

Moduł 8

Napędy alternatywne stosowane w pojazdach samochodowych

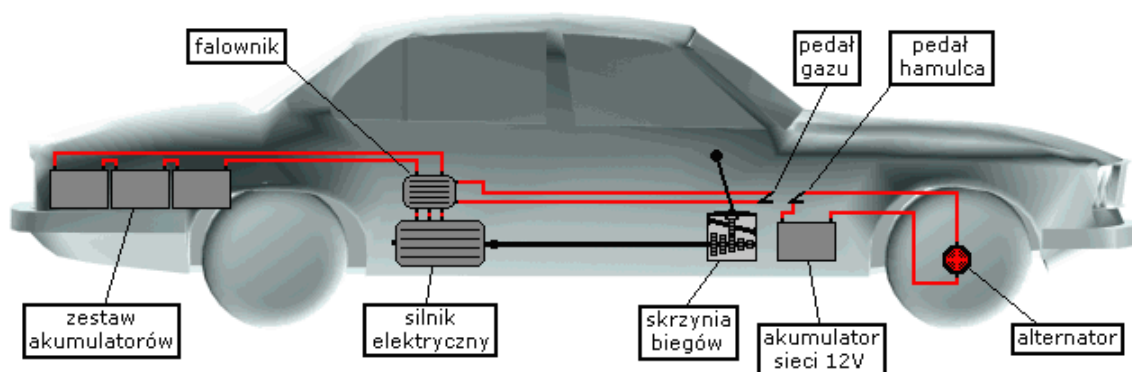
1. Wstęp
2. Samochody elektryczne z akumulatorem elektrochemicznym
3. Pojazdy elektryczne z ogniwem paliwowym
4. CNG

1. Wstęp

W tym module przedstawione zostaną zagadnienia dotyczące alternatywnych źródeł energii wykorzystywanych do napędu pojazdów samochodowych.

2. Samochody elektryczne z akumulatorem elektrochemicznym

Samochody elektryczne z akumulatorem elektrochemicznym są najprostszą konstrukcją spośród samochodów elektrycznych. W pojeździe znajdują się akumulatory, jako źródło energii, oraz silnik elektryczny, jako jednostka napędowa. Znacznie prostsze niż w pojeździe spalinowym są urządzenia powiązane z silnikiem; na przykład silnik elektryczny nie wymaga systemu chłodzenia.



Rys. 8.1. Budowa elektrycznego układu napędowego samochodu osobowego

<http://www.dyrektor.net/article/samoch%C3%B3d-elektryczny?page=0,6>

Sama jego konstrukcja jest również znacznie mniej skomplikowana niż jednostki spalinowej. Nie ma w nim systemu dolotowego ani wydechowego, zaworów, wałków rozrządu, a mniejsze jednostki nie wymagają nawet stosowania przekładni wielostopniowych. W silniku elektrycznym występuje jedynie ruch obrotowy wału, natomiast w jednostce spalinowej dopiero ruch posuwisto-zwrotny tłoków jest zamieniany poprzez korbowód na ruch obrotowy. Wszystkie te czynniki wpływają na znacznie mniejszą awaryjność i znacznie dłuższą żywotność silników elektrycznych. Zjawisko tarcia jest w nich zredukowane do minimum. Działanie silników elektrycznych nie opiera się na cyklicznych wybuchach mieszanki paliwowo-powietrznej, dlatego nie emitują one prawie żadnego hałasu. Samochody elektryczne – jak z tego wynika – pod wieloma względami mają przewagę nad jednostkami spalinowymi. Mają też jedną poważną wadę eksploatacyjną: ograniczony zasięg. Samochód spalinowy może przejechać „na jednym baku” ok. 800 km. Napełnienie baku i kontynuacja podróży nie są żadnym wyzwaniem (poza finansowym) i już po kilku minutach od dotarcia na stację benzynową można jechać dalej. Niestety, w przypadku podróżowania samochodem elektrycznym, jest to nierealne. Samochód przejedzie dokładnie tyle, na ile pozwoli mu pojemność baterii, której cykl ładowania wynosi kilka godzin. W praktyce uniemożliwia to odbywanie podróży

dłuższych niż 200 km. Z tego powodu obecnie szczególny nacisk kładzie się na rozwój technik akumulatorowych. Od czasu zbudowania pierwszego akumulatora, w dziedzinie elektrochemicznych źródeł zasilania, nastąpił znaczny rozwój. Bezpośrednim jego wynikiem jest powstanie baterii litowo-jonowych, podstawowego rodzaju baterii używanych w pojazdach elektrycznych. Jednakże napędy samochodów elektrycznych wymagają odpowiednich akumulatorów – konwencjonalne akumulatory nie mogą być zastosowane. Pracuje się zatem nie tylko nad technikami magazynowania energii, ale również nad lepszą infrastrukturą dla pojazdów elektrycznych.

W praktyce oznacza to stworzenie sieci masowego ładowania baterii akumulatorowych bądź stacji ich ekspresowej wymiany. W samych pojazdach stosuje się również podwójny system ładowania, w celu przyspieszenia czasu ładowania akumulatora. Zasilacz własny umożliwia ładowanie prądem bezpośrednio z sieci. Czas pełnego ładowania baterii wynosi średnio 7–8 godzin. Pojazdy o podwójnym systemie ładowania przystosowane są również do tzw. szybkiego ładowania. Trwa ono ok. 40 min, lecz nie zapewnia pełnego naładowania akumulatora, a częste korzystanie z szybkiego ładowania może niekorzystnie wpłynąć na żywotność baterii. Ponadto istnieje możliwość doładowywania akumulatora podczas jazdy. Służą temu systemy odzyskiwania energii przy hamowaniu bądź „zdjęciu nogi z gazu”. Obracające się wtedy koła napędzają prądnicę ładującą baterię. Może to jednak nieco pogarszać komfort jazdy, powodując nieprzyjemne uczucie hamowania przy każdorazowym „zdjęciu nogi z gazu”.

3. Pojazdy elektryczne z ogniwem paliwowym

Ogniwo wodorowe jako źródło energii

Z wodorem, jako paliwem silnika spalinowego, wiązane są duże nadzieje na przyszłość.

Produktem spalania wodoru w silniku spalinowym jest wyłącznie woda. Ze względu na trudności w magazynowaniu wodoru, technologia ta ciągle jest w fazie wczesnego rozwoju. Wodór można również wykorzystać do produkcji prądu elektrycznego w ogniwach paliwowych i w ten sposób zasilić silnik elektryczny pojazdu. Zapewnienie samochodowi zasięgu około 500 km, przy jednorazowym zatankowaniu wodoru, wymaga zaopatrzenia go w kilka kilogramów tego paliwa.

Jednakże szczególne warunki, w jakich musi być przechowywany wodór, bardzo utrudniają wykorzystanie tej technologii. Aby zaopatrzyć samochód w 3 kg wodoru przechowywanego w butlach standardowych, należy go sprężyć do 150 atmosfer. Tak sprężony wodór wypełni 5 butli przy masie własnej każdej z nich równej kilkudziesięciu kilogramom. Gdyby się chciało ograniczyć liczbę butli, należałoby zwiększyć ciśnienie. Sprężenie wodoru do ciśnienia 600 atmosfer wymagałoby jednak wkładu energii równego połowie energii sprężanego paliwa; dlatego – dopóki obecna technologia ogniw paliwowych nie zostanie ulepszona – pojazdy elektryczne zasilane wodorem są jedynie nadzieją rynku motoryzacyjnego.

Schemat działania samochodu z ogniwem paliwowym jest stosunkowo prosty. W pierwszym etapie wodór zostaje doprowadzony ze zbiornika do ogniwa, gdzie dostarczane jest także powietrze, najczęściej z wykorzystaniem turbosprężarki. Następnie odbywa się transmisja prądu (prądu stałego) z ogniwa do przetwornicy trakcyjnej, gdzie

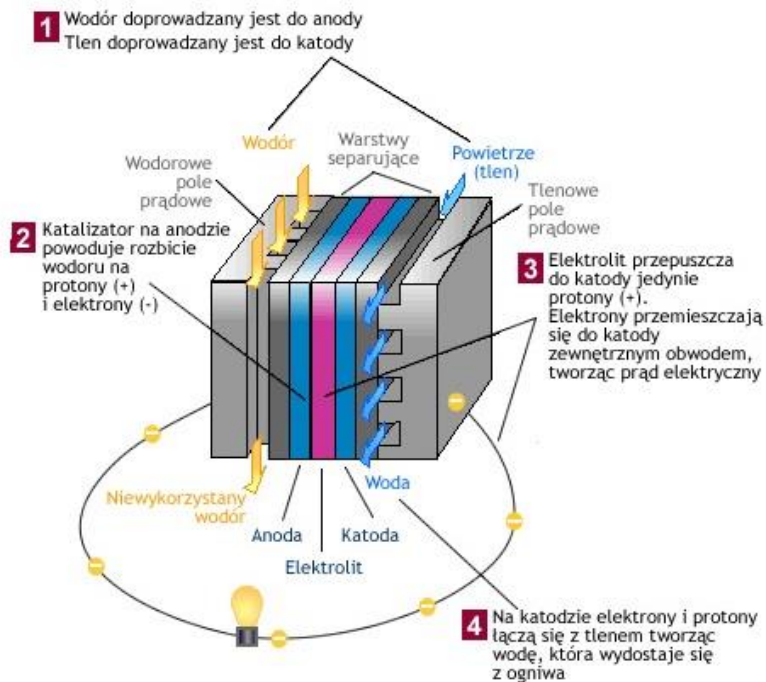
zamieniany jest on na prąd zmienny i przekazywany dalej do silnika indukcyjnego. Ostatnim etapem jest przekazanie momentu obrotowego na koła samochodu.



Rys. 8.2. Zbiornik wodoru

<http://autokult.pl/2011/11/11/samochody-napedzane-wodorem-jak-to-dziala>

Najważniejszym elementem całego układu są oczywiście ogniwa paliwowe. Są to urządzenia elektrochemiczne, które wytwarzają energię użyteczną (elektryczność, ciepło) w wyniku reakcji chemicznej wodoru z tlenem. Ogniwo zbudowane jest z dwóch elektrod: katody i anody. Rozdzielone są one elektrolitem lub membraną elektrolityczną. Umożliwiają one przepływ kationów, natomiast blokują przepływ elektronów. Wodór, dopływający do anody, ulega tam rozbięciu na protony i elektrony. Pierwsze mogą swobodnie przedostać się przez elektrolit do katody, do której doprowadzane jest powietrze. Natomiast przepływ elektronów do katody odbywa się zewnętrznym obwodem, powodując wytworzenie prądu elektrycznego. W wyniku tej elektrochemicznej reakcji wodoru i tlenu powstaje prąd elektryczny, woda oraz ciepło.



Rys. 8.3. Ogniwa paliwowe

<http://autokult.pl/2011/11/11/samochody-napedzane-wodorem-jak-to-dziala>

W samochodach, które stosują ogniwa paliwowe, wykorzystywane są zbiorniki do magazynowania sprężonego wodoru. Cylindrycznym kształtem przypominają te używane do paliw LPG. Konstrukcyjnie są jednak znacznie bardziej zaawansowane pod względem użytej technologii. Wewnętrzna warstwa wykonana jest z aluminium lub stali (ok. 20% całkowitej masy), natomiast z zewnątrz całość jest obłana tworzywem kompozytowym. Dzięki temu mają dużą odporność na uszkodzenia mechaniczne oraz stosunkowo niewielką masę.



Rys. 8.4. Zbiornik do magazynowania sprężonego wodoru

<http://autokult.pl/2011/11/11/samochody-napedzane-wodorem-jak-to-dziala>

Pojazdy hybrydowe

Napęd hybrydowy stanowi więcej niż jedną jednostkę napędową. Najczęściej jest to połączenie silnika spalinowego z elektrycznym. Podstawowym źródłem energii w układzie hybrydowym jest silnik spalinowy. Silnik elektryczny jest napędem pomocniczym przy zwiększonym zapotrzebowaniu na energię. Największe zastosowanie ma on w ruchu miejskim, co znacznie pozwala zredukować w mieście hałas oraz ilość zanieczyszczeń. Na dystansach dłuższych przeważa działanie jednostki spalinowej. Napędy te mogą pracować niezależnie albo w układzie szeregowym lub równoległym. Najnowszym rozwiązaniem jest układ hybrydowy z zasadą synergii: źródła energii uzupełniają się w nim i w rezultacie osiągnięta moc jest większa niż suma arytmetyczna mocy jednostek składowych. Pojazdy hybrydowe stanowią dobry kompromis pomiędzy pojazdami ekologicznymi a pojazdami pokonującymi dalekie dystanse. Dzięki zastosowaniu dodatkowego silnika elektrycznego do pojazdu można wstawić mniejszą jednostkę spalinową, nie powodując zmniejszenia mocy i osiągnięć, zmniejszając natomiast zużycie paliwa. Silnik spalinowy, oprócz wykonywania normalnej pracy, ma za zadanie ładować akumulatory w czasie jazdy. Zasięg pojazdu jest więc ograniczony jedynie pojemnością zbiornika z paliwem. W każdym układzie hybrydowym pracuje urządzenie odwracalne. Daje to możliwość zarówno gromadzenia energii, jak i jej wykorzystania. Urządzeniem tym jest najczęściej maszyna elektryczna współpracująca z akumulatorem elektrochemicznym lub akumulator kinetyczny ze źródłem napędu. Zaletami napędów hybrydowych są mniejsze zużycie paliwa, a zatem mniejsza emisja substancji szkodliwych dla środowiska oraz znaczna redukcja hałasu. Wadą natomiast jest większa masa spowodowana dodatkowym silnikiem elektrycznym i akumulatorami. Również cena tych samochodów jest wyższa od ceny tradycyjnych modeli spalinowych o podobnej klasie i osiągnięciach.

Rozwiązania konstrukcyjne

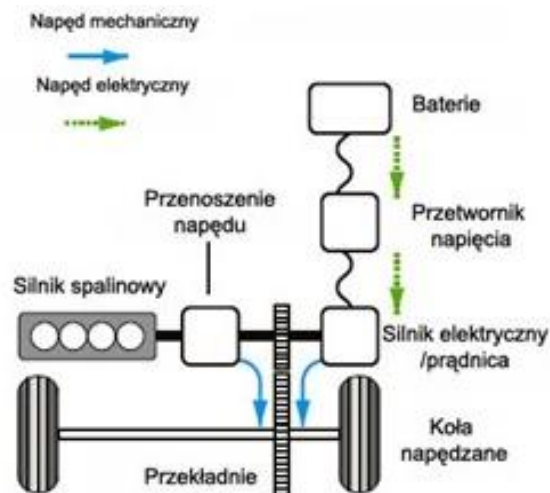
Rozróżnia się trzy rodzaje konstrukcji pojazdów hybrydowych, mogą one pracować w układzie szeregowym, równoległym lub mieszanym.

W układzie szeregowym silnik spalinowy napędza generator prądu elektrycznego. Wytworzona energia przekazywana jest do silnika elektrycznego, który napędza koła oraz ładuje akumulatory. Dzięki takiemu układowi osiągnięta jest wysoka sprawność jednostki spalinowej, ponieważ pracuje ona jedynie w wąskim, optymalnym zakresie obrotów. Gdy zapotrzebowanie na moc przekracza możliwości silnika spalinowego i generatora, jest ona uzupełniana z akumulatorów. Możliwe jest również odzyskiwanie energii podczas hamowania. Silnik elektryczny pracuje wówczas jako prądnica i przekazuje energię do ładowania akumulatorów.



Rys. 8.5. Układ szeregowy napędu pojazdu hybrydowego
<http://www.bergercs.com>

W układzie równoległym bezpośredni napęd na koła może być przekazywany zarówno z silnika spalinowego, jak i elektrycznego. Podczas normalnej jazdy, jako napęd, stosuje się silnik elektryczny. Silnik spalinowy włącza się dodatkowo przy większym zapotrzebowaniu na moc. Część energii silnika spalinowego jest przeznaczona również do ładowania akumulatorów. Zarówno w układzie szeregowym, jak i równoległym, momenty obu silników sumują się.



Rys. 8.6. Układ równoległy napędu pojazdu hybrydowego
<http://www.bergercs.com>

W najnowszych konstrukcjach hybrydowych wykorzystuje się zasadę synergii. Silnik elektryczny oraz spalinowy mogą dostarczać energię równocześnie. Dzieje się to w momentach dużego obciążenia, np. przy przyspieszaniu. Wypadkowa moc jest wtedy większa od sumy mocy składowych obu silników.

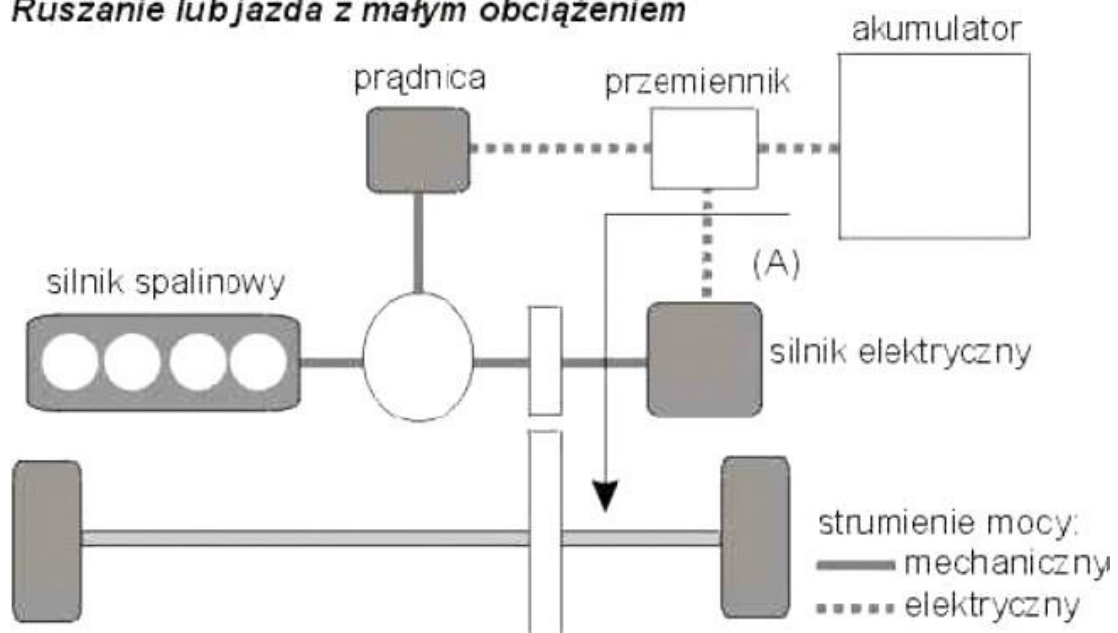


Rys. 8.7. Układ mieszany napędu pojazdu hybrydowego

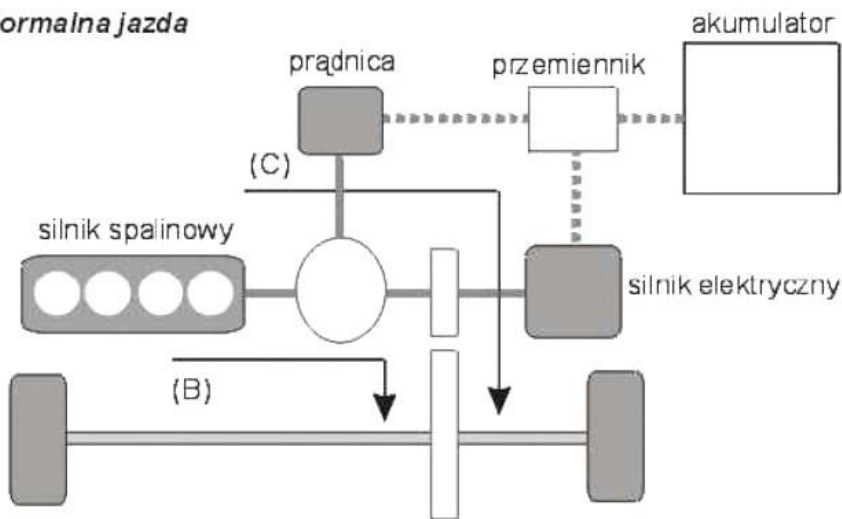
<http://www.bergercs.com>

Cztery typowe sytuacje związane z ruchem tego pojazdu zostały przedstawione na poniższych rysunkach. Ruszanie z miejsca, ze względu na niewłaściwą pracę silnika spalinowego na małych obrotach, odbywa się tylko z wykorzystaniem silnika elektrycznego. W czasie normalnej jazdy wykorzystywany jest silnik spalinowy i elektryczny, przy czym energia elektryczna jest wytwarzana w prądnicie. Podczas ekstremalnego przyspieszania wykorzystywana jest energia elektryczna zmagazynowana w akumulatorze. Hamowanie lub zwalnianie pojazdu jest wykorzystywane do ładowania akumulatora.

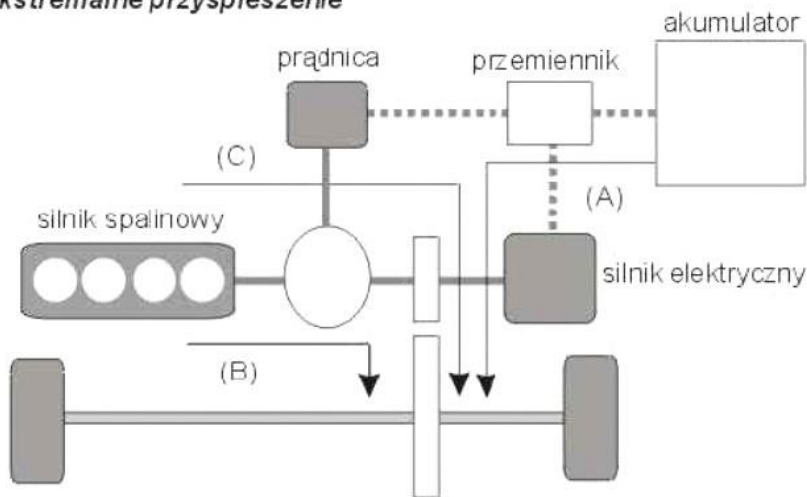
Ruszanie lub jazda z małym obciążeniem



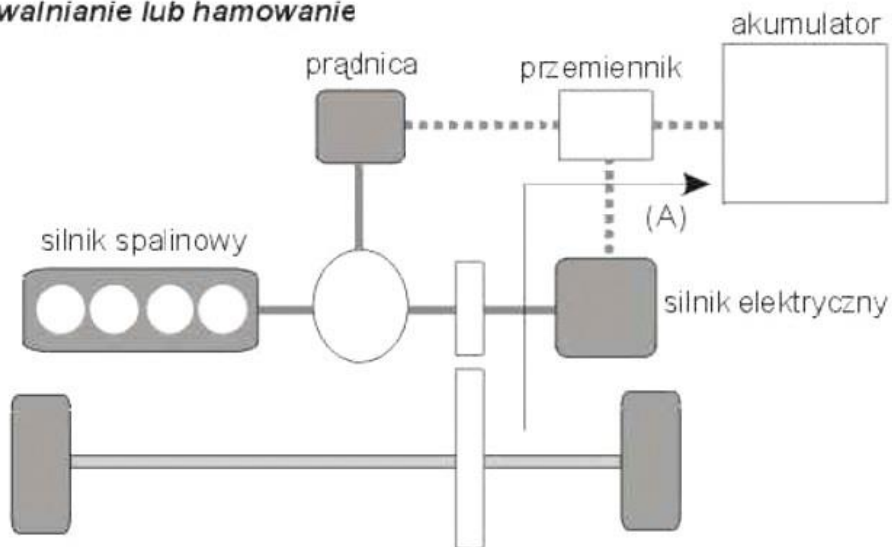
Normalna jazda



Ekstremalne przyspieszenie



Zwalnianie lub hamowanie



Rys. 8.8. Typowe sytuacje związane z ruchem pojazdu hybrydowego
http://riad.pk.edu.pl/~naszapol/archiwum/NR27/TEXT/20_21.htm

4. CNG

Gaz ziemny, CNG, zwany także naturalnym gazem ziemnym (ang. Compressed Natural Gas), to sprężony do 20 MPa gaz, składający się w ok. 97 proc. z metanu. Tego samego metanu, który wydziela każdy człowiek i zwierzę, i przez który krowy uznaje się za bardziej szkodliwe dla środowiska od samochodów. Może on służyć do napędzania wszelkich silników spalania wewnętrznego – zarówno tych z zapłonem iskrowym, jak i samoczynnym. W teorii CNG ma same zalety jako paliwo do samochodów. Cechuje go wysoka liczba oktanowa (130), a co za tym idzie – odporność na spalanie stukowe. Co więcej, ma on również korzystniejszy bilans energetyczny niż olej napędowy czy benzyna bezołowiowa. Auto jeżdżące na metan powinno więc przejechać więcej kilometrów na 1 kg CNG niż na litrze benzyny czy ON. Gaz ziemny jest też bardziej ekologiczny, ponieważ zawiera niewiele węgla, a to przekłada się na niewielką zawartość dwutlenku węgla w spalinach. W przeciwieństwie do diesla, auto jeżdżące na CNG, nie wydziela też sadzy.

Co więcej, zagrożenie wybuchem jest w przypadku CNG bardzo niewielkie ze względu na jego wysoką temperaturę samozapłonu (537°C) oraz na fakt, że w razie wycieku natychmiast ulega on rozproszeniu. Jest to istotne, gdyż gwarantuje możliwość wjazdu na parkingi podziemne – pojazdy z LPG często nie mogą wjeżdżać do takich obiektów.

Zalety CNG jako paliwa

- niska emisja zanieczyszczeń za względu na małą zawartość procentową węgla (główny składnik to metan, CH₄)
- spalanie przebiega wolniej, silnik pracuje ciszej niż na benzynie czy ON
- w razie rozszczelnienia butli lub instalacji gaz szybko ulega rozproszeniu (nie rozlewa się jak benzyna i nie zalega przy ziemi jak LPG)
- wysoka temperatura samozapłonu (dla CNG 537 °C, dla benzyny 340 °C, dla ON 270 °C)
- w pełni hermetyczna instalacja tankowania oraz składowania, brak emisji oparów gazu do atmosfery
- w sprzedaży dostępne są auta z zamontowaną fabrycznie instalacją CNG, instalację do auta dobiera producent, dostosowując do tego rodzaju zasilania sterownik wtrysku oraz silnik; butle o znacznej pojemności zwykle są umieszczone pod podwoziem, nie ograniczając funkcjonalności pojazdu
- najwyższa liczba oktanowa wśród paliw silnikowych – 110 do 120
- najwyższa wartość opałowa wśród paliw silnikowych, dla CNG 55,5 MJ/kg, dla benzyny 45 MJ/kg
- znaczna oszczędność na paliwie nawet dla silnika z zapłonem samoczynnym
- nie jest produkowany z ropy naftowej
- brak wpływu stacji tankowania na jakość gazu – pochodzi on bezpośrednio z miejskiego gazociągu średniego ciśnienia, a nie ze zbiorników danej stacji
- gaz ziemny jest dostarczany do stacji za pomocą gazociągu miejskiego, brak konieczności transportu CNG autocysternami

Zasadnicze problemy przy zasilaniu CNG polegają na:

- konieczności instalacji butli wysokociśnieniowych do 20 MPa, ciężkich stalowych lub drogich kompozytowych

- konieczności sprężania gazu przez stację tankowania do bardzo wysokiego ciśnienia
- w przypadku silników z zapłonem samoczynnym – dostosowanie ich do zasilania CNG wymaga zabudowania iskrowego układu zapłonowego lub wtryskiwania niewielkiej dawki ON do komory spalania z jednoczesnym wtryskiem CNG do kolektora dolotowego
- stosunkowo małej sieci stacji tankowania CNG w Polsce, znacznie mniejszej niż LPG
- większej objętości zajmowanej przez CNG niż ma to miejsce dla benzyny czy LPG, ilość sprężonego gazu równoważna litrowi benzyny lub 1,3 l LPG zajmuje ponad 4 l.