

PARAMETRY PRACY SILNIKA

Parametry pracy silnika

- a) średnie ciśnienie obiegu
- b) prędkość obrotowa
- c) moment obrotowy
- d) moc silnika
- e) sprawność
- f) zużycie paliwa

Średnie ciśnienie obiegu

◎ średnie ciśnienie indykowane

- wielkość obliczeniowa charakteryzująca rzeczywisty obieg silnika

◎ średnie ciśnienie użyteczne

- charakteryzuje zdolność do wykonania pracy użytecznej przez silnik

Średnie ciśnienie indykowane

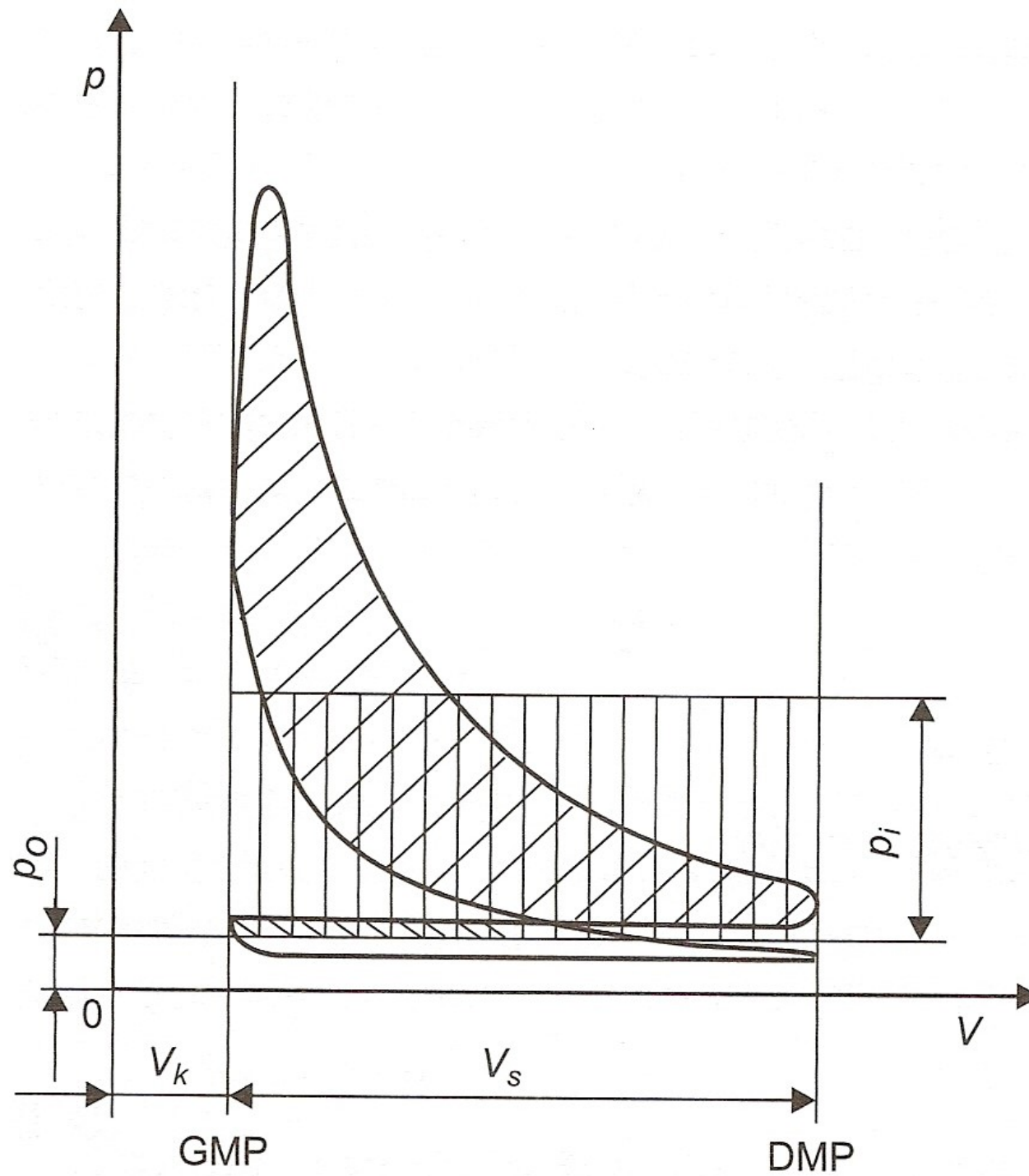
- stałe ciśnienie, które działając na tłok w czasie jednego suwu pracy wykona taką samą pracę, jak zmienne ciśnienie w cylindrze w czasie całego obiegu

$$p_i = \frac{L_i}{V_{ss}}$$

L_i – praca indykowana

V_{ss} – objętość skokowa silnika

- praca indykowana uzyskana z jednostki objętości skokowej silnika



Straty oporów mechanicznych

a) straty tarcia wewnętrznego silnika

– zależą od prędkości obrotowej i obciążenia silnika

- tarcia tłoka i pierścieni o gładź cylindrów
- tarcia czopów głównych i korbowych w łożyskach

b) straty związane z napędem

– zależą tylko od prędkości obrotowej silnika

- rozrządu
- pompy wtryskowej
- wentylatora lub dmuchawy
- pompy cieczy chłodzącej
- pompy oleju
- innego osprzętu silnika

Średnie ciśnienie użyteczne

- obliczeniowe ciśnienie gazów działających na tłok, które zachowując stałą wartość podczas całego suwu rozprężania, wykonałoby pracę równą pracy użytecznej jednego obiegu

$$p_e = \frac{L_e}{V_{ss}}$$

L_e – praca użyteczna

- pracę użyteczną (efektywną) określa się na kole zamachowym silnika

Średnie ciśnienie użyteczne

$$p_e = p_i \cdot \eta_m$$

η_m – sprawność mechaniczna

$p_e = 0,8-1,2$ MPa – silniki ZI niedoładowane

$p_e = 1,2-1,6$ MPa – silniki ZI doładowane

$p_e = 1,0-1,4$ MPa – silniki ZS doładowane

Prędkość obrotowa – n

➤ liczba obrotów wału korbowego silnika w jednostce czasu

a) prędkość obrotowa biegu jałowego

$$n = 600-900 \text{ obr/min}$$

b) maksymalna prędkość obrotowa

– silniki ZI

$$n = 5000-6000 \text{ obr/min}$$

– silniki ZS z wtryskiem bezpośrednim w samochodach osobowych

$$n = 4000-4500 \text{ obr/min}$$

– silniki ZS w samochodach ciężarowych

$$n = 1800-2500 \text{ obr/min}$$

Trudności w uzyskaniu dużej prędkości obrotowej

- a) większe siły bezwładności w układzie korbowym i układzie rozrządu
- b) większe opory przepływu w układzie dolotowym (mniejszy współczynnik napełnienia cylindrów)
- c) krótszy czas na wytworzenie mieszanki palnej i jej spalanie

Inne prędkości

a) prędkość kątowna [rad/s]

$$\omega = 2\pi \cdot n$$

b) średnia prędkość tłoka [m/s]

$$c_{\dot{sr}} = 2S \cdot n$$

➤ silniki ZI – $c_{\dot{sr}} = 12-18 \text{ m/s}$

➤ silniki ZS – $c_{\dot{sr}} = 9-13 \text{ m/s}$

Moment obrotowy

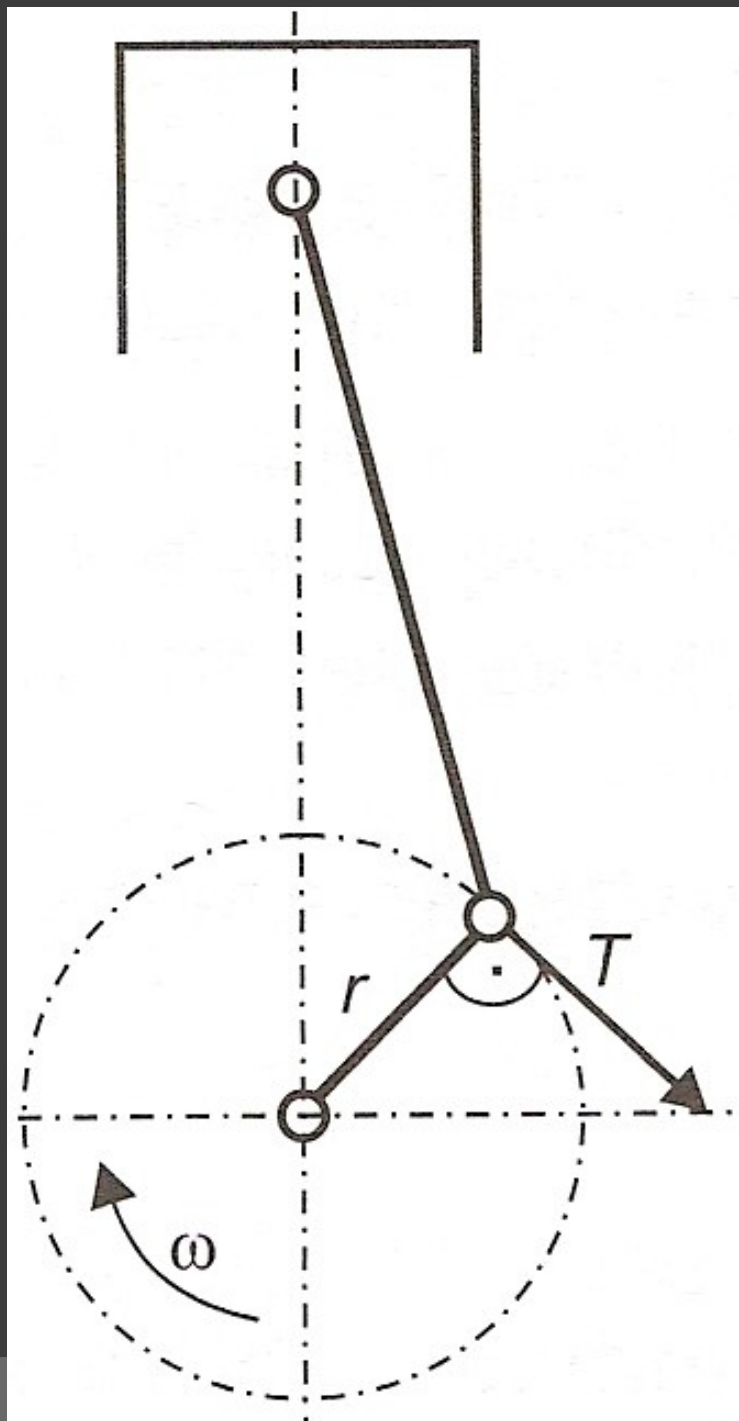
$$M_o = T \cdot r \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

T – styczna siła działająca w układzie korbowym [N]

r – ramię wykorbienia wału korbowego [m]

➤ średnia wartość maksymalnego momentu obrotowego przypadającego na 1 dm³

- silniki ZI – 80-100 (Nm)/dm³
- silniki ZS – 120-180 (Nm)/dm³



Moc silnika

a) moc indykowana

$$N_i = \frac{p_i \cdot V_{ss} \cdot n}{\tau} [kW]$$

τ – współczynnik uwzględniający liczbę suwów silnika na jeden jego obieg

$\tau = 2$ – dla silnika czterosuwowego

$\tau = 1$ – dla silnika dwusuwowego

Moc silnika

b) moc efektywna (użyteczna)

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_{ss} \cdot n}{\tau} [kW]$$

$$N_e = M_o \cdot 2\pi \cdot n$$

$$N_e = M_o \cdot \omega$$

Jednostki mocy

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ KM}$$

$$1 \text{ KM} = 0,736 \text{ kW}$$

Sprawności silnika

a) sprawność teoretyczna

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

L_t – praca teoretyczna

Q – ciepło dostarczone do obiegu

Sprawności silnika

b) sprawność indykowana

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

- określa straty energii nie uwzględnione w założeniach przy określaniu obiegów teoretycznych
 - rzeczywisty przebieg spalania
 - sprężanie i rozprężanie
 - konieczność chłodzenia
 - wymiana ładunku w cylindrze

Sprawności silnika

c) sprawność cieplna

$$\eta_c = \frac{L_i}{Q}$$

$$\eta_c = \eta_t \cdot \eta_i$$

- straty spalania niecałkowitego i niezupełnego
- straty chłodzenia
- straty wylotowe
- straty otoczenia (inne straty)

Sprawności silnika

d) sprawność mechaniczna

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

Sprawności silnika

e) sprawność ogólna

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

$$\eta_o = \eta_c \cdot \eta_m$$

Sprawności silnika

	η_t	η_c	η_i	η_m	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	0,28-0,45

Zużycie paliwa

- a) godzinowe zużycie paliwa mierzone metodą objętościową

$$G_e = \frac{3,6 \cdot V_p \cdot \rho_p}{t} \quad [kg / h]$$

V_p – objętość zużywanego paliwa [cm^3]

ρ_p – gęstość paliwa [g/cm^3]

t – czas pomiaru [s]

Zużycie paliwa

b) godzinowe zużycie paliwa mierzone metodą masową

$$G_e = \frac{3,6 \cdot m_p}{t} \quad [kg / h]$$

m_p – masa zużywanego paliwa [g]

t – czas pomiaru [s]

Zużycie paliwa

c) jednostkowe zużycie paliwa

- masa paliwa zużywanego w jednostce czasu niezbędna do uzyskania przez silnik mocy 1 kW

$$g_e = \frac{G_e}{N_e} \quad [kg / (kW \cdot h)]$$

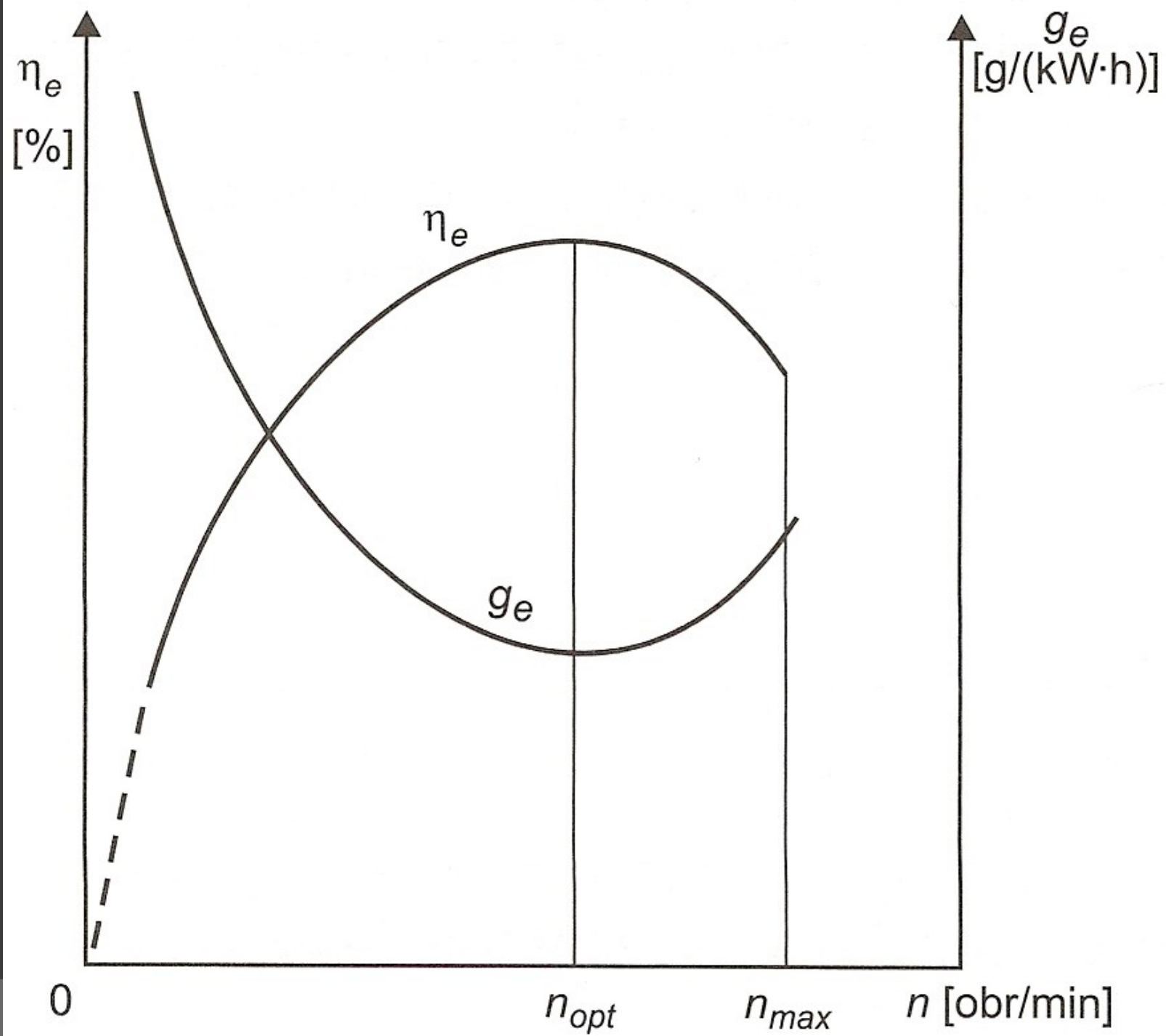
Zużycie paliwa

c) jednostkowe zużycie paliwa

$$g_e = \frac{1}{\eta_o \cdot W_u} \quad [kg / (kW \cdot h)]$$

W_u – wartość opałowa paliwa [kJ/kg]

- silniki ZI – $g_e = 280-340 \text{ g/(kW} \cdot \text{h)}$
- silniki ZS – $g_e = 180-260 \text{ g/(kW} \cdot \text{h)}$



Sprawność ogólna

$$\eta_o = \frac{1}{g_e \cdot W_u}$$

CHARAKTERYSTYKI SILNIKÓW

Parametr a charakterystyka

a) Parametr

- opisuje tylko jeden punkt pracy silnika

b) Charakterystyka

- wykreślne przedstawienie zależności jednego lub kilku parametrów w funkcji innego parametru
- sporządzona w określonych warunkach pracy na hamowni silnikowej
- cele:
 - ocena właściwości dynamicznych i ekonomicznych silników w różnych warunkach pracy
 - informują o zakresach stosowania silników

Rodzaje charakterystyk

a) prędkościowe

- w funkcji prędkości obrotowej n

b) obciążeniowe

- w funkcji momentu obrotowego M_o lub ciśnienia użytecznego p_e

c) regulacyjne

- w funkcji parametru regulowanego silnika

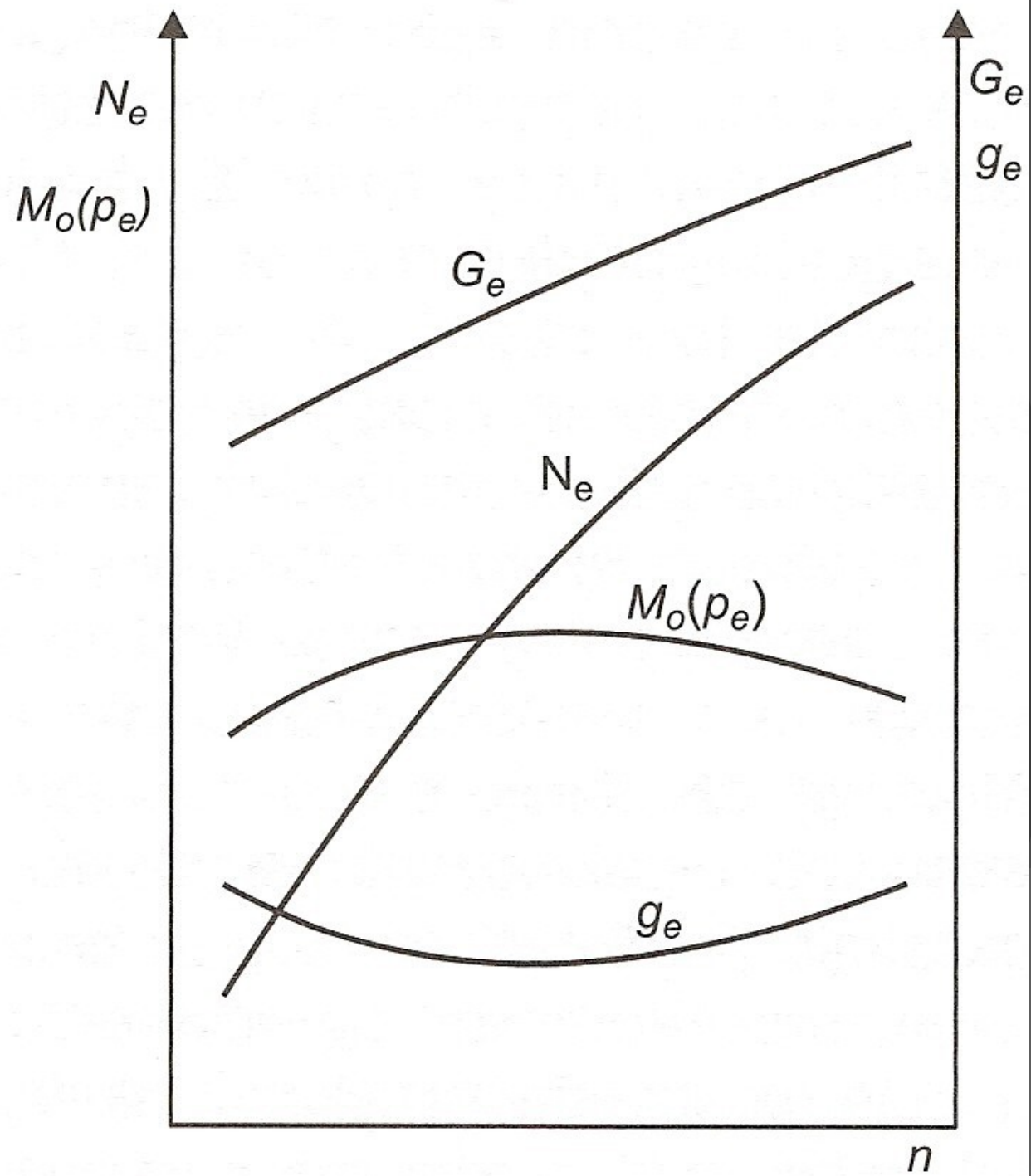
d) ogólne

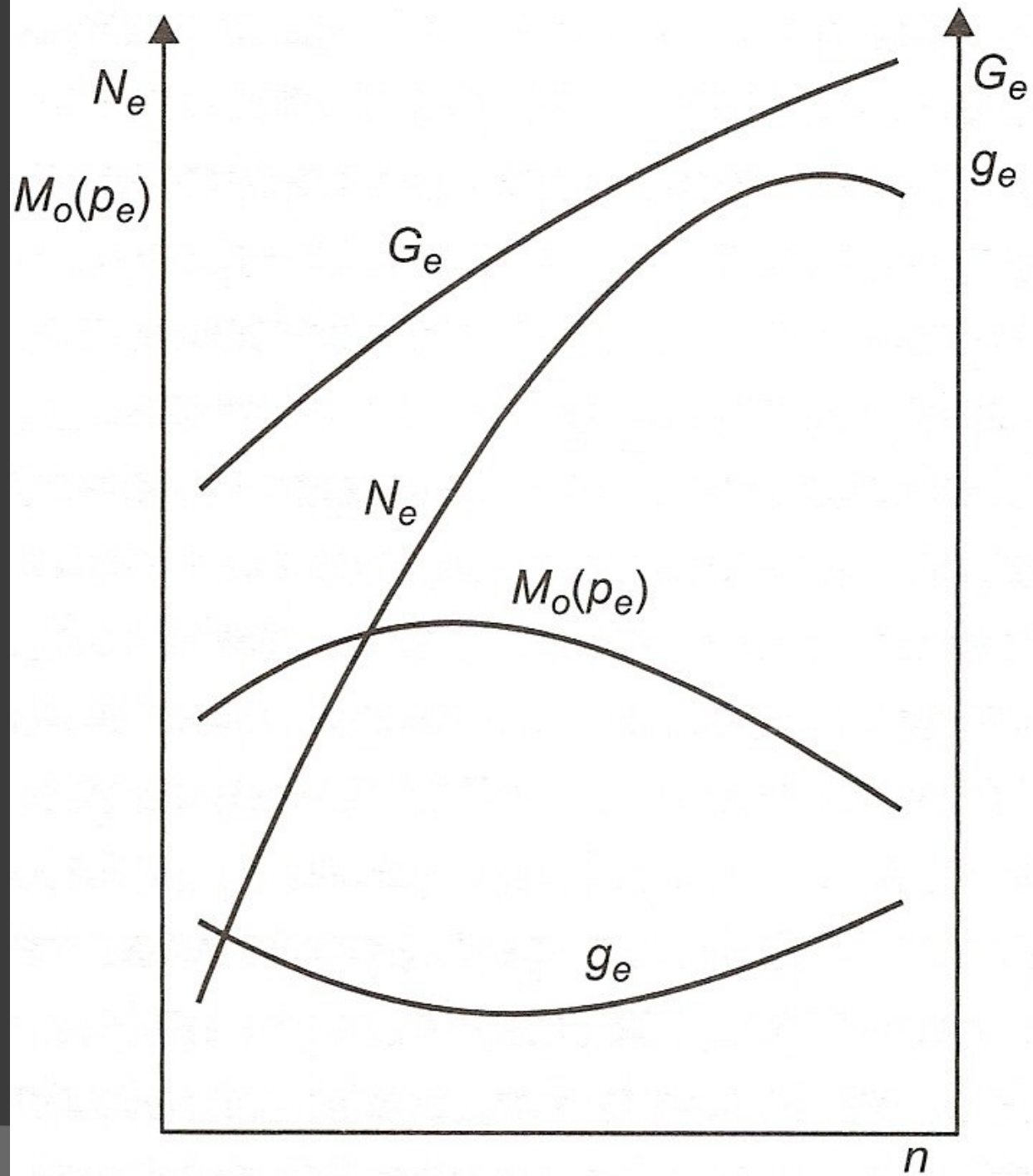
- wynikają z badań lub przeliczeń wyników badań
- wiążą ze sobą wiele charakterystyk

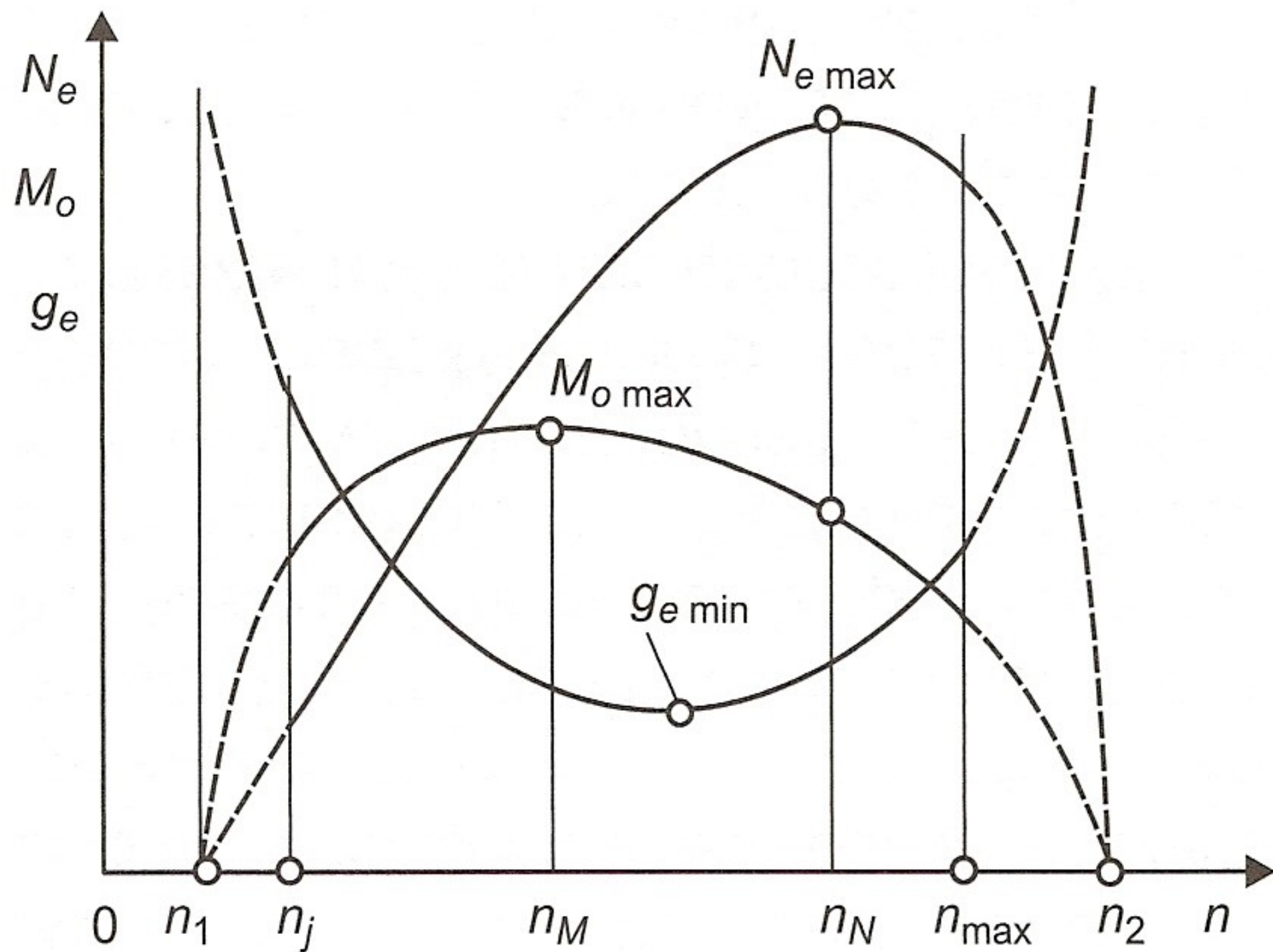
Charakterystyki prędkościowe

a) zewnętrzna charakterystyka prędkościowa (pełnej mocy)

- dla silników ZI w warunkach
 - całkowitego otwarcia przepustnicy
 - takiej regulacji składu mieszanki i chwili zapłonu, które zapewniają każdorazowo osiągnięcie maksymalnej mocy użytecznej
- dla silników ZS
 - przy takiej dawce i chwili wtrysku paliwa, które odpowiadają maksymalnej mocy użytecznej







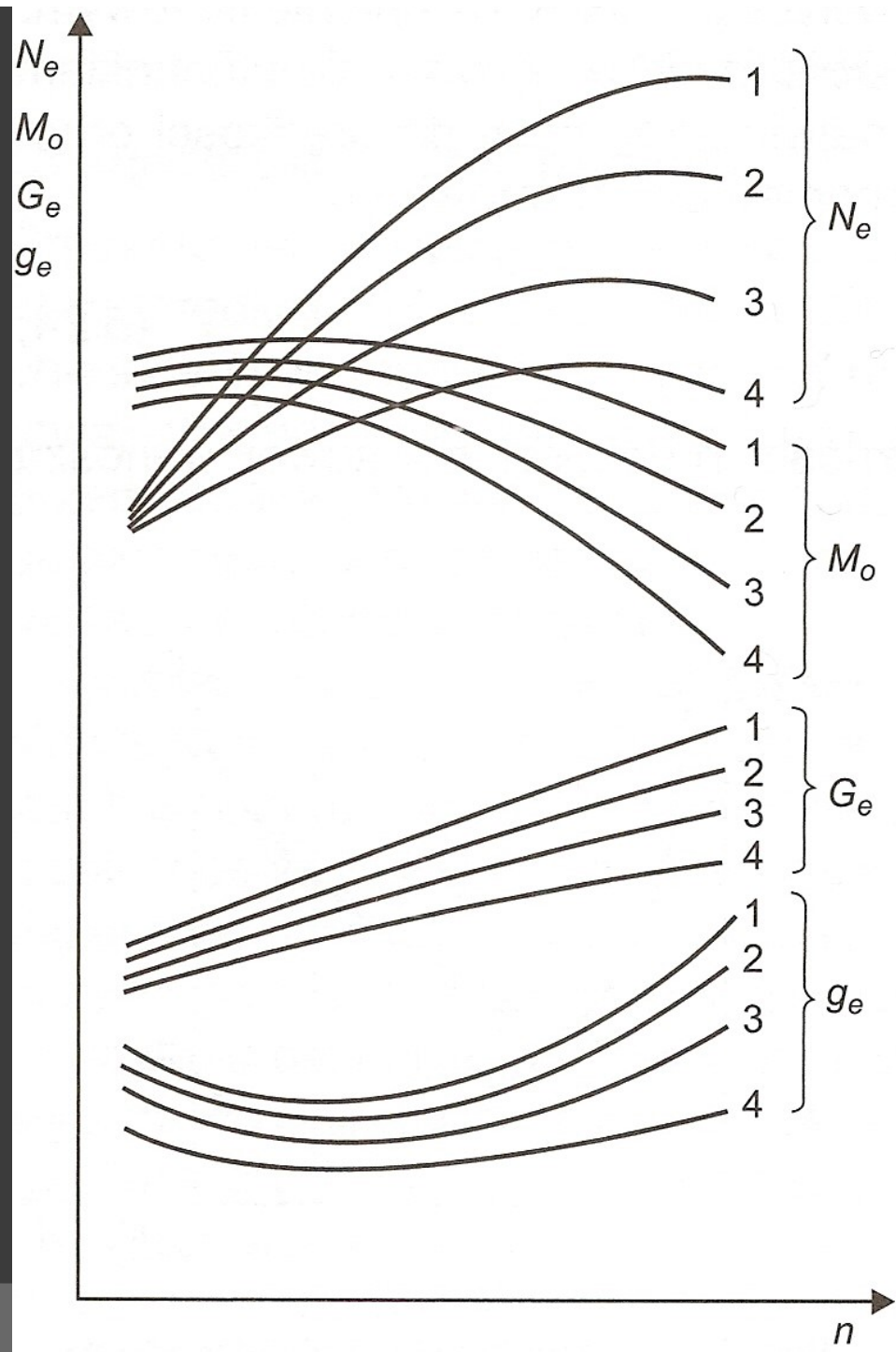
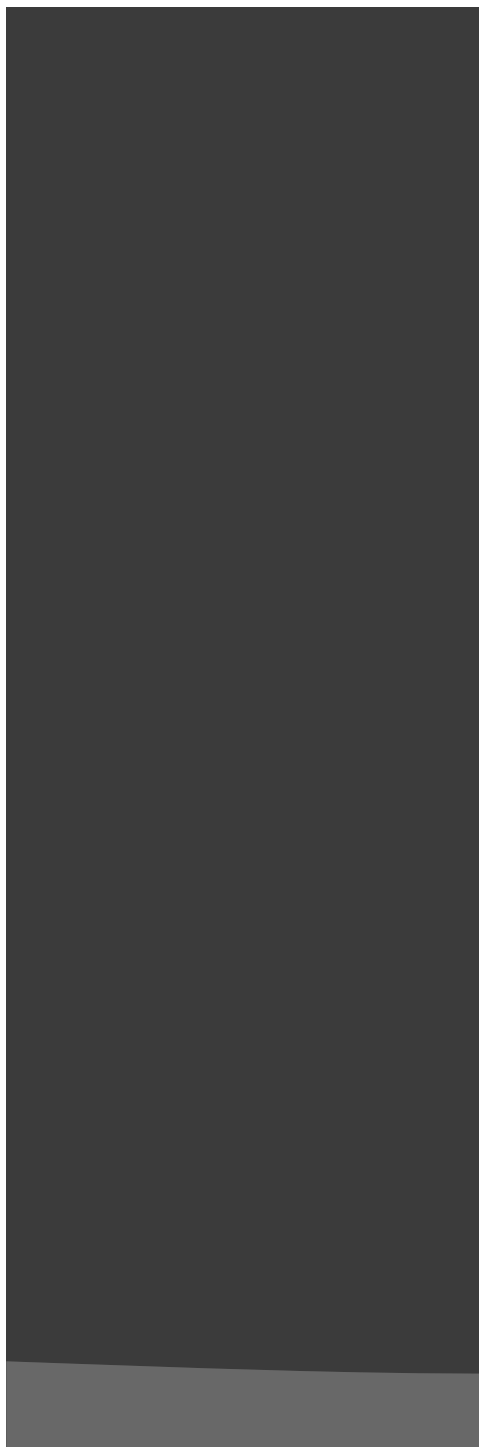
Charakterystyki prędkościowe

b) charakterystyka granicy dymienia

- charakterystyka maksymalnej mocy silnika przy takich parametrach regulacyjnych, aby dla każdej prędkości obrotowej wielkość dawki paliwa i kąt wyprzedzenia wtrysku zapewniały nieprzekroczenie określonego stopnia zaciemnienia spalin czarnym dymem

c) charakterystyki częściowe (mocy dławionej)

- dla $\frac{3}{4}$ obciążenia maksymalnego
- dla $\frac{1}{2}$ obciążenia maksymalnego
- dla $\frac{1}{4}$ obciążenia maksymalnego



Współczynnik elastyczności silnika

- ◎ szeroki roboczy zakres pracy silnika na jednym biegu (tzw. długie biegi)
- ◎ duża zdolność do pokonywania wzrostu obciążenia

Współczynnik elastyczności silnika

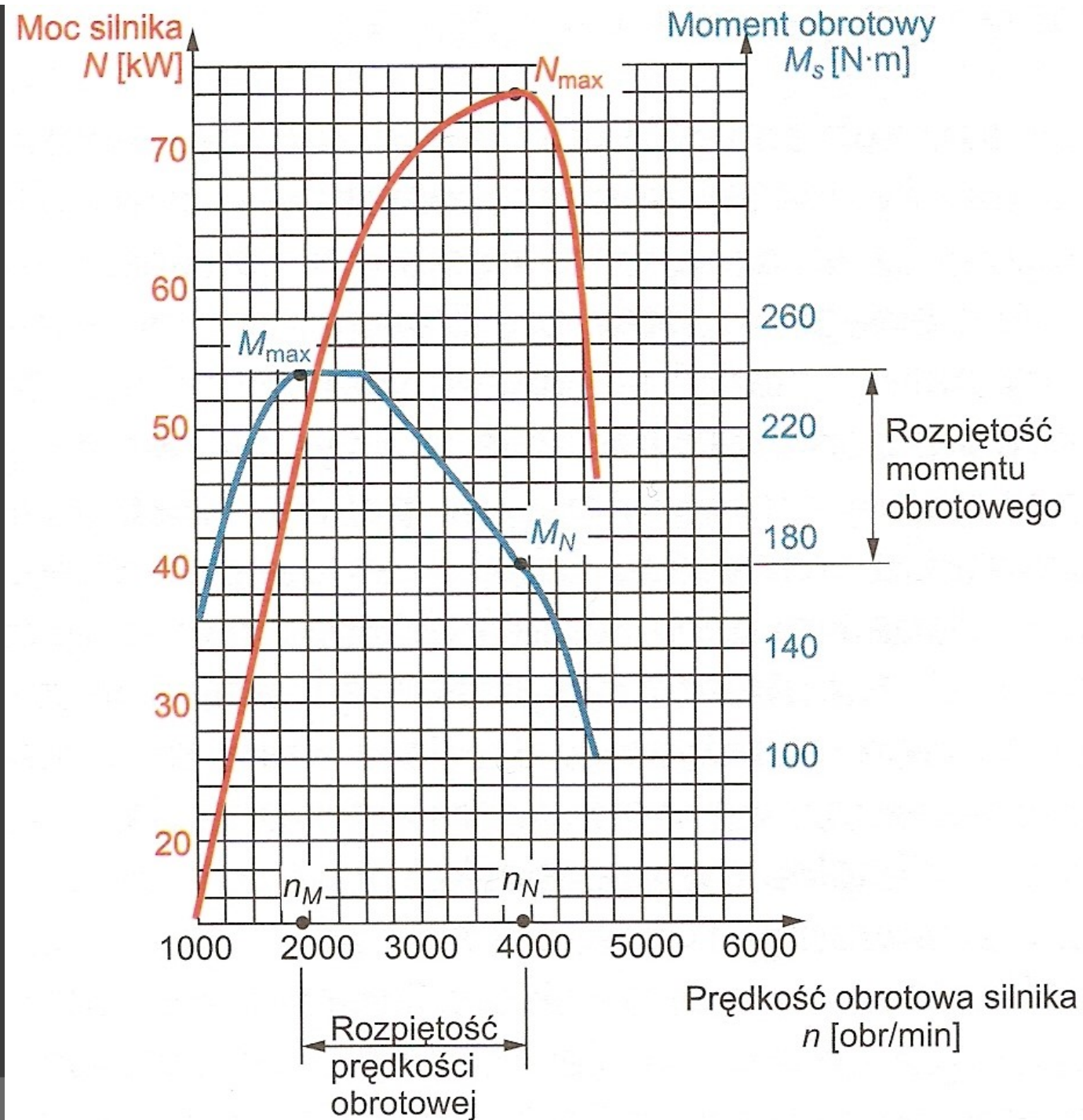
$$E = e_M \cdot e_n$$

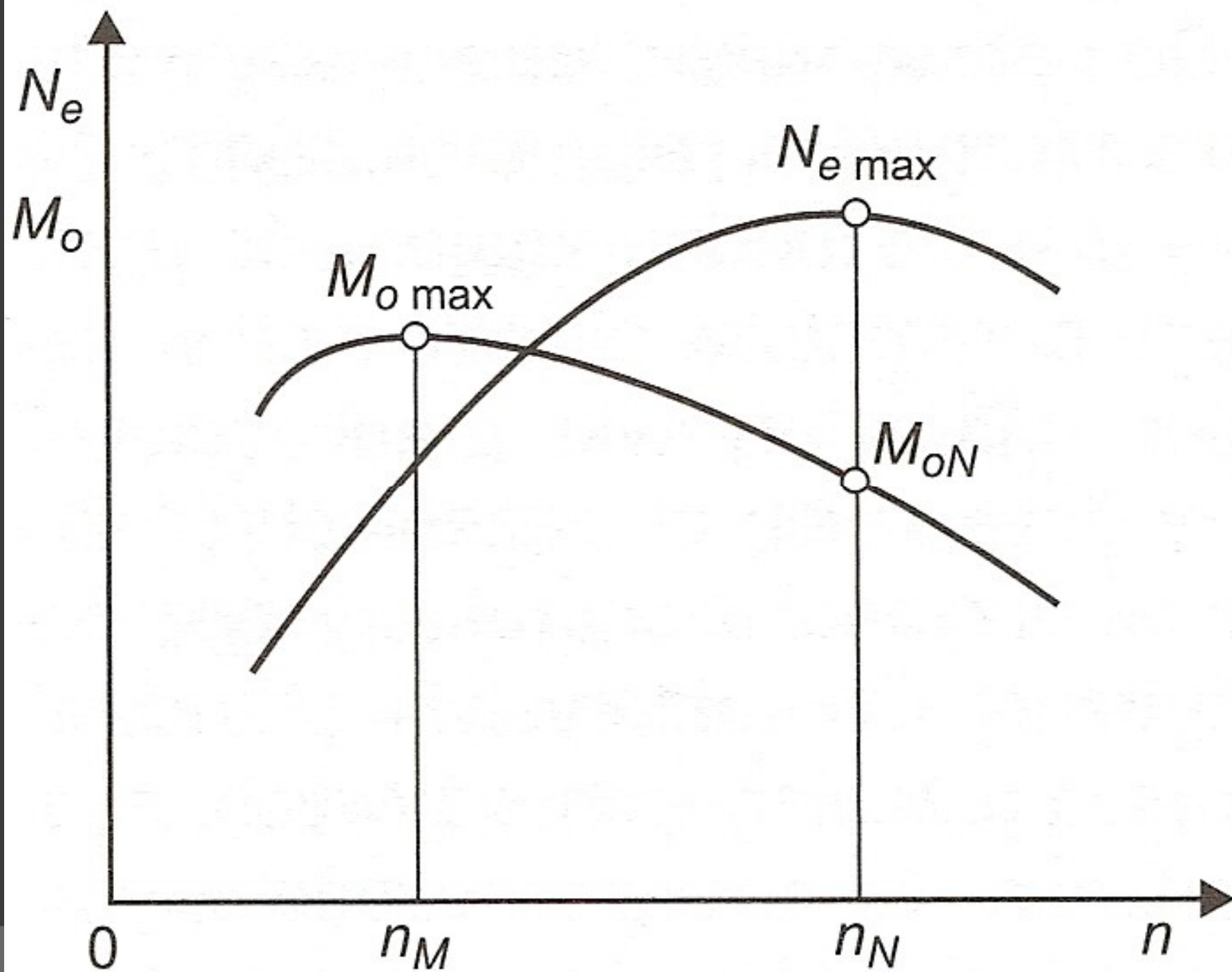
e_M – współczynnik elastyczności momentu obrotowego (rozpiętość momentu obrotowego)

- różnica między momentem maksymalnym a momentem przy maksymalnej mocy

e_n – współczynnik elastyczności prędkości obrotowej (rozpiętość prędkości obrotowej)

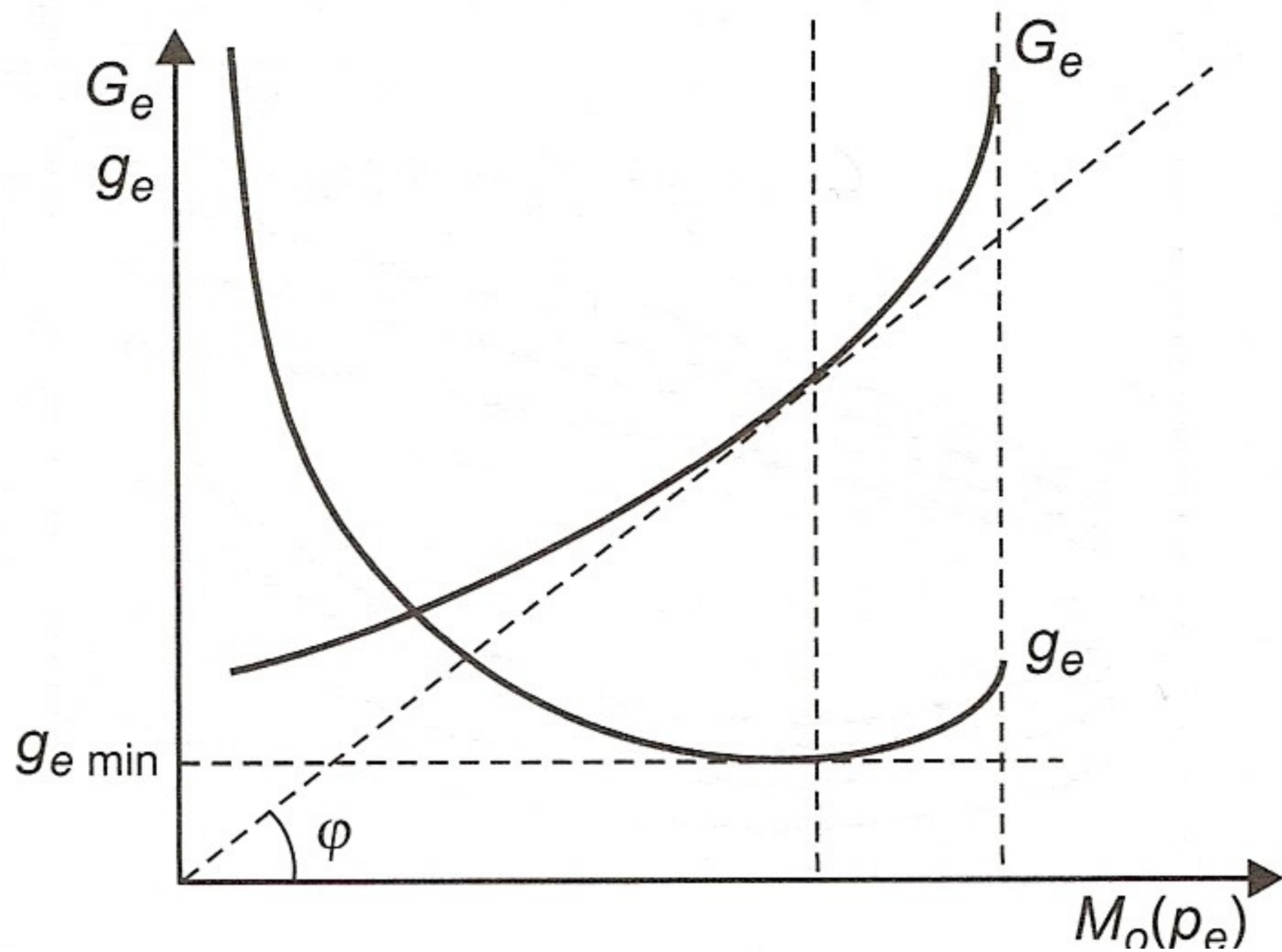
- różnica między prędkością obrotową przy maksymalnej mocy a prędkością przy maksymalnym momencie





Charakterystyki obciążeniowe

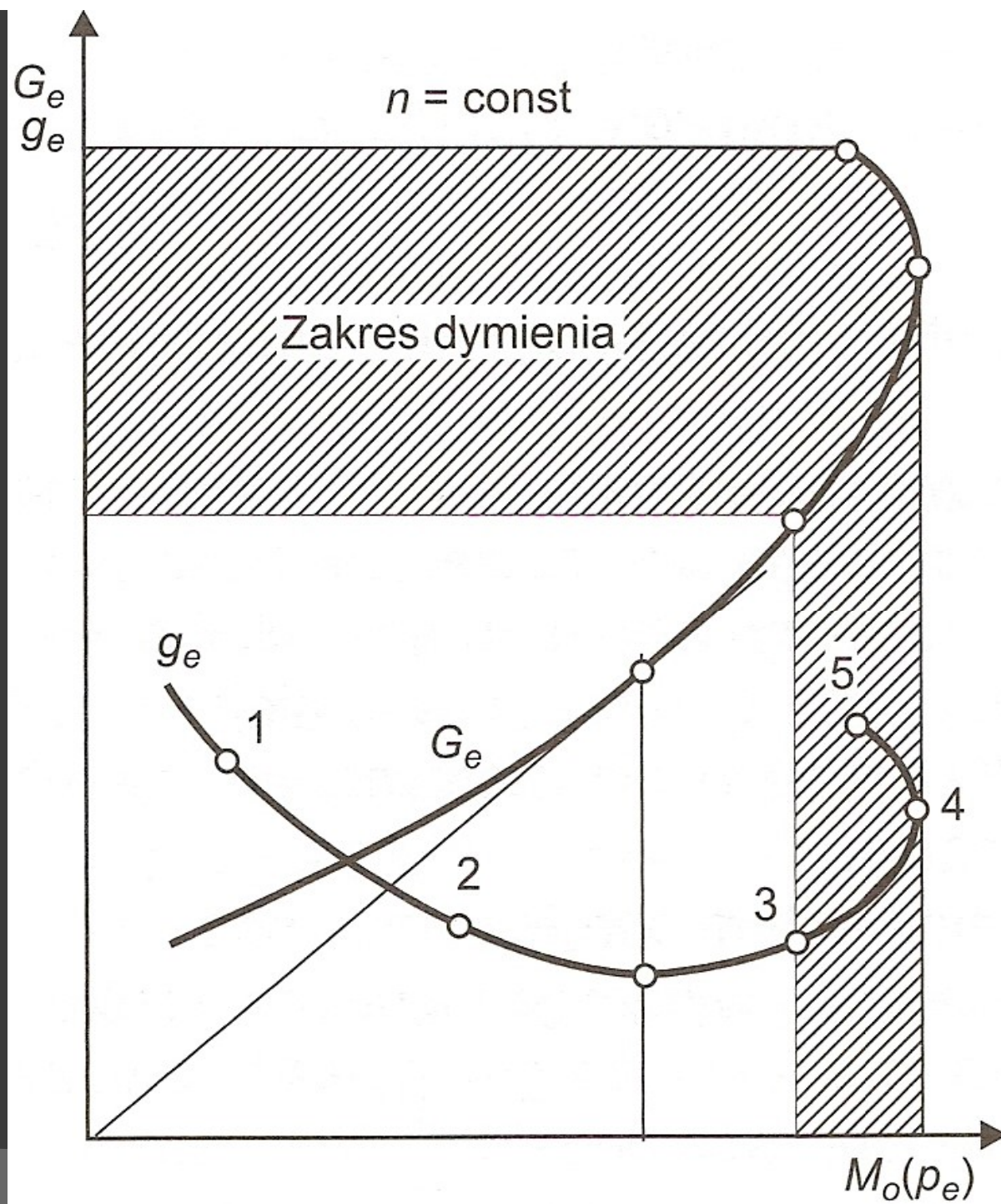
- dla silników pracujących przy stałej n
 - dla silnika ZI



Charakterystyki obciążeniowe

➤ dla silników pracujących przy stałej n

- dla silnika ZI
- dla silnika ZS



Charakterystyki regulacyjne

a) podstawowe parametry regulacyjne

- kąt wyprzedzenia wtrysku lub zapłonu
- skład mieszanki palnej
- parametry charakteryzujące wtrysk paliwa w ZS (np. ciśnienie wtrysku)

b) charakterystyka regulacyjna

- składu mieszanki palnej silnika ZI
- kąta wyprzedzenia wtrysku

Charakterystyki ogólne

- umożliwiają analizę wskaźników pracy silnika w różnych warunkach – w pełnym zakresie obciążeń i prędkości obrotowych
- charakterystyka ogólna
 - jednostkowego zużycia paliwa
 - stężenia tlenku węgla w spalinach

Charakterystyki ogólne

