

Controle Dinâmico

- MA x MF -



Prof. Adolfo Bauchspiess
ENE/UnB

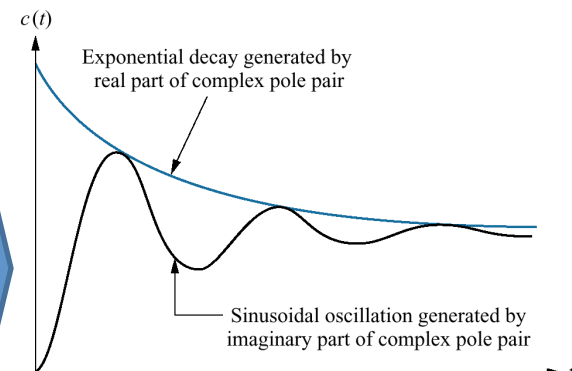
Sistemas de Controle

Estudo de um Sistema Físico

- Modelamento Físico
- Formulação Matemática
- Análise Dinâmica



$$G(s) = \frac{s + b}{s^3 + 2\alpha Ts + 1}$$



Alguns Sistemas de Controle:



Telecomunicações

Orientação de satélites e antenas



Robótica



Soldagem Laser & Selagem



Controle de Processos

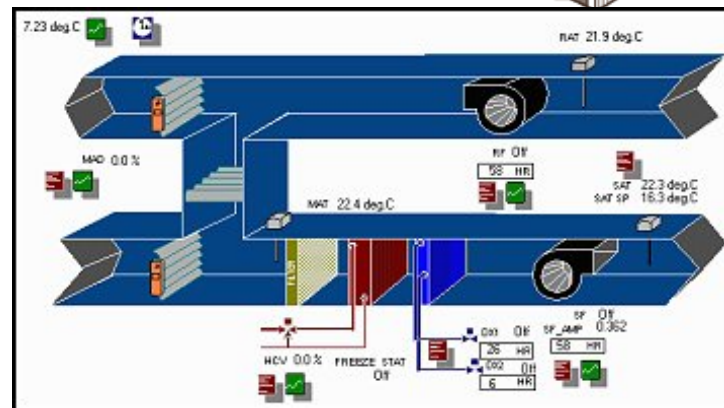
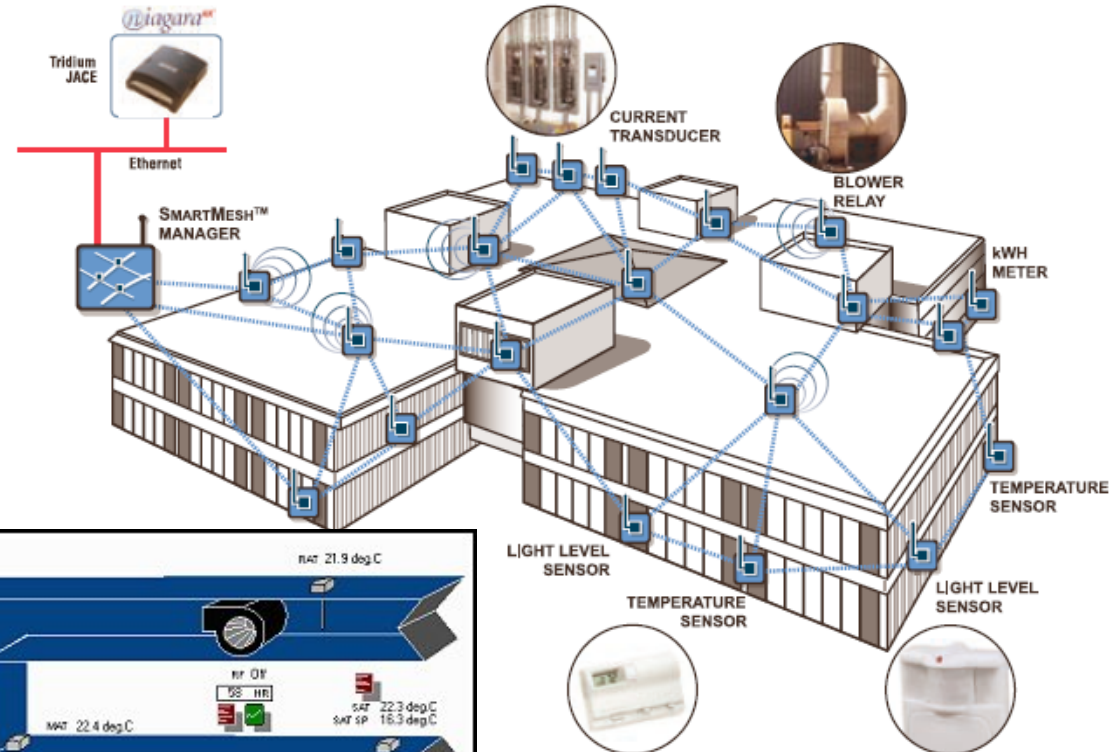
SCADA

Supervisory
Control
and
Data
Acquisition



Automação Predial

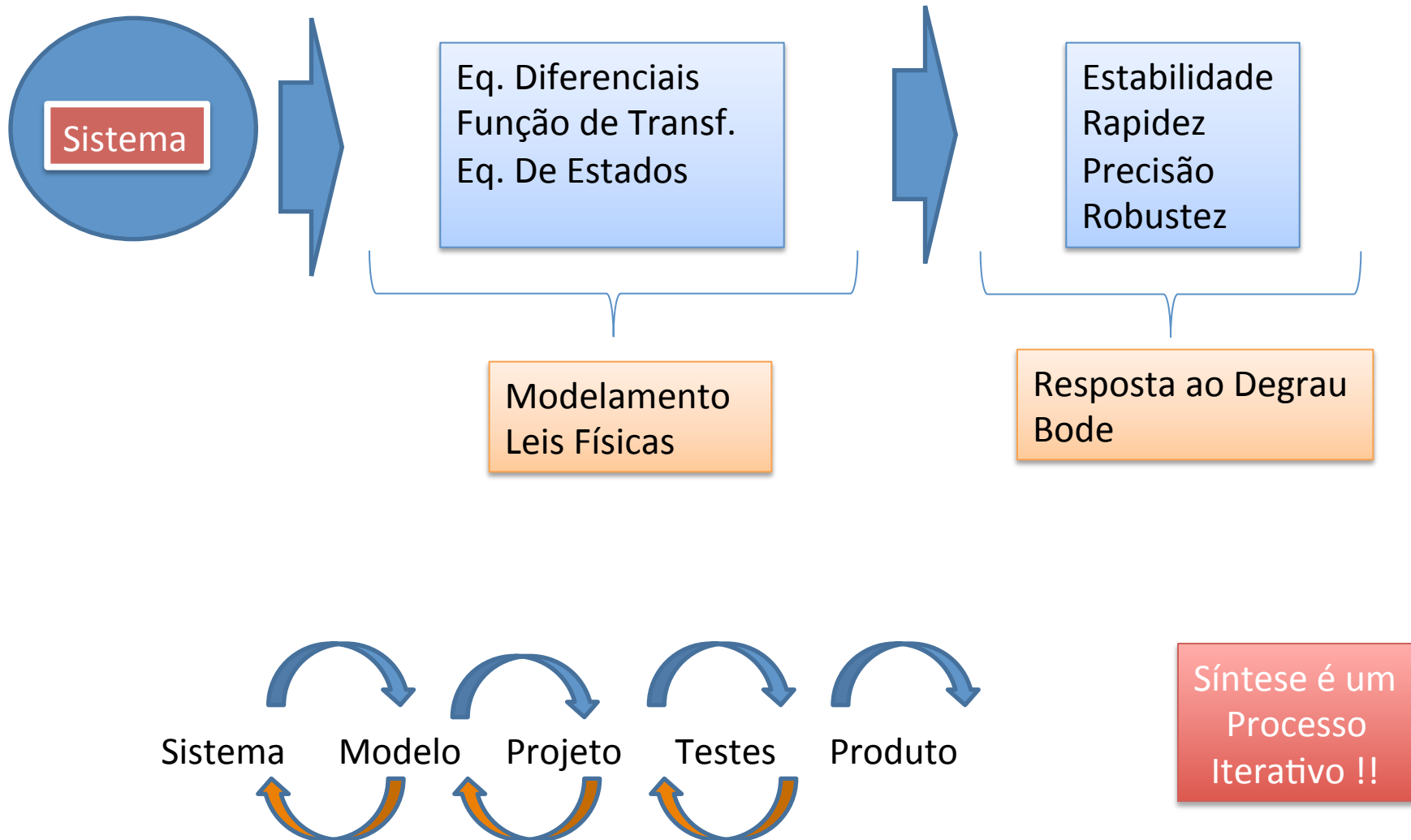
Building Automation: Energy Management



Fonte: www.dust-inc.com

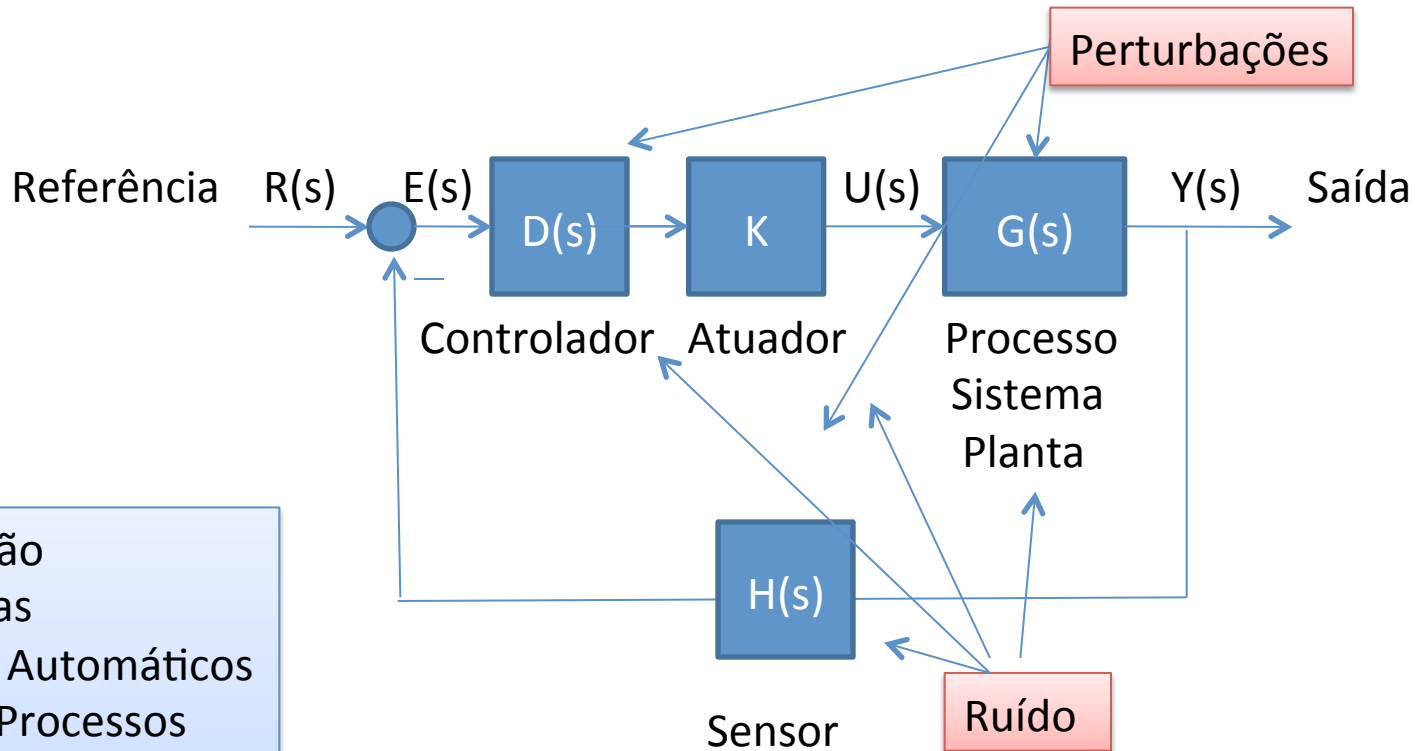
Conforto Térmico
Segurança
Racionalização de Energia

Projeto de Controladores



Alguns Termos Técnicos

(Jargão da Área)



Realimentação
Servosistemas
Reguladores Automáticos
Controle de Processos
Controle Adaptativo
Controle Robusto
Controle Digital
Controle Inteligente

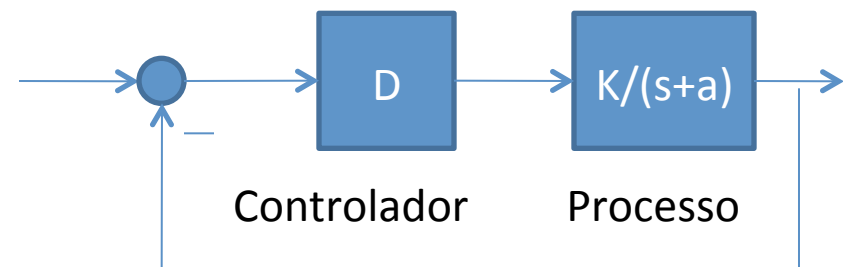
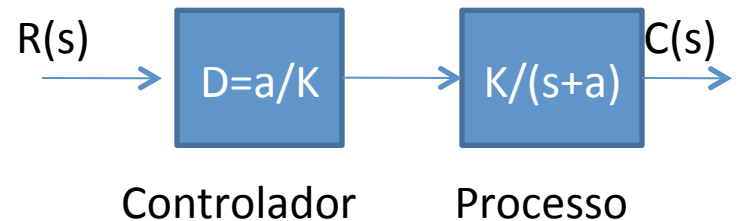
(Controle em Malha Fechada)

Teoria da Realimentação

Qual esquema de controle é melhor, MA ou MF?

Critérios:

1. Sensibilidade à variação de parâmetros
2. Rejeição de Perturbações
3. Acompanhamento de Sinais



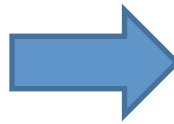
1- Sensibilidade

$$S_{F:P} = \lim_{\Delta P \rightarrow 0} \frac{\text{Variação \% de } F}{\text{Variação \% de } P}$$

F - Função
 P - Parâmetro

$$S_{F:P} = \lim_{\Delta P \rightarrow 0} \frac{\Delta F / F}{\Delta P / P}$$

$$S_{F:P} = \lim_{\Delta P \rightarrow 0} \frac{P}{F} \frac{\Delta F}{\Delta P}$$

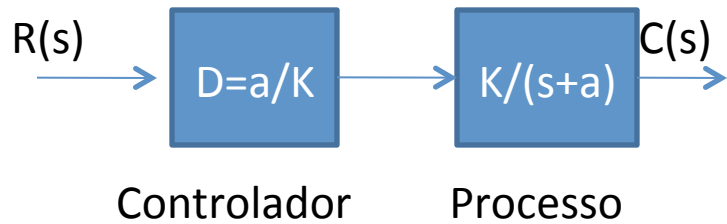


$$S_{F:P} = \frac{P}{F} \frac{\partial F}{\partial P}$$

Sensibilidade da função F em relação a variações do parâmetro P

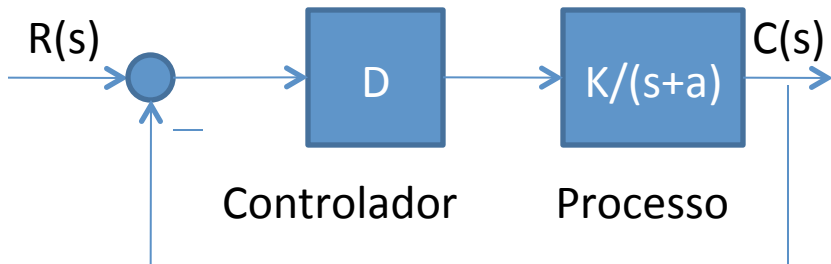
$$S_{F:P} = \frac{P}{F} \frac{\partial F}{\partial P}$$

Exemplo: MA x MF



$$F_{MA} = \frac{DK}{s+a}$$

$$S_{F_{MA}:K} = \frac{K}{DK} \frac{D}{s+a} = 1$$



$$F_{MF} = \frac{\frac{DK}{s+a}}{1 + \frac{DK}{s+a}} = \frac{DK}{s+a+DK}$$

$$S_{F_{MF}:K} = \frac{K}{DK} \frac{D(s+a+DK) - DDK}{(s+a+DK)^2} = \frac{s+a}{s+a+DK}$$

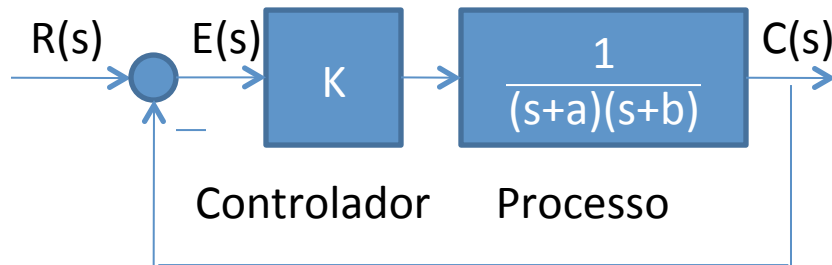
Se $DK \uparrow \rightarrow S \downarrow$

e.g. $DK=99a \rightarrow S=0,01$

1% de variação em K
 \rightarrow 0,01% de var. em F

$DK =$ Ganho de Malha

Sensibilidade do erro(∞) com entrada degrau



$$K_p = K/ab$$

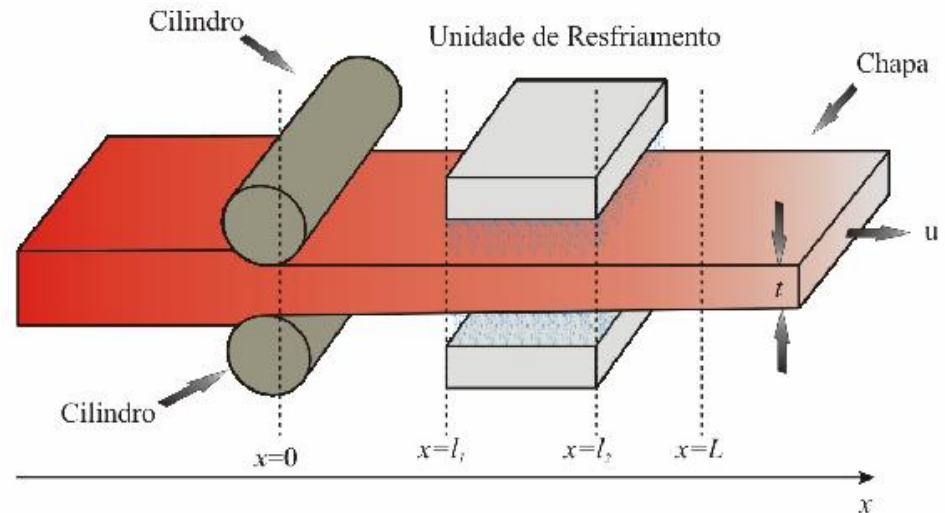
$$e(\infty) = \frac{1}{1 + K_p} = \frac{1}{1 + \frac{K}{ab}} = \frac{ab}{ab + K}$$

$$S_{e(\infty):a} = \frac{a}{e} \frac{\partial e}{\partial a} = \frac{a}{ab} \frac{b(ab + K) - bab}{(ab + K)^2} = \frac{K}{ab + K}$$

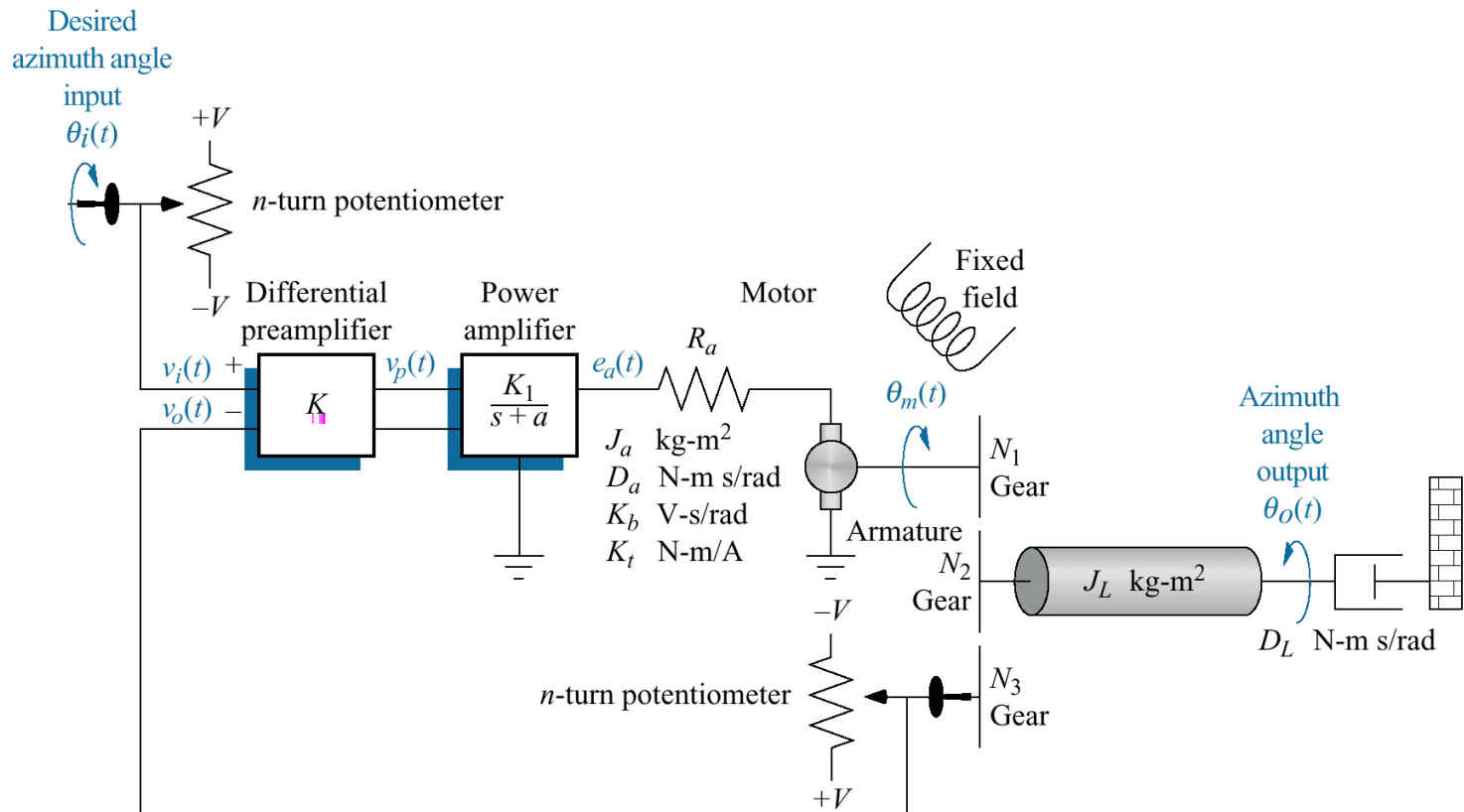
$$S_{e(\infty):K} = \frac{K}{e} \frac{\partial e}{\partial K} = \frac{K}{ab} \frac{-ab}{(ab + K)^2} = \frac{-K}{ab + K}$$

2 – Rejeição de Perturbações (MA x MF)

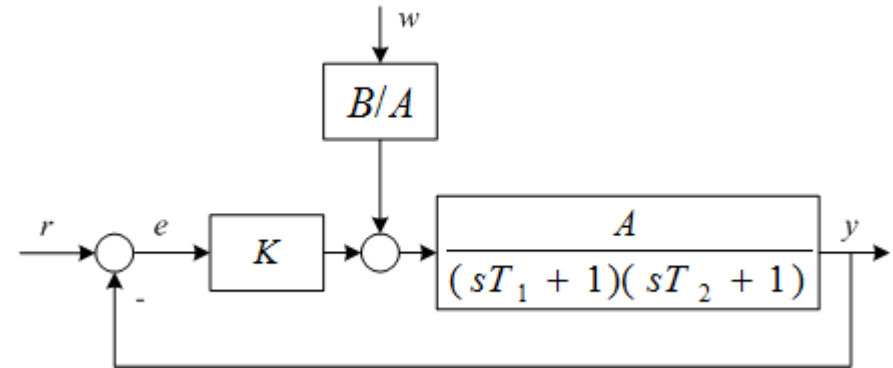
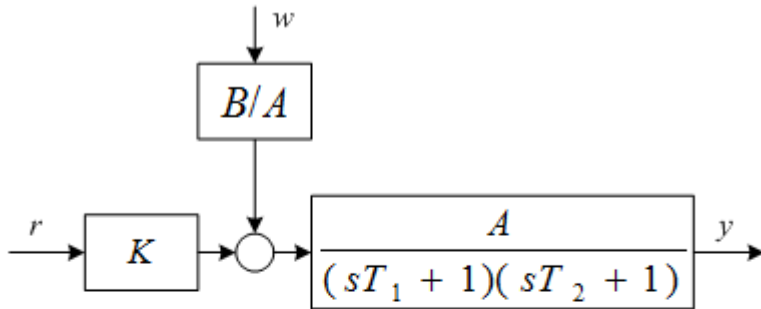
Laminação a quente



Motor CC em MF



Rejeição de Perturbações (MA x MF)



$$Y(s) = \frac{A}{(sT_1 + 1)(sT_2 + 1)} V_a(s) + \frac{B}{(sT_1 + 1)(sT_2 + 1)} W(s)$$

$$v_a = K(r - y)$$

Controlador Proporcional $K = 1/A$

$$y_{ss} = Av_a + Bw = AKr + Bw$$

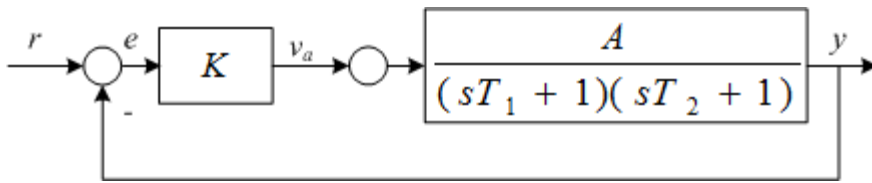
$$Y(s) = \frac{AKR(s) + BW(s)}{(sT_1 + 1)(sT_2 + 1) + AK}$$

$$y_{ss} = r + Bw$$

$$y_{ss} = \frac{AK}{1 + AK} r + \frac{B}{1 + AK} w$$

Acompanhamento de Sinais (MA x MF)

Se o sistema é lento
 MA → novo projeto
 MF → ajuste da resposta dinâmica



eq. característica

$$T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2)s + 1 + AK = 0$$

$$s = \frac{-(T_1 + T_2) \pm \sqrt{(T_1 + T_2)^2 - 4T_1 T_2 (1 + AK)}}{2T_1 T_2}$$

