



**PROGRAM ROZWOJOWY
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Jakub Wierciak

Mikrosilniki prądu przemiennego

iek- najlepsza inwestycja



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



*Projekt współfinansowany przez Unię Europejską
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego*

Zasady działania silowników elektrycznych

(Heimann, Gerth, Popp 2001)

Z wykorzystaniem siły Lorenza (elektrodynamiczne)

- silniki prądu stałego
- **silniki indukcyjne**
- **silniki jednofazowe komutatorowe**

Z wykorzystaniem siły reluktancji (elektromagnetyczne)

- elektromagnesy
- silniki skokowe
- **silniki synchroniczne**

Jednofazowe silniki komutatorowe prądu przemiennego

Silnik komutatorowy prądu przemiennego

WAMEL (2009)

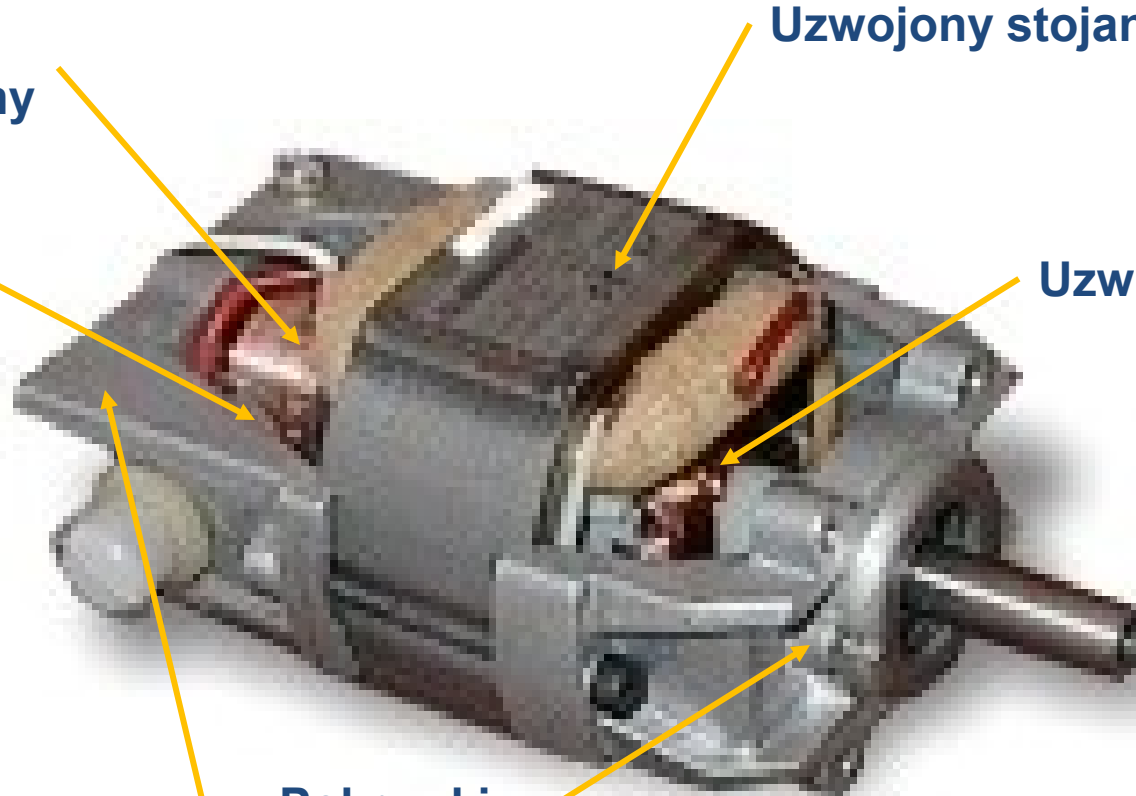
**Komutator
mechaniczny**

Uzwojony stojan

Szczotka

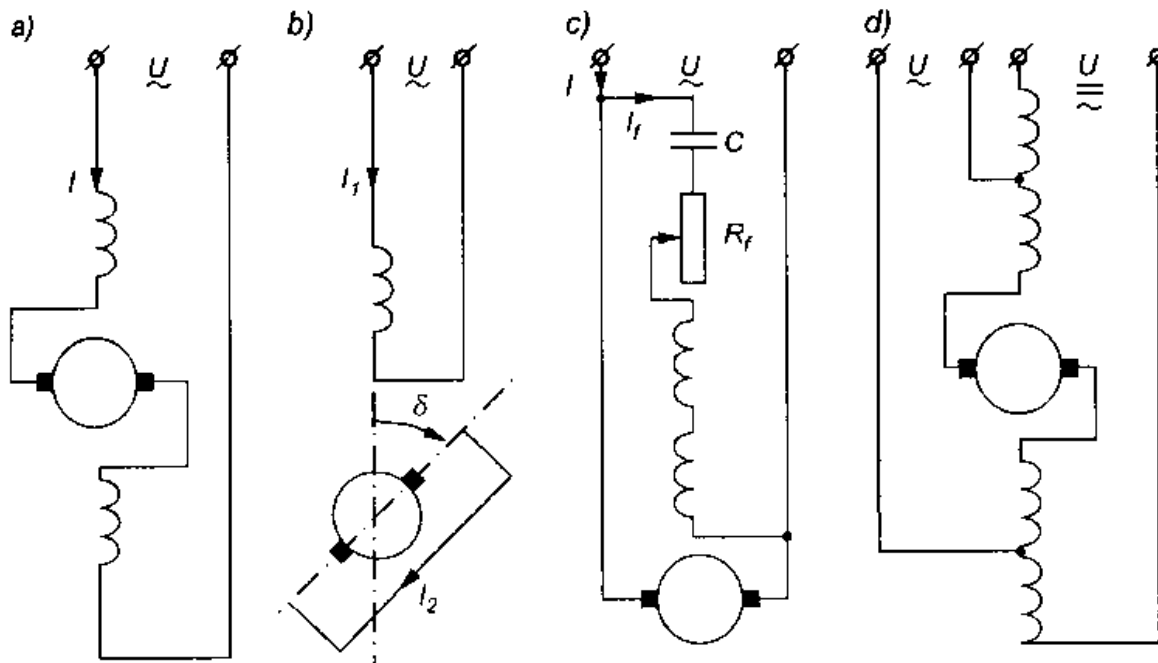
Uzwojony wirnik

**Pokrywki
łożyskowe**



Schematy połączeń jednofazowych silników komutatorowych

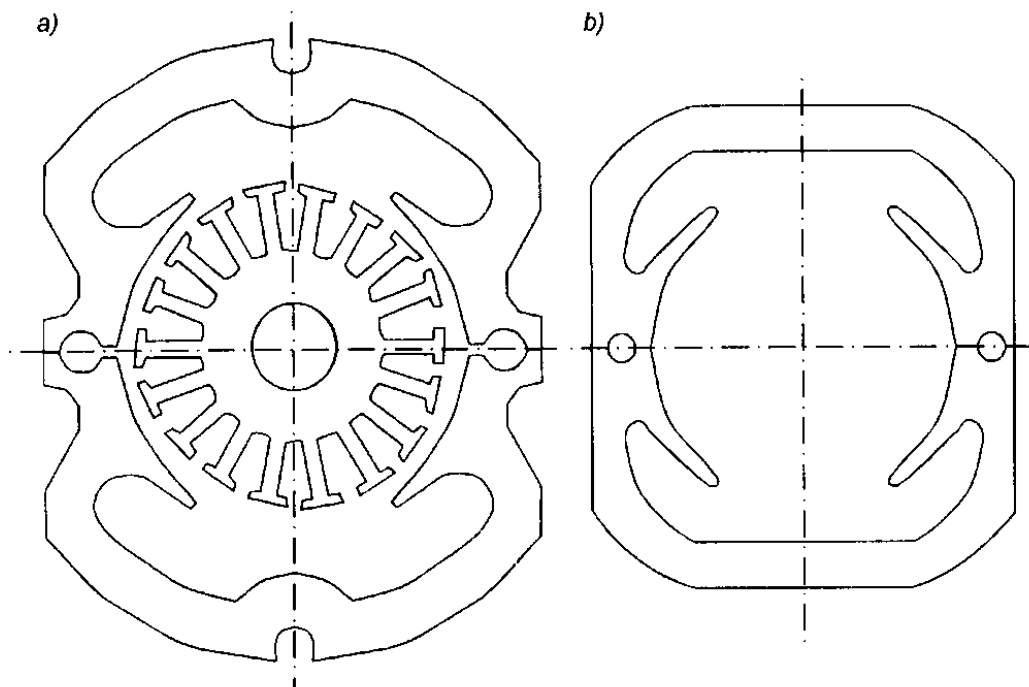
(Sochocki 1996)



**a) silnik szeregowy, b) silnik repulsyjny, c) silnik bocznikowy,
d) silnik uniwersalny**

Typowe kształty rdzenia i wirnika jednofazowego silnika szeregowego

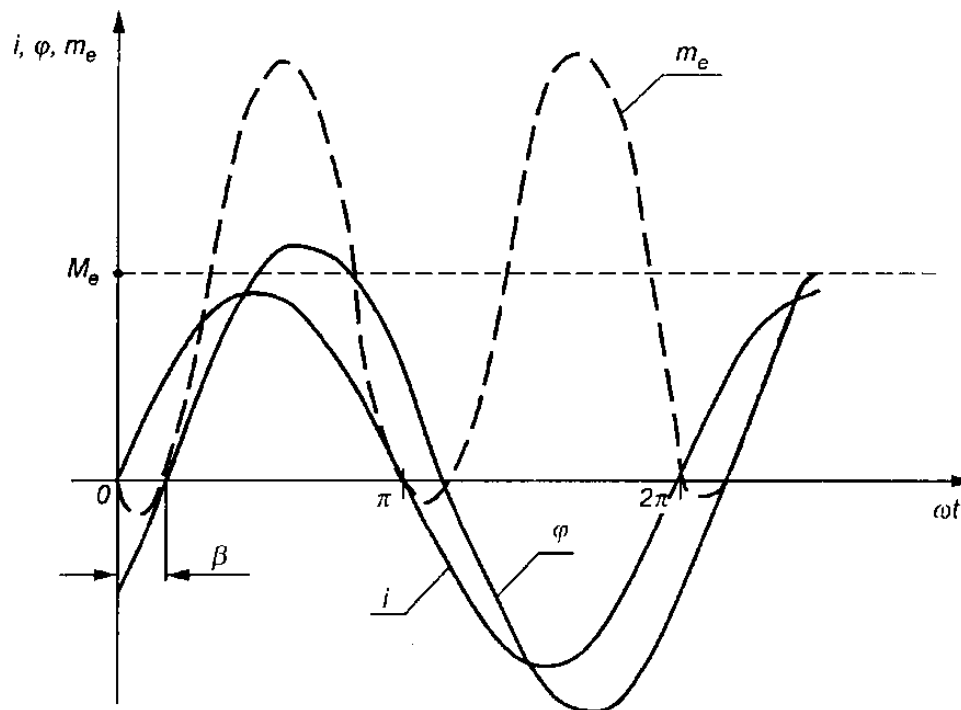
(Sochocki 1996)



a) konstrukcja starsza, b) konstrukcja nowoczesna

Przebiegi wybranych wielkości w silniku komutatorowym szeregowym

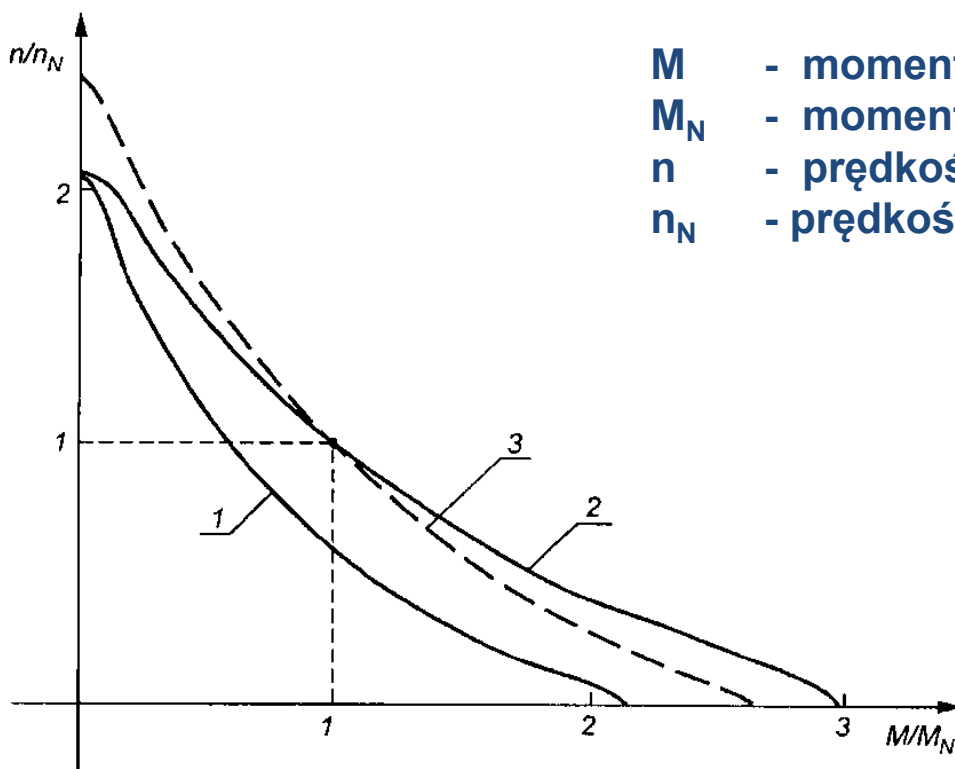
(Sochocki 1996)



**i – prąd silnika, m_e – moment elektromagnetyczny,
 φ – strumień magnetyczny**

Charakterystyki mechaniczne jednofazowego silnika szeregowego

(Sochocki 1996)



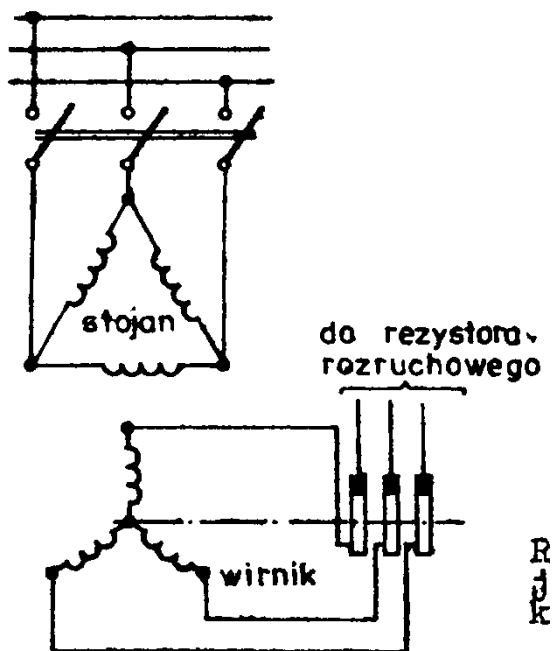
M - moment obciążający
M_N - moment znamionowy
n - prędkość wirnika
n_N - prędkość znamionowa

1 – przy zasilaniu prądem przemiennym, 2 – przy zasilaniu prądem stałym,
3 – przy zasilaniu prądem przemiennym i zmniejszonej liczbie zwojów uzwojenia

Silniki indukcyjne jednofazowe

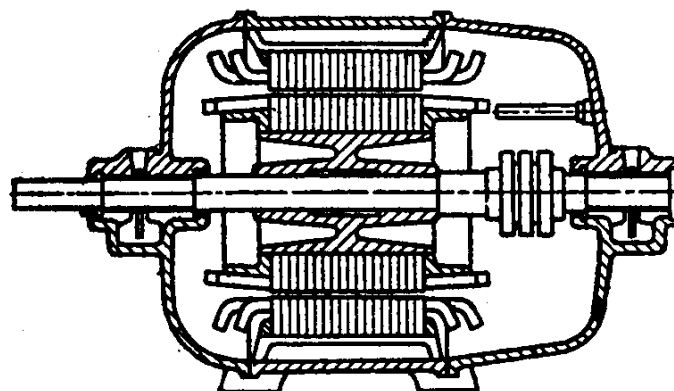
Budowa silnika indukcyjnego trójfazowego z wirnikiem uzwojonym

(Janiszowski 1987)



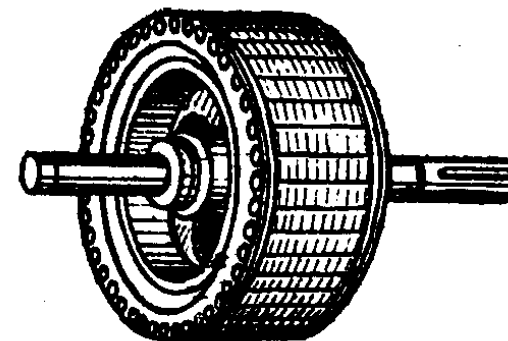
Schemat połączenia uzwojeń

Przekrój wzdłużny silnika

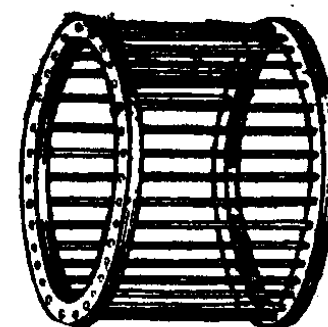


Silnik indukcyjny trójfazowy z wirnikiem klatkowym

(Janiszowski 1987)



Wirnik zwarty



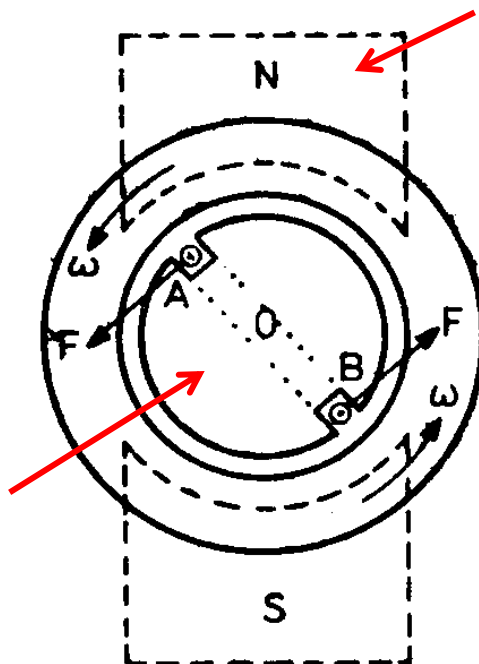
Klatka wirnika

Zasada działania asynchronicznego silnika indukcyjnego

(Janiszowski 1987)

Wirujące pole
magnetyczne stojana

Wirujące pole
magnetyczne wirnika



Poślizg

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} 100\%$$

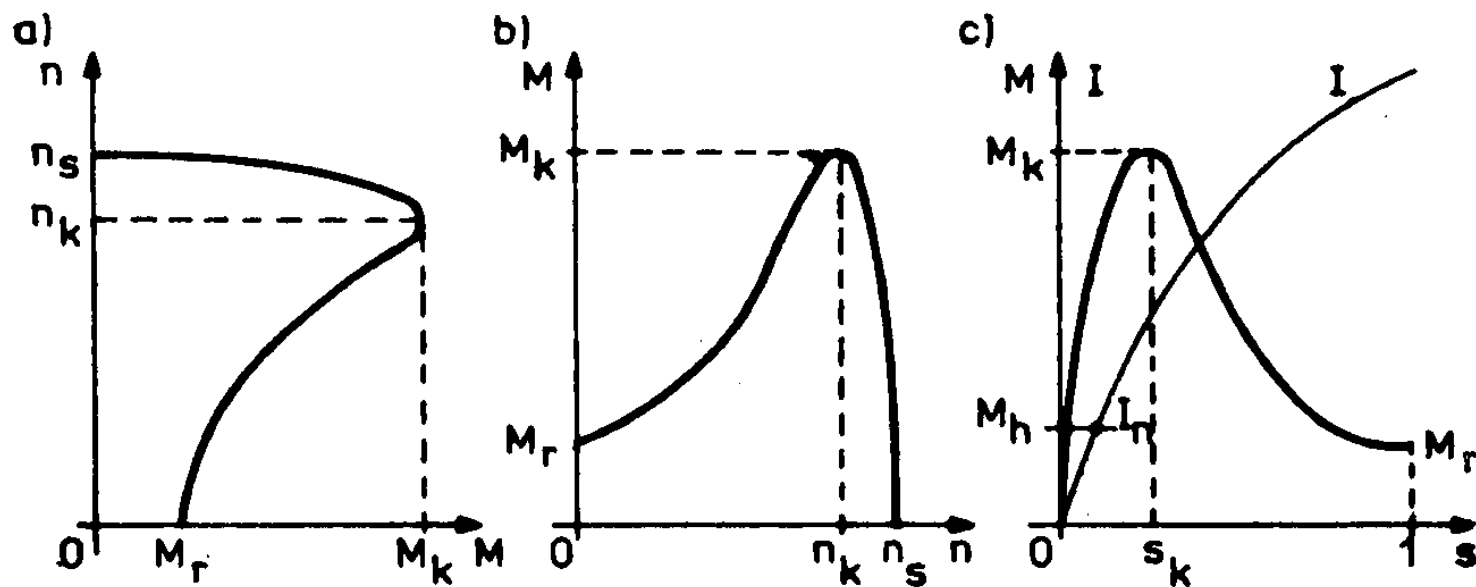
n_s – prędkość wirującego pola stojana
(prędkość synchroniczna)

n – prędkość obrotowa wirnika

s – poślizg

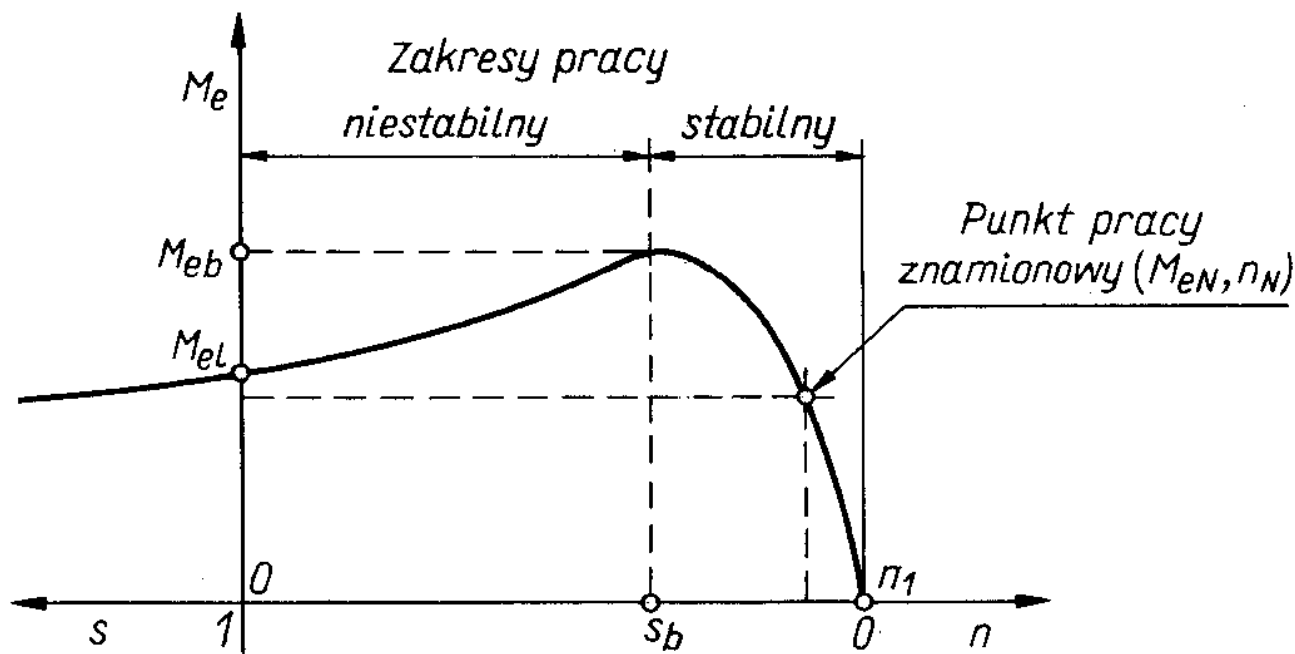
Charakterystyka mechaniczna silnika indukcyjnego

(Janiszowski 1987)



Charakterystyka momentu elektromagnet. silnika indukcyjnego z polem kołowym

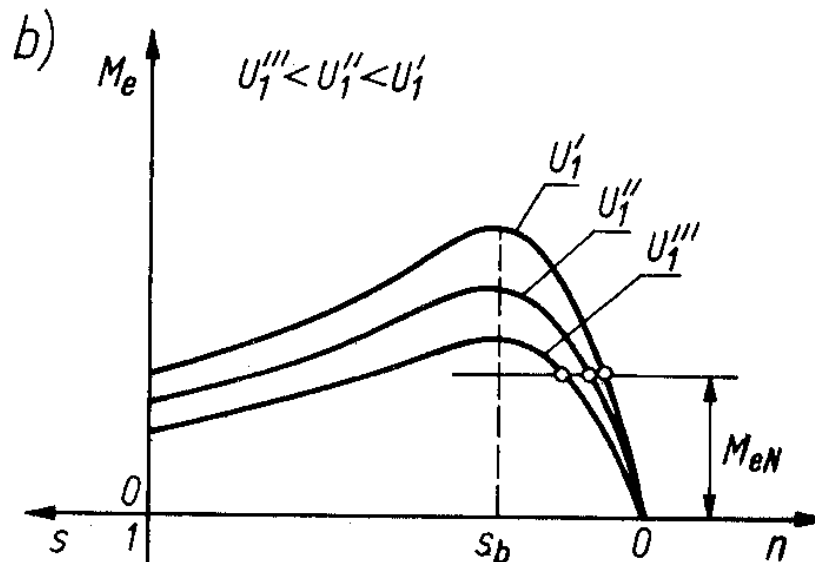
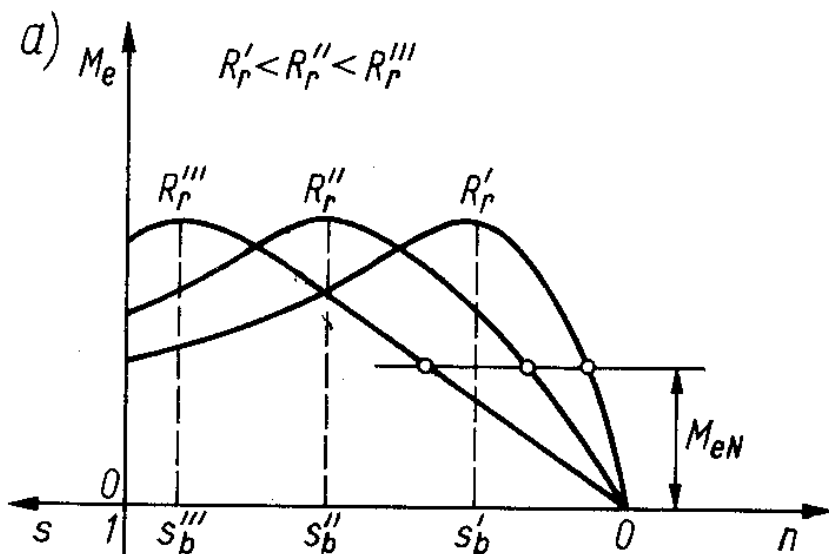
(Pochanke 1996)



M_e – moment elektromagnetyczny, M_{el} – początkowy moment rozruchowy, M_b – moment krytyczny, s_b – poślizg krytyczny

Charakterystyki momentu elektromagnetycznego indukcyjnego

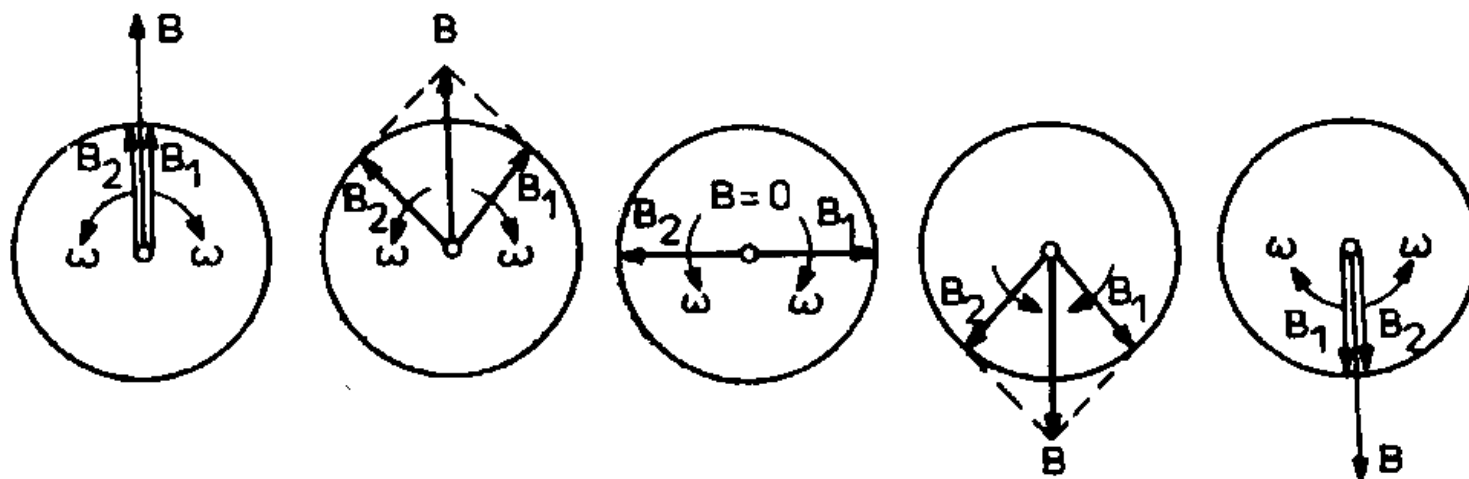
(Pochanke 1996)



a) w zależności od rezystancji uzwojenia twornika,
b) w zależności od napięcia zasilającego

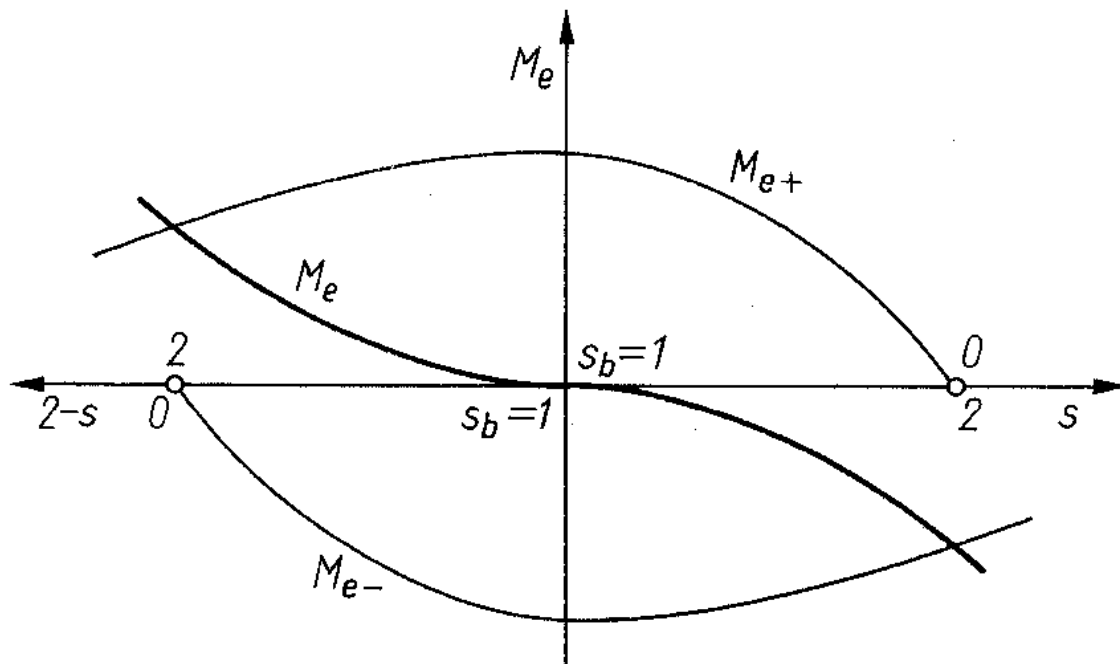
Pole tętniące silnika indukcyjnego jednofazowego

(Janiszowski 1987)



Powstawanie momentu hamującego od pola oscylującego

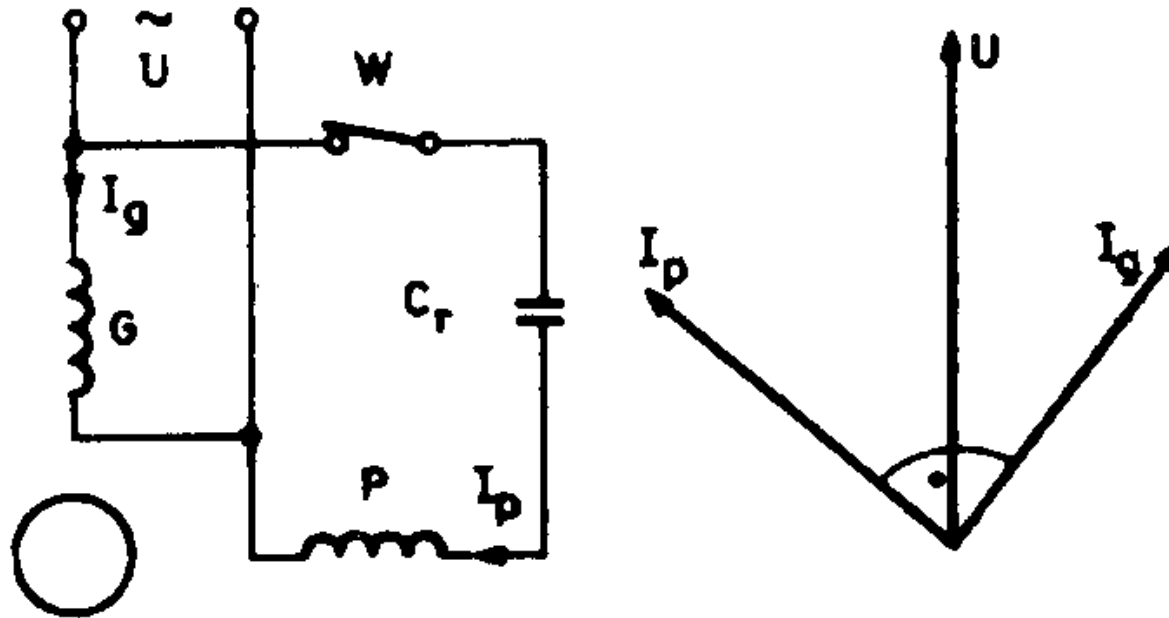
(Pochanke 1996)



1 – jarzmo stojana, 2 – biegun, 3 – nabiegunnik, 4 – rdzeń twornika,
5 – komutator, 6 – uzwojenie twornika, 7 – szczotka, 8 – uzwojenie
wzbudzenia, 9 – strumień wzbudzenia

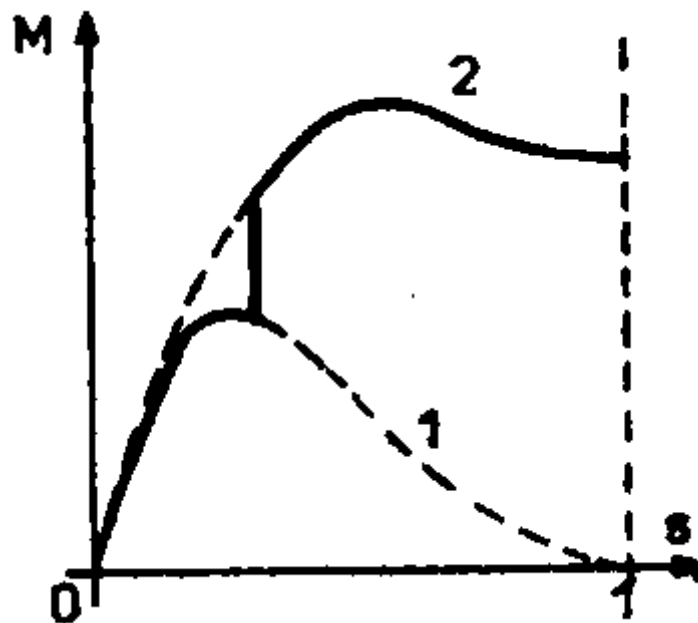
Przesuwanie fazy za pomocą kondensatora

(Janiszowski 1987)



