

BŁASZCZYK Piotr¹
BARAŃSKI Sławomir²

Diagnostyka systemów redukcji emisji spalin

Diagnostyka, redukcja spalin, technologia SCR
Transport drogowy, filtr cząstek stałych
Emisja spalin, logistyka

Streszczenie

W pierwszej części przedstawiono aspekty uregulowań prawnych dotyczących emisji spalin oraz historii wprowadzania ograniczania emisji spalin dla pojazdów samochodowych. Wymieniono organy, które są odpowiedzialne za wprowadzanie tych regulacji. W kolejnej części zostały omówione występujące zarówno w Polsce jak i Europie dwa główne sposoby redukcji emisji spalin, poprzez filtr cząstek stałych oraz zastosowanie technologii SCR. Przedstawiono również budowę układów redukcji spalin wraz z istotnymi podzespołami przy uwzględnieniu zasady działania i porównaniu zakresu pracy obu układów. Szczególnie istotnym zagadnieniem, jest diagnostyka technologii SCR, która jest mało znana i prowadzona tylko w wyspecjalizowanych stacjach serwisowych aut ciężarowych. Zasady diagnozowania tego układu z uwzględnieniem instrukcji serwisowych TB TRUCK SERVICE zostały przedstawione na przykładzie najczęściej występujących usterek.

DIAGNOSTICS EMISSION REDUCTION SYSTEMS

Abstract

The first part presents aspects of the regulation of emissions and the history of input reduction of exhaust emissions for motor vehicles. Listed authorities that are responsible for putting these regulations. In the next section are discussed that occur both in Poland and Europe are two main ways of reducing emissions, through a particulate filter and SCR technology. It also presents the construction emissions reduction agreements with the relevant components, taking into account the principles and scope of work compared to both systems. A particularly important issue is the diagnosis of SCR technology, which is little known and carried out only in specialized service stations of trucks. Principles of diagnosis of the system including service manuals TRUCK SERVICE TB are shown in the example of the most common faults.

1. WSTĘP

Pierwsze normy dotyczące emisji spalin zaczęto wprowadzać od 1982 roku. Z biegiem lat wprowadzono kolejne normy, które powodowały sukcesywne zmniejszanie ilości zanieczyszczeń w spalinach przedostających się do atmosfery. Na dzień dzisiejszy obowiązują standardy, które zostały określone normami przedstawianymi w postaci etykiet od Euro 0 do Euro 5. Najnowsza a zarazem najbardziej restrykcyjna norma emisji spalin Euro 6, będzie obowiązywała już od 2014 roku. Wprowadzanie coraz to większych restrykcji co do jakości spalin, tzn. zawartości tlenu azotu, węglowodorów, tlenu węgla oraz cząstek stałych, zaowocowało pojawieniem się na rynku pojazdów samochodowych systemów, które redukują szkodliwe związki występujące w spalinach. Wynika to przede wszystkim z wprowadzania wysokich podatków od środków transportu, a którego wysokość jest ściśle powiązana z rodzajem normy, którą spełnia dany pojazd. Wysokość tych opłat reguluje Dyrektywa 2006/38/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie pobierania opłat za użytkowanie niektórych typów infrastruktury przez pojazdy ciężarowe. Jako pierwsza pojawiła się regulacja R49, miało to miejsce w 1982r. Kolejną normą EURO 0 w roku 1990r. Z biegiem czasu powstawały kolejne normy, które minimalizują ilość związków toksycznych w spalinach.

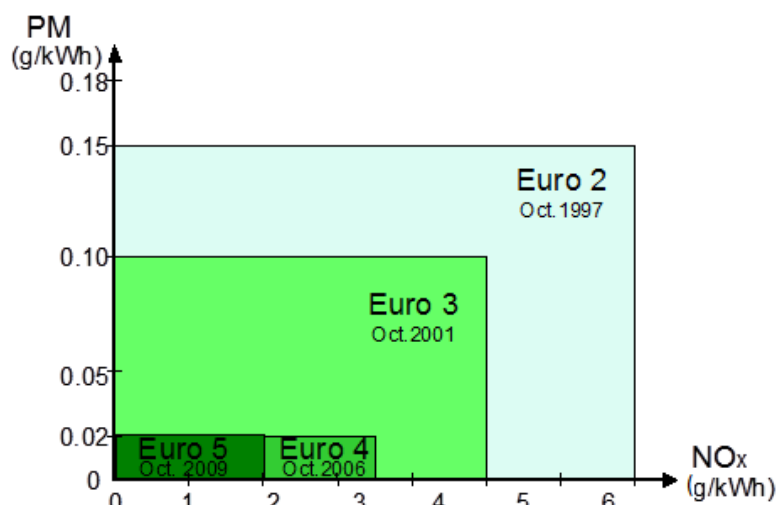
Tab. 1. Zawartość związków spalin w silnikach ZS samochodów ciężarowych i autobusów, [2].

Związki spalin	Euro I 1992, <85kW	Euro I 1992, >85kW	Euro II 1996	Euro II 1998	Euro III 2000	Euro IV 2005	Euro V 2008
CO [g/kWh]	4,5	4,5	4	4	2,1	1,5	1,5
HC [g/kWh]	1,1	1,1	1,1	1,1	0,66	0,46	0,46
NO [g/kWh]	8	8	7	7	5	3,5	2
PM [g/kWh]	0,612	0,36	0,25	0,15	0,1	0,02	0,02
Dym [g/kWh]	-	-	-	-	0,8	0,5	0,5

¹Instytut Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej, 90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 18/22,
e-mail: piotr.blaszczyk@p.lodz.pl

²Instytut Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej, 90-924 Łódź, ul. Stefanowskiego 18/22,
e-mail: slawomir.baranski@p.lodz.pl

Załącznik I w Dyrektywie Komisji 2006/51/WE z dn. 6 czerwca 2006 roku, zawiera zmiany do Dyrektywy 2005/55/WE, która reguluje wszystkie dane techniczne oraz warunki w jakich mają pracować urządzenia obniżające poziom toksyczności spalin.

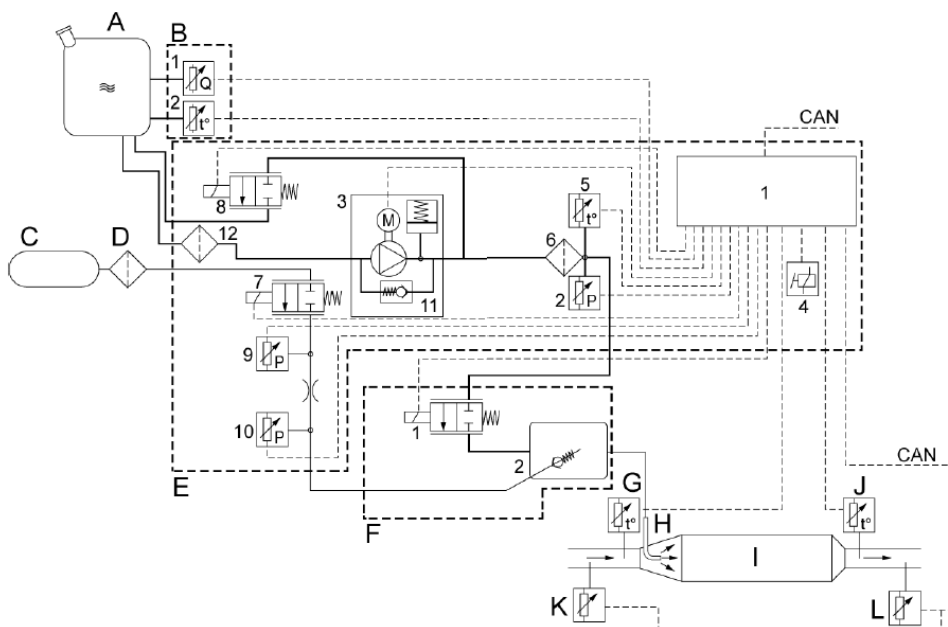


Rys. 1. Zmniejszanie się pola zanieczyszczeń dla dwóch składników spalin PM oraz NO_x [3].

Podany powyżej wykres na rysunku pierwszym przedstawia wpływ normy emisji spalin w kolejnych latach na zawartość szkodliwych składników w spalinach, emitowanych do atmosfery. Wprowadzanie kolejnych bardziej rygorystycznych dyrektyw normuje zawartość tych związków w spalinach, prowadząc jednocześnie do bardziej przyjaznych relacji pojazdów silnikowych ze środowiskiem naturalnym.

2. TECHNOLOGIA SCR

Samo zagadnienie technologii SCR (Selective Catalyst Reduction), czyli Systemu Redukcji Katalitycznej opiera się na obniżaniu emisji spalin poprzez dozowanie do katalizatora płynu AdBlue. Przy czym płyn AdBlue jest definiowany jako płynny roztwór mocznika i wody, którego skład został określony w normie DIN 70 700.



Rys. 2. Schemat ogólny technologii SCR, [4].

Przedstawiony schematycznie na rysunku drugim moduł EAS-2 składa się z następujących podzespołów:
 A – zbiornik płynu AdBlue
 B – moduł zbiornika
 C – wlot powietrza

- D – filtr powietrza
- E – moduł EAS-2
- F – moduł dozujący
- G – czujnik temperatury spalin przed katalizatorem
- H – wtryskiwacz płynu AdBlue
- I – katalizator
- J – czujnik temperatury spalin za katalizatorem
- K – czujnik NO_x przed katalizatorem
- L – czujnik NO_x za katalizatorem.

Bardzo korzystną właściwością mocznika jest fakt, że poddany działaniu wysokiej temperatury, około 200⁰ C zaczyna odparowywać w postaci amoniaku. Proces przekształcania mocznika do postaci gazowej jest wykorzystywany w technologii SCR, w której system umożliwia proces reakcji chemicznej w katalizatorze, czego wynikiem jest redukcja emisji spalin, [2].

Cechy charakterystyczne płynu AdBlue:

- zamarza w temperaturze -11⁰C,
- pozostawia po sobie osad, w momencie odparowaniu wody,
- zasadniczy skład to 32,5% mocznika i 67,5% wody,
- nie jest substancją wybuchową ani toksyczną,
- powoduje korodowanie materiałów na których się osadza.

Na podstawie schematu Systemu Redukcji Katalitycznej rysunek 2, można przedstawić ogólny cykl pracy urządzenia SCR w odniesieniu do przesyłanego medium jakim jest płyn AdBlue. Podstawowym parametrem jest ilość płynu, jaka jest wtryskiwana do katalizatora, przy czym parametr ten jest zależny od: prędkości obrotowej silnika, momentu obrotowego silnika oraz temperatury spalin. W zależności od zmiany dynamicznej parametrów wartości momentu obrotowego i prędkości obrotowej silnika, następuje wysyłanie danych do modułu E1 (znajdujące się w module EAS-2), a odbywa się to przy współpracy z siecią CAN. Faza rozpoczęcia pracy dla modułu dozującego, wiąże się z wymieszaniem płynu AdBlue z powietrzem. Jest to czynność niezbędna do równomiernego rozprowadzenia mieszanki powietrza z AdBlue w katalizatorze (I). Ilość wtryskiwanej mieszanki określana jest w module (E1) modułu EAS-2 E. W przedstawionym systemie wtryskiwacz płynu AdBlue został zamontowany przed katalizatorem (I). Wybór miejsca usytuowania nie jest przypadkowy, wynika to z konieczności rozpylenia płynu przed wejściem do katalizatora (I). Natomiast za katalizatorem został zamontowany czujnik temperatury spalin (J), z którego informacji korzysta moduł EAS-2. Czujnik ten przesyła bardzo istotną informację dotyczącą temperatury spalin do modułu elektronicznego (E1) modułu EAS-2 (E). W przypadku kiedy temperatura spalin jest niższa od 200⁰C płyn AdBlue nie jest wtryskiwany. Wynika to przede wszystkim z właściwości mocznika, który nie reaguje w temperaturze niższej od 200⁰C. Istnieje jeszcze jeden przypadek kiedy płyn AdBlue nie jest wtryskiwany. Sytuacja taka występuje kiedy temperatura płynu AdBlue w zbiorniku jest niższa niż -10⁰C. Poprawność działania systemu sprawdzana jest za pomocą dwóch czujników NO_x (K i L) znajdujących się przed i za katalizatorem, które sprawdzają zawartość NO_x w spalinach.

Za pośrednictwem filtra powietrza (D) połączono wlot powietrza (C) z obwodu 4 układu sprężonego powietrza do zaworu regulacji ciśnienia powietrza (E7) w module EAS-2 (E). Poprzez sprężone powietrze transportowany jest płyn AdBlue do wtryskiwacza (H). Powietrze o określonym ciśnieniu (przy czym ciśnienie zależy od ustawienia zaworu regulacji ciśnienia (E7)) jest podawane do komory mieszania (F2), która znajduje się w module dozującym (F). Pomiar ciśnienia powietrza jest dokonywany poprzez czujniki ciśnienia (E9 i E10).

W zbiorniku płynu AdBlue zamontowano moduł zbiornika (B), który składa się z czujnika poziomu płynu (B1) oraz czujnika temperatury płynu AdBlue (B2). Informacje na temat poziomu i temperatury płynu wysyłane są poprzez czujnik do modułu (E1) modułu EAS-2 (E). Pompa (E3) pompuje płyn do zaworu dozującego (F1) oraz filtra (E6). Określona ilość płynu podawana jest do wtryskiwacza (H) w zależności od tego czy zawór dozujący jest włączony. Za filtrem płynu (E6) zamontowane są: czujnik temperatury płynu (E5) oraz czujnik ciśnienia płynu (E2). Wysyłają one informacje o temperaturze i ciśnieniu AdBlue do modułu (E1) modułu EAS-2 (E), [4].

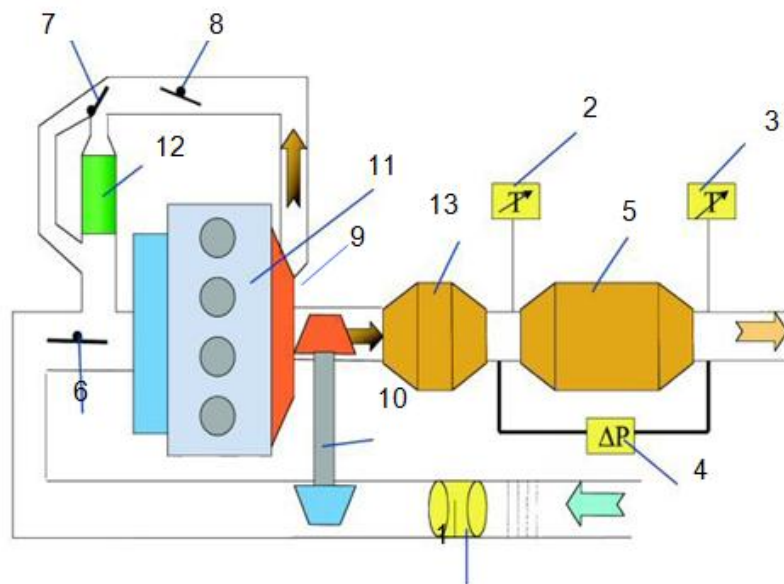
3. FILTR CZĄSTEK STAŁYCH

Filtr cząstek stałych ma za zadanie odzyskiwanie cząstek stałych wydobywających się ze spalin silnika, a następnie ich neutralizowanie. Cykl pracy filtra obejmuje fazę ładowania, czyli gromadzenia cząstek stałych, a kolejno w fazie regeneracji zgromadzone cząstki stałe ulegają spalaniu. Faza regeneracji uzależniona jest od warunków pracy silnika spalinowego a pośrednio również od stylu jazdy kierowcy, dynamiki a także czasu trwania jazdy. Sam filtr cząstek stałych znajduje się za katalizatorem utleniającym. Informacje o działaniu układu są przesyłane za pomocą czujnika ciśnienia różnicowego do komputera, [3].

Układ systemu filtra cząstek stałych składa się z następujących elementów:

1. przepływomierz powietrza,
2. czujnik temperatury na wejściu,
3. czujnik temperatury na wyjściu,

4. czujnik ciśnienia różnicowego,
5. filtr cząstek,
6. przepustnica w przewodzie wejściowym,
7. zawór By-pass chłodzenia gazów,
8. zawór EGR,
9. czujnik temperatury turbo,
10. turbo,
11. silnik,
12. chłodnica gazu recyrkulacyjnego,
13. katalizator utleniający.

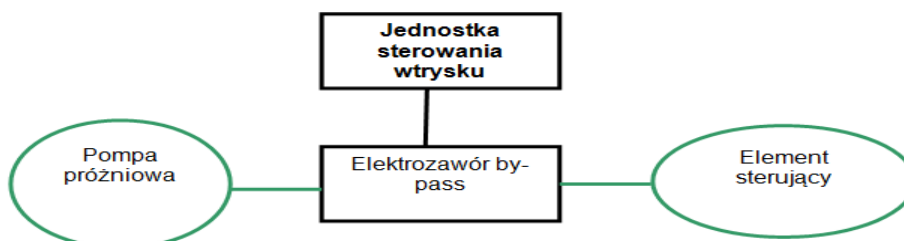


Rys. 3. Budowa układu filtra cząstek stałych, [3].

Wnętrze filtra cząstek stałych jest wypełnione materiałem ceramicznym, który jest specjalnie zaimpregnowany metalami szlachetnymi. Kształt filtra i jego wymiary są zbliżone do katalizatora klasycznego. Przepływ gazów spalinowych możliwy jest przez porowaty materiał, który znajduje się między każdym kanałem. Cały układ jest połączony i kontrolowany przez komputer sterujący układem wtryskowym. Podczas normalnej pracy silnika w filtrze gromadzą się cząstki, które pochodzą ze spalania. Jest to tak zwana faza ładowania się filtra, prowadzi to do zwiększania się ciśnienia na wejściu filtra. Aby komputer sterujący mógł ocenić zawartość cząstek w filtrze musi otrzymać informację z czujnika ciśnienia różnicowego jak również z czujników temperatury. Po osiągnięciu progu ładowania może nastąpić faza spalania cząstek. Warunkiem rozpoczęcia fazy regeneracji jest uzyskanie na wejściu do filtra temperatury większej od 570°C. Po wykonaniu regeneracji, rozpoczyna się na nowo cykl od fazy ładowania.

3.1. Recyrkulacja gazów spalinowych.

W celu zmniejszenia wytwarzania tlenków azotu stosuje się recyrkulację gazów spalinowych. Proces ten polega na zmniejszeniu ilości świeżego powietrza dostarczonego do silnika, poprzez zastępowanie powietrza gazami neutralnymi (spalinami).



Rys. 4. Schemat połączeń elementów z jednostką sterującą wtrysku, [2].

System wyposażony jest w zawór EGR (Exhaust Gas Recirculation), służący obniżaniu temperatury końca spalin, z którym został zintegrowany układ chłodzenia gazów spalinowych. Sygnał PWM sterujący przepustnicą, wysyła do

komputera wtrysku sygnały potwierdzenia. W układzie chłodzenia gazów została umieszczona przepustnica By-pass. Zawór EGR ma dwa układy chłodzenia gazów, z których jeden pozwala skierować gazy recyrkulacyjne do strony dolotowej a schładzanie następuje dzięki wymiennikowi powietrze/woda. Ma to na celu obniżanie temperatury spalania. Drugi, natomiast kieruje gazy na stronę dolotową, aby osiągnąć temperaturę odpowiednią w filtrze cząstek stałych. EGR służy do obniżania temperatury końca spalania. Dlatego zostaje ograniczony napływ powietrza, które zastępują gazy spalane. Chłodzenie gazu recyrkulacyjnego powoduje zwiększenie gęstości gazów a zatem wtłoczenie również większej ilości spalin.

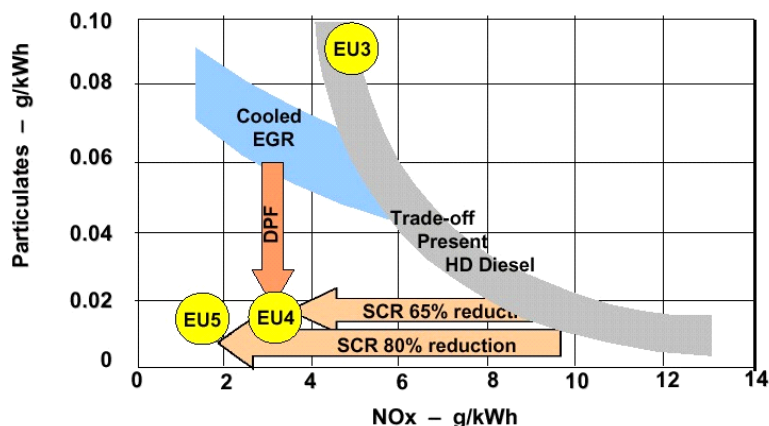
4. SYSTEM REDUKCJI KATALITYCZNEJ A FILTR CZĄSTEK STAŁYCH

W przypadku gdy chcemy zmniejszyć ilość NO_x zwiększamy zawartość cząstek stałych w spalinach i na odwrót co widać na zamieszczonym poniżej wykresie, rysunek 5. Obrazuje nam to zjawisko krzywa w kolorze szarym. W górnej części szarej linii spalanie zachodzi przy małej ilości tlenu (powodowane obecnością EGR), co wpływa na spadek temperatury spalania. Sytuacja taka powoduje zmniejszenie wytwarzanych ilości NO_x ale równocześnie zwiększa się ilość cząstek stałych w procesie oczyszczania spalin.

Reasumując można zauważyć następujące zależności: tlen ↓, temperatura spalania ↓, zużycie paliwa ↑, dwutlenek węgla ↑, NO_x ↓, HC ↓. Dla dolnej części krzywej do spalania używana jest duża ilość tlenu, co daje nam wzrost temperatury spalania. Zaletą tej sytuacji jest fakt, że uwolniona energia przy spalaniu powoduje poprawienie sprawności silnika, czyli zmniejszenie zużycia paliwa. Wysoka temperatura powoduje zmniejszenie wytwarzania cząstek stałych ale jednocześnie wzrasta wytwarzanie tlenków azotu. W takiej sytuacji otrzymujemy odpowiednio: tlen ↑, temperatura spalania ↑, zużycie paliwa ↓, dwutlenek węgla ↓, NO_x ↑, HC ↓. Powyższa analiza dla krzywej w kolorze szarym, uzasadnia stwierdzenie, że nie ma prostego rozwiązania na jednoczesne zmniejszenie ilości wytwarzanych związków NO_x oraz cząstek stałych. Możliwość zmniejszenia zawartości tych substancji dają nam systemy oczyszczania gazów spalinowych, które działają przy oczyszczaniu spalin końcowych. Filtr cząstek stałych pozwala nam ograniczyć wydzielanie szkodliwych substancji do normy Euro 4, a katalityczny system redukcji spalin do norm Euro 4 i Euro 5, [3].

Tab.2. Porównanie filtra cząstek stałych i systemu redukcji katalitycznej

Nazwa	Filtr cząstek stałych	System redukcji katalitycznej
Skutek	EGR & filtr cząstek stałych	Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń katalityczne selektywnie
Silnik	Regulacja zmniejszająca ilość Nox	Regulacja zmniejszająca ilość cząstek
Oczyszczanie końcowe	Filtr cząsteczek	Katalizator NO _x przez wtrysk czynnika AdBlue
Wyposażenie pojazdu	EGR silnika, filtr w tłumiku, strategia regeneracji aktywnej	Zbiornik czynnika AdBlue, podgrzewacz, pompa i wtryskiwacz, system sterowania elektronicznego, katalizator w tłumiku.
Zalety	Zgodność z Euro 4 bez stosowania dodatkowego czynnika	Zgodność z Euro 4 i Euro 5, moment silnika, mniejszy wydatek ciepły, mniejsze zużycie paliwa.
Wady	koszt/ciężar, wymiary zewnętrzne, paliwo o małej zawartości siarki (,50ppm), koszt przeglądu (>300 euro/rok), konserwacja DPF (oczyszczanie sadzy), wydatek ciepły, regeneracja aktywna, zużycie paliwa.	koszt/ciężar, wymiary zewnętrzne, zużycie czynnika AdBlue, udostępnienie czynnika AdBlue.



