



Jacek ŁĄCZYŃSKI

PRZEGLĄD METOD MONITOROWANIA REAKTORÓW KATALITYCZNYCH SPALIN W ASPEKCIE KONTROLI ICH SPRAWNOŚCI

Streszczenie

W artykule przedstawiono możliwości diagnozowania reaktorów katalitycznych. Opisano znane metody diagnozowania oraz zwrócono szczególną uwagę na metodę monitorowania reaktora katalitycznego przy wykorzystaniu przyrostu temperatury spalin. Podano przykład realizacji monitorowania tą metodą reaktora. Podano warunki badań oraz zdefiniowano sygnał diagnostyczny. Przedstawiono zależności konwersji składników spalin CO, HC i NO_x od aktywności reaktora katalitycznego. Zilustrowano wyniki pomiarów sygnału diagnostycznego w funkcji aktywności reaktora katalitycznego oraz w funkcji konwersji składników spalin CO, HC i NO_x. Pracę zakończono analizą i oceną przedstawionych metod diagnozowania reaktora katalitycznego.

WSTĘP

Powszechnie stosowanym sposobem ograniczania emisji szkodliwych składników spalin z silników spalinowych jest obok doskonalenia jakości składowych procesów cyklu pracy, stosowanie w ich układzie wylotowym reaktora katalitycznego spalin. Jednak długotrwała eksploatacja reaktorów katalitycznych, przy zasilaniu silnika paliwami o różnej jakości, złożona ich budowa i mała zawartość w nich metali szlachetnych powodują, że reaktory katalityczne łatwo ulegają dezaktywacji, a w konsekwencji ich starzeniu. Wynikiem tych procesów jest wyraźny spadek stopnia utlenienia tlenu węgla i węglowodorów, jak również spadek stopnia redukcji tlenków azotu, co w istotny sposób wpływa na ogólną emisję tych substancji przez monitorowany pojazd do atmosfery. Dlatego też ocena efektywności funkcjonowania reaktora katalitycznego spalin powinna być ciągle monitorowana przez układ diagnozujący pracę pojazdu. Diagnostykę reaktora należy rozpatrywać jako sposób otrzymania informacji o jego stanie rzeczywistym, czyli o jego zdolności do ograniczania emisji substancji toksycznych spalin. Zastosowanie diagnostyki pokładowej (OBD) powoduje wymóg ciągłego stosowania monitoringu skuteczności działania układów odpowiedzialnych za emisję szkodliwych składników spalin. Zarówno w USA jak i w Europie określono kryteria niesprawności pracy reaktorów katalitycznych, które zawsze odnoszą się do dopuszczalnego wzrostu emisji węglowodorów. W USA kryteria te odnoszone są do wyników pomiarów emisji uzyskiwanych w teście FTP 75, natomiast w Europie odnoszone są one do wyników pomiarów emisji uzyskiwanych w teście UDC+EUDC [4, 5].

1. METODY DIAGNOZOWANIA REAKTORÓW KATALITYCZNYCH SPALIN

Jednym z obecnie stosowanych systemów diagnozowania pojazdów samochodowych w aspekcie zmniejszania toksyczności spalin przez nie wydalanych do otoczenia jest system OBD II/EOBD. System ten stanowi zespół testów diagnostycznych oraz procedur obliczeniowych i decyzyjnych, mających na celu ocenę własności emisyjnych (a także bezpieczeństwa) elementów i zespołów pojazdu, których zużycie lub uszkodzenie może wpływać na zwiększenie emisji substancji szkodliwych z pojazdu [1, 2, 5].

Podstawowym zadaniem tego systemu jest ciągły pomiar i monitorowanie podstawowych parametrów pracy układu napędowego, w tym parametrów emisyjnie krytycznych (tzn. takich, które bezpośrednio lub pośrednio wskazują na możliwość wystąpienia zwiększonej emisji z układu wylotowego lub układu zasilania silnika paliwem) [3].

Do zalet systemu OBD II należy zaliczyć [3, 6]:

- monitorowanie pracy układów i zespołów pojazdu bezpośrednio i pośrednio wpływających na emisję substancji szkodliwych,
- wysoka czułość i niezawodność systemu,
- zabezpieczenie pojazdu przed modyfikacjami wpływającymi na emisję substancji szkodliwych,
- natychmiastowa detekcja i informacja kierowcy o przekroczeniu dopuszczalnych emisji,
- powszechny dostęp do informacji diagnostycznych
- możliwość częściowego przejęcia przez system OBD zadań realizowanych przez stacje kontroli pojazdów.

Elementy i podsystemy objęte nadzorem OBD II w zależności od stopnia ich wpływu na emisję zostały podzielone na 3 grupy: o największym wpływie - A, średnim - B i potencjalnym - C.

Reaktor katalityczny wraz z czujnikiem tlenu zakwalifikowane zostały do grupy A o największym ryzyku zwiększenia emisji, w przypadku ich uszkodzenia.

Wszystkie większe firmy samochodowe oraz firmy specjalizujące się w budowie urządzeń diagnostycznych, opracowują własne procedury monitoringu i diagnostyki reaktorów katalitycznych. Obecnie obserwuje się wyraźną tendencję do odchodzenia od metod i urządzeń diagnostycznych wyspecjalizowanych dla określonych marek samochodów na rzecz urządzeń uniwersalnych, które umożliwiają badanie samochodów dowolnej marki.

Metody diagnozowania reaktorów katalitycznych podzielić można na trzy podstawowe grupy [1, 3, 4, 10] (tab. 1):

- metody wykorzystujące czujniki stężeń substancji szkodliwych (bezpośrednia detekcja skuteczności pracy reaktora),
- metody wykorzystujące czujniki stężeń tlenu (detekcja utraty przestrzeni magazynowania tlenu),
- metody wykorzystujące czujniki temperatur (detekcja ilości wydzielonego ciepła).

Obecnie na potrzeby diagnostyki pokładowej rozwijana jest druga i trzecia metoda lub ich kombinacje. Zastosowanie metody bezpośredniej, opartej o pomiary stężeń składników spalin ograniczane jest brakiem trwałych i niezawodnych detektorów, możliwych do ich zastosowania w eksploatowanych pojazdach.

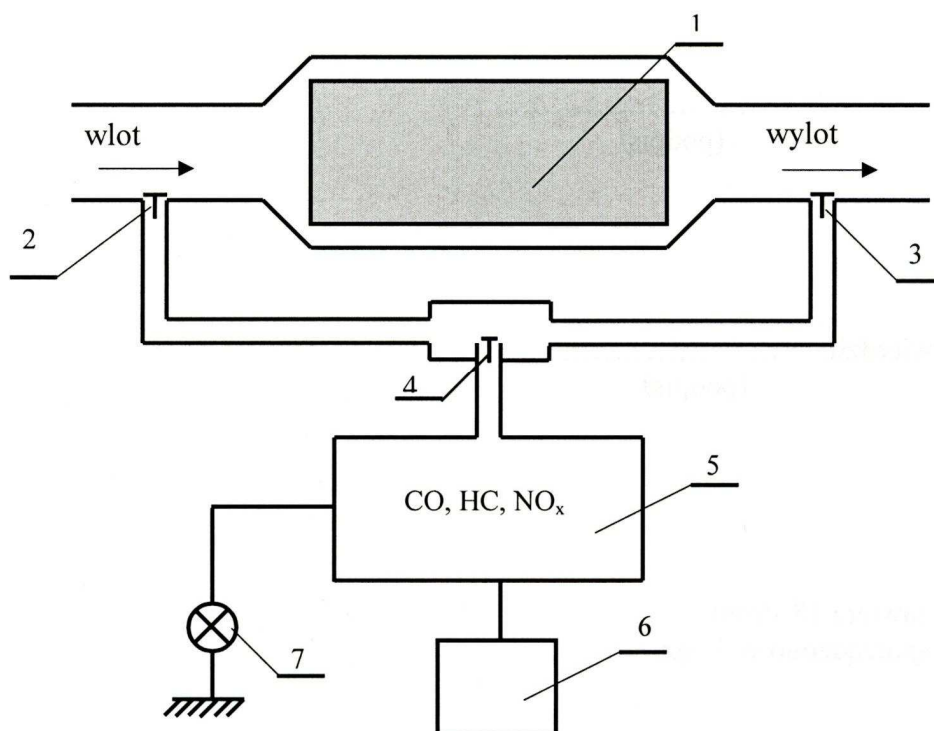
Tab. 1. Zestawienie metod diagnostyki OBD reaktorów katalitycznych spalin [1, 3, 4, 10].

Metoda	Pomiary stężeń CO, HC i NO _x	Pomiary stężeń tlenu	Pomiary temperatur
Czujniki	Czujnik stężeń CO, HC oraz NO _x	Czujniki tlenu HEGO, HUEGO	- termoelementy - rezystory - termistory
Zasada diagnostyki	Utlenianie CO i HC, redukcja NO _x	Pomiar ubytku przestrzeni magazynowania O ₂	Detekcja ilości wydzielonego ciepła
Warunki pracy silnika	Silnik gorący, stany ustalone	Wszystkie warunki pracy silnika	Różne stany ustalone i nieustalone

1.1. Metody diagnozowania reaktorów katalitycznych spalin w oparciu o pomiary stężeń tlenu węgla (CO), węglowodorów (HC) i tlenków azotu (NO_x)

Bezpośrednie pomiary stężeń tlenu węgla CO, węglowodorów HC i tlenków azotu NO_x są najbardziej oczywistą metodą monitorowania efektywności pracy reaktora katalitycznego. Dostępność tej techniki zależy głównie od rozwoju technologii czujników, które mogłyby być stosowane w diagnostyce OBD przy ich racjonalnych kosztach.

Jednym z systemów monitorowania i diagnozy reaktora katalitycznego jest system zaproponowany przez firmę Volkswagen [3, 4]. W pierwszej kolejności, podczas gdy tylko pierwszy zawór jest otwarty, próbki spalin pobierane przed reaktorem wpływają do analizatora spalin gdzie następuje pomiar stężeń tlenu węgla (CO), węglowodorów (HC) i tlenków azotu (NO_x) (rys. 1.). Następnie, gdy tylko drugi zawór jest otwarty, próbki spalin za reaktora wpływają do analizatora spalin gdzie następuje ponowny pomiar stężeń tych trzech składników spalin. Otwieranie zaworów w odpowiednim czasie i kolejności odbywa się za pomocą silnika krokowego. Jeśli wartości stężeń tlenu węgla (CO), węglowodorów (HC) i tlenków azotu (NO_x) zmierzonych za reaktorem są mniejsze od wartości zmierzonych przed reaktorem i odpowiadają one wartościom granicznym dla danego silnika to reaktor uznawany jest za sprawny. Jeśli wartości stężeń tych trzech składników spalin mierzone za reaktorem są zbliżone lub takie same jak wartości zmierzone przed reaktorem to reaktor uważany jest za nieaktywny.



Rys. 1. Schemat ideowy układu monitorującego skuteczność pracy reaktora katalitycznego na podstawie pomiarów stężeń CO, HC i NO_x w spalinach [3, 4]
 1 – reaktor katalityczny, 2 – zawór przed reaktorem, 3 – zawór za reaktorem, 4 – zawór trójdrożny, 5 – analizator spalin, 6 – silnik krokowy, 7 – kontrolna lampka MIL

1.2. Metody diagnozowania reaktorów katalitycznych w oparciu o pomiary stężeń tlenu.

Obecnie najczęściej stosowaną metodą diagnozowania reaktorów katalitycznych spalin jest metoda wykorzystująca konwencjonalne dwustanowe czujniki tlenu. Po wprowadzeniu normy OBD II, współczesne samochody wyposaża się w dwa czujniki tlenu umieszczone w strumieniu gazów wylotowych. Jeden z czujników (sterujący - określa skład mieszanki $\lambda = 1 \pm 0,04$) umieszczony jest na wlocie spalin do reaktora, a drugi (diagnostyczny jest źródłem informacji określającym stan reaktora katalitycznego) umieszczony jest na wylocie spalin z reaktora. Wszystkie obecnie stosowane czujniki tlenu są podgrzewane elektrycznie, co w dużej mierze uniezależnia ich pracę od temperatury spalin [3, 4, 5].

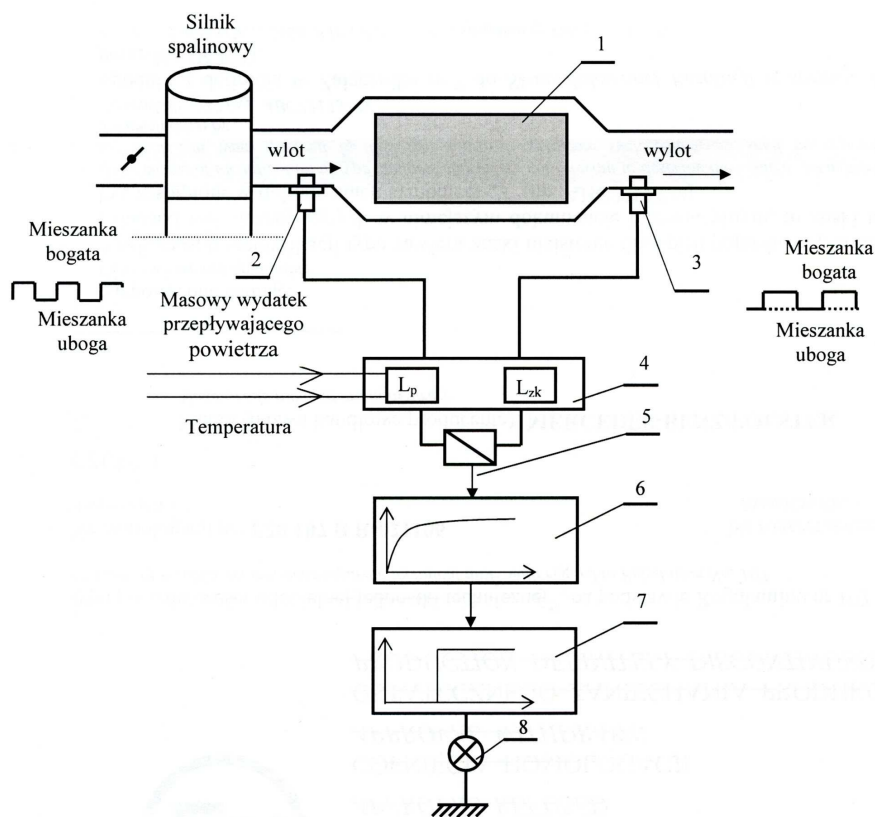
Zasada działania czujników tlenu oparta jest na ocenie zmniejszenia pojemności tlenowej reaktora katalitycznego OSC, ocenianej na podstawie analizy sygnałów napięcia z obu czujników. Zmniejszenie aktywnej powierzchni tlenków ceru magazynujących tlen w warstwie pośredniej reaktora, skorelowany jest ze zmniejszeniem powierzchni aktywnej metali szlachetnych, na których zachodzą reakcje utleniania i redukcji substancji szkodliwych. Pojemność tlenowa OSC w tej metodzie jest podstawowym parametrem diagnostycznym świadczącym o sprawności reaktora katalitycznego.

Reaktor katalityczny jest sprawny, wówczas, gdy oscylacje stężeń tlenu przed reaktorem katalitycznym są tłumione w reaktorze, a sygnał za reaktorem staje się ustabilizowany. W przypadku nieaktywnego reaktora katalitycznego, sygnał z czujnika tlenu za reaktorem ma przebieg podobny do sygnału z czujnika tlenu przed reaktorem katalitycznym [1, 4].

Od wprowadzenia obowiązku stosowania systemów OBD, opracowano i zastosowano z powodzeniem kilka metod oceny spadku pojemności tlenowej reaktora katalitycznego.

W jednym z pierwszych rozwiązań firmy Ford [4, 5, 8], pojemność tlenowa OSC określana jest na podstawie stosunku liczby przełączeń czujnika za reaktorem do liczby przełączeń czujnika przed reaktorem, podczas pracy układu zasilania w pętli zamkniętej (rys. 2.).

Przy dużej pojemności tlenowej czujnik za reaktorem jest znacznie rzadziej przełączany niż czujnik przed reaktorem. Przy zliczaniu liczby przełączeń obu czujników w dłuższym okresie czasu, stosunek liczb tych przełączeń jest bliski zeru. Zdolność do magazynowania tlenu zdezaktywowanego reaktora katalitycznego jest mała i dlatego średnia częstotliwość przełączania czujnika za reaktorem (przy pracy w pętli zamkniętej) zbliża się do częstotliwości przełączania czujnika przed reaktorem. Stosunek liczb przełączeń obserwowany w dłuższym okresie czasu jest bliski jedności. Uruchomienie procedury oceny poprawności funkcjonowania reaktora, której głównym parametrem diagnostycznym jest stosunek liczb przełączeń, rozpoczyna się po wejściu układu zasilania w obszar działania w pętli zamkniętej i przekroczeniu granicznych, dolnych wartości temperatur silnika oraz reaktora katalitycznego. Procedura ta polega na obliczaniu liczb przełączeń czujnika przed reaktorem podczas pracy silnika przy różnych obciążeniach zdefiniowanych wartościami masowego wydatku przepływającego powietrza. Sumaryczną liczbę przełączeń czujnika za reaktorem oblicza się dla całego zakresu wydatku powietrza.



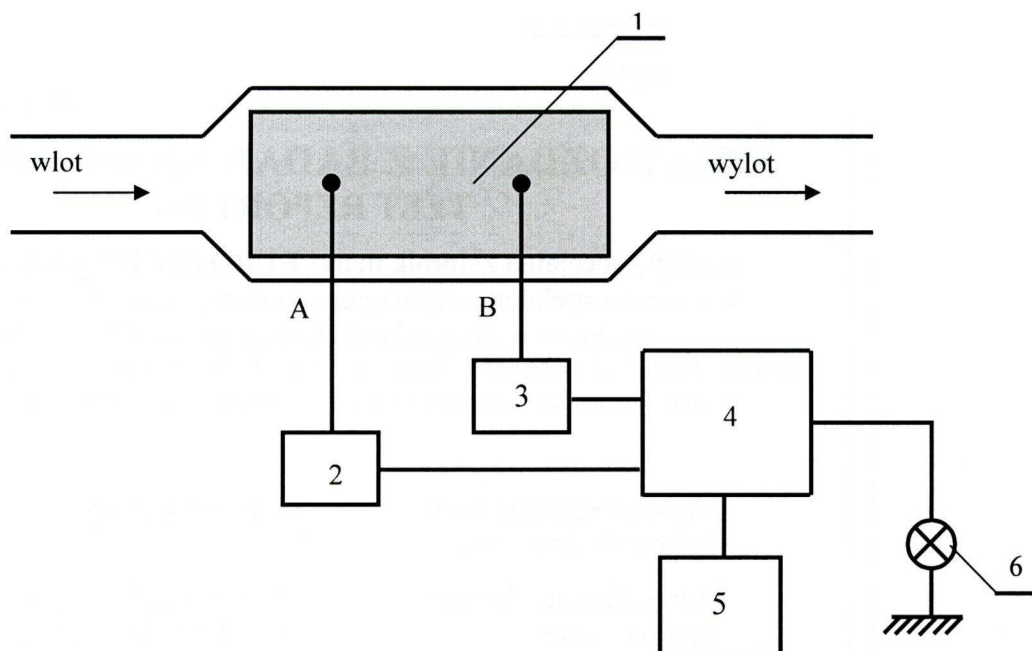
Rys. 2. Monitorowanie skuteczności reaktora katalitycznego według firmy Ford [3, 4, 8]
 1 – reaktor katalityczny, 2 – czujnik tlenu (sterujący), 3 – czujnik tlenu (diagnostyczny), 4 – licznik przełączeń, 5 – estymaty OSC, 6 – filtr uśredniania, 7 – człon decyzyjny, 8 – kontrolna lampka MIL

Procedurę uznaje się za zakończoną, jeżeli odpowiednia dla danego zakresu pracy liczba przełączeń czujnika przed reaktorem zostanie zarejestrowana. Wówczas liczba przełączeń czujnika za reaktorem zostaje podzielona przez całkowitą liczbę przełączeń czujnika przed reaktorem, co w efekcie wyznacza estymatę głównego parametru diagnostycznego określającego pojemność tlenową.

1.3. Metody diagnozowania reaktorów katalitycznych w oparciu o pomiary temperatury spalin.

Metody diagnozowania reaktorów katalitycznych w oparciu o pomiary temperatury spalin realizowane są również w sposób pośredni. Na podstawie pomiaru temperatury spalin przed i za reaktorem oceniany jest stan reaktora [4].

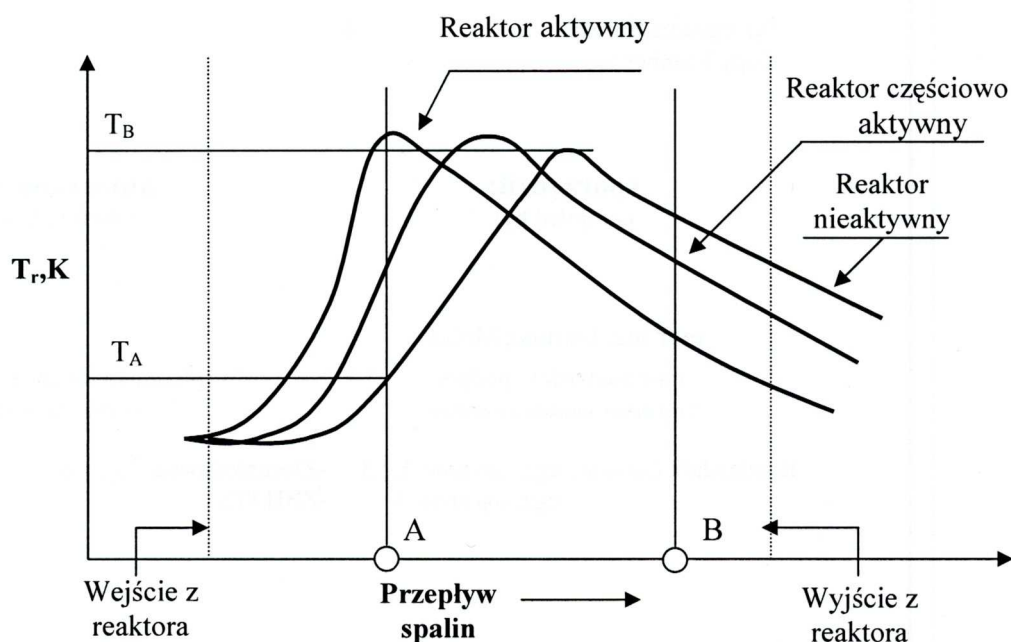
Firma Nissan [9] opracowała metodę wykorzystującą czujniki temperatur umieszczone wewnątrz reaktora (rys. 3.). Przyrost temperatury wewnątrz reaktora obliczony jako różnica temperatur mierzonych w punktach B i A umożliwia ocenę skuteczności pracy reaktora i świadczy o jego aktywności.



