

LABORATORIUM TECHNOLOGII NAPRAW



**MONTAŻ SILNIKA SPALINOWEGO,
DIAGNOZOWANIE SILNIKA PO NAPRAWIE**

1. Cel ćwiczenia: Dokonać montażu silnika spalinowego i zweryfikować jakość naprawy podczas diagnozowania silnika na hamowni silnikowej
W wyniku opanowania treści ćwiczenia student potrafi:
 - dokonać prawidłowego montażu silnika spalinowego,
 - wykonać prawidłowo montaż silnika na hamowni silnikowej i dokonać diagnozowania silnika podczas jego hamowania,
 - prawidłowo zinterpretować podstawowe wyniki z hamowania silnika i przestawić je w formie charakterystyk tłokowych silników spalinowych.

2. Wiadomości podstawowe

Wykreślne przedstawienie jednego lub kilku wskaźników pracy silnika w funkcji innego wskaźnika bądź czynnika wpływającego na pracę silnika nazywa się charakterystyką silnika.

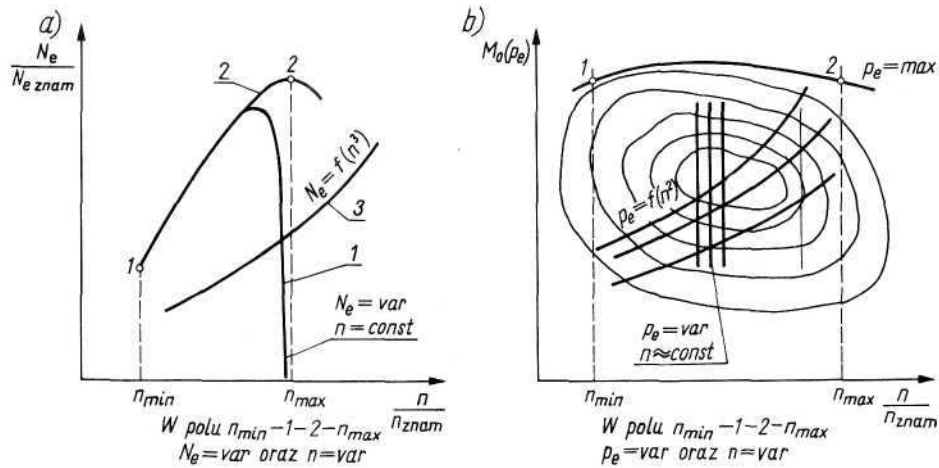
Charakterystyki służą do oceny niektórych własności silnika w całym zakresie jego pracy, a ponadto ułatwiają prawidłowy dobór silnika do określonego odbiornika. Podstawę sporządzenia charakterystyki stanowi pomiar, ale przybliżony przebieg charakterystyki można również obliczyć.

Warunki współpracy silnika z odbiornikiem mocy

W zależności od charakterystyki momentu oporowego odbiornika mocy, silnik tłokowy pracuje w różnych warunkach. Ponieważ prawidłowa współpraca silnika z odbiornikiem stanowi podstawowy warunek przydatności silnika, sporządza się wykresy charakterystyk silnika, na które nanosi się charakterystyki odbiornika. Tak sporządzone wykresy umożliwiają analizę współpracy i ustalenie optymalnych warunków regulacji silnika.

Ze względu na pobór mocy przez odbiornik rozróżnia się trzy podstawowe postacie współpracy przedstawione na rys.1. Na rysunku tym współrzędne stanowią stosunki mocy użytecznej do mocy znamionowej oraz prędkości obrotowej silnika do prędkości obrotowej znamionowej. Silnik przemysłowy, napędzający np. prądnicę prądu zmiennego, pracuje przy stałej prędkości obrotowej, a więc na rys.1 odpowiada to linii pionowej 1 wystawionej z osi odciętych w punkcie $n/n_{z\text{nam}} = 1$. Silnik przy stałej (w wąskich granicach wyznaczonych przez regulator zmiennej) prędkości obrotowej pracuje ze zmiennym obciążeniem, które oczywiście nie może przekroczyć wartości stosunku $N_e/N_{e,\text{nam}} = 1$. Współpraca silnika z określoną prądnicą nie może odbywać się przy innej prędkości obrotowej. Warunki pracy tego typu silnika można więc wykreślić następująco: $N_e = \text{var}, n = \text{const}$.

Silnik trakcyjny, napędzający np. samochód lub ciągnik, może współpracować z odbiornikiem w zakresie całego pola zawartego poniżej linii charakterystyki tego silnika.



Rys.1. Warunki współpracy silników z odbiornikami mocy o różnym przeznaczeniu: a) na charakterystyce prędkościowej, b) na charakterystyce uniwersalnej

Ograniczeniami tej współpracy są: linia charakterystyki eksploatacyjnej (linia 2) oraz prędkości obrotowe najmniejsza (n_{\min}) i znamionowa (n_{znam}) lub maksymalna (n_{\max}). Każdy punkt tego pola może być stanem pracy silnika napędzającego pojazd. A zatem warunki pracy tego typu silnika można określić następująco: $N_e = \text{var}$ oraz niezależnie $n = \text{var}$.

Silnik napędzający śrubę okrętową (lub śmigło samolotu), obracającą się w ośrodku o stałej bądź prawie stałej gęstości, pracuje wg charakterystyki stanowiącej parabolę trzeciego stopnia — linia 3 (rys.1). Wynika to z charakterystyki śruby, której moc pobierana jest funkcją prędkości obrotowej w trzeciej potęgze. Oczywiście charakterystyka współpracy musi leżeć poniżej charakterystyki silnika, tzn. w polu jego charakterystyki. W przypadku gdyby charakterystyka śruby przekroczyła charakterystykę silnika, to powstałyby warunki, w których ta współpraca byłaby niemożliwa. A zatem warunki pracy tego typu silnika można określić następująco: $N_e = f(n^3)$. Nie ma tu możliwości zmiany mocy bez zmiany prędkości obrotowej, bądź zmiany prędkości obrotowej bez zmiany obciążenia silnika. Obie wielkości są ze sobą ściśle związane zależnością

$$N_e = kn^3$$

Jak widać z przytoczonych przykładów, warunki współpracy silnika z odbiornikiem wywierają istotny wpływ na dobór silnika do odbiornika, a przedstawione charakterystyki silników dobór ten mogą w istotny sposób ułatwić.

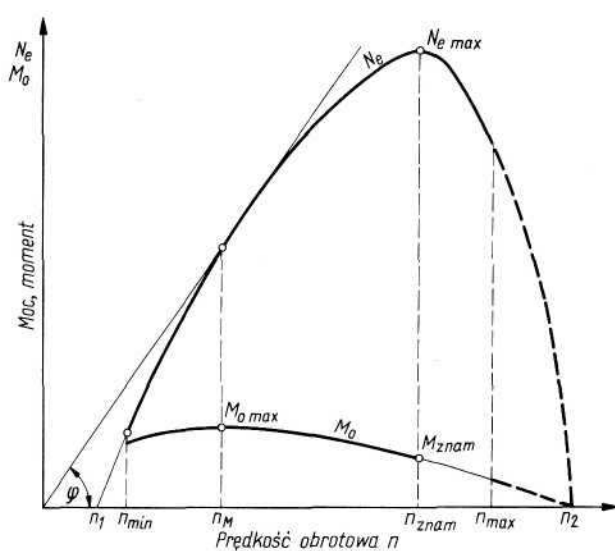
Podstawowymi typami charakterystyk są:

- 1) charakterystyki w funkcji prędkości obrotowej silnika, tzw. charakterystyki prędkościowe,
- 2) charakterystyki w funkcji obciążenia silnika, tzw. charakterystyki obciążeniowe,
- 3) charakterystyki uniwersalne,

4) charakterystyki regulacyjne, tzn. sporządzone w funkcji wielkości podlegającej regulacji w silniku.

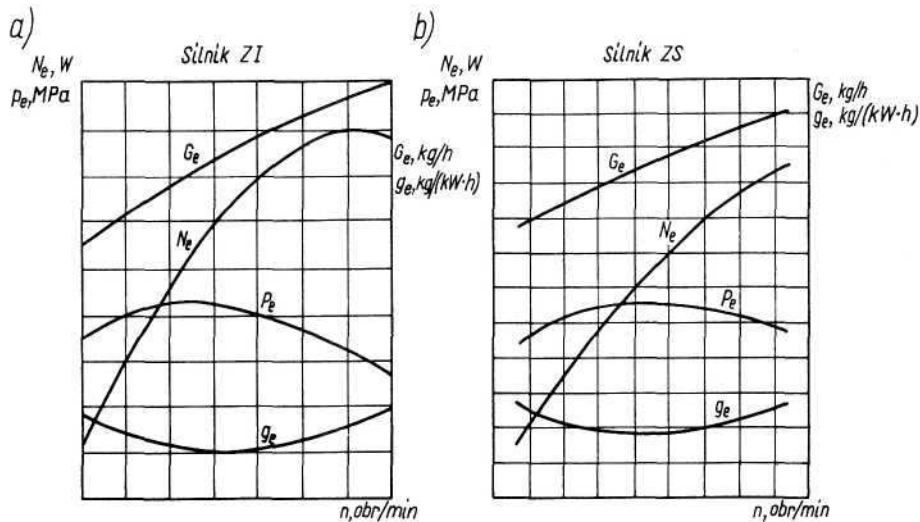
Charakterystyka prędkościowa przedstawia przede wszystkim zależność mocy, a ponadto często momentu obrotowego, średniego ciśnienia użytecznego oraz jednostkowego zużycia paliwa — w funkcji prędkości obrotowej. W zależności od sposobu regulacji układów zasilających rozróżnia się charakterystyki bezwzględne (mocy maksymalnej), charakterystyki granicy dymienia, charakterystyki eksploatacyjne, charakterystyki mocy dławionych.

Na rys.2 przedstawiono schemat charakterystyki prędkościowej. Poszczególne prędkości obrotowe oznaczają: n_1 — prędkość obrotowa, przy której silnik zostaje uruchomiony, n_{\min} — minimalna prędkość obrotowa, przy której silnik samodzielnie i równomiernie (pewnie) pracuje, n_{\max} - dopuszczalna prędkość obrotowa, n_{znam} — znamionowa prędkość obrotowa, n_2 — prędkość obrotowa, dla której moc silnika jest równa zero (straty napełniania oraz opory własne silnika powodują spadek mocy do zera), n_M — prędkość obrotowa największego momentu. Jest oczywiste, że



Rys.2. Schemat charakterystyki prędkościowej

Ponieważ konstruktora i użytkownika interesuje — ze względu na możliwość praktycznego wykorzystania silnika — tylko zakres od n_{\min} do n_{\max} , dlatego też charakterystyki prędkościowe są zwykle przedstawione tylko w zakresie tych właśnie prędkości. Typowe charakterystyki prędkościowe silników o zapłonie iskrowym i o zapłonie samoczynnym przedstawiono na rys.3.



Rys.3. Charakterystyki prędkościowe: a) silnika ZI, b) silnika ZS

Wyjaśnienia przebiegu krzywej $N_e = f(n)$ należy się doszukiwać w przebiegu krzywej $p_e = f(n)$. Można tę ostatnią zależność wyprowadzić i w postaci ogólnej otrzymuje się

$$p_e = c\eta_v \frac{\eta_c}{\lambda} \eta_m$$

Na rys.4 przedstawiono z kolei przebieg poszczególnych składników tego wzoru w funkcji prędkości obrotowej, przy czym c jest wartością stałą dla określonego silnika. Z przebiegu składników widać, że ich iloczyn dla pewnego zakresu prędkości obrotowej będzie wzrastał do wartości największej, a następnie zacznie maleć.

Stąd już łatwo przejść do wyjaśnienia przebiegu funkcji $N_e = f(n)$. Bowiem

$$N_e = p_e V_s n i \tau = V_s i c \eta_v \frac{\eta_c}{\lambda} \eta_m n = k \eta_v \frac{\eta_c}{\lambda} \eta_m n$$

Wynika więc, że moc konkretnego silnika zwiększa się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej dopóty, dopóki wpływ zwiększania prędkości obrotowej jest większy niż wpływ spadku wartości p_e .

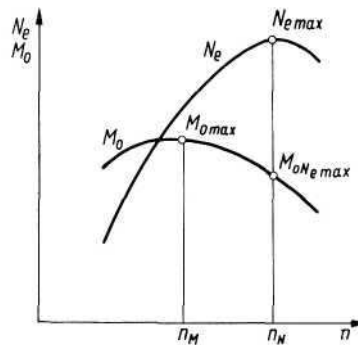
Na tle tych wyjaśnień warto jeszcze zwrócić uwagę na różnice w przebiegu krzywych $N_e = f(n)$ dla silników ZI i ZS (rys.3). Większa wypukłość linii N_e dla silników o ZI jest spowodowana względnie prędzej rosnącymi oporami przepływu w układzie dolotowym tego typu silnika. Ponadto bardziej płaski przebieg charakterystyki silnika ZS jest spowodowany pewną właściwością najczęściej stosowanych pomp wtryskowych.

Z przebiegu krzywych $N_e = f(n)$ i $M_o = f(n)$ ustala się pewną właściwość silnika nazywaną elastycznością momentu silnika (rys.5).

Wskaźnik elastyczności momentu stanowi stosunek największego momentu obrotowego $M_{o_{max}}$ momentu obrotowego $M_{o_{N_e_{max}}}$, odpowiadającego największej

mocy silnika $N_{e\ max}$, a zatem

$$e_M = \frac{M_{o\ max}}{M_{oN_{e\ max}}}$$



Rys.5. Oznaczenia do obliczenie elastyczności momentu silnika

Przeciętne wartości elastyczności (momentu) wynoszą:

- dla silników $ZI_{eM} = 1,1-1,3$,
- dla silników $ZS_{eM} = 1,05-1,15$.

Elastyczność stanowi cenną cechę szczególnie dla silników przeznaczonych do trakcji, ponieważ wskazuje na zdolność samoczynnego pokonywania pewnego wzrostu momentu oporowego bez konieczności przełączania napędu na przekładnię o większym przełożeniu. A więc silniki o dużym wskaźniku elastyczności są wygodniejsze w eksploatacji, ponieważ nie wymagają ciągłego obsługiwania przekładni.

3. Literatura

- Instrukcja naprawy STAR 266,
- Instrukcje naprawy samochodów osobowych,
- Fied M.; Technologia budowy maszyn – PWN, Warszawa 1980,
- Kozarzewski W.; Konstrukcja grupy tłokowo-cylindrowej silników spalinowych, WKŁ, Warszawa 2004 r.
- Studziński K.; Samochód – teoria, konstrukcja i obliczenia – WKŁ, Warszawa 1980
- Uzdowski M., Bramek K., Garczyński K.; Eksploatacja techniczna i naprawa – WKŁ, Warszawa 2003
- Wajand J., Wajand T.; Tłokowe silniki spalinowe średnio- i szybkoobrotowe, WNT, Warszawa 2000 r.

4. Pytania i zagadnienia sprawdzające:

- Kolejność montażu silnika spalinowego
- Wskaźniki operacyjne pracy silnika spalinowego
- Wskaźniki porównawcze silnika spalinowego
- Bilans energetyczny (cieplny) silnika
- Wskaźniki zagrożenia środowiska naturalnego
- Charakterystyki tłokowych silników spalinowych

5. Przebieg ćwiczenia

- a) Prowadzący przedstawia problemy związane z montażem i diagnozowaniem silników spalinowych na hamowni silnikowej
- b) Wskazani słuchacze przez prowadzącego rozwiązują problem.

6. Uwagi i wnioski: