

# Technika wpływająca na obniżenie zużycia paliwa i toksyczność spalin

Branża motoryzacyjna zawsze znajduje się w centrum uwagi, kiedy rozważane są limity dotyczące emisji dwutlenku węgla.

Emisja dwutlenku węgla z układów wydechowych nowych samochodów osobowych przedstawia się następująco – od 2012 roku nie może przekroczyć 130 g/km. Norma ta będzie systematycznie zaostrzana, do 95 g/km w roku 2020.

W publikacji tej przedstawiamy techniki, które wpływają na obniżenie toksyczności spalin i zużycia paliwa w obowiązujących normach Euro 5 i Euro 6.

## Filtry cząstek stałych (FAP), selektywna redukcja katalityczna (SCR) oraz recyrkulacja gazów spalinowych (EGR)

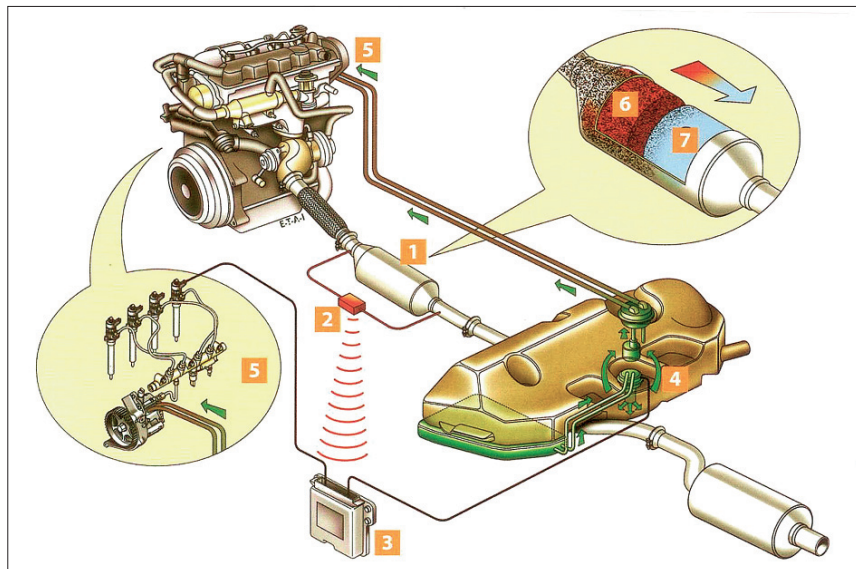
Cząstki stałe tworzą się w trakcie procesu spalania, głównie w silnikach wysokoprężnych, w wyniku niecałkowitego spalania. Filtr cząstek stałych zamontowany jest w układzie wydechowym. Jego budowa przypomina standardowy reaktor katalityczny silnika (ZL). Głównym jego zadaniem jest to, aby do atmosfery nie przedostawały się mieszaniny gazów i sadzy.

zastosowano po raz pierwszy w 1997 roku w samochodzie osobowym Fiata (Alfa Romeo 156 JTD). System ten charakteryzuje się bardzo wysokimi ciśnieniami wtrysku paliwa do komory spalania. W poszczególnych generacjach to ciśnienie wynosiło: 1350, 1600, 1800, 2000 i 2500 barów.

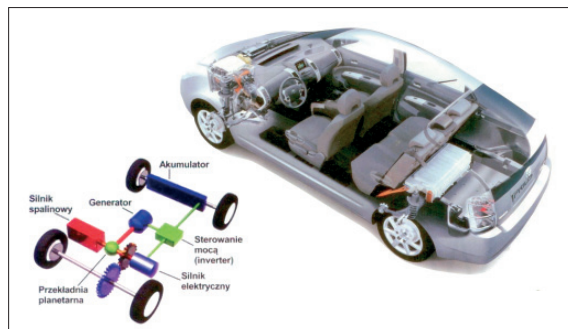
Podobny system z bezpośrednim wtryskiem paliwa sterowanym elektronicznie wprowadzono w silnikach z zapłonem iskrowym. Pierwsza była Carisma w 1996 roku firmy Mitsubishi z ciśnieniem wtrysku paliwa 50 barów. Następne firmy, które wprowadziły ten system to: Toyota (D4), Renault (IDE), Peugeot (HPI), Volkswagen (FSI), Mercedes (CGI) – tam ciśnienie zwiększono do 110 do 200 barów.

W pierwszych generacjach systemu common rail stosowano wtryskiwacze elektromagnetyczne. Jednak czas uruchamiania igły rozpylacza był zbyt długi, aby spełnić już obowiązującą normę Euro 6. Zastosowano więc wtryskiwacze piezoelektryczne.

Efekt piezoelektryczny polega na bardzo szybkiej, trwającej ułamki milisekund (0,1 ms) zmianie zewnętrznych wymiarów kryształu kwarcu pod wpływem przyłożonego z zewnątrz ładunku elektrycznego. Ten krótki czas reakcji (0,1 ms) jest główną zaletą wtryskiwaczy piezoelektrycznych, który umożliwiają podział dawki wtrysku paliwa



System filtra cząstek stałych (sadzy) stosowany przez grupę PSA. Może on pracować jedynie w silnikach wyposażonych w zasilanie common rail, czyli takich, w których dawka paliwa i sposób jej podawania mogą być dobrane do chwilowych wymagań układu filtracyjnego. Najistotniejszą jest możliwość okresowego zwiększenia dawki paliwa i takiej zmiany jej punktu wtrysku, aby podwyższyć temperaturę spalin ze standardowych 400-500°C do ponad 600°C. Pomaga w tym także okresowe podawanie odpowiedniego dodatku do paliwa. 1 – zespół wstępnego katalizatora i filtra cząstek stałych, 2 – czujniki temperatury i ciśnienia, 3 – sterownik silnika, 4 – wtryskiwacz dodatku do paliwa podający go w zależności od potrzeb do przewodu paliwowego w obrębie zbiornika paliwa, 5 – układ common rail – do wtryskiwaczy wędruje odpowiednia informacja o wtrysku dodatkowym zwiększającym temperaturę spalin, 6 – wstępny katalizator, 7 – filtr cząstek stałych.



Sercem układu napędowego Priusa jest przekładnia planetarna, która łączy ze sobą silnik tłokowy, dwie maszyny elektryczne oraz wyjście mocy w kierunku przekładni głównej i mechanizmu różnicowego, działającego już w sposób zupełnie klasyczny. Gałosź połączona w jednej obudowie wyglądającej jak skrzynia biegów w samochodzie z przednim napędem. Akumulatory, stosunkowo niewielkie, mieszczą się w bagażniku. Pokazana wyżej przekładnia planetarna pochodzi nie z Priusa, ale ze znacznie mocniejszego Lexusa RX 400h, mimo to ma średnicę raptem ok. 20 centymetrów.

SCR – to system wtrysku mocznika do układu wydechowego. Do spalin wtryskuje się 32,5-procentowy wodny roztwór mocznika o handlowej nazwie AdBlue. Mocznik AdBlue powoduje rozpad tlenu węgla i tlenków azotu na parę wodną i dwutlenek węgla.

EGR – tj. recyrkulacja gazów spalinowych, polega na skierowaniu części gazów z układu wydechowego z powrotem do cylindra (przez zawór ssący) i poddaniu procesowi ponownego spalania. Powtórne przepalenie części spalin redukuje ilość węglodorodów i rozбивia związki azotu.

Te ww. systemy oczyszczania spalin przyczyniają się do tego, że po drogach poruszają się coraz czystsze dla środowiska pojazdy spełniające aktualnie obowiązującą normę Euro 6.

## System wtrysku bezpośredniego common rail. Wtryskiwanie piezoelektryczne

Silniki z systemami wtrysku common rail (tłum. wspólna magistrala, wspólna szyna)

na kilka wtrysków częściowych w jednym cyklu. Właśnie ta wielofazowość wtrysku, wtryski: wstępne, zasadnicze i dopalające, udoskonalają proces spalania, zmniejszają hałas, kształtują moc i moment obrotowy, obniżają emisję spalin i zużycie paliwa.

Ponadto stosowanie bardzo wysokich ciśnień 2000 i 2500 barów w ostatnich generacjach sprawia, że olej napędowy rozpylany jest drobnie, spala się łatwiej i dokładniej, co powoduje, że silniki Diesla są oszczędne, dynamiczne i przyjazne dla środowiska.

## Reaktory katalityczne i sondy lambda w silnikach z zapłonem iskrowym

Rozwój motoryzacji przyniósł nie tylko nowe rozwiązania techniczne, technologiczne, ale również zagrożenia dla naszego środowiska.

Wprowadzane coraz surowsze normy dotyczące emisji spalin silnika wymusiły na producentach stosowanie w układzie wylotowym systemów obniżających stężenie składników toksycznych w spalinach.

Jednym z nich jest reaktor katalityczny (katalizator spalin), do którego wchodzi takie składniki spalin, jak: tlenek węgla, węglowodory, tlenki azotu oraz dwutlenek węgla. Natomiast w wyniku redukcji i utleniania po przejściu przez monolit ceramiczny, który pokryty jest cienką warstwą metali szlachetnych, takich jak: pallad, rod, platyna, z reaktora wychodzą takie składniki niebezpieczne, jak dwutlenek węgla, para wodna oraz azot.

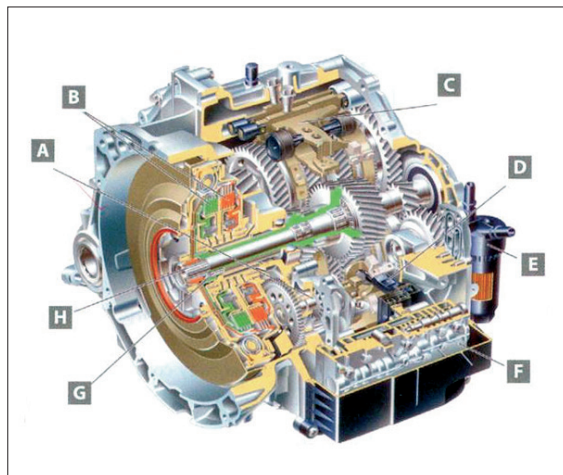
Aktualnie reaktory katalityczne są wyposażone w dwie sondy lambda reagujące tylko na ilość tlenu w spalinach. Sygnał z sondy trafia do sterownika silnika, który na tej podstawie określa, czy proces spalania przebiega prawidłowo i oblicza dawkę paliwa, która ma trafić do wtryskiwacza i dalej do cylindrów, aby otrzymać mieszanek

o najbardziej ekonomicznym składzie, czyli mieszanek stechiometryczną ( $\lambda = 1$ ).

## Turbodoladowanie – odzyskiwanie energii

W turbodoladowaniu wykorzystuje się energię spalin do napędu turbiny (ma ona od 100 do 200 tys. obr./min., a nawet i więcej), która napędza sprężarkę osadzoną na tym samym wałku.

Sprężarka tłoczy sprężone powietrze poprzez chłodnicę powietrza (intercooler) do silnika przez zawory ssące. Sprężone powietrze zawiera więcej tlenu, stwarzając lepsze warunki dla procesu spalania, zwiększając moc silnika oraz redukując znacząco ilość emitowanych zanieczyszczeń i podnosząc jego sprawność.



Sześcibiegowa, automatyzowana przekładnia DGS z dwoma mokrymi sprzęgłami wielopłytowymi współpracującą z silnikiem montowanym poprzecznie. A – pompa oleju, B – dwa mokre sprzęgła, C – mechanizm zmiany biegów sterowany hydraulicznie, D – czujnik pozycji biegu, E – wysokociśnieniowy filtr oleju, F – zespół mechatroniczny, G – zewnętrzny wałek wejściowy (biegi 2., 4. i 6.), H – wewnętrzny wałek wejściowy (biegi 1., 3. i 5.).

Aktualnie turbosprężarki występują w różnych konfiguracjach i mają różne systemy sterowania, np.

- Turbo typu „twin-scroll”, gdzie spaliny ze wszystkich cylindrów łączą się dopiero na samym wirniku turbiny;
- Bi-turbo – to doladowanie za pomocą dwóch mniejszych turbosprężarek zamiast jednej dużej;
- Turbo sekwencyjne – występują tutaj dwie turbosprężarki: mała działająca przy wolnych obrotach i duża na wyższych;
- Turbo + kompresor – doladowanie mechaniczne ma doskonałą reakcję na wolnych obrotach, a turbosprężarka włącza się przy wyższych obrotach (VW 1.4 TSI);
- Turbosprężarki VGT – gdzie zmienność parametrów jest realizowana przez zmianę kąta nachylenia łopatek kierujących spaliny na wirnik turbiny. Opóźnienie reakcji (turbodziura) w tej turbosprężarce jest minimalne, gdyż przy niskich obrotach następuje przyspieszenie strumienia spalin, co powoduje wzrost obrotów turbosprężarki.

Reasumując, turbosprężarka wspomaga jednostkę napędową, powodując zmniejszenie jej obciążenia, a co za tym idzie – zapotrzebowanie na paliwo.

## Downsizing

### (mniejsza pojemność skokowa)

W technice motoryzacyjnej przyjęło, że określenie to odnosi się do zastępowania większego układu napędowego mniejszym o tych samych parametrach. Downsizing umożliwia zastosowanie w miejsce większej jednostki napędowej jednostki mniejszej, o mniejszej pojemności skokowej, także o mniejszej liczbie cylindrów, wyposażoną w turbosprężarkę, system zmiennych faz rozrządu i bezpośredni wtrysk paliwa.

Jednocześnie znacząco zmniejszyły się masa i wymiary tych jednostek, powodując

mniej oporów, a co za tym idzie – mniejsza ilość zanieczyszczeń w spalinach i mniejsze zużycie paliwa. Downsizing stał się standardem i będzie rozwijany dalej.

### oleje silnikowe zmniejszające tarcie

Wprowadzenie normy Euro 5 i już obowiązującej obecnie Euro 6 zmusiły producentów jednostek napędowych do zastosowania wydajnych systemów oczyszczania spalin (filtry FAP, SCR i inne).

Producenci olejów wprowadzili także nowe technologie pozwalające zmniejszyć tarcie wewnętrzne w silniku – wytwarzając oleje typu Low SAPS (niskopopiołowe), np. oleje ACEA E6 i ACEA E9 pozwalają zmniejszyć zużycie paliwa w granicach od 2,5 do 3%.

Obecnie istnieją tendencje polegające na stosowaniu olejów o niskich lepkościach, np.

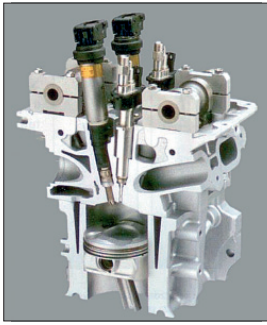
0W-30, 0W-20, 5W-30. Otóż niższa lepkość to mniejsze opory ruchu części w silniku i większa oszczędność paliwa. Należy jednak pamiętać, że przy bardzo niskiej lepkości olej traci zdolności do przenoszenia nacisków przez film olejowy, co powoduje szybsze zużycie mechaniczne. Przy doborze olejów należy jednak kierować się rekomendacją producentów samochodu.

Wyżej wymienione klasy lepkości olejów mogą być zastosowane w silnikach, gdzie występują ciśniejsze pasowania współpracujących elementów, np. w autach firmy Ford.

### Opony o zmniejszonym oporze toczenia

Zmniejszony opór toczenia to mniejsze zapotrzebowanie na paliwo i większa możliwość oszczędzania, stąd wprowadza się systemy kontroli ciśnienia powietrza w ogumieniu i nowoczesną gamę materiałów.

Podczas opracowania nowych konstrukcji ogumienia stawiany jest cel: obniżenie



Układ wtryskowy II generacji BMW HPI (High Precision Injection). Wtryskiwacz piezoelektryczny ustawiony jest pionowo w tradycyjnym miejscu świecy zapłonowej.

oporów toczenia, zmniejszenie hałaśliwości, ograniczenie ścieralności, krótsza droga hamowania, większe przebiegi i mniejsze zużycie paliwa.

Przykłady konstrukcji opon energooszczędnych:

- Michelin Primacy 3 – w oponie tej zastosowano nową, opatentowaną mieszankę gumy, która zawiera w sobie różne elastomery, środki wzmacniające na bazie krzemionki oraz żywcowe substancje zmiękczające;
- Yokohama Geolandar – opona opracowana w technologii Blu Earth – mieszance nano Blend łączącej polimer z drobną krzemionką, co pozwala na zwiększenie powierzchni styku opony z nawierzchnią. Ta mieszanka nano Blend przyczyniła się do zmniejszenia zużycia paliwa przez pojazd oraz wydłużenia trwałości opony.

### Zmniejszanie masy samochodu

Rezerwy umożliwiające zmniejszenie masy pojazdu występują nie tylko w konstrukcji nadwozia. Także elementy silnika, układu napędowego i podwozia wykonane

z materiałów lżejszych niż typowa stal czy żeliwo pozwalają zaoszczędzić wiele kilogramów.

Ostatnimi czasy zarysował się kolejny kierunek projektowania aut, gdzie coraz bardziej wykorzystuje się niżej wymienione materiały:

- stopy aluminium,
- stopy magnezu,
- tworzywa sztuczne,
- stale o podwyższonej wytrzymałości.

Obecnie głowice i kadłuby silników wykonywane są ze stopów aluminium. Np. kadłub 6-cylindrowego silnika (ZS) odlanego ze stopu aluminium może ważyć o 35 kg mniej niż jego żeliwny odpowiednik, a kompletny silnik nawet o 50 kg mniej. W nowoczesnych autach każde 100 kg „nadwagi” to zwiększone zapotrzebowanie na paliwo – od 0,2 do 0,6 (l/100 km).

Masa pojazdu jest także głównym czynnikiem decydującym o wielkości emisji dwutlenku węgla.

### Aerodynamika pojazdu

Aerodynamiczny kształt nadwozia pojazdu pozwala na oszczędność w zużyciu paliwa, zwłaszcza przy większych prędkościach. Powszechnie używa się współczynnika oporu powietrza, który jest wielkością bezwymiarową i opisuje doskonałość aerodynamiczną samochodu. Zależy on głównie od kształtu samochodu. Także ważną składową jest tutaj powierzchnia czołowa pojazdu. Właśnie te dwie wielkości mówią o opo-



Przekrój konwertera katalizacyjnego.

rze aerodynamicznym, jaki stawia dana konstrukcja.

Warto przypomnieć również, że opór wzrasta wprost proporcjonalnie do kwadratu prędkości. Ważne w ukształtowaniu nadwozia jest także podwozie, gdzie również tworzą się zawirowania powietrza. I tak w kompaktowych autach zmniejszenie współczynnika z 0,32 do 0,30 obniża zużycie paliwa o 0,2 (l/100km).

### Nowoczesne, automatyczne skrzynie biegów DSG

Skrzynia biegów DSG posiada dwa sprzęgła – jedno do biegów parzystych, drugie do nieparzystych. Jej praca polega na wykorzystywaniu dwóch przekładni. Pozwala to bardzo skrócić czas potrzebny do zmiany biegu, gdyż w gotowości czeka już kolejne przełożenie.

To właśnie minimalizacja czasu zmiany przełożenia jest główną zaletą skrzyni DSG, co przekłada się na oszczędność paliwa do 10% w stosunku do konwencjonalnych przekładni automatycznych.

### System start-stop

System start-stop wyłącza silnik, kiedy samochód na chwilę zatrzymuje się, np. przed sygnalizacją świetlną, a następnie uruchamia go, gdy kierowca będzie chciał ruszyć i naciśnie pedał sprzęgła.

Ten innowacyjny system został wprowadzony przez producentów pojazdów, którzy jak najbardziej starają się obniżyć emisję spalin. Według cyklu pomiarowego ECE15 system ten zmniejsza zużycie paliwa (nawet o 8%) oraz emisję dwutlenku węgla.

Nadmienić należy, że system start-stop wymaga odpowiednio wzmocnionego rozrusznika i akumulatora (odpornego na dużą liczbę cykli rozruchu) oraz systemu elektronicznego, który monitoruje cały układ.

### Napęd hybrydowy

Napęd hybrydowy w pojazdach samochodowych polega na połączeniu dwóch

silników, np. elektrycznego ze spalinywym w zespolonej jednostce napędowej. Poprzez odpowiednie sterowanie uzyskuje się optymalne wykorzystanie mocy i zalet obu silników. Powyższy układ zapewnia lepsze osiągi przy jednoczesnym znacznym ograniczeniu zużycia paliwa i zmniejszeniu emisji toksycznych składników spalin oraz hałasu.

### Konkluzje

Nowoczesny samochód naspikowany jest elektroniką, która dba o wszystkie układy pojazdu. Jednak trwałość i niezawodność wszystkich systemów i urządzeń mechanicznych zależy głównie od sposobu eksploatacji. W przypadku nowoczesnych silników należy ściśle przestrzegać zaleceń producenta. Nawet krótkotrwałe zastosowanie innych produktów eksploatacyjnych może doprowadzić do poważnych awarii.

Opisane nowe technologie i systemy oprócz ogromnych zalet ekologicznych posiadają także wady. Np. w napędach hybrydowych jest to wysoka cena pojazdu oraz koszty związane z serwisami i naprawami. Ponadto akumulatory są drogie, a ich czas eksploatacji jest krótki.

W systemie wtrysku common rail części wtryskiwaczy i pomp wysokiego ciśnienia wykonane są z dokładnością do 0,001 mm, co wymaga doskonałej jakości paliwa i odpowiedniego stylu jazdy, aby uniknąć ogromnych kosztów napraw lub wymiany części.

Ponadto filtry cząstek stałych (FAP) wymagają odpowiedniej eksploatacji i regeneracji, gdzie w przypadku ich zapchania koszty ich wymiany też są wysokie.

Myszę, że przyszość będzie należała do ogniw paliwowych. Honda FCX jest pierwszym seryjnym samochodem z tym napędem. Pojazdy tej konstrukcji zamiast spalin wydzielają do atmosfery jedynie parę wodną.

Opracował:  
Edward Rymaszewski