



SZKOŁA POLICEALNA dla dorosłych

Kierunek kształcenia w zawodzie:

TECHNIK POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH

Przedmiot:

Budowa i naprawa pojazdów samochodowych



dr inż. Janusz Walkowiak

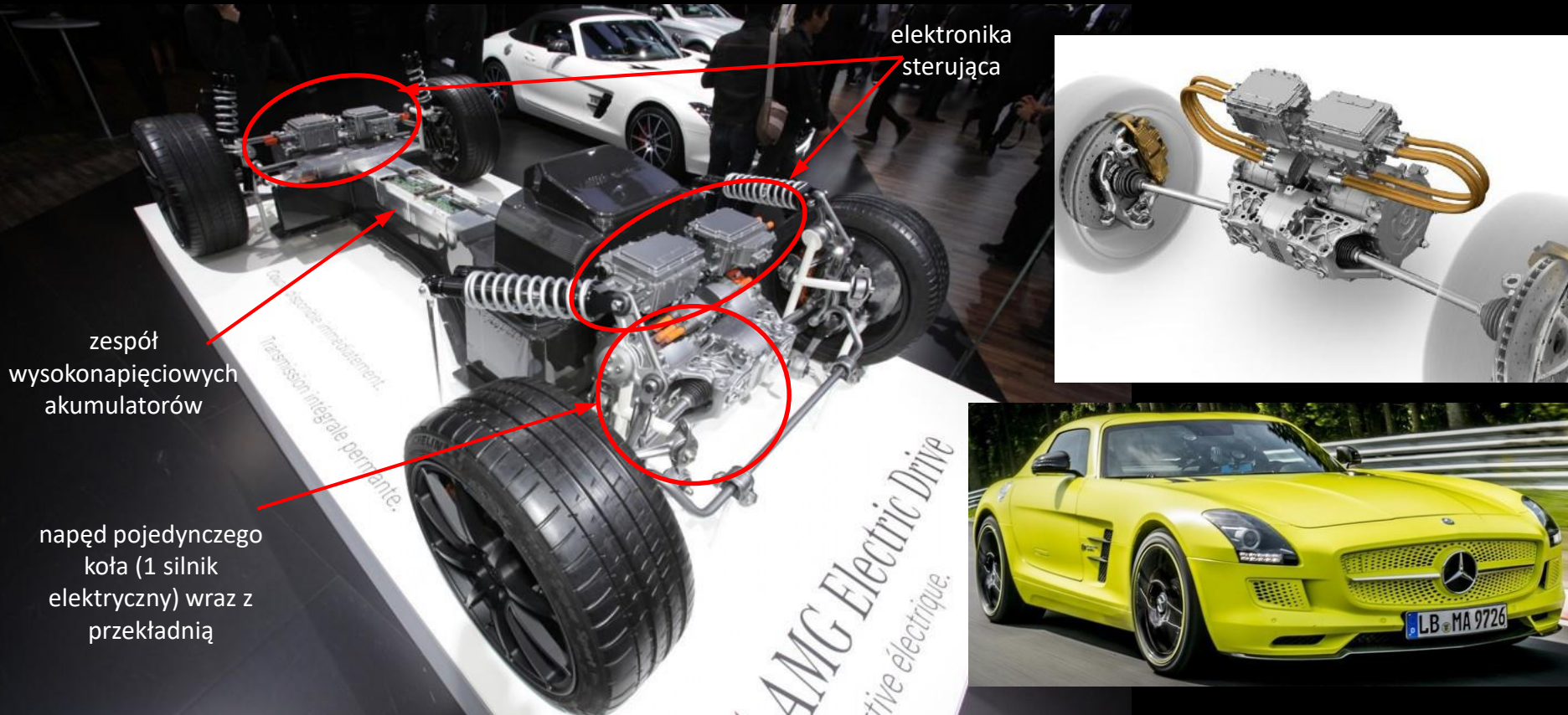
„Źródła napędu pojazdów samochodowych i ich charakterystyka”

1. Ogólna charakterystyka silnika spalinowego
2. Wskaźniki pracy silnika spalinowego
3. Dobór silnika i podstawowych parametrów pojazdu
4. Alternatywne źródła napędu pojazdów:
 - a) zasilanie wodorem,
 - b) napędy elektryczne,
 - c) napędy hybrydowe,
 - d) ogniwa paliwowe.

ŹRÓDŁA NAPĘDU POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH I ICH CHARAKTERYSTYKI

W przypadku pojazdów samochodowych najlepszym rozwiązaniem byłby napęd trwale połączony z kołami i jednocześnie pozwalający na zmianę prędkości – łącznie z ruszaniem – wyłącznie przez zmianę mocy.

Warunki te spełnia silnik elektryczny (również parowy):

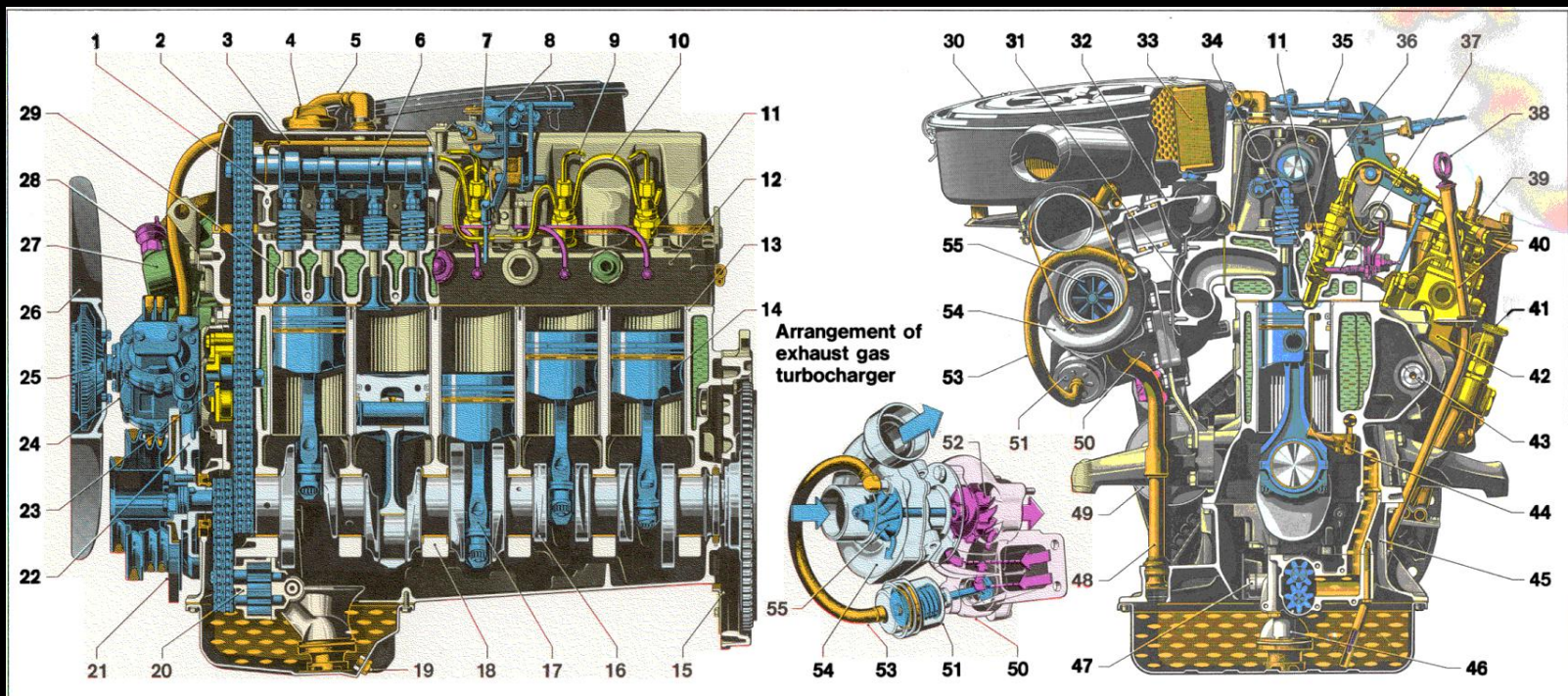


ŹRÓDŁA NAPĘDU POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH I ICH CHARAKTERYSTYKI

Najbardziej rozpowszechnione źródło napędu w pojazdach samochodowych to spalinowy silnik tłokowy.

Zyskał dużą popularność mimo wielu wad, takich jak:

- niska sprawność silnika ~30%,
- konieczność zamiany ruchu posuwisto- zwrotnego tłoka na ruch obrotowy wału i przeniesienie go na koła napędowe,
- brak możliwości uruchamiania silnika spalinowego bez pomocy zewnętrznego urządzenia,
- nie można go uruchomić pod obciążeniem,
- konieczna praca na biegu jałowym,
- do ruszania pojazdem konieczne jest sprzęgło, oraz przekładnia.



Silnik spalinowy musi dostarczyć odpowiednią moc i moment obrotowy, aby pokonać opory ruchu.

WSKAŹNIKI PRACY SILNIKA – są to wielkości liczbowe dotyczące charakterystycznych cech pracy silnika.

1. PRĘDKOŚĆ OBROTOWA

Oznacza liczbę obrotów wału korbowego silnika w jednostce czasu (najczęściej minuty)

W zależności od zakresu prędkości obrotowych silniki klasyfikuje się jako:

- wolnoobrotowe,
- średnioobrotowe,
- szybkoobrotowe.

Silniki samochodowe są najczęściej szybkoobrotowe

Generalna zasada:
im mniejsza pojemność skokowa cylindra, tym większa może być jego prędkość obrotowa, wynika to z wielkości mas wirujących i przemieszczających się w ruchu posuwisto-zwrotnym.

Zmniejszenie prędkości obrotowej to zmniejszenie mocy silnika przy tej samej pojemności skokowej (patrz wzór).

$$\longrightarrow N_S = M_S \cdot \omega$$

ZAKRESY PRĘDKOŚCI OBROTOWYCH SILNIKA

RODZAJ SILNIKA	WOLNOOBROTOWE	ŚREDNIOOBROTOWE	WYSOKOOBROTOWE
ZI	$n < 1000$ obr/min	$n = 1000 \div 2000$ obr/min	$n > 2800$ obr/min
ZS	$n < 240$ obr/min	$n = 240 \div 1200$ obr/min	$n > 1200$ obr/min

2. MOMENT OBROTOWY

Zgodnie z definicją moc silnika jest to iloraz pracy momentu obrotowego i jednostki czasu, w którym działa moment obrotowy.

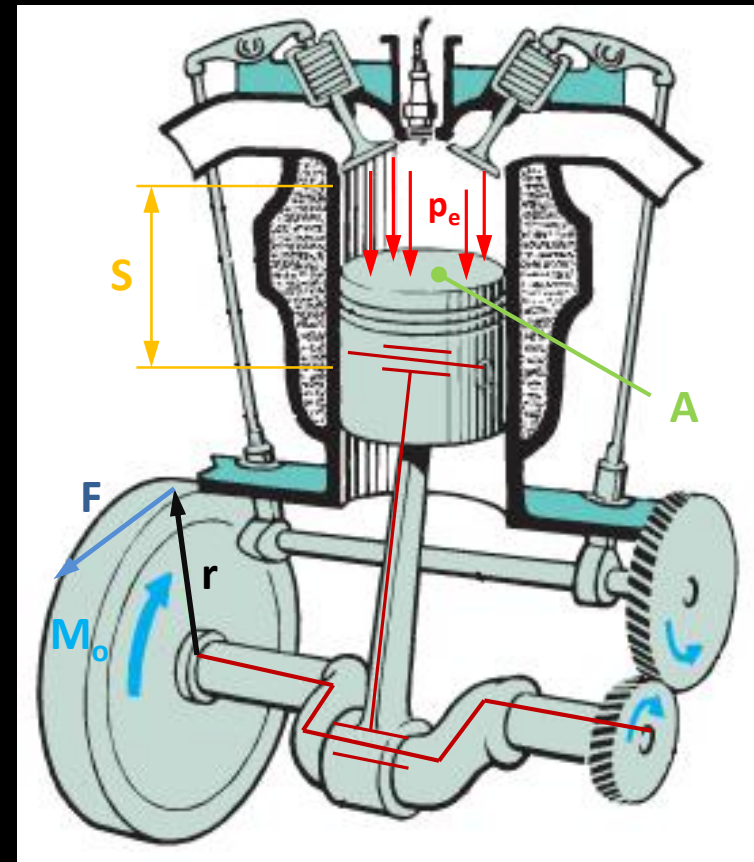
gdzie:

S – skok tłoka

A – pole powierzchni denka tłoka

F – siła styczna na kole zamachowym

p_e – średnie ciśnienie użyteczne



Moment obrotowy silnika:

$$M_O = F \cdot r$$

Praca użyteczna siły stycznej F w czasie pełnego cyklu pracy w silniku czterosuwowym:

$$L_e = F \cdot 2\pi r \cdot 2$$

Jest to praca siły stycznej F na obwodzie dwóch obwodów koła o promieniu r .

Siła wynosi:

$$F = \frac{M_O}{r}$$

Zatem:

$$L_e = M_O \cdot 4\pi$$

Dla dwusuwowego silnika:

$$L_e = F \cdot 2\pi r$$

3. INNE WSKAŹNIKI PRACY SILNIKA

SPRAWNOŚĆ

➤ teoretyczna

$$\eta_t = \frac{L_t}{Q_d}$$

➤ indykowana

$$\eta_i = \frac{L_i}{L_t}$$

➤ mechaniczna (z uwzględnieniem strat mechanicznych)

$$\eta_m = \frac{L_e}{L_i}$$

➤ ogólna

Określa efektywność wykorzystania dostarczanego ciepła do obiegu na pracę użyteczną wału korbowego silnika.

$$\eta_o = \frac{L_e}{Q_d}$$



$$\eta_o = \eta_t \cdot \eta_i \cdot \eta_m$$

ZAKRESY SPRAWNOŚCI SILNIKÓW ZI I ZS

Rodzaj silnika	Sprawność teoretyczna η_t	Sprawność cieplna η_c	Sprawność indykowana η_i	Sprawność mechaniczna η_m	Sprawność ogólna η_o
ZI	0,35÷0,45	0,25÷0,35	0,65÷0,78	0,75÷0,85	0,20÷0,32
ZS	0,50÷0,65	0,40÷0,55	0,75÷0,85	0,75÷0,80	0,28÷0,40

MOMENT OBROTOWY SILNIKA ZI I ZS

Różnica w przebiegu momentu obrotowego w silniku ZI i ZS jest odpowiedzialna za odmienne wrażenia z jazdy.

W silniku ZS moment obrotowy jest bardzo wysoki, ale w wąskim zakresie prędkości obrotowych.

W silniku ZI moment obrotowy jest niższy, ale również dostępny przy wyższych obrotach dlatego możemy dłużej przyspieszać na poszczególnych biegach.

DOBÓR SILNIKA I PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW POJAZDU

Od doboru silnika do pojazdu zależy jak samochód będzie spełniał swoje funkcje:

- zamontowanie silnika o zbyt małej mocy i momencie obrotowym
- montaż silnika o zbyt dużej mocy
- dobór silnika według badań prowadzonych przez ośrodki badawcze

Dobór silnika według obliczeń

zakładając maksymalną prędkość v_{\max}

znając współczynnik c_x i pole powierzchni czołowej A

...możemy obliczyć całkowitą siłę oporu ruchu przy maksymalnej prędkości (założonej):

$$F_{op} = F_t + F_p = m \cdot g \cdot f + 0,59 \cdot A \cdot c_x \cdot v^2$$

Obliczenie mocy, która jest konieczna do pokonania oporów:

$$P_{op} = F_{op} \cdot v$$

W obliczeniach należy uwzględnić straty mocy:

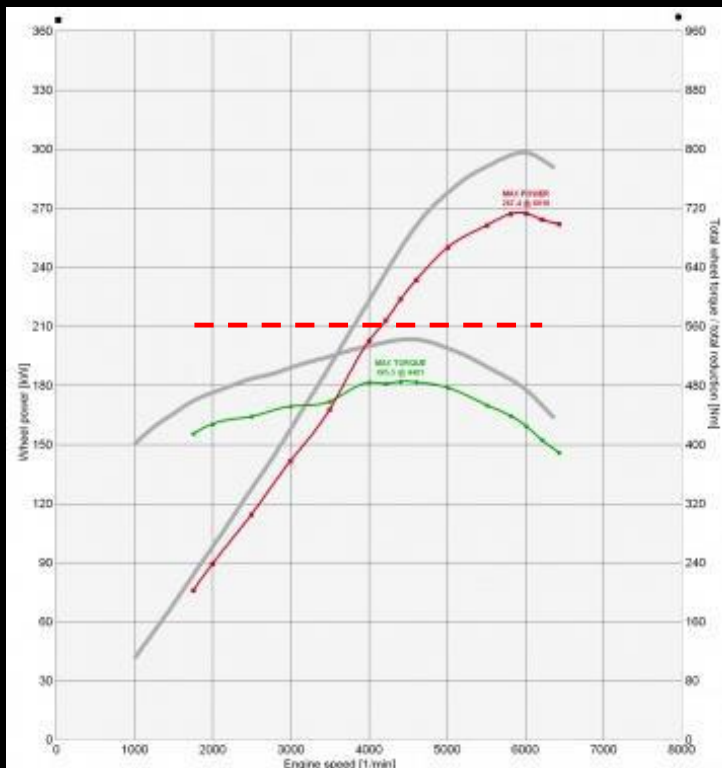
$$P_s = \frac{P_{op}}{\eta_m}$$

Tak dobrana moc zapewni jazdę samochodem z założoną prędkością maksymalną po płaskiej drodze.

RZECZYWISTY SILNIK SPALINOWY

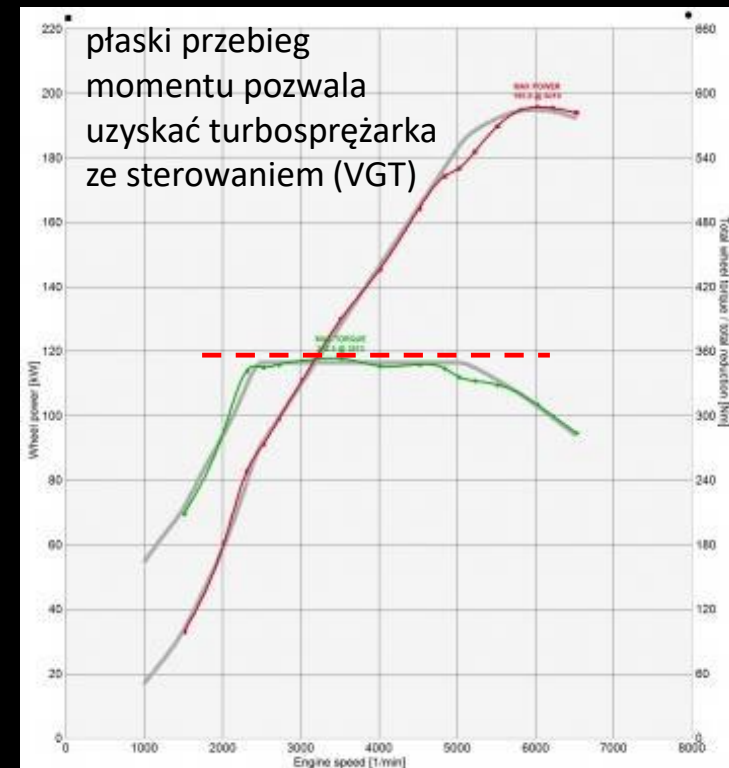
Rzeczywisty silnik spalinowy ma niekorzystny dla celów trakcyjnych przebieg momentu obrotowego co pozwala na obciążenie go tylko w pewnym (wąskim) zakresie prędkości obrotowych.

Aby zapewnić optymalne wykorzystanie silnika należy stosować w układzie napędowym skrzynię biegów, doładowanie silnika, zmienne fazy rozrządu.



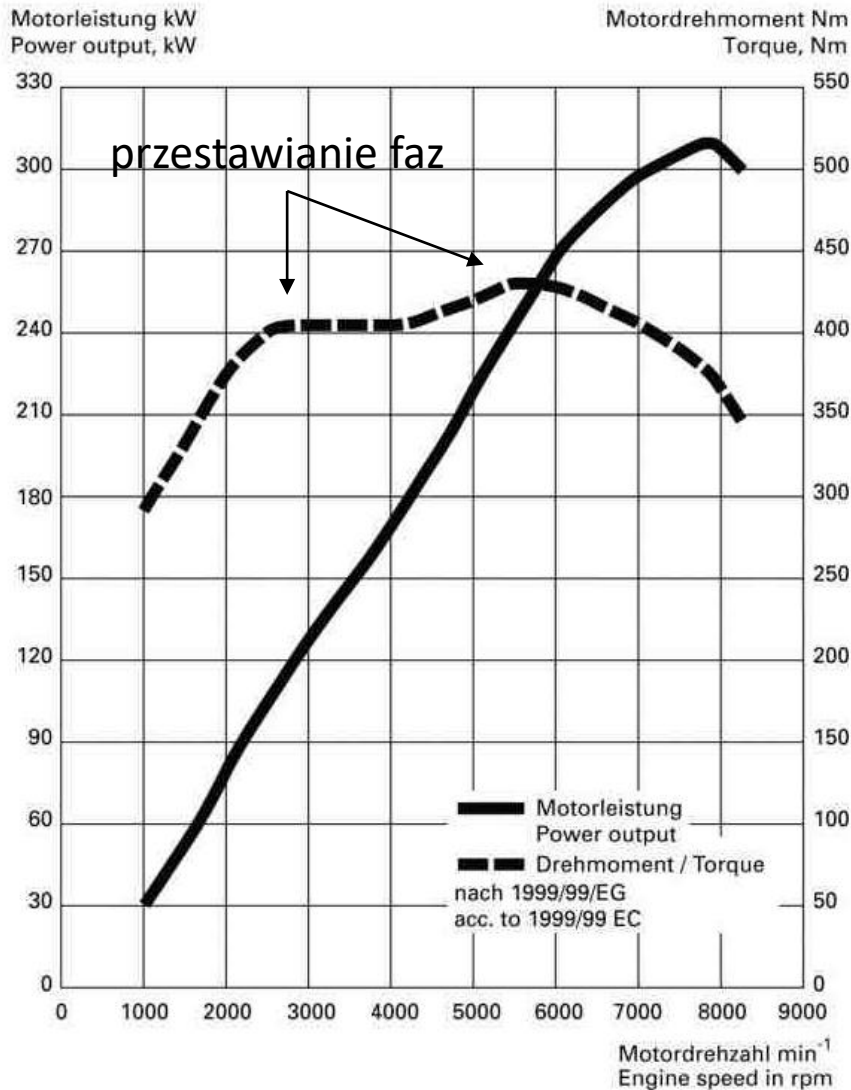
Chevrolet Corvette –
silnik wolnossący
o dużej pojemności
(247kW)

VW Scirocco – silnik
turbodoładowany
(195kW)



płaski przebieg
momentu pozwala
uzyskać turbosprężarkę
ze sterowaniem (VGT)

RZECZYWISTY SILNIK SPALINOWY



Typowy przebieg momentu dla silnika **ze zmiennymi fazami rozrzadu**

Audi RS4 V8-FSI-Motor

4.2 litre V8 FSI engine with FSI®- Fuel direct injection, **variable camshaft timing**, and chain driven camshafts

4,163 cm³

309 kW (420 PS) bei 7.800 min⁻¹

430 Nm bei 5.500 min⁻¹

4,163 cc

309 kW (420 bhp) at 7,800 rpm

430Nm at 5,500 min⁻¹

ALTERNATYWNE ŹRÓDŁA NAPĘDU SAMOCHODÓW

Wady silników spalinowych, ograniczone zasoby ropy naftowej, oraz szkodliwe oddziaływanie produktów spalania na środowisko są powodem ciągłego poszukiwania alternatywnych źródeł napędu pojazdów.

Najbardziej obiecującym paliwem jest **WODÓR**. Zakłada się że w 2020r. będzie on stanowił 15% paliwa używanego w pojazdach.

Zalety:

- nieograniczone zasoby,
- prawie brak szkodliwego oddziaływania na środowisko (produktem spalania jest para wodna i tlenki azotu NO_x – redukowane w reaktorze katalitycznym),
- niski koszt przystosowania obecnych silników ZI do zasilania wodorem.

Wady:

- skłonność do spalania stukowego,
- inicjowanie rozkładu środków smarnych,
- problem z przechowywaniem w stanie skroplonym.

Alternatywne wykorzystanie wodoru to zastosowanie go jako paliwo w ogniwach paliwowych...

ALTERNATYWNE ŹRÓDŁA NAPĘDU SAMOCHODÓW

Inne silniki cieplne, które próbowano zastosować do napędu pojazdów:

- silniki parowe,
- silniki gazowe zewnętrznego spalania,
- silniki turbosprężarkowe (turbiny),
- silniki o tłoku obrotowym (Wankla),
- napędy żyroskopowe,

oraz nadal testowane i coraz częściej stosowane w seryjnych pojazdach:

- napędy elektryczne,
- ogniwa paliwowe,
- napędy hybrydowe.

Napęd elektryczny jest doskonałym źródłem napędu pojazdów samochodowych.



Nissan Leaf



Renault Zoe



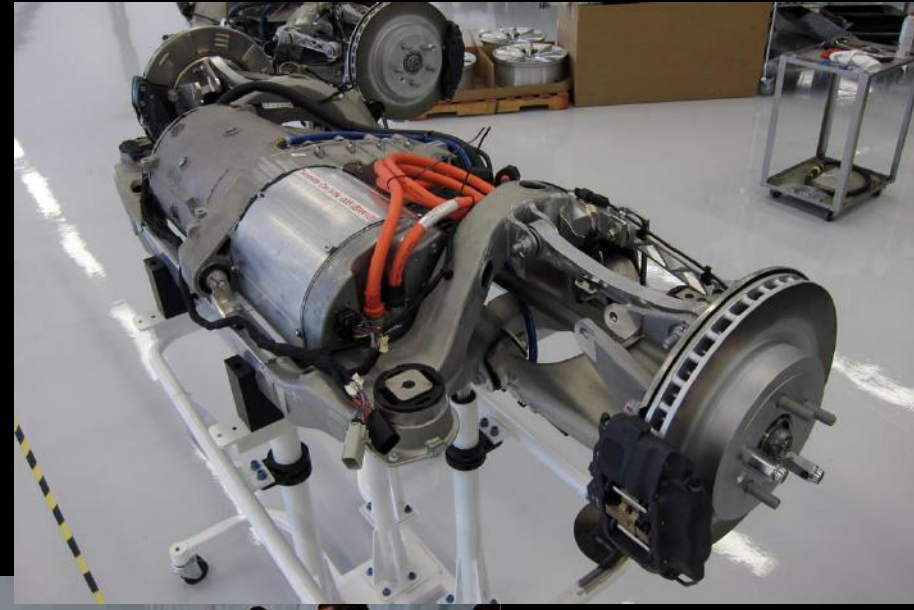
Citroen C0

Zalety:

- płynne ruszanie, nawet pod obciążeniem,
- od razu dostępny maksymalny moment obrotowy,
- brak skrzyni biegów – niewielka ilość ruchomych mechanizmów,
- nie emituje spalin.

Wady:

- mimo wielu badań wciąż brak dostatecznie wydajnego źródła energii elektrycznej...
- co skutkuje niewielkim zasięgiem.



Tesla Model S

Silniki o mocach:

238KM

306KM

367KM

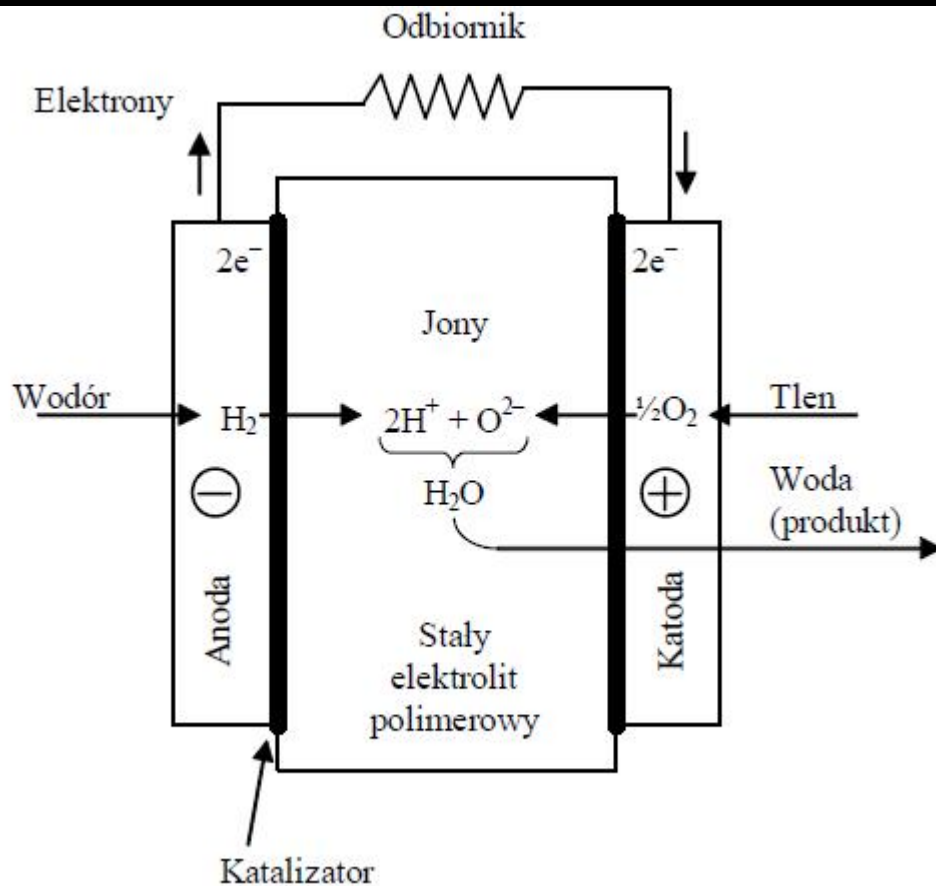
483KM





Urządzenia elektrochemiczne, które przekształcają energię paliwa bezpośrednio w energię elektryczną i ciepło.

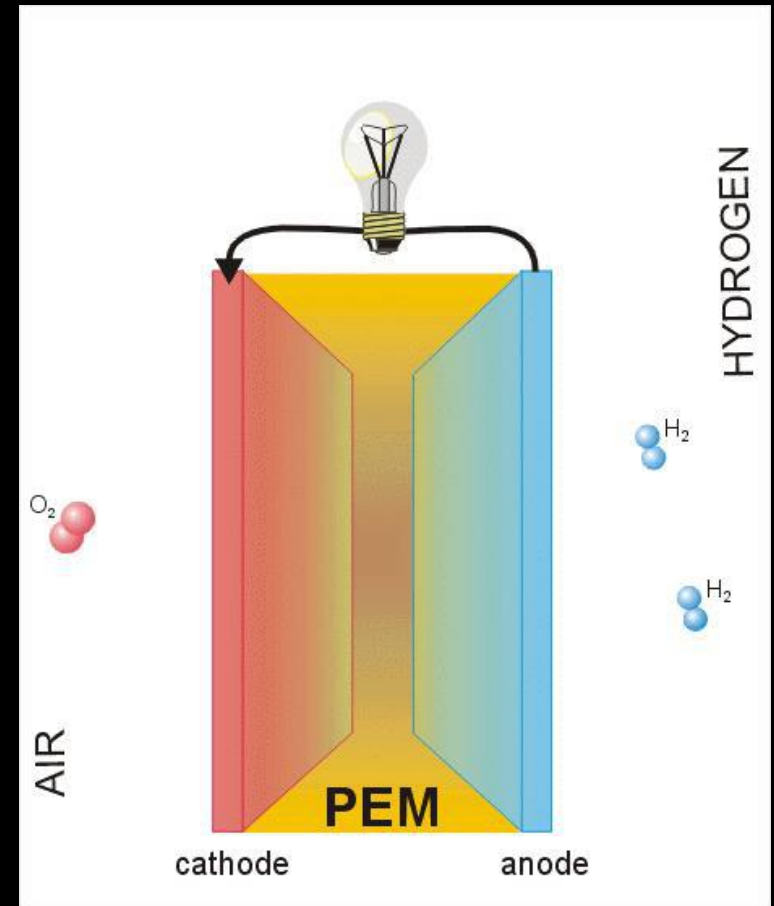
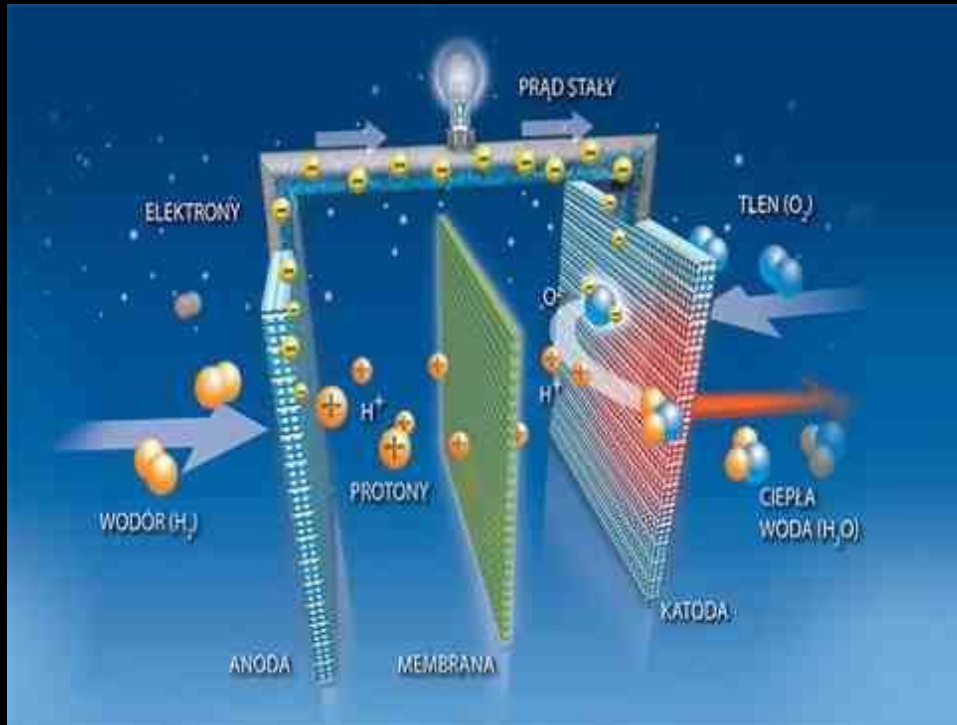
Istnieje wiele rodzajów ogniw paliwowych różniących się parametrami, jednak zasada działania pozostaje taka sama:



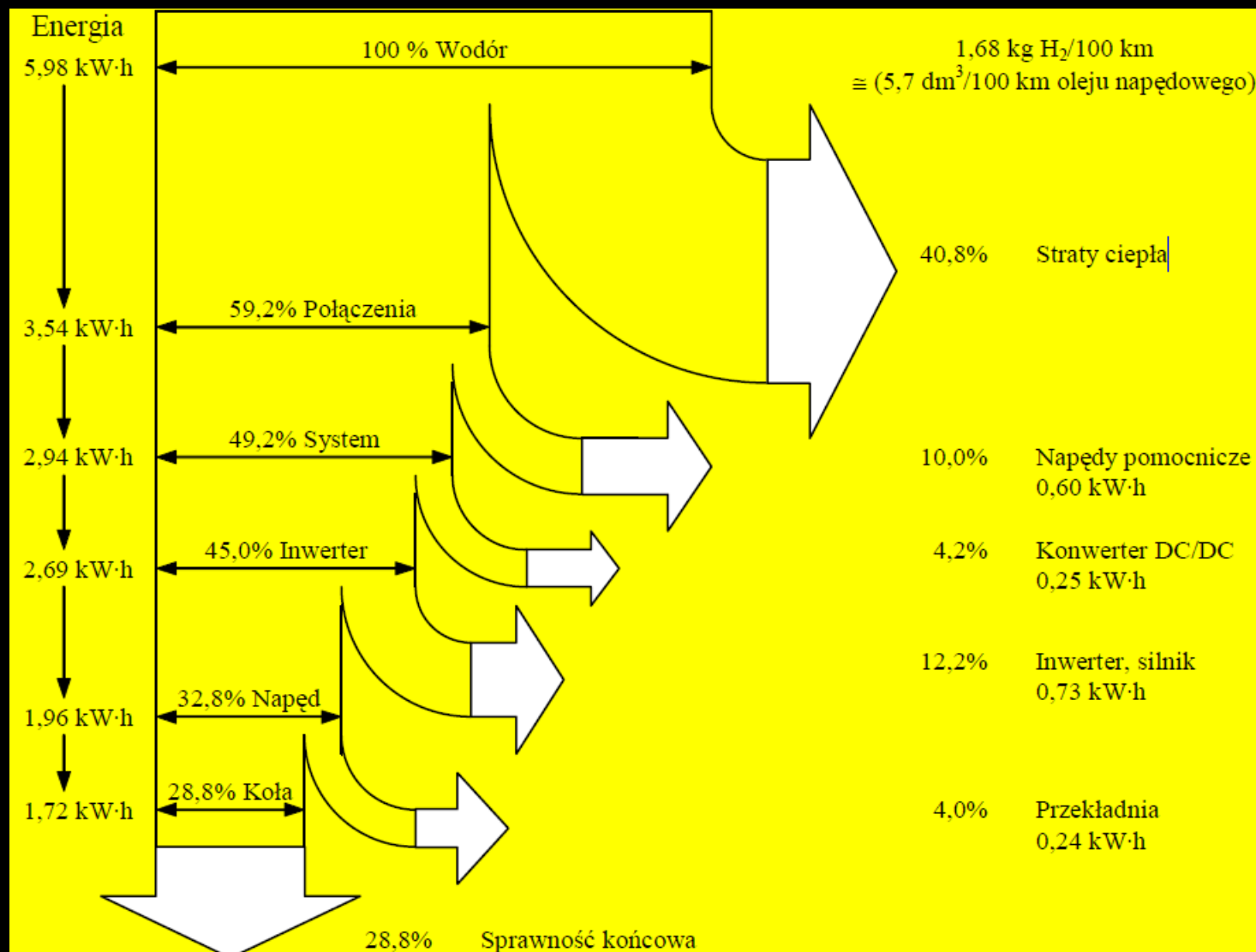
Ogniwo paliwowe zbudowane jest z dwóch elektrod: anody i katody, odseparowane poprzez elektrolit w formie stałej (lub płynnej).

Elektrolit umożliwia przepływ kationów, natomiast uniemożliwia przepływ elektronów. Reakcja chemiczna zachodząca w ogniwie polega na rozbiciu wodoru na proton i elektron na anodzie, a następnie połączeniu substratów na katodzie. Procesowi elektrochemicznemu towarzyszy przepływ elektronów z anody do katody.

Paliwo – wodor w stanie czystym lub mieszaninie z innymi gazami – w sposób ciągły jest dostarczane do anody, a utleniacz – tlen w stanie czystym, lub mieszaninie (powietrze) podawany w sposób ciągły do katody.



Bilans strat



Zalety ogniw paliwowych:

- brak ruchomych części, wysoka jakość dostarczanej energii,
- wysoka sprawność wynosząca nawet 50%, a w procesie kogeneracji, produkcji energii elektrycznej i ciepła osiągają nawet 85%,
- możliwość stosowania różnego rodzaju paliw (każde paliwo bogate w wodór),
- ilość produkowanych zanieczyszczeń jest śladowa.



Porównanie pierwszego pojazdu (1994r.) zasilanego ogniwami paliwowymi – NECAR 1 (z prawej) z najnowszym pojazdem NECAR F-Cell (od 2007r.) na bazie Mercedesa B-Klasy.

Postęp technologiczny:

- zmniejszenie wymiarów i masy napędu,
- zwiększenie mocy ogniw,
- zwiększenie zasięgu.

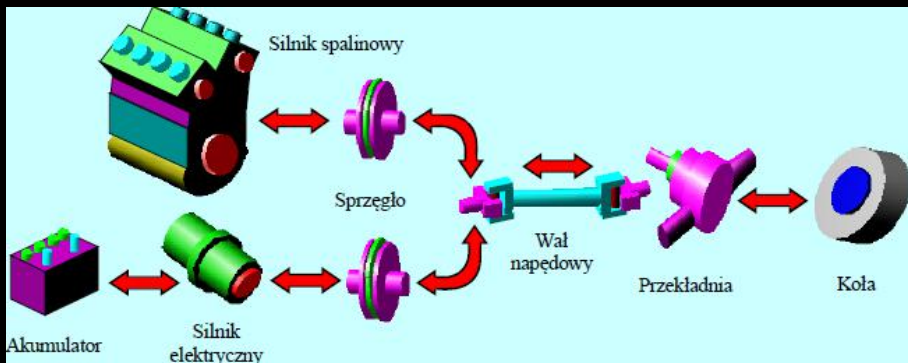


Napęd hybrydowy polega na połączeniu dwóch, lub więcej źródeł energii i napędu w zespoloną jednostkę napędową.

HYBRYDA RÓWNOLEGŁA

Część energii silnika spalinowego jest zamieniana na energię elektryczną, a część na mechaniczną bezpośrednio do kół jezdnych pojazdu.

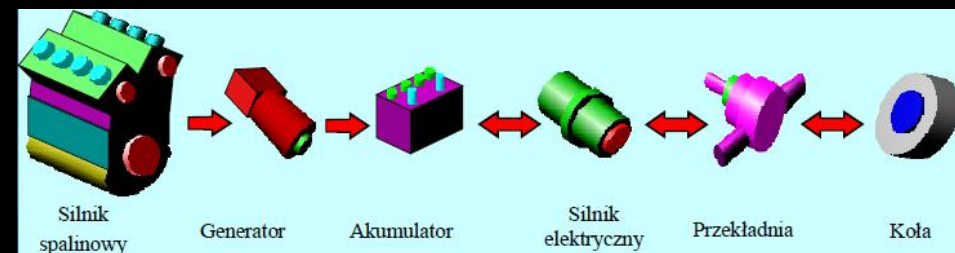
W niektórych typach równoległych układów napędowych jest przewidziane sprzęgło do rozłączania silników spalinowego i elektrycznego.

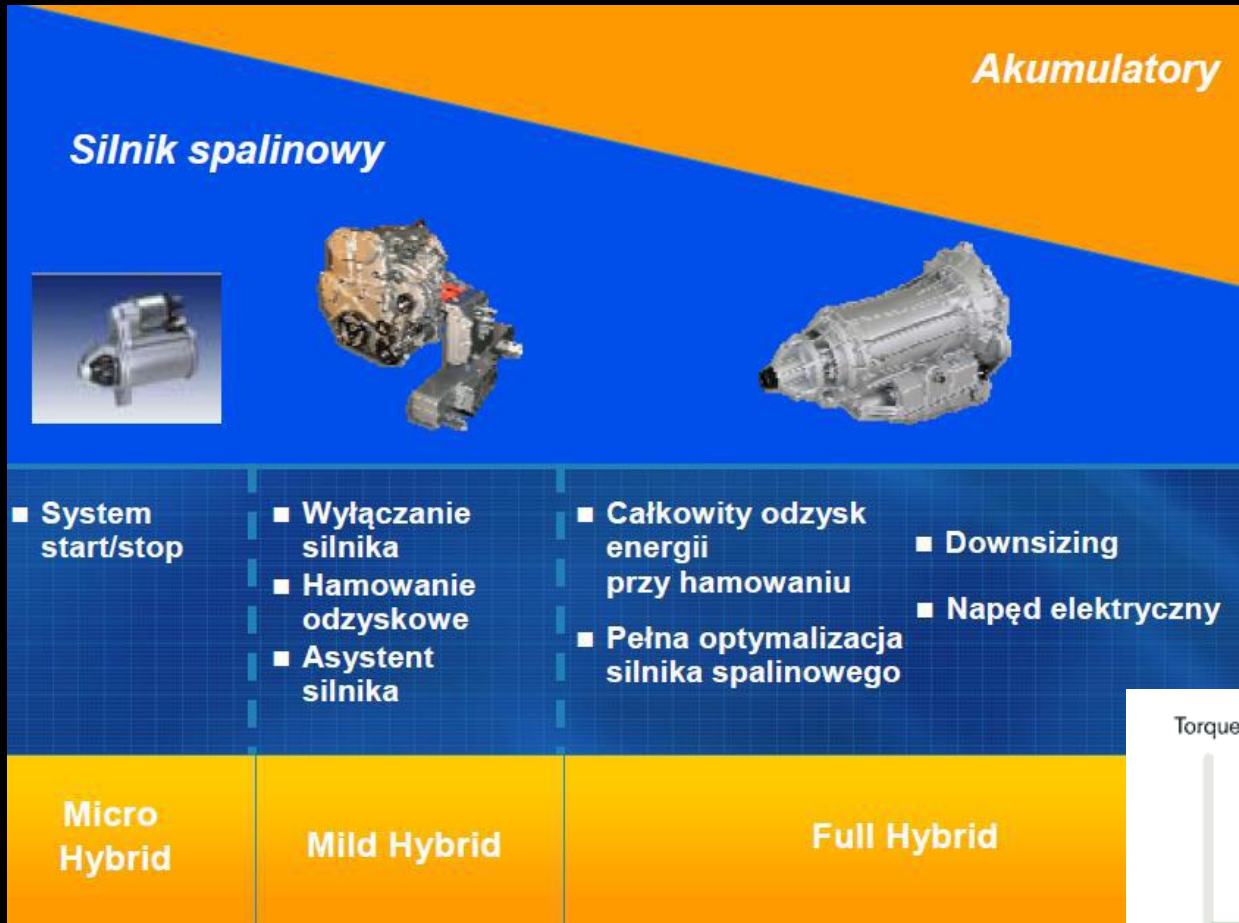


HYBRYDA SZEREGOWA

W układzie tym silnik spalinowy napędza generator prądu przemiennego lub stałego (przy zastosowaniu układu prostowników i falowników – przekształtników), który zasila elektryczny silnik napędowy połączony bezpośrednio bądź za pośrednictwem przekładni mechanicznej z kołami pojazdu.

W układzie istnieją dwa źródła energii: pierwotne i wtórne, które stanowi bateria akumulatorów elektrochemicznych.

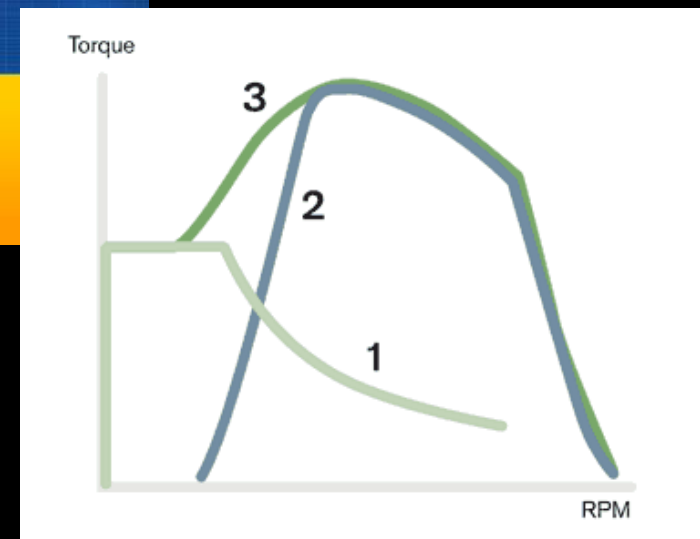




Podział pojazdów hybrydowych, wraz ze stosowanymi technologiami.

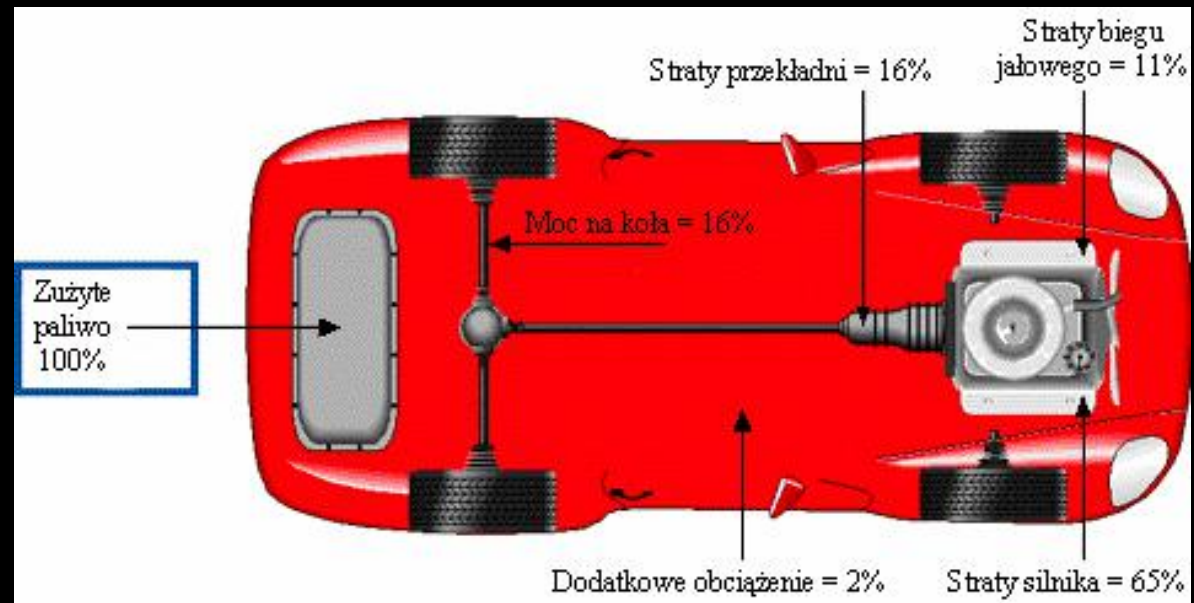
Przebieg momentu obrotowego w porównaniu z konwencjonalnym napędem silnikiem ZS:

- 1- silnik elektryczny
- 2- silnik wysokoprężny
- 3- napęd hybrydowy (wysoki moment od 0 obr/min)

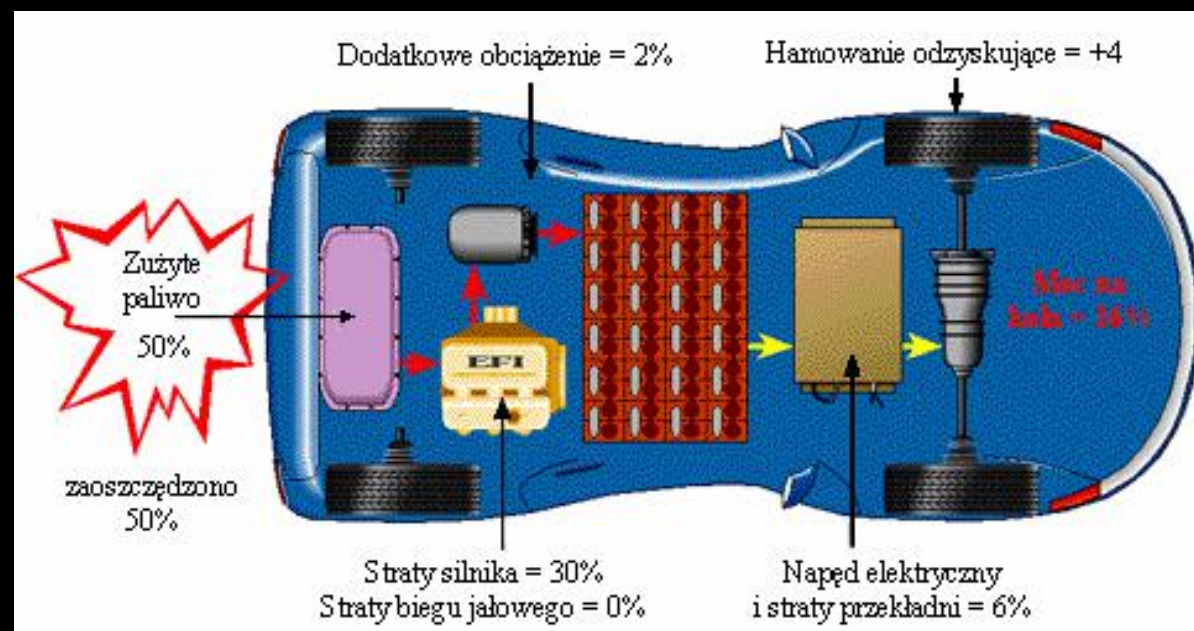


NAPĘD HYBRYDOWY

Bilans energii w pojeździe napędzanym klasycznie:

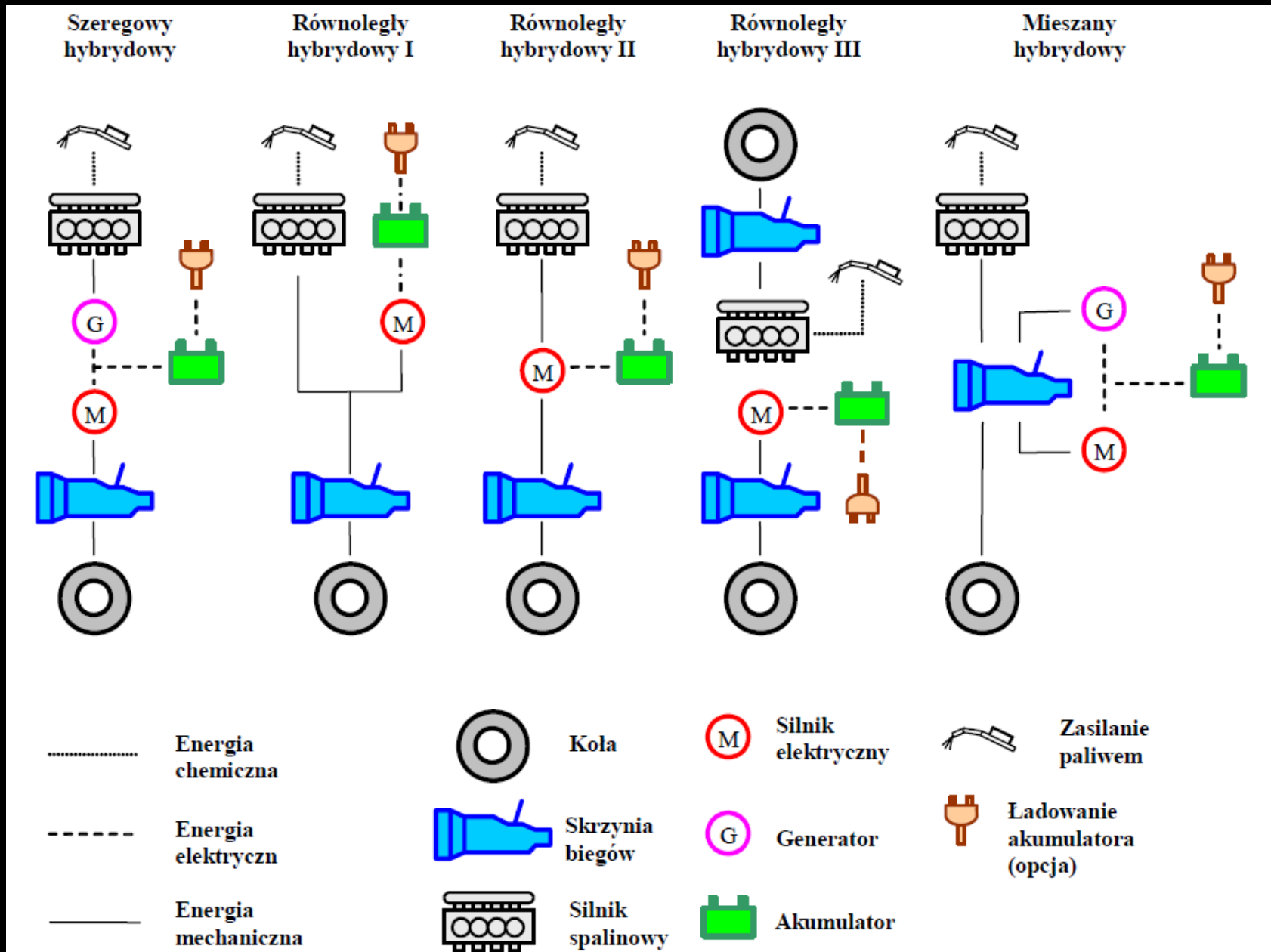


Bilans energii przykładowego pojazdu hybrydowego:



NAPĘD HYBRYDOWY

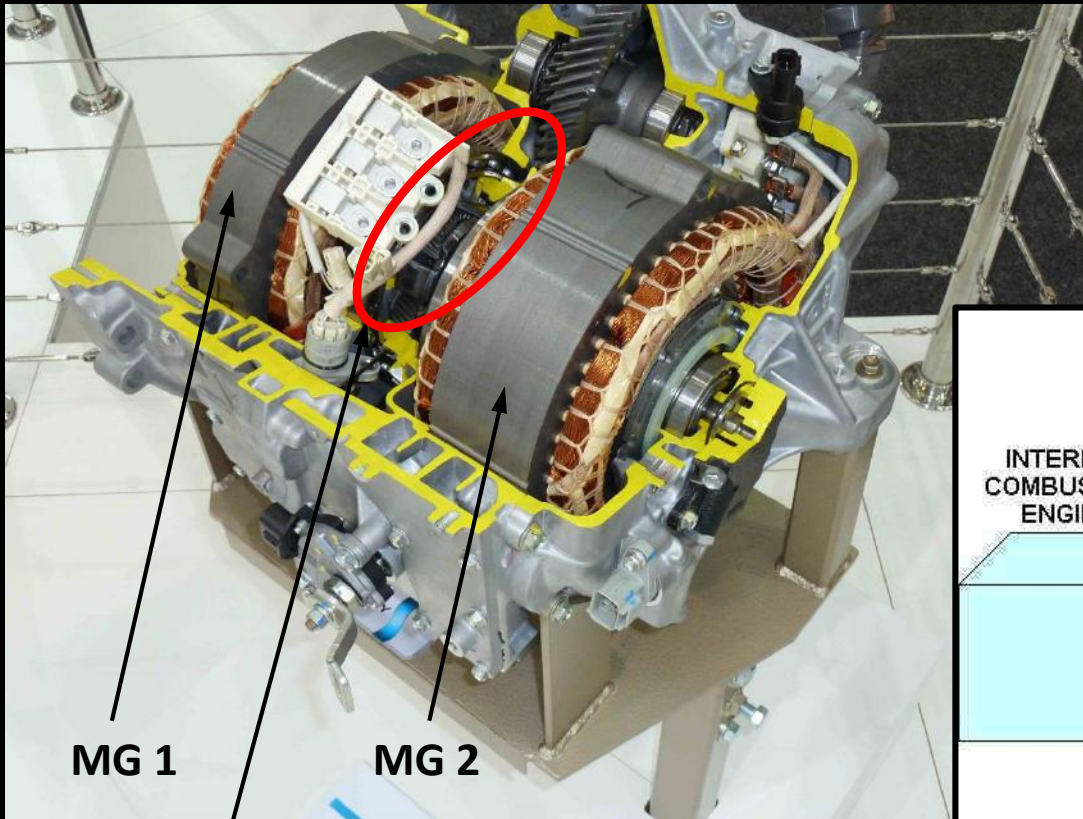
Konfiguracje napędów hybrydowych



Typ układu	Hybryda szeregową	Hybryda równoległa
Cechy	<ul style="list-style-type: none"> • Hybrydowy układ szeregowy – bardziej ekonomiczny, ale słabszy od układu równoległego. • Odległości (pierwotnie) najwyżej do 35 km. • Silnik spalinowy może pracować w węższym zakresie obrotów, dzięki czemu unika się szybkich zmian prędkości i obciążenia, a tym samym dodatkowej emisji szkodliwych spalin. • Zaletą hybrydy szeregowej jest jej zasięg – może być duży przy wyjątkowo małym zespole silnik – generator. 	<ul style="list-style-type: none"> • W układzie równoległym na koła można przenieść moment obrotowy silnika spalinowego i elektrycznego. • W układzie równoległym generator jest niepotrzebny, ponieważ jego funkcję pełni silnik elektryczny. • Pojazd może poruszać się, wykorzystując energię wyłącznie z akumulatorów (tryb pracy elektrycznej) lub wykorzystując jedynie silnik spalinowy, albo oba źródła jednocześnie.
Zalety	<ul style="list-style-type: none"> • silnik spalinowy pracuje w optymalnym zakresie nastaw, • silnik spalinowy nie pracuje na biegu jałowym, • niektóre rozwiązania szeregowy nie potrzebują przekładni mechanicznych. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nadaje się do jazdy na dłuższych trasach • Wykorzystywana gdy potrzebne są większe przyspieszenia pojazdu. • Lepiej sprawuje się przy pokonywaniu wzniesień.
Wady	<ul style="list-style-type: none"> • niska sprawność ogólna 	<ul style="list-style-type: none"> • Nie da się umieścić silnika spalinowego w dowolnym miejscu w samochodzie, ponieważ musi on być sprzęgnięty z układem napędowym. • Jeśli samochód porusza się, czerpiąc energię wyłącznie z akumulatorów, to nie mogą one być w tym czasie ładowane, (brak generatora).

W porównaniu z pojazdem o układzie szeregowym w samochodzie z zastosowanym układem równoległym występują następujące zalety: → pojazd posiada większą moc, ponieważ obydwa silniki mogą dostarczać energię jednocześnie, → nie jest konieczna zabudowa generatora do ładowania akumulatora, → wyższa sprawność energetyczna.

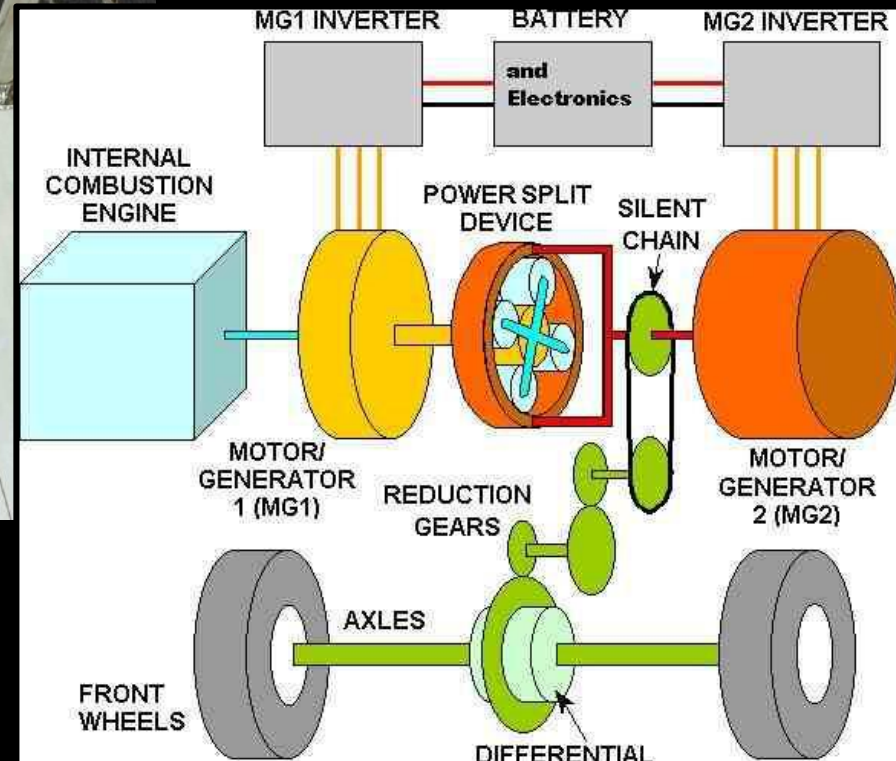
PRZYKŁAD – Toyota Prius III gen. (2010)



MG 1

MG 2

przekładnia planetarna



Dziękuję za uwagę