

Kazimierz GATNAR*

Trójkogeneracja — wytwarzanie ciepła, zimna i energii elektrycznej w oparciu o metan z odmetanowania kopalń JSW S.A.

STRESZCZENIE. W artykule przedstawiono zasoby metanu pokładów węgla w obszarze górniczym JSW S.A. tak kopalń czynnych, jak zlikwidowanych. Przedstawiono wykorzystanie metanu w instalacjach energetycznych Elektrociepłowni zgrupowanych w Spółce Energetycznej Jastrzębie S.A., a także instalacjach nowozrealizowanych na bazie silników gazowych do skojarzonego wytwarzania ciepła, chłodu i energii elektrycznej w EC Suszec i EC Krupiński. Dokonano prezentacji skojarzonego układu energetycznego pracującego w kopalni Krupiński i trójkogeneracyjnego układu pracującego w układzie centralnej klimatyzacji kopalni Pniówek opisując rozwiązania techniczne tych instalacji i podając parametry techniczne. Przedstawiono sposób wkomponowania jednostek produkujących w dwu- i trójkogeneracji ciepło, zimno i energię elektryczną, w układy elektroenergetyczne i cieplne kopalń oraz stopień pokrycia potrzeb kopalń, energią z tych źródeł. Dokonano oceny wpływu zakupu energii z dwu- i trójkogeneracji na obniżenie ogólnego kosztu zakupu energii elektrycznej przez kopalnię, oraz przedstawiono dane liczbowe za lata 2001–2004. W oparciu o dotychczasowe doświadczenia w zakresie realizacji skojarzonych układów energetycznych na bazie silników gazowych przedstawiono plany na lata 2005–2006. W podsumowaniu omówiono rolę produkcji z dwu- i trójkogeneracyjnych układów energetycznych w zaopatrzeniu kopalń w energię, a także dalsze możliwości rozwoju energetyki na bazie silników gazowych w oparciu o metan z odmetanowania kopalń JSW S.A.

SŁOWA KLUCZOWE: metan, silniki gazowe, trójkogeneracja, lokalny rynek energii

* Mgr inż. — Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., Jastrzębie Zdrój.

Recenzent: dr inż. Urszula LORENZ

Ogólne informacje o JSW S.A. i SEJ S.A.

Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. grupuje 5 czynnych kopalń (wymienionych w tab. 1) o obszarze nadania górniczego wynoszącym 122 km² i produkcji węgla koksowego typu 35.1 i 35.2 na poziomie około 14 mln Mg rocznie. Warunki geologiczne zalegania złoża powodują, że w trakcie prowadzonych robót górnich uwalniane są znaczne ilości metanu, którego część w ilości około 124 mln m³ CH₄ rocznie jest ujmowana odmetanowaniem i wykorzystywana gospodarczo w skojarzonych układach energetycznych i energetyczno-chłodniczych Spółki Energetycznej Jastrzębie S.A. (SEJ S.A.) [2, 4, 5, 8].

Spółka Energetyczna Jastrzębie S.A. została utworzona dnia 01.11.1995 r. w ramach realizacji programu restrukturyzacji górnictwa przez połączenie dwu dotychczasowych zakładów JSW S.A. Elektrociepłowni Moszczenica i Zofiówka, a w powołanym podmiocie gospodarczym 100% akcji objęła JSW S.A. W chwili obecnej w skład SEJ S.A. wchodzi również EEG Pniówek, który w EC Suszec i EC Pniówek eksploatuje silniki gazowe na terenie kopalń Krupiński i Pniówek oraz ciepłownię węglowo-gazową Pniówek. Działalność SEJ S.A. obejmuje wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła (również w skojarzeniu) na potrzeby tak zakładów JSW S.A., jak odbiorców zewnętrznych (PEC Jastrzębie, GZE S.A.) oraz sprężonego powietrza i „chłodu” na potrzeby JSW S.A. Moc zainstalowana ogółem wynosi 602,8 MW_t, 109,1 MW_{el} i 5,8 MW_{ch}, a wielkość produkcji w roku 2004 wynosiła:

- ◇ energia elektryczna — 680 277 MW·h,
- ◇ ciepło — 1 845 207 GJ,
- ◇ sprężone powietrze — 338 745 · 10³ m³,
- ◇ energia „chłodu” — 108 240 GJ.

Spółka Energetyczna Jastrzębie S.A. jest największą spółką utworzoną przez JSW S.A.

Informacja ogólna dotycząca metanu

W kopalniach JSW S.A. ze względu na zaleganie w nadkładzie słabo przepuszczalnych ilastych osadów miocenu, w stropie karbonu występuje licząca 150–200 m strefa wysokiej metanowości pokładów węgla przekraczająca 10 m³ CH₄/Mg_{CSW} i dochodząca w kopalni Pniówek do 35 m³ CH₄/Mg_{CSW} [8].

Stosowana metoda odmetanowania, tak wyprzedzającego, jak związanego z właściwą eksploatacją węgla powoduje, że odmetanowaniem ujmowana jest nieosuszona mieszanka gazowo-powietrzna o koncentracji CH₄ na poziomie 50–60% nadająca się do wykorzystania wyłącznie w instalacjach przemysłowych [12].

Zasoby metanu na dzień 31.12.2004 r. oraz ujęcie w roku 2004 przedstawia tabela 1.

Oprócz zasobów metanu w eksploatowanych partiach obszarów górnich, występuje również metan w partiach obszarów górnich kopalń zlikwidowanych [4, 9]:

- ◇ kopalni Morcinek około 434 mln m³, w tym 83 mln m³ w warstwach dębowieckich,

TABELA 1. Zasoby i ujęcie metanu

TABLE 1. Extraction and available methane resources

Kopalnia	Wydobycie [tys. Mg]	Zasoby metanu do głębokości 1000 m [mln m ³ CH ₄]		Metanowość relatywna [m ³ /Mg]	Efektywność odmetanowania [%]	Ujęcie odmetanowaniem [tys. m ³ CH ₄]
		bilansowe	przemysłowe			
Borynia	2 334 300	500	65	5,9	12	2 429,4
Jas-Mos	2 867 300	37	23	6,5	38	10 042,6
Krupiński	2 124 800	1 477	99	27,6	55	32 425,6
Pniówek	3 664 600	1 790	282	37,3	43	58 721,7
Zofiówka	2 747 700	949	185	19,9	38	20 408,2
JSW S.A.	13 738 700	4 753	604	15	42	124 027,5

- ❖ kopalni Moszczenica obszar Jastrzębie I około 160 mln m³,
 - ❖ obszarze wydzielonym z kopalni Krupiński około 45 mln m³.
- Zasoby ogółem w tych partiach szacowane są na około 640 mln m³ i eksploatowane na dzień dzisiejszy jedynie częściowo:
- ❖ w rejonie byłej kopalni Morcinek działania dla pozyskania metanu prowadzi firma Karbonia PL Sp. z o.o. (kapitał czeski),
 - ❖ w rejonie byłej kopalni Moszczenica metan ujmowany przez stację odmetanowania Moszczenica spalany jest w kotłach cyklonowych OCG-64 Elektrociepłowni Moszczenica,
 - ❖ w obszarze wydzielonym z kopalni Krupiński na dzień dzisiejszy nie są prowadzone żadne roboty związane z pozyskaniem metanu.

Program wykorzystania metanu z obszaru górniczego JSW S.A.

W roku 1993, z chwilą powstania Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A., został opracowany długofalowy program wykorzystania mieszanek metanowo-powietrznych o koncentracji CH₄ na poziomie 50–60% — ujmowanych odmetanowaniem — do celów gospodarczych w skojarzonych układach energetycznych, tak istniejących jak nowobudowanych [11, 13].

W tabeli 2 przedstawiono ujęcie i wykorzystanie metanu za rok 2004 [14].

Realizacja programu zakłada docelowe pełne wykorzystanie ujmowanego metanu w wyniku realizacji następujących przedsięwzięć [13]:

- ❖ rozbudowa układów kotłowych o nowe jednostki, modernizacja istniejących kotłów w kierunku jednostek dwupaliwowych,

TABELA 2. Ujęcie i wykorzystanie metanu w 2004 r.

TABLE 2. Methane intake and utilization in 2004 (100% CH₄)

Kopalnia	Całkowita ilość ujętego metanu [tys.m ³ /rok]	Zagospodarowanie ujętego metanu			
		łączna ilość i udział zagospodarowanego metanu		wyszczególnienie	
		tys.m ³ /rok	%	ilość metanu [tys.m ³ /rok]	sposób wykorzystania
Borynia	2 429,4	1 162,8	48	1 162,8	Kotły gazowe 2 x 1,2 MWt
Jas-Mos	10 042,6	9 600,0	96	9 600,0	EC Moszczenica
Krupiński	32 425,6	13 414,0	41	8 009,0	Silnik gazowy TBG 632V16
				1 253,3	Kotły WR
				4 151,7	Suszarnia flotokoncentratu kop. Krupiński
Pniówek	58 721,7	44 280,4	75	13 409,0	EC Moszczenica
				10 548,4	EC Zofiówka
				13 176,1	Silniki gazowe TBG 632V16
				7 146,9	Kotły Ciepłowni Pniówek
Zofiówka	20 408,2	19 985,9	98	19 985,9	EC Zofiówka
JSW S.A.	124 027,56	88 443,1	71	5 314,5	Zakłady JSW S.A.
					w tym:
				1 162,8	Kotły gazowe kop. Borynia
				4 151,7	Suszarnia flotokoncentratu kop. Krupiński
				83 128,6	SEJ S.A.
					w tym:
				23 009,0	EC Moszczenica
				30 534,3	EC Zofiówka
				21 185,1	Silniki gazowe TBG 632V16
				8 400,2	Kotły gazowe i WR
	88 443,1	Ogółem			

