

Paweł Olszowiec, Mirosław Luft, Bartosz Boczyński

Analiza systemów kontroli ciśnienia w pojazdach w odniesieniu do wymogów ekologicznych

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2019.156

Data zgłoszenia: 05.04.2019 Data akceptacji: 26.06.2019

W artykule przedstawiono analizę systemów nadzoru pomiaru ciśnienia w kołach pojazdu informujących kierowcę, o ciśnieniu innym niżeli wymagane przez producenta opony i pojazdu. Materiał obejmuje analizę systemu pośredniego oraz bezpośredniego w aspekcie ekologicznym jak i bezpieczeństwa eksploatacji. Przeprowadzone badania mają za zadanie kreślić dokładność obu systemów, czas ich reakcji oraz przełożenie na bezpieczeństwo.

Słowa kluczowe: Czujnik ciśnienia, pomiar ciśnienia w kołach, przyczepność

Wstęp

Główną przyczyną wprowadzenia systemów monitorujących ciśnienia w kołach była seria śmiertelnych wypadków w Stanach Zjednoczonych. Po tych zdarzeniach zaczęto wycofywać z rynku najbardziej wadliwe modele opon, a w 2000 roku Kongres USA uchwalił ustawę „TREAD act”. Prawo wprowadzono w życie od 2006 roku, a od 01.09.2008 roku wszystkie pojazdy, których obowiązywała ustawa miały być wyposażone w system TPMS w pojazdach osobowych stosuje się systemy pośrednie lub bezpośrednie. Układ systemu pośredniego pomiaru ciśnienia w kole wykorzystuje czujniki ABS – u (czujnik pomiaru prędkości koła), a układ bezpośredniego systemu pomiarowego TPMS (Tyre Pressure Monitoring System) wymaga obecności czujników umieszczonych w kołach. Systemy te dają informację kierowcy o zmianach ciśnienia kół, które wynikają z eksploatacji samochodu bądź z uszkodzenia mechanicznego opony. W marcu 2009 roku Unia Europejska uchwaliła Dyrektywę Unijną, zgodnie z którą w Europie wszystkie sprzedawane nowe samochody muszą być wyposażane w układ kontroli TPMS, lecz bez rozgraniczenia odnośnie jaki rodzaj systemu ma zastosowany. Po 01.11.2014 roku wszystkie nowo homologowane pojazdy muszą być wyposażone w system kontroli ciśnienia opon. Systemy kontroli według nowych przepisów mają zidentyfikować zmniejszenie ciśnienia poniżej 20% lub do 1,5 bara w czasie krótszym niż 10 minut dla pojedynczego koła, a także w ciągu 60 minut dla 4 kół i poinformować o tym kierowcę kontrolką na desce rozdzielczej. Nie ma w niej wzmianki na temat rodzaju systemu jaki ma być zastosowany – pośredni/bezpośredni która informuje o spadku ciśnienia. W instrukcjach obsługi samochodów i z naklejek umieszczonych w różnych miejscach np. na klapkach wlewu paliwa, słupkach drzwi kierowcy bądź pasażera informują o zalecanym ciśnieniu w zależności od obciążenia pojazdu oraz rozmiaru zastosowanych kół. W zależności od obciążenia ciśnienie opon może się różnić od normalnego 0,4 do 0,7 bara. Wzrost ciśnienia ma związek z liczbą pasażerów oraz ilością bagażu. Gdy zastosujemy ciśnienie dla kompletu pasażerów z bagażem, a w pojeździe jest tylko kierowca pierwszym odczuwalnym objawem będzie spadek komfortu jazdy. Samochód na oponach zbyt mocno napompowanych na nierównościach bardzo trzęsie, dlatego że obciążenie jaki ma związek z podwyższonym ciśnieniem kompensuje dużą twardość kół. Przyczyną użytkowania samochodu z nadmiernym ciśnieniem

w kołach może być błąd wynikający z pomiaru ciśnienia lub jego nieskorygowanie po podwyższeniu podczas jazdy obciążonym pojazdem. Eksploatacja samochodu ze zbyt wysokim ciśnieniem w oponach oprócz tego, że jest nie komfortowa – zbyt duże przekazywanie nierówności na pojazd to powoduje szybsze zużycie elementów zawieszenia i nadwozia. Skrzypiące i trzeszczące elementy wyposażenia wnętrza, ponad przeciętne zużycie oraz duże luzy elementów zawieszenia, a także uszkodzenia elektronicznych elementów w niektórych przypadkach. Eksploatacja pojazdu ze zbyt wysokim ciśnieniem ma również duży wpływ na szybsze zużycie opon – zdeformowany profil opony. Na środkowej części opony pojawia się wybrzuszenie, co zmniejsza nam kontakt bieżnika opony z nawierzchnią, a co powoduje spadek przyczepności opony na wszystkich rodzajach nawierzchni. Efektem dłuższego czasu użytkowania samochodu będzie nierównomierne zużycie bieżnika – jego środkowa część będzie bardziej zużyta niż jego barki, ponieważ opona styka się z podłożem środkową częścią bieżnika, co powoduje jego przyspieszone zużycie. Takie używanie opon zmniejsza przebieg jaki można pokonać na jednym komplecie opon. Istnieje również duże ryzyko uszkodzenia opony – uszkodzenie kordu opony, które wynika np. z uderzenia w krawężnik, wpadnięcia w dziurę w jezdni. Nie dużo podniesione ciśnienie kół poprawia prowadzenie i stabilność pojazdu w zakręcie, zmniejsza także opory toczenia, zużycie paliwa. Czasami producenci pojazdów w instrukcjach informują o wartości ciśnienia, która jest optymalna pod względem przyczepności i zużycia paliwa.



Rys. 1. Przykładowa kontrolka ostrzegawcza na desce rozdzielczej [własne]

Systemy monitorowania ciśnienia w oponach monitorują spadek ciśnienia w kołach. Ostrzegają one przed niebezpiecznymi zmianami ciśnienia i wysyłają one sygnał, gdy rzeczywiste ciśnienie w oponie różni się od określonej prawidłowej wartości ciśnienia opony.

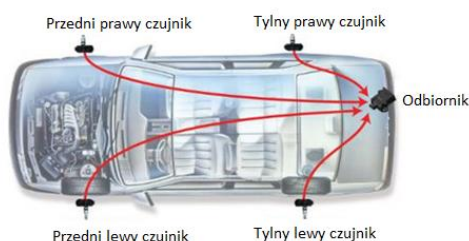
Prawidłowe ciśnienie opon powoduje, iż opona przylega do powierzchni drogi przy użyciu pełnej powierzchni bieżnika. Bieżnik zużywa się równomiernie i zapewnia pełną przyczepność opony z powierzchnią. To przekłada się na następujące zalety:

- wysoki przebieg opon,
- minimalna droga hamowania,
- stabilność na zakrętach
- najlepszy komfort jazdy.

1. Metody pomiarów

Systemy kontroli ciśnienia powietrza w kołach działają w oparciu o 2 metody: metodę pośrednią i bezpośrednią. Metoda pośrednia wykorzystuje czujniki ABS/ESP i nie wymaga montażu dodatkowych elementów pomiarowych. Natomiast metoda bezpośrednia to pomiar ciśnienia powietrza za pomocą czujników umieszczonych w kołach. Wymaga ona montażu elementów pomiarowych w postaci czujników.

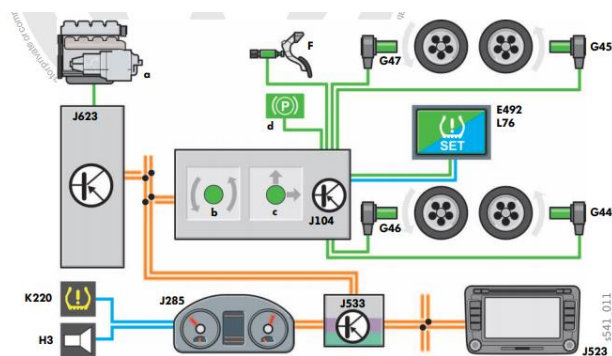
Pośrednie systemy monitorowania ciśnienia w oponach (TPMS) jak już wspomniano wyżej to systemy, które nie mają czujników ciśnienia powietrza w oponach. Wykrywają one niskie ciśnienie w kołach mierząc względne prędkości obrotowe kół w jednostce czasu za pomocą czujników prędkości koła ABS (Anti-lock Breaking System). Później zmierzone sygnały za wszystkich kół są ze sobą porównywane. Kiedy wystąpi dłuższy inna wartość na jednym z kół to kierowca jest o tym ostrzegany za pomocą kontrolki na desce rozdzielczej. Im mniejsza średnica koła, tym więcej wykona ono obrotów w jednostce czasu względem pozostałych to ciśnienie jest niższe. Im większa średnica koła, tym mniej obrotów wykona ono w jednostce czasu względem pozostałych to ciśnienie jest wyższe.



Rys. 2. Schemat działania czujników w systemie pośrednim [3]

Jeżeli pojazd będzie wyposażony w opony typu Runflat, wyświetlacz ciśnienia w oponach będzie zawsze zainstalowany. W przypadku posiadania opon typu Runflat, kierowca zazwyczaj nie zauważy niskiego ciśnienia w oponach, dlatego w tym przypadku zawsze jest wymagany system monitorowania ciśnienia kół. Ostrzeżenia są wskazywane przez lampkę ostrzegawczą ciśnienia opon w tablicy rozdzielczej. Przycisk w konsoli środkowej służy do konfiguracji wskaźnika ciśnienia w oponach dla opon po regulacji ciśnienia w oponach, zmianie opon lub wykonaniu prac na podwoziu pojazdu (kalibracja systemu). Wskaźnik ciśnienia w oponie jest systemem informacyjnym ostrzegającym przed utratą ciśnienia w jednej z nich. Nie zwalnia to jednak kierowcy z obowiązku regularnego sprawdzania ciśnienia w oponach. Różne dane z systemu zapobiegającego blokowaniu się kół podczas hamowania są używane do określenia obwodu toczenia opony. Obwód toczenia jest porównywany z danymi referencyjnymi. Utratę ciśnienia w oponach można wykryć na podstawie niewielkich zmian. Dane referencyjne są obliczane na podstawie bieżących danych jazdy podczas uczenia systemu, zwanego kalibracją. Jeśli moduł TPM wykryje sygnał z hamulca ręcznego (VW Golf) lub elektromechanicznego hamulca postojowego (VW Passat), zostanie automatycznie dezaktywowany na czas trwania sygnału. Koła zapasowe, tymczasowe koła zapasowe i przyczepy nie są monitorowane za pomocą TPM. System musi zostać skalibrowany po zmianie koła. Jeśli wykryta zostanie utrata ciśnienia, kierowca zostanie ostrzeżony przez lampkę ostrzegawczą monitora ciśnienia kół na tablicy rozdzielczej i jeden sygnał dźwiękowy. Lampka będzie świecić, dopóki system nie zostanie ponownie skalibrowany. Dopóki system nie zostanie skalibrowany, sygnał dźwiękowy będzie występował przy każdym uruchomieniu samochodu. Istnieje także drugi rodzaj pomiaru, który polega na pomiarze wibracji i zmiany obciążenia każdego koła podczas skrę-

cania, przyspieszania oraz hamowania. Pomiary dokonywane są jak w pierwszej metodzie.

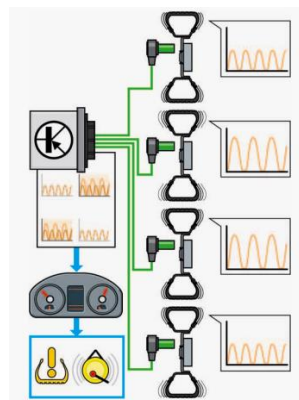


Rys. 3. Schemat połączenia elementów w systemie TPLI + [3]

Oznaczenia:

- E492** - Przycisk wskaźnika ciśnienia w oponach
- F** - Włącznik świateł hamowania
- G44-G47** - Czujniki prędkości
- H3** - Brzęczyk ostrzegawczy i dźwięk
- K220** - Lampka ostrzegawcza o spadku ciśnienia w oponach
- J104** - Jednostka sterująca dla ABS
- J285** - Sterownik w tablicy rozdzielczej
- J523** - Jednostka sterująca wyświetlacza przedniego i informacje panel kontrolny (w niektórych modelach)
- J533** - Interfejs diagnostyczny magistrali danych
- J623** - Sterownik silnika
- L76** - Żarówka do podświetlania przycisków
- a** - sygnał obciążenia silnika / momentu obrotowego silnika
- b** - Sygnał prędkości odchylenia
- c** - Sygnał przyspieszenia poprzecznego i wzdłużnego
- d** - Hamulec ręczny / parkowanie elektromechaniczne sygnał hamowania

Wymóg analizy spektralnej jest taki, że czujniki prędkości wykrywają, czy opona się toczy. Jeśli opona traci powietrze, amplituda jego naturalnej wibracji wzrasta podczas jej częstotliwość spada. Podczas procesu adaptacji RKA + mierzy wzory drgań poszczególnych kół i je przechowuje w pamięci. Jeśli aktualnie zmierzone wzorce drgań odbiegają od wzorców zachowanych podczas adaptacji przez ustaloną wartość progową, jest to znak nieznacznego spadku ciśnienia i wydawane jest ostrzeżenie.



Rys. 4. Schemat działania systemu – analiza drgań kół [3]

Metoda bezpośrednia

W metodzie bezpośredniej ciśnienie, temperatura i kierunek obrotów opony to mierzone zmienne jakie można wykryć bezpośrednio

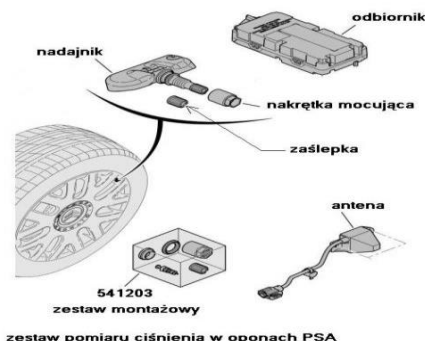
za pomocą czujników ciśnienia, temperatury i przyspieszenia, o ile czujniki są zamontowane bezpośrednio na kole.

Ponieważ koło obraca się, nie jest możliwe bezpośrednie podłączenie różnych czujników do systemu monitorowania za pomocą przewodów elektrycznych. Zmierzone wartości muszą być zatem przesyłane bezprzewodowo, co powoduje, że technologia systemu jest bardziej złożona. Bezpośredni pomiar ciśnienia i temperatury jest zarezerwowany dla systemów TPMS. Czujniki ciśnienia w oponach zawierają zawór i jednostkę nadawczą. Zawór może być używany jako antena przez jednostkę nadawczą.

Ciśnienie w oponie nie jest mierzone w stosunku do ciśnienia atmosferycznego otoczenia, lecz w stosunku do komory próżniowej zintegrowanej z czujnikiem (0 barów). Na poziomie morza czujnik mierzy zatem wartość ciśnienia, na przykład 3,5 bara, która składa się z ciśnienia opon 2,5 bar i ciśnienia atmosferycznego 1 bar. Pomiar nie jest zatem względnym pomiarem ciśnienia atmosferycznego, ale jest pomiarem ciśnienia bezwzględnego. Zakres pomiaru ciśnienia wynosi od 0 do 6 bar. Rozdzielczość czujnika wynosi ok. 25 mbar (0,025 bara). Dokładność pomiaru ciśnienia wynosi od -20°C do 70°C przy ± 75 mbar. Zakres pomiaru temperatury opon wynosi od -40°C do 120°C z wykrywaniem przyrostów temperatury o 2°C . Granice tolerancji pomiaru temperatury mieszczą się w zakresie od -20°C do 70°C przy $\pm 4^{\circ}\text{C}$. Zmierzone wartości temperatury są przetwarzane przez system, ale nie są wyświetlane.

Kierunek obrotów jest wykrywany przez proces pomiarowy, który reaguje na powiązane zachowanie przyspieszenia ze zmianą kierunku obrotu. Czujnik kierunku obrotu modułu nadawczego składa się z dwóch czujników przyspieszenia, które są tak rozmieszczone, że jeden czujnik oddaje sygnał szybciej niż drugi w oponie, która jest obracana w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara. Działa to dokładnie w odwrotny sposób w kołach obracających się zgodnie z ruchem wskazówek zegara, tak aby kierunek obrotu, a tym samym pozycja montażowa czujnika ciśnienia w oponach była wykrywana bardzo szybko.

