

EGR dla czystości spalin



DLA WYJAŚNIENIA PRZYCZYŃ UŻYWANIA ZAWORÓW RECYRKULACJI SPALIN W STEROWANIU SILNIKÓW KONIECZNE JEST PRZEDSTAWIENIE PODSTAWOWYCH REGUŁ TWORZENIA MIESZANKI PALIOWO-POWIETRZNEJ ULEGAJĄCEJ SPALENIU W CYLINDRZE

Zależnie od obiegu termodynamicznego silniki spalinowe można podzielić na trzy rodzaje. Pierwszym jest obieg Otta z 1876 roku z doprowadzeniem ciepła w stałej objętości. Stanowi on teoretyczny pierwowzór obiegu spotykanego w dzisiejszych czterosurowych silnikach z zapłonem iskrowym (zasilanych benzyną). Drugi – to obieg Diesla z doprowadzeniem

ciepła przy stałym ciśnieniu. Stanowi on pierwowzór silnika z zapłonem samoczynnym, którego wynalazcą był Rudolf Diesel (1897). Trzecim z obiegów jest obieg łączący cechy dwóch poprzednich, czyli obieg Seiliger-Sabathego. Polega on na doprowadzeniu ciepła początkowo w stałej objętości, a następnie – przy stałym ciśnieniu. Obieg ten nazywany jest

też obiegiem mieszanym i stanowi teoretyczny model obiegu dla nowoczesnych, szybkoobrotowych silników z zapłonem samoczynnym.

Opisane teoretyczne modele przedstawiają przemiany dla gazów doskonałych, bez strat i w całkowicie szczelnych cylindrach. W rzeczywistości obiegi termodynamiczne nieco się różnią. Można przyjąć w uproszczeniu, że silniki z zapłonem iskrowym pracują według obiegu Otta, natomiast z zapłonem samoczynnym – według obiegu Diesla. Podstawową różnicę stanowią ciśnienia osiągane podczas sprężania gazów w cylindrze oraz moment doprowadzenia paliwa potrzebnego do wytworzenia mieszanki. Wynika to również z samych właściwości spalanego paliwa.

Mieszanka paliwowo-powietrzna spalana w silnikach z zapłonem iskrowym wymaga do zapłonu iskry, więc nie potrzebuje tak wysokiego ciśnienia sprężania, jak olej napędowy, który z założenia ma ulec samozapłonowi. Samozapłon oleju napędowego jest skutkiem wysokiej temperatury osiąganego w cylindrze przez podniesienie ciśnienia do odpowiednio wysokiej wartości.

Spalanie mieszanki

Aby paliwo zostało spalane, konieczna jest odpowiednia ilość tlenu dostarczanego w doprowadzonym do silnika powietrzu. Stworzenie idealnych warunków do spalania mieszanki wymaga uzyskania proporcji stechiometrycznej, czyli takiej, która gwarantuje dokładne spalenie całego biorącego udział w procesie paliwa. W przypadku benzyny na 1 kg paliwa powietrza powinno przypadać 14,7 kg powietrza, natomiast w przypadku oleju napędowego wartość ta wynosi 14,5 kg powietrza na 1 kg paliwa.

Współczynnik lambda (λ) składu mieszanki

Współczynnik lambda jest podstawową wielkością charakteryzującą skład mieszanki paliwowo-powietrznej. Jest to stosunek rzeczywistej masy powietrza, w której spalane jest paliwo, do ilości potrzebnej do całkowitego jego spalenia (ilość stechiometryczna). Stechiometryczną ilość powietrza można obliczyć przez równania reakcji chemicznych.

W przypadku, gdy w spalaniu bierze udział dokładnie stechiometryczna ilość powietrza, mówimy, że współczynnik lambda (λ) równy jest 1. Jeśli powietrza jest w mieszance zbyt dużo, powstaje mieszanka uboga o wartości $\lambda > 1$. W mieszance bogatej występuje nadmiar paliwa, a jej współczynnik $\lambda < 1$. Wynika to ze wzoru na współczynnik λ :

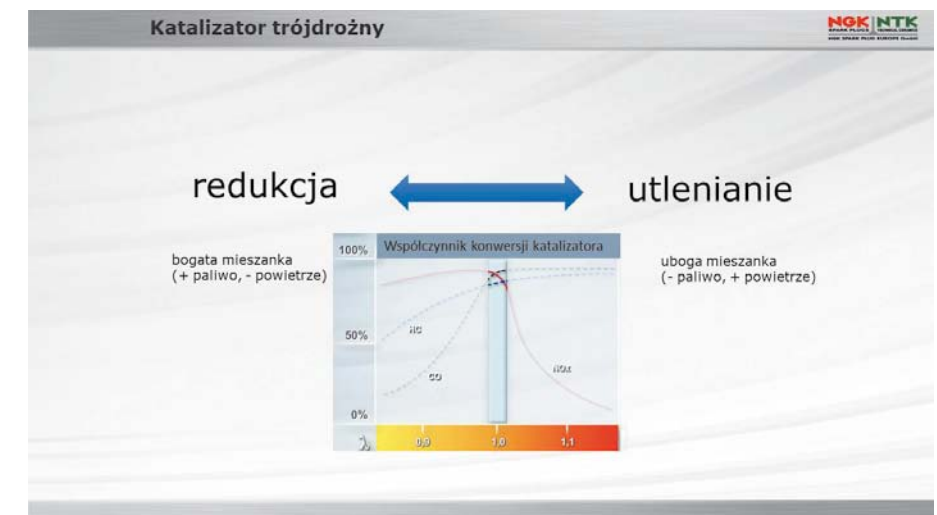
$$\lambda = \frac{L}{L_t}$$

gdzie:

L – rzeczywista masa suchego powietrza, w którym następuje spalanie paliwa;
 L_t – teoretyczne zapotrzebowanie na suche powietrze.

FOT: NGK

FOT: NGK



Współczynnik λ może też być obliczony na podstawie analizy spalin. W tym celu korzysta się z następującego algorytmu:

$$\lambda = \frac{21}{21 - 79 \frac{O_2 - 0,5 CO}{N_2}}$$

gdzie:

O_2 , N_2 , CO – udział objętościowy danych gazów w spalinach

Dlaczego współczynnik λ jest ważny?

Silniki o zapłonie iskrowym nie pracują dobrze na mieszankach ubogich. W takich przypadkach wzrasta temperatura spalin, a samo spalanie jest wydłużone podczas rozprężania się gazów nad tłokiem. Powoduje to znaczny wzrost temperatury na wszystkich przeszkodach znajdujących się na drodze gazów wylotowych, czyli przede wszystkim w okolicach zaworów wydechowych oraz ich gniazd, skutkując ich zwiększonym obciążeniem cieplnym i ryzykiem trwałego uszkodzenia.

W silniku wysokoprężnym współczynnik nadmiaru powietrza nie jest tak istotny – tu zapłon paliwa następuje samoczynnie, a silnik cały czas pracuje na mieszance ubogiej. Stanowi to istotną różnicę pomiędzy tymi silnikami. Duży udział tlenu w masie ładunku sprzyja powstawaniu tlenków azotu, co eliminuje się poprzez układy recyrkulacji spalin.

Spalanie stechiometryczne w bardzo wąskim zakresie regulacji współczynnika lambda w granicach od 0,997 do 1,003 umożliwia utrzymanie odpowiedniego składu spalin.

Rola zaworu EGR

Podczas procesu spalania wytwarzane są tlenki azotu (NO_x). Powstają one, gdy wysoka temperatura spalania umożliwia połączenie azotu i tlenu obecnych w mieszance paliwowo-powietrznej. Aby ograniczyć emisję tych szkodliwych substancji, zawór EGR odbiera spaliny z kolektora wydechowego i wprowadza je ponownie do kolektora dolotowego, mieszając je ze świeżym powietrzem. W efekcie zmniejsza się ilość tlenu w powietrzu zasysanym przez silnik, powodując obniżenie temperatury spalania i emisji tlenków azotu w spalinach.

Istnieją trzy podstawowe typy zaworów EGR:

- ▶ pneumatyczne zawory EGR wyposażone w membranę sterowaną podciśnieniem – zawory te umożliwiają uzyskanie wyższego natężenia przepływu, które jest wymagane w nowszych silnikach wysokoprężnych;
- ▶ elektryczne zawory EGR obsługiwane za pomocą zintegrowanej elektroniki – są kontrolowane bezpośrednio przez sterownik silnika i mogą być regulowane z dużą większą precyzją;
- ▶ elektryczne zawory EGR wyposażone w jednostkę chłodzącą, która dodatkowo obniża temperaturę spalin.

Zawory EGR z oferty NGK poddawane są testom w ekstremalnych warunkach. Obejmują one: badanie szoku termicznego w temperaturach od $-40^\circ C$ do $150^\circ C$, szczelność zaworów, komór i układu chłodzenia, a także opór elektryczny i cykl życia.