

Modulul 7 - Sisteme de alimentare cu energie si utilitati. Solutii de crestere a eficientei energetice

7.1. Sisteme de alimentare cu energie termică

Sistemul de alimentare cu căldură include toate instalațiile și echipamentele din întregul lanț de producere, transport, distribuție și consum de căldură.

Sistemele de alimentare cu căldură pot fi clasificate în funcție de mai multe aspecte. O primă clasificare poate fi făcută în funcție de tipul consumatorilor de căldură cărora sistemul de alimentare cu căldură le livrează energie termică. În acest sens se pot destinde sisteme de alimentare cu căldură care alimentează următoarele tipuri de consumatori : consumatori urbani, consumatori terțiari, consumatori industriali și sere legumicole și/sau floricole.

Un sistem de alimentare cu căldură poate alimenta doar un anumit tip de consumatori sau mai multe tipuri de consumatori. De obicei, sistemele urbane de alimentare cu căldură livrează energie termică consumatorilor urbani și terțiari, și dacă este cazul și serelor. Consumatorii industriali, de obicei, sunt alimentați cu căldură din surse proprii. Trebuie, însă de menționat că există sisteme de alimentare cu căldură care alimentează toate cele patru tipuri de consumatori.

O a doua clasificare a sistemelor de alimentare cu căldură este funcție de gradul de centralizare/descentralizare. În acest sens se pot destinde următoarele tipuri de sisteme de alimentare cu căldură:

- sisteme individuale de alimentare cu căldură. Un astfel de sistem are o singură sursă de producere a căldurii pe care o livrează unui singur consumator. Trebuie de menționat că, acest consumator poate fi o casă, un apartament sau o clădire cu mai multe apartamente/birouri ;
- sisteme de alimentare centralizată cu căldură. Un astfel de sistem are una sau mai multe surse de producere a căldurii pe care o livrează mai multor consumatori. ;
- sisteme de alimentare cu căldură mixte. Astfel de sisteme includ atât sisteme individuale de alimentare cu căldură cât și sisteme de alimentare centralizată cu căldură. Majoritatea sistemelor urbane de alimentare cu căldură sunt sisteme mixte.

O altă clasificare a sistemelor de alimentare cu căldură poate fi făcută în funcție de agentul termic care este utilizat. Astfel, se pot destinde următoarele tipuri de sisteme de alimentare cu căldură : cu apă caldă, cu apă fierbinte și cu abur.

În final, o ultimă clasificare a sistemelor de alimentare cu căldură poate fi făcută în funcție de tipul sursei de producere a căldurii. În acest sens se desting următoarele tipuri de sisteme de alimentare cu căldură:

- sisteme de alimentare cu căldură cu centrale termice;
- sisteme de alimentare cu căldură cu centrale de cogenerare;
- sisteme de alimentare cu căldură folosind rejets industriali;
- sisteme de alimentare cu căldură pe baza energiei solare;
- sisteme de alimentare cu căldură pe baza energiei geotermale;
- sisteme de alimentare cu căldură folosind energia nucleară.

Trebuie de menționat că majoritatea sistemelor de alimentare cu căldură au următoarele caracteristici:

- sunt sisteme care alimentează consumatori urbani și terțiari;
- folosesc în calitate de agent termic apa caldă sau fierbinte în funcție de mărimea sistemului;
- sursele de producere a căldurii sunt centrale termice sau de cogenerare.

Un sistem de alimentare cu căldură poate include următoarele componente:

- una sau mai multe surse de producere a căldurii;
- rețeaua termică primară, sau de transport, care transportă căldură de la sursă la punctele termice și/sau modulele termice;
- punctele termice și/sau modulele termice care reprezintă legătura între rețeaua termică primară și rețeaua termică secundară (punctele termice) sau între rețeaua termică primară și consumatori (modulele termice);
- rețeaua termică secundară, sau de distribuție, care transportă căldura de la punctele termice la consumatori;
- instalațiile consumatoare de căldură (încălzire și apă caldă de consum).

În funcție de modul în care se face transportul și distribuția căldurii, în momentul actual se folosesc trei tipuri de sisteme centralizate de alimentare cu căldură (fig. 7.1.1).

Transportul și distribuția căldurii se pot face folosind fie doi agenți termici diferiți pe zona de transport și pe cea de distribuție (variantele a și c) fie un singur agent termic pe ambele zone (variantele b). În cazul utilizării a doi agenți termici diferiți, transportul este efectuat folosind apă fierbinte (necesită 2 conducte, respectiv de tur și de retur), iar distribuția este efectuată folosind apă caldă fie la temperaturile de consum – varianta a (necesită 3 sau patru conducte : două pentru alimentarea consumatorilor de încălzire –tur și retur și 1 sau 2 pentru alimentarea consumatorilor de apă caldă – tur și recirculare, dacă este necesară), fie la parametri diferiți de cei de consum – varianta c (necesită 2 conducte, respectiv de tur și de retur). În această ultimă situație adaptarea parametrilor agentului termic de distribuție la parametri

consumatorilor se face prin intermediul modulelor termice de la consumatori. In cazul utilizarii unui singur tip de agent termic atat pentru transportul cat si pentru distributia caldurii – varianta b, acesta este apa fierbinte si adaparea parametrilor agentului termic de distributie la parametri consumatorilor se face prin intermediul modulelor termice de la consumatori.

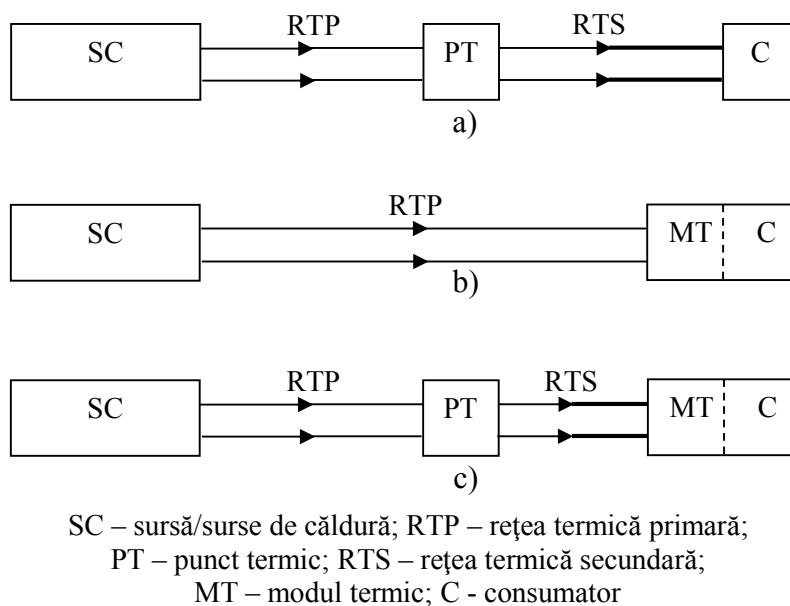


Fig. 7.1.1. Tipuri de sisteme de alimentare cu căldură: a) sistem centralizat de alimentare cu căldură cu puncte termice; b) sistem centralizat de alimentare cu căldură cu module termice; c) sistem centralizat de alimentare cu căldură cu puncte termice și module termice

În calitate de sursă de energie primară pentru sistemele de alimentare cu energie termică se pot folosi:

- cărbune;
- combustibili lichizi din petrol;
- gaze naturale;
- deșeuri menajere;
- resurse energetice secundare (sub formă de căldură, etc.);
- energia solară;
- energia geotermală;
- energia nucleară

In tabelul 7.1.1 sunt prezentate comparativ date tehnice si 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 7.1.2 prezintă schema de principiu a instalației de bază dintr-o centrală de cogenerare cu turbină cu abur cu contrapresiune și priză reglabilă.

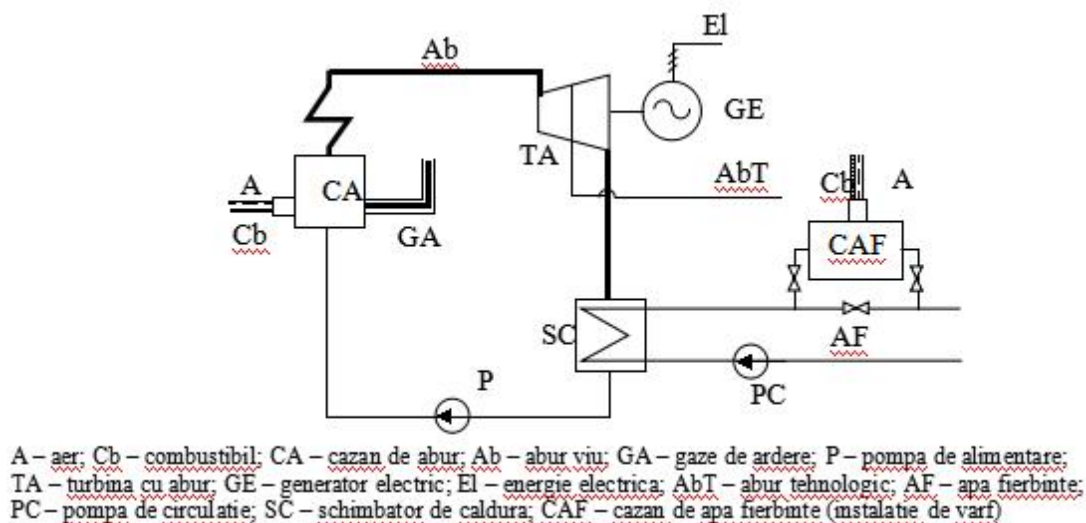


Fig. 7.1.2 Schema de principiu a unei centrale cu turbină cu abur cu contrapresiune și priză reglabilă

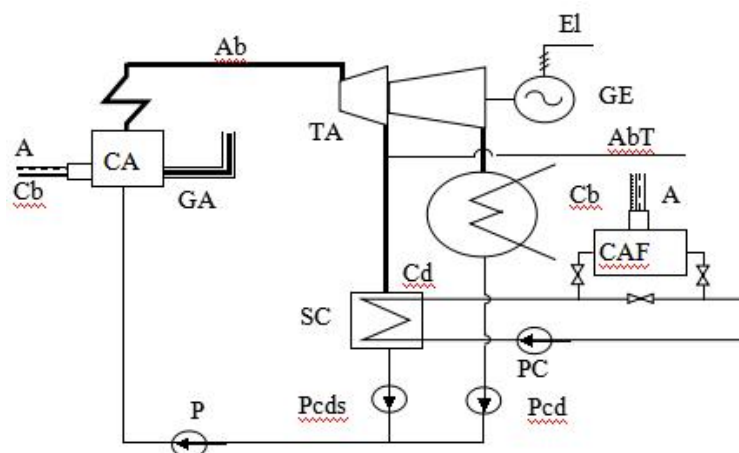
Turbinele cu abur cu condensare cu una sau două prize reglabile conduc la o dependență mult mai mică între producția de energie electrică și căldură. Astfel, aceste turbine sunt mult mai flexibile la variațiile cererii de căldură. Gradul de independență a puterii electrice produsă față de căldura livrată depinde de condițiile constructive ale turbinei. Aceasta se referă la modul de dimensionare a corpului turbinei de după priză reglabilă – respectiv a "C.J.P. sau coada de condensare". În funcție de acest mod de dimensionare independența a puterii electrice produsă față de căldura electrică livrată 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 încărcare termică.

Turbinele cu abur cu o singură priză reglabilă alimentează de la priză reglabilă un schimbător de căldură care produce apă fierbinte folosită pentru alimentarea cu căldură a consumatorilor urbani și terțiari. Turbinele cu abur cu două prize reglabile alimentează de la priză reglabilă inferioară un schimbător de căldură care produce apă fierbinte folosită pentru alimentarea cu căldură a consumatorilor urbani și terțiari iar, de la cea superioară fie consumatorii industriali, fie schimbătoare de căldură folosite în serie cu schimbătoarele racordate de priză reglabilă inferioară a turbinei și care alimentează împreună consumatorii urbani.

Figura 7.1.3 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 două 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.



A – aer; Cb – combustibil; CA – cazan de abur; Ab – abur viu; GA – gaze de ardere; P – pompa de alimentare; TA – turbina cu abur; Cd – condensator; Pcd – pompa condensat principal ; GE – generator electric; EI – energie electrica; AbT – abur tehnologic; AF – apa fierbinte; PC – pompa de circulatie; SC – schimbator de caldura ; Pcd – pompa condensat secundar ; CAF – cazan de apa fierbinte (instalatie de varf)

Fig. 7.1.3 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 parametrii 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 căldură 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 tehnică 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 cand turbinele cu gaze aeroderivative functioneaza la turatii mult mai mari (de regula peste 10000 rot/min), antrenarea generatorului electric facandu-se prin intermediul unui reductor de turatie.

Tabelul 7.1.2 prezintă aspecte comparative între turbinele cu gaze industriale și cele aeroderivate.

Tabelul 7.1.2

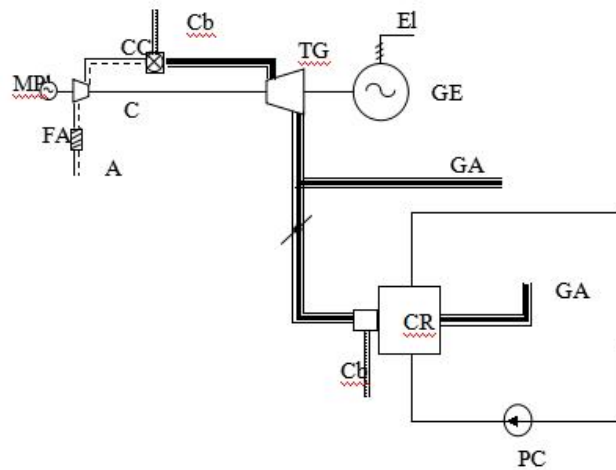
Caracteristicile tehnice ale turbinelor cu gaze

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 7.1.4 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 – motor electric de pornire ; TG – turbină cu gaze; GE – generator electric; El – energie electrica; CR – cazan recuperator; PC – pompă de circulație ; GA – gaze de ardere

Fig. 7.1.4 Schema de principiu a unei centrale de cogenerare cu turbină cu gaze

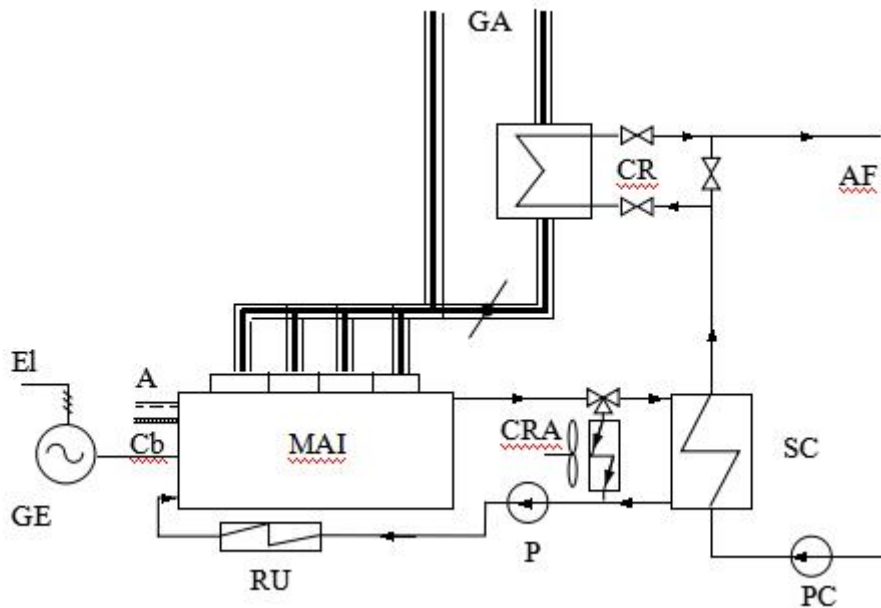
În cazul motoarelor cu ardere internă producerea de căldură într-o astfel de instalație se face prin trei tipuri de recuperare :

- 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 și a aerului de ardere (în cazul motoarelor supraalimentate) ; prin această recuperare se poate produce apă caldă.

Dintre aceste cantități de căldură recuperabile, cele de medie și joasă temperatură sunt impuse de condițiile de bună funcționare a motorului. Ele trebuie evacuate și în lipsa consumului de căldură, motiv pentru care se prevede un circuit de răcire special.

Indiferent de tipul constructiv al motorului (în doi sau patru timpi, cu sau fără supraalimentare) cota parte de căldură recuperată din circuitele de joasă și medie temperatură are o pondere aproximativ egală cu cota parte de căldură recuperată în circuitul de înaltă temperatură. Acest aspect influențează puternic performanțele în cogenerare ale motoarelor termice în cazul în care livrează căldură sub formă de abur. Datorită nivelului termic al căldurilor recuperate, producerea aburului are loc astfel : vaporizarea și eventual supraîncălzirea se face pe baza căldurii recuperate de înaltă temperatură, iar preîncălzirea apei de alimentare până în apropierea temperaturii de saturație se face pe baza căldurii de medie și joasă temperatură. Ori, căldura de preîncălzire este de câteva ori mai mică decât cea de vaporizare și supraîncălzire. Rezultă că în cazul livrării căldurii sub formă de abur nu este posibilă recuperarea integrală a căldurii de medie și joasă temperatură. Acest lucru conduce la un randament global redus și la existența obligatorie a circuitului special de răcire.

Figura 7.1.5 prezintă schema de principiu a instalației de bază dintr-o centrală de cogenerare cu motor cu ardere internă. Pentru simplificare nu sunt prezentate instalațiile de varf și cele speciale de racire pentru evacuarea caldurii de joasă și medie temperatură.



A – aer; Cb – combustibil; MAI – motor cu ardere internă; RU – racitor de ulei; GA – gaze de ardere; P – pompa; CR – cazan recuperator; GE – generator electric; EI – energie electrică; AF – apa fierbinte; PC – pompa de circulație; SC – schimbător de căldură; CRA – circuit de racire auxiliar.

Fig. 7.1.5 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 lipsi 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.

7.2. Sisteme de alimentare cu energie electrica

A. Stații și posturi de transformare

Obiectul cursului

- Cunoașterea principalelor instalații din stațiile și posturile de transformare din sistemul electroenergetic.
- Însușirea unor cunoștințe specifice exploatării instalațiilor electrice.

Principalele concepte

- Stație electrică;
- post de transformare;
- punct de alimentare.

O rețea electrică (figura 7.2.1) este formată din *laturi* și *noduri*:

- laturile □ liniile electrice;

- nodurile (A):
 - stațiile și posturile de transformare
 - au rolurile:
 - a) de conexiuni electrice (la care converg linii, transformatoare, generatoare);
 - b) de transformare a unor parametri (tensiune, curent – cu trafo; frecvență – cu redresare sau onduloare).

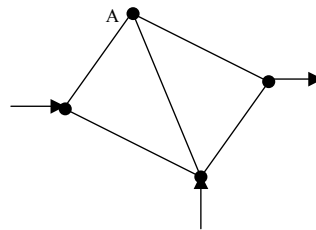


Fig. 7.2.1 Rețea electrică

Concepte:

- *Stația electrică (ST)* este un nod al unei rețele electrice în care se realizează conexiuni electrice și/sau transformarea unor parametri, cel mai adesea, tensiunea.
- *Postul de transformare (PT)* este o stație coborâtătoare de la 7-20 kV la joasă tensiune ($U_n < 1000V$) □ este o stație coborâtătoare de mică putere (zeci □ sute kVA).
- *Punctul de alimentare (PA)* este o stație de conexiuni de tensiune medie, destinată alimentării unor posturi de transformare.

Exemple:

- a) Stațiile electrice se găsesc:
 - în cadrul centralelor electrice:
 - pentru evacuarea puterii produse;
 - pentru alimentarea serviciilor proprii;
 - în SEN, stații de sistem pentru conexiuni și transformare.
- b) PT se află în apropierea consumatorilor rezidențiali, industriali etc.
- c) PA, de regulă, conțin și 1 □ 2 PT și se pot găsi în rețelele urbane de distribuție a energiei electrice.

În România sunt instalate *peste 68.000 stații electrice*.

În exploatarea CN Transelectrica SA, la nivelul anului 2005, se aflau următoarele stații:

- 1 – 750 kV

- 32 – 400 kV
- 45 – 220 kV

În exploatarea Electrica SA, la nivelul anului 2006, se aflau următoarele stații:

- 489 – 110 kV
- 30865 – PT și PA.
- Capacitatea instalată în transformatoare în stații 110 kV/MT și MT/MT este de peste 16.000 MVA și în PT/PA este de peste 11.000 MVA.

La aceste instalații se adaugă stațiile și posturile de transformare aflate în exploatarea companiilor de distribuție a energiei electrice ce au fost privatizate.

Principalele echipamente din stații și PT-uri

Principalele echipamente din stațiile electrice și posturile de transformare sunt *transformatoarele* și *autotransformatoarele*.

Transformatorul (T) este echipamentul electric destinat să transforme doi dintre parametrii energiei electrice și anume tensiunea- U și curentul- I . Funcționează pe principiul inducției electromagnetice. Autotransformatoarele (AT) transferă energia pe cale magnetică și pe cale galvanică. Pentru AT se definește *coeficientul de transfer pe cale magnetică* (k_M) ca fiind:

$$k_M = 1 - \frac{U_{mij}}{U_{sup}} \quad (7.2.1.)$$

în care:

U_{mij} – tensiunea mijlocie,

U_{sup} – tensiunea superioară.

În România, se utilizează AT pentru situațiile în care .

Puterea nominală a transformatoarelor și autotransformatoarelor se alege din scala R5. Multiplul scalei, m_5 , este dat de relația:

$$m_5 = \sqrt[5]{10} = 1,25^2 = 1,6 \quad (7.2.2.)$$

1 – 1,6 – 2,5 – 4 – 6,3 – 10 -

Unitățile de transformare se construiesc monofazate sau trifazate (mai economice), iar gamele uzuale de puteri sunt:

- pentru trafo din PT: 10 kVA, 16 kA, 25 kA, 40 kVA, 63 kVA, 100 kVA, 160 kVA, 250 kVA,

- pentru trafo din stații electrice de 110 kV/MT: 4 MVA, 6,3 MVA, 10 MVA, 16 MVA; 25 MVA, 40 MVA, 63 MVA.

Principalele mărimi caracteristice transformatoarelor sunt:

- Tensiunile nominale ale înfășurărilor U_{1n}, U_{2n}, U_{3n} etc.
- Curenții nominali ai înfășurărilor: I_{1n}, I_{2n}, I_{3n} etc.
- Puterea nominală a trafo: S_n (dacă toate înfășurările au aceeași putere) sau $S_{1n}/S_{2n}/S_{3n}$ (dacă înfășurările au puteri diferite).
- Tensiunea de scurtcircuit: u_{sc} [%] sau $u_{sc\ S-M}, u_{sc\ S-I}, u_{sc\ M-I}$.
- Curentul absorbit la mersul în gol, I_o [%].
- Puterile active absorbite la proba de mers în gol (P_o), respectiv la proba de mers în scurtcircuit (P_{sc}).
- Grupa de conexiuni a trafo. indică modul de conectare al fiecărei înfășurări și defazajul dintre tensiuni.

Principalele transformatoare utilizate în rețelele electrice de distribuție industrială pot fi cu două înfășurări, cu trei înfășurări sau cu înfășurare inferioară divizată.

În timpul funcționării T/AT se produce căldură ca urmare a funcționării normale, suprasarcinilor, scurtcircuitelor. Căldura produsă afectează durata de viață a trafo, ca urmare a “îmbătrânirii” izolației înfășurării. Se deteriorează proprietățile mecanice ale hârtiei izolante dintre spirele înfășurării.

Răcirea trafo se face prin imersarea înfășurărilor în lichide într-o cuvă etanșă sau trafo se construiesc uscate.

Trafo utilizate în distribuția de energie electrică sunt cu în ulei mineral ce este inflamabil la temperaturi sub 300 °C. Din această cauză trebuie avute în vedere, în funcție de puterea și cantitatea de ulei din trafo, măsuri PSI. De asemenea, pentru distribuția de energie pe platforme industriale se pot folosi și trafo uscate. La acestea, înfășurările (impregnate sau nu cu rășină) se află în aer. Pierderile prin încălzire sunt disipate direct în aer și din această cauză se adoptă densități mici de curent, sunt necesare suprafețe mari de cedare a căldurii.

Avantajele trafo uscate față de trafo cu ulei:

- nu necesită cuvă de retenție lichid;
- bună rezistență la foc;
- “prietenoase” față de mediu;
- insensibilități la agenți exteriori (praf, umiditate), pentru trafo înglobate în rășină sintetică.

Dezavantaje trafo uscate față de trafo cu ulei:

- preț ridicat;
- pierderi mai mari (de circa 1,3 ori).

În general, trafo uscate sunt folosite în zone urbane aglomerate sau în zone cu circulație ridicată.

Principalele criterii de alegere a trafo

Acestea sunt criteriile tehnice și economice.

Criterii tehnice:

- asigurarea tranzitului de sarcină,
- reducerea curentului de scurtcircuit în instalațiile racordate la secundarele trafo,
- funcționarea la randament maxim,
- pierderi minime de energie,
- asigurarea pornirii celui mai mare motor sau autopornirea motoarelor alimentate din secundar.

Criterii economice:

- criteriul efortului investițional;
- criteriul costului pierderilor de putere și energie;
- criteriul costurilor determinate de continuitatea în alimentare.

Există două tendințe contradictorii:

I – criteriile care pledează în favoarea concentrării puterii într-una sau două unități mari;

II – criteriile care pledează în favoarea fracționării puterii în mai multe unități mai mici.

Criteriul efortului investițional va favoriza concentrarea puterii trafo într-o singură unitate mai mare. De asemenea, cu cât concentrăm puterea într-o unitate mai mare, cu atât pierderea specifică [kW/kVA] este mai redusă, respectiv costul pierderilor este mai scăzut.

În ceea ce privește continuitatea în alimentare, în cazul în care avem o singură unitate de transformare, dacă aceasta este scoasă din funcțiune, nu se mai alimentează întreaga putere cerută de consumatori. Dacă aceeași putere s-ar asigura cu mai multe trafo (de exemplu, două) mai mici (fracționarea puterii), atunci numai o parte a consumatorilor ar rămâne fără alimentare cu energie electrică. Problema se rezolvă, de regulă, diferit pentru cazul posturilor și stațiilor de transformare.

În cazul *posturilor de transformare*, se preferă echiparea cu un singur transformator deoarece:

- masa și gabaritul trafo de *PT* sunt mai reduse față de alte trafo, deci sunt ușor de transportat, chiar și unitățile mai mari din serie;
- probabilitatea de avariere a trafo de *PT* este redusă, deci daunele de nealimentare corespunzătoare sunt reduse (și se pot repara local);
- există depozite (locale) ale companiilor de distribuție a energiei electrice, de unde se pot înlocui rapid trafo existente, în cazul defectării acestora.

Observație: rar se vor amplasa două trafo într-un post, pentru consumatori foarte importanți.

În concluzie, pentru posturile de transformare se preferă echiparea cu un singur transformator.

În cazul stațiilor electrice, de putere mare (ordinul MVA) trebuie ales între echiparea cu o unitate sau două unități de transformare.

Observații:

- masa și gabaritul trafo de zeci de sute MVA sunt foarte mari (zeci de sute de tone).
- reparațiile locale sunt puțin probabile.
- depozitele de rezerve sunt puține (la nivelul SEN) și sunt situate la distanțe mari.
- în cazul când se aleg două unități de transformare, acestea trebuie să fie identice.

În concluzie, pentru stațiile electrice trebuie ales între echiparea cu un transformator sau cu mai multe transformatoare. De regulă, analizele soluțiilor optime tehnico-economic conduc la echiparea stațiilor cu două transformatoare.

Pentru alegerea pe criterii tehnico economice ale trafo din stații și posturi există prescripții energetice. Criteriile economice folosite se bazează pe *cheltuielile totale actualizate*, pentru situațiile în care investiția este obligatorie.

În cazul soluțiilor de echipare cu mai multe trafo, modul de funcționare trebuie analizat pe citerii de optim tehnico-economic.

Principalele scheme electrice de conexiuni folosite pentru stații și posturi de transformare

Scheme de conexiuni pentru stații electrice obișnuite: se utilizează scheme cu bare și un întreruptor pe circuit, scheme poligonale, scheme cu bare și ansambluri care folosesc în comun mai mult de un întreruptor, scheme H etc.

Scheme pentru stații de racord adânc (SRA)

- SRA se caracterizează prin pătrunderea cu tensiune mare (de exemplu, 110, 220 kV) până în centrul de greutate al consumatorului;

- de regulă, se realizează cu blocuri linie-transformator;
- SRA pot avea unul sau două blocuri (în funcție de importanța consumatorului și de puterea tranzitată).

În figurile 7.2.2 și 7.2.3 se prezintă scheme pentru stații de distribuție, cu două tensiuni secundare și scheme de conexiuni pentru stații de distribuție cu trafo cu trei înfășurări. Aceste scheme sunt uzuale pentru alimentarea aglomerărilor urbane, unde există și platforme industriale.

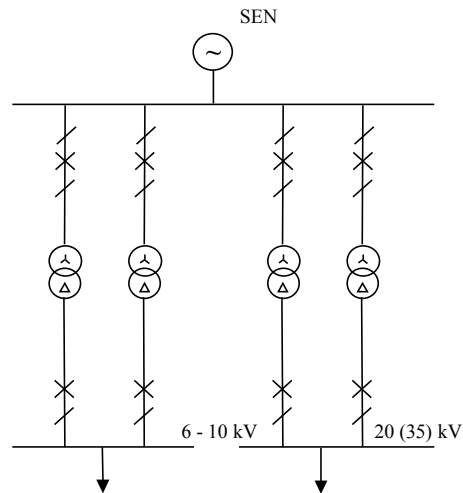


Fig. 7.2.2 Scheme de conexiuni pentru stații de distribuție cu două tensiuni secundare (se utilizează transformatoare de puteri diferite)

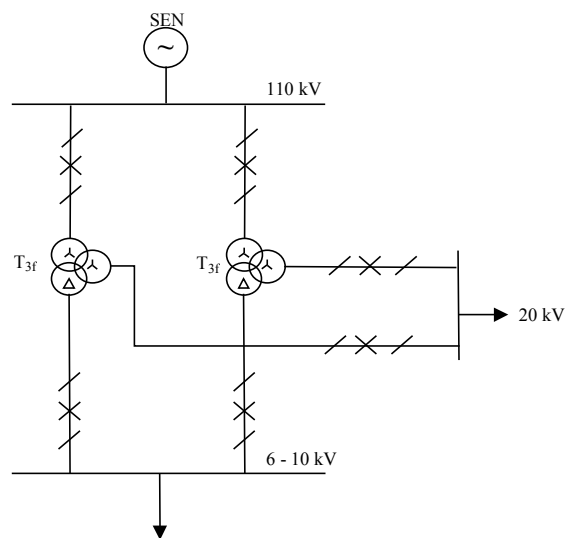


Fig. 7.2.3 Scheme de conexiuni pentru stații de distribuție cu trafo cu trei înfășurări

Pentru schemele de conexiuni ale posturilor de transformare, cele mai utilizate variante de scheme de PT sunt date în figura 7.2.4.

Cele mai utilizate variante de racordare a PT în țara noastră sunt:

- în rețea radială cu alimentare de la o singură sursă,
- în rețea buclată (cu alimentare de la două capete) (figura 6.2.5); schema folosită în mod uzual pentru distribuția energiei în comunitățile urbane.

În general, rețeaua de distribuție, de exemplu de 20 kV, poate fi realizată în două moduri distincte:

- prin linii radiale, sau buclate, dar funcționând radial, care pleacă din stația de distribuție către zonele de consum;
- prin intercalarea de PA, de la care vor fi alimentați consumatorii.

PA este un nod suplimentar în mijlocul consumatorilor. PA este alimentat prin două căi din stația de distribuție (figura 7.2.6). De multe ori, rezultă economic ca unul dintre PT să fie comasat cu PA.

În zonele urbane, tendința este de trecere la tensiunea nominală a instalațiilor prin care se distribuie energia electrică de 20 kV. Acest lucru este determinat de reducerea pierderilor de energie electrică în instalații.

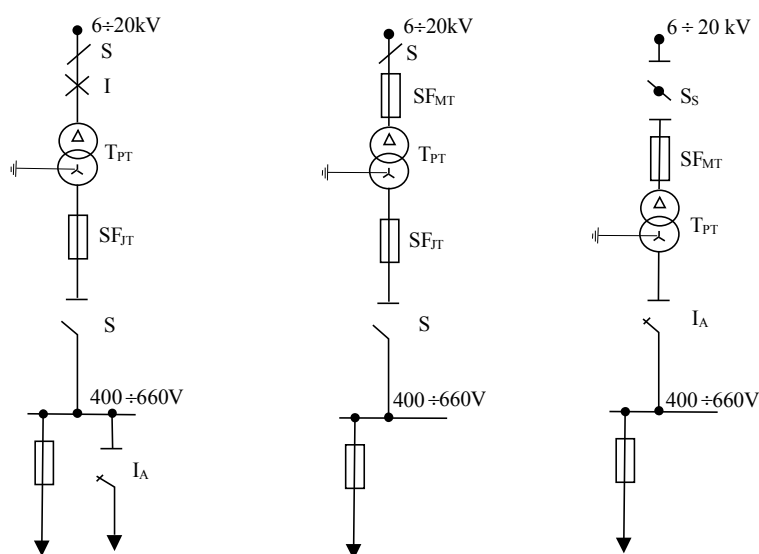


Fig. 7.2.4 Scheme de conexiuni pentru PT

I-întreruptor, S-separator, S_s-separator de sarcină, SF-siguranță fuzibilă, IA-întreruptor automat

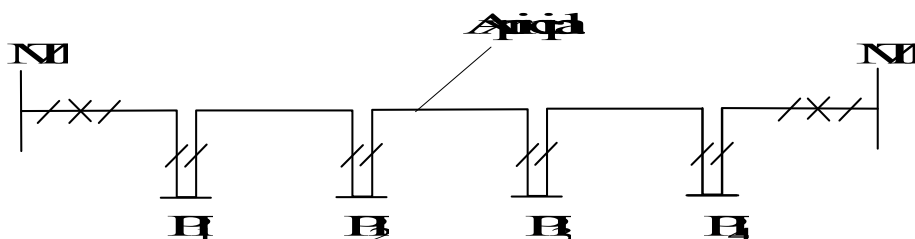


Fig. 7.2.5 PT dispuse în rețele alimentate de la două capete

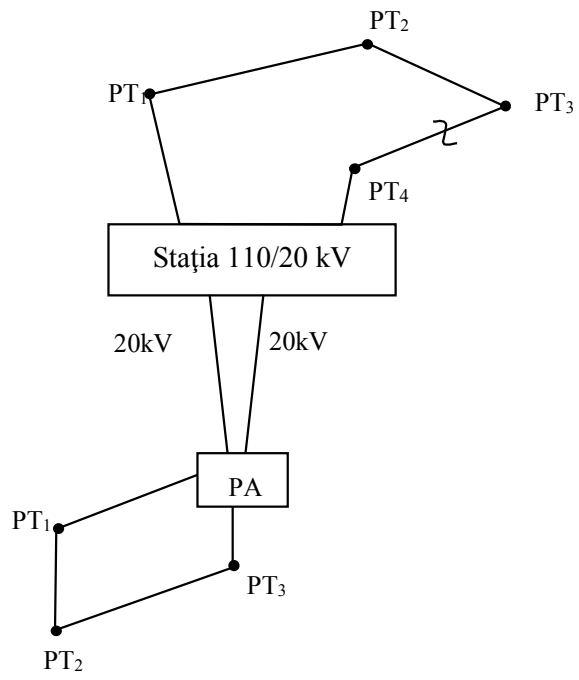


Fig. 7.2.6 Schemă de rețea de distribuție cu intercalare de PA