

Krzysztof BIEGUN<sup>1</sup>

Opiekun naukowy: Robert DROBINA<sup>2</sup>

## EWOLUCJA INSTALACJI GAZOWYCH W PRZEMYSŁE MOTORYZACYJNYM

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wykorzystanie alternatywnych źródeł zasilania samochodów. Zaprezentowano możliwości wykorzystania paliw oparte o inne źródła niż olej napędowy czy benzyna. Opisano i podano przykłady jednostek napędowych zasilanych głównie gazem ziemnym. Stwierdzono, że wykorzystanie alternatywnych źródeł zasilania takich jak gaz stanowić będzie w przyszłości normę ze względu na prowadzoną politykę środowiskową.

**Słowa kluczowe:** gaz, silnik, układ napędowy

## EVOLUTION OF GAS INSTALLATIONS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

**Summary:** The article presents the use of alternative energy sources for cars. The author shows the ways of using fuels which are based not only on diesel oil or petroleum benzene. It is described and some examples are given of vehicles powered mainly natural gas. In the article it is concluded that using alternative energy sources for cars will be popular in the future because of the environmental policy.

**Keywords:** gas, engine, drive system

### 1. Wprowadzenie

Rynek motoryzacyjny jest jednym z największych na świecie i cały czas się rozwija. Jest to spowodowane potrzebą przemieszczania się człowieka oraz transportowania różnego rodzaju dóbr. Rozwój motoryzacji miał na celu poprawę:

- bezpieczeństwa użytkownika,
- ekonomii eksploatacji,
- ochronę środowiska.

Jeszcze kilkanaście lat temu najważniejszymi aspektami były dwa pierwsze czynniki, jednak wraz ze wzrostem świadomości człowieka na temat dbania o środowisko, coraz ważniejszą rolę odgrywa trzeci cel. W tej branży wiąże się to głównie z ograniczeniem zanieczyszczeń wydzielanych przez samochody. Regulacje prawne wprowadzane przez takie organizacje jak Unia Europejska zmuszają zatem koncerny

---

<sup>1</sup> Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Kierunek: Zarządzanie i Inżynieria Produkcji

<sup>2</sup> dr hab. inż. Prof. ATH, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Katedra Inżynierii Produkcji  
rdrobina@ath.bielsko.pl

samochodowe do ciągłego rozwoju metod ograniczania emisji spalin. Główną normą regulującą to jest norma EURO, która coraz bardziej obniża dopuszczalne wartości substancji szkodliwych wytwarzanych przez silniki spalinowe.

*Tabela 1. Normy spalania dla silników benzynowych i wysokoprężnych [20]*

Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach Euro dla pojazdów z silnikiem benzynowym						
[g/km] od 1993	Euro 1 od 1996	Euro 2 od 2000	Euro 3 od 2005	Euro 4 od 2009	Euro 5 od 2014	Euro 6
CO	2,72	2,2	2,3	1	1	1
HC	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1
NO <sub>x</sub>	-	-	0,15	0,08	0,06	0,06
HC+NO <sub>x</sub>	0,97	0,5	-	-	-	-
PM						

Dopuszczalne wartości emisji spalin w poszczególnych normach Euro dla pojazdów z silnikiem wysokoprężnym						
[g/km] od 1993	Euro 1 od 1996	Euro 2 od 2000	Euro 3 od 2005	Euro 4 od 2009	Euro 5 od 2014	Euro 6
CO	3,16	1	0,64	0,5	0,5	0,5
HC	-	0,15	0,06	0,05	0,05	0,09
NO <sub>x</sub>	-	0,55	0,5	0,25	0,18	0,08
HC+NO <sub>x</sub>	1,13	0,7	0,56	0,3	0,23	0,17
PM	0,14	0,08	0,05	0,009	0,005	0,005

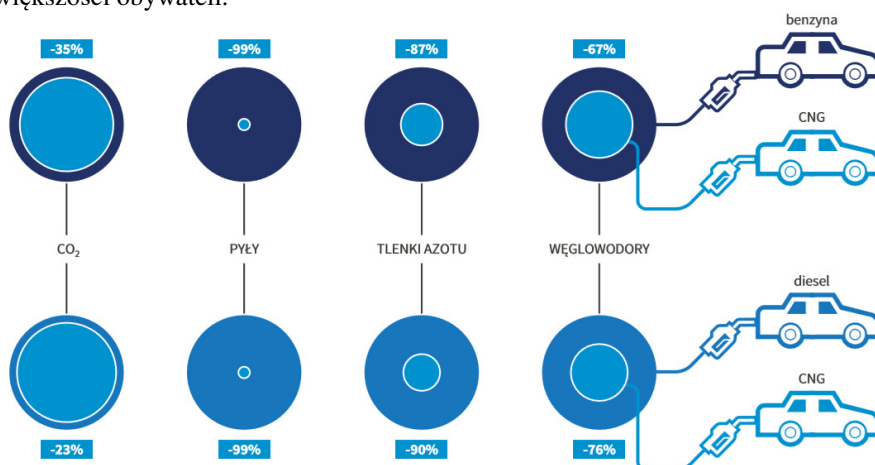
Dalsze zaostżenia tej normy prowadzić będą do selektywnego wypierania samochodów z silnikami benzynowymi i diesla, gdyż już teraz duże miasta Europy Zachodniej wprowadzają zakazy poruszania się samochodów nieposiadających odpowiedniej normy EURO. Drugim czynnikiem niesprzyjającym dla tych napędów jest występowanie kryzysu paliwowego związanego z niedoborem paliw lub podwyżką cen ropy. Oba te czynniki prowadzą do rozwoju napędów na energie alternatywną, jaką może być: CNG, LPG.

## 2. Jednostki napędowe zasilane gazem

### Gaz CNG

CNG jest to skrót angielskiej nazwy Compressed Natural Gas. CNG jest otrzymywany po odpowiednim sprężeniu zwykłego gazu ziemnego. Jest on wykorzystywany do zasilania pojazdów, a jego zasada jego działania jest podobna jak

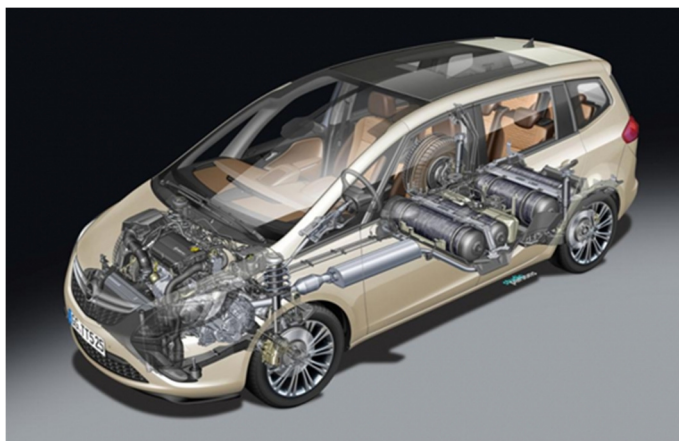
w przypadku LPG. Główną zaletą CNG jest liczba oktanowa, która wynosi 130, gdzie dla porównania paliwo benzynowe posiada 95 lub 98 oktanów. Dzięki temu posiada większą odporność na spalanie stukowe. Dodatkowo ma on korzystniejszy bilans energetyczny niż benzyna i olej napędowy, a mniejsza zawartość węgla powoduje ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> podczas spalania. Silniki napędzane tym gazem nie wytwarzają także sadzy. CNG jest więc bezpieczniejszym sposobem zasilania, gdyż występuje tutaj mniejsze ryzyko wybuchu, a także nie działa w inwazyjny sposób na trwałość podzespołów silnika. Silniki zasilane tym gazem cechują się także zmniejszonym poziomem hałasu nawet do 4dB. Co oznacza że odczuwalny hałas jest mniejszy o ok. 40%. Pomimo tych atutów nie jest on tak popularny jak LPG i wykorzystuje się go częściej w pojazdach komunikacji miejskiej, czy też policji lub karetkach. Dane z 2017 roku podają, że w Polsce poruszało się niespełna 4 tys. samochodów z tym zasilaniem. Głównym problemem tak niewielkiej ilości pojazdów prawdopodobnie jest niewielki dostęp do stacji CNG, których w Polsce jest jedynie 32. Jest natomiast możliwość kupna własnego punktu CNG i postawienia go na własnym podwórku co pozwala na redukcję kosztów tankowania nawet do ok. 30%. Jednak koszt tego oscyluje w granicach 15 000zł co nie jest atrakcyjną ceną dla większości obywateli.



Rysunek 1. Emisja pojazdów wykorzystujących CNG oraz benzynę i olej napędowy w standardzie EURO 6 [23]

Innym problemem jaki może wpływać na niską popularność są ceny montażu instalacji, które zaczynają się zwykle od 5000 zł i często wiąże się to z obszernymi modyfikacjami. Pomimo tej możliwości specjaliści odradzają montaż instalacji poza fabryką argumentując to lepszą jakością instalacji, a także podzespołów samochodu. Powoduje to zatem wysokie koszty instalacji fabrycznych. Patrząc więc na nowe samochody z instalacją CNG mamy do wyboru 13 modeli z czego 7 to samochody dostawcze. Najbardziej przystępnym samochodem osobowym z tej listy jest Skoda Octavia, której ceny zaczynają się od 68 tys. zł za wersję z silnikiem 1.2 TSI (85KM). Przechodząc do budowy instalacji CNG możemy stwierdzić, że jest ona podobna do instalacji LPG. Główna różnica polega na przechowywaniu paliwa, które w przypadku CNG jest przechowywane w fazie gazowej pod bardzo dużym ciśnieniem nawet 8-krotnie większym niż w LPG. Pozwala to na zwiększenie magazynowanej

energii. Zwiększone ciśnienie wymusza zatem zastosowanie odpowiednio wytrzymałych butli, które wykonywane są z jednego kawałka, a ich ścianki mają grubość około 5mm. W przypadku zbiorników stalowych podstawową wadą jest ich masa, dlatego zaczęto produkować zbiorniki kompozytowe wytrzymujące ciśnienie 20 MPa. Pozwoliło to na redukcję masy od 54kg w stosunku do zbiornika stalowego. Zbiorniki w fabrycznych instalacjach są zwykle ukryte w podwoziu samochodu co nie wpływa na zmniejszenie się pojemności bagażowej, natomiast w instalacjach dorabianych butle umieszczane są najczęściej w bagażnikach co skutkuje zmniejszeniem się jego objętości. W skład takiej instalacji wchodzi także różnego rodzaju przewody. W części gdzie występuje ciśnienie takie jak w zbiorniku używa się przewodów metalowych, natomiast w części niskociśnieniowej jest możliwość stosowania przewodów elastycznych. Jednym z głównych elementów pozwalających na zasilanie silnika CNG jest reduktor, który ma za zadanie obniżenie ciśnienia z 20 MPa do około 0,1 MPa, co pozwala na dostarczenie gazu do komór spalania poprzez wtryskiwacze. W systemach zasilanych gazem ziemnym reduktor jest ogrzewany cieczą z układu chłodzenia, ponieważ podczas rozprężania temperatura gazu gwałtownie się obniża. Ostatnią częścią instalacji jest sterownik, który działa na takiej samej zasadzie jak w przypadku silników napędzanych benzyną, czyli odczytuje on parametry czujników i określa czas wtrysku gazu do aktualnego zapotrzebowania. Instalacja CNG jest możliwa także w silnikach diesla, a systemy jakie są w tym przypadku dostępne są analogiczne jak przy instalacjach LPG.



Rysunek 2. Budowa instalacji CNG na przykładzie Opla Zafiry [24]

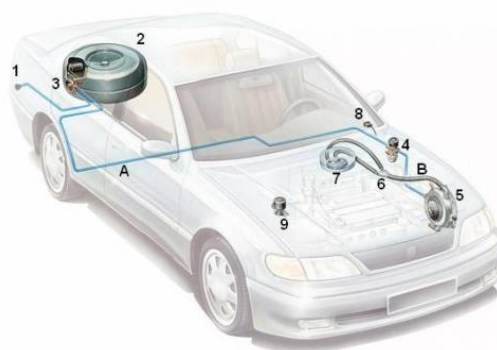
### **Gaz LPG**

Samochody zasilane tym typem energii są już powszechnie znane w Polsce jak i na świecie. LPG jest skroploną mieszkanką gazów głównie propanu i butanu. Liczba oktanowa tego gazu wynosi 90-120, ale w przypadku LPG do oceny właściwości używa się liczby metanowej, która wynosi między 60 a 80. „Według Europejskiej Organizacji Gazu Płynnego (AEGPL), pojazdy z instalacją gazową emitują ponad 20 razy mniej tlenków azotu w spalinach samochodowych (NO<sub>x</sub>), niż auta z silnikami diesla.” Dane te udowadniają, że samochody wykorzystujące instalacje LPG, są mniej szkodliwe dla środowiska, niż auta benzynowe i diesle. Na początku ich

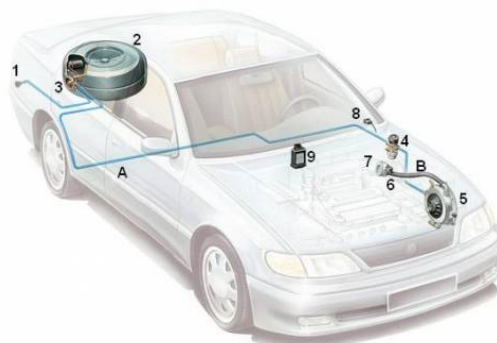
zastosowanie było możliwe jedynie w silnikach benzynowych, jednak wraz z rozwojem możliwe jest również zamontowanie takiej instalacji w silnikach wysokoprężnych. Modyfikacje silników benzynowych były napędem do rozwoju instalacji „gazowych”. Jednak korzystanie z tego źródła wiąże się zwykle z zamontowaniem specjalnej instalacji. Pomimo tego typu zasilanie jest w Polsce szczególnie popularne nie tylko ze względu na mniejsze zanieczyszczenie środowiska. Głównym powodem jest stosunkowo niska cena, ponieważ akcyza na propan-butan jest w Polsce niższa niż na benzynę i olej napędowy. Jest to więc pewien sposób na obniżenie kosztów transportu użytkowników. Nikogo nie odstrasza też koszt montażu instalacji, ponieważ w większości przypadków zwraca się on po kilkunastu tys. kilometrów. Jednak samochody nieprzystosowane fabrycznie do instalacji LPG są narażane na wypalanie się gniazd zaworowych co również pociąga za sobą pewne koszty, jednak nie odstrasza to ludzi od używania tego źródła zasilania. LPG jest gazem, który ulega skropleniu w temperaturze pokojowej przy ciśnieniu od 2,2 do 4 atm.. Jest on pompowany do butli, które pozwalają na napełnienie do 85% ich objętości. Zwykle butle mają kształt koła co pozwala na umieszczenie ich w miejscu wnęki na koło zapasowe, a zarazem nie naruszanie przestrzeni bagażowej. Występują także butle w postaci walca, które montowane są za oparciem tylnej kanapy. Z tego powodu są one rzadko używane, gdyż ograniczają pojemność bagażnika. Obecnie jeśli chodzi o silniki benzynowe wyróżniamy kilka generacji instalacji:

I – instalacja mieszalnikowa (podciśnieniowa) bez regulacji składu

I generacja instalacji LPG jest najprostszym i najstarszym typem. Powstała we Włoszech w czasach powojennych. Prostota wynika z braku instalacji sterowników elektronicznych co czyni ją tanią, ale nieprecyzyjną. Instalacja ta jest więc przeznaczona dla silników gaźnikowych oraz z wtryskiem paliwa, ale nie posiadających katalizatora oraz sondy lambda.



*Rysunek 3. Rozmieszczenie elementów instalacji I generacji do silników gaźnikowych (1- zawór tankowania, 2- zbiornik gazu, 3-wielozawór, 4- elektrozawór gazowy, 5- reduktor-parownik, 6- zawór regulacyjny, 7- mieszalnik, 8- przelącznik rodzaju zasilania, 9- elektrozawór benzynowy, A-przewód gazowy wysokiego ciśnienia, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia) [12]*

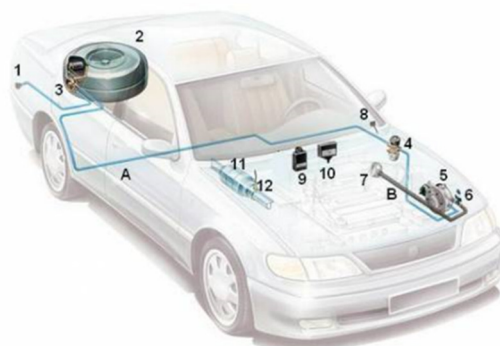


*Rysunek 4. Rozmieszczenie elementów instalacji I generacji do silników z wtryskiem paliwa (1- zawór tankowania, 2- zbiornik gazu, 3-wielozawór, 4- elektrozawór gazowy, 5- reduktor-parownik, 6- zawór regulacyjny, 7- mieszalnik, 8- przełącznik rodzaju zasilania, 9- przekaźnik z okablowaniem lub emulator wtryskiwaczy, A- przewód gazowy wysokiego ciśnienia, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia)*  
[12]

W tym układzie wykorzystywane jest zatem zmienne podciśnienie w kolektorze dolotowym, przez co nazywana jest też jako instalacja podciśnieniowa, co opisuje zasadę działania oraz sposób regulacji dawki. W tej instalacji gaz LPG przechodzi ze zbiornika przez wielozawór do reduktora/parownika, gdzie zostaje obniżone ciśnienie i z fazy ciekłej zamienia się w lotną. Dopływ gazu do parownika sterowany jest za pomocą elektrozaworu. W kolejnym etapie gaz trafia do mieszalnika, w którym powstaje mieszanka powietrza i gazu, po czym trafia ona do kolektora dolotowego, gdzie zostaje zasana przez zawory do komory spalania. W pierwszej generacji silnik uruchamiany jest na benzynie, na której musi pracować do momentu ogrzania reduktora gazu. Zatem do zmiany zasilania potrzebny jest przełącznik montowany w kabinie, który w przypadku silników gaźnikowych otwiera odpowiedni elektrozawór (benzynowy lub gazowy), a przy silnikach z wtryskiem benzyny steruje on pracą elektrozaworu gazowego. Wadą tej generacji jest brak możliwości dynamicznej regulacji składu mieszanki. Instalacja ta powoduje także duże spadki mocy, przy zwiększonej ilości spalanego gazu. Koszt takiej instalacji oscyluje w granicach 1000-1200 zł i jest stosowany głównie w samochodach z lat 70 i 80 XX wieku.

II – instalacja mieszalnikowa (podciśnieniowa) z elektroniczną regulacją składu mieszanki

Ten typ instalacji powstał na bazie I generacji po wprowadzeniu pewnych modyfikacji. Przeznaczona jest ona dla starszych konstrukcji silników z wtryskiem jedno- lub wielopunktowym, ale wyposażonych w katalizator oraz sondę lambda. W tego typu konstrukcjach nie wolno już używać starszej instalacji, gdyż grozi to uszkodzeniem katalizatora.



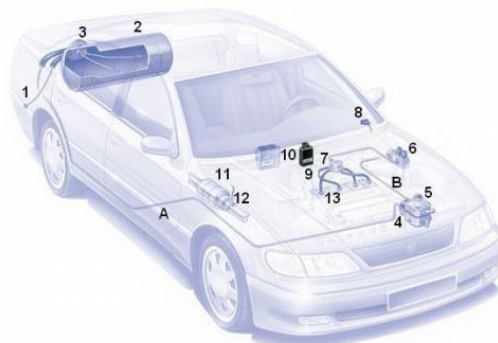
*Rysunek 5. Rozmieszczenie elementów instalacji II generacji do silników z wtryskiem paliwa (1- zawór tankowania, 2- zbiornik gazu, 3-wielozawór, 4- elektrozawór gazowy, 5- reduktor-parownik, 6- silnik krokowy, 7- mieszalnik, 8- przełącznik rodzaju zasilania, 9- przekaźnik z okablowaniem lub emulator wtryskiwacza, 10- sterownik elektroniczny, 11- katalizator spalin, 12- sonda lambda, A- przewód gazowy wysokiego ciśnienia, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia) [12]*

Druga generacja także opiera się na zmiennym podciśnieniu w kolektorze dolotowym, jednak dołożony jest tutaj elektroniczny system dawkowania, który dobiera skład mieszanki na podstawie sygnałów wysyłanych przez sondę lambda, która zwykle umiejscowiona jest w układzie wydechowym, a także czujnika prędkości obrotowej i czujnika położenia przepustnicy. Zasada działania II generacji jest bardzo podobna jak w przypadku I generacji, gdyż również jest to instalacja mieszalnikowa. Różnica polega na tym, że zawiera ona elektroniczny moduł sterujący składem mieszanki. Wymaga ona także zastosowania emulatora wtryskiwaczy benzyny, który ma za zadanie odcięcie ich zasilania w momencie przełączenia na zasilanie gazem. Wadą instalacji jest to, że nie jest zalecana w przypadku występowania kolektora dolotowego z tworzywa sztucznego, ponieważ istnieje ryzyko wybuchu gazu w kolektorze, co może zakończyć się całkowitym zniszczeniem tej części. Tak jak w poprzedniej generacji także tutaj występuje spadek mocy, jednak jest on już zdecydowanie mniejszy. Koszt montażu tej instalacji wynosi ok. 1500 – 2000 zł i sprawdza się w konstrukcjach z początku lat 90 XX wieku.

III – instalacja wielopunktowa, o ciągłym zasilaniu gazem w fazie lotnej

Jest to najmniej popularna instalacja, gdyż zaraz po niej powstał system sekwencyjny występujący w kolejnej generacji, który zdominował rynek. Wykorzystywane jest tutaj wielopunktowe podawanie paliwa do układu dolotowego tuż przed zaworami ssącymi. Uzyskuje się dzięki temu bardziej precyzyjne dawkowanie, które jest niezbędne w nowszych silnikach z katalizatorem i sondą lambda. Dzięki temu zmniejszono ryzyko powstawania wybuchu w kolektorze.





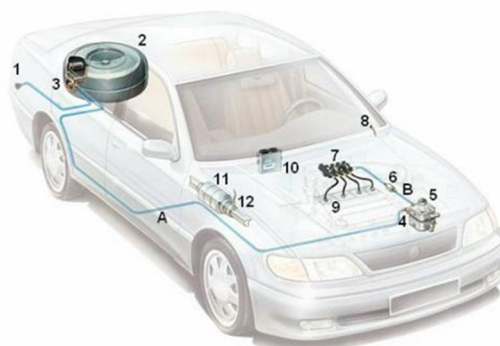
*Rysunek 6. Rozmieszczenie elementów instalacji III generacji do silników z wtryskiem paliwa (1- zawór tankowania, 2- zbiornik gazu, 3-wielozawór, 4- elektrozawór gazowy, 5- reduktor-parownik, 6- dozator, 7- dystrybutor, 8- przełącznik rodzaju zasilania, 9- emulator wtryskiwaczy, 10- sterownik elektroniczny, 11- katalizator spalin, 12- sonda lambda, A- przewód gazowy wysokiego ciśnienia, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia) [12]*

W trzeciej generacji usunięty został mieszalnik, w którym wcześniej powstawała mieszanka gazowo-powietrzna. Zastąpiono go specjalnym dozatorem, który jest odpowiedzialny za regulację ilości gazu dostarczonego do silnika. Natomiast w instalacji został reduktor, który ma za zadanie utrzymywanie odpowiedniego ciśnienia gazu. Wykorzystano tutaj silnik krokowy, za pomocą którego następuje bezpośredni wtrysk do kolektora dolotowego. Można więc porównać tę instalację do benzynowego wtrysku jednopunktowego. Do wyboru mieszanki dalej służy przełącznik rodzaju zasilania. System ten cechuje się dużą szybkością pracy, ale jego wadą jest jednopunktowy mechanizm zasilania mieszanką gazową, co oznacza, że każdy cylinder dostaje taką samą mieszankę. Instalacja ta przeznaczona jest do samochodów wyposażonych w silniki z wtryskiem paliwa, z katalizatorem, sondą lambda, rozbudowanym układem dolotowym często wykonanym z tworzyw sztucznych. Koszt montażu tej instalacji waha się w granicach 1600 – 2300 zł.

IV – instalacja wielopunktowa zasilania gazem w fazie lotnej, poprzez elektronicznie sterowane wtryskiwacze tzw. sekwencyjna

Jest to jak na razie najczęściej stosowana instalacja. Została zaprojektowana do zasilania silników wyposażonych w wielopunktowy wtrysk benzyny z katalizatorem i sondą lambda oraz systemem EOBD lub OBDII. Działanie jest bardzo zbliżone do benzynowych układów wtryskowych.





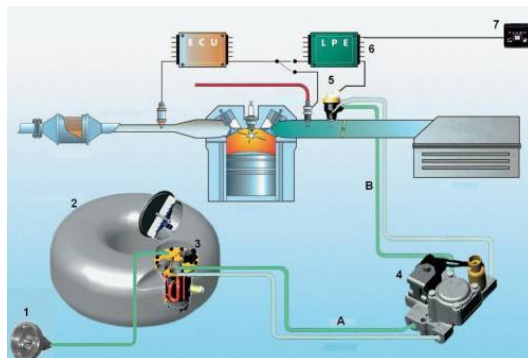
*Rysunek 7. Rozmieszczenie elementów instalacji IV generacji do silników z wtryskiem paliwa i układem EOBD (1- zawór tankowania, 2- zbiornik gazu, 3-wielozawór, 4- elektrozawór gazowy, 5- reduktor-parownik, 6- filtr fazy gazowej, 7- listwa wtryskiwaczy z czujnikami temperatury i ciśnienia gazu, 8- przełącznik rodzaju zasilania, 9- kalibrowane dysze, 10- sterownik elektroniczny, 11- katalizator spalin, 12- sonda lambda, A- przewód gazowy wysokiego ciśnienia, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia) [12]*

Podstawową różnicą pomiędzy IV, a III generacją jest występowanie tylu wtryskiwaczy ile jest cylindrów. Montuje się je w kolektorze dolotowym. W dalszym ciągu stosuje się reduktor regulujący ciśnienie, za pośrednictwem którego gaz przechodzi do modułu filtrującego, a następnie do listwy wtryskowej. Dawka regulowana jest za pomocą komputera silnika, który oblicza moment otwarcia i czas trwania wtrysku dla każdego cylindra. Dzięki temu ilość gazu jest precyzyjnie dostosowywana do zapotrzebowania. Z tego powodu nie ma potrzeby stosowania emulatorów systemu OBD. W tym typie instalacji parownik jest wyposażony w czujnik temperatury, dzięki czemu silnik samoczynnie przełącza zasilanie z benzyny na gaz po osiągnięciu odpowiedniej temperatury. Ten typ instalacji może być również zamontowany w silnikach z bezpośrednim wtryskiem, jednak aby uchronić wtryski benzynowe podczas pracy na mieszance gazowej, stosuje się tutaj dotrysk benzyny w celu ich chłodzenia. Dzięki takiej konstrukcji zdołano wyeliminować straty osiągow oraz obniżyć ilość spalane go gazu. Koszt założenia instalacji IV generacji zaczyna się już od 1800 zł, a kończy na 2500 zł.

V – instalacja wtrysku sekwencyjnego gazu w fazie ciekłej

Instalacja ta pozwala na wtrysk gazu w fazie ciekłej w pobliżu zaworów dolotowych, a jego odparowanie następuje dopiero w kanałach dolotowych silnika. Piąta generacja jest przeznaczona do silników z układem diagnostyki EOBD, wymagających bardzo precyzyjnego dawkowania mieszanki. W tego typu instalacji występuje konieczność nawiercenia kolektora w celu montażu w nim wtryskiwaczy. Działanie instalacji polega na dostarczeniu gazu w fazie ciekłej do regulatora ciśnienia, z którego przekazywany on jest pod odpowiednim ciśnieniem do wtryskiwaczy, za pośrednictwem których gaz dostaje się do cylindrów. Wtryskiwacze wykorzystują

sygnały pochodzące od wtryskiwaczy benzynowych, co pozwala na pracę w takich samych sekwencjach.



Rysunek 8. Rozmieszczenie elementów instalacji V generacji do silników z wtryskiem paliwa i układem EOBD (1- zawór tankowania, 2- zbiornik gazu, 3- pompa gazu z wielozaworem, 4- regulator ciśnienia, 5- wtryskiwacze, 6- sterownik elektroniczny, 7- przetwornik rodzaju zasilania, A- przewód gazowy pod samochodem, B- przewód gazowy pomiędzy regulatorem ciśnienia a wtryskiwaczami) [12]

W przypadku silników z wtryskiem bezpośrednim mamy do czynienia z pewnym rozszerzeniem V generacji, które nieformalnie jest nazywane VI generacją instalacji. Występują tutaj dwie możliwości: wtrysk bezpośredni LPG i wtrysk pośredni LPG wraz z dotryskiem LPG. W pierwszej z nich montuje się przerobioną fabryczną pompę wysokiego ciśnienia benzyny co umożliwia wykorzystanie wtryskiwaczy benzynowych do wtrysku gazu w fazie ciekłej. Likwiduje to problem przegrzewania i zapiekania wtrysków benzynowych. Zastąpienie benzyny gazem w fazie ciekłej, który jest podawany fabrycznym układem paliwowym i trafia do komory przez wtryskiwacze benzynowe, automatycznie chłodzi wtryski. W drugiej opcji montuje się dodatkowe wtryskiwacze w kolektorze dolotowym, które są głównym źródłem gazu podawanego w fazie lotnej, a do układu benzynowego podłącza się gaz w fazie ciekłej w celu zabezpieczenia wtryskiwaczy przed zapiečeniami, poprzez podawanie symbolicznej dawki gazu. W tym rozwiązaniu nie trzeba ingerować w pompę benzynową wysokiego ciśnienia, co pozwala na obniżenie kosztów montażu. Metoda ta jednak jest jeszcze w fazie testowej i nie jest dostępna w sprzedaży. Tak nowoczesna instalacja niesie więc za sobą wysokie koszty montażu, mianowicie w przypadku tej pierwszej koszty zaczynają się od około 4000 zł. Dla silników z wtryskiem bezpośrednim koszty instalacji diametralnie rosną, minimalna cena to ok. 9700 zł. Jeśli chodzi o drugi typ instalacji dla silników z bezpośrednim wtryskiem koszty montażu są niższe i wynoszą ok. 6500 zł.

W przypadku diesla także jest możliwość montażu instalacji gazowej. Nie występuje tutaj wielka różnica w budowie instalacji, ponieważ tak jak przy silnikach z zapłonem iskrowym występuje zbiornik, reduktor, wtryskiwacze, sterownik EUC oraz czujniki monitorujące takie parametry jak prędkość obrotowa silnika lub temperatura. W czasach, w których tak bardzo przywiązujemy uwagę do ekologii i emisji szkodliwych substancji przez silniki spalinowe LPG do diesla umożliwia obniżenie zanieczyszczenia wytwarzanego przez silniki wysokoprężne. Głównym powodem

wydzielania takiej ilości szkodliwych substancji jest niepełne spalanie mieszanki, które w przypadku silników bez systemu Common Rail wynosi około 80%, a z zastosowaniem wtryskiwaczy CR podnosi się o ok. 5%. Do atmosfery dostają się wtedy takie związki jak tlenek węgla (CO), węglowodory (HC) oraz cząstki stałe. Zastosowanie instalacji gazowej pozwala na ograniczenie tej emisji, gdyż dzięki udziałowi gazu w spalaniu mieszanki możemy uzyskać nawet 95% dopalenia paliwa. Inną zaletą jest to, że dzięki temu możemy uzyskać wzrost maksymalnego momentu obrotowego silnika oraz mocy nawet do 30%. Jednak główną zaletą, na którą zwraca uwagę większość kierowców, jest wiążąca się z tym w pewnym stopniu oszczędność. W grupie instalacji przeznaczonych do silników diesla możemy wyróżnić 3 wersje systemów.

#### 1. System mono-fuel (jedno paliwo)

Jest to system, którego zasilanie może odbywać się za wykorzystaniem tylko jednego typu mieszanki. Olej napędowy jest używany tylko do rozruchu silnika, a następnie używana jest tylko mieszanka gazowa. Sposób działania tego typu konstrukcji jest podobny oraz emituje takie związki jak instalacja gazowa w silnikach benzynowych. Pomimo tego, że posiada on wiele korzyści, jego montaż wiąże się z ogromnymi kosztami, a także z licznymi zmianami konstrukcyjnymi. Zatem podliczając koszty zauważymy, że instalacja ta jest nieopłacalna.

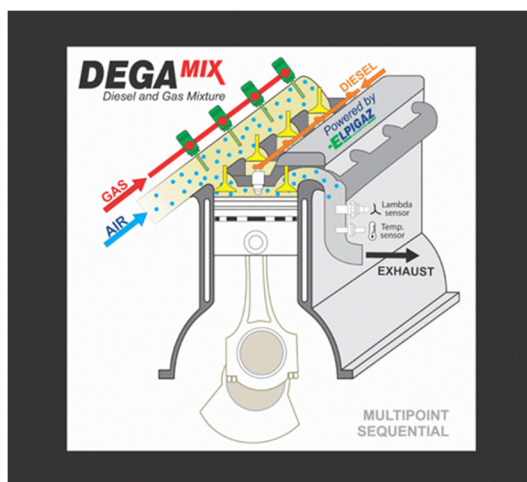
#### 2. System dual-fuel (podwójne paliwo) tzw. gazo diesel

W tym systemie mamy już do czynienia z zużywaniem jednocześnie obu paliw. Natomiast jeśli chodzi o ilości paliw w mieszance przewagę ma LPG, który jest głównym paliwem, a olej napędowy jest jedynie dodatkiem umożliwiającym powstanie samozapłonu i jest podawany w granicach 5-30%, resztę stanowi gaz. Pomimo, że konstrukcja nie jest tutaj skomplikowana, problemy pojawiają się przy zmianie oprogramowania i dobraniu odpowiedniej mapy umożliwiającej sprawne działanie instalacji. System ten wiąże się więc ze sporymi kosztami, co jest traktowane jako wada przez przeciętnych klientów.

#### 3. System dual-fuel (podwójne paliwo) tzw. diesel gaz

Jest to najczęściej spotykane rozwiązanie. Tak jak w każdym systemie rozruch silnika następuje przy użyciu oleju napędowego. Różnica tego systemu występuje w proporcjach mieszanki. Mianowicie w tym przypadku mamy odwrotną sytuację, gdyż głównym paliwem zasilającym jest ON, a dodatkiem jest LPG, który podawany jest w miejsce oleju napędowego w ilości około 20-30%, co pozwala na pewną oszczędność oleju. Dzięki temu uniknięto kosztownych rozwiązań, co obniżyło koszty montażu i spowodowało większą atrakcyjność tego systemu. Na rynku możemy spotkać się z kilkoma firmami oferującymi te instalacje. Jednym z systemów oferowanych jest DEGAmix. Jest to rozwiązanie, przy którym nie ingeruje się w układ zasilania. Gaz jest tutaj wtryskiwany do kolektora tak jak to bywało przy instalacjach benzynowych i jest zasysany do cylindrów wraz z powietrzem. Możemy tutaj wyróżnić także dwa rodzaje tego systemu:

- Sekwencyjne - gaz podawany jest do każdego cylindra przez oddzielne wtryskiwacze po otwarciu zaworów ssących.



Rysunek 9. System sekwencyjny [18]

- Full Group – gaz doprowadzany jest przez jeden wtryskiwacz do kolektora ssącego przed rozdzieleniem na poszczególne cylindry, cały kolektor jest wypełniony mieszanką, która jest następnie zasysana do poszczególnych cylindrów.



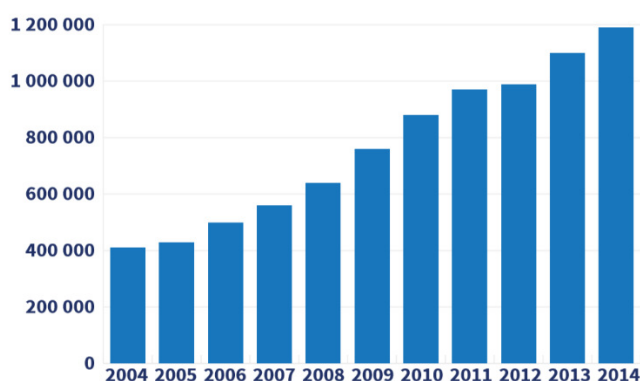
Rysunek 10. System Full Group [18]

Pomimo możliwości założenia instalacji gazowej w samochodach z zapłonem samoczynnym nie jest ona popularna, gdyż ceny zaczynają się od ok. 4000 zł, a kończą czasami nawet na 10000 zł.

### Podsumowanie

Wraz z postępem technologicznym rozwój instalacji gazowych ciągle ewoluuje w celu dostosowywania się coraz to nowszych rozwiązań konstrukcyjnych silników. Pomimo tego, że samochody napędzane mieszanką gazową pracują dzięki spalaniu

tej kombinacji i emitują szkodliwe substancje uważane są za bardziej ekologiczne niż pojazdy napędzane silnikami diesla, czy też benzynowymi. Wykorzystanie gazu w celach zasilania w samochodów jest jak na razie najbardziej popularną energią alternatywną w tej dziedzinie. W tym przypadku mamy do wyboru gaz CNG lub LPG. W krajach Europy Zachodniej możemy zauważyć, że oba typy gazów są podobnie popularne. Natomiast w Polsce większość aut wykorzystuje zasilanie LPG. Głównym problemem hamującym rozwój instalacji CNG w Polsce jest znikoma ilość stacji umożliwiających tankowanie tego typu gazu.



Rysunek 11. Wzrost liczby pojazdów napędzanych gazem ziemnym w Europie [23].

Wzrost popularności tego typu instalacji możemy zauważyć krajach Unii Europejskiej gdzie wzrost rejestracji samochodów z instalacją gazową w trzecim kwartale 2017 roku wyniósł 30,6%, co daje nam 45 044 pojazdów. Największe wzrosty zostały odnotowane m.in. w Hiszpanii (348,7%), Finlandii (239,5%) czy też Portugalii (151%). Spadki wystąpiły jedynie na Łotwie i we Francji. Patrząc na okres 3 kwartałów możemy zauważyć, że tendencja ta nie jest chwilowa, gdyż ogólny wzrost wyniósł 13%. Szacuje się, że do 2020 roku w Europie po drogach będzie poruszało się około 10 mln samochodów napędzanych gazem ziemnym.

Pomimo różnych problemów związanych z infrastrukturą czy modyfikacjami nowych silników, które wymuszają ciągle dostosowywanie do nich instalacji. Opierając się o powyższe dane możemy stwierdzić, że powyższe czynniki nie hamują rozwoju aparatury gazowej. Wręcz przeciwnie widzimy ciągły wzrost rejestracji samochodów napędzanych właśnie takim typem paliw. Wzrost popularności powoduje zatem rozwój infrastruktury. Możliwość zasilania pojazdów za pomocą gazu LPG czy też CNG nie tylko jest bardziej ekologiczne ale także pozwala na obniżenie kosztów przemieszczania się co jest czynnikiem, który napędza ich intensyfikację na rynku samochodowym.

## LITERATURA

1. BUCZAJ M.: Wykorzystanie alternatywnych źródeł zasilania pojazdów w świetle norm i dyrektyw UE na przykładzie polski.

2. Energia Alternatywna, [https://pl.wikipedia.org/wiki/Energia\\_alternatywna](https://pl.wikipedia.org/wiki/Energia_alternatywna),
3. Auta z fabryczną instalacją CNG: paliwowa alternatywa, która nie chce się przyjąć w Polsce, [http://superauto24.se.pl/porady/auto-z-fabryczna-instalacja-cng-alternatywa-paliwowa-ktora-nie-chce-sie-przyjac-w-polsce\\_755106.html](http://superauto24.se.pl/porady/auto-z-fabryczna-instalacja-cng-alternatywa-paliwowa-ktora-nie-chce-sie-przyjac-w-polsce_755106.html)
4. CNG - ekologiczne paliwo, <http://www.gaz-tech.pl/cngopis.htm>
5. Ceny samochodów z fabryczną instalacją gazową (LPG | CNG), <http://www.motonews.pl/auta-nowe/lpg-cng/>
6. Układy zasilania gazem ziemnym, <http://cng-Ing.pl/bank-wiedzy-cng-Ing-pl/Uklady-zasilania-gazem-ziemnym,artykul,5633.html>
7. Instalacja CNG - ceny, montaż, porównanie z LPG. Poradnik, <http://www.motofakty.pl/artykul/instalacja-cng-ceny-montaz-porownanie-z-lpg-poradnik.html>
8. CNG, <https://pl.wikipedia.org/wiki/CNG>
9. Stacje CNG w Polsce, [https://cng.auto.pl/stacje-cng-w-polsce/#Ceny\\_CNG\\_na\\_stacjach\\_w\\_Polsce](https://cng.auto.pl/stacje-cng-w-polsce/#Ceny_CNG_na_stacjach_w_Polsce)
10. Instalacja LPG. Jak wpływa na środowisko?, <http://www.motofakty.pl/artykul/instalacja-lpg-jak-wplywa-na-srodowisko.html>
11. LPG, <https://pl.wikipedia.org/wiki/LPG>
12. Generacje instalacji LPG, <http://gazeo.pl/poradniki/eksploatacja/Generacje-instalacji-LPG,artykul,5572.html>
13. LPG do bezpośredniego wtrysku, „MOTOR” Nr46/2017
14. LPG – wszystkie generacje, od początków do teraz, <https://autokult.pl/5273,lpg-wszystkie-generacje-od-poczatkow-do-teraz>
15. Porównanie instalacji gazowych. Jaki system LPG wybrać?, <https://www.motofakty.pl/artykul/porownanie-instalacji-gazowych-jaki-system-lpg-wybrac.html>
16. Diesel na LPG - komu taka instalacja gazowa się opłaca? Poradnik, <http://www.motofakty.pl/artykul/diesel-na-lpg-komu-taka-instalacja-gazowa-sie-oplaca-poradnik.html>
17. Diesel na gaz? Tak, to możliwe!, <https://autokult.pl/1130,diesel-na-gaz-tak-to-mozliwe>
18. Działanie, <http://elpigaz.com/pl/dzialanie/>
19. Sprzedaż aut z napędami alternatywnymi w Europie, „MOTOR” nr 49/2017
20. Ekologiczna sztafeta, <https://www.e-autonaprawa.pl/artykuly/2319/ekologiczna-sztafeta.html>
21. LPG w Polsce – Raport Roczny POGP 2016, <https://gazeo.pl/informacje/wiadomosci/LPG-w-Polsce-Raport-Roczny-POGP-2016,wiadomosc,9736.html>
22. Wzrosty rejestracji samochodów gazowych, <https://cng-Ing.pl/wiadomosci/Wzrosty-rejestracji-samochodow-gazowych,wiadomosc,9218.html>
23. „Rynek Paliw Alternatywnych CNG i LNG” Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych
24. Opel Zafira Tourer CNG, <http://cng-Ing.pl/motoryzacja/pojazdy/Opel-Zafira-Tourer-CNG-wszystkiego-lepszego,artykul,1662.html>