*Guido DROSTE**

Wymagania dla technicznego wyposażenia silników do spalania gazów kopalnianych, w szczególności przy niskim stężeniu metanu

W artykule przedstawiono podstawowe cechy konstrukcyjne silnika przeznaczonego do agregatów prądotwórczych produkcji firmy DEUTZ Power Systems zasilanego mieszanką metanu pochodzenia kopalnianego. Określono sposób przygotowania mieszanki powietrzno-gazowej, jej skład i granice palności. Omówiono także niektóre właściwości użytkowe generatorów wyposażonych w silniki Deutz TCG 2032.

Słowa kluczowe: *silnik gazowy, agregat prądotwórczy, metan kopalniany*

Technical requirements regarding the equipment of reciprocating engines in mine gas utilisation, especially for gases with low contents of methane

Some basic constructional features of generating sets produced by DEUTZ Power Systems equipped with gas engines fueled with air – Coal Mine Methane mixture have been presented in the paper. The way of preparing of air-gas mixture, gas set up and ignition ability have been described here. Some operation features of gensets with Deutz TCG 2032 have been discussed.

Key words: *gas engine, generating set, Coal Mine Methane*

1. Krótka historia firmy DUETZ Power Systems

W 1864 roku Nikolaus August Otto wraz z Eugenem Langen (rys. 1) założyli pierwszą na świecie fabrykę silników N.A. Otto & Cie. tworząc podwaliny pod dzisiejszą firmę DEUTZ AG.

Przed rozpoczęciem produkcji, Otto skonstruował pierwszy w świecie działający silnik czterosuwowy z obiegiem Otto. Fabryka silników Otto usytuowana była na wschodnim brzegu Renu w Kolonii, gdzie obecnie, poza innymi lokalizacjami w Niemczech i innych krajach, firma DEUTZ AG ma swoja siedzibę.

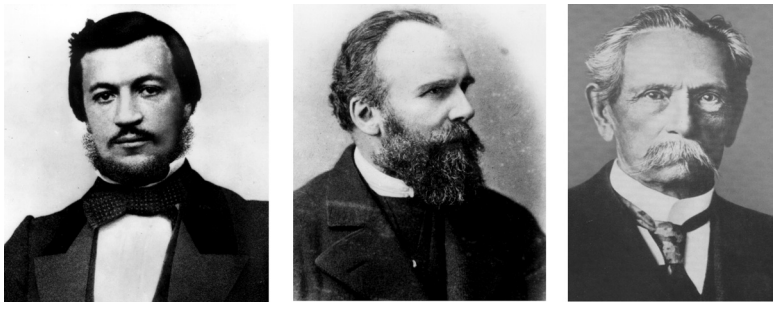
W 1869 roku Karl Benz, który pracował jako główny inżynier w fabryce Otto w Kolonii, otworzył własny zakład w Monachium, w pobliżu swego miasta rodzinnego. Zakłady Mechanische Werkstätte Mannheim zmieniły później nazwę na Rheinische Gasmotoren-fabrik Benz & Cie., a kiedy Benz i Gottlieb Daimler, również były pracownik firmy DEUTZ, skoncentrowali się na produkcji samochodów, firma w Monachium zmieniła nazwę na Motorenwerke Mannheim–MWM.

W 1985 roku koło historii się zamknęło, kiedy to firma DEUTZ AG nabyła MWM, która stała się jednostką specjalizującą się w średnich i dużych silnikach tłokowych zasilanych olejem napędowym i gazem. W 2004 roku jednostka ta przekształcona została w niezależną firmę DEUTZ Power Systems GmbH & Co. KG, w 100 procentach zależną od DEUTZ AG. Koncentruje się ona na zastosowaniach gazu ze szczególnym uwzględnieniem technologii i projektów przyjaznych dla środowiska. Obecnie na całym świecie w firmie DEUTZ Power Systems pracuje około 700 pracowników.

1. Brief History of DEUTZ Power Systems

In 1864 Nikolaus August Otto together with Eugen Langen (Fig. 1) founded the world´s first engine factory "N.A. Otto & Cie.", forming the nucleus of what is today known as DEUTZ AG. The years before he started his own production, Otto had constructed the world´s first running four stroke gas engine, having the "Otto Cycle" named after him. Otto´s engine factory was situated on the eastern bank of the Rhine, in the Cologne borough of Deutz, where DEUTZ AG amongst other locations in Germany and overseas still resides today.

Starting in 1869, Karl Benz, who had previously worked as Chief Engineer in Otto´s Cologne based company, set up his own workshop in Mannheim, near his ancestral hometown. The "Mechanische Werkstätte Mannheim" was later transformed into "Rheinische Gasmotorenfabrik Benz & Cie." and, when Benz and Gottlieb Daimler, also a former DEUTZ-employee, focussed on their joint automobile pro-



N.A. Otto E. Langen K. Benz

Rys. 1. Twórcy początków firmy Deutz

Fig. 1. Early creators of Deutz company

2. DEUTZ Power Systems na rynku CMM / CBM

Wykorzystanie metanu pochodzącego z kopalni (CMM) i z pokładów węgla (CBM) jest jednym z najważniejszych zadań firmy DEUTZ Power Systems. Z uwagi na bliskie geograficzne sąsiedztwo z Zagłębiem Ruhry, centrum niemieckiego przemysłu z wieloma hutami stali i kopalniami węgla, DEUTZ ma silne związki z przemysłem węglowym i stalowym dostarczając silniki do sprzętu górniczego i pojazdów transportowych od ponad 140 lat. Zwłaszcza w ostatnich dekadach stacjonarna produkcja energii z paliwa gazowego takiego jak CMM, CBM i gaz koksowniczy staje się coraz ważniejsza.

Kiedy w późnych latach 90-tych XX w. niemiecki rząd zachęcał do wykorzystania CMM jako substytutu gazu ziemnego i przyznał mu status odnawialnego źródła energii, przemysł natychmiast rozpoczął instalowanie agregatów prądotwórczych na dużą skalę. Obecnie ponad 120 MW_{el} jest wytwarzane w samych kopalniach w Niemczech. Większość z tych kopalni już nie funkcjonuje lecz ciągle odzyskuje się w nich gaz o relatywnie dużym natężeniu przepływu i wartości opałowej. Również dla ciągle działających kopalni odzyskujących gaz o niskiej zawartości metanu, DEUTZ Power Systems przygotował odpowiednie technologie silnikowe.

Obecnie DEUTZ Power Systems dominuje na Niemieckim rynku CMM/CBM z ponad 75-procentowym udziałem. W całej Europie w miejscach występowania metanu pochodzącego z kopalni węgla znajdują się zespoły DEUTZ generujące energię elektryczną, ciepło i chłodzenie.

3. Projekt instalacji

Na rysunku 2 przedstawiono typową instalację DEUTZ Power Systems przeznaczoną do wykorzystania CMM. W kopalni Pniówek w Polsce dwa zespoły prądotwórcze DEUTZ z silnikami serii TCG 2032 generują 6,6 MW_{el} mocy elektrycznej i około 5 MW mocy chłodzenia z CMM.

W Niemczech silniki serii TCG 2020 o mocy elektrycznej 1–2 MW_{el} w postaci modułów kontenerowych dominują na rynku, jednak w Polsce i Wielkiej Brytanii sytuacja wygląda inaczej. W związku z większym uzyskiem gazu z jed-

duction, the Mannheim based company lived on as "Motorenwerke Mannheim–MWM".

In 1985 the circle was closed again, with DEUTZ AG acquiring MWM, which then became its business unit specialising in medium and large recip engines for diesel and gas applications. Only in 2004 this unit has been transferred into an independent company again: DEUTZ Power Systems GmbH & Co.KG, a 100% subsidiary of DEUTZ AG. The new focus is clearly on gas, specialising on non-natural gas and environmentally friendly technology and projects. Currently about 700 employees are working for DEUTZ Power Systems throughout the world.

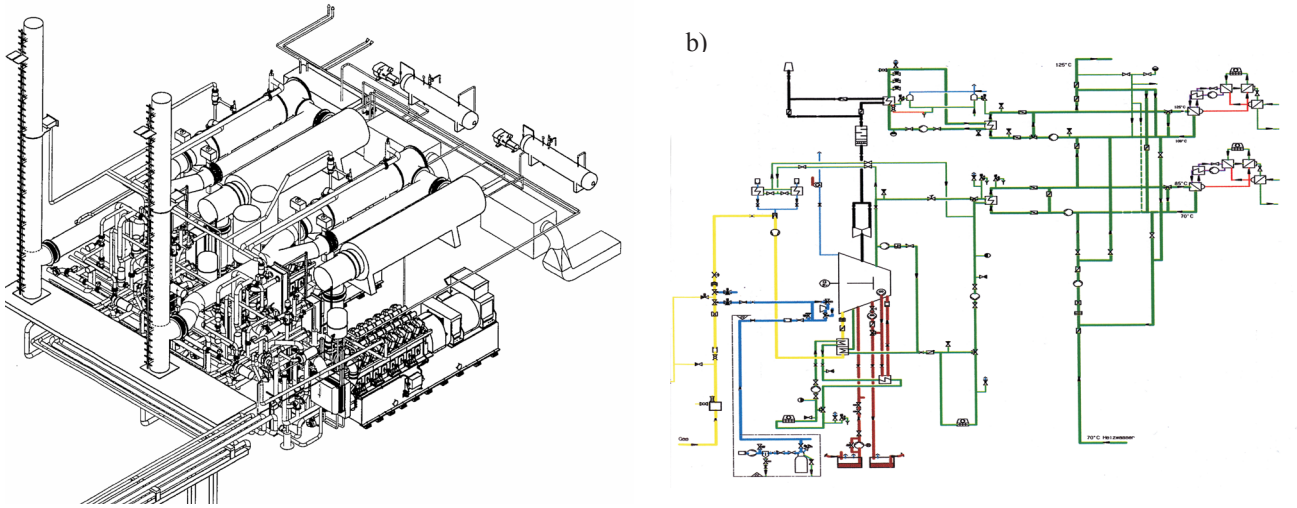
2. DEUTZ Power Systems in the CMM/CBM Market

The utilisation of Coal Mine and Coal Bed Methane is one of the most important non-natural gas segments for DEUTZ Power Systems. With the close geographical link to the Ruhr Valley, Germany´ s industrial heartland with its numerous steel factories and coal mines, DEUTZ traditionally had a strong relation to the coal and steel industry, providing engines for deep mining equipment and transport vehicles for now more than 140 years.

Over the last decades especially stationary energy generation from gaseous fuels like CMM, CBM and Coke gas gained more and more importance.

When in the late 1990´s the German government chose to encourage the utilisation of CMM as a substitute for natural gas and gave it the status as a sustainable energy source, the industry immediately started to install generating capacity at a considerably large scale. Today more than 120 MW_{el} have been successfully installed on German mines alone. Most of these mines are not operative any longer, but still yielding gas at a relatively high volume flow and calorific value. Also for the still operating mines with their typically low content of methane in the gas, DEUTZ Power Systems provided the fitting engine technology.

Today DEUTZ Power Systems clearly dominates the German CMM/CBM market with a market share of more



Rys. 2. Kopalnia Pniówek: a) widok instalacji, b) schemat instalacji

Fig. 2. Perspective view of the Pniówek plant (a), P&ID drawing of the Pniówek plant (b)

nego odwiertu oczywista staje się konieczność zastosowania większych silników. W takich zastosowaniach bardziej odpowiednim rozwiązaniem jest seria TCG 2032 o mocy elektrycznej 3–4 MW_{el}. DEUTZ zapewnia rozwiązania energetyczne począwszy od zespołów prądotwórczych aż po instalacje „pod klucz".

4. Technologia silnika, chemia i termodynamika

Wszystkie silniki DEUTZ Power Systems wyposażone są w nowoczesne czterozaworowe głowice, otwarte komory spalania; są to silniki turbodoładowane pracujące na mieszankach ubogich ($\lambda > 1{,}3$) i są chłodzone wodą. Oznacza to mniejsze przekrycie zaworów, które zmniejsza straty mieszanki, zapewnia niską emisyjność oraz długą żywotność świec zapłonowych i głowic cylindrów. Turbosprężarka doładowująca spręża nie tylko powietrze, ale również mieszankę gazowo-powietrzną, co sprawia, że silnik staje się mniej podatny na zmiany zawartości metanu. Elektroniczny system zarządzania (TEM) reaguje natychmiast na zmiany składu gazu, mierząc temperaturę spalania w każdym cylindrze jako decydujący parametr termodynamiczny i oddziałując bezpośrednio na współczynnik nadmiaru powietrza λ. Przy małej kaloryczności paliwa i dużych ilościach powietrza zawartego w CMM lub CBM strumień powietrza jest automatycznie regulowany w mieszalniku DEUTZ Vario-Mixer. W tym unikalnym systemie nie ma znaczenia czy powietrze jest zasysane przez filtry powietrza, czy trafia do silnika razem z gazem. Innymi słowy: uzyskiwany jest stały współczynnik nadmiaru powietrza bez względu na to, czy gaz kopalniany jest rozcieńczony powietrzem czy zawiera inną mieszankę gazów.

Granice palności określane są na podstawie analizy chemicznej i termodynamicznej.

Trzy przekątne linie na rysunku 3 rozpoczynają się w punkcie 0% zawartości metanu. Linie te reprezentują możliwe stosunki metanu i dwutlenku węgla. Właściwy stosunek reprezentowany przez każdą z linii jest określany przez linię kropkowaną, biegnącą równolegle do linii bazowej stę-

than 75% and a proven technological response to the requirements of several of the most demanding hard coal deposits in the world.

Around Europe, where there is coal mine methane, there are DEUTZ engines generating electricity, heat and cooling energy from it.

3. Plant Design

In the Fig. 2, a typical design of a DEUTZ Power Systems CMM utilisation plant is shown. In Pniówek, Poland, two generating sets of the DEUTZ engine series TCG 2032 generate 6.6 MW_{el} and appr. 5 MW of cooling energy from CMM.

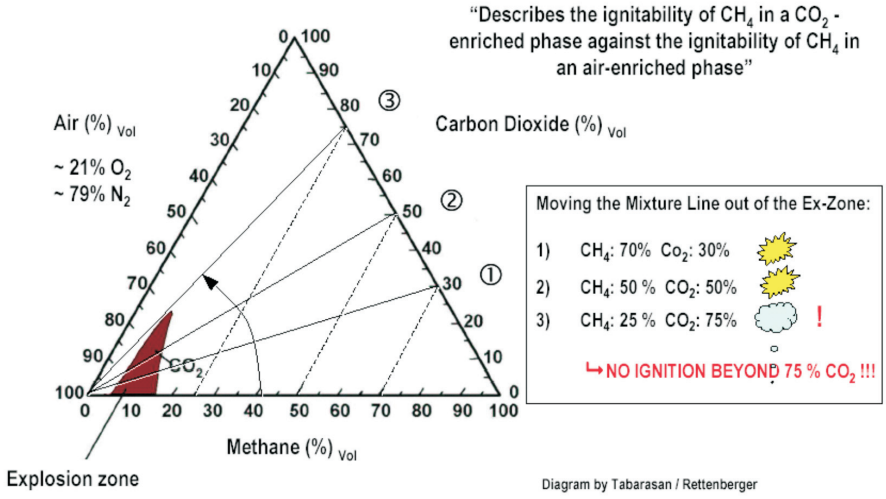
Whereas in Germany the TCG 2020 engine series with a rating of 1–2 MW_{el} in containerised packages dominates the market, the situation in Poland and the United Kingdom is different. Because of the comparatively higher gas yields of single wells, the demand for larger engines is typical. Here the TCG 2032 series, rating from 3 to 4 MW_{el} is the more suitable option. DEUTZ provides energy solutions from generating sets to turn-key power plants.

4. Engine Technology, Chemistry and Thermodynamics

All DEUTZ Power Systems gas engines come with modern four-valve heads, open combustion chamber, are turbo charged, offer lean-burn technology ($\lambda > 1.3$) and water cooling. That means less valve-opening overlap, i.e. minimised loss of gas-air mixture, low emissions, long standing spark plugs and cylinder heads. The fact, that the turbo chargers compress not only combustion air, but gas-air mixture, makes the engines less vulnerable to changes in methane content. The Total Electronic Management system (TEM) reacts immediately to changing gas compositions, measuring the combustion temperature of each cylinder as one decisive thermodynamic parameter and acting directly on the engine's main set value, the gas-air ratio λ. With low contents of calorific input and high portions of air coming in with the CMM or CBM, the air flow into the DEUTZ Vario-Mixer is automatically adjusted. With this uniquely designed system, it does not matter whether the combustion air is aspirated though the air filters, or if it comes along with the gas. In other words: A constant gas-air ratio will be established no matter if the mine gas is diluted with air or if it represents any other blend of gases.

The combustion margins are exclusively set by chemistry and thermodynamics.

The three diagonal lines in Fig. 3 start at the 0% methane pivotal point. These lines represent possible ratios of methane and



Rys. 3. Wykres palności CH_4 w mieszance CO_2 / powietrze

Fig. 3. Three-Component-Diagramm – Ignitabillity of CH_4 in a CO_2 / Air Mixture

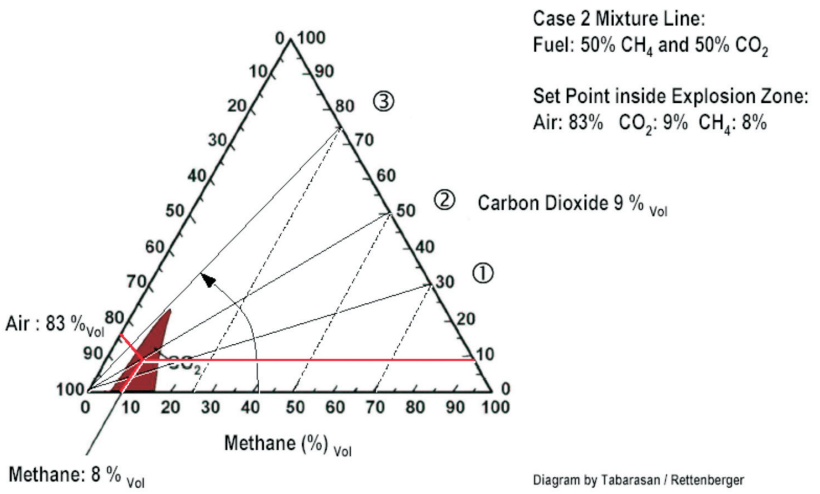
żenia powietrza i łączącej punkt przecięcia linii reprezentującej mieszankę z linią bazową stężenia CO_2 i z przeciwną linią bazową stężenia CH_4. Jeśli ukośne linie opuszczają strefę palności oczywisty jest fakt, że taka mieszanka nie jest w stanie się zapalić będąc w fazie gazowej.

Silniki DEUTZ Power Systems są eksploatowane w miejscach, gdzie stężenie CH_4 spada do 25%, nawet jeśli gaz kopalniany nie zawiera tlenu, tworząc mieszaninę CH_4, N_2 i CO_2. Uwzględniając zawartość N_2 strefa palności gazu kopalnianego byłaby nieco szersza.

Z mieszanki składającej się z CO_2 i CH_4 (reprezentowanej na wykresie przez linie –), będącej gazem kopalnianym, należy utworzyć mieszankę palną z powietrzem, przedstawioną na wykresie punktem. Aby była to mieszanka palna, punkt ten musi znajdować się wewnątrz strefy palności i jednocześnie musi spełniać wymagania dotyczące wartości współczynnika nadmiaru powietrza λ, zawierającej się zazwyczaj w zakresie od 0,8 do 2,0. Na przedstawionym wykresie punkt ten określony został dla λ ~ 1,0 i gazu kopalnianego będącego mieszaniną 50% metanu i 50% dwutlenku węgla. Można by oczekiwać, że z uwagi na równe stężenia CO_2 i CH_4 w gazie kopalnianym, proporcja ta powinna być zachowana w mieszance gazowo-powietrznej. Jednakże tak nie jest, częściowo z powodu niedokładności odczytu i błędu zaokrąglenia. Zazwyczaj punkt pracy jest ustalany przy λ ~ 1,8, ponieważ skład mieszanki paliwowo-powietrznej wpływa zarówno na emisję NO_x, jak i na moc wyjściową.

Wykres na rysunku 5 przedstawia typowe wartości stężenia CO_2, N_2 i O_2 w funkcji CH_4 w CMM/CBM.

W silnikach ze sprężaniem samego powietrza i jednoczesnym wtryskiem paliwa bezpośrednio do cylindra niemożliwa jest elastyczna reakcja na zmiany składu mieszanki. Silniki z komorą wstępną – pomimo dobrego zachowania w wypadku zasilania gazem ziemnym – cechują się bardzo niską żywotnością świec zapłonowych w przypadku zasilania CMM/CBM i dlatego wymagają ciągłego zasilania ga-



Rys. 4. Tworzenie mieszanki: dodanie powietrza jako trzeciego składnika do CO_2 i CH_4

Fig. 4. Mixture formatting: Adding air as a third component to CO_2 and CH_4

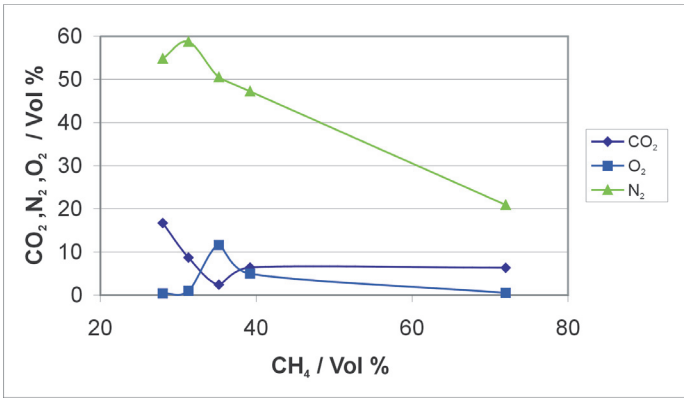
carbon dioxide. The actual ratio represented by each line is established by the dotted line, running parallel with the 0–100% air concentration base line and hence connecting the intersection point of the mixture line with the 0–100% base-line of CO_2 concentration with its opposing CH_4 concentration on the 0–100% CH_4 base-line. As the diagonal lines leave the explosion zone, it is clear that such mixtures would not be able to ignite in an air-phase anymore.

Accordingly DEUTZ Power Systems engines are still running on sites where the CH_4 content is down to 25%, even if the mine gas is oxygen-free, basically forming a mixture of CH_4, N_2 and CO_2 (with N_2 in the mine gas the ex-zone would be slightly wider).

Coming from a two-component mixture of CO_2 and CH_4, representing the mine gas (and being therefore a line in the diagram), a combustible mixture with air has to be established, hence being a point in the diagram. For its ignitability this point has to be somewhere inside the ex-zone, additionally it must at the same time fulfil a stipulated l, usually ranging between 0.8 and 2.0. The established point here in this diagram is at λ ~ 1.0, the mine gas being a mixture of 50% methane and 50% carbon dioxide. Although coming from a fifty-fifty mine gas one should expect that in the gas-air-mixture the share of the two components should be equal too. However, it is actually not, partly due to an inaccuracy in the reading and the induced rounding-error. Since the chosen air-fuel-ratio effects both the power and NO_x output of the engine, the usual set point would be at λ ~ 1.8.

The diagram (Fig. 5) shows the typical CMM/CBM behaviour concerning the ratio of CO_2, N_2 and O_2 versus CH_4.

For engines with only air compression in their turbo chargers and parallel fuel insertion directly into the cylinder a flexible response is virtually impossible. Prechamber engines despite to their good behaviour with natural gas come with extremely low lifetime of spark plugs on CMM/CBM, additionally needing a constant



Rys. 5. Metan kopalniany CMM z różnych kopalni: CO_2 i N_2 w funkcji CH_4

Fig. 5. CMM from different mines: CO_2 and N_2 as functions of CH_4

zem ziemnym jako paliwem pilotującym. Podczas wymiany świec zapłonowych w silnikach z komorą wstępną zazwyczaj konieczny jest demontaż wielu elementów i wielogodzinne oczekiwanie na wychłodzenie silnika. W technologii z otwartą komorą spalania żywotność świec zapłonowych sięga 5000 godzin, a ich wymiana trwa kilka minut.

Podstawowe dane techniczne silnika serii TCG 2032: Silnik czterosuwowy ZI, otwarta komora spalania, mieszanka uboga, mieszalnik gazów.

Średnica / skok tłoka:	260 mm / 360 mm
Układ cylindrów:	V, 45°
Liczba cylindrów:	12; 16
Prędkość obrotowa:	900 (60 Hz) / 1000 (50 Hz), kierunek obrotów przeciwny do ruchu wskazówek zegara
Prędkość tłoka:	9,6 m/s / 10,7 m/s

Pracujące w oparciu o obieg Otto silniki serii TCG 2032 (rys. 6 i 7) i TCG 2020 cechują się rozrządem zaworowym opartym o cykl Millera. Zasadniczo system doładowania metodą Millera charakteryzuje się rozprężaniem mieszanki gazowo-powietrznej w komorze spalania przed wystąpieniem zapłonu. W konsekwencji mieszanka wychładza się, a bilans cieplny znacząco się poprawia, podobnie jak sprawność mechaniczna i elektryczna.

Jednakże cykl rozrządu Millera zmniejsza ciepło dostarczane do cylindra o około 25% przez krótsze otwarcie zaworu dolotowego. Jako środek zaradczy stosuje się zwiększony stopień sprężenia mieszanki w turbosprężarce, co kompensuje te straty. Staje się to trudniejsze w aspekcie małej zawartości metanu CBM i CMM z uwagi na relatywnie dużą wartość objętościowego natężenia przepływu czynnika, który ma zostać poddany sprężeniu. Problem stanowią również zmiany obciążenia, gdyż napędzana gazami wylotowymi turbina musi zapewnić większą moc sprężarki, kiedy obciążenie rośnie, lub sprężarka przekracza granicę pompowania, gdy obciążenie spada. Rozwiązaniem tego problemu jest sterowanie upustem i oczywiście specjalna konstrukcja sprężarki dla dużych wartości przepływu objętościowego po stronie sprężania.

Sprężarki w silnikach DEUTZ odpowiadają potrzebom zmieniających się właściwości CBM i CMM. Zastosowanie takiej technologii powoduje uzyskanie sprawności elektrycznej η_{el} na poziomie większym niż 40%. W celu osiągnięcia takiej sprawności należy wziąć pod uwagę wiele sprzecznych czynników. Są to na przykład warunki otoczenia: temperatura i wysokość instalacji nad poziomem morza, czy cykle konserwacji silnika.

Seria silników TCG 2032 przewidziana jest na 64 000 godzin pracy od początku eksploatacji do generalnego remontu.

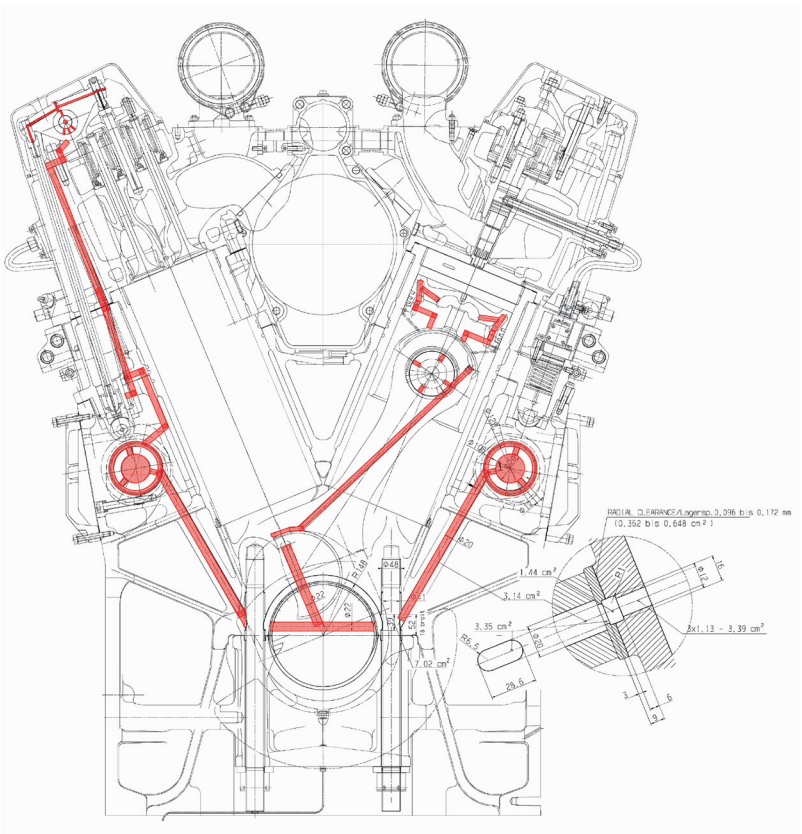
supply of natural gas as pilot fuel. For changing the spark plugs with pre-chamber engines it is typically necessary to remove numerous parts of the cylinder structure, after it has cooled down for several hours. With the open chamber technology, spark plugs can last for up to 5000 hours, changing them requires only minutes.

General Technical Data of the TCG 2032 series: Four Stroke, Otto-Cycle, Open Combustion Chamber, Lean – Burn, Multi Gas Mixer.

Bore / Stroke:	260 mm / 360 mm
Cylinder Arrangement:	V, 45°
Number of Cylinders:	12, 16
rpm:	900 (60 Hz) / 1000 (50 Hz), anti-clockwise
Piston Speed:	9.6 m/s / 10.7 m/s

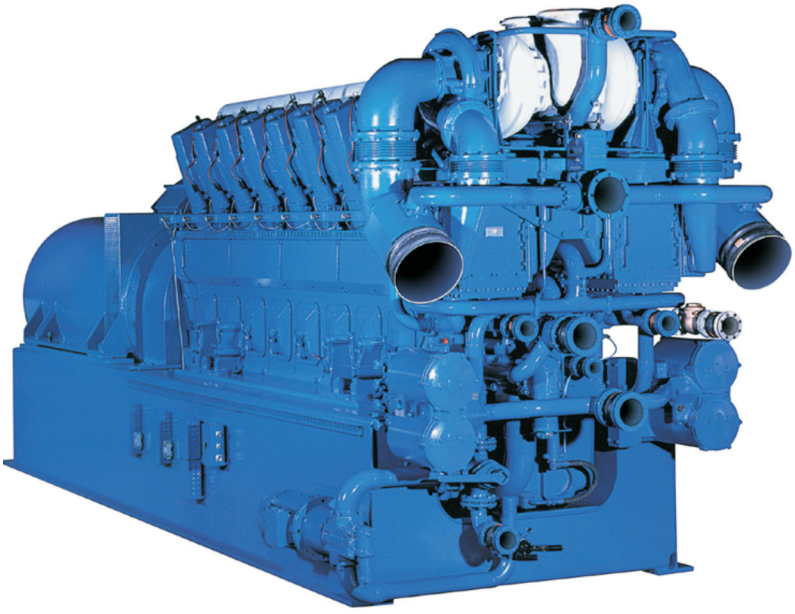
Generally working to the Otto-Cycle, the TCG 2032 (Fig. 6, 7) and TCG 2020 series engines feature Miller-Cycle valve timing. Basically the Miller-Cycle timing effects an expansion of the gas-air mixture in the combustion chamber before the spark ignition. As a consequence the mixture cools down and consequently the heat balance is considerably improved and so is the mechanical and electrical efficiency.

Miller-Cycle timing, however, normally reduces the calorific input to the cylinders by appr. 25% because of its shorter valve timing. As a counter measure the compression of the mixture in the turbo charger has to be increased to compensate those losses. This becomes increasingly difficult with lean CBM and CMM because of the relatively high volume



Rys. 6. Budowa silnika serii DEUTZ TCG 2032

Fig. 6. Engine design of the DEUTZ TCG 2032 series



Rys. 7. Głowica i zespół prądotwórczy DEUTZ TCG 2032 V12

Fig. 7. Cylinder head unit and generating set DEUTZ TCG 2032 V12

Zwiększenie tej wartości do 80 000 godzin jest możliwe, jednakże istotne jest utrzymanie odpowiednich proporcji pomiędzy mocą wyjściową, sprawnością i żywotnością silnika. Zarówno wydajność silnika, jak i jego obsługa, określają wartość ekonomiczną całej instalacji CBM/CMM. Dlatego konieczne jest dla każdego projektu indywidualne określenie poziomu optymalnej wydajności przy minimalnych nakładach serwisowych. Z tego względu, że gazy CBM/CMM nie są paliwami standaryzowanymi, warunki eksploatacji różnią się między poszczególnymi realizacjami. Podobnie różnią się wymagania dotyczące emisyjności i warunków sieci energetycznej.

Zwykle silniki wykorzystujące obieg Millera pracują z siecią energetyczną w trybie równoległym, dlatego krótkie zaniki napięcia sieciowego trwające milisekundy nie stanowią problemu. Również całkowity zanik zasilania sieciowego nie jest niebezpieczny dla silnika, ponieważ w systemie TEM zastosowany został proces odłączenia obciążenia. Ponowne uruchomienie silnika nie jest skomplikowane, gdyż po wystąpieniu odłączenia obciążenia parametry są automatycznie przywracane do ich stanów początkowych.

Z doświadczeń firmy DEUTZ Power Systems dotyczących zastosowania metanu kopalnianego CMM/CBM wynika, że silniki utrzymują się w zaplanowanych tolerancjach dotyczących gwarantowanej wydajności i planowanych działań serwisowych, jeśli warunki pracy systemu zostały dokładnie przeanalizowane, i na ich podstawie dobrany został silnik i jego parametry. Doświadczenie pokazuje, że w niektórych przypadkach wydajność systemu jest nawet większa niż ostrożnie zaplanowana przez naszych inżynierów.

Na przykład, gaz koksowniczy jako bardzo trudne paliwo z uwagi na dużą zawartość H_2 i dużej ilości zanieczyszczeń, wymógł powstanie w firmie DEUTZ Power Systems zmodyfikowanej wersji silnika TCG 2032 o większej wydajności niż silnik zasilany gazem ziemnym i serwisowany

flow that has to be compressed. Also load changes become more difficult, since the exhaust driven turbine of the turbocharger (TC) has to provide more power to the compressor if the load rises, or falls into pumping if load is taken away. The solution to this are governed bypasses of the TC and of course a specially designed TC for high volume flows on the compressor side.

The TC's of DEUTZ engines specially respond to those needs of changing CBM and CMM properties. These combined measures regularly result in an electrical efficiency η_{el} of better than 40%. To achieve this better than 40% target, many conflicting requirements have to be taken into account. Such are for example ambient conditions as temperature, installation height above sea level and last not least the maintenance cycle of the engine.

The TCG 2032 engine series is scheduled for a total of 64,000 operation hours from start of operation to general overhaul. A further improvement to 80,000 hours is at hand, however, a sensitively adjusted balance between power output, efficiency and life cycle of the engines is mandatory to meet the requirements of the operator and generator.

Both the engine efficiency and the excellent maintenance performance of a continuously operating engine determine the economical value of the whole CBM/CMM plant.

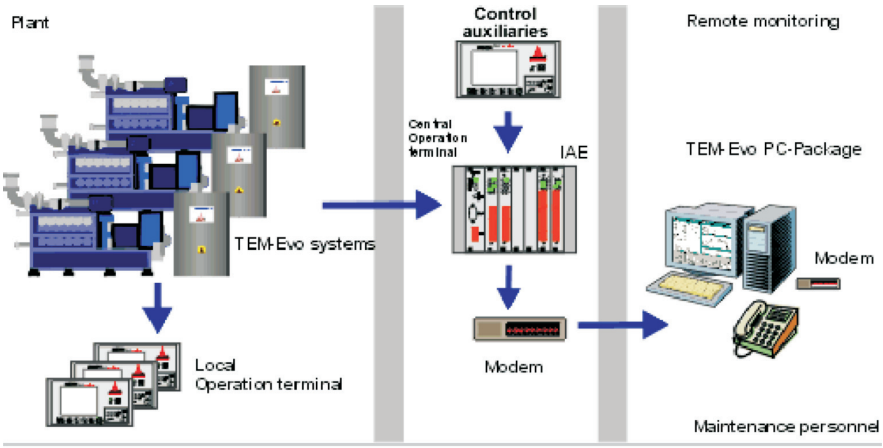
Therefore it is essential to determine individually on a project related base, where the technical break-even between optimum efficiency and minimum maintenance takes place.

Since CBM/CMM gases are not coming as standardised fuels, conditions do vary from project to project. Also emission requirements may vary and so do grid conditions.

Generally Miller-Cycle engines preferably operate in a parallel-to-grid mode. Short lapses of the grid of several milliseconds are no problem. Also complete loss of mains is not problematic for the engines because of the load rejection process implemented in the TEM system. Re-starting the engine becomes fairly easy, since in the case of load rejection the parameters are automatically set back to starting position.

According to DEUTZ Power Systems´ experience in our CMM / CBM projects the engines stay within the scheduled tolerance of warranted efficiency and scheduled maintenance steps, once the project conditions have been thoroughly investigated and thereby determined the engine's design and performance data. Experience has it that in some cases the performance turns out to be even better than scheduled, due to the conservative approach of our engineers.

For example coke gas as an extremely difficult fuel, because of its high H_2 content and massive impurities, has led DEUTZ Power System to a specially adapted version of TCG 2032, with a better efficiency than on natural gas and maintenance steps taking place only semi-annually, including the changing of spark plugs.



Rys. 8. Zespół prądotwórczy, system TEM, zdalne monitorowanie

Fig. 8. Generating set, TEM system, remote monitoring

w okresach półrocznych, wliczając w to wymianę świec zapłonowych.

5. Eksploatacja, serwis i użytkowanie

Zespoły prądotwórcze DEUTZ Power Systems mogą być całkowicie sterowane na odległość. Nowoczesne techniki modemowe w połączeniu z systemem DEUTZ TEM pozwalają obsłudze monitorować wszystkie parametry pracującego zespołu. Około 70% wszystkich działań dotyczących wykrywania usterek może być regularnie prowadzane zdalnie.

Firma DEUTZ Power Systems zapewnia gruntowne szkolenie dla personelu w zakresie eksploatacji i zaplanowanych konserwacji urządzenia. Oczywiście, cała obsługa może byś zlecona DEUTZ Power Systems ponieważ firma zapewnia programy obsługowe dla klientów z całego świata.

Pełna dokumentacja systemu TEM EVO jest dostępna na dyskach CD i może być zamówiona pod adresami firmowymi, bądź bezpośrednio u naszych przedstawicieli. Są oni gotowi również udzielić szczegółowych informacji dotyczących produktów DEUTZ Power Systems Service & Products, eksploatacji systemu i innych.

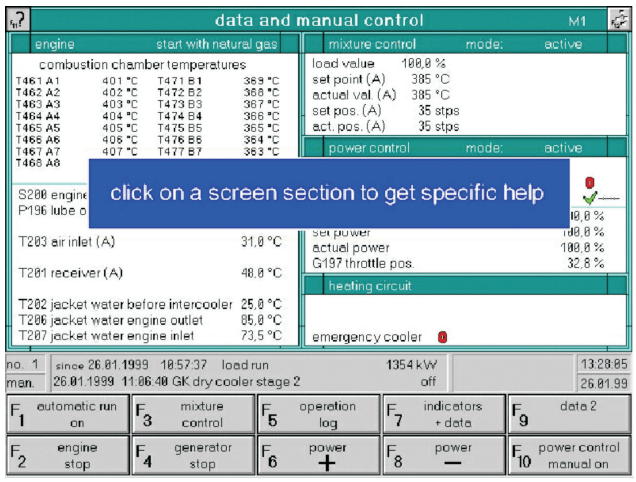
Skróty i oznaczenia

CMM metan pochodzenia kopalnianego / *Coal Mine Methane*
CBM metan pochodzący z pokładów węgla / *Coal Bed Methane*
TEM elektroniczny system zarządzania / *Total Electronic Management*
λ współczynnik nadmiaru powietrza / *air-fuel ratio*

5. Operation, Service and Maintenance

DEUTZ Power System energy generating sets can be totally controlled and operated from remote. Modern modem technology combined with the DEUTZ TEM system enable the operator to both monitor and influence all parameters of the running genset. About 70% of all trouble shooting can be regularly carried out by remote control.

DEUTZ Power System provides thorough training for on-site staff for day-to-day supervision and scheduled maintenance. Of course also the



Rys. 9. Widok ekranu TEM

Fig. 9. Design of the TEM Display

whole operation can be contracted from DEUTZ Power System, as we provide tailored service contracts for customers throughout the world.

A full documentation of the TEM EVO system is available on CD and can be ordered using the contact addresses given at the end of this section, or directly from our colleagues attending the seminar. Also for detailed material on DEUTZ Power Systems Service & Products, such as maintenance plans etc. please approach our colleagues at the seminar or order by mail.

Artykuł recenzowany

Literatura

[1] Zacharias F.: Gasmotoren. Vogel Buchverlag, 2001.
[2] Stellwagen K., Vormstein H., Henn R.: Ökologischer und ökonomischer Einsatz von industriellen und biologischen Sondergasen in Gasmotoren. 4th Dessau Gas Engine Conference, 2-3 Juni 2005.
[3] Lechner Ch., Seume J.: Stationäre Gasturbinen. Springer Verlag, 2002.

Dypl. inż. Guido Droste – DEUTZ POWER SYSTEMS GmbH & Co. KG, Zarządzanie produktami / Badanie rynku, Mannheim, Niemcy.

Mr Guido Droste, Dipl.-Ing. – DEUTZ POWER SYSTEMS GmbH & Co., MM-P Product Management / Market Research, Mannheim, Germany.