglabilă, ori cu condensatie și una sau două prize reglabile;
- cu turbine cu gaze, în circuit deschis, sau în circuit închis;
- cu motoare cu ardere internă;
- cu ciclu mixt gaze abur;
- cu pile de combustibil;
- centrale care folosesc energii regenerabile pentru producerea de energie electrică:
 - centrale eoliene;
 - centrale fotovoltaice;
 - centrale hidroelectrice;
 - centrale care folosesc biomasa;
 - centrale care folosesc alte tipuri de surse regenerabile de energie.

În cazul producerii căldurii se pot folosi centrale termice care pot fi echipate cu:

- cazane de apă caldă;
- cazane de apă fierbinte;
- cazane de abur.

În cazul producerii frigului se pot folosi următoarele tipuri de instalații frigorifice:

- ☐ instalații frigorifice cu compresie;
- ☐ instalații frigorifice cu absorbție.