Charakterystyka mechaniczna silnika z kondensatorową fazą pomocniczą

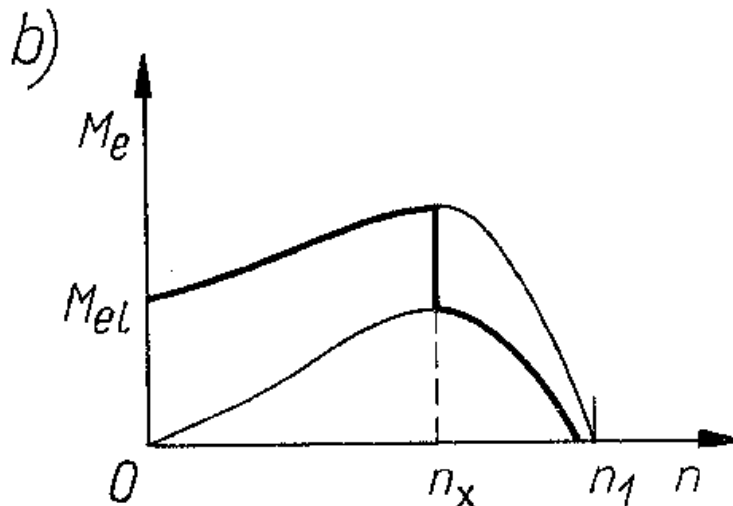
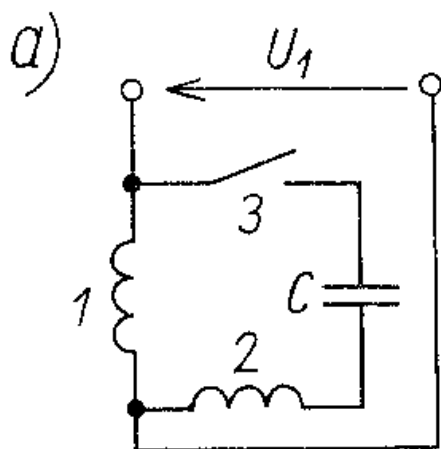
(Janiszowski 1987)



- 1 – charakterystyka momentu pochodzącego od fazy głównej silnika,
2 – charakterystyka momentu wypadkowego,
pochodzącego od obydwu faz

Silnik jednofazowy kondensatorowy z uzwojeniem rozruchowym

(Pochanke 1996)



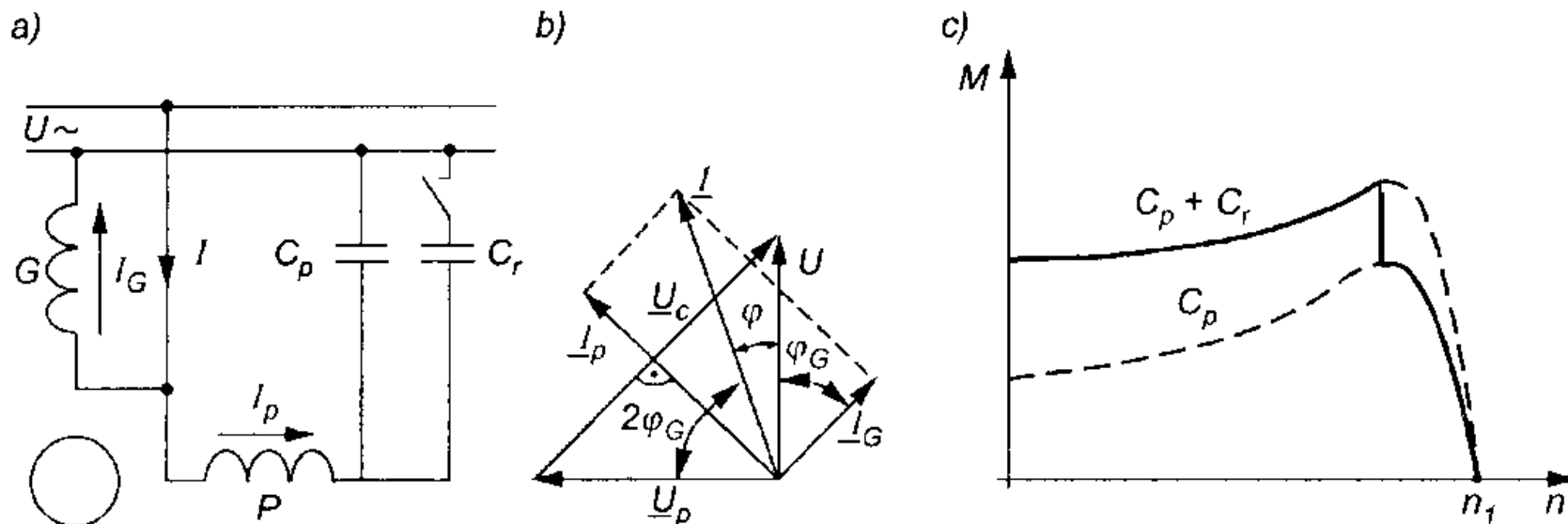
a) schemat połączeń, b) charakterystyka momentu;

1 – uzwojenie główne, 2 – uzwojenie rozruchowe, 3 – wyłącznik uzwojenia rozruchowego:

n_x – prędkość odłączenia uzwojenia rozruchowego

Silnik indukcyjny jednofazowy z uzwojeniem kondensat. i kondensatorem rozruchowym

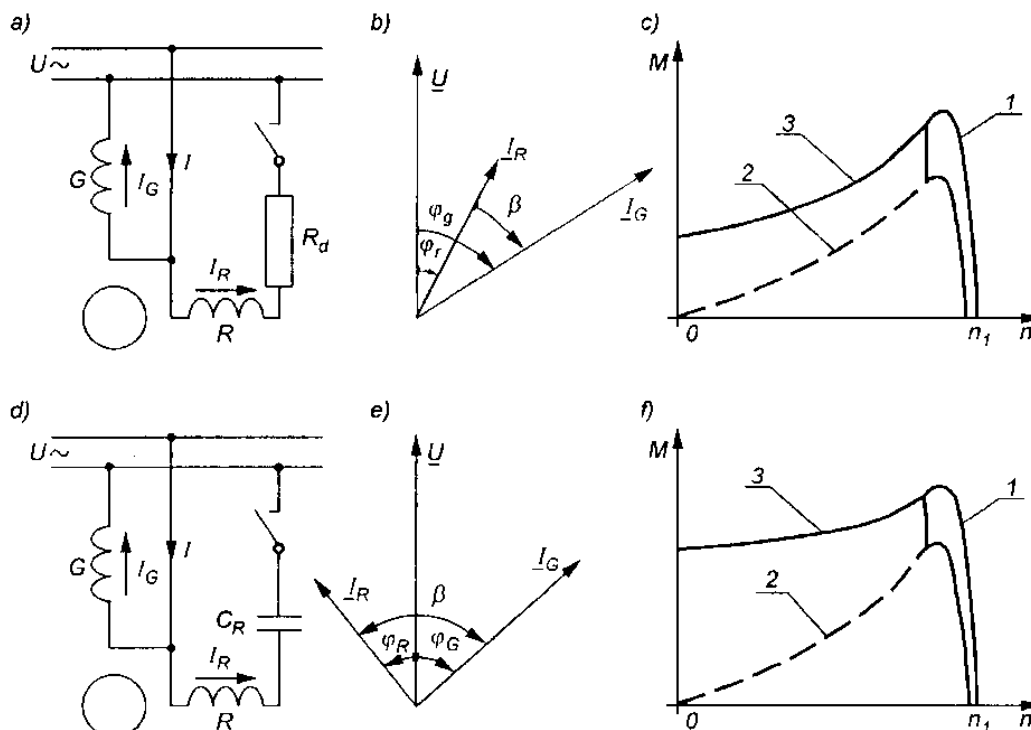
(Sochocki 1996)



a) Schemat połączeń, b) wykres fazorowy prądów i napięć, c) charakterystyki mechaniczne;

Charakterystyki mechaniczne jednofazowych silników indukcyjnych

(Sochocki 1996)



**a, b, c)
z uzwojeniem rozruchowym
rezystancyjnym,**

**d, e, f)
z kondensatorem
rozruchowym;**

- 1 – charakterystyka mechaniczna przy zasileniu obydwu pasm uzwojenia,**
- 2 – charakterystyka przy włączonym tylko uzwojeniu pasma głównego,**
- 3 – przebieg momentu przy zadziałaniu włącznika pasma rozruchowego**

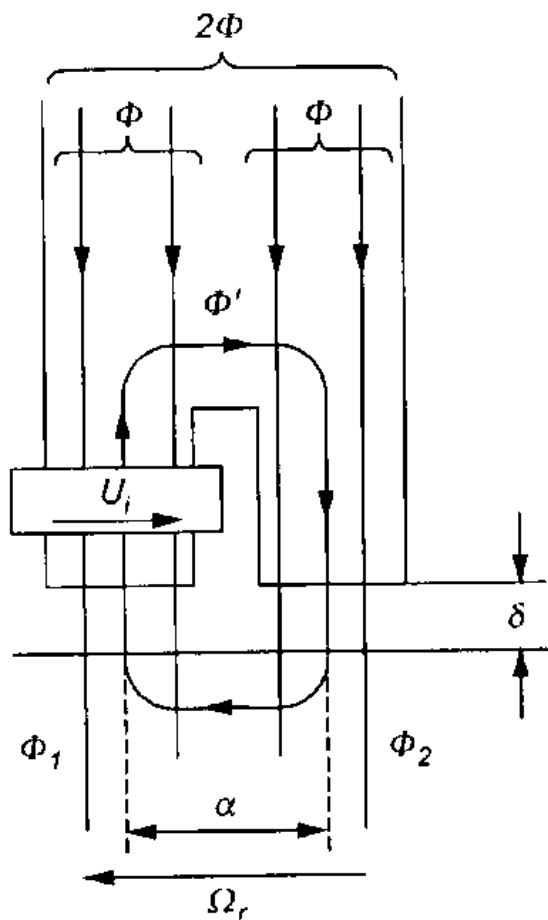
Silnik indukcyjny jednofazowy z kondensatorem

(--)



Zasada działania pomocniczego uzwojenia zwartego

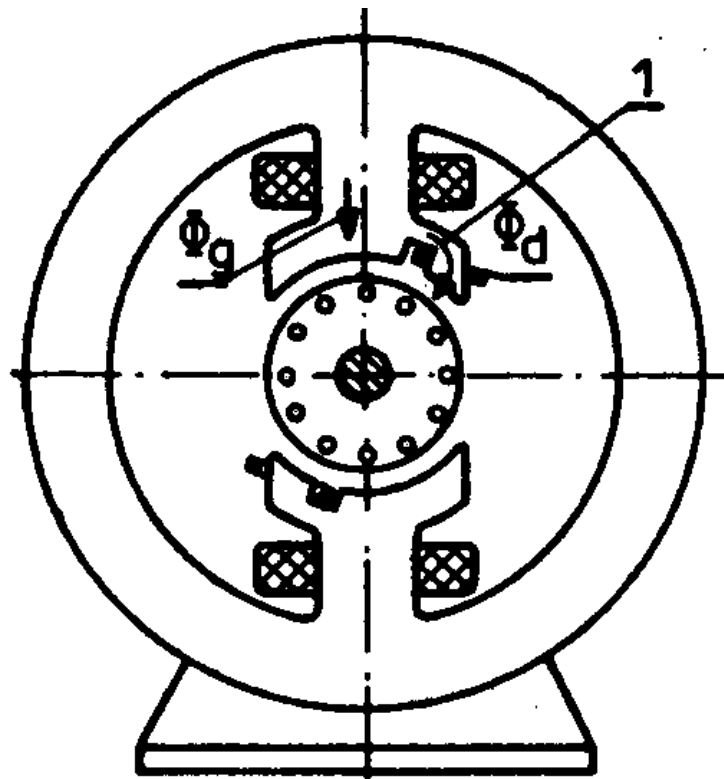
(Sochocki 1996)



- α – przestrzenne przesunięcie strumienia przenikającego obie części bieguna,
- Ω_r – kierunek prędkości,
- δ – szczelina powietrzna,
- U_i – napięcie indukowane w zwoju zwartym,
- Φ' – strumień zwoju zwartego

Budowa silnika jednofazowego ze zwartym zwojem

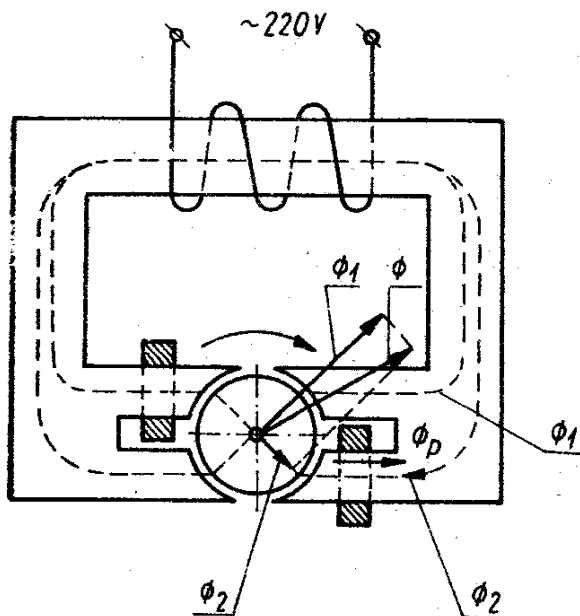
(Janiszowski 1987)



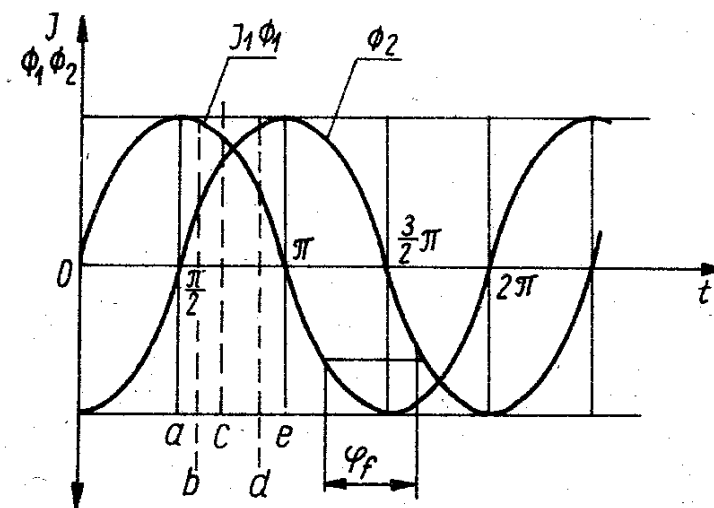
1 – zwarty zwój na biegunie

Zasada działania pomocniczego uzwojenia zwartego

(Mrugalski 1979)



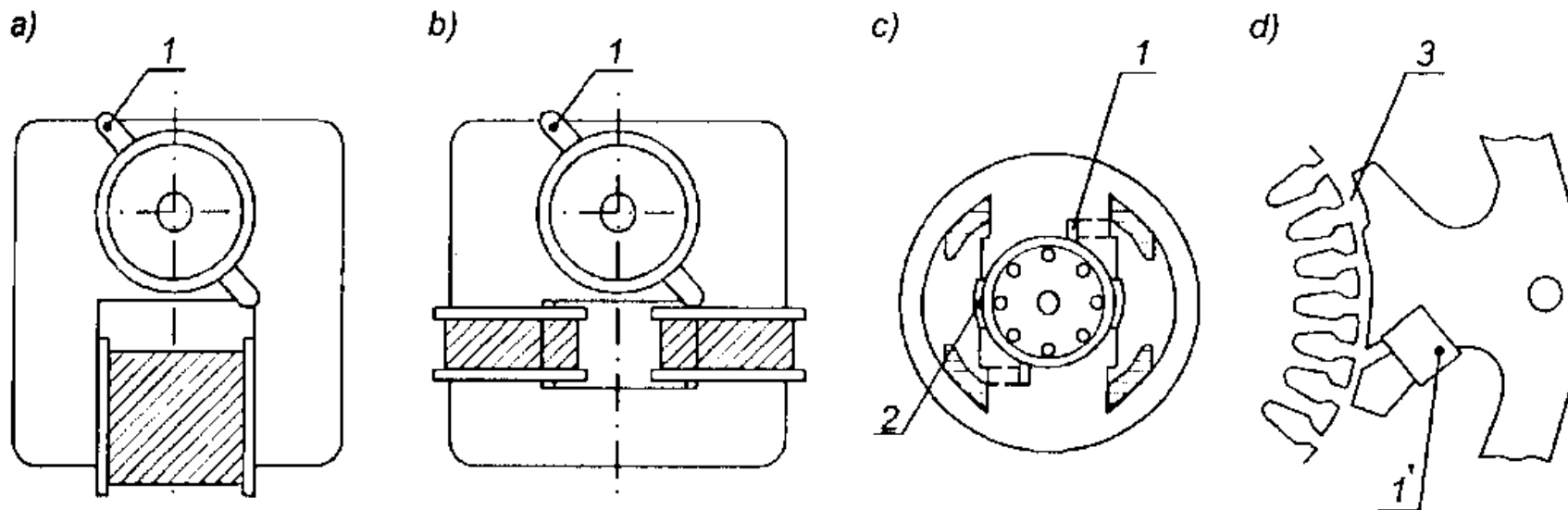
Schemat silnika



Przebiegi strumieni magnetycznych

Silniki indukcyjne jednofazowe z pomocniczym uzwojeniem zwartym

(Sochocki 1996)



a), b) silniki z rdzeniem niesymetrycznym, c) silnik z rdzeniem symetrycznym, d) fragment strefy przyszczelinowej

1 – zwój zwarty, 2 – bocznik magnetyczny, 3 – podcięcie łuku bieguna

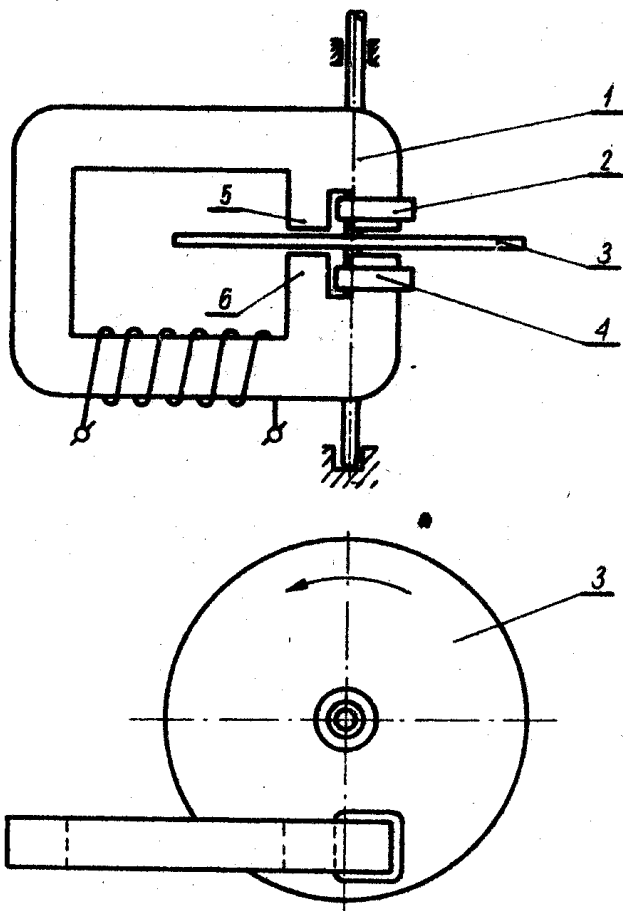
Silnik indukcyjny jednofazowy ze zwartym zwojem

(Elettrocasteco-Polonia 2009)



Silnik Ferrarisa z wirnikiem tarczowym

(Mrugalski 1979)

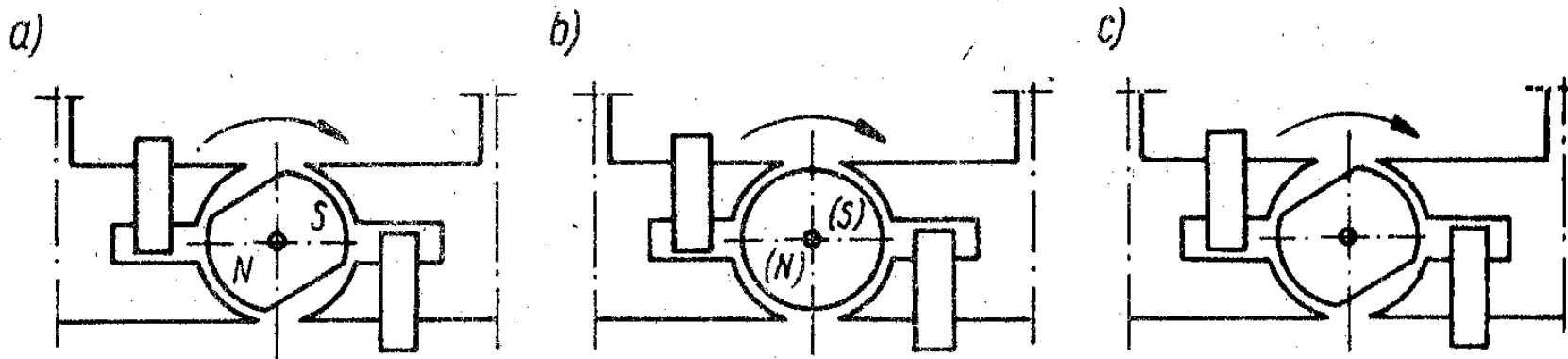


- 1 – stojan,
- 2, 4 – część bieguna
ze zwartym zwojem,
- 3 – wirnik,
- 5, 6 – części biegunów
bez zwartego zwoju

Jednofazowe silniki synchroniczne

Wirniki silników synchronicznych

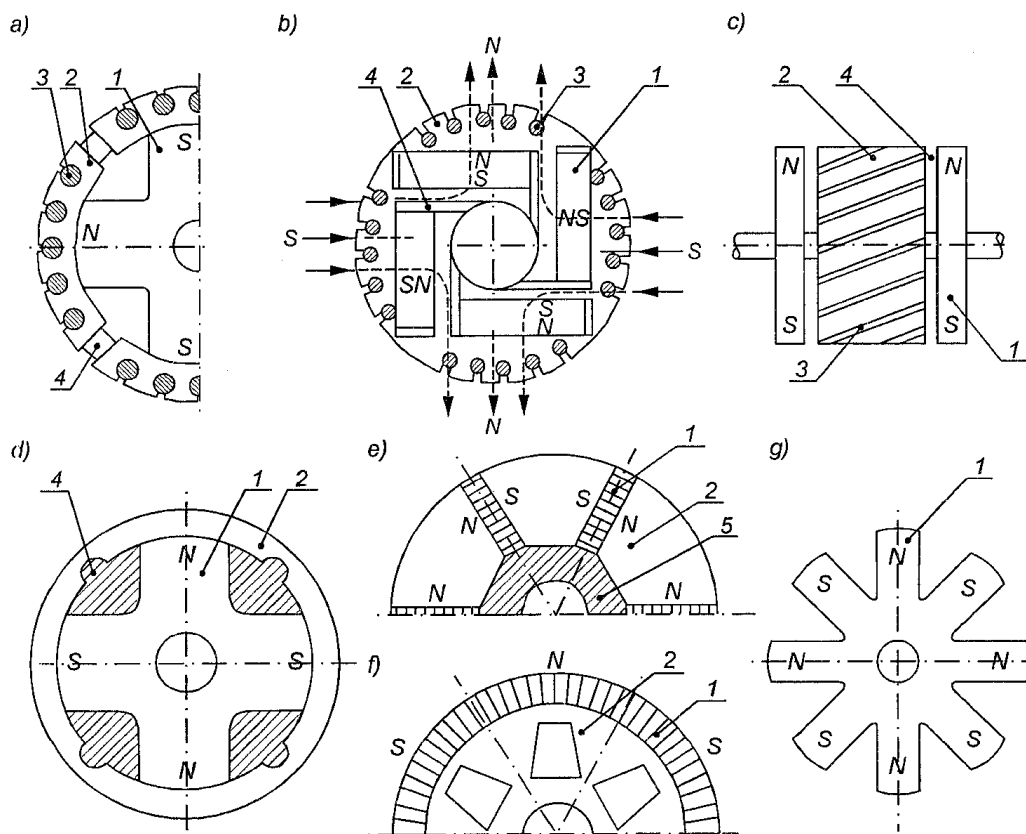
(Mrugalski 1979)



a) z magnesem trwałym, b) histerezowy, c) reluktancyjny

Zasady konstrukcji wirników permasyonów

(Sochocki 1996)

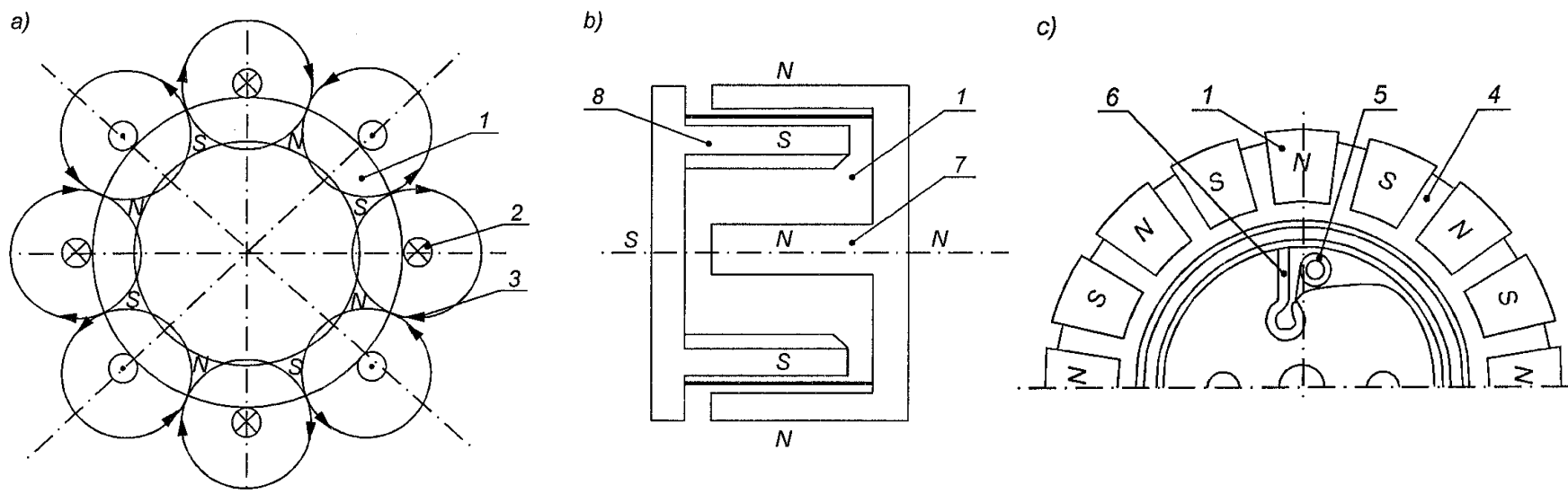


- 1 – magnes trwały,**
- 2 – rdzeń ferromagnetyczny lub histerezy,**
- 3 – pręty klatki rozruchowo-tłumiącej,**
- 4 – szczeliny ograniczające strumień rozproszony magnesów,**
- 5 – niemagnetyczna piasta**

a), b), c) o rozruchu własnym indukcyjnym, d) o rozruchu własnym histerezy, o rozruchu częstotliwościowym: e) warstwowy, f) powłokowy, g) gwiazdowy;

Zasady konstrukcji wirników mikrosilników synchronicznych jednofazowych

(Sochocki 1996)

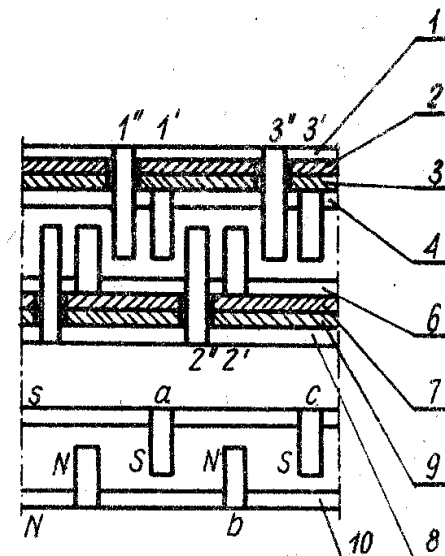
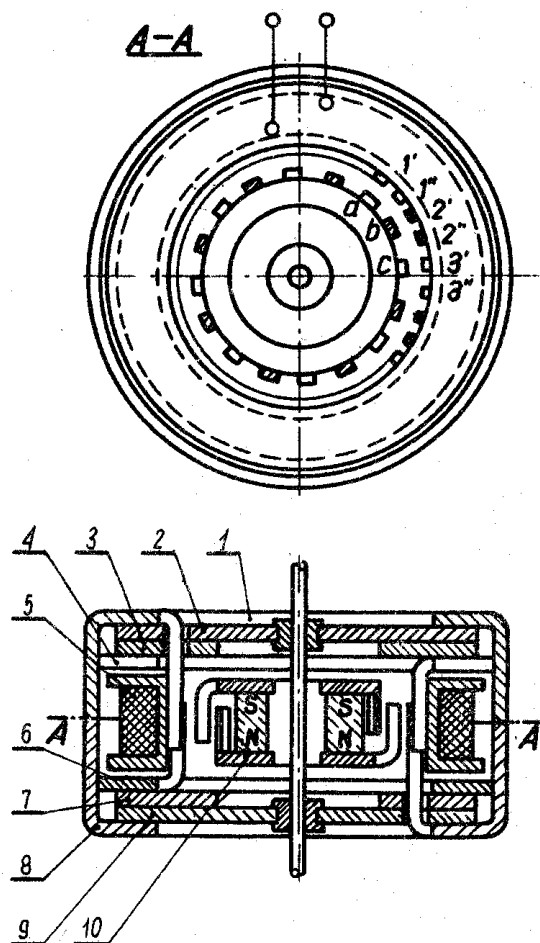


a) cylindryczny ferrytowy magnesowany impulsowo, b) pazurowy z magnesem magnesowanym osiowo, c) z piastą niemagnetyczną i blokadą niepożądanego kierunku ruchu;

1 – magnes trwały, 2 – pręt klatki magnesującej, 3 – kierunek pola magnesującego, 4 – piasta niemagnetyczna, 5 – rolka, 6 – sprężyna, 7 – biegun pazurowy N, 8 – biegun pazurowy S

Silnik synchroniczny 16. biegunowy (375 obr/min)

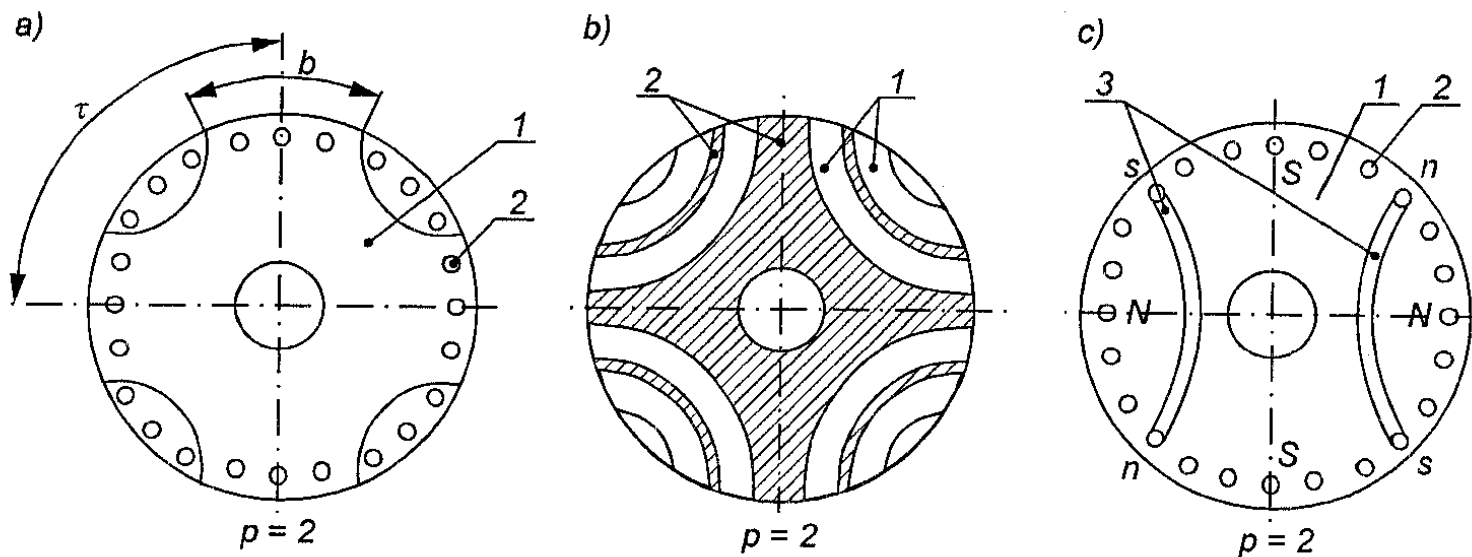
(Mrugalski 1979)



1, 8 – części stojana, 2 – biegun, 3, 7 –
miedziane tarcze, 4 – rdzeń twornika,
5 – uzwojenie, 6 – uzwojenie twornika, 7 –
szczotka, 8 – uzwojenie wzbudzenia, 9 –
strumień wzbudzenia, 10 – magnes trwały
wirnika

Odmiany konstrukcyjne czterobiegunowych wirników silników reluktancyjnych

(Sochocki 1996)

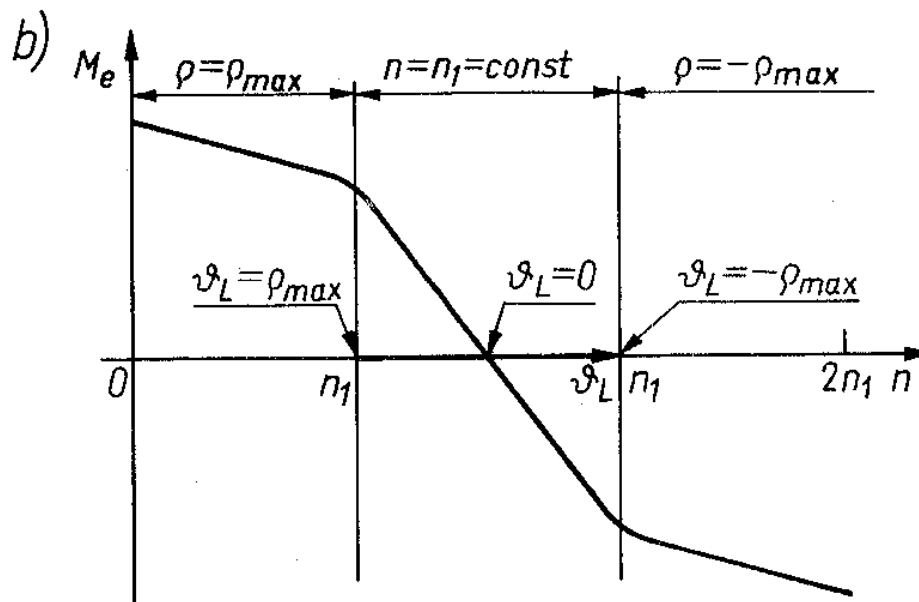
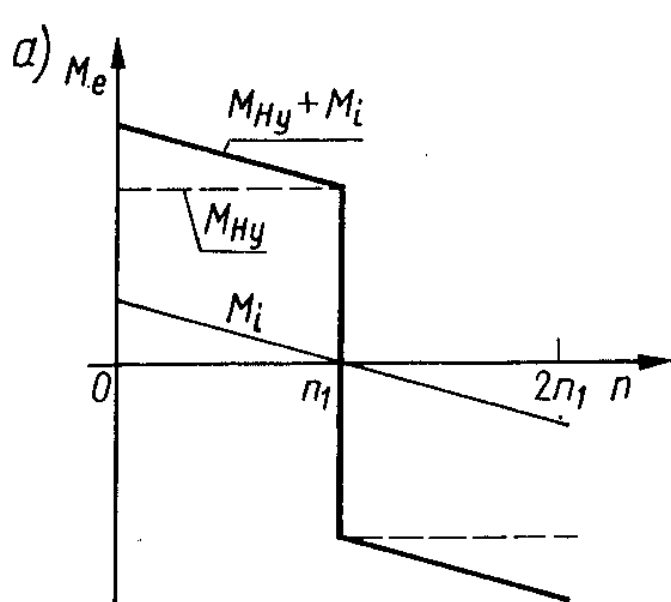


a) klasyczna, b) segmentowa, c) z „barierami strumieniowymi”:

1 – rdzeń ferromagnetyczny, 2 – klatka rozruchowo-tłumiąca,
3 – „bariery strumieniowe”

Charakterystyki silnika histerezyowego

(Pochanke 1996)



a) mechaniczna, b) moment w funkcji prędkości i kąta obciążenia;