

# ÎNCERCĂRI DE ANDURANȚĂ ALE GRUPULUI COGENERATIV DE LA CET BOTOȘANI

M.C. MILER\*, G.G. URSESCU\*\*, D. URSESCU\*\*\*, V. ZUBCU\*\*\*

\*SDFEE Botoșani, \*\*INCOT COMOTI București (Filiala Iași), \*\*\* UNIVERSITATEA TEHNICA „Gh. Asachi” Iași

**Abstract.** The first Romanian cogeneration unit based on recovered components - an available GTE 2000 turbogenerator and an existing CAF 6 hot water boiler - is operating at CET Botoșani since 2001. The paper presents the results of the thermoenergetical tests on this cogeneration unit (72 hours and 720 hours endurance tests).

**Cuvinte cheie:** cogenerare, componente recuperate, încercări de anduranță

## 1. INTRODUCERE

Avantajele cogenerării – eficiență mărită și poluare redusă – sunt unanim recunoscute, iar utilizarea instalațiilor cogenerative se extinde continuu. Pentru România, aflată în tranziție spre economia de piață și având resurse financiare limitate, sunt interesante în această perioadă instalațiile cogenerative cu componente recuperate / disponibile / realizabile în țară. În acest sens, un exemplu elocvent îl constituie *grupul cogenerativ* (GC) de la CET Botoșani, realizat dintr-un turbogenerator GTE 2000 (disponibil în țară) și un cazan de apă fierbinte CAF 6 (existent la CET Botoșani).

Schema termică a CET Botoșani cuprinde cazane de apă fierbinte (pentru consumul casnic și industrial al municipiului), cazane de abur tehnologic (pentru zona industrială a municipiului) și cazane de abur energetic (pentru turbogeneratorul de 2,5 MW, care asigură o parte din consumul propriu al CET). Punerea în funcțiune a GC, în martie 2001, permite funcționarea independentă a CET Botoșani față de SEN.

Rezultatele probelor efectuate asupra acestui GC au condus la demararea lucrărilor pentru realizarea unui al doilea GC, similar primului, având în componență cel de al doilea CAF 6 existent la CET Botoșani; construcția GC 2 este actualmente practic finalizată.

## 2. GRUPUL COGENERATIV

Grupul cogenerativ GC 1 de la CET Botoșani (fig. 1 și 2) este alcătuit dintr-un grup de putere GTE 2000 și un cazan de apă fierbinte CAF 6.

GTE 2000 are la bază un turbomotor cu gaze (TG) derivat din turbopropulsorul de aviație AI-20. S-au modificat: sistemul de ardere (trecerea la gaze naturale), sistemul de reglare și control și reductorul de turăție. GTE este destinat alimentării cu energie electrică a consumatorilor industriali și casnici; el poate fi utilizat atât la baza curbei de sarcină, cât și pentru acoperirea vârfurilor de sarcină sau ca rezervă.

Turbogeneratorul, împreună cu modulul de supraveghere și comandă pentru întregul ansamblu, sunt amplasate într-o construcție metalică fonoabsorbantă, protejată la intemperii, instalată pe un șasiu autotractabil.

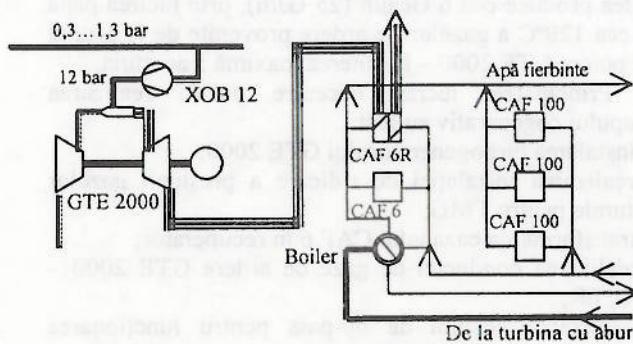


Fig. 1. Încadrarea GC în schema termică a CET.

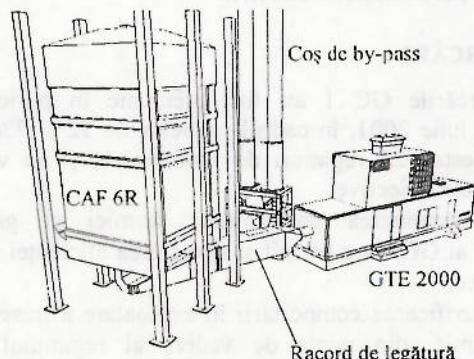


Fig. 2. Vedere generală a GC.

Instalația de ridicare a presiunii gazelor naturale cuprinde: compresor XOB 12 (două trepte de compresare;  $1450 \text{ m}^3/\text{h}$ ; 0,3/14 bar), motor electric de antrenare (160 kW), anexe.

Principalele caracteristici tehnice ale grupului de putere GTE 2000 sunt:

- puterea electrică: 2 MW (maxim 2,3 MW - 60 min); 6,3 kV; 1000 rot/min;
- consumul de combustibil - gaze naturale ( $35600 \text{ kJ/m}^3$ ):  $0,305 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- debitul de gaze de ardere evacuate din turbomotor:  $20,5 \text{ kg/s}$ ;
- temperatura gazelor de ardere la ieșirea din turbomotor:  $470^\circ\text{C}$ .

CAF 6 este un cazan de apă fierbinte, cu gaze naturale, vertical, alcătuit din focar și un canal convectiv

(situat deasupra focarului), în care sunt amplasate 3 pachete de serpentine.

Toți pereții focarului și canalului convectiv sunt ecrani. Focarul este echipat cu 8 arzătoare, amplasate câte 4, pe două rânduri, pe pereții frontal și spate, față în față.

Principalele caracteristici ale CAF 6 sunt: debitul de căldură – 25 Gcal/h (105 GJ/h) (min 10); debitul de apă – 312 t/h (min 80); ecartul de temperaturi al apei – 70/150°C; temperatura de ieșire a gazelor de ardere – 115°C; consumul de combustibil – 3500 m<sup>3</sup>/h.

Pentru utilizarea ca recuperator, CAF 6 a fost modificat, devenind CAF 6R: au fost demontate arzătoarele și, sub focar, a fost montat un racord de intrare a gazelor provenite de la GTE 2000.

În urma calculului preliminar efectuat s-a estimat că, după transformarea în cazan recuperator, CAF 6R ar putea produce cca 6 Gcal/h (25 GJ/h), prin răcirea până la cca 120°C a gazelor de ardere provenite de la grupul de putere GTE 2000 – la puterea maximă a acestuia.

Principalele lucrări necesare pentru realizarea grupului cogenerativ au fost:

- instalarea turbogeneratorului GTE 2000;
- realizarea instalației de ridicare a presiunii gazelor naturale pentru TMG;
- transformarea cazanului CAF 6 în recuperator;
- realizarea conductei de gaze de ardere GTE 2000 – CAF 6R;
- realizarea coșului de by-pass pentru funcționarea independentă a GTE 2000;
- realizarea instalației de urmărire, supraveghere și control a parametrilor instalației.

### 3. ÎNCERCĂRI

Încercările GC 1 au fost efectuate în perioada martie – iulie 2001, în cadrul probelor de 72 și 720 h, pentru peste 120 regimuri de funcționare, și au vizat următoarele obiective:

a - determinarea parametrilor termici și gazodinamici ai GC, care permit și aprecierea eficienței sale economice;

b - verificarea comportării în exploatare a traseului gazodinamic, din punct de vedere al regimului de presiuni (mai ales în focarul cazanului);

c - verificarea procedeelor de calcul termic și gazodinamic utilizate la proiectarea GC;

d - verificarea comportării în exploatare a GC – verificarea fiabilității componentelor.

Autorii prezentei lucrări au fost direct implicați în îndeplinirea obiectivelor a, b, c.

Au fost efectuate determinări pentru parametrii ce definesc regimurile de funcționare: puterea electrică a GTE ( $P_E$ ); sarcina termică a CAF 6R ( $Q_u$ ); debitul de apă al CAF 6R ( $D_a$ ); presiunea gazelor de ardere ( $p_i$ ) pe conductă (de lungime  $L$ ) dintre GTE și CAF 6R; suprapresiunea gazelor de ardere ( $\Delta p_F$ ) în focarul cazanului CAF 6R; temperatura gazelor de ardere la ieșirea din GTE ( $t_E$ ); temperatura gazelor de ardere la ieșirea din CAF 6R (din GC) ( $t_C$ ); temperatura aerului atmosferic ( $t_H$ ); randamentul termic al TG ( $\eta_{TG}$ ); randamentul global al GC ( $\eta_{GC}$ ); indicele de cogenerare al GC ( $Y = P_E/Q_u$ ).

Au fost stabilite următoarele interdependențe între acești parametri:

$$\bullet Q_u = f(t_H, P_E, D_a); \quad (1)$$

$$\bullet p_i = f(L, P_E); \quad \Delta p_F = f(Q_u, P_E, t_H); \quad (2)$$

$$\eta_{TG} = f(Y, P_E); \quad \eta_{GC} = f(Y, P_E); \quad (3)$$

$$\eta_{TG} = f(Y, t_H); \quad \eta_{GC} = f(Y, t_H); \quad (4)$$

$$\eta_{TG} = f(t_H, Y); \quad \eta_{GC} = f(t_H, Y); \quad (5)$$

$$\eta_{GC} = f(Q_u, P_E); \quad (6)$$

$$\bullet Y = f(t_H, P_E, D_a); \quad (7)$$

$$\bullet t_C = f(Q_u, P_E). \quad (8)$$

În fig. 3 se prezintă trei grafice de bază:  $\eta_{GC} = f(Q_u, P_E)$ ,  $t_C = f(Q_u, P_E)$  și  $\Delta p_F = f(Q_u, P_E)$ .

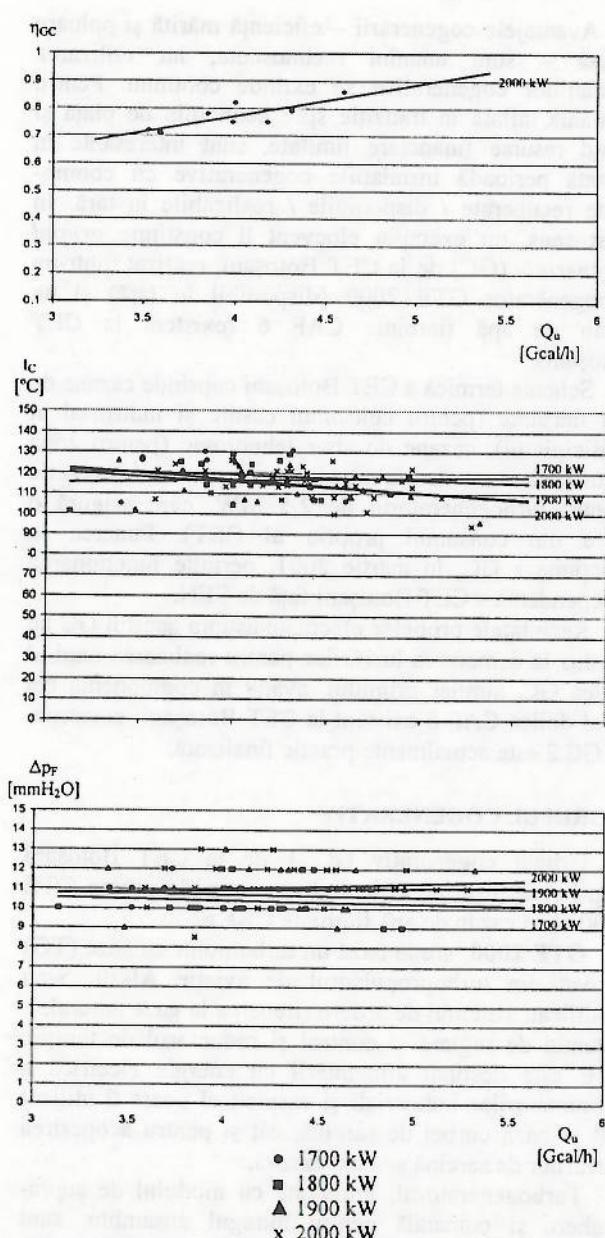


Fig. 3. Reprezentarea grafică a incercărilor de anduranță analizate.

Interdependența  $t_C = f(Q_u, P_E)$  indică funcționarea corectă a GC. Astfel, în condițiile funcționării normale a GTE (cu temperatura de ieșire a gazelor de ardere din GTE practic constantă), temperatura de ieșire a gazelor de ardere din CAF scade la creșterea  $Q_u$ . Prin urmare, suprafața de schimb de căldură a CAF 6R (dată) „își face datoria”, reducând temperatura gazelor de ardere, iar sarcinile termice realizate se încadrează, așa cum s-a estimat, în limitele posibilităților (dimensiunii) suprafeței de schimb de căldură date.

**Obs.** Limitarea  $Q_u$  ce poate fi transmisă de suprafața de schimb de căldură a CAF 6R ar putea fi evidențiată doar la creșterea temperaturii gazelor de ardere  $t_E$  – de ieșire din GTE. Astfel, la creșterea  $t_E$  va crește și  $t_C$ , concomitent cu creșterea lentă a  $Q_u$  până la cca 6 Gcal/h (25 GJ/h).

Interdependența  $\eta_{GC} = f(Q_u, P_E)$  arată că, așa cum s-a estimat, deoarece creșterea  $Q_u$  conduce la scădereea  $t_C$ , ea are ca rezultat și creșterea randamentului global al GC (dacă randamentul termic al GTE variază nesemnificativ – condiție verificată experimental). Rezultă că  $\eta_{GC}$  maxim ce poate fi atins este limitat de suprafața de schimb de căldură a CAF.

Interdependența  $\Delta p_F = f(Q_u, P_E)$  permite următoarele aprecieri:

- focarul a funcționat întotdeauna la suprapresiune, care a variat în limite restrânse, între 6 și 13 mm H<sub>2</sub>O; linia mediană a valorilor înregistrate este practic paralelă cu abscisa;

- nu s-au înregistrat surgeri de gaze de ardere către mediul exterior - așa cum s-a estimat, peretii focarului au rezistat la suprapresiunea gazelor de ardere.

#### 4. CONCLUZII

Încercările efectuate în timpul probelor de anduranță asupra grupului cogenerativ nr.1 de la CET Botoșani au permis înregistrarea datelor experimentale

necesare la trasarea interdependentelor dintre principalii parametri de funcționare ai grupului.

Analiza acestor interdependențe conduce la următoarele concluzii:

- Componentele GC – grupul de putere GTE 2000 și cazonul de apă fierbinte CAF 6 (transformat în recuperator) – sunt compatibile. Așa cum s-a estimat prin calculele de verificare prealabile, CAF 6R poate „prelucra” fluxul de căldură evacuat cu gazele de ardere din GTE, încălzind apă din returul rețelei de termoficare a municipiului Botoșani.

- Randamentul global al GC a variat între 71 și 85 %, în funcție de sarcina termică, care a variat între 3,5 și 5,3 Gcal/h (12,5–22,2 GJ/h); probele de anduranță au confirmat calculele prealabile: randamentul global crește la creșterea sarcinii termice (datorită faptului că această creștere a  $Q_u$  are ca efect micșorarea corespunzătoare a temperaturii gazelor de ardere la ieșirea din GC).

- Focarul și canalele de gaze de ardere ale CAF s-au comportat normal la funcționarea cu ușoara suprapresiune a gazelor de ardere provenite de la GTE, confirmând estimările prealabile.

- Comportarea în exploatare a primului GC a justificat și impulsivat realizarea celui de al doilea GC, lucrările fiind actualmente practic finalizate.

#### BIBLIOGRAFIE

- [1] \*\*\* Cartea tehnică a grupului de putere GTE 2000.
- [2] \*\*\* Cartea tehnică a cazonului de apă fierbinte CAF 6.
- [3] CÂRLĂNESCU Cr., MANEA I., URSESCU D. *Turbine de aviație. Aplicații industriale*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1997. 284 p. ISBN-30-5573-5.

#### Noi volume din seria „Dicționar explicativ pentru științele exacte”