Rys. 5. Wpływ redukcji emisji spalin na ilość cząstek stałych i NO_x, [3].

4.1. Zasady diagnozowania pojazdów z układem EAS

Podczas diagnostyki systemu EAS bardzo istotnym narzędziem jest instrukcja diagnostyczna, która zawiera wytyczne dotyczące postępowania podczas sprawdzania usterek dla określonej przez producenta gamy pojazdów. System wewnętrznej kontroli pojazdu ostrzega użytkownika pojazdu o pojawieniu się awarii, poprzez zapalenie się na tablicy DIP kontrolki ostrzegawczej. W przypadku dalszej jazdy z zaistniałą usterką, w przypadku gdy nie zostanie usunięta lub usterka jest powtórnie zapamiętywana przez system, następuje stopniowe zmniejszenie obrotów i mocy silnika. System EAS na podstawie przyporządkowania kodów błędów odpowiednio sterując pracą silnika powoduje: 120-0 NO_x (zmniejszenie wydajności) oraz 121-0 NO_x (zmniejszenie wydajności, błąd ten może spowodować zmniejszenie maksymalnego momentu obrotowego silnika o 60%). Po podłączeniu komputera diagnostycznego można odczytać czas wystąpienia zaistniałej awarii a po usunięciu zaistniałej usterki usunąć błędy z pamięci sterownika pojazdu.

4.2. Diagnostyka katalizatora

Poprawne działanie katalizatora jest uzależnione od poprawnego działania jego osprzętu, systemu dozującego AdBlue oraz czujnika EAS. Na efektywność pracy katalizatora mają wpływ:

- naprawy,
- pęknięcia,
- przepalenia,
- wewnętrzne nieszczelności.

Uszkodzenie katalizatora może również nastąpić poprzez jego zablokowanie. Do zablokowania może doprowadzić osadzanie się wapna, sadzy, a także produktów ubocznych mocznika. Występują również przypadki zanieczyszczenia katalizatora olejem silnikowym, który przedostał się w wyniku uszkodzenia silnika (najczęściej przy uszkodzeniu turbiny) jak również płynu chłodzącego. Na skuteczność pracy katalizatora ma wpływ poprawność działania układu dozującego AdBlue. Problemy w działaniu katalizatora mogą również wystąpić w przypadku kiedy w pojeździe jest używany płyn rozcieńczony nadmiernie wodą lub przeterminowany. Występują bardzo często przypadki używania płynu AdBlue niezgodnego ze specyfikacją techniczną a zasadniczo okazuje się, że jest to roztwór wody z nieznanymi dodatkami.

Innym powodem złego działania układu może być słaby strumień dyszy rozpylającej, który występuje przy zablokowaniu dyszy, kiedy jej otwory są zbyt duże. Złe działanie systemu dozującego występuje również w przypadku dopuszczenia do krystalizacji płynu wewnątrz układu. Uszkodzenie czujnika EAS także może prowadzić do zmniejszenia skuteczności działania katalizatora. W układzie EAS występują dwa rodzaje czujników: temperatury przed i za katalizatorem oraz czujnika NO_x przed i za katalizatorem. W przypadku uszkodzenia przewodów elektrycznych lub zwarcia obwodów tych czujników można uznać, że te usterki mają wpływ na poprawność działania katalizatora. Powiązanie błędów diagnostycznych z poprawnym funkcjonowaniem czujników można zdiagnozować na podstawie podawanych przez czujniki wartości, które mogą odbiegać od wartości ze standardowych zakresów pracy.

5. DIAGNOSTYKA SYSTEMU EAS-2 REDUKCJI EMISJI SPALIN

Badania diagnostyczno pomiarowe zostały przeprowadzone dla pojazdu DAF XF 105 z 2006 roku. Standardowa przyczyna pojawienia się tego pojazdu na diagnostyce to zapalenie się kontrolki MIL. W celu przeprowadzenia diagnostyki zastosowano komputer diagnostyczny z oprogramowaniem DAVIE. Diagnostyka przy użyciu oprogramowania DAVIE, jest prowadzona przez serwisy DAF – TB Truck & Trailer Service, 7.2. Standardowa procedura zakłada wykonanie jako pierwszego testu badającego wszystkie układy i systemy w pojeździe w celu wykrycia zapisanych i istniejących błędów.

Calkowity przebyty dystans		:	1090750 km
Informacje dotyczące błędów w pojeździe			
Message:			
=====			
Błędy zapisane w: 08.12.2011 14:14:14			

		:	Aktywne Nieaktywne
DMCI		:	0 24
EAS		:	1 0
EBS2		:	0 12
EST42		:	0 0
DTCO		:	0 15
SWS		:	0 0
VIC2		:	0 3
ECAS4		:	0 0
ACHEA		:	Błąd odczytu
IMMO		:	0 0

Błędy aktywne :			

System oczyszczania przed emisją - EAS:			
74 Ciśnienie powietrza za kryzą			
74-4 Zbyt wysoka wartość podczas uruchamiania			
74-5 Zbyt wysoka wartość podczas działania			

Rys. 6. Odczyt pierwszego pomiaru systemem DAVIE, [1].

Przeprowadzenie diagnostyki ogólnej daje wynik pomiaru jednego błędu aktywnego dla układu EAS i jednocześnie wskazuje na zbyt wysoką wartość ciśnienia za kryzą (co jest mierzone za pomocą czujnika powietrza za katalizatorem). Kolejno przeprowadza się test, który podaje wartości ciśnienia przed i za kryzą.

Dla tego testu wykonywane są dwa pomiary. Wyniki pierwszego pomiaru ciśnienia, tabela 3 z średnią wartością ciśnienia na wylocie: 5750.2 mBar, gdzie litera A- czas [s], B i C odpowiednio ciśnienie przed i za zwężką [mBar]. Odwołując się do instrukcji serwisowej otrzymany wynik wskazuje, że prawdopodobnie został zablokowany obwód powietrza w układzie dozującym. System DAVIE rejestruje zmierzone wartości ciśnienia po czym należy rozłączyć przewód dozujący. Kiedy zostanie wykonana ta czynność, można ponownie przeprowadzić pomiar ciśnienia, dla którego wyniki drugiego pomiaru ciśnienia przedstawiono w tabeli 3, opisane parametrami A₁, B₁, C₁. Otrzymana średnia wartość ciśnienia na wylocie dla drugiego pomiaru wynosi 6056.2 mBar.

Tab. 3. Wyniki wstępnego i końcowego pomiaru ciśnienia.

A	B	C		A ₁	B ₁	C ₁
[s]	[mBar]	[mBar]		[s]	[mBar]	[mBar]
1	7204.0	3840.0		1	8631.0	2979.0
2	7737.0	5893.0		2	8201.0	5974.0
3	7691.0	5928.0		3	7737.0	5881.0
4	7679.0	5893.0		4	7668.0	5800.0
5	7668.0	5870.0		5	7679.0	5777.0
6	7679.0	5846.0		6	7679.0	5765.0
7	7679.0	5835.0		7	7714.0	5939.0
8	7679.0	5823.0		8	7726.0	5986.0
9	7679.0	5812.0		9	7714.0	6067.0
10	7691.0	5812.0		10	7691.0	6090.0
11	7691.0	5800.0		11	7691.0	6090.0
12	7679.0	5800.0		12	7691.0	6090.0
13	7691.0	5800.0		13	7679.0	6078.0
14	7679.0	5788.0		14	7691.0	6078.0

Otrzymując przy drugim pomiarze średnią wartość ciśnienia większą od 4000 mBar zalecane jest wymontowanie modułu dozującego w celu kontroli wzrokowej. Ocena wzrokowa przedstawiona na rysunku 7, pozwala na podjęcie decyzji czy należy wymienić moduł dozujący czy też wystarczy go zregenerować.



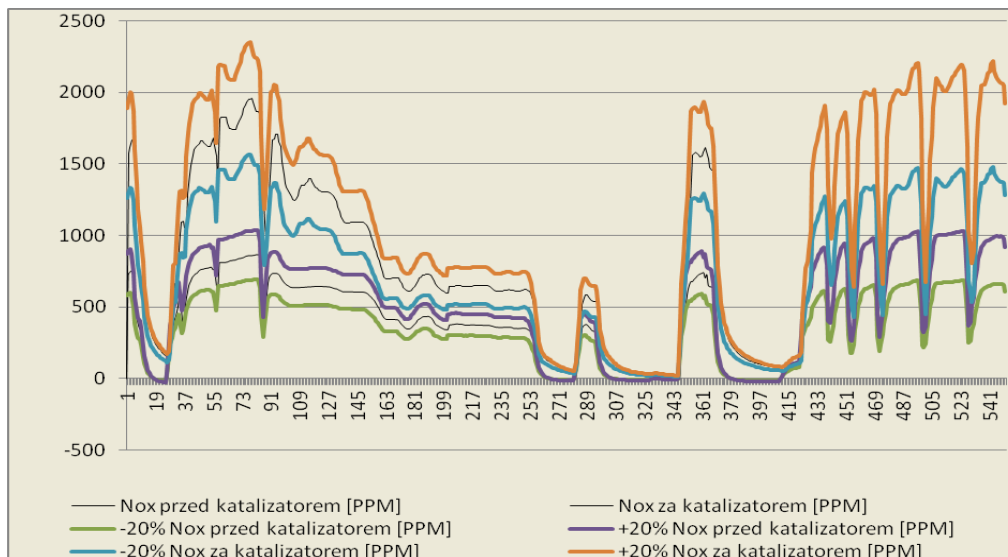
Rys. 7. Zdjęcie modułu dozującego przed i po regeneracji,[1].

W tym przypadku wystarczająca była regeneracja modułu, bez konieczności wymiany na nowy a następnie moduł został zamontowany. Diagnostyka kontrolna po wymianie lub naprawie modułu jest konieczna w celu skasowania błędów i ewentualnej eliminacji innych usterek w układzie. Przeprowadzenie testu kontrolnego ciśnienia za kryzą dało wyniki pomiaru na poziomie 3154.6 mBar i jest to średnia wartość ciśnienia na wylocie. Wynik poniżej 4000 mBar wskazuje na poprawne działanie obwodu powietrza do modułu dozującego oraz samego modułu dozującego.

Po wykonaniu tych czynności można usunąć błąd z komputera pojazdu. System pokładowy pojazdu nie zgłaszał innych usterek, zatem jest w pełni sprawny i pojazd może być dalej eksploatowany.

5.1. Diagnostyka szczegółowa systemu EAS dla pojazdu DAF 105

Kolejne testy diagnostyczne zostały wykonane na pojeździe marki DAF XF 105 z 2008r. Przeprowadzona diagnostyka miała na celu sprawdzenie poprawności działania czujników NO_x . Test wykonywany jest pod obciążeniem pojazdu (naczepa + ładunek) w czasie poruszania się pojazdu. Okres próbkowania rejestrowanych danych wynosi 0,3s. Rejestracja danych pomiarowych trwa 10 minut i obejmuje: wartość NO_x przed i za katalizatorem, temperaturę za katalizatorem, zużycie AdBlue, ciśnienie AdBlue, prędkość pompy, stan zaworu dozowania, stan zaworu odpowietrzania, stan zaworu ciśnienia, ciśnienie powietrza na wlocie i na wylocie, obroty silnika, moment obrotowy silnika. Najbardziej znaczącymi parametrami są wartości NO_x za i przed katalizatorem. Przedstawione wyniki pomiarowe wskazują jednoznacznie na uszkodzenie czujników NO_x znajdujących się w badanym pojeździe, ze względu na znaczne różnice w odniesieniu do rzeczywistych wartości sygnałów pomiarowych.



Rys. 8. Wykres zależności wartości NO_x przed i za katalizatorem w funkcji czasu otrzymanych w wyniku przeprowadzonej diagnostyki, [1].

6. WNIOSKI

Na działanie układu EAS odpowiedzialnego za redukcję emisji spalin ma wpływ wiele czynników, dlatego tak ważne jest, aby przeprowadzić poprawnie oraz z należytą dokładnością diagnostykę tego układu. Zrezygnowanie z choćby jednego punktu zasad przeprowadzania badań może wpłynąć na błędnie postawioną diagnozę. Przy wystąpieniu w pojeździe usterki, może ona wpływać na błędną pracę układu EAS, co w konsekwencji może prowadzić do mechanicznego uszkodzenia silnika. Badania przedstawiają problem zablokowania układu dozowania poprzez zapchanie jego wylotu przez resztki skryształizowanego płynu AdBlue oraz uszkodzenia czujnika NO_x przed i za katalizatorem.

W przypadku zablokowania modułu dozowania program diagnostyczny pozwala ocenić zbyt wysokie ciśnienie powietrza za katalizatorem. Po przeanalizowaniu wartości wyników pomierzonego ciśnienia i porównaniu ich z instrukcją serwisową, stwierdzono zbyt wysokie ciśnienie za zwężką, co może wskazywać na niedrożność w układzie dozowania. Po przeprowadzeniu drugiego pomiaru, ciśnienie było jeszcze wyższe. Stwierdzono zapchanie modułu dozującego i przeprowadzono regenerację modułu. Poprawność podjętej decyzji została poparta przeprowadzeniem trzeciego pomiaru, którego wynik potwierdził poprawne działanie układu.

Diagnostyka sprawności czujników NO_x w kolejnym pojeździe, została przeprowadzona za pomocą szczegółowego badania dodatkowego w teście drogowym pod obciążeniem. Z zebranych diagnostycznych wyników można ustalić, że przyczyną usterki są uszkodzone czujniki NO_x . Uszkodzenie katalizatora zostało wykluczone, ponieważ w uzyskanych wynikach występują wartości ujemne, co nie powinno się zdarzyć przy poprawnie działających czujnikach. Na rysunku ósmym widać duże amplitudy przebiegów, czego nie można zaobserwować podczas uszkodzenia katalizatora, gdyż najczęściej przy źle działającym katalizatorze wartości parametrów pomiarowych są stałe.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Stasiak K.: *Diagnostyka systemów redukcji emisji spalin dla silników spalinowych*, Praca Inżynierska pod kierunkiem Błaszczyk P., Politechnika Łódzka, 2012.
- [2] Strona dotycząca norm emisji spalin, <http://erniarno.republika.pl/mgr/3/3.htm>.
- [3] Materiały szkoleniowe Renault Trucks International Training, BB 06021/744.
- [4] System SCR schemat I zasada działania M022473- 30/08/2007, <http://eportal.daf.com>.