
POLITECHNIKA GDAŃSKA
Wydział Elektrotechniki i Automatyki
Katedra Energoelektroniki i Maszyn Elektrycznych

MODELOWANIE I SYMULACJA
SYSTEMÓW MECHATRONIKI

Kierunek Automatyka i Robotyka
Studia stacjonarne 1-giego stopnia, sem. 5

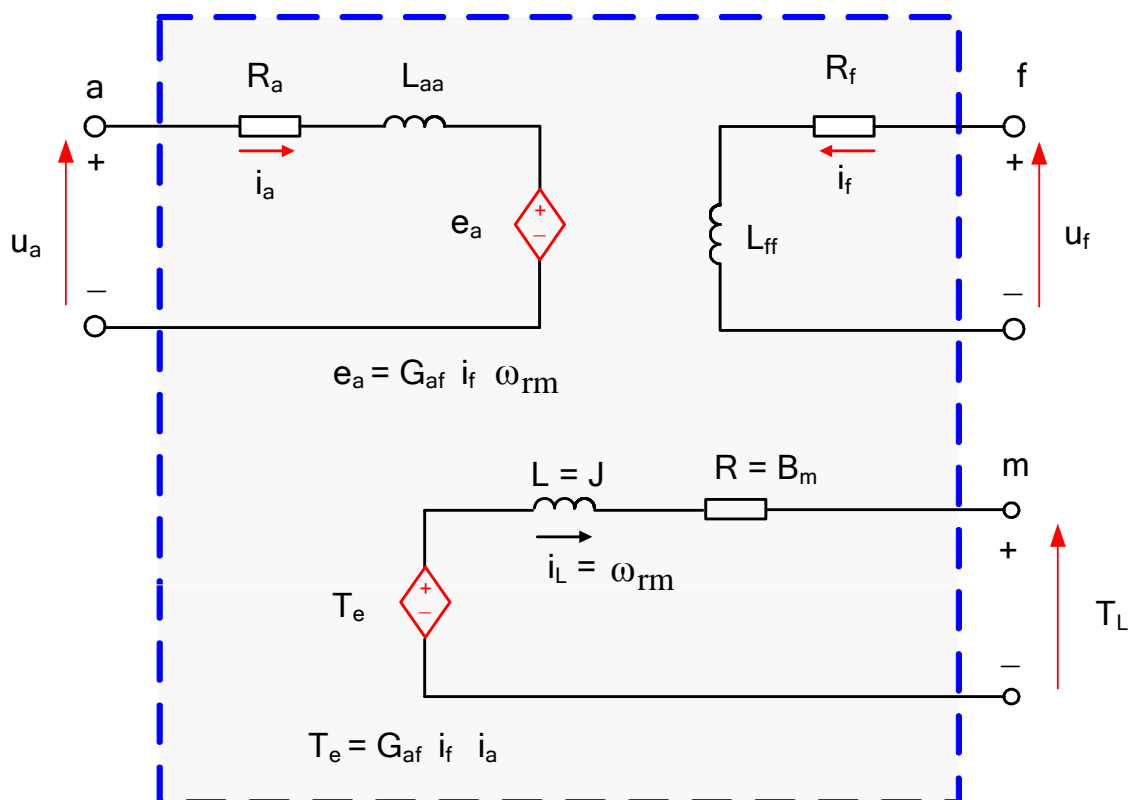
TEMATYKA WYKŁADU/LABORATORIUM

Wyznaczanie parametrów dynamicznego modelu obwodowego
SPS na podstawie danych katalogowych producenta

Mieczysław RONKOWSKI

2012-2013

WYZNACZANIE WARTOŚCI PARAMETRÓW DYNAMICZNEGO MODELU OBWODOWEGO SILNIKA PRĄDU STAŁEGO (Modelu o stałych parametrach)



Rys. 1. Dynamiczny model maszyny (silnika) prądu stałego — wzorcowego sprzężenia elektromechanicznego w ujęciu obwodowym (analog elektryczny)

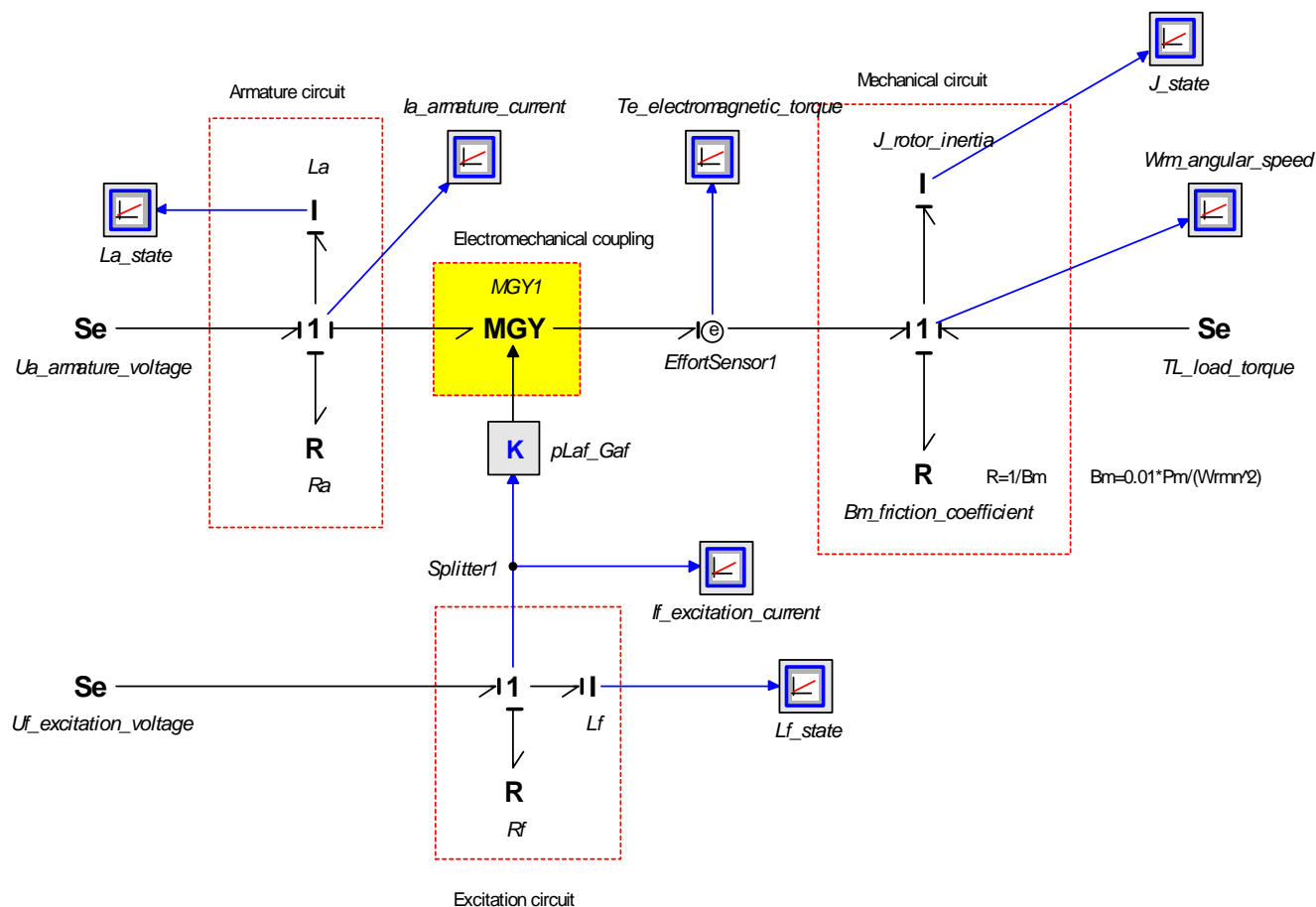
Uwaga: Strzałkowanie na rys. 1. przyjęto wg konwencji silnikowej (odbiornikowej).

1. Wielkości modelu na rys. 1A.

- u_a - napięcie twornika
- u_f - napięcie wzbudzenia
- i_a - prąd twornika
- i_f - prąd wzbudzenia
- e_a - sem rotacji
- T_e - moment elektromagnetyczny (wewnętrzny)
- ω_{rm} - prędkość kątowa (mechaniczna) wirnika
- T_L - moment obciążenia (zewnętrzny)

2. Parametry modelu na rys. 5b.

- R_a - rezystancja obwodu twornika
- R_f - rezystancja obwodu wzbudzenia
- L_{aa} - indukcyjność własna obwodu twornika
- L_{ff} - indukcyjność własna obwodu wzbudzenia
- G_{af} - indukcyjność rotacji (sprzężenia elektromechanicznego)
- J - moment bezwładności
- B_m - współczynnik tarcia lepkiego



dc_motor3_x_sme_poprawka3.em

Rys. 2. Dynamiczny model maszyny (silnika) prądu stałego — wzorcowego sprzężenia elektromechanicznego w ujęciu grafów wiązań

Tablica1. Dane katalogowe silników prądu stałego – producent firma SIEMES

Wielkość	U_{an}	n_n	P_n	J	I_{an}	η_n	P_{in}	U_{in}	R_a	L_{aa}
mechaniczna	V	obr/min	kW	kgm ²	A	%	W	V	Ω	mH
100L	300	1850	1,25	0,0115	5	75	145	180	4,6	42
112L	400	2700	4,6	0,0301	13,5	83	130	180	1,97	16
160M	400	3500	19,2	0,121	54,0	86	480	180	0,13	2
225L	440	2300	38,0	0,65	94,0	90,4	650	310	0,15	2,3
225L	600	2950	136,0	0,75	245	91,1	800	310	0,12	1,5

W powyższej tabeli producent podał wartości tylko dla części parametrów (J , R_a , L_{aa}) - wartości pozostałych parametrów wyznacza się wg podanych niżej zależności.

Indukcyjność rotacji

wyznacza się z równania równowagi dla obwodu twornika przy warunkach znamionowych:

$$U_{an} = (G_{af} I_{fn}) \Omega_{rnn} + R_a I_{an} \quad [V] \quad (1)$$

po przekształceniu otrzymuje się

$$G_{af} = (U_{an} - R_a I_{an}) / (I_{fn} \Omega_{rnn}) \quad [H] \quad (2)$$

gdzie, znamionowy prąd wzbudzenia

$$I_{fn} = P_{fn} / U_{fn} \quad [\text{A}] \quad (3)$$

oraz znamionowa prędkość kątowna [rad/s]

$$\Omega_{rmn} = 2\pi n_n / 60 \quad [\text{rad/s}] \quad (4)$$

Rezystancja obwodu wzbudzenia

$$R_f = U_{fn}^2 / P_{fn} \quad [\Omega] \quad (5)$$

Współczynnik tarcia lepkiego

$$B_m \cong \frac{\Delta P_{mn}}{\Omega_{rmn}^2} \quad [\text{Nm's}] \quad (6)$$

gdzie, znamionowe strat mechaniczne szacuje się następująco

$$\Delta P_{mn} \cong \frac{(0,3...1)\%}{100} P_n \quad [\text{W}] \quad (7)$$

Elektromagnetyczna stała czasowa (stała czasowa obwodu twornika)

$$\tau_a = L_{aa} / R_a \quad [\text{s}] \quad (8)$$

Elektromechaniczna stała czasowa

$$\tau_m = \frac{J R_a}{(G_{af} I_{fn})^2} \quad [\text{s}] \quad (9)$$

Indukcyjności obwodu wzbudzenia

ze względu na jej brak w danych katalogowych, szacuje się z następującej relacji między stałą czasową obwodu wzbudzenia ($\tau_f = L_{ff} / R_f$) a elektromagnetyczną stałą czasową (stała czasowa obwodu twornika)

$$\tau_f \geq 20 \tau_a \quad \text{lub} \quad L_{ff} / R_f = 20 L_{aa} / R_a \quad (10)$$

zatem

$$L_{ff} \geq 20 L_{aa} R_f / R_a \quad [\text{H}] \quad (11)$$

Uwaga:

Powyższa relacja jest słuszna dla silnika o napięciu twornika takim samym jak napięcie wzbudzenia. W przypadku różnych napięć należy wyznaczyć wartość indukcyjności wg relacji (11), a następnie skorygować jej wartość do poziomu danego napięcia wzbudzenia, zakładając, że energia pola magnetycznego obwodu wzbudzenia jest taka sama w obu przypadkach.

Indukcyjność obwodu twornika

w przypadku braku jej wartości w danych katalogowych, można oszacować następująco:

$$L_{aa} \cong 120 c_a \frac{U_{an}}{I_{an} P n_n} \quad [\text{H}] \quad (12)$$

gdzie, stała c_a przyjmuje wartości:

- w przedziale **0,05...0,07** - dla maszyn bez uzwojenia kompensacyjnego;
- około **0,032** - dla maszyn z uzwojeniem kompensacyjnym.

Uwaga: P – oznacza liczbę biegunów maszyny!.

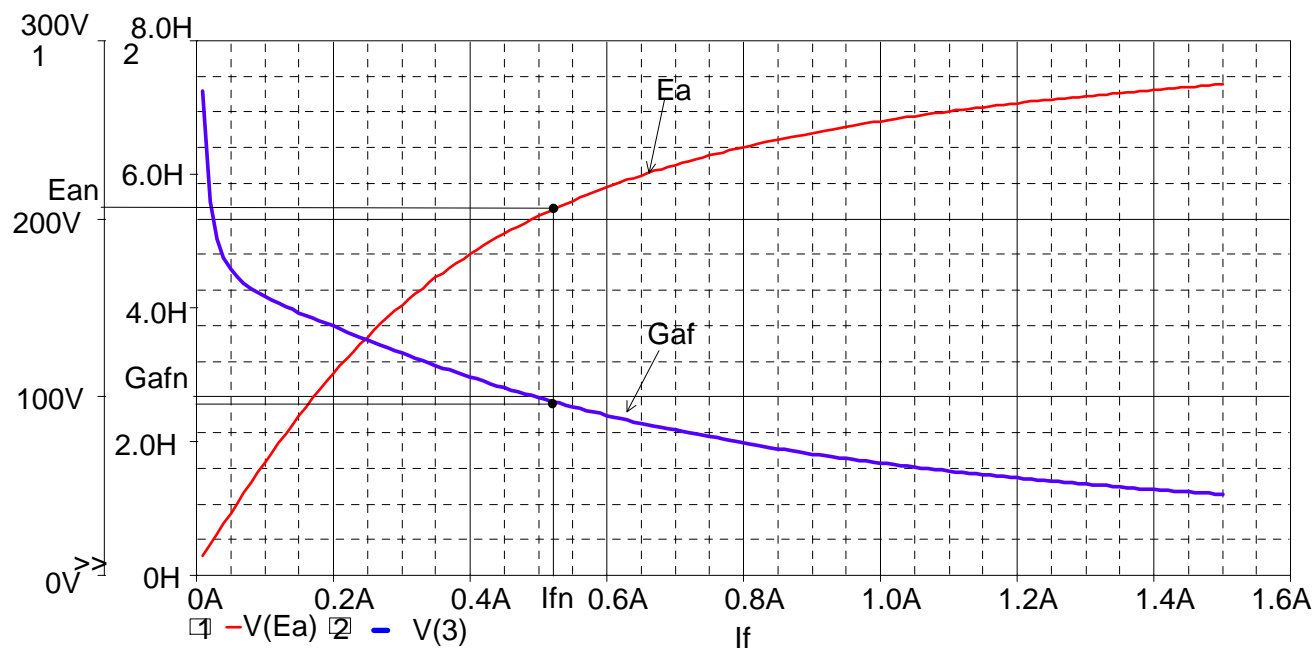
KOMENTARZ DO NIELINIOWOŚCI INDUKCYJNOŚCI ROTACJI G_{af}

Na rys. 3 podano zależność indukcyjności rotacji do prądu wzbudzenia.

Wykres sporządzono na podstawie charakterystyki biegu jałowego (w innej skali charakterystyka magnesowania) $E_a = E_a(I_f)$ maszyny prądu stałego przy stałej prędkości kątowej Ω_{rm} .

Obliczenia wykonano wg zależności:

$$G_{af} = E_a(I_f) / (I_{fn} \Omega_{rmn}) \quad [H] \quad (13)$$



Rys. 3. Przykładowa charakterystyki biegu jałowego (w innej skali charakterystyka magnesowania) i indukcyjności rotacji maszyny prądu stałego