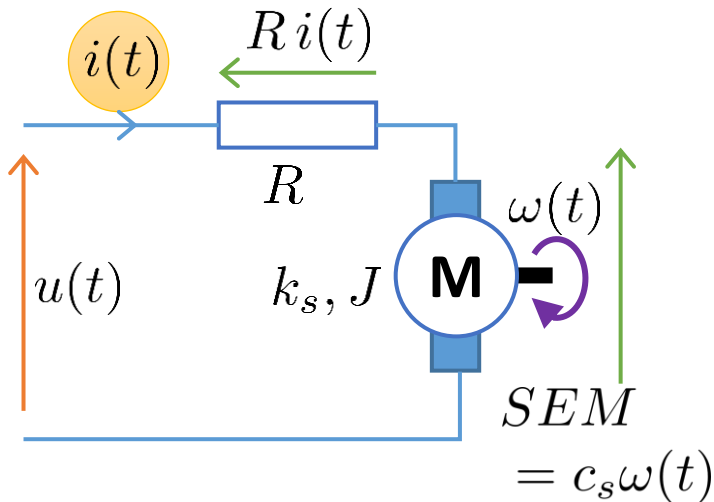


# Modele dynamiczne silników i układy regulacji serwomechanizmów

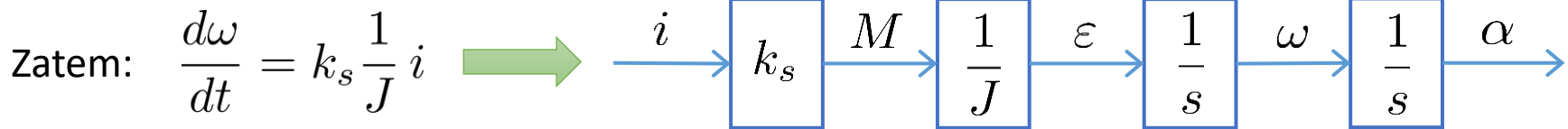
# Silnik sterowany prądowo



## Kluczowa cecha trybu prądowego:

Sygnal sterujący określa bezpośrednio (lub proporcjonalnie) prąd silnika. Spadek napięcia na rezystancji uzwojeń  $R$  oraz SEM nie mają znaczenia, bo napięcie zasilania przyjmuje wartość odpowiednią, aby uzyskać zadany prąd (źródło prądowe). W takim reżimie dynamikę silnika definiuje poniższe równanie.

$$J \frac{d\omega}{dt} = M = k_s i$$



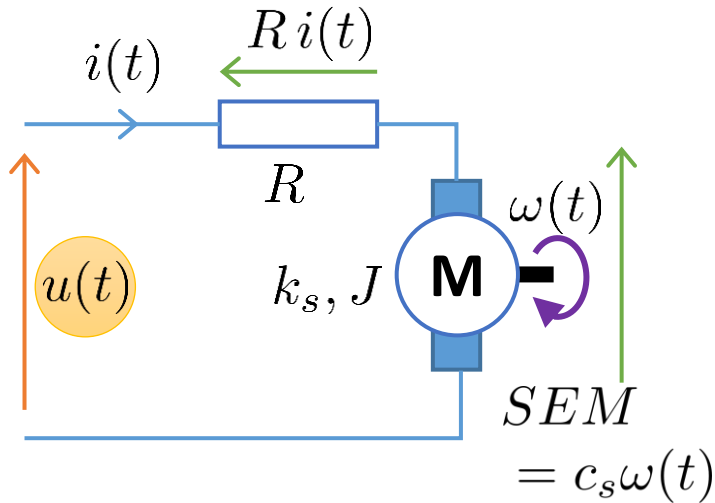
**Transmitancja prędkościowa**  $G_v(s) = \frac{\Omega(s)}{I(s)} = \frac{k}{s}$

**Transmitancja położeniowa**  $G_p(s) = \frac{\alpha(s)}{I(s)} = \frac{k}{s^2}$

$k = \frac{k_s}{J}$

Alternatywnie z tr. Laplace'a:  $J s \Omega(s) = k_s I(s) \implies G_v(s) = \frac{\Omega(s)}{I(s)} = \frac{k_s}{J} \frac{1}{s} = \frac{k}{s}$

# Silnik sterowany napięciowo



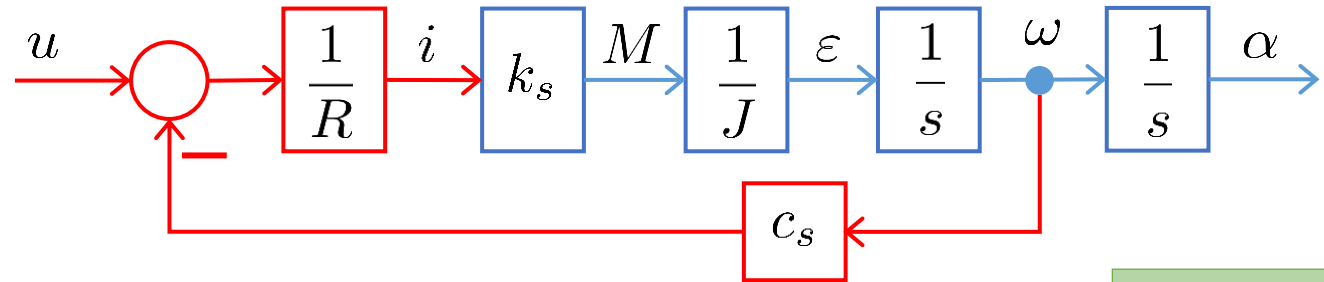
## Kluczowa cecha trybu napięciowego:

Sygnal sterujący określa bezpośrednio (lub proporcjonalnie) napięcie zasilania silnika. Spadek napięcia na rezystancji uzwojeń  $R$  oraz SEM muszą zostać uwzględnione. Należy zastosować w tym celu równanie bilansu napięć w obwodzie.

$$J \frac{d\omega}{dt} = k_s i, \quad u = Ri + c_s \omega$$

Zatem:

$$i = \frac{u - c_s \omega}{R}$$



$$\frac{\Omega(s)}{U(s)} = \frac{\frac{k_s}{RJ} \frac{1}{s}}{1 + \frac{k_s}{RJ} \frac{1}{s} c_s} = \dots = \frac{k}{Ts + 1}$$

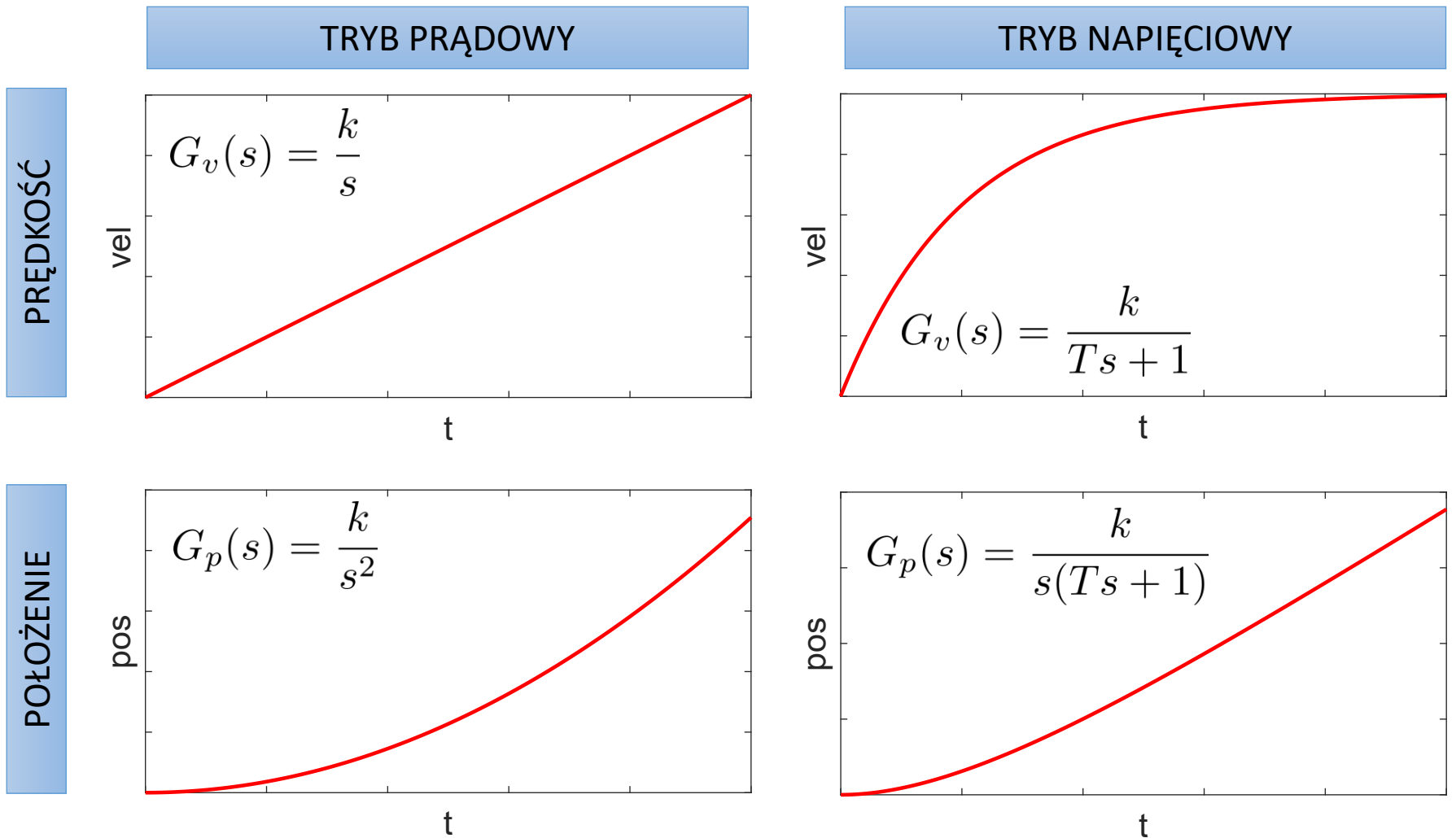
$$k = \frac{1}{c_s}$$

$$T = \frac{RJ}{k_s c_s}$$

Transmitancja prędkościowa  $G_v(s) = \frac{k}{Ts + 1}$

Transmitancja położeniowa  $G_p(s) = \frac{k}{s(Ts + 1)}$

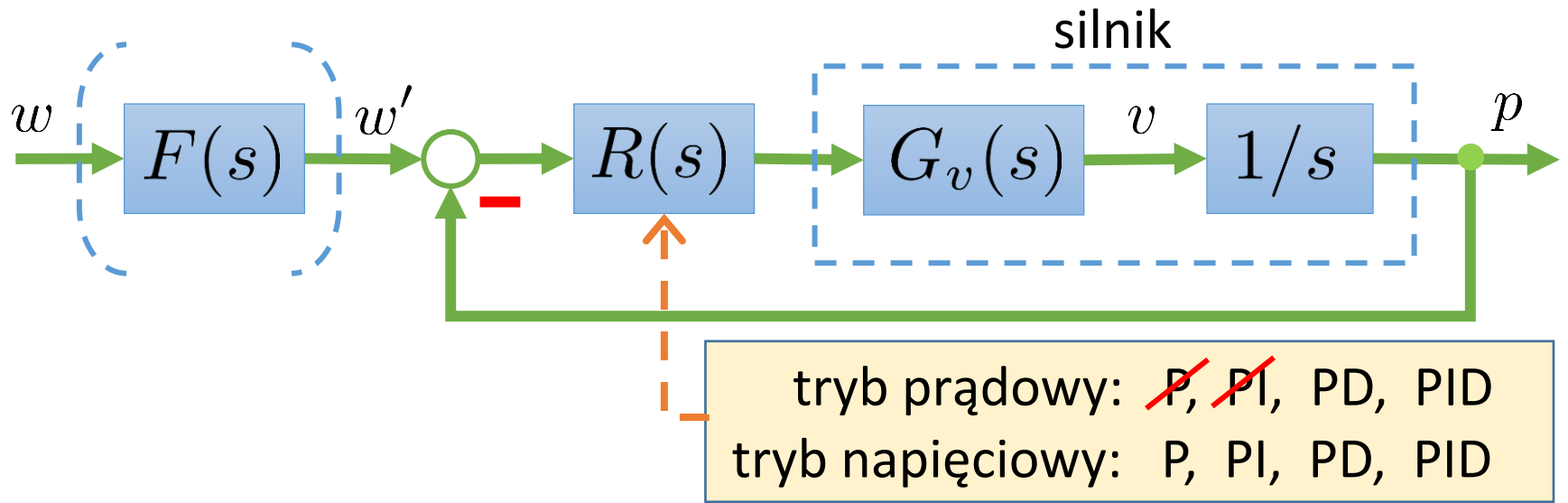
# Odpowiedzi skokowe silników



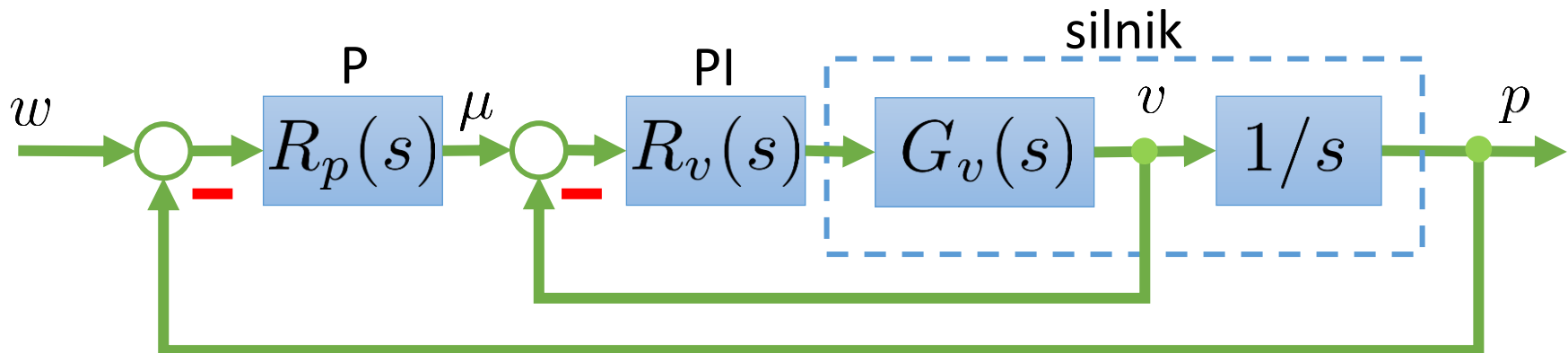
**Spostrzeżenie:** Tryb napięciowy jest koncepcyjnie bardziej złożony, ale elementarny w realizacji technicznej (prostszy i tańszy), tryb prądowy – odwrotnie.

# Struktury regulacji serwomechanizmów

## A. Jednoobwodowa pętla regulacji



## B. Struktura kaskadowa prędkość-położenie



# Nastawy dla trybu prądowego

Regulator	Nastawy	Czas regulacji
<b>PD</b>	$k_p = \frac{36}{k t_r^2}, \quad k_d = \frac{12}{k t_r}, \quad F(s) = \frac{1}{\frac{t_r}{3}s + 1}$	zadany
<b>PID</b>	$k_p = \frac{216}{k t_r^2}, \quad k_i = \frac{432}{k t_r^3}, \quad k_d = \frac{27}{k t_r},$ $F(s) = \frac{1}{\frac{t_r}{4}s + 1}$	zadany
<b>P-PI</b> (kaskadowy)	$\mathbf{P} : k_p = \frac{4}{t_r}, \quad \mathbf{PI} : k_p = \frac{27}{k t_r}, \quad k_i = \frac{108}{k t_r^2}$	zadany

# Nastawy dla trybu napięciowego

Regulator	Nastawy	Czas regulacji
<b>P</b>	$k_p = \frac{1}{4kT}$ (odp. aperiodyczne krytyczne)	$t_r = 12T$
<b>PD</b>	$k_p = \frac{4}{k t_r}, k_d = \frac{4T}{k t_r}$	zadany
<b>PI</b>	$k_p = \frac{1}{3kT}, k_i = \frac{1}{27kT^2}, F(s) = \frac{1}{9Ts + 1}$	(opcja) $t_r = 24T$
<b>PID</b>	$k_p = \frac{12T}{k t_r} \left( \frac{3}{t_r} + \frac{1}{T} \right), k_i = \frac{36}{k t_r^2}, k_d = \frac{12T}{k t_r},$ $F(s) = \frac{1}{\frac{t_r}{3}s + 1}$	zadany
<b>P-PI</b> (kaskadowy)	<b>P</b> : $k_p = \frac{3}{t_r},$ <b>PI</b> : $k_p = \frac{12T}{k t_r}, k_i = \frac{12}{k t_r}$	zadany