Rys. 3. Schemat układu monitorującego pracę reaktora wykorzystującego pomiary temperatury spalin [9]:

1 – reaktor katalityczny, 2, 3 – wzmacniacze sygnałów, 4 – detektor stanu reaktora, 5 – czujnik stanu silnika, 6 kontrolna lampka MIL.

Na rysunku 4. przedstawiono schemat ideowy zmian temperatur wewnątrz reaktora katalitycznego w zależności od miejsca pomiaru dla nowego, częściowo aktywnego oraz nieaktywnego reaktora katalitycznego.



Rys. 4. Schemat ideowy rozkładu temperatur wzdłuż długości reaktora dla reaktorów o różnym stopniu aktywności [3, 4]

Dla reaktora aktywnego najwyższa temperatura występuje w punkcie A graniczącym z wlotem spalin do reaktora. Jeśli stan reaktora pogarsza się, a jego aktywność maleje, miejsce występowania najwyższej temperatury przesuwa się w kierunku wylotu spalin do punktu B, graniczącego z wylotem spalin z reaktora. Zjawisko to spowodowane jest postępującą od wlotu spalin i przesuwaną się ku wylotowi spalin chemiczną i termiczną dezaktywacją złoża reaktora [4].

Według innej z metod monitorowania stanu termicznego reaktora katalitycznego, czujniki zamontowane zostały na wlocie i wylocie reaktora katalitycznego spalin [4]. Czujniki umieszczone zostały zgodnie z kierunkiem przepływu spalin (rys. 5.). W ramach realizacji tej metody przeprowadzono eksperymentalną symulację aktywności reaktora katalitycznego spalin, przy zachowaniu bardzo zbliżonych do rzeczywistych, warunków przepływu spalin przez układ wylotowy silnika Rover 1.4 o zapłonie iskrowym, w którym zainstalowano reaktor katalityczny spalin.

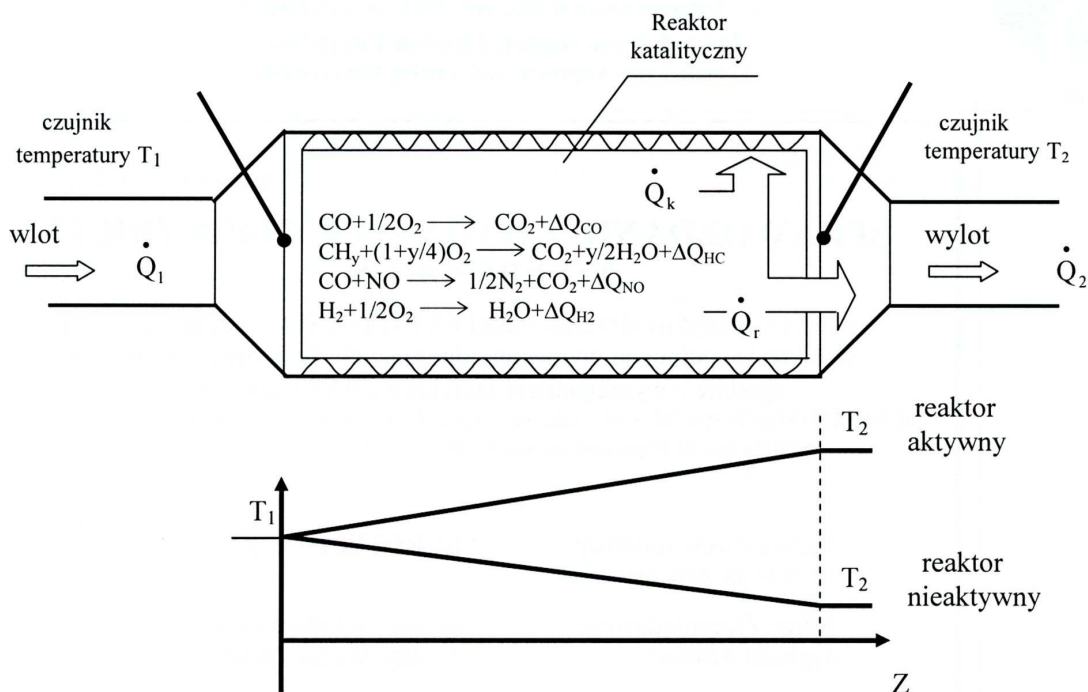
W tym celu przygotowano dwa monolity metalowe: aktywny (z warstwą pośrednią i z warstwą katalityczną z metali szlachetnych: platyny i rodu) i nieaktywny (bez warstwy pośredniej i warstwy katalitycznej z metali szlachetnych), które podzielono na osiem równych segmentów. Segmenty te były montowane w obudowie reaktora w ten sposób, aby zachowana była ciągłość przepływu spalin oraz szczelność między monolitem, a ścianką reaktora. Eksperymentalne symulowanie dezaktywacji odbywało się poprzez wymianę segmentów monolitu aktywnego z przedniej części reaktora na segmenty monolitu nieaktywnego (rys. 5.) - ponieważ w tej części reaktora jego dezaktywacja zachodzi najszybciej. W ten sposób uzyskano różne wartości aktywności reaktora A począwszy od aktywności $A = 100\%$ aż do aktywności $A = 0\%$ z krokiem równym $12,5\%$. [4]

Pomiar temperatury spalin mierzonej przed i za reaktorem prowadzono dla każdej z aktywności reaktora katalitycznego przy prędkości obrotowej silnika $n = 2000, 3000$ i $4000 \text{ min}^{-1} \pm 25 \text{ min}^{-1}$ i dla trzech różnych obciążeń silnika $M_e = 36, 46, 56 \pm 3 \text{ N}\cdot\text{m}$. Dla tych parametrów pracy silnika skład mieszanki palnej jest stechiometryczny, a reaktor katalityczny najskuteczniej neutralizuje spaliny.

1. Procentową aktywność reaktora katalitycznego określono jako stosunek objętości segmentów aktywnych V_a do objętości całego reaktora V_k [4]

$$A = \frac{V_a}{V_k} \quad (1)$$

Badania prowadzono przy stałej temperaturze otoczenia 298 K. Założono, że wymiana ciepła między reaktorem katalitycznym, a otoczeniem odbywa się poprzez konwekcję swobodną. Każdy pomiar rozpoczynano po 120 s czasu pracy liczonego od chwili ustalenia się stabilnych warunków pracy silnika (prędkości obrotowej i obciążenia) Wartości temperatury spalin mierzonej przed i za reaktorem ulegają ciągłej zmianie. Fakt ten powodować może błędy pomiaru wartości różnicy temperatur. Podczas badań mierzono także temperaturę ścianek reaktora. Pomiaru temperatury ścianki dokonywano za pomocą termoelementów rozmieszczonych w trzech miejscach na powierzchni reaktora. Temperatura ścianki reaktora była średnią arytmetyczną temperaturą otrzymaną w oparciu o przeprowadzone pomiary. W czasie każdego pomiaru spalana była taka sama ilość paliwa, równa 50 cm^3 [4.]



Rys. 5. Schemat reaktora katalitycznego [4]:

\dot{Q}_1 - moc strumienia ciepła doprowadzonego do reaktora ze spalinami (strumień ciepła powstały na skutek procesów zachodzących w silniku przekazywany dalej ze spalinami do reaktora);

\dot{Q}_r - moc strumienia wewnętrznego źródła ciepła w reaktorze katalitycznym (strumień powstały w wyniku zachodzenia reakcji egzotermicznych utleniania tlenku węgla, węglowodorów i wodoru oraz redukcji tlenków azotu);

\dot{Q}_k - moc strumienia ciepła konwekcyjnie przekazywanego do złoża reaktora katalitycznego (strumień ciepła przekazywany od spalin do złoża reaktora i dalej do ścianek reaktora);

\dot{Q}_2 - moc strumienia ciepła unoszona ze spalinami wypływającymi z reaktora.

Efektywność pracy reaktora katalitycznego spalin oceniana była w oparciu o wartości stopnia konwersji tlenu węgla, węglowodorów i tlenków azotu, będących składnikami spalin przepływających przez reaktor. Mając skład spalin przed i za reaktorem katalitycznym, obliczono wartości konwersji składników szkodliwych k_{CO} , k_{HC} , k_{NOx} [4].

Pod pojęciem konwersji rozumie się stosunek spadku wartości stężenia składnika spalin mierzonego na wlocie i wylocie reaktora ($C_{x1} - C_{x2}$) do wartości stężenia tego składnika spalin na wlocie do reaktora (C_{x1}). Spadek wartości stężeń składników spalin w reaktorze następuje w wyniku reakcji chemicznych zachodzących w reaktorze.

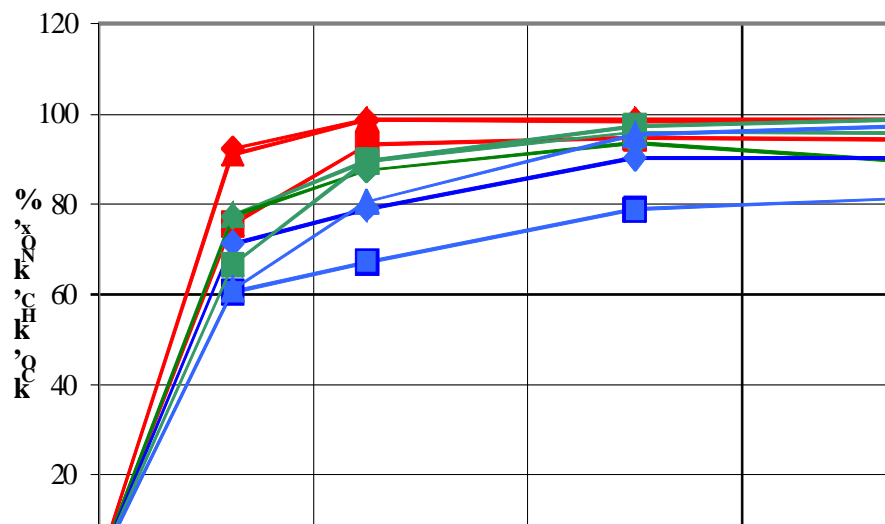
Wartość konwersji składnika C w reaktorze obliczono ze wzoru:

$$k_X = \frac{C_{x1} - C_{x2}}{C_{x1}} \quad (2)$$

W metodzie opartej o pomiar różnicy temperatury spalin, sygnał diagnostyczny ΔT zdefiniowano jako różnicę temperatur spalin mierzonych przed i za reaktorem. Ta różnica temperatury spalin spowodowana jest zachodzeniem egzotermicznych reakcji utleniania tlenu węgla i węglowodorów oraz reakcjami redukcji tlenu azotu wewnątrz reaktora oraz konwekcyjną wymianą ciepła wewnątrz reaktora [4]:

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad (3)$$

Na rysunku 6 przedstawiono zależność konwersji tlenu węgla k_{CO} , węglowodorów k_{HC} i tlenków azotu k_{NOx} w funkcji eksperymentalnie symulowanej aktywności reaktora katalitycznego A. Wraz ze wzrostem aktywności reaktora występuje wzrost konwersji tlenu węgla k_{CO} , węglowodorów k_{HC} i tlenków azotu k_{NOx} . Na podstawie poniższego wykresu można zauważyć, że już przy aktywności 12,5% konwersja trzech składników spalin jest dość wysoka i wynosi około 70%. Spowodowane jest to zasadami doboru reaktorów do silników, które uwzględniają ich dezaktywację w czasie eksploatacji [4].

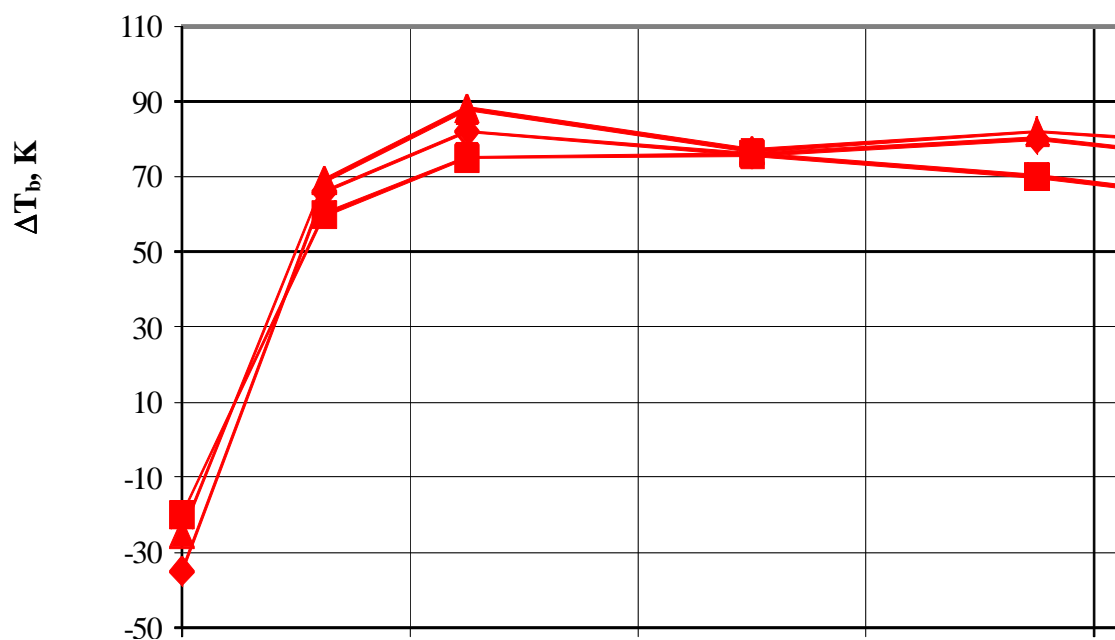


Rys. 6. Zależność konwersji tlenu węgla k_{CO} , węglowodorów k_{HC} i tlenków azotu k_{NOx} w zależności eksperymentalnie symulowanej aktywności reaktora katalitycznego spalin A [4]

- ◆— $k_{CO} = f(A)$ przy $n = 2000$ obr/min
- $k_{CO} = f(A)$ przy $n = 3000$ obr/min
- ▲— $k_{CO} = f(A)$ przy $n = 4000$ obr/min
- ◆— $k_{HC} = f(A)$ przy $n = 2000$ obr/min

- $k_{\text{HC}} = f(A)$ przy $n = 3000$ obr/min
- ▲— $k_{\text{HC}} = f(A)$ przy $n = 4000$ obr/min
- ◆— $k_{\text{NOx}} = f(A)$ przy $n = 2000$ obr/min
- $k_{\text{NOx}} = f(A)$ przy $n = 3000$ obr/min
- ▲— $k_{\text{NOx}} = f(A)$ przy $n = 4000$ obr/min

Na rysunku 7 przedstawiono zależność eksperymentalnego ΔT_b przyrostu różnicy temperatur spalin na wlocie i na wylocie z reaktora w zależności eksperymentalnie symulowanej aktywności reaktora katalitycznego spalin A.



Rys. 7. Porównanie eksperymentalnego ΔT_b przyrostu różnicy temperatur spalin na wlocie i na wylocie z reaktora w zależności eksperymentalnie symulowanej aktywności reaktora katalitycznego spalin A [4]

- ◆— $\Delta T_b = f(A)$ przy $n = 2000$ obr/min
- $\Delta T_b = f(A)$ przy $n = 3000$ obr/min
- ▲— $\Delta T_b = f(A)$ przy $n = 4000$ obr/min

Na podstawie analizy wyników badań eksperymentalnych stwierdzono, że wraz ze zmniejszeniem aktywności reaktora następuje spadek wartości przyrostu temperatur spalin przepływających przez reaktor. Spowodowane jest to mniejszą ilością ciepła wydzielającego się w reaktorze w czasie zachodzenia w nim reakcji egzotermicznych, powodujących neutralizację szkodliwych składników spalin. Jeśli reaktor jest aktywny, to zachodzące w nim reakcje chemiczne powodują wydzielenie się w reaktorze większej ilości ciepła, powodując istotny wzrost przyrostu temperatury przepływających przez niego spalin. W metodzie tej stwierdzono, że aby uznać reaktor katalityczny jako nieaktywny, to jego aktywność powinna być mniejsza do aktywności wynoszącej około 20%. Przy takiej aktywności różnica temperatur ΔT wynosi jeszcze około 70K (rys. 7.). Wraz z dalszym spadkiem aktywności reaktora przyrost temperatury spalin maleje poniżej 70K, a nawet może osiągać wartość ujemną. Oznacza to, że temperatura spalin za reaktorem jest niższa od temperatury spalin przed reaktorem. Objasnić to można tym, że przy dążeniu do zera ilości ciepła wydzielonego

w reaktorze, ciepło przekazywane przez spaliny do monolitu reaktora katalitycznego powoduje chłodzenie spalin, a zatem różnica $T_2 - T_1$ przyjmuje wówczas wartości ujemne. Reaktor katalityczny w takim przypadku należy uznać za nieaktywny i dokonać jego wymiany [4].

