

Janusz MYSŁOWSKI

OCENA WŁAŚCIWOŚCI EKSPLOATACYJNYCH SILNIKÓW ZI SAAB I VOLKSWAGEN

Streszczenie

W artykule przedstawiono problemy powiązania ekonomiczności pracy nowoczesnych silników o zapłonie iskrowym, wolnossących, turbodoładowanych oraz z doładowaniem kombinowanym i ich właściwości dynamicznych. Jako przykład posłużyły silniki koncernu Volkswagen najnowszej generacji oraz SAAB.

Słowa kluczowe: ocena, właściwości eksploatacyjne, silniki ZI, SAAB, VOLKSWAGEN

WSTĘP

Wymagania stawiane współczesnym silnikom są często przeciwstawne, co widać wyraźnie jeśli weźmie się pod uwagę stale rosnącą liczbę samochodów i utrudnienia w ruchu z tym związane, a z drugiej zaś strony konieczność ograniczania ilości zużywanego paliwa i wydanych szkodliwych składników toksycznych spalin do otoczenia [2, 4]. W odniesieniu do silników zarówno napędzających samochody osobowe jak i ciężarowe sprowadza się to do uwzględnienia trzech najbardziej istotnych czynników:

- małego zużycia paliwa (ekonomiczność pracy),
- niskiej toksyczności spalin,
- dużej elastyczności (dobrych właściwości dynamicznych).

Prosto rzecz ujmując im mniejsze będzie zużycie paliwa przez silnik tym globalna ilość toksycznych składników wydanych przez silnik do atmosfery będzie mniejsza. W ten sposób kluczowym problemem pozwalającym na spełnienie dwóch pierwszych postulatów jest obniżenie zużycia paliwa przez silnik lub wykorzystanie nośników energii dotychczas nie stosowanych lub stosowanych w nieznacznym stopniu. Dzięki usprawnieniu procesu tworzenia mieszaniny palnej w silnikach o małej objętości skokowej i wtrysku bezpośrednim uzyskano prędkości obrotowe rzędu 5000 do 6000 1/min w pełni wystarczające dla napędu samochodów osobowych. Kolejnymi etapami postępu było zastosowanie wtrysku bezpośredniego w silnikach o zasilaniu benzynowym i zastosowanie doładowania tych silników [2].

Problem ten w odniesieniu do silników o zapłonie iskrowym rozwiązano w obszarze właściwości dynamicznych stosując doładowanie turbosprężarkowe przy pomocy turbosprężarek o bardzo małych średnicach wirników (30 do 40 mm) dzięki czemu mogły uzyskać dużą nadążność działania i bardzo duże prędkości obrotowe rzędu 200 000 do 220 000 1/min. W ten sposób załatwiono postulat dużej elastyczności silników, natomiast co do zużycia paliwa nie podaje się szczegółowych danych i opierać się można jedynie na badaniach symula-

cyjnych. Wiadomym jest, że są to silniki o wtrysku bezpośrednim, jednak ich zużycie paliwa jest mimo wszystko większe niż dla silników wysokoprężnych o wtrysku bezpośrednim.

1. PORÓWNANIE EKONOMICZNOŚCI SILNIKÓW VOLKSWAGEN I SAAB O ZAPŁONIE ISKROWYM

Do porównań wybrano silniki VW o zapłonie iskrowym najnowszej generacji oraz silniki SAAB. Dane charakterystyczne ocenianych silników przedstawiono w tabeli 1 i 2.

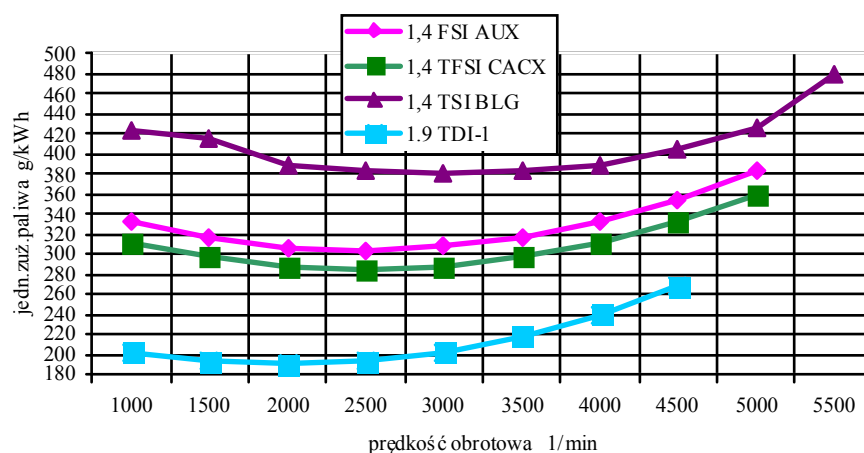
Tab. 1. Parametry pracy silników o wtrysku bezpośrednim koncernu Volkswagen [2]

Model	1,4FSI AUX	1,4 TFSI CAXC	1,4 TSI BLG	1.9 TDI
Rodzaj	Rzędowy	Rzędowy	Rzędowy	Rzędowy
Ilość cyl.	4	4	4	4
D [mm]	76,5	76,5	76,5	79,5
Liczba zaworów	16	16	16	8
V_{ss} [cm ³]	1390	1390	1390	1896
ϵ	12	10	10	19,5
N_e/n [kW/min ⁻¹]	63/5000	92/5000	125/6000	66/4000
M_o/n [Nm/min ⁻¹]	130/3500	200/1500	240/1750	202/1900
Doładowanie	-	Turbo	Turbo+Mech Eaton	Turbo
Wym. LO	95/98	95/98	98	-

Dla silników zawartych w tabeli 1 wykonano na drodze symulacyjnej charakterystyki jednostkowego zużycia paliwa przedstawione na rys. 1 porównując je do popularnego silnika o zapłonie samoczynnym tej firmy.

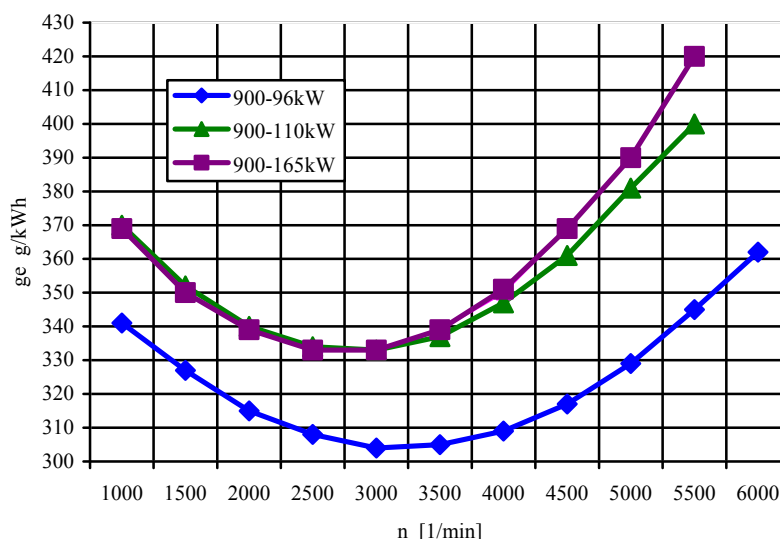
Tab. 2. Parametry pracy benzynowych silników SAAB 900

Rodzaj	Rzędowy	Rzędowy	Rzędowy
Ilość cyl.	4	4	4
D [mm]	90	90	90
S [mm]	78	90	90
V_{ss} [cm ³]	1985	2290	2290
ϵ	10,1	10,5	9,25
N_e/n [kW/min ⁻¹]	96/6400	110/5700	165/5500
M_o/n [Nm/min ⁻¹]	177/4300	210/4300	342/1800
Ciśnienie doładowania [MPa]	-	-	0,108
Wymagana liczba oktanowa	95(min. 91) bezołowiowa	95 (min.91) bezołowiowa	98 (min.91) bezołowiowa



Rys. 1. Jednostkowe zużycie paliwa benzynowych silników o wtrysku bezpośrednim koncernu Volkswagen

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 2. Jednostkowe zużycie paliwa benzynowych silników o wtrysku bezpośrednim koncernu SAAB
Źródło: Opracowanie własne.

Porównując jednostkowe zużycie paliwa silników Volkswagen można zauważyć, że doładowanie turbosprężarkowe nieznacznie zmniejszyło jego wartość w całym zakresie użytecznej prędkości obrotowej (w granicach 6,6%), co jest oczywiście korzystne z punktu widzenia eksploatacji. Z kolei połączenie doładowania turbosprężarkowego z mechanicznym spowodowało poprawę właściwości dynamicznych ale znaczne pogorszenie wskaźników ekonomicznych, bo wzrost jednostkowego zużycia paliwa od 35,5% do 16,6% w miarę wzrostu prędkości obrotowej. Jednocześnie dla porównania jednostkowe zużycie paliwa silników benzynowych z turbodoładowaniem w porównaniu do popularnego silnika wysokoprężnego tej firmy jest większe od 62,5% do 30% w miarę wzrostu prędkości obrotowej.

2. PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI DYNAMICZNYCH SILNIKÓW VOLKSWAGEN I SAAB O ZAPŁONIE ISKROWYM

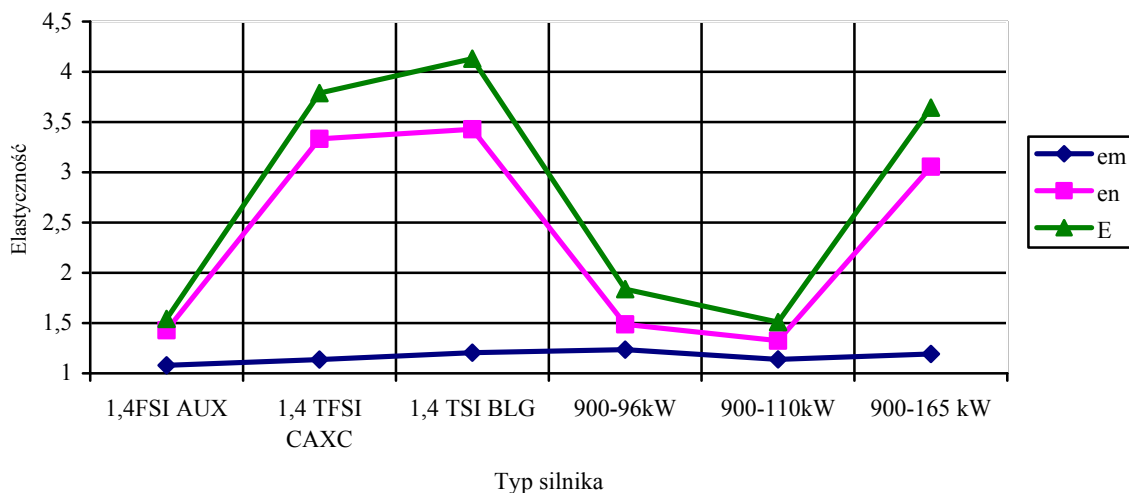
Ocenę właściwości dynamicznych opisywanych silników przeprowadzono na podstawie porównania współczynników elastyczności [1, 3, 4], które podano w tabeli 3 i na rysunku 3.

Tab. 3. Elastyczność badanych silników

Model	1,4FSI AUX	1,4 TFSI CAXC	1,4 TSI BLG	900 – 96 kW	900 – 110 kW	900 – 165 kW
e_M	1,079	1,137	1,205	1,235	1,139	1,193
e_n	1,428	3,333	3,428	1,488	1,325	3,055
E	1,542	3,789	4,130	1,837	1,509	3,644

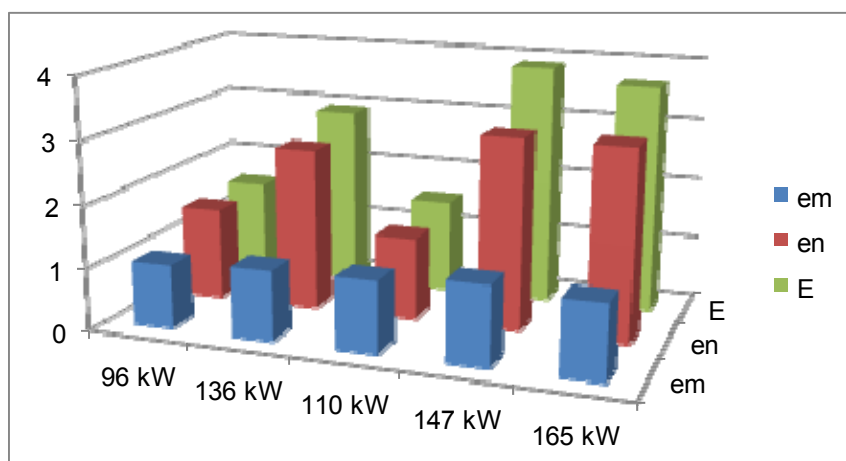
Największą elastycznością charakteryzował się silnik 1,4 TSI BLG w którym zastosowano doładowanie kombinowane (turbo + mechaniczne), ale okupione jest to dużym zużyciem paliwa od 380 do 480 g/kWh. Wpłynęła na to przede wszystkim duża elastyczność prędkości obrotowej gdyż elastyczności momentu obrotowego były bardzo zbliżone we wszystkich opisywanych silnikach (1,079 do 1,235). Silniki turbodoładowane obydwu koncernów miały zbliżone wartości elastyczności całkowitej (3,789 i 3,644).

Jak widać na rys. 3 silniki Volkswagena są znacznie bardziej elastyczne niż silniki SAAB szczególnie w odniesieniu do elastyczności prędkości obrotowej. Jeśli chodzi o elastyczność momentu obrotowego różnice te są niewielkie i stąd elastyczność całkowita ocenianych silników różni się znacznie.



Rys. 3. Elastyczność silników VW i SAAB

Źródło: Opracowanie własne.

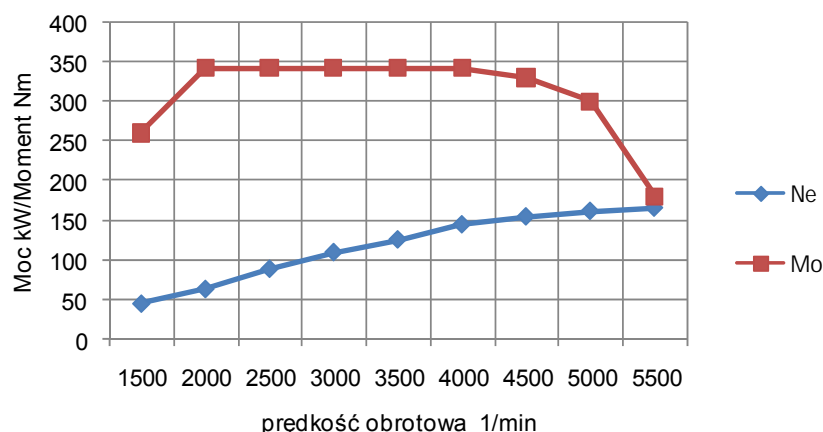


Rys. 4. Elastyczność silników SAAB o wtrysku bezpośrednim

Źródło: Opracowanie własne.

Szwedzka firma SAAB szczególny nacisk położyła na przebieg krzywej momentu obrotowego, szczególnie jeśli chodzi o przebieg momentu obrotowego, zbliżając się do charakterystyk silników o zapłonie samoczynnym. Obniżenie prędkości obrotowej przy której występuje maksimum momentu obrotowego poprawia znacznie elastyczność silnika i wpływa na obniżenie jednostkowego zużycia paliwa [2]. Dla silnika o mocy 165 kW przebieg krzywych mocy i momentu obrotowego przedstawiono na rys. 5.

Taki przebieg krzywej momentu obrotowego pozwala na zmniejszenie częstotliwości zmian przełożenia skrzyni biegów, co wpływa na trwałość mechanizmów przeniesienia napędu. Jednocześnie w zakresie prędkości obrotowej od 2000 1/min do 4000 1/min silnik charakteryzuje się względnie niskim zużyciem paliwa wynoszącym 340 do 350 g/kWh (por. rys. 2).



Rys. 5. Charakterystyka zewnętrzna silnika SAAB o wtrysku bezpośrednim
 Źródło: Opracowanie własne.

ZAKOŃCZENIE

Stały postęp w rozwiązaniach konstrukcyjnych benzynowych silników turbodoładowanych pozwala mieć nadzieję, że w niedługim czasie będą w stanie dogonić silniki o zapłonie samoczynnym w odniesieniu do parametrów eksploatacyjnych. Dotyczy to przede wszystkim zużycia paliwa, które w chwili obecnej dość znacznie odbiega od silników o zapłonie samoczynnym stosowanych do napędu samochodów osobowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Dębicki M., *Teoria samochodu. Teoria napędu*. WNT, Warszawa 1969.
2. Mysłowski J., *Pojazdy samochodowe. Doładowanie silników*. WKiŁ, Warszawa 2011.
3. Mysłowski J., Kołtun J., *Elastyczność tłokowych silników spalinowych*. WNT, Warszawa 2000.
4. Mysłowski J., *Comparative analysis of operation flexibility of direct Injection diesel engines and spark-ignition engines*. Teka Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa, PAN oddział w Lublinie, vol. II, Lublin 2002.

ESTIMATE OF SPECIFICITY OF OPERATIONAL SI ENGINE SAAB AND VOLKSWAGEN

Abstract

It present problems in article coherence economics about modern engines spark injection unfinished loading, turbocharging and combine charging and dynamic feature. As example it take engines new generation concern Volkswagen and SAAB.

Key words: estimate, exploitation properties, modern engines, spark injection, concern Volkswagen and SAAB.

Autor:

prof. dr hab. inż. **Janusz Mysłowski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie