

WYKORZYSTANIE ALTERNATYWNYCH ŹRÓDEŁ ZASILANIA POJAZDÓW W ŚWIETLE NORM I DYREKTYW UE NA PRZYKŁADZIE POLSKI

Marcin Buczaj

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej, Politechnika Lubelska

Streszczenie. Jednym z podstawowych zadań, jakie obecnie stawia przed sobą Unia Europejska jest dbałość o środowisko naturalne. Obok energetyki motoryzacja jest jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń i emisji gazów cieplarnianych. Dlatego w celu zmniejszenia oddziaływania użytkowanych pojazdów na otoczenie wprowadza się nowych coraz bardziej rygorystyczne normy dotyczące emisji spalin, oraz lansuje nowe, bardziej „czyste” metody zasilania pojazdów. W artykule przedstawiono stosowane obecnie oraz przygotowywane do wdrożenia w przemyśle motoryzacyjnym technologie umożliwiające zasilanie pojazdów źródłami innymi niż paliwa ropopochodne (benzyna, olej napędowy). W pracy opisano wielkość zużycia i dostępność danego paliwa na rynku.

Słowa kluczowe: motoryzacja, alternatywne paliwa, emisja spalin

WSTĘP

Potrzeba przemieszczania się człowieka i transport dóbr już od niepamiętnych czasów były jednymi z podstawowych przyczyn stymulowania rozwoju i postępu cywilizacyjnego. Także dzisiaj ogólnie pojęta motoryzacja jest istotną gałęzią światowej gospodarki, nauki i techniki. Od początku istnienia transportu zmechanizowanego jego rozwój był podyktowany przez następujące cele:

- bezpieczeństwo użytkowania;
- ekonomia eksploatacji;
- ochrona środowiska.

Bezpieczeństwo użytkowania pojazdów przejawia się poprzez wyposażenie samochodów w dodatkowe podzespoły i części umożliwiające zwiększenie niezawodności i komfortu podróżowania. W tym celu wymagane jest uzyskanie homologacji przez pojazd przy jego rejestracji oraz poddawanie go okresowym przeglądom.

Drugim ważnym aspektem przyświecającym dokonywaniu postępu w dziedzinie motoryzacji jest aspekt ekonomiczny. Dąży się, aby eksploatacja pojazdu była jak najtańsza. W tym celu stale unowocześnia się konstrukcje zarówno całych pojazdów, jak

i dokonuje się modernizacji układów zasilania. Duży wpływ na koszty eksploatacji ma rodzaj użytego do zasilania pojazdu paliwa, a także lansowanie przez państwo pewnych rozwiązań poprzez np. zmniejszanie lub zwalnianie danego paliwa z podatków, m.in. akcyzy.

Ostatnim, ale odgrywającym obecnie coraz ważniejszą rolę czynnikiem jest dostosowanie pojazdu do wymagań stawianych w dziedzinie ochrony środowiska. W motoryzacji wiąże się to z ograniczeniem spalin emitowanych przez pojazdy. Unia Europejska w celu ograniczania ilości emitowanych spalin przez pojazdy wprowadza od połowy lat 90. ratyfikowane przez wszystkie kraje członkowskie dyrektywy, w których zawarto nowe normy i uwarunkowania prawne. Zawartość poszczególnych substancji toksycznych w spalinach określają normy od Euro 0 do Euro 5.

OD EURO 0 DO EURO 5

Pierwszym poważnym krokiem mającym na celu zmniejszenie emitowanych do atmosfery zanieczyszczeń było uchwalenie protokołów z Konferencji Klimatycznej w Kioto, zobowiązujące kraje ratyfikujące te postanowienia do ograniczenia emisji zanieczyszczeń. Innymi znaczącymi krokami legislacyjnymi było uchwalenie w 2001 r. dyrektywy o promocji „zielonej” energii (UE 2001/77/EC).

Tabela 1. Maksymalne stężenia gazów w spalinach dla nowo rejestrowanych samochodów osobowych

Table 1. The maximum gas concentrations in fumes for newly registered automobiles

Substancja	Data pierwszej rejestracji			
	do 1 X 1986	od 1 X 1986 do 1 VII 1995	po 1 VII 1995	
	bieg jałowy	bieg jałowy	bieg jałowy	2000÷3000 obr/min
Tlenek węgla (CO)	4,5%	3,5%	0,5%	0,3%
Węglowodory (HC)	-	-	100 ppm	
Wsp. nadmiaru powietrza λ	-	-	0,97 ÷ 1,03	

Tabela 2. Graniczne zawartości substancji zawartych w spalinach dla samochodów ciężarowych wg norm Euro

Table 2. Border values of fumes contents for lorries acc. to EU norms

Substancja	Graniczna zawartość w spalinach g/(kW·h)					
	Euro-0	Euro-1	Euro-2	Euro-3	Euro-4	Euro-5
Tlenek węgla (CO)	14	4,5	4	2,1	1,5	1,5
Węglowodory (HC)	3,5	1,1	1,1	0,66	0,46	0,46
Tlenki azotu (NO _x)	14,4	8	7	5	2	2
Cząstki sadzy	-	0,36	0,15	0,1	0,02	0,02

W przypadku motoryzacji zmiany w obowiązujących przepisach prawnych dotyczą norm emisyjności (od Euro 0 do Euro 5). Są to przepisy określające maksymalne stężenia poszczególnych gazów spalinowych, jakie mogą być emitowane do atmosfery przez nowo rejestrowane i dopuszczane do ruchu pojazdy (tab. 1 i 2).

Jak widać z tabeli 2 ograniczenia emisji szkodliwych substancji w spalinach w aktualnych normach lub już opracowanych i oczekujących na wprowadzenie (Euro 4 w 2005 r. i Euro 5 w 2008 r.) w porównaniu z pierwszymi obowiązującymi uwarunkowaniami prawnymi sięgają nawet ponad 90%. Taka sytuacja zmusza producentów jednostek napędowych do szukania nowych rozwiązań konstrukcyjnych lub wprowadzanie nowych alternatywnych i bardziej przyjaznych środowisku paliw.

Jednocześnie szansą na rozwój alternatywnych źródeł zasilania pojazdów są naciski ze strony Komisji Europejskiej na państwa członkowskie, mające na celu zmniejszenie obciążeń podatkowych (akcyzy) nakładanych na te paliwa.

ALTERNATYWNE UKŁADY ZASILANIA POJAZDÓW

Od początku istnienia przemysłu motoryzacyjnego podstawowym surowcem paliw do pojazdów były produkty ropopochodne (benzyna, olej napędowy). Inne alternatywne źródła zasilania były tylko obiektem badań naukowców, konstruktorów lub pasjonatów. Szersze zainteresowanie się niekonwencjonalnymi paliwami i wprowadzanie nowych technologii do przemysłu towarzyszyło wystąpieniu na świecie kryzysów paliwowych (związanych z niedoborem paliw lub wzrostem cen wydobywanej ropy naftowej). Do dnia dzisiejszego możemy wyróżnić trzy takie okresy: w Europie po II wojnie światowej, w latach 70. XX w., koniec lat 90. XX w. do chwili obecnej.

Drugim czynnikiem sprzyjającym rozwojowi prac nad alternatywnymi źródłami zasilania pojazdów jest wprowadzanie nowych zaostrzonych norm dotyczących emisji spalin, których silniki zasilane tylko tradycyjnymi paliwami ropopochodnymi nie będą w stanie spełnić. Ostatnim, ale także ważnym czynnikiem stymulującym wykorzystanie alternatywnych układów paliwowych jest fakt, że obecnie znane i udokumentowane zasoby ropy naftowej, przy obecnym zużyciu, wystarczą wg szacunkowych danych [Lewandowski 2002, Soliński 2004] na 30–40 lat.

Do najbardziej spopularyzowanych w eksploatacji lub będących w zaawansowanych stadiach badań naukowych alternatywnych metod zasilania pojazdów zalicza się: instalacje LPG i CNG, hybrydowe układy napędowe, instalacje wodorowe i ogniwa paliwowe oraz ogniwa fotowoltaniczne.

Instalacje LPG

Zasilanie silników spalinowych mieszaniną gazów LPG (Liquified Petroleum Gas, czyli skroplony gaz ropopochodny) nie jest zjawiskiem nowym. Ma on już ponadpółwieczną historię. Jak wskazuje nazwa, LPG jest skroploną mieszaniną gazów, których głównymi składnikami są propan oraz butan (n-butan i izobutan). Pierwsze instalacje wykorzystujące mieszaninę propanu z butanem jako paliwa powstały we Włoszech i były wymuszone niedoborem paliw benzynowych po wybuchu II wojny światowej. Układy te wykorzystują koncepcję reduktora umożliwiającego dopasowanie ciśnienia do potrzeb powstawania odpowiedniej mieszanki paliwowo-powietrznej. Ich niewątpliwą zaletą jest możliwość zastosowania tego układu jako alternatywnego paliwa w standar-

dowym silniku benzynowym. W porównaniu z paliwem benzynowym paliwo LPG ma wyższą liczbę oktanową, która w zależności od stosunku zawartości propanu do butanu wynosi od 100 do 110 oktanów, przy podobnym zapotrzebowaniu na powietrze podczas procesu spalania. Jednak w porównaniu z benzyną gaz LPG charakteryzuje się mniejszą o ok. 30% wartością opałową na jednostkę objętości. Dlatego zużycie paliwa przy zasilaniu gazem LPG w porównaniu z zasilaniem silnika benzyną jest większe o 20–30% [Podziemski i Bałut 2004]. Do wad paliwa LPG zalicza się:

- niską temperaturę wrzenia, szczególnie dla butanu, co powoduje problemy przy zasilaniu pojazdu w zimie przy nierozgrzanym silniku;
- słabo miesza się z powietrzem;
- LPG jest gazem cięższy od powietrza i w przypadku nieszczelnej instalacji może gromadzić się pod pojazdem (np. w garażach) i być przyczyną wybuchu [Podziemski i Bałut 2004].

W zależności od rodzaju silnika, sposobu dostarczania paliwa do silnika (gaźnikowy czy wielopunktowy wtrysk) oraz stopnia zautomatyzowania układu ceny nowych instalacji montowanych w pojazdach samochodowych sięgają kwoty od 1000 PLN do 5000 PLN.

Instalacje CNG

Podobnie jak w przypadku LPG, zastosowanie do zasilania pojazdów paliwa CNG (Compressed Natural Gas – sprężony gaz ziemny) nie jest zjawiskiem nowym. Prace nad układami zasilania CNG postępowały równolegle z pracami nad LPG. Ich zasada wykorzystania jako paliw do zasilania pojazdów jest podobna i opiera się na zamontowaniu zbiornika ze sprężonym, znajdującym się w stanie płynnym gazem, a następnie jego odparowaniu w reduktorze, wymieszaniu z powietrzem i doprowadzeniu do komory spalania w silniku. Podobnie jak gaz LPG, CNG może być stosowany jako paliwo alternatywne do zasilania silników benzynowych. CNG w porównaniu z paliwami benzynowymi ma dużo większą liczbę oktanową (ok.130), także jego temperatura wrzenia jest dużo niższa niż gazu LPG i wynosi -163°C. Niewątpliwą zaletą tego paliwa jest fakt, że jest lżejsze od powietrza i łatwo się z nim miesza. Zmniejsza to ryzyko wystąpienia wybuchów przy nieszczelnej instalacji. Jest uważane za czyste paliwo, emisja zanieczyszczeń jest ok. 3 razy mniejsza w porównaniu z silnikami zasilanymi olejem napędowym [Majerczyk i Taubert 2003]. W Polsce instalacje CNG nie cieszą się obecnie dużym zainteresowaniem, brak także stacji paliw mających w swoim asortymencie gaz ziemny. Obecnie w Polsce jest 8 stacji oferujących CNG i ok. 140 pojazdów nim zasilanych [Majerczyk i Taubert 2003].

Układy hybrydowe

Jak sama nazwa wskazuje, wykorzystują one do zasilania przynajmniej dwa rodzaje energii. W motoryzacji stosuje się układy umożliwiające powstanie energii mechanicznej z energii: chemicznej, uzyskiwanej podczas spalania paliwa w silniku i elektrycznej, dostarczanej z silnika elektrycznego zasilanego z układu baterii akumulatorów. Są to układy jeszcze bardzo rzadko spotykane, jednak przodujące firmy motoryzacyjne poświęcają im coraz większą uwagę. Obecnie seryjnie produkowane i oferowane są samochody hybrydowe: Toyota Prius, Fiat Multipla Hybrid, Nisan Tino Hybrid. Pojazdy te charakteryzują się zmniejszonym w porównaniu z klasycznymi układami zasilania zużyciem paliwa, ograniczoną nawet o 50% emisją spalin i cichą pracą. Silnik spalino-

wy, oprócz zasilania układu napędowego, służy jako źródło energii elektrycznej magazynowanej w akumulatorach. Napęd elektryczny jest napędem głównym, a napęd spalinowy pomocniczym. W odróżnieniu od klasycznych pojazdów, energia hamowania jest również wykorzystywana.

Instalacje wodorowe

W odróżnieniu od poprzednich alternatywnych źródeł zasilania pojazdów, wodór jako paliwo ciągle jest w fazie badań. Rozpatruje się następujące metody jego wykorzystania: do specjalnych silników spalinowych i do ogniw paliwowych. W obu tych przypadkach emisja zanieczyszczeń praktycznie nie istnieje, ponieważ jedyną substancją powstałą w wyniku spalania wodoru jest woda. Jak się szacuje, pierwsze samochody seryjne wykorzystujące ten rodzaj paliwa mogą pojawić się ok. 2010 r. Zastosowanie wodoru do zasilania pojazdów umożliwi radykalne zmniejszenie emisji spalin, a po wyczerpaniu zapasów ropy naftowej może stać się głównym źródłem energii.

Ogniwa fotowoltaniczne

Idea wykorzystanie energii słonecznej do zasilania pojazdów, tak jak innych alternatywnych źródeł, nie jest sprawą nową i sięga drugiej połowy XX w. Jednak ze względu na duże nakłady finansowe, jakie należy ponieść oraz jeszcze ciągle małą sprawność tych układów (do 15% w najnowszych elementach fotowoltanicznych) jest technologią przyszłości. Pojazdy wykorzystujące jako paliwo energię słoneczną są w fazie modeli i prototypów.

RYNEK ALTERNATYWNYCH PALIW W POLSCE

Z przeprowadzonych badań i analiz wynika, że obecnie w Polsce jedynym szeroko dostępnym alternatywnym źródłem jest gaz LPG. Szacuje się, że od roku 1994 rocznie przybywa ok. 100 tys. nowych instalacji gazowych w pojazdach. Najnowszych dane mówią, że na koniec 2003 r. zarejestrowano już ok. 1,1 mln pojazdów przystosowanych do zasilania tym rodzajem paliwa.

Tabela 3. Sprzedaż LPG (wg danych POGP) i dynamika jego sprzedaży w Polsce w latach 1996–2003

Table 3. LPG sells (according to POGP data) and its selling dynamism in Poland in the years 1996-2003

Rok	Sprzedaż LPG	Dynamika przyrost do roku	
		poprzedniego	1996
	w tys. ton	%	%
1996	250	-	-
1997	295	18,0	18,0
1998	300	1,7	20,0
1999	395	31,7	58,0
2000	550	39,2	120,0
2001	700	27,3	180,0
2002	860	22,9	244,0
2003	1070	24,4	328,0

Dokładna ich liczba jest trudna do ustalenia, ze względu na brak centralnego komputerowego rejestru pojazdów (system CEPiK dopiero wchodzi do użycia). Jest to więc rodzaj paliwa, który przebojem wszedł na polski rynek. Jego błyskawiczny rozwój zapoczątkowany w połowie lat dziewięćdziesiątych trwa do dziś. W tabeli 3 przedstawiono wielkość rynku LPG oraz dynamikę przyrostu.

Czynnikami wpływającym na dużą dynamikę popytu na paliwo LPG jest niewątpliwie jego cena, ok. 2,00 PLN/dm³, przy cenie benzyny U95 na poziomie 4,00 PLN/dm³. Niski koszt paliwa LPG wynika też z niższej stawki akcyzowej. W Polsce podatek akcyzowy wynosi 695 PLN/tonę gazu, a dla benzyny 1,46 PLN/dm³. Obłożenie paliwa LPG niższą stawką jest także wynikiem umowy krajów członkowskich UE, dotyczących promowania alternatywnych źródeł zasilania pojazdów. Korzystna relacja ceny gazu LPG do benzyny, oraz stosunkowo niskie ceny nowych instalacji gazowych przystosowujących pojazdy do zasilania LPG powodują, że koszty zakupu tych instalacji zwracają się dość szybko. Dystans, jaki należy przejechać, aby koszt instalacji LPG się zamortyzował można wyznaczyć z zależności:

$$D = \frac{A}{B(C_b - 1,25 \cdot C_{LPG})} \cdot 100, \quad (1)$$

gdzie:

D – dystans, po którym następuje pełna amortyzacja kosztów zakupu instalacji LPG, w km,

A – koszt instalacji LPG,

B – średnie zużycie paliwa podstawowego (benzyny), w dm³/100 km,

C_b – cena paliwa podstawowego, w PLN/dm³,

C_{LPG} – cena paliwa LPG, w PLN/dm³.

Symulację zwrotu inwestycji wyposażenia pojazdu w instalację LPG przedstawiono w tabeli 4. Do badań przyjęto samochody o różnym zużyciu paliwa, o różnym sposobie zasilania silnika w mieszanke paliwowo-powietrzną oraz różne typy instalacji LPG, przy założeniu, że cena LPG wynosi $CLPG = 2,00$ PLN/dm³, a cena benzyny $C_b = 3,90$ PLN/dm³.

Tabela 4. Symulacja wyznaczania dystansu, po którym nastąpi zwrot nakładów na montaż instalacji LPG

Table 4. Simulation of the determination of the distance after which the costs of an LPG installation are depreciated

Koszt montażu instalacji LPG PLN	Nominalne zużycie paliwa podstawowego dm ³ /100 km	Dystans, po którym następuje pełna amortyzacja kosztów zakupu instalacji LPG km
1200	10,0	8 571
1800	7,0	18 367
2500	6,0	29 762
3500	7,0	35 714

Na podstawie przeprowadzonej symulacji można stwierdzić, że najszybciej zwraca się inwestycja przy montażu najprostszych instalacji LPG (silniki pojazdów wyposażonych w układy gaźnikowe) i dla pojazdów charakteryzujących się wysokim zużyciem

paliwa. Dla pojazdów nowocześniejszych, spalających znacznie mniejsze ilości paliwa, koszt montażu instalacji gazowej może się zwrócić dopiero po przejechaniu nawet czterokrotnie dłuższego dystansu.

Wskutek coraz większego zapotrzebowania na LPG do samochodowych instalacji powstaje coraz liczniejsza sieć dystrybutorów i stacji sprzedających autogaz. Dynamika powstawania nowych stacji pokrywa się z przyrostem zapotrzebowania na ten rodzaj paliwa (tab. 5).

Tabela 5. Nowe stacje LPG w Polsce (wg danych POGP)
Table 5. New LPG stations in Poland (according to POGP data)

Rok	Liczba stacji LPG	Dynamika przyrostu % do roku	
		poprzedniego	1996
1998	1500	-	-
1999	1800	20,0	20,0
2000	2300	27,8	53,3
2001	2900	26,1	93,3
2002	3400	17,2	126,7
2003	4500	32,4	200,0

WNIOSKI

Jak wynika z przeprowadzonych badań, rynek LPG jest jedynym rozwijającym się rynkiem alternatywnych źródeł zasilania pojazdów w Polsce. Obecnie jest to drugi (po Włoszech) co do wielkości sprzedaży i liczby instalacji LPG rynek w Europie. Polska jest natomiast niewątpliwym liderem w dynamice rozwoju tego rynku. Na taki stan rzeczy wpływają następujące przesłanki:

- niski koszt przystosowania pojazdu do zasilania paliwem LPG;
- obłożenie, zgodnie z dyrektywą UE o promowaniu czystej energii, obniżonym podatkiem akcyzowym autogazu, co powoduje, że koszty paliwa są ok. dwukrotnie niższe niż przy zasilaniu pojazdu paliwem tradycyjnym (benzyna, olej napędowy);
- nieskomplikowane procedury i wymagania przy budowie i eksploatacji punktów dystrybuowania gazu LPG;
- możliwość zasilania pojazdu dwoma alternatywnymi i niezależnymi źródłami, przy wykorzystaniu tego samego silnika;
- nieskomplikowana eksploatacja instalacji LPG.

Inne promowane źródła zasilania pojazdów nie znalazły w Polsce uznania. Do rynku marginalnego należy sprzedaż porównywalnego paliwa CNG. Spowodowane to jest większymi kosztami dostosowania pojazdu do zasilania tym rodzajem paliwa, a także brakiem stacji dystrybucji. Budowa nowych stacji jest bardziej skomplikowana i uwarunkowana spełnieniem bardziej rygorystycznych procedur.

Szacuje się, że obecnie poważnym zagrożeniem dla rozwoju rynku CNG będzie powstanie rynku paliwowego związanego z zasilaniem pojazdów wodorem. Według najnowszych danych, dotyczących rozwoju technologii wodorowych do zasilania pojazdów i przy obecnym poziomie cen ropy naftowej, pojazdy zasilane w ogniwa paliwowe i silniki wodorowe mogą wejść do seryjnej produkcji przed 2010 r. Będą to niewątpliwie już pojazdy czyste ekologicznie, spełniające nawet obecnie przygotowywane normy.

PIŚMIENNICTWO

- Lewandowski W. M. 2002: Proekologiczne źródła energii odnawialnej. WNT, Warszawa.
- Majerczyk A., Taubert S. 2003: Układy zasilania gazem propan-butan. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Małko J. 2004: Wodór – perspektywiczny nośnik energii, Wokół Energetyki, 8.
- Olsza M. 2004: Stosowanie norm nieobowiązkowe, a rynek LPG... Rośnie z roku na rok, Materiały Centrum Informacji o Rynku Energii, CIRE.
- Podziemski T., Bałut H. 2004: Samochody z napędem CNG znaczącym segmentem rynku gazu ziemnego? Materiały Centrum Informacji o Rynku Energii, CIRE.
- Soliński J. 2004: Kluczowe elementy rozwoju światowego i polskiego sektora energetyki. Energetyka, 9.

APPLICATION OF ALTERNATIVE DRIVING FUELS IN POLAND
UNDER THE NEW EU NORMS AND DIRECTIVES

Summary. Environmental protection is a fundamental issue in European Union legislation and activities. The power industry and automotive industry are the main sources of fumes emission and air pollution. Hence, stricter and stricter European norms are being introduced. The new norms and directives require the reduction of fumes in the new vehicles. At the same time, they are promoting alternative fuels.

The paper presents the current and future technologies in the field of alternative fuels application. The home market accessibility and consumption levels of each alternative fuel are analysed.

Key words: automotive industry, alternative fuels, fumes emission

Recenzent: dr hab. Stanisław Sosnowski, prof. WSI-E w Ropczycach