PODSUMOWANIE

Metoda diagnozowania oparta o bezpośredni pomiar stężeń trzech głównych składników spalin (tlenku węgla CO, węglowodorów HC i tlenków azotu NO_x) jest obecnie w fazie badań eksperymentalnych i realizowana jest na hamowniach podwoziowych. Wadą tej metody jest niska trwałość oraz wysokie koszty stosowanych czujników.

Potencjometryczne grubowarstwowe czujniki HC mają dobre właściwości i wykazują dobrą korelację z pomiarami stężeń za pomocą analizatorów gazowych, ale wpływ wysokich temperatur spalin obniża ich czułość. Zastosowanie czujników CO w połączeniu z algorytmem przetwarzania danych, pozwala na poprawną ocenę funkcjonalności reaktora. Czujniki stężeń NO_x są obecnie w trakcie badań i ich użycie w diagnostyce OBD jest ograniczone. W przypadku zastosowania odpowiednich czujników do pomiaru stężeń składników spalin metoda ta byłaby najlepszą metodą do oceny stanu technicznego reaktora katalitycznego.

Obecnie najczęściej stosowaną metodą diagnozowania reaktorów katalitycznych spalin stosowanych we współczesnych samochodach jest metoda wykorzystująca czujniki stężeń tlenu umieszczone w strumieniu gazów wylotowych. Sygnały z czujników tlenu są dobrym źródłem informacji określających stan reaktora katalitycznego. Jednak diagnostyka reaktorów uzyskiwana za pomocą tych czujników, niezależnie od sposobu obróbki matematycznej ich sygnałów jest zawsze diagnostyką pośrednią. Zamiast bezpośredniego pomiaru konwersji składników spalin w reaktorze, uzyskuje się sygnały z czujników tlenu o charakterze przełącznikowym wskazującym na odchylenie od stechiometrii, stosunku powietrze /paliwo w mieszance palnej. Sygnały te nie są bezpośrednio związane ze skutecznością działania reaktora katalitycznego.

W metodach diagnozowania reaktorów katalitycznych wykorzystujących czujniki temperatur diagnozę również realizuje się w sposób pośredni. Bezpośrednio nie mierzy się tu stężeń zanieczyszczeń wychodzących z reaktora, ale określa się warunki pracy reaktora za pomocą pomiaru temperatury spalin przed i za reaktorem. Przyrosty temperatur spalin w reaktorze są wynikiem reakcji egzotermicznych zachodzących wewnątrz reaktora oraz istniejącej w nim wymiany ciepła [4].

Zastosowanie czujników temperatury do oceny skuteczności pracy reaktora jest realne i nie wymaga dużych nakładów, pod warunkiem zastosowania czujników o odpowiedniej trwałości. Obecnie do oceny poprawności funkcjonowania reaktora coraz częściej stosuje się połączenie metody monitorowania pracy reaktora za pomocą pomiarów stężeń tlenu z metodą opartą o pomiary temperatury spalin.

REVIEW OF METHODS FOR MONITORING CATALYTIC CONVERTERS IN THE ASPECT OF CONTROLLING THEIR PERFORMANCE

Abstract

The paper presents the possibility of diagnosing catalytic converters. It describes the known methods of diagnosing and pays particular attention to the method of monitoring catalytic converter using the increase of the exhaust gas temperature. The example of monitoring using this converter method, has been given. The test conditions and diagnostic signal have been defined. The relations between the conversion of such exhausts components as: CO, HC and NOx and catalytic converter activity, have been presented. The results of measuring the diagnostic signal as a function of catalytic converter activity and as a function of conversion of such exhausts components as: CO, HC and NOx have been illustrated. The paper ends with the evaluation of the presented methods for the diagnosing catalytic converter.

BIBLIOGRAFIA

1. Ambrozik A., Kruczyński S. W., Łaczyński J.: *Metody monitoringu trójfunkcyjnych reaktorów katalitycznych spalin*. Międzynarodowa Konferencja Naukowa KONES 2000, Nałęczów.
2. Ambrozik A., Kruczyński S. W., Łaczyński J., Tomaszewski D.: *Badania przyrostu temperatur spalin w trójfunkcyjnym reaktorze katalitycznym na potrzeby OBD II*, Międzynarodowa Konferencja Naukowa KONES 2002, Jurata.
3. Kruczyński S.: *Trójfunkcyjne reaktory katalityczne* Warszawa – Radom 2004.
4. Łaczyński J.: *Diagnostyka trójfunkcyjnego reaktora katalitycznego spalin z wykorzystaniem pomiaru zmiany ich temperatury* Rozprawa doktorska. Warszawa 2004.
5. Merkisz J., Mazur St.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych* WKiŁ, Warszawa 2007
6. Merkisz J., Pielech.: *Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej*. Poznań 2012, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej
7. Patent US 54234102, Applicant Volkswagen (DE)
8. Patent US 5177464, Applicant Ford Motor Co, (USA)
9. Patent US 5060473, Applicant Nissan Motor (JP)
10. Rychter M.: *Monitorowanie redukcyjnego reaktora katalitycznego w aspekcie diagnostyki pokładowej*. Warszawa 2012

Autorzy

dr inż. Jacek Łaczyński – Instytut Transportu Samochodowego w Warszawie