

ANALIZA SENSIBILITĂȚII COTEI OPTIME DE COGENERARE ÎN ACOPERIREA UNEI CURBE DE SARCINĂ TERMICĂ A CONSUMATORULUI REZIDENȚIAL

Constantin BOROSAN

Universitatea Tehnică a Moldova

Rezumat: În lucrare este evaluată cota optimă de cogenerare pentru acoperirea unei curbe de sarcină termică a consumatorului de tip rezidențial în condițiile Republicii Moldova. La baza determinării cotei optime de cogenerare este selectat criteriul economic cheltuieli totale actualizate minime. Pentru consumatorii cu regimul de consum considerat a fost dezvoltat modelul de calcul și determinate valorile cheltuielilor totale. S-au efectuat calcule pentru două scenarii demonstrează atractivitatea cogenerării numai până la un anumit nivel, care este influențat de diverși factori variabili externi.

Cuvinte cheie: cogenerare de înaltă eficiență, consumator rezidențial, curba de sarcină termică, cota optimă de cogenerare, analiza sensibilității

Introducere

Arderea combustibililor fosili generează emisii de gaze cu efect de seră care stau la baza fenomenului încălzirii globale. Statele membre ale Uniunii Europene, și Republica Moldova în calitate de parte contractantă la Tratatul Comunității Energetice, au obligația să promoveze eficiența energetică ca măsură de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră și combaterea schimbărilor climatice.

Cogenerarea energiei electrice și termice reprezintă o modalitate eficientă de utilizare a resurselor energetice primare și de micșorare a impactului negativ asupra mediului. În cazul Republicii Moldova utilizarea cogenerării pentru producerea energiei contribuie la reducerea dependenței energetice față de furnizorii externi și mărește gradul de securitate energetică a țării. În această lucrare este analizată influența factorilor variabili externi asupra atractivității economice a cogenerării și identificarea cotei optime de cogenerare pentru diferite regimuri de consum caracteristice consumatorilor de tip rezidențial.

Actualitatea promovării cogenerării energiei electrice și termice

În mod generalizat, în activitatea cotidiană consumatorii rezidențiali au nevoie de trei forme de energie pentru satisfacerea necesităților sale: energie electrică pentru aparate electrice; energie termică pentru gătit și încălzire; carburanți pentru transport.

În structura consumului de energie în sectorul rezidențial, ponderea cea mai mare în revine consumului de energie termică 94%, fiind urmat de consumul de energie electrică 4% și carburanți 2% (figura 1).

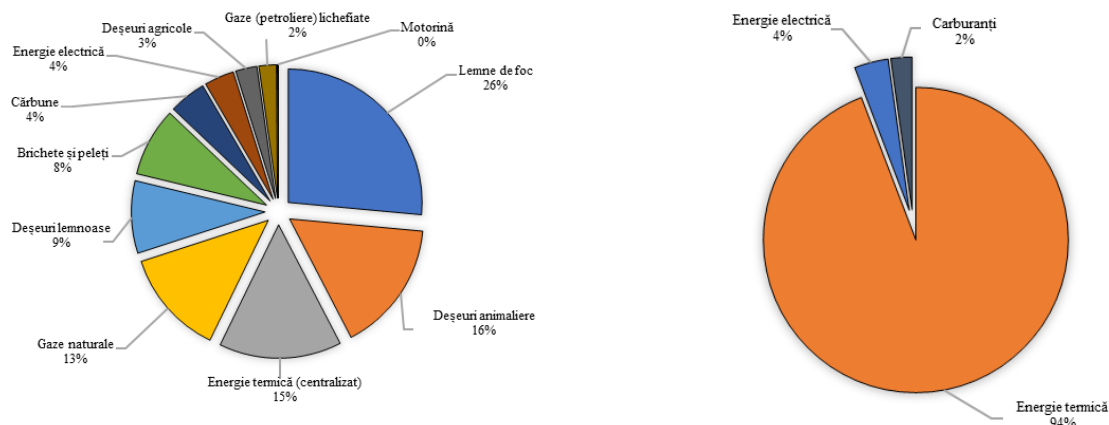


Figura 1. Structura consumului mediu de resurse energetice și energie într-o gospodărie [1]

Tehnologiile moderne de producere separată a energiei termice sunt ușor accesibile din punct de vedere al costurilor investiționale și au atins deja un nivel înalt de maturitate pe piață. Costurile specifice de capital pentru achiziționarea cazanelor de apă fierbinte pe bază de gaze naturale variază în limitele 10÷50

€/kW. Cazanele moderne care funcționează pe bază de combustibil gazos sau lichid pot asigura funcționarea la un randament de 85÷95%.

În conformitate cu Directiva 2012/27/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 25 octombrie 2012 privind eficiența energetică, în statele membre și în țările părți contractante a Comunității Energetice este indicată promovarea tehnologiilor de cogenerare de înaltă eficiență [2]. Se consideră cogenerare de înaltă eficiență producția de energie prin instalații de microcogenerare (< 50 kW_e) și unități de cogenerare de putere mică (< 1 MW_e), care rezultă în economii de energie primară comparativ cu valorile de referință pentru producerea separată de energie electrică și termică (figura 2).

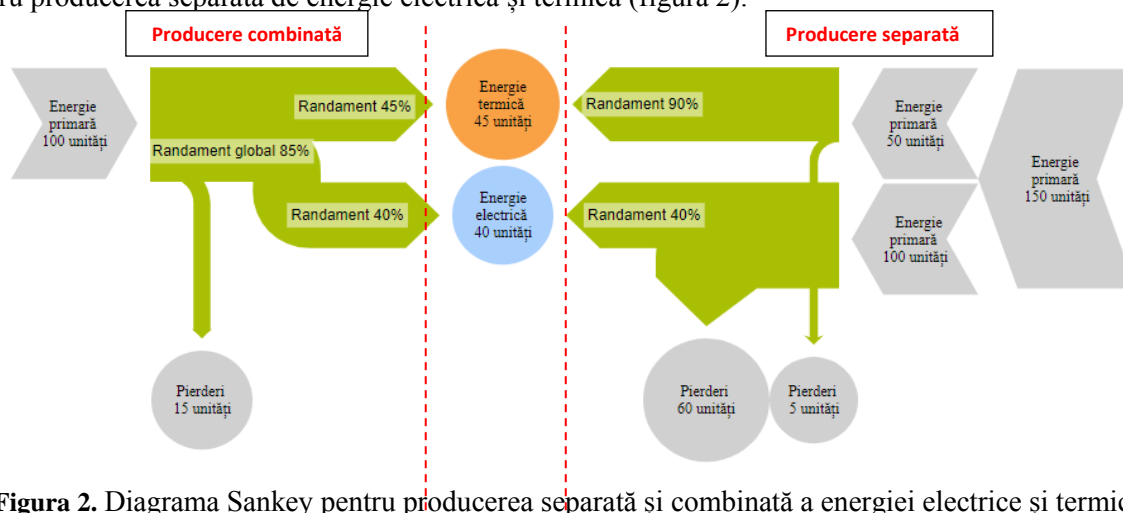


Figura 2. Diagrama Sankey pentru producerea separată și combinată a energiei electrice și termice [3]

Spre deosebire de tehnologiile de producere separată a căldurii, investiția specifică pentru achiziția și punerea în funcțiune a instalațiilor de cogenerare este mai mare comparativ cu instalațiile de cazane și poate avea valori cuprinse între 500÷1500 €/kW în cazul tehnologiei bazată pe motorul cu ardere internă. Randamentul global al instalațiilor de cogenerare moderne variază între 85÷90%.

O caracteristică importantă a tehnologiei de cogenerare este raportul dintre energia electrică produsă către energia termică utilă consumată (W/Q). Valoarea raportului W/Q egală cu „1” are semnificația că la fiecare unitate de energie termică consumată este produsă o unitate de energie electrică. Cogenerarea bazată pe motorul cu ardere internă, în baza turbinei cu gaze și a ciclului combinat gaze-abur poate să asigure acest raport W/Q în jur de „1” sau mai mare. În situația Republicii Moldova, unde energia electrică produsă de centralele electrice proprii constituie doar aproximativ 20% din consum, restul fiind achiziționat din afară, trebuie să fie promovate tehnologiile de cogenerare a căror raport W/Q este mai aproape de valoarea „1” și mai mare.

Tabelul 1. Caracteristici tehnice ale diferitor tehnologii de cogenerare a energiei [4]

Caracteristici	Tehnologii de cogenerare				
	Motor cu ardere internă	Turbină cu gaze	Microturbină (cu gaze)	Pile de combustie	Turbină cu abur
Diapazon putere	10 kW÷10 MW	1 MW÷300 MW	30 kW÷330 kW	5 kW÷2,8 MW	100 kW÷250 MW
Randament electric	30÷42%	24÷36%	25÷29%	38÷42%	5÷7%
Randament global	77÷83%	65÷71%	64÷72%	62÷75%	80%
Raport W/Q	0,6÷1,2	0,6÷1,0	0,5÷0,8	1,3÷1,6	0,07÷0,10

Ușor de observat că tehnologia bazată pe motorul cu ardere internă reprezintă varianta optimă în cazul sistemelor de generare distribuită, având valoarea cea mai mare a randamentului și a raportului W/Q.

Cota optimă de cogenerare în sectorul rezidențial

În procesul de proiectare a surselor de generare și alimentare cu energie termică se impune analiza tehnico-economică a cel puțin două variante de proiect.

În localitățile urbane, de obicei, în calitate de surse de generare a energiei termice sunt proiectate instalații de cogenerare. În acest caz, funcționarea centralelor electrice cu termoficare este ghidată de curba de sarcină termică a consumatorilor rezidențiali.

Pentru acoperirea sarcinilor de vârf, de obicei se utilizează cazane de apă fierbinte, care sunt puse în funcțiune în orele de vârf. În sistemele de alimentare centralizată cu energie termică moderne, pentru acoperirea sarcinii termice în orele de vârf se utilizează energia termică stocată în rezervoare de apă fierbinte (figura 3).

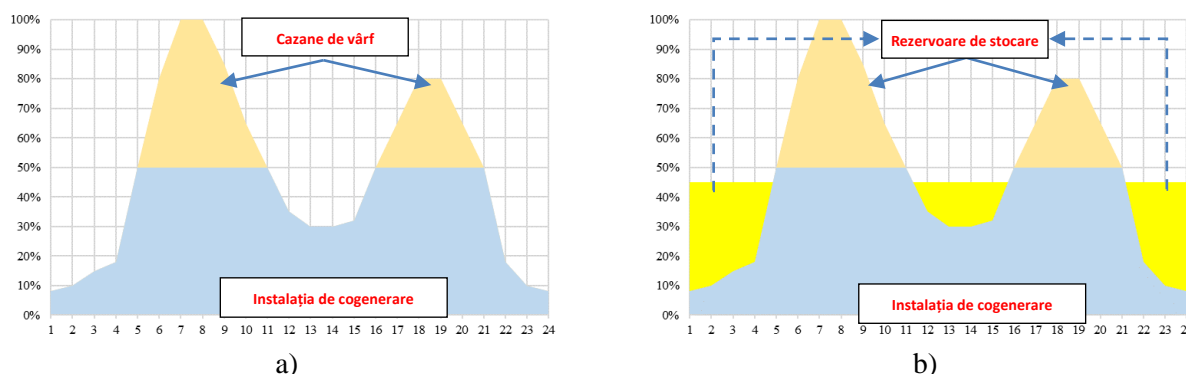


Figura 3. Opțiuni de acoperirea a vârfurilor unei curbe de sarcină: cu cazane (a) și boilere de stocare (b)

Dimensionarea puterii instalației de cogenerare, de obicei, se efectuează având la bază funcționarea instalației la o sarcină termică aproximativ constantă pe o durată cât mai mare de timp pe parcursul anului. O abordare obiectivă de identificare a cotei optime de cogenerare în acoperirea unei curbe de sarcină rezultă din evaluarea tehnico-economică a variantelor de proiect, prin substituirea treptată a factorilor variabili externi aflați în relație cu regimul de consum. Criteriul de identificare a cotei optime de cogenerare este cheltuieli totale actualizate minime (CTA \rightarrow minimum). La calcularea componentei CTA aferentă funcționării instalației de cogenerare trebuie de luat în considerare și venitul obținut de la comercializarea energiei electrice produse. Regimul de consum al consumatorului rezidențial este determinat de cuba de sarcină zilnică și de cea anuală, care este caracterizată prin sarcina termică minimă (q_{min}), maximă și medie. Sarcina medie poate fi exprimată prin durata de utilizare a puterii maxime (T_M).

În lucrare sunt analizate șapte regimuri de consum cărora le corespund anumite valori T_M și q_{min} . Calculele sunt efectuate pentru două scenarii: care conduc către un rezultat conservativ și respectiv optimist.

Tabelul 2. Factorii variabili externi care influențează asupra cotei optime de cogenerare [5]

Parametru variabil	Unitate de măsură	Scenariu	Factori variabili externi							
			$T_M = 800$	$T_M = 1000$	$T_M = 1200$	$T_M = 1400$	$T_M = 1600$	$T_M = 1800$	$T_M = 2000$	$T_M = 2600$
Sarcina termică minimă	%	Conservativ	0	0	0	0	0	0	0	0
		Optimist	7	7	7	7	7	7	7	7
Cost inițial gaze naturale	\$/mie m ³	Conservativ	300	300	300	300	300	300	300	300
		Optimist	275	275	275	275	275	275	275	275
Rată creștere a cost gaze	%/an	Conservativ	5	5	5	5	5	5	5	5
		Optimist	3	3	3	3	3	3	3	3
Rată creștere cheltuieli O&M	%/an	Conservativ	5	5	5	5	5	5	5	5
		Optimist	3	3	3	3	3	3	3	3
Cost energie electrică vândută	c€/kWh	Conservativ	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
		Optimist	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Rată creștere cost electricitate	%/an	Conservativ	3	3	3	3	3	3	3	3
		Optimist	5	5	5	5	5	5	5	5
Cotă optimă de cogenerare	%	Conservativ	4,1	5,3	6,4	7,7	8,9	10,3	11,7	16,2
		Optimist	9,0	11,2	13,5	15,8	18,2	20,7	23,2	31,2

Cheltuielile de operare și mentenanță (O&M) includ costul serviciilor de întreținere (materiale consumabile, piese de schimb, servicii de reparație etc.) și nu cuprind costul combustibilului, care este calculat ca componentă separată. Durata perioadei de studiu pentru care este efectuată modelarea constituie 10 ani, rata

de actualizare a fluxurilor de numerar este de 10%/an. Durata de utilizare a puterii electrice maxime este ghidată de durata de utilizare a sarcinii termice maxime. Valoarea investiției specifice fost considerată pentru instalația de cogenerare egală cu 1000 €/kW, iar pentru centrala termică de 20 €/kW. Cota cheltuielilor de operare și mentenanță a fost considerată 3%/an din investiție pentru cazane și de 4%/an din investiție pentru instalația de cogenerare. În baza calculelor a rezultat că cota optimă de cogenerare este mai mare în scenariile de calcul în care sarcina termică minimă are o valoare mai înaltă ($q_{\min} = 7\%$). Având în vedere incertitudinea cu privire la evoluția unor parametri variabili în timp, rezultatele căutării cotei optime de cogenerare este prezentat sub forma unui interval de valori (figura 4).

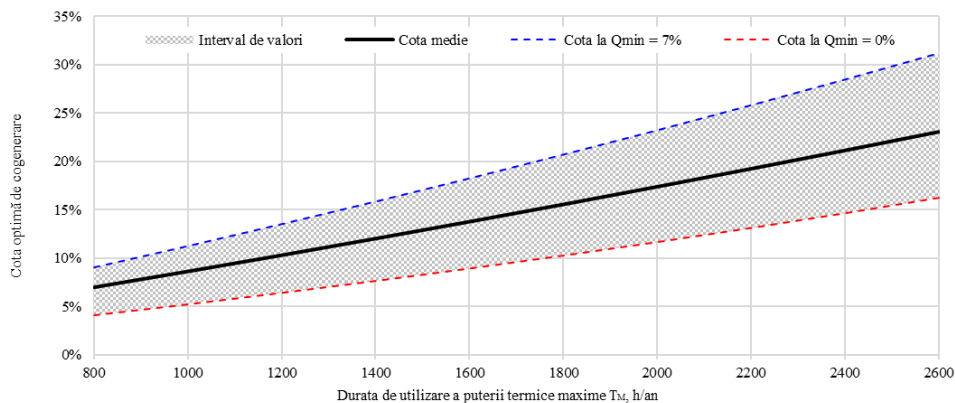


Figura 4. Cota optimă de cogenerare pentru diferite valori a duratei de utilizare a puterii termice maxime

Cota optimă de cogenerare în acoperirea unei curbe de sarcină a unui consumator de tip rezidențial, variază de la circa 7% până la aproximativ 22%. În scenariul de calcul cu durata de utilizare a puterii termice maxime egală cu 800 h/an, cota optimă de cogenerare (valoarea medie), este la nivelul sarcinii termice minime. Majorarea duratei de utilizare a puterii termice maxime conduce către creșterea cotei optime de cogenerare.

Concluzii

Consumatorii de energie termică de tip rezidențial se caracterizează prin valori reduse a duratei de utilizare a sarcinii termice maxime. În contextul politicilor de combatere a schimbărilor climatice, promovarea cogenerării ca măsură de eficiență energetică reprezintă o prioritate a autorităților statului. În condițiile Republicii Moldova merită să fie promovate tehnologiile de cogenerare a căror raport W/Q este aproape de „1” sau mai mare. Fundamentarea cotei optime a cogenerării în acoperirea sarcinii termice maxime urmează a fi realizată în baza criteriului economic CTA → minimum. La calculul CTA aferent instalației de cogenerare urmează a fi deduse veniturile obținute de la comercializarea energiei electrice produse.

Cota optimă de cogenerare depinde de mai mulți factori variabili externi, inclusiv: sarcina termică minimă, costul combustibilului, ratele de creștere a cheltuielilor anuale, durata de utilizare a puterii termice maxime și prețul de achiziție a energiei electrice. Prețul de achiziție a energiei electrice produse de instalația de cogenerare are o influență puternică asupra cotei optime de cogenerare.

Bibliografie

1. *Consumul de energie în gospodăriile casnice*, Nov. 2016, Biroul Național de Statistică, Chișinău;
2. Directiva 2012/27/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 25.10.2012 privind eficiența energetică;
3. Sankey Flow Show, Sankey Diagram Web App, <https://www.sankeyflowshow.com/>;
4. *Overview of CHP Technologies*, CHP Technology Fact Sheet Series, Dec. 2016, US Department of Energy;
5. Valentin ARION, Călin NEGURA. *Îmbunătățirea modelului curbei clasate a sarcinii termice*. Forumul Regional al Energiei pentru Europa Centrală și de Est, 10-14 iunie 2018, Costinești, România.