Systemy bezpośrednie TPMS określają rzeczywisty poziom ciśnienia panującego w kole za pomocą pomiaru czujnika umieszczonego wewnątrz koła. Czujniki mocowane są bezpośrednio z zaworem powietrza lub bezpośrednio na feldzie (taśma tensometryczna). Zarówno w jednym jak i w drugim przypadku komunikacja czujników z systemem odbywa się za pomocą fal radiowych. Ten sposób pomiaru jest dużo dokładniejszy niż pośredni system, ale zależy to w dużej mierze od modelu pojazdu oraz jak bardzo jest on rozbudowany, a czas pomiaru jest dosyć krótki.

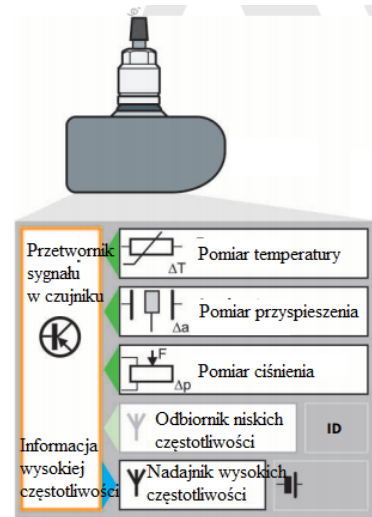


Rys.5 . Schemat systemu TPMS stosowanego w pojazdach PSA [5]

2. Budowa systemu

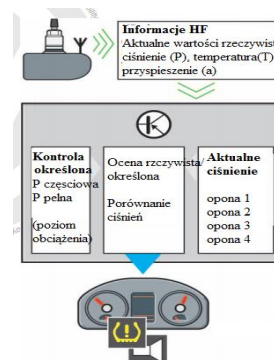
Czujnik ciśnienia w oponach waży zaledwie 20 g i jest wyposażony każda opona. Basic TPMS rozpoznaje własne czujniki ciśnienia w oponach zaraz po rozpoczęciu podróży. Czujnik ciśnienia w oponie składa się z plastikowej obudowy, połączonego czujni-

ka ciśnienia, przyspieszenia i temperatury, jednostki nadawczej HF (433 MHz) do przesyłania danych z czujników do jednostki kontroli wejścia i uruchomienia oraz jednostki odbiornika LF (125 kHz). Wbudowany akumulator służy jako niezależne źródło napięcia. W Basic TPMS zawór jest na stałe podłączony do czujnika ciśnienia w oponie jako zespół (czujnik ciśnienia w oponach). Czujnik ciśnienia w oponach wykorzystuje zawór jako antenę. Czujnik ciśnienia w oponach jest przymocowany do otworu zaworu w obręczy koła za pomocą nakrętki złączkowej. Czujnik ciśnienia w oponach zbiera zmierzone dane w różnych odstępach czasu i przesyła te dane za pośrednictwem urządzenia nadawczego wysokich częstotliwości wraz z identyfikatorem urządzenia czujnika ciśnienia w oponie do oprogramowania TPMS.



Rys.6. Schemat działania czujnika umieszczonego w kole [5]

Specyficzne ciśnienia w oponach z odczytami ciśnienia nie są wyświetlane przez podstawowy układ TPMS. Zaprogramowane fabrycznie ciśnienie można uzupełnić o określone ciśnienie dla pojedynczego zestawu kół za pomocą testera diagnostycznego pojazdu. Gdy tylko koła zaczną się toczyć, oprogramowanie TPMS odbiera z centralnej anteny odbiorczej zmierzone wartości ciśnienia (p), przyspieszenia (a) i temperatury (T) dostarczone przez czujniki ciśnienia w oponach, a także identyfikator urządzenia czujniki ciśnienia w oponach w postaci telegramów danych HF. Informacje HF z czujników ciśnienia w oponach docierają w różnych odstępach czasu są przechowywane i oceniane przez oprogramowanie TPMS.



Rys. 7. Schemat działania systemu [2]

Wartości ciśnienia i temperatury są przeliczane na rzeczywistą wartość ciśnienia przez oprogramowanie i porównywane z określonymi wartościami ciśnienia dla poziomów obciążenia „częściowego obciążenia” i „pełnego obciążenia” przechowywanych w systemie.

Jeśli obie wartości dla wybranego poziomu obciążenia odbiegają od siebie zgodnie z systemem wartości ustawionym w oprogramowaniu TPMS, zostanie wydane specjalne ostrzeżenie.

Tab. 1. Przyczyny i reakcje podstawowego systemu TPMS na różne komunikaty [8]

Ostrzeżenia	Przyczyna ostrzeżenia	Wiadomość
Miękkie ostrzeżenie	Odchylenie od określonego ciśnienia o -0,3 bara	Piktogram, obrazek
Ostre ostrzeżenie bez wskazania pozycji koła	Odchylenie od określonego ciśnienia o -0,5 bara	Piktogram, obrazek, lampka ostrzegawcza na tablicy rozdzielczej
Brak	-	Brak lampki ostrzegawczej na tablicy rozdzielczej
Błąd systemu	Np. Błąd w jednostce sterującej	Piktogram, obrazek, lampka ostrzegawcza na tablicy przyrządów

Podstawowa konstrukcja czujników ciśnienia w oponach z czujnikiem, modułem nadawczym, obudową i akumulatorem odpowiada podstawowemu układowi TPMS. Dodatkowe wykrycie kierunku obrotu zostało osiągnięte dzięki zmodyfikowanemu modułowi czujnika zawierającemu czujnik przyspieszenia, który wykrywa nie tylko przyspieszenie, ale także kierunek przyspieszenia. Ustalenie kierunku obrotu jest ważne dla wykrycia położenia, ponieważ czujniki ciśnienia w oponie na jednej osi obracają się w przeciwnych kierunkach z punktu widzenia czujników ciśnienia w oponach. Czujniki ciśnienia w oponach dla systemu TPMS Midline przesyłają również swoje dane pomiarowe w postaci telegramu HF w sposób ciągły do anteny odbiorczej. Jednak pakiet danych zawiera również informacje na temat kierunku obrotu.

3. Analiza pomiaru ciśnienia, a ekologia

Właściwe ciśnienie dla twojego pojazdu można zwykle znaleźć w instrukcji obsługi. Informacja może być również oznaczona na pojeździe (na przykład na słupku drzwi kierowcy lub na wewnętrznej stronie klapy benzynowej). W większości przypadków podaje się dwa różne zestawy ciśnień:

- Dla „normalnych” warunków jazdy.
- W przypadku załadowanego pojazdu (z dodatkowymi osobami lub ciężkimi przedmiotami na pokładzie).

Poniżej przedstawiono jak ciśnienie w oponach może wpływać na bezpieczeństwo i ekologię:

– WYTRZYMAŁOŚĆ OPON

Jazda na niedopompowanych oponach zmniejsza ich wytrzymałość, prowadząc do pogorszenia, które może nawet spowodować szybkie ich zużycie. 0,5 bara lub więcej poniżej zalecanego ciśnienia jest niebezpieczne dla opon.

– UTRZYMANIE DROGI

W przypadku niedopompowanych opon układ kierowniczy pojazdu jest mniej precyzyjny. Jeśli można skręcić z prędkością 100 km / h przy ciśnieniu opon wynoszącym 2,0 bary, prędkość ta spada do 87 km / h 1,0 bar, czyli o 13 km / h mniej. Niższe ciśnienie kół powoduje gorszą przyczepność opon przy wyższych prędkościach. Kiedy ciśnienie opon jest za wysokie zużycie bieżnika opony występuje w jego środkowej części. Opony nie spełniają właściwie swoich funkcji amortyzacyjnych, co znacznie obniża komfort jazdy oraz zwiększa się zużycie elementów zawieszenia samochodu. Natomiast wysokie zużycie opony eksploatowanej ze zbyt niskim ciśnieniem występuje po obu zewnętrznych stronach czoła bieżnika. Na powierzchni bocznej może występować charakterystyczny ciemniejszy pas na całym obwodzie opony, który powstał przez przegrzewanie się opony w wyniku uginającego się jej boku.



Rys.8. Zużycie opon w zależności od ciśnienia [7]

– AKWAPLANACJA

Jeśli ciśnienie w oponach jest o 30% niższe od zalecanego ciśnienia, istnieje gwałtowny wzrost ryzyka akwaplanacji- występują wtedy, gdy bieżnik nie jest w stanie odprowadzić wody, która jest pod oponą, a między oponą a powierzchnią styku tworzy się warstwa wody, co powoduje zmniejszenie przyczepności pojazdu. Niższe ciśnienia powodują większe ryzyko akwaplanacji.

– HAMOWANIE

Ponadto testy wykazują, że drogi hamowania z 90 km / h do 70 km / h to 40 metrów przy 2,0 barach, a 45 metrów przy 1,0 barze, czyli o 5 m dłużej. Niższe ciśnienie powietrza w kołach powoduje wydłużenie drogi hamowania.

– ZUŻYCIE PALIWA

Opony o napompowanym ciśnieniu 1 bar mają zwiększony opór toczenia, co prowadzi do około 6% większego zużycia paliwa.

Tab. 2. Wpływ niskiego ciśnienia opon na zużycie paliwa i żywotność opon [7]

Mniejsze ciśnienie powietrza opon od zalecanego	Wzrost zużycia paliwa	Skrócenie żywotności opon
10%	2%	15%
20%	4,5%	28%
30%	6,25%	37%

Zastosowanie w samochodach systemów monitorujących prawidłowe ciśnienie w oponach ma sprawić, aby użytkowanie ich było przyjazne dla środowiska. Jazda z prawidłowo napompowanymi oponami daje wiele korzyści. Pierwszym z nich są oszczędności. Eksploatacja pojazdu przy odpowiednim ciśnieniu poprawia zużycie paliwa. Jazda na niedopompowanych oponach podnosi zużycie paliwa, gdyż opory toczenia kół zwiększają się. Oprócz niższego zużycia paliwa prawidłowe ciśnienie w oponach zapewnia dłuższe, bardziej równomierne zużycie bieżnika, dzięki czemu zwiększa się przebieg opon. Co za tym idzie opony są zmieniane rzadziej, więc produkcja opon jest niższa, co zmniejsza emisję szkodliwych substancji podczas ich produkcji i utylizacji. Utrzymanie prawidłowego ciśnienia opon optymalizuje wydajność jazdy. Tzn. zapewnia optymalne zużycie opon oraz optymalne zużycie paliwa. Powoduje to zmniejszenie emisji dwutlenku węgla (CO₂) i innych szkodliwych substancji do atmosfery.

4. Badanie

Badanie zostało przeprowadzone na systemie bezpośrednim zastosowanym w Mercedes-Benz E 220d 4 Matic W213 z 2017 roku, na systemie pośrednim zastosowanym w Skodzie Rapid z 2015r, a także systemie bezpośrednim w Hyundai Tucson z 2019 roku. Do kontroli ciśnienia posłużył homologowany manometr PA-10K o numerze homologacji OUM.1.41.8987.2018.4-01. Ciśnienie zmieniano w lewym tylnym kole.

Dane z systemu TPMS odczytano za pomocą urządzenia KTS 560 i programu ES[tronic] 2.0 wersja 12.2.3420 w przypadku

Mercedesa. Natomiast do odczytu danych ze Skody posłużył program VCDS wersja 18.9.1. Dla systemu pośredniego nie ma możliwości pozyskania informacji o ciśnieniu jak dla systemu bezpośredniego. System pośredni przelicza dane z czujników wg. określonego algorytmu i informuje kierowcę kontrolką na tablicy wskaźników o spadku ciśnienia. System przy wartości 1,7 bara poinformował o spadku ciśnienia, dla ciśnienia prawidłowego 2,2 bara dla opon 185/60 R15 [tab.3].

Tab. 3. Wskazania systemów bezpośredniego

Zadane ciśnienie [bar]	SYSTEM BEZPOŚREDNI	
	Odczyt z manometru / wskazanie systemu	
	+12°C	2°C
2,2	2,2 / 2,17	2,2 / 2,07
2,0	2,0 / 2,0	2,0 / 1,92
1,8	1,8 / 1,73	1,8 / 1,67
1,6	1,6 / 1,63	1,6 / 1,48
1,5	1,5 / 1,52	1,5 / 1,38
1,4	1,4 / 1,43	1,4 / 1,27

System TPMS zastosowany w pojeździe Hyundai Tucson to system bezpośredni. Różnica pomiędzy nim a systemem zastosowanym w Mercedesie jest to, że pomiar ciśnienia w kołach dokonywany jest podczas jazdy z prędkością powyżej 35 km/h. Zmierzone ciśnienia są ukazywane po wybraniu opcji na wyświetlaczu na tablicy wskaźników. Bezpośrednie wartości ciśnień można odczytać komputerem diagnostycznym.



Rys.9. System TPMS Hyundai Tucson [własne]

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynika, iż system bezpośredni charakteryzuje się większą dokładnością w porównaniu do systemu pośredniego. Dla systemu pośredniego nie ma możliwości pozyskania informacji o ciśnieniu w kołach jak dla systemu bezpośredniego. System pośredni przelicza dane z czujników wg. określonego algorytmu i informuje kierowcę kontrolką na tablicy wskaźników o spadku ciśnienia. Dokładność pomiaru w obu przypadkach zależy od stanu ogumienia – przy mocno zużytych i nierównomiernie oponach błąd pomiaru może być wyższy ok. 10%, temperatury otoczenia oraz temperatury opony – różnica 10°C temperatury zewnętrznej powoduje błąd pomiaru ciśnienia 0,1 bara. Również temperatura wewnątrz opony ma wpływ na pomiar, dlatego w czujnikach TPMS jest także czujnik temperatury, który mierzy ją wewnątrz opony. Dzięki temu system bezpośredni może poinformować kierowcę o temperaturze w poszczególnej oponie, która ma wpływ na dokładność pomiaru. Wpływ na pomiar ciśnienia ma również fakt czy

pojazd porusza się. Wadą systemu pośredniego jest to, że nie kontroluje ciśnienia kół, gdy auto stoi. Natomiast system bezpośredni TPMS bardzo dokładnie pokazuje ciśnienie nie poruszającego się pojazdu. Gdy jest w ruchu wskazania bezpośredniego systemu, mogą być wyższe ze względu na różną temperaturę opon będącego skutkiem ciepła wytwarzanego poprzez tarcie opon o nawierzchnię podczas jazdy i hamowania. W systemie pośrednim występuje podobna niedokładność pomiaru. W zbadanym systemie bezpośrednim przy niższej temperaturze 2°C, występuje wyższy błąd pomiarowy wynoszący 0,13 bara. Również czas pomiaru w niższej temperaturze jest dłuższy zarówno dla systemu pośredniego i bezpośredniego. Większy błąd pomiarowy wynika z tego, iż powietrze w niższej temperaturze staje się gęstsze. W tym przypadku występuje zarówno błąd pomiarowy wynikający z temperatury jak i z samego pomiaru systemów. Przy zadanym ciśnieniu 2,0 bara bezpośredni wskazał wartość równą wartości na manometrze dla temp. 12°C, a przy temp. 2°C błąd pomiarowy zmniejszył się do 0,08 bara.

5. Bibliografia

1. Bosch R.: Autoelektrik, Autoelektronik, Wiesbaden, Vieweg&Sohn Verlag, 2007.
2. Bosch R.: Mikroelektronika w pojazdach samochodowych. Informatory techniczne Bosch, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2002.
3. Bosch R.: Czujniki w pojazdach samochodowych. Informatory techniczne Bosch, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2010.
4. Doległo M.: Podstawy elektrotechniki i elektroniki : podręcznik do kształcenia w zawodach technik pojazdów samochodowych, mechanik pojazdów samochodowych, elektromechanik pojazdów samochodowych, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2016.
5. Gajek A., Juda Z.: Czujniki, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2008.
6. Herner A, Jurgan R.H.: Elektrotechnika i elektronika w pojazdach, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2010.
7. Jaworki J.: Ogumienie pojazdów samochodowych : budowa i eksploatacja, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 1987.
8. Manufacture francaise des pneumatiques Michelin. Opona: komfort mechaniczny i akustyczny. Clermont-Ferrand : Société de Technologie Michelin, 2002.
9. Manufacture francaise des pneumatiques Michelin. Opona: opór toczenia, a oszczędność paliwa. Clermont-Ferrand : Société de Technologie Michelin, 2003

Analysis of pressure control systems in vehicles with regard to ecological requirements

The article presents an analysis of pressure monitoring systems in vehicle Wheel informing the driver about the pressure other than that required by the tire and vehicle manufacturer. The material includes analysis of the indirect and direct system in terms of ecological and operational safety. Conducted research is designed to draw the accuracy of both systems their response time and translate into safety.

Key words: Pressure sensor, pressure measurement in wheels, adhesion

Autorzy:

Dr inż. **Paweł Olszowiec** – Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, p.olszowiec@uthrad.pl
 prof. dr hab. inż. **Mirosław Luft** – Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, m.luft@uthrad.pl
 inż. **Bartosz Boczyński** – Uniwersytet Technologiczno - Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki