

# Kogeneračné jednotky

*M. Horák: Cogeneration Units. Život. Prostr., Vol. 30, No. 2, 83–87, 1996.*

Cogeneration units are equipments for a combined production of thermal and electrical energy. Cogeneration of electrical energy and heat enables an optimum output of energetical content of the primary fuel. A cogeneration unit is a "friendly technology to the environment" because it enables a significant reduction in fuel consumption and it produces less emission than appears at the separate production of heat and electrical energy. Although they are more expensive (in comparison with e. g. gas boilers), after their paying up they can be also economically interesting. In choice and projecting more conditions and parameters have to be taken into consideration and one should make a selection also on the basis of technico-economic evaluation of several cogeneration units from different producers.

Názvom kogeneračné jednotky označujeme zariadenie na kombinovanú výrobu tepla a elektrickej energie, poháňané väčšinou piestovými spaľovacími motormi do výkonu 1,5 MW alebo spaľovacími turbínami pre výkony nad 0,5 MW. Vo vyspelých krajinách sa v oblasti malej decentralizovanej energetiky zvyšuje záujem o plynové motory, a to nielen z ekonomických, ale aj z environmentálnych dôvodov. Doteraz najväčšie uplatnenie našli kogeneračné jednotky (KGJ) v škandinávskych krajinách a v Holandsku. Konkrétne vo Fínsku predstavuje ich inštalovaný výkon až 50 % celkového inštalovaného elektrického výkonu, v Holandsku 30 %. Na Slovensku sme v tomto smere ešte len v začiatkoch: jedna KGJ firmy ZETEC je inštalovaná v Dolnom Kubíne, niekoľko menších jednotiek MT-22 od firmy Tedom Třebíč je inštalovaných v škôlkach a dve KGJ od firmy Gaspower sú inštalované v nemocnici vo Veľkom Krtíši. Projektov je už podstatne viac.

## Prínosy kogenerácie

Kogenerácia elektrickej energie a tepla je jednou z najdôležitejších technológií na racionálne využitie energie, pretože umožňuje optimálny výťažok energetického obsahu paliva.

Možno ju považovať za energetický systém, ktorý je "priateľský k životnému prostrediu" z dvoch hľadísk:

- umožňuje značné zníženie spotreby paliva,
- produkuje menšie množstvo emisií.

Kogeneračné systémy sú výhodné najmä v tých odvetviach, kde sa vyžaduje elektrická energia a veľké množstvo procesného tepla zároveň, napr. v chemickom, oceliarskom, papierenskom a potravinárskom priemysle. Energetická výhoda kogenerácie sa meria dosiahnutými úsporami energií v porovnaní s oddelenou výrobou oboch foriem energie. Elektrická energia sa obyčajne dodáva spotrebiteľovi z elektrárne, ktorá vyrába len takúto formu energie, kým tepelná energia s nízkou teplotou sa vyrába lokálne, v konvenčných kotloch. Porovnávanie účinnosti a straty oddelenej a kogeneračnej výroby elektriny a tepla vidno na obr. 1.

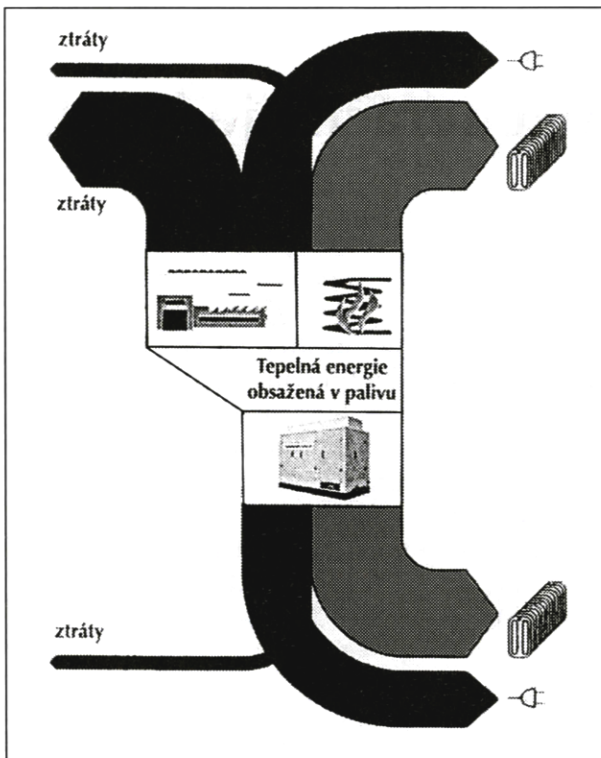
## Technológie kogenerácie

Kogeneračné cykly možno rozdeliť do štyroch základných skupín:

- *cykly s parnými turbínami* (Rankinov cyklus),
- *cykly s plynovými turbínami* (Braytonov cyklus) – obr. 2,
- *cykly s endotermickými strojmi* (Dieselov alebo Ottov cyklus – obr. 3),
- *kombinovaný cyklus*.

Kogeneračná jednotka je zariadenie, ktorého hlavnú časť tvorí spaľovací motor, resp. turbína spojená so synchronným, resp. asynchronným generátorom vyrábajúcim elektrický prúd. Tento celok je pružne uložený na ráme a spolu so sústavou výmenníkov tepla "spaliny-

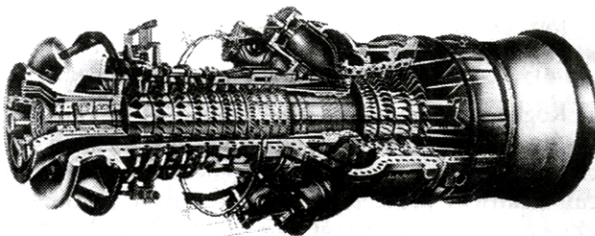




1. Porovnanie účinnosti oddelenej a kogeneračnej výroby elektriny a tepla

voda", "olej-voda" a "voda-voda" umožňuje komplexne využiť odpadové teplo motora. Elektrický rozvádzač okrem bežných funkcií zabezpečuje automatické fázo- vanie na sieť, reguláciu a automatizáciu dôležitých pa- rametrov. Prevádzka KGJ je buď paralelná so sieťou, alebo môže pracovať ako sólo prevádzka, prípadne ako ná- hradný zdroj elektrickej energie.

## 2. Plynová turbína GT M7



V KGJ sa zo 100 % energie obsiahnutej v palive zužit- kuje 30–35 % na elektrinu a 50–55 % na teplo. Ako pri- márne palivo sa môže použiť zemný plyn, bioplyn, svietiplyn, propán-bután, drevoplyn atď. Využitie KGJ je široké: v priemyselných a poľnohospodárskych pod- nikoch, pekárnach, čistiarňach, na bitúnkoch, v pivova- roch, hoteloch, obchodných domoch, nemocniciach, bankách, rodinných domoch i v školách. Konkurujú tu plynovým kotlom. Investične sú síce náročnejšie, ale návratnosť investícií je 3–5 rokov, životnosť minimálne 10 rokov, čiže 5–7 rokov produkujú zisk, a nie malý.

Na Slovensku je výrobcom kogeneračných jednotiek ZETEC Martin. Vyrábajú sa do 100 kW so slovenskými motormi a nad 100 kW sa používajú zahraničné motory. V ČR vyrába KGJ TEDOM Třebíč, ČKD Hořovice, a. s., ČKD Hradec Králové, a. s., Škoda Diesel a iní. Technické parametre KGJ slovenského výrobcu ZETEC, niekto- rých českých a nemeckých firiem (Gaspower a Jenbacher) uvádza tab. 1.

## Investičné a prevádzkové náklady, servis a údržba kogeračných jednotiek

Približnú predstavu o prevádzkových nákladoch, vzhľadom na elektrický a tepelný výkon KGJ, si možno urobiť na príklade konkrétneho zariadenia. Servisné náklady samozrejme závisia od prevádzky a kvality ser- visu. Náklady na servis motora s výkonom 300 kW, ktorý urobí kvalifikovaná firma, sú 0,20 Sk na 1 kWh. Náklady na prevádzkovú spotrebu a výmenu olejových náplní predstavujú ďalších asi 0,075 Sk na 1 kWh. Pri väčších motoroch náklady klesajú. Generálne opravy (GO) sa robia po 20 000, resp. 40 000 hodinách. Životnosť jednotky je až 100 000 hodín a náklady na GO sú 30 % ceny novej jednotky. Cenové relácie kogeneračných jednotiek závisia od elektrického výkonu a životnosti a pohybujú sa od 14 000 do 42 000 Sk na 1 kW. Z hľadiska životnosti sú výhodnejšie KGJ s originálnymi plyno- vými motormi ako s komerčne vyrábanými motormi na spaľovanie benzínu, resp. nafty, a potom dodatočne upravovanými na spaľovanie plynu.

Hlavným problémom v lete je využiť teplo z pre- vádzky kogeneračnej jednotky. V letnom období sa ok- rem prípravy teplej úžitkovej vody komplexne využije teplo až v systéme so sorpčnými chladiacimi jednotkami na výrobu chladu.

Sorpčné chladiace systémy poznáme adsorpčné "sili- kagél-voda" a absorpčné "lithiumbromid-voda". Chla- diace jednotky pracujúce na princípe absorpcie "lithiumbromid-voda" vyrábajú firmy Carrier, YORK International a TRANE. Vyrábajú sa na výkon od nie- koľko desiatok kW až po 6000 kW.

Takéto systémy kombinovanej výroby elektriny, tepla

Tab. 1. Parametre kogeneračných jednotiek dostupných na slovenskom trhu

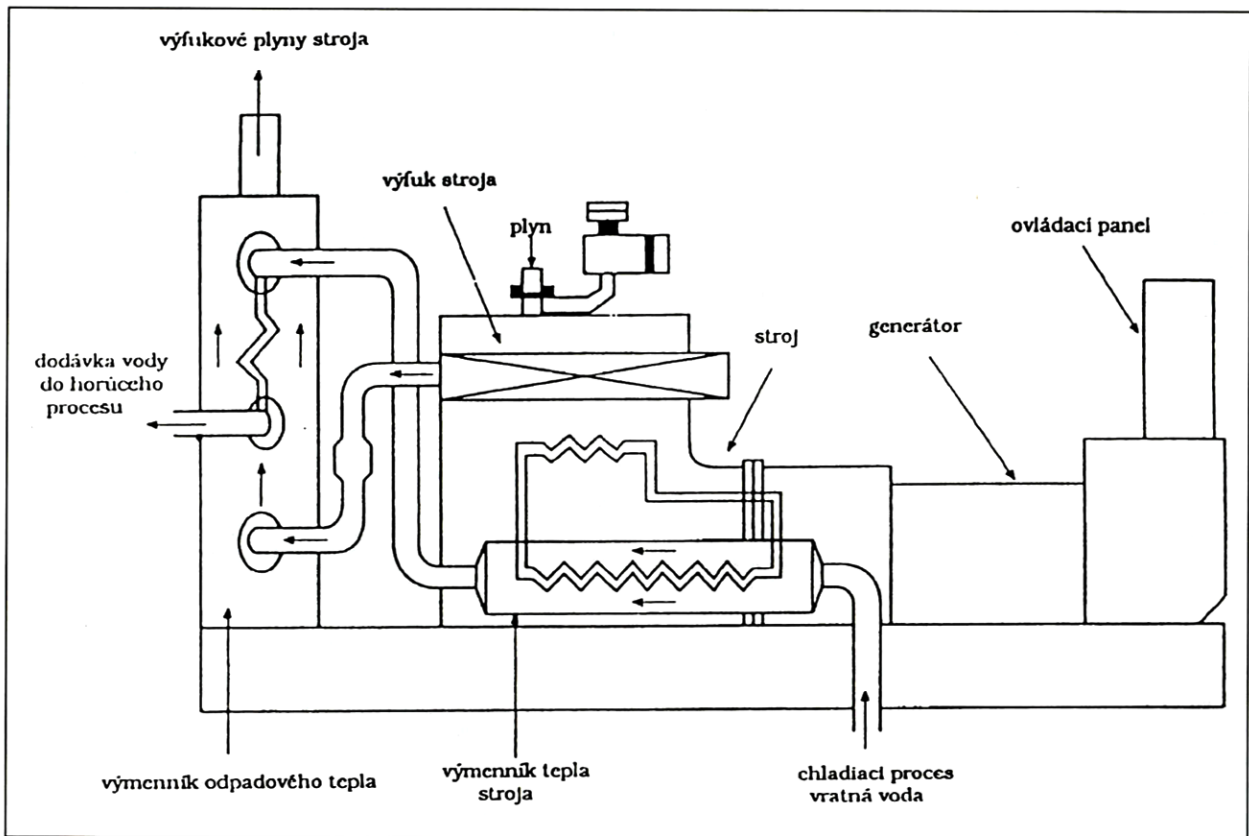
Typ	P [kW <sub>e</sub> ]	Q̇ [kW <sub>t</sub> ]	Q̇ <sub>pal</sub> [kW]	σ [%]	β <sub>P</sub> [%]	β <sub>Q</sub> [%]	η <sub>tc</sub> [%]	Spotr. paliva ṁ <sub>pal</sub> [Nm <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]
TEDOM								
MT 22	22	43	81,2	0,512	27,0	53,0	80,0	8,6
MT 45	45	68	137,0	0,6617	32,9	49,7	82,6	14,5
MT 55	55	83	167,4	0,6626	32,9	49,6	82,5	17,8
MT 71	71	118	218,0	0,602	30,7	54,1	84,8	23,1
MT 83	83	142	260,7	0,5845	31,8	54,5	86,3	27,6
MT 140	142	210	414,0	0,676	34,0	51,0	85,0	44,0
MT 200	200	310	588,0	-	34,0	51,0	85,0	65,0
ZETEC								
4N 245 GK	26	44	86,95	0,59	29,9	50,6	80,5	9,3
4P 315 GK	31	52	100,0	0,596	31,0	52,0	83,0	10,7
6N 445 GK	46	77	150,5	0,597	30,5	52,0	82,5	16,1
6P 485 GK	52	89	167,36	0,584	31,0	53,2	84,2	17,9
6P 585 GK	58	100	177,65	0,58	32,6	56,3	88,9	19,0
ČKD								
6-27,5 A2 G	388	670	1275,3	0,579	30,4	52,5	82,96	134,4
6-27,5 B8 G	1000	1680	3224,6	0,595	31,0	52,1	83,1	339,83
Gaspower	-	-	-	-	-	-	90,25	-
GP 12,5	12,5	30/25	47,09	0,42/0,5	26,54	63,70	79,63	5,2
GP 20,0	20	50/40	77,87	0,40/0,5	25,68	64,20	89,89	8,6
-	-	-	-	-	-	-	77,05	-
GP30,0	30	65/60	105,04	0,46/0,5	28,57	61,88	90,93	11,6
-	-	-	-	-	-	-	85,68	-
GP 45,0	45	79	136,74	0,57	32,91	57,77	90,68	15,1
GP 65,0	65	119	204,65	0,55	31,76	58,14	89,90	22,6
GP 100	100	164	308,79	0,61	32,38	53,11	85,49	34,1
GP 132,0	132	211	404,78	0,63	32,61	52,12	84,73	44,7
GP 141T	141	229	430,14	0,62	32,78	53,24	86,01	47,5
MAN								
E28 66 EM	72	136	248	-	29,0	54,9	83,9	-
E28 42 EM	137	252	442	-	31,0	57,0	88,0	-
E60 38 LE	404	676	1200	-	33,7	56,3	90,0	-
JENBACHER								
JMS 216 G-NC	308	527	919	-	33,5	57,4	91,0	-
JMS 316 G-NCL	361	618	1078	-	33,5	57,3	90,8	-
JMS 316 GS-NLC	544	772	1490	0,7	36,6	51,6	88,2	-
JMS 616 GS-NLC	1293	1791	3531	-	36,6	50,7	87,3	-

Spotrebu paliva udáva firma GASPOWER v prepočte na zemný plyn s výhrevnosťou 32,6 MJ.Nm<sup>-3</sup>, ostatné firmy v prepočte na zemný plyn s výhrevnosťou 33,5 MJ.Nm<sup>-3</sup>

P – elektrický výkon KGJ  
 Q̇ – tepelný výkon KGJ  
 Q̇<sub>pal</sub> – primárna energia paliva

σ – teplotný modul  
 β<sub>P</sub> – elektrická účinnosť

β<sub>Q</sub> – tepelná účinnosť  
 η<sub>tc</sub> – celková účinnosť využitia zdroja



### 3. Hlavné zložky kogeneračnej jednotky

a chladu sa už vo svete osvedčili, napr. v bankách, hoteloch a obchodných domoch. V zime sa teplo z KGJ využíva na vykurovanie a v lete absorpčná chladiaca jednotka (odoberajúca teplo z KGJ) zásobuje klimatizáciu chladnou vodou. Chladiaci COP (coefficient of performance – výkonové číslo) absorpčnej chladiacej jednotky býva 0,6–0,7.

#### Výber kogeneračnej jednotky

Aby sa mohla kogeneračná jednotka využívať čo najdlhší čas, inštaluje sa iba na 50–60 % maximálneho tepelného výkonu, na zvyšok sa používa špičkový kotol. Prevádzka špičkového kotla počas vykurovacej sezóny predstavuje však len asi 6 % celkovej prevádzkovej doby. Môže sa realizovať i kaskádové zapojenie dvoch i viacerých KGJ s rovnakým alebo rozdielnym tepelným výkonom.

Podmienky a parametre, ktoré treba pri výbere naj-

vhodnejšieho energetického zariadenia a jeho projektovania zväziť:

- potreba tepla a elektrickej energie,
- teplota tepelnej energie požadovanej užívateľom,
- diagramy zaťaženia (elektrické i tepelné) denné, mesačné a ročné, z ktorých možno odvodiť faktor súbežnosti zaťaženia zariadenia požadovaný užívateľom,
- dostupnosť a náklady na palivo (cena plynu),
- vzdialenosť spotrebiteľa tepla od KGJ,
- zákony a predpisy o možnosti napojenia na verejnú sieť.

Pre ekonomickú efektívnosť KGJ je rozhodujúca vyjasnenosť vzťahov so závozom na rozvod elektrického prúdu, predajná cena a podmienky odberu elektrického prúdu do siete. Rozhodujúcim ukazovateľom vhodnosti KGJ je ekonomická efektívnosť, ktorú najlepšie vidno z peňažných hotovostných tokov (jednoduchých, resp. diskontných) počas predpokladanej životnosti, ktoré ukážu dobu návratnosti i prepokladané zisky po splatení investícií. Pri výbere KGJ môže nastať i taká situácia, že diskontný peňažný tok nedosiahne bod obratu počas



doby životnosti, to znamená, že takáto KGJ nie je pre daný prípad vhodná, počas životnosti by sa ani nesplátila.

### Environmentálne aspekty

Legislatíva SR prevzala hodnoty emisných limitov škodlivín pre spaľovacie motory (Ottove i Dieselove) kogeneračných jednotiek z TA-Luft (SRN). Výrobcovia kogeneračných jednotiek však montujú už do motorov trojcestné katalyzátory, a tým s veľkou rezervou spĺňajú naše i zahraničné emisné limity sledovaných škodlivín ( $\text{NO}_x$ , CO a  $\text{C}_x\text{H}_y$ ).

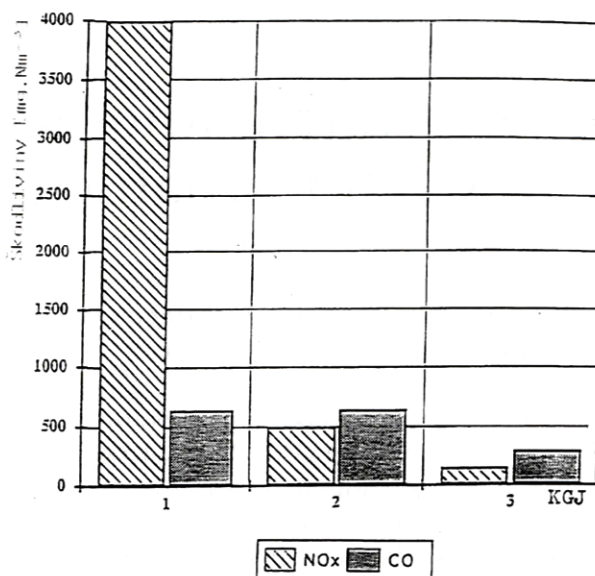
Pri použití riadeného i neriadeneho katalyzátora emisie niekoľkokrát poklesnú (obr. 4). Kvôli zníženiu hlučnosti sú KGJ zakapotované a odhlučnené. Štandardne dosahujú hlučnosť 65–70 dB(A), no môžu ju na žiadosť zákazníka znížiť i na 50 dB(A).

\*\*\*

- Kogeneračné jednotky sú investične náročnejšie, ale energeticky úspornejšie zariadenia ako plynové kotly. Výhodnejšie vykonávajú konverziu primárnej energie na elektrickú a teplo a po dobe splatenia dokážu produkovať zisk.
- Pri navrhovaní KGJ pre existujúce objekty je výhodné vykonať energetický audit objektov, pri nových projektoch treba stanoviť mesačné i denné priebehy spotreby tepla a elektrickej energie.
- Výber KGJ pre zásobovanie objektu teplom a elektrickou energiou, resp. s možnosťou predaja elektrického prúdu do verejnej siete, alebo s možnosťou predaja tepla, treba robiť na základe technicko-ekonomického vyhodnotenia KGJ od viacerých výrobcov.
- Z hľadiska životného prostredia sú "šetrnejšie", lebo produkujú menej emisií ako oddelená výroba elektrickej energie a tepla.

### Literatúra

- Antal, Š., Pastor, L., Horák, M., Horník, Š., Petráš, D., 1995: Využitie kombinovanej výroby elektriny a tepla vo vybraných objektoch SPP. Výskumná správa STU, Bratislava, p. 167.
- Horák, M., Antal, Š., Pastor, L., 1994: Technicko-ekonomické posúdenie zefektívnenia teplárenských zariadení pri kombinovanej výrobe elektrickej energie, tepla a chladu. Výskumná správa STU, Bratislava, p. 80.
- Lacina, V., 1994: Plynové motory v otopných sústavách. Topenárství, 1, p. 54-55.
- Malý, S., Kabát, V., 1994: Využitie bioplynu v kogeneračných jednotkách. TZB, 4, p. 36-37.



4. Emisie škodlivín kogeneračných jednotiek s plynovým motorom: 1. bez katalyzátora, 2. s katalyzátorom neregulovateľným, 3. s katalyzátorom regulovateľným

Kogeneračné jednotky v budúcnosti nahradia mnohé podobné teplárne