- ❖ przebudowa układów przesyłowych dla zwiększenia możliwości przesyłu metanu,
- ❖ rozbudowa układów energetycznych o jednostki produkcyjne na bazie silników gazowych do skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła,
- ❖ wykorzystanie skojarzonego układu energetycznego jako jednostki napędowej w instalacji centralnej klimatyzacji kopalni Pniówek oraz planowanych instalacjach w kolejnych kopalniach.

W ramach tego programu zostały zrealizowane układy: kogeneracyjny na terenie kopalni Krupiński oraz trójkogeneracyjny na terenie kopalni Pniówek, które zostaną przedstawione w niniejszym artykule.

Skojarzony układ energetyczny EC Krupiński

Historia budowy

Inwestycja została zrealizowana przez EEG Suszec Sp. z o.o. (aktualnie w strukturze SEJ S.A.) w roku 1997 w rekordowo krótkim terminie, bo w ciągu 10 miesięcy od podpisania kontraktu z Saarberg Fernwärme GmbH w lutym 1997 r. do uruchomienia w grudniu 1997 r. Agregat prądowórczy na bazie silnika gazowego TBG 632 V16 produkuje energię elektryczną i ciepło na potrzeby kopalni Krupiński, wykorzystując gaz z odmetanowania tej kopalni [3].

Opis instalacji

Kompletny zestaw prądowórczy obejmuje silnik TBG 632 V16 firmy MWM Deutz i generator firmy Van Kaick umieszczone na wspólnej ramie stalowej. Układy odbioru ciepła z chłodzenia silnika i spalin wraz z chłodnicami awaryjnymi do zrzutu ciepła na zewnątrz, tłumik wraz z katalizatorem oraz układy regulacji i sterowania automatyki stanowią podstawowe elementy instalacji. Moc znamionowa agregatu początkowo wynosiła $2,7 \text{ MW}_{el} + 3,1 \text{ MW}_t$ jednak w roku 2003 po uzgodnieniach z producentem została podniesiona do $3,0 \text{ MW}_{el} + 3,4 \text{ MW}_t$. Silnik TBG 632 V16 jest silnikiem czterosuwowym pracującym w układzie Otto na mieszance zubożonej, 16-cylindrowym wyposażonym w turboładowanie z dwustopniowym chłodzeniem mieszanki, z zapłonem iskrowym o pojemności skokowej silnika $271,7 \text{ dm}^3$. Generator jest generatorem trójfazowym o mocy znamionowej 3405 KVA i czynnej 2713 kW obrotach 1000 min^{-1} i sprawności przy maksymalnym obciążeniu na poziomie 96,4 do 97%.

Sterowanie i kontrola pracy agregatu prądowórczego odbywa się za pomocą w pełni zautomatyzowanego i zintegrowanego systemu zarządzania TEM firmy MWM Deutz. W przypadku zakłóceń i przekroczenia dopuszczalnych parametrów pracy system ten powoduje automatyczne wyłączenie silnika. W przypadku:

- ✧ ograniczenia dostawy gazu,
- ✧ spadku koncentracji metanu,
- ✧ wzrostu temperatur wody w obiegu chłodzenia,
- ✧ wzrostu temperatury zasysanego powietrza

następuje automatyczna redukcja mocy proporcjonalna do poziomu zmian powyższych czynników do wysokości 75% mocy znamionowej, po przekroczeniu której następuje wyłączenie agregatu.

Wyniki uzyskane na kogeneracyjnym układzie z silnikami gazowymi TBG 632 V16

W tabeli 3 przedstawiono raport z pracy silnika TBG 632 V16 pracującego w układzie energetycznym kopalni Krupiński, natomiast w tabeli 4 stopień pokrycia potrzeb kopalni produkcją z układu kogeneracyjnego.

TABELA 3. Raport z pracy silnika TBG 632 V16 w kopalni Krupiński (na dzień 31.01.2005 r.)

TABLE 3. Report on engine TBG 632 V16 performance in Krupinski mine (as of 31.01.2005)

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka miary	Maj 2003 r.	Od uruchomienia w XII 1997 r.
1.	Godziny pracy	h	727	56 510
2.	Zużycie paliwa (CH ₄)	tys. m ³	577	40 966
3.	Średnia koncentracja (CH ₄)	%	68	60
4.	Średnie obciążenie dobowe	kW	2 987	2 704
5.	Produkcja energii elektrycznej	MW·h	2 254	152 802
6.	Produkcja ciepła ogółem	GJ	7 239	342 646
7.	Wartość produkcji (ogółem)	zł	651 995	31 419 537
	— energia elektryczna	zł	530 272	21 597 928
	— ciepło	zł	121 723	9 821 609
8.	Koszty eksploatacji	zł	181 188	14 826 356

TABELA 4. Pokrycie potrzeb kopalni Krupiński produkcją z układu skojarzonego

TABLE 4. Fullfilling of Krupinski mine's needs by cogeneration product

Lp.	Wyszczególnienie	2001		2002		2003		2004	
		ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]	ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]	ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]	ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]
1.	Energia elektryczna [MW·h]								
	— zużycie kopalni	138 253	13,1	129 663	17,4	128 991	17,5	129 996	16,8
	— w tym z układu skojarzonego	18 055		22 586		22 647		21 782	
2.	Ciepło [GJ]								
	— zużycie kopalni	148 902	21,4	113 782	36,5	112 984	28,4	105 974	30,0
	— w tym z układu skojarzonego	31 877		41 510		32 121		31 737	

Pozytywne doświadczenia uzyskane w trakcie eksploatacji silnika TBG 632 V16 w kopalni Krupiński oraz występujące nadmiary metanu i konieczność realizacji układu klimatyzacji w kopalni Pniówek były przesłanką do podjęcia decyzji o budowie układu trójkogeneracyjnego do produkcji ciepła, zimna i energii elektrycznej w tej kopalni.

Trójkogeneracyjny układ energetyczny EC Pniówek

Charakterystyka kopalni Pniówek:

- ❖ obszar górniczy i zasoby — 28,5 km², 125 mln Mg,
- ❖ wydobywanie netto — 14 500 Mg/dobę,
- ❖ poziomy wydobywcze — 705, 830 i w budowie 1000 m,
- ❖ miąższość pokładów — 1,2–3 m, nachylenie 5–10°,
- ❖ stopień geotermiczny — 28,3 m/°C.

Ze względu na konieczność zapewnienia wymaganych przepisami parametrów pracy w wyrobiskach dołowych, w których pracują ludzie, kopalnia przed realizacją klimatyzacji centralnej stosowała na dole urządzenia chłodnicze typu GUC-250 i DV 290, jednak perspektywa oddania do użytku poziomu 1000 i problemy ze „zrzutem” ciepła z chłodnic były podstawą podjęcia decyzji o realizacji centralnej klimatyzacji o mocy znamionowej 5 MW_{ch} w oparciu o skojarzony układ energetyczno-chłodniczy. Duże ilości nadmiarowego metanu dotychczas emitowanego do atmosfery zadecydowały o wyborze silnika gazowego jako jednostki napędowej [7, 10].

Wykorzystanie metanu w kopalni Pniówek w roku 1999 przed realizacją skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego przedstawia tabela 5 [6].

TABELA 5. Wykorzystanie metanu ujętego w kopalni Pniówek, 1999 r.

TABLE 5. Usage of coal bed methane from Pniówek mine, 1999

Kopalnia	Całkowita ilość ujętego metanu [tys. m ³ CH ₄]	Zagospodarowanie metanu [tys. m ³ CH ₄]			Stopień wykorzystania [%]
		łączna ilość zagospodarowanego metanu [tys. m ³ CH ₄]	wykorzystanie metanu		
			ilość [tys. m ³ CH ₄]	miejsce wykorzystania	
Pniówek	52 720,10	33 961,80	2 325,60	Suszarka kopalni Jas-Mos	64
			8 216,00	EC Zofiówka	
			14 181,80	EC Moszczenica	
			9 238,40	Ciepłownia Pniówek	

Historia budowy

Decyzja o realizacji inwestycji „Centralna klimatyzacja kopalni Pniówek na bazie skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego” została podjęta przez JSW S.A. w roku 1998 przy następującym podziale rzeczowym i finansowym:

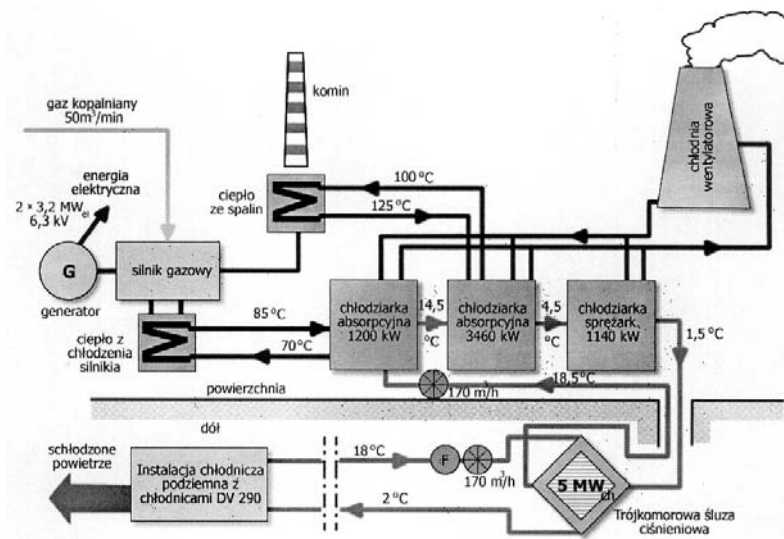
- ❖ Spółka Energetyczna Jastrzębie S.A. — część powierzchniowa tj. silniki gazowe, instalacje energetyczne, chłodziarki, rurociągi powierzchniowe,
 - ❖ JSW S.A. kopalnia Pniówek — część dołowa tj. rurociągi w szybie, podajnik trójkomorowy SIEMAG na poz. 858 m, sieć dołowych rurociągów rozprowadzających chłodziacze.
- Całość instalacji była realizowana przez szereg wykonawców, przy czym instalację silników gazowych i chłodziarek — po wygranym przetargu — wykonywała (podobnie jak w kopalni Krupiński) niemiecka firma Saarberg Fernwärme GmbH.

Harmonogram terminowy przewidywał realizację w dwu etapach:

- ❖ I etap z terminem realizacji czerwiec 2000 r. Pierwszy silnik gazowy TBG 632 V16 o mocy $3,2 \text{ MW}_{el}$ i $3,7 \text{ MW}_t$ oraz układ chłodniczy o mocy znamionowej $5,0 \text{ W}_{mch}$,
- ❖ II etap z terminem realizacji październik 2000 r. Drugi silnik gazowy TBG 632 V16 o mocy analogicznej jak pierwszy.

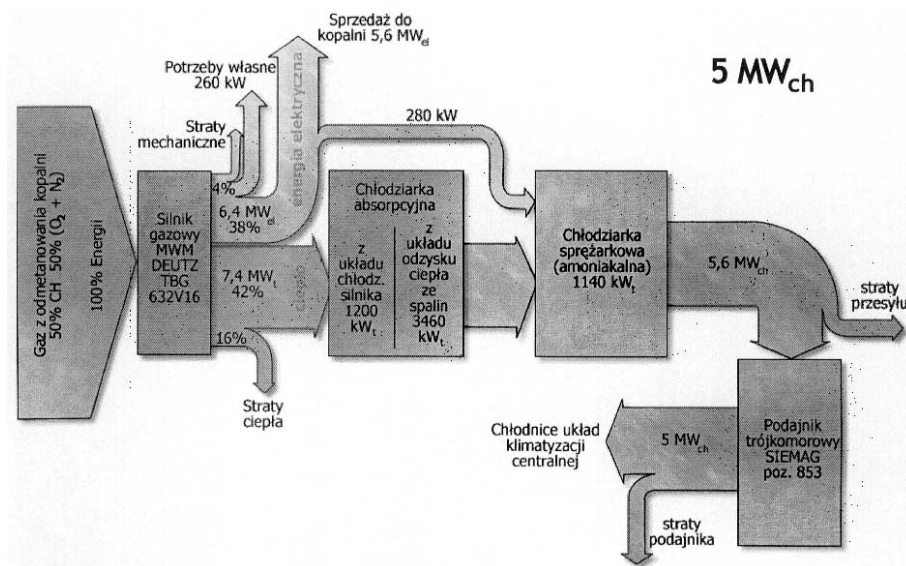
Opis instalacji

Skojarzony układ energetyczno-chłodniczy (trójkogeneracyjny) w kopalni Pniówek składa się z dwu identycznych członów: silnik gazowy, chłodziarka absorpcyjna i chłodziarka sprężarkowa o mocy chłodniczej znamionowej $2,5 \text{ MW}_{ch}$ każdy [7].



Rys. 1. Schemat skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego KWK Pniówek

Fig. 1. Diagram of combined energy & cooling system in Pniówek mine



Rys. 2. Wykres Sankey'a dla układu energetyczno-chłodniczego KWK Pniówek

Fig. 2. Sankey chart for combined energy & cooling system in Pniówek mine

Schemat układu energetyczno-chłodniczego przedstawia rysunek 1, natomiast rysunek 2 — wykres Sankey'a tego układu.

Silniki

Paliwem dla silników gazowych — analogicznych jak w kogeneracyjnym układzie w kopalni Krupiński, tylko wyższej mocy znamionowej, jest mieszanka powietrzno-metanowa z odmetanowania kopalni Pniówek o zawartości CH_4 50–60%.

W celu zapewnienia niskiej emisji tlenków azotu i tlenków węgla, spalanie w cylindrach silnika odbywa się przy znacznym nadmiarze powietrza λ sięgającym wartości 1,8–2,0, przy czym regulacja nadmiaru odbywa się osobno dla każdego cylindra przez utrzymywanie temperatury spalania w stosunkowo wąskim przedziale.

Chłodziarki

Silnik ma dwa poziomy odzysku ciepła.

- ✧ obieg ciepłowodny o nominalnym gradiencie $86^\circ\text{C}/72^\circ\text{C}$ dla odzysku ciepła z chłodzenia korpusu silnika, oleju i powietrza po turbodoładowaniu,
 - ✧ obieg gorącowodny o nominalnym gradiencie $125^\circ\text{C}/100^\circ\text{C}$ dla odzysku ciepła ze spalin.
- Taki układ odzysku ciepła daje wskaźnik przetwarzania na energię cieplną na poziomie około 41% i sprawność ogólną na poziomie 80%. Ciepło odzyskane z silnika w pierwszej

kolejności służy do napędu chłodziarek absorpcyjnych a przy zmniejszonym zapotrzebowaniu (praca ze zmniejszoną mocą chłodniczą) jest kierowane do sieci ciepłowniczej kopalni.

Chłodziarki pracują połączone w szereg po stronie wody zimnej stanowiącej medium chłodnicze (300 m³/h).

Z każdym silnikiem współpracuje układ chłodniczy:

- ✧ chłodziarka absorpcyjna na obiegu ciepłowodnym o mocy chłodniczej 600 kW wykorzystująca ciepło z chłodzenia silnika (800 kW) schładzająca wodę z 18°C do 14,5°C,
- ✧ chłodziarka absorpcyjna na obiegu gorącowodnym o mocy chłodniczej 1730 kW wykorzystująca ciepło ze spalin (2449 kW) schładzająca wodę z 14,5°C do 4,5°C,
- ✧ chłodziarka sprężarkowa amoniakalna wykorzystująca część mocy generatora (570 kW) schładzająca wodę z 4,5°C do 1,5°C (2,0°C).

Zainstalowane moce chłodnicze dla jednego ciągu wynoszą 2,92 MW_{ch} zapewniając odpowiednią nadwyżkę nad moc gwarantowaną 2,5 MW_{ch}.

Chłodziarki absorpcyjne to chłodziarki bromolitowe (LiBr + H₂O), gdzie absorbentem jest roztwór bromku litu a czynnikiem chłodniczym woda, która będąc pod niskim ciśnieniem osiąga w chłodziarce gorącowodnej temperaturę wrzenia na poziomie + 3,5°C. Producentem chłodziarek typu YIA HW 3B3 i YIA HW 6c4 jest firma YORK.

Chłodziarki sprężarkowe to chłodziarki amoniakalne w rozwiązaniu śrubowym, gdzie czynnikiem roboczym jest amoniak NH₃, dlatego pracują w układzie zamkniętym w oddzielnych komorach z systemem wykrywania obecności amoniaku i wentylacji awaryjnej. Takie rozwiązanie zapewnia bezpieczeństwo obsłudze i pozwala wcześniej wykrywać i usuwać ewentualne nieszczelności.

Dołowa instalacja chłodnicza

Woda chłodnicza o temperaturze 1,5°C–2°C i przepływie 300 m³/h rurociągami o średnicy ϕ 300 jest kierowana szybem na poziom 853 m do podajnika trójkomorowego SIEMAG DRK 200 gdzie następuje redukcja ciśnienia z 9,5 MPa do ciśnienia 2,0 MPa na obiegu dołowym, a woda zimna wypycha wodę ogrzaną o temperaturze około 18°C na powierzchnię w kierunku chłodziarek. Dla zapewnienia ciągłości przepływu wody chłodniczej w obiegu pierwotnym i wtórnym podajnik tworzą trzy komory rurowe, których cykle pracy są przesunięte w fazie o 120°. Strata ciepła na podajniku wynosi około 0,5°C, a jego praca jest nadzorowana przez system kontrolny, który alarmuje w przypadku wystąpienia nieprawidłowości. Z podajnika SIEMAG woda chłodząca płynie rurami preizolowanymi do chłodnic woda–powietrze w wyrobiskach eksploatacyjnych. Chłodnice te są na bieżąco przebudowywane w miarę postępu robót górniczych.

Wyniki uzyskane na trójgeneracyjnym układzie z silnikami gazowymi

W tabeli 6 przedstawiono raport z pracy silników TBG 632 V16 nr 1 i 2 pracujących w układzie energetycznym kopalni Pniówek, natomiast w tabeli 7 stopień pokrycia potrzeb kopalni produkcją z układu trójgeneracyjnego [14].

TABELA 6. Raport z pracy silników TBG 632 V16 w kopalni Pniówek na dzień 31.01.2005 r.

TABLE 6. Report on engine TBG 632 V16 performance in Pniowek mine as of 31.01.2005

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka miary	Maj 2003		Od uruchomienia w roku 2000	
			nr 1	nr 2	nr 1	nr 2
1.	Godziny pracy	h	719	563	35 986	32 861
2.	Zużycie paliwa (CH ₄)	tys.m ³	985		57 336	
3.	Średnia koncentracja	%	53		55	
4.	Średnie obciążenie dobowe	kW	2 530	2 914	2 915	2 958
5.	Produkcja energii elektrycznej	MW·h	2 079	1 903	104 909	97 198
6.	Produkcja ciepła	GJ	11 255		615 624	
7.	Wartość produkcji ogółem	zł	578 367		38 166 387	
	— energia elektryczna	zł	389 954		26 088 160	
	— ciepło	zł	188 413		12 018 227	
8.	Koszty produkcji	zł	612 491		37 664 824	

Efekty ekonomiczne układów dwu i trójgeneracyjnych

Wykorzystanie w układach energetycznych taniego miejscowego paliwa, a także skojarzenie ciepło–energia elektryczna i podwójne skojarzenie ciepło–chłód–energia elektryczna powodują, że układy te są wysokosprawne z punktu widzenia technicznego a także bardzo efektywne ekonomicznie. Znaczący udział w pokryciu potrzeb kopalń Krupiński i Pniówek

TABELA 7. Pokrycie potrzeb kopalni Pniówek produkcją z układu skojarzonego

TABLE 7. Fullfiling of Pniówek mine's needs by cogeneration product

Lp.	Wyszczególnienie	2001		2002		2003		2004	
		ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]	ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]	ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]	ilość	stopień pokrycia potrzeb [%]
1.	Energia elektryczna [MW·h]								
	— zużycie kopalni	196 397	20,6	199 120	17,7	207 287	14,9	214 168	17,5
	— w tym z układu skojarzonego	40 374		35 160		30 970		37 573	
2.	Ciepło [GJ]								
	— zużycie kopalni	178 475	24,1	166 441	14,1	173 643	10,7	144 192	21,3
	— w tym z układu skojarzonego	42 957		23 434		18 540		30 726	
3.	Energia chłodu [MW·h]	138 305	100	105 408	100	106 860	100	108 240	100

TABELA 8. Obniżenie kosztu zakupu 1 MW·h*

TABLE 8. Reduction of energy costs

Rok	Miesiąc	Kopalnia Krupiński [zł/MW·h]	Kopalnia Pniówek [zł/MW·h]
2004	Marzec	0	16
	Kwiecień	8	16
	Maj	9	15
	Czerwiec	8	12
	Lipiec	8	14
	Sierpień	9	17
	Wrzesień	9	14
	Październik	9	18
	Listopad	9	15
2005	Grudzień	9	14
	Styczeń	8	14
	Luty	9	16

* Obniżenie ceny ogółem w stosunku do ceny zakupu z GZE S.A.

na energię elektryczną i ciepło oraz pełne pokrycie potrzeb kopalni Pniówek na chłód powodują, że następuje istotne obniżenie kosztów zakupu tak energii elektrycznej, jak ciepła przez te kopalnie. Obniżenie kosztu zakupu 1 MW·h energii elektrycznej ogółem przedstawia tabela 8 [1, 11, 14].

Wnioski końcowe

1. Zastosowanie silników gazowych dla wykorzystania metanu z odmetanowania kopalń jako jednostek napędowych w układach dwu i trójkogeneracyjnych jest bardzo efektywne technicznie i ekonomicznie.
2. Wykorzystanie taniego lokalnego paliwa (metanu) przynosi znaczący efekt ekologiczny obniżenia emisji gazu cieplarnianego do atmosfery oraz zasadniczo obniża koszt wytwarzania.
3. Warunkiem uzyskania maksymalnego efektu ekonomicznego z układów dwu- i trójkogeneracyjnych jest taki dobór wielkości instalacji, jej lokalizacji i wkomponowanie w istniejące układy elektroenergetyczne i ciepłownicze odbiorców, (kopalń) aby wykorzystane zostały atuty rynku lokalnego — koszty uniknięte zakupu z dotychczasowego źródła (GZE S.A.).
4. Układ trójkogeneracyjny pracujący w kopalni Pniówek cechuje wyjątkowo jak na układy energetyczne sprawność całoroczna (maksymalne obciążenie układu w okresie letnim przez produkcję chłodu), a przez zastosowanie chłodziarek dwustopniowych (absorbcyjnych i sprężarkowych) możliwość pracy klimatyzacji przy postoiu silników gazowych.
5. Dotychczasowa eksploatacja silników gazowych TBG 632 V16 firmy MWM Deutz Niemcy wykazała poprawę ich pracy na nietypowym paliwie, jakim jest gaz z odmetanowania kopalni, który cechuje się zmianami parametrów.
6. Obserwowane w ostatnich latach zwiększenie ujęcia metanu wraz ze schodzeniem z eksploatacją na głębsze poziomy spowodowało uruchomienie programu zabudowy kolejnych silników gazowych, w ramach którego jest przewidziane:
 - ✧ w maju 2005 — oddanie do ruchu silnika TBG 632 V16 o mocy 4,0 MW_{el} w kopalni Krupiński,
 - ✧ w roku 2006 — planowany kolejny silnik w układzie trójkogeneracyjnym kopalni Pniówek.

Literatura

- [1] GATNAR K., PYTLIK P. — Racjonalizacja zużycia energii jako element obniżenia kosztów wydobycia węgla na przykładzie Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Szczyrk 1999.

- [2] GATNAR K. — Racjonalizacja użytkowania paliw i energii w przemyśle węglowym na przykładzie efektów uzyskanych w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Materiały XIII Konferencji Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej. Zakopane 1999.
- [3] GATNAR K. — Doświadczenia ruchowe w zakresie eksploatacji silnika gazowego TBG 632 V16 firmy MWM Deutz w Elektro-Energo-Gaz Suszec Sp. z o.o. Materiały Konferencji Silniki gazowe 2000. Częstochowa — Vysne Ruzbachy 2000.
- [4] NAWRAT S., GATNAR K. — Recovery and industrial utilisation of coalbed methaner in Jastrzębska Coal Company Mining area. Materiały II Międzynarodowej Konferencji Zagospodarowania Metanu. Nowosybirsk/Rosja 2000.
- [5] GATNAR K. — Energetyczne wykorzystanie metanu pokładów węgla z obszaru górniczego JSW S.A. — stan obecny i perspektywy. Materiały I Konferencji Energetyka gazowa. Szczyrk 2000 (Politechnika Śląska).
- [6] GATNAR K. — Poprawa efektywności wykorzystania metanu pokładów węgla na przykładzie realizacji skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego centralnej klimatyzacji KWK Pniówek. Materiały XV konferencji Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej. Zakopane 2001.
- [7] GATNAR K., RZEPSKI H. — Silniki gazowe TBG 632 V16 MWM Deutz pracujące w skojarzonym układzie energetyczno-chłodniczym centralnej klimatyzacji KWK Pniówek. Materiały II Konferencji Energetyka gazowa. Szczyrk 2002 (Politechnika Śląska).
- [8] GATNAR K., TOR A. — Drainage and Economical Utilization of Methane from Coal Seams in the Mining Field Jastrzębie Coal Company in Cogeneration Power System. Materiały IX Międzynarodowego Forum Energii Energex 2002. Kraków 2002.
- [9] GATNAR K., TOR A. — Metan pokładów węgla jako paliwo w skojarzonych układach energetyczno-chłodniczych stanowiących element zaopatrzenia w energię zakładów JSW SA. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Szczyrk 2003.
- [10] SZŁAZAK N., TOR A., JAKUBÓW A., GATNAR K. — Metan jako źródło energii w centralnym systemie chłodzenia KWK Pniówek. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Szczyrk 2004.

Źródła niepublikowane

- [11] GATNAR K., GEMBALCZYK J. — Energooszczędna gospodarka w JSW S.A.
- [12] NAWRAT S., GATNAR K. — Zagospodarowanie metanu w JSW S.A.
- [13] GATNAR K. — Program ujęcia i gospodarczego wykorzystania metanu na lata 2004–2007.
- [14] Podstawowa dokumentacja ruchowa i rozliczeniowo-finansowa Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. i Spółki Energetycznej Jastrzębie S.A.

Kazimierz GATNAR

Trigeneration — combined production of heat, cold and electricity with using coal bed methane from mines grouped in JSW S.A.

Abstract

Paper presents the resources of coal bed methane in the region of Jastrzębie Coal Company S.A. (JSW S.A.) coming from both active and abandoned coal mines. It is also presented how the gas is being used in heat and power plants grouped in Energy Company Jastrzębie S.A. and in new cogeneration and trigeneration installations with gas engines at Suszec and Krupiński plants. The cogeneration and trigeneration plants at Suszec and Krupiński coal mines are described in details with technical parameters and solutions that have been applied. It is also presented how the cogeneration and trigeneration plants have been integrated with energy systems of the coal mines and what is the share of the combined processes in total energy needs of the mines. The analysis of energy costs reduction for coal mines is given together with 2001–2004 data. Basing of present experiences the plans for 2005–2006 are presented. In the summary the role of combined production plants for energy delivery to coal mines is discussed as well as further possibilities of coal bed methane utilization in plants based on gas engines are presented.

KEY WORDS: methane, gas engines, trigeneration, local energy market