

WPLYW USTAWIENIA INSTALACJI GAZOWEJ NA PARAMETRY PRACY SILNIKA SPALINOWEGO O ZAPŁONIE ISKROWYM

Wysokie ceny paliw skłaniają użytkowników pojazdów do szukania alternatywnych rozwiązań zasilania silników spalinyowych. Najpopularniejszym sposobem na redukcję kosztów paliwa jest montaż instalacji LPG. Poprawność działania dwupaliwowego układu zasilania uwarunkowana jest poprawnym montażem instalacji gazowej oraz odpowiednim ustawieniem parametrów sterownika LPG. W artykule skupiono się na działaniu korekt krótko- i długoterminowych realizowanych przez sterownik silnika benzynowego. Za pomocą zmian w nastawach sterownika instalacji gazowej wprowadzono niekorzystne dla pracy silnika korekty składu mieszanki gazu, które badano pod wpływem emisji szkodliwych substancji. Wykazano wyraźne zmiany w parametrach pracy silnika przed i po wprowadzeniu modyfikacji. W badaniach pokazano różnice między krótko- i długoterminowymi korektami zarówno w mocy silnika, jak i w składzie spalin.

WSTĘP

Zmniejszenie zużycia paliwa, a co za tym idzie zmniejszenie emisji szkodliwych substancji do atmosfery to jedne z głównych celów stawianych przez konstruktorów silników. Nie zawsze jednak efekty ich pracy są w pełni zadowalające dla użytkowników pojazdów. Wysokie koszty prowadzenia przedsiębiorstw czy też życia codziennego osób prywatnych powodują, że ci szukają coraz to nowszych sposobów na zredukowanie kosztów transportu, z którym w obecnych czasach spotyka się praktycznie każda dziedzina życia. Wśród użytkowników samochodów osobowych najpopularniejszym sposobem na redukcję kosztów paliwa jest montaż instalacji gazowej. Cena paliwa LPG jest średnio o 50% niższa w stosunku do ceny benzyny, a koszt montażu instalacji gazowej waha się w przedziale 2000÷3000zł za średniej klasy instalację IV generacji. Łatwo więc policzyć, że koszt montażu LPG zwraca się przy przebiegu ok. 15000km dla przeciętnej klasy samochodu osobowego.

Instalacje gazowe podzielono ze względu na ich budowę na sześć „generacji” [1, 3]. Każda z nich posiada taki sam układ napełniania i przechowywania paliwa. Zazwyczaj usytuowany on jest w tylnej części pojazdu, tak by znajdował się jak najdalej od źródła ciepła (np. silnika). W jego skład wchodzi: system napełniania, zbiornik z wielozaworem oraz przewód doprowadzający gaz w fazie ciekłej do komory silnika [4].

Najstarszą, a zarazem najprostszą instalacją nadającą się do montażu głównie w silnikach z zasilaniem gaźnikowym jest instalacja pierwszej generacji. Sterowanie podciśnieniowe sprawia, że nie jest konieczne instalowanie praktycznie żadnych sterowników elektronicznych. Choć koszt montażu owej instalacji jest niewielki, rozwiązanie to jest mało precyzyjne. Gaz w fazie lotnej trafia do mieszalnika zamontowanego w układzie dolotowym pomiędzy filtrem powietrza, a przepustnicą. Tam, wraz z zasysanym przez silnik powietrzem tworzy mieszkankę palną, która następnie trafia do komory spalania.

Instalacja drugiej generacji budową przypomina swojego poprzednika, lecz posiada już możliwość sterowania dawką gazu przy wykorzystaniu sygnału z sondy lambda przeliczonego przez specjalny sterownik elektroniczny. Obie instalacje wyposażone są w reduktor (parownik), który zmienia stan skupienia paliwa z ciekłego

na gazowy. Jako, że do rozprężenia gazu niezbędne jest dostarczenie ciepła z otoczenia, reduktory gazu wyposażone są w system ogrzewania podłączony do układu chłodzenia silnika.

W instalacji trzeciej generacji występuje reduktor dwustopniowy. Pierwszy stopień zmienia stan skupienia gazu z ciekłego na stały. U wylotu reduktora panuje ciśnienie rzędu 0,45÷0,65 bar. W drugim stopniu, w zależności od podciśnienia panującego w kolektorze ssącym, następuje regulacja ilości gazu dostarczanego do silnika. Rozprężony gaz trafia do rozdzielacza, który w zależności od zapotrzebowania dozjuje odpowiednią dawkę gazu do poszczególnych cylindrów. Trzecia generacja jest instalacją o ciągłym zasileniu gazem.

Najpopularniejszą obecnie jest czwarta generacja, która zasadą działania przypomina instalację pośredniego wtrysku benzyny [8]. Jednostopniowy reduktor zasila listwę wtryskową gazem w stanie lotnym. Piezoelektryczne wtryskiwacze, których końcówki umieszczone są możliwie najbliżej wtryskiwaczy benzynowych, wykorzystując sygnał sterownika LPG precyzyjnie odmierzają dawkę paliwa potrzebną do zasilenia silnika. Do obliczenia odpowiedniej ilości gazu wykorzystywana jest informacja o czasie otwarcia wtryskiwaczy benzynowych oraz dane z innych czujników np. ciśnienie i temperatura gazu, prędkość obrotowa wału korbowego czy sygnał z sondy lambda [6]. Czwarta generacja gazu cieszy się największą popularnością, ponieważ jest optymalnym kompromisem pomiędzy kosztem montażu instalacji a poprawnością działania silnika zasilanego gazem.

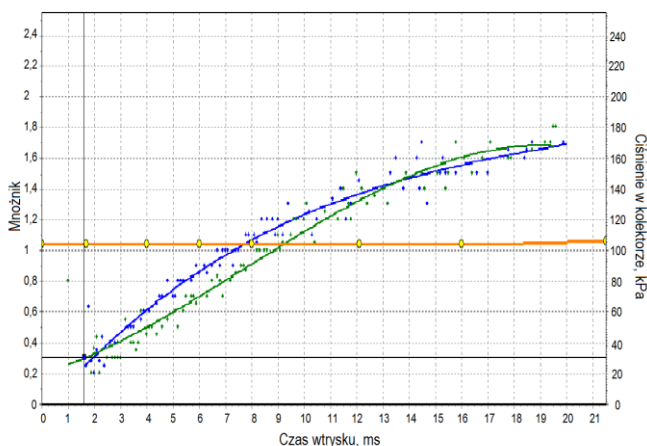
Piąta i szósta generacja instalacji LPG nie posiada reduktora zmieniającego stan skupienia paliwa, ponieważ jest ono wtryskiwane w fazie ciekłej: piąta generacja – do kolektora dolotowego, szósta generacja – do komory spalania za pomocą wtryskiwaczy benzynowych. Montaż instalacji tego typu jest znacznie droższy w odniesieniu do poprzednich generacji, jednak w celu zachowania trwałości wtryskiwaczy benzynowych w silnikach z wtryskiem bezpośrednim konieczne jest stosowanie szóstej generacji, bądź realizowanie stałego „dotrysku” benzyny chłodzącej końcówki wtryskiwaczy [5].

1. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań wykonanych w ramach niniejszej publikacji jest wykazanie krótko- oraz długoterminowego wpływu niepoprawnie ustawionego współczynnika korekcyjnego mapy zasilania gazem na pracę silnika spalinyowego. Sterownik ECU odpowiedzialny za zasilanie benzyną wyposażony jest w funkcję korekcji składu mieszanki za pomocą doboru odpowiedniego czasu otwarcia wtryskiwaczy benzynowych. Prędkość obrotowa wału korbowego, ciśnienie i temperatura powietrza w kolektorze ssącym, temperatura cieczy chłodzącej jak i napięcie w instalacji elektrycznej to tylko niektóre z parametrów wpływających na współczynnik krótkoterminowej korekcji wtrysku, który odpowiedzialny jest za dobór bieżących korekt składu mieszanki palnej. Oprócz wymienionych parametrów zmiennych wraz ze stanami pracy silnika występują także te, mające stały charakter swoich zmian np. różnice w składzie lub jakości paliwa, zanieczyszczenie wtryskiwaczy, zużycie mechaniczne silnika, niewielkie nieszczelności układu dolotowego, zmiany ciśnienia atmosferycznego czy uszkodzenia silnika, których system diagnostyki pokładowej nie potrafi wykryć. Sumaryczny wpływ tych wszystkich czynników na skład mieszanki określa tzw. współczynnik długoterminowej korekcji czasu wtrysku, ustalany przez sterownik silnika na podstawie długotrwałych obserwacji parametrów pracy jednostki napędowej. Korekty te charakteryzują się tym, że działają niezależnie od krótkoterminowej korekcji czasu wtrysku. Zaletą takiego rozwiązania jest stała kompensacja zużycia silnika. Wadą jest fakt, że po usunięciu potencjalnej usterki sterownik nie powróci do bazowych czasów wtrysków w sposób natychmiastowy. Do ustalenia poprawnej wartości korekt potrzebny jest pewien czas pracy silnika.

W przeprowadzonych badaniach do wprowadzenia korekt długoterminowych posłużono się instalacją gazową IV generacji firmy STAG [1] zasilającej doładowany silnik F4Rt o pojemności 2000cm³ o zapłonie iskrowym i z pośrednim wtryskiem paliwa. Do pomiarów użyto hamowni podwozowej jednorolkowej MAHA MSR 500, która umożliwia badanie samochodowych układów napędowych z napędem na cztery koła. Do modyfikacji parametrów sterownika gazu użyto komputera PC wyposażonego w oprogramowanie dedykowane przez producenta instalacji - ACGasSynchro.

W pierwszej kolejności przeprowadzono pomiar mocy wraz z analizą składu spalin podczas zasilania silnika benzyną oraz gazem przy prawidłowych ustawieniach sterownika LPG (B3, G3). Wyniki te stanowiły punkt odniesienia dla dalszych pomiarów. Następnie wprowadzono do sterownika LPG błędne wartości korekt pomiędzy czasem wtrysku benzyny i gazu, zmieniając w ten sposób parametry pracy silnika. Wykres wartości współczynnika korekcyjnego (tzw. mnożnika) po wprowadzeniu zmian przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Ustawienie współczynnika korekcyjnego w programie.

Nie analizując poprawnych nastaw „mnożnika” dla wariantu prezentowanego na rys. 1 można zauważyć, że duże zróżnicowanie krzywej wtrysku benzyny (niebieski) w stosunku do krzywej wtrysku gazu (zielony). Świadczy o niepoprawnym „wystrojeniu” instalacji gazowej. Zachowując błędne nastawy, przejechano w cyklu mieszanym (cykl miejski oraz pozamiejski) dystans ok. 2000km, po czym przeprowadzono kolejne pomiary (B1, G1). Następnie przeprowadzono tzw. „autokalibrację”, która polega na automatycznym dobraniu przez sterownik gazu odpowiednich wartości współczynnika korekcyjnego. W normalnym cyklu strojenia, sterownik wymaga skorygowania mnożnika podczas prób drogowych. Aby sfinalizować proces strojenia sterownika LPG kilkakrotnie zrealizowano na hamowni syntetyczny cykl EUDC i ponownie zmierzono moc silnika i skład spalin przy zasilaniu benzyną oraz LPG (B2, G2).

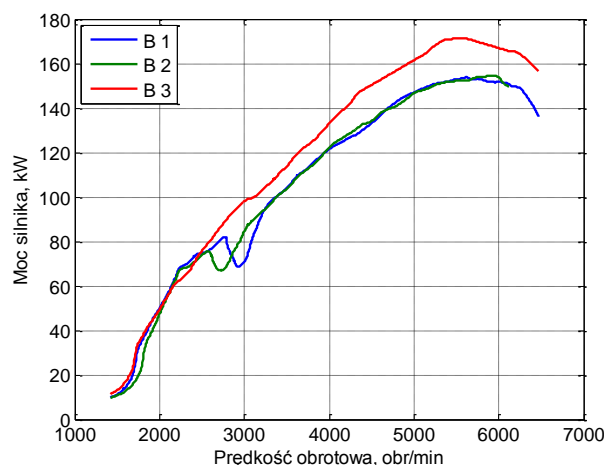
Tab. 1. Oznaczenia badanych wariantów zasilania.

Oznaczenie wariantu	Rodzaj zasilania
B1	Zasilanie benzyną po wprowadzeniu korekt długoterminowych.
B2	Zasilanie benzyną po wprowadzeniu korekt długoterminowych i ponownym ustawieniu nastaw sterownika gazu.
B3	Zasilanie benzyną przed wprowadzeniem zmian w instalacji gazowej.
G1	Zasilanie gazem po wprowadzeniu korekt długoterminowych
G2	Zasilanie gazem po wprowadzeniu korekt długoterminowych i ponownym ustawieniu nastaw sterownika gazu.
G3	Zasilanie gazem dla prawidłowo wyregulowanej instalacji gazowej, przed wprowadzeniem korekt długoterminowych.

W tab. 1 przedstawiono oznaczenia kolejnych wariantów zasilania, których użyto do opisu w dalszej części pracy.

2. WYNIKI BADAŃ

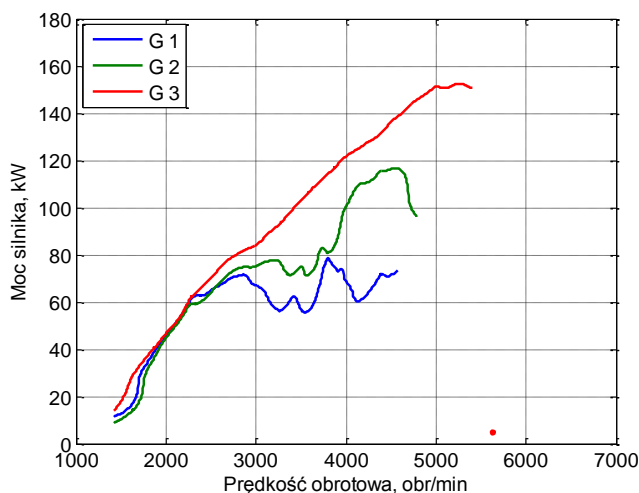
Badania przeprowadzone w ramach tej pracy obrazują wpływ źle ustawionych parametrów sterownika gazowego na moc i moment obrotowy silnika oraz emisję szkodliwych substancji. Na rys. 2 przedstawiono wyniki pomiaru mocy silnika podczas zasilania benzyną przy pełnym obciążeniu silnika przez hamownię, w pełnym możliwym do osiągnięcia zakresie prędkości obrotowych.



Rys. 2. Przebieg mocy silnika podczas zasilania benzyną.

ECU silnika posiada funkcję korekt długoterminowych, które służą do regulowania między innymi dawki paliwa w zależności od czynników, zachodzących w długim okresie czasu (np. naturalne zużycie silnika oraz jego elementów). W przeciwieństwie do korekt bieżących, związanych z aktualnymi informacjami dostarczanymi

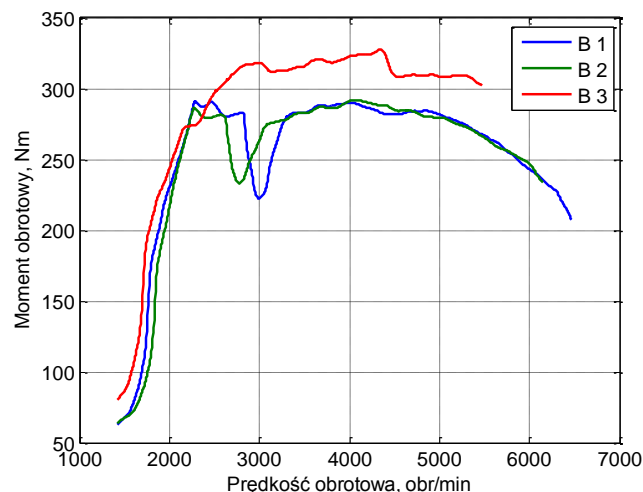
z czujników, korekty długoterminowe wprowadzane są na podstawie stałych zmian w pracy silnika. Wyraźne odchyłki pomiędzy wariantem B3 a B1 i B2 w idealny sposób prezentują różnice w pracy silnika pomiędzy korektami bieżącymi a korektami długoterminowymi sterownika benzynowego. W przypadku analizowanych badań długotrwałą zmianą była niepoprawnie skorygowana dawka gazu, która zmusiła ECU silnika do wprowadzenia własnych korekt. Rozregulowanie instalacji gazowej było jednak tak duże, że korekty sterownika benzynowego nie pozwoliły na osiągnięcie pełnej mocy badanej jednostki napędowej. Niewielkie różnice pomiędzy wariantem B1 a B2 pokazują, że krótkotrwała zmiana nastaw gazu nie wpływa w znaczący sposób na korekty sterownika benzynowego. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku zasilania silnika gazem, gdzie bieżącą korektą wpłynęła na osiąganą przez silnik moc co przedstawiono na rys. 3.



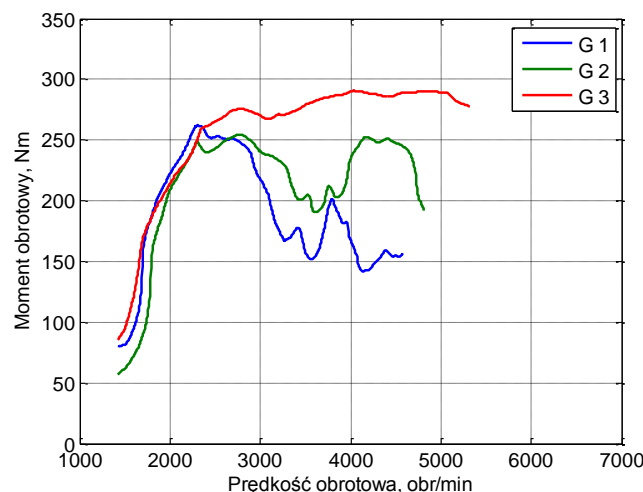
Rys. 3. Przebieg mocy silnika podczas zasilania gazem.

Po przeprowadzonej „autokalibracji” instalacji gazowej, moc silnika przy zasilaniu tym paliwem wzrosła w znaczący sposób. Pomimo wyraźnej poprawy nie wróciła ona jednak do swojej początkowej wartości. W takiej sytuacji wcześniej wprowadzone korekty długoterminowe powodują przekłamanie danych wejściowych dla sterownika gazu, uniemożliwiając tym samym ustawienie jego poprawnych nastaw. Osiągnięcie poprawnej pracy silnika możliwe jest dopiero po przejechaniu przez pojazd dużego dystansu przy zasilaniu benzyną (najczęściej dłuższego niż w przypadku „rozstrajania” sterownika). W przypadku korygowania parametrów pracy silnika przy zasilaniu gazem konieczne jest kilkukrotne, stopniowe regulowanie współczynnika korekcyjnego. Mapa gazowa bazuje na mapie benzynowej, więc jeśli ta ma wprowadzone błędne korekty to mimo chwilowego właściwego ustawienia sterownika gazu nie może on uzyskać w pełni poprawnej pracy silnika.

Jedną z ważniejszych dla użytkownika cech silnika spalinowego jest jego elastyczność, czyli zdolność przystosowania się do zmiany obciążenia. O jej wartości decyduje przebieg krzywej momentu obrotowego pomiędzy prędkością obrotową maksymalnej mocy a maksymalnego momentu obrotowego silnika. W celu określenia przedziału elastyczności badanej jednostki napędowej przeprowadzono pomiar momentu obrotowego przy pełnym obciążeniu, który przedstawiono na rys. 4 i 5.

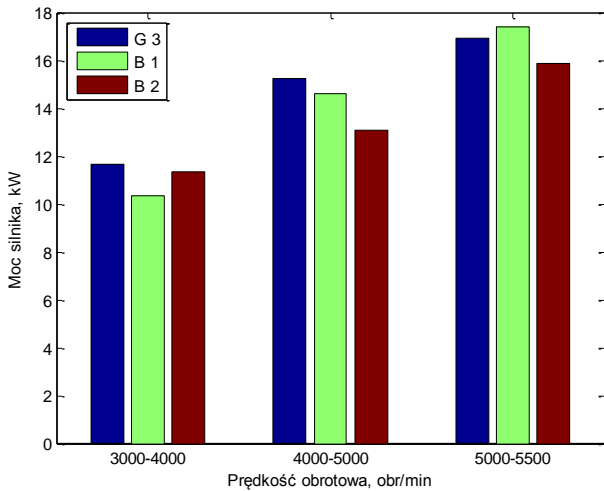


Rys. 4. Przebieg momentu obrotowego podczas zasilania benzyną.

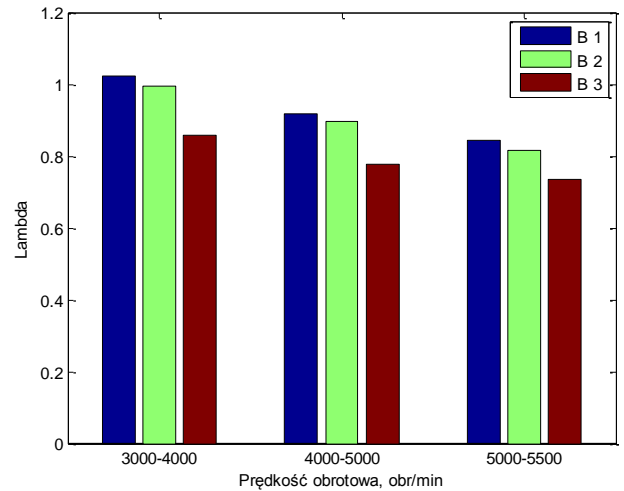


Rys. 5. Przebieg momentu obrotowego podczas zasilania gazem.

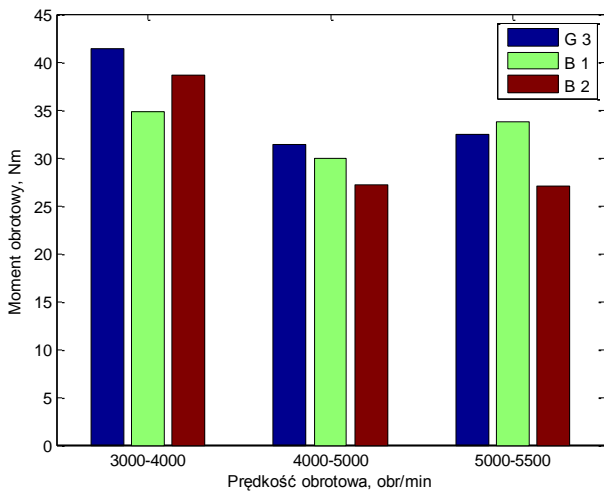
Wskaźnik elastyczności prędkości zależy od długości odcinka krzywej momentu obrotowego między prędkością kątową punktu maksymalnego momentu obrotowego i punktu maksymalnej mocy [7]. Ponieważ w badanym silniku maksymalny moment obrotowy utrzymuje swój poziom w zakresie od 3000 obr/min do 4400 obr/min, jako jego punkt maksymalny przyjęto początek tego przedziału. Maksymalna moc silnika uzyskiwana jest przy prędkości obrotowej powyżej 5000 obr/min zatem, jako przedział elastyczności silnika przyjęto zakres 3000 ÷ 5500 obr/min. Zważając na istotność wyznaczonego fragmentu dalsze wyniki skategoryzowano w trzech przedziałach, w których wyznaczono średnie wartości badanych parametrów dla każdej z grup. Należy założyć, że idealnymi parametrami pracy silnika są te, ustawione przez producenta pojazdu – zasilanie benzyną przed wprowadzeniem korekt długoterminowych. Na poniższych rysunkach zaprezentowano spadki mocy oraz momentu obrotowego w odniesieniu do poprawnej pracy silnika zasilanego benzyną.



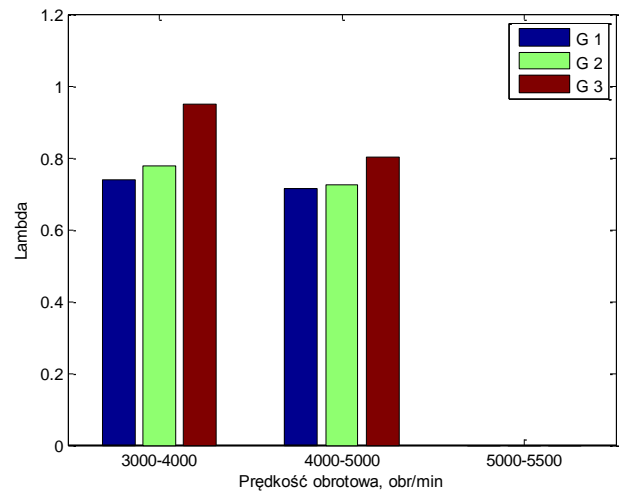
Rys. 6. Spadek mocy silnika w zależności od rodzaju zasilania.



Rys. 8. Wartość współczynnika lambda podczas zasilania benzyną.



Rys. 7. Spadek momentu obrotowego w zależności od rodzaju zasilania.

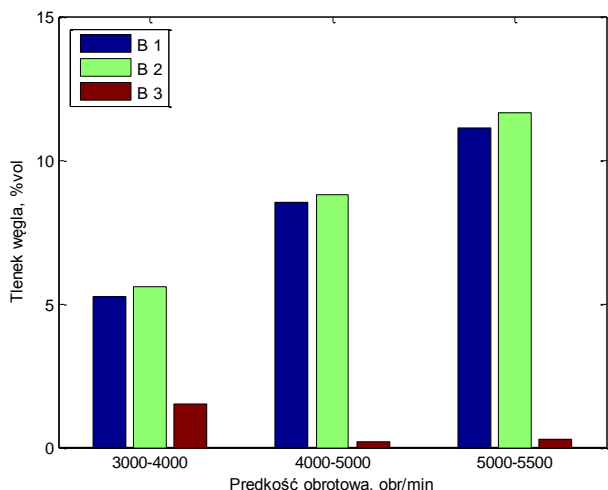


Rys. 9. Wartość współczynnika lambda podczas zasilania gazem.

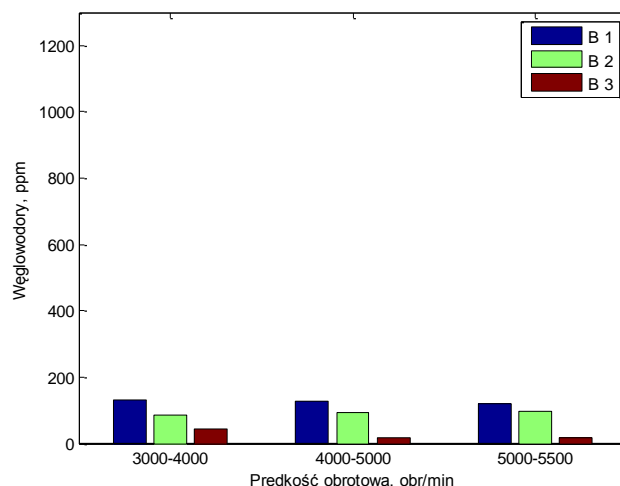
Analizując dane na rys. 6 i rys. 7 zauważa się, że im większy przedział prędkości obrotowej, tym większy spadek mocy dla każdego z rodzajów zasilania. W przypadku momentu obrotowego sytuacja jest odwrotna. Niezależnie od przedziału prędkości obrotowej (z pominięciem jednego przypadku) strata mocy podczas zasilania gazem jest większa niż podczas zasilania benzyną pomimo tego, że porównywano zasilenie gazem przed wprowadzeniem niekorzystnych korekt z zasileniem benzyną już po ich wprowadzeniu.

Zmienione wartości mocy i momentu obrotowego to jednak tylko jedno z aspektów związanych z niepoprawnie wyregulowaną instalacją gazową. Niepoprawna praca silnika negatywnie wpływa na ilość i skład emitowanych do środowiska spalin. Wielkość współczynnika lambda jest głównym wyznacznikiem świadczącym o poprawności procesu spalania.

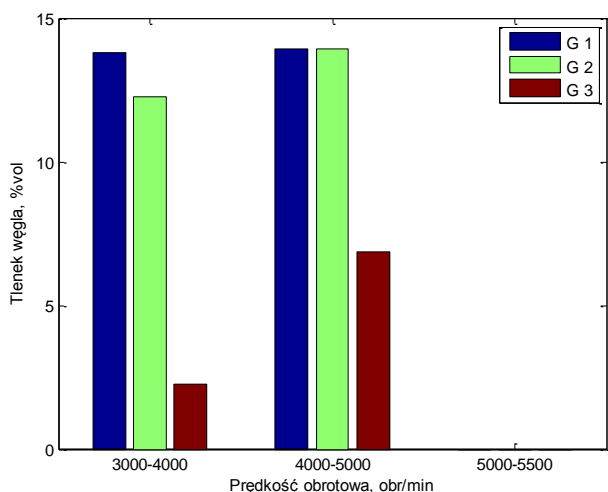
Na wykresach zaprezentowanych na rys. 8 i rys. 9 charakterystyczny jest fakt, że dla każdego z badanych wariantów wielkość współczynnika nadmiaru powietrza maleje wraz z przyrostem prędkości obrotowej wału korbowego. Niższy współczynnik lambda przy wyższym obciążeniu silnika spowodowany jest faktem zabezpieczenia silnika przed nadmierną temperaturą spalania paliwa, która może mieć miejsce przy zasilaniu zbyt ubogą dawką. Analizując obydwa wykresy wnioskuje się, że korekty sterownika gazu dążyły do zwiększania dawki paliwa. Podczas zasilania LPG wartość współczynnika lambda była niższa niż ta przed wprowadzeniem korekt zaburzających pracę silnika. Zasilanie benzyną charakteryzowało się wyższym współczynnikiem lambda, co świadczy o tendencji korekt długoterminowych sterownika silnika do obniżania ilości wtryskiwanego paliwa. Stosunkowo niewielkie rozbieżności pomiędzy wariantami G1 i G2 potwierdzają, że jednorazowe poprawienie nastaw instalacji gazowej nie mogą w krótkim czasie przywrócić poprawnej pracy silnika.



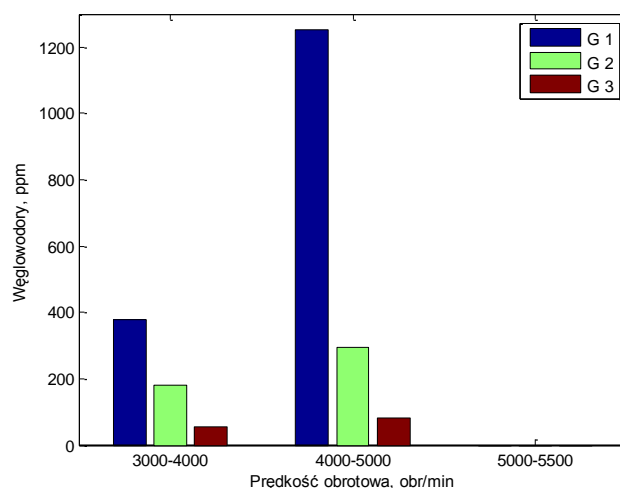
Rys. 10. Stężenie CO w spalinach podczas zasilania benzyną.



Rys. 12. Stężenie HC w spalinach podczas zasilania benzyną.



Rys. 11. Stężenie CO w spalinach podczas zasilania gazem.

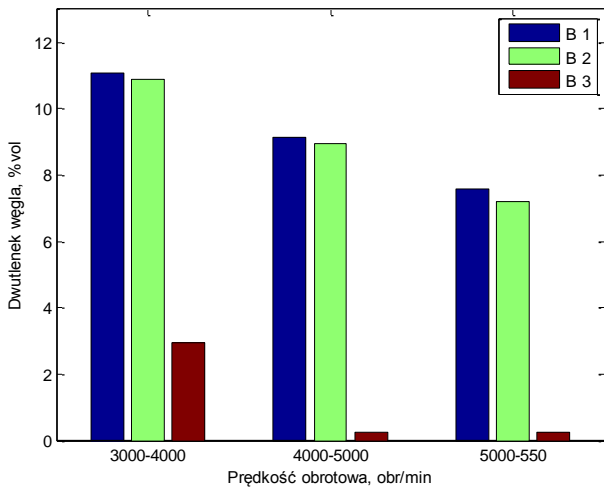


Rys. 13. Stężenie HC w spalinach podczas zasilania gazem.

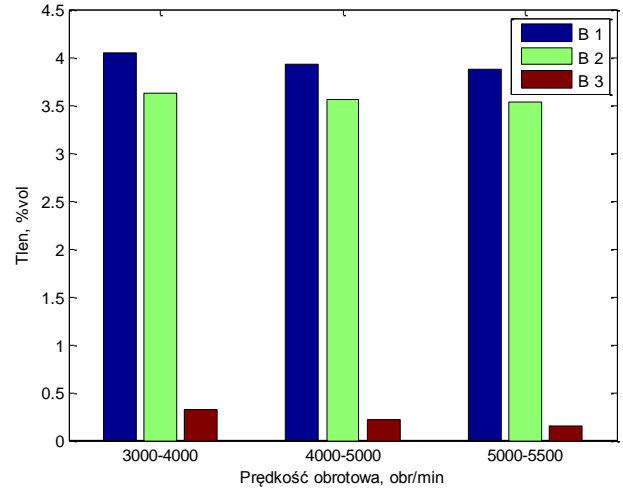
Tlenek węgla którego ilości przedstawiono na rys. 10 i rys. 11 jest produktem niepełnego procesu spalania węgla w cylindrze silnika, przy ograniczonej ilości powietrza. Zauważa się, iż po wprowadzeniu korekt do sterownika gazu silnik emituje znacznie więcej tlenu węgla niż miało to miejsce przed modyfikacjami. Zbyt duża ilość paliwa nie tylko powoduje nadmierną emisję CO, ale również powoduje przedostawanie się jego, niespalonych bądź częściowo spalonych, cząstek do układu wydechowego.

Niezależnie od rodzaju zasilania każdy pomiar przeprowadzony po modyfikacji mapy gazowej charakteryzuje się zwiększoną emisją HC w odniesieniu do pomiarów początkowych. W przeciwieństwie do innych składników spalin emisja węglowodorów wyraźnie spada po wprowadzeniu bieżącej korekty. Świadczy to o tym, iż wprowadzone początkowo modyfikacje w połączeniu z korektami długoterminowymi były tak duże, że skład mieszanki wychodził po za granice palności i część paliwa była wyrzucana przez układ wydechowy. Fakt ten potwierdza praca silnika podczas badań, w której wyczuwalne były wyraźne chwilowe przerwy w jego działaniu. Powodowały one w niektórych przypadkach przerwanie pomiaru przed osiągnięciem pełnego zakresu pomiarowego. Przebiegi ilości węglowodorów w zależności od prędkości obrotowej szczegółowo przedstawiona na rys. 11 i rys. 12.

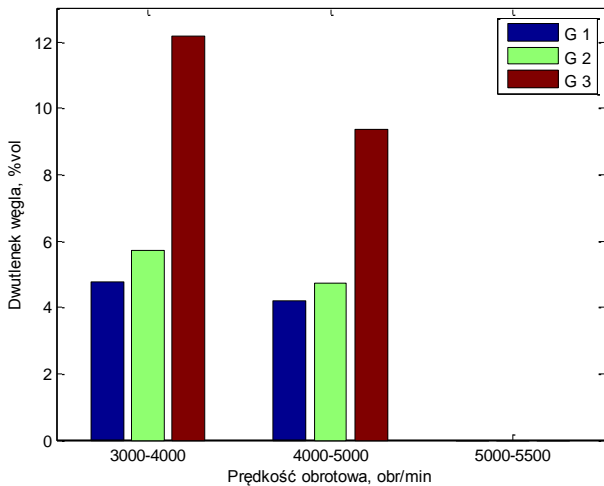
Dwutlenek węgla, którego ilości w spalinach przedstawiono na rys. 14 i rys. 15 świadczy o poprawności procesu spalania, ale również ma on również związek z ilością zużywanego paliwa. W poprawnie działającym układzie zasilania ilość emitowanego dwutlenku węgla jest w przybliżeniu proporcjonalna do zużycia paliwa. Należy jednak pamiętać, że jego ilość jest również uzależniona od współczynnika lambda, z którym w danym stanie obciążenia pracuje silnik. Wariant B3 zasilania benzyną, który jest fabryczną opcją zasilania charakteryzuje się najniższą wartością dwutlenku węgla w spalinach, co może świadczyć o niższym zużyciu paliwa dla tego rodzaju zasilania oraz potwierdza fakt spalania przy niskim współczynniku nadmiaru powietrza. Zasilanie gazem przed wprowadzeniem modyfikacji odbywało się przy współczynniku lambda w większym stopniu zbliżonym do 1 w odniesieniu do zasilania benzyną, co spowodowało większą emisję dwutlenku węgla. Zależność współczynnika nadmiaru powietrza do emisji dwutlenku węgla potwierdza również podobna, spadająca tendencja przebiegu wykresów obu parametrów, niezależnie od badanego wariantu. Badania przeprowadzone po wprowadzeniu korekt długo- i krótkoterminowych nie wykazują znacznych różnic pomiędzy swoimi przebiegami, podobnie jak to miało miejsce w przypadku współczynnika lambda.



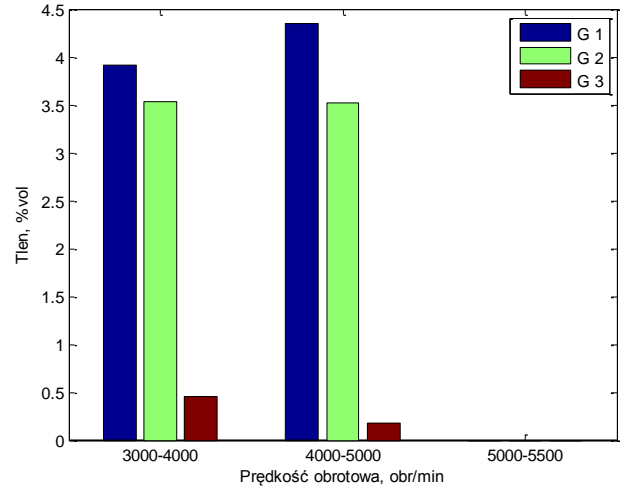
Rys. 14. Stężenie CO₂ w spalinach podczas zasilania benzyną.



Rys. 16. Stężenie O₂ w spalinach podczas zasilania benzyną.



Rys. 15. Stężenie CO₂ w spalinach podczas zasilania gazem.



Rys. 17. Stężenie O₂ podczas zasilania gazem.

Tlen jest pierwiastkiem powszechnie występującym w powietrzu. Jego ilość w gazach wydechowych silnika spalinowego może świadczyć o stopniu wykorzystania potencjału powietrza dostarczonego do cylindra. Mniejsza jego ilość w spalinach świadczy o tym, że tlen niezbędny do spalania paliwa został lepiej wykorzystany do zmiany energii chemicznej na mechaniczną. Analizując wykresy na rys. 16 i rys. 17 stwierdzono, że zarówno zasilanie benzyną jak i gazem przed wprowadzeniem modyfikacji charakteryzowało się niewielką ilością tlenu w spalinach, co potwierdzały wykresy mocy (rys. 2, rys. 3). Zauważa się jednak wyraźny wzrost ilości tlenu w spalinach podczas pomiarów dokonywanych po wprowadzeniu korekt. Podobnie jak w przypadku wykresu mocy oraz pozostałych składników spalin wprowadzenie bieżącej korekty w sterowniku gazu nie spowodowało wyrównania ilości tlenu w spalinach na swoim początkowym poziomie. Porównując zawartość O₂ do współczynnika nadmiaru powietrza również zauważa się ścisłą zależność w ich proporcjach. Proces spalania paliwa prowadzony przy współczynniku lambda większym od 1 wykazuje większą ilość wolnego tlenu w spalinach od tego odbywającego się przy lambda mniejszej od 1.

PODSUMOWANIE

Stosunkowo wysokie koszty transportu osób i towarów skłaniają użytkowników do ciągłego szukania sposobów na ich zmniejszenie. Popularnym sposobem wśród użytkowników samochodów osobowych jest stosowanie dwupaliwowego układu zasilania. Montaż instalacji gazowej ze względów bezpieczeństwa musi odbywać się w wyspecjalizowanych zakładach posiadających niezbędne uprawnienia. Niestety nie wszystkie zakłady posiadają profesjonalne urządzenia do weryfikacji poprawności pracy silnika zasilanego paliwem gazowym i nie przykładają szczególnej uwagi na to, aby nastawy sterownika gazu umożliwiały uzyskanie pełnej możliwej mocy silnika przy zachowaniu poprawnych parametrów emisji spalin. Nawet niewielkie zaniedbanie na etapie strojenia instalacji LPG, przy dłuższym użytkowaniu może skutkować automatycznym wprowadzeniem przez sterownik silnika własnych korekt długoterminowych i zmianę parametrów pracy jednostki napędowej. W przeprowadzonych badaniach wprowadzono niepoprawne nastawy współczynnika korekcyjnego do sterownika gazu i wykazano ich negatywny wpływ zarówno na moc silnika, jak i również na ilość emitowanych substancji szkodliwych. Wykazano, że niepoprawne parametry pracy silnika zasilanego gazem mogą uniemożliwić jego działanie nie tylko w górnym zakresie prędkości obrotowej ale również w przedziale jego elastyczności. Nieodpowiednie nastawy instalacji gazowej mogą również w znacznym stopniu wpłynąć na

jego pracę podczas zasilania benzyną. Udowodniono również, że wprowadzenie poprawnych nastaw nie skutkuje natychmiastową poprawą parametrów pracy silnika. Węglowodory były składnikiem spalin wykazującym największe zróżnicowanie swojej ilości co potwierdza fakt, że współczynnik korekcji wtrysku odpowiedzialny jest za korekty składu mieszaniny palnej.

BIBLIOGRAFIA

1. Baczewski K., Kałdoński T.: Paliwa do silników o zapłonie iskrowym, WKŁ, Warszawa 2005.
2. <http://www.ac.com.pl>, z dn. 1.03.2018
3. Kneba Z., Makowski S.: Zasilanie i sterowanie silników, WKŁ Warszawa 2004.
4. Kołodziej S., Graba M., Bieniek A.: Ocena efektywności zasilania paliwem gazowym silników spalinowych. TTS Technika Transportu Szynowego. 2015 r. R. 22, nr 12, str. | 796--799,
5. Lejda K., Jaworski A.: Problemy zasilania wtryskowego ciekłym LPG w silnikach o zapłonie iskrowym, Archiwum Motoryzacji 1, pp. 47-65 (2009).
6. Majerczyk A., Taubert S.: Układy zasilania gazem propanbutan, WKŁ, Warszawa 2003.
7. Siłka W.: Teoria ruchu samochodu. WNT, Warszawa 2002.
8. Żółtowski A.: Problemy emisji w pojazdach zasilanych paliwami gazowymi, Journal of KONES Vol. 9, No. 1-2, 2002,

The effect of LPG installation setup on operating parameters of an internal combustion SI engine

High fuel prices cause vehicle users to seek cheaper alternatives for fuelling IC engines. The most popular way of reducing fuel costs is the installation of an LPG gas system. Correct operation of a bi-fuel engine powering system is dependent on proper installation and setup of the LPG system, including proper regulation of LPG management unit parameters. The focus of this work was to investigate the effect of short- and long-term adjustments performed by the engine management unit. By interfering with LPG management unit parameters, disadvantageous adjustments in fuel-air ratio were made to investigate harmful substance emissions. Substantial differences in exhaust gas composition were shown before and after adjustments were made. The research results included the effect of short- and long-term adjustments on both engine power and exhaust gas composition.

Autor:

mgr inż. **Szymon Kołodziej** – Politechnika Opolska, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów

JEL: Q01 DOI: 10.24136/atest.2018.122

Data zgłoszenia: 2018.05.23 Data akceptacji: 2018.06.15