

Aula 20 – Ações de Controle

1. Introdução

Um CONTROLADOR compara o valor real da saída do processo com o valor desejado, determina o desvio (ERRO), e produz um sinal de controle denominado AÇÃO DE CONTROLE que “tenta” reduzir o ERRO.

Ação de Controle: é a ação pela qual o controlador produz o sinal de controle.

Basicamente os controladores trabalham com 4 tipos de ação de controle:

- 1) Ação do controle ON-OFF
- 2) Ação do controle Proporcional P
- 3) Ação do controle Integral I
- 4) Ação do controle Derivativa D

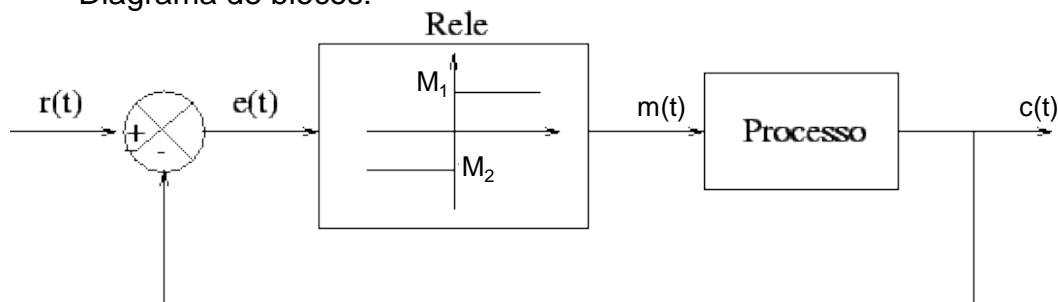
As ações de controle P, I e D podem ser combinadas para formar as ações PI, PD e PID.

2. Ação de Controle ON-OFF (Duas Posições)

O valor da saída $m(t)$ do controlador é M_1 se o erro atuante for positivo e será M_2 se o erro atuante for negativo.

$$\begin{cases} m(t) = M_1; & \text{se } e(t) > 0 \\ m(t) = M_2; & \text{se } e(t) < 0 \end{cases}$$

Diagrama de blocos:



2.1 Histerese Diferencial

A palavra histerese tem origem grega e significa “retardo”. Sua influência pode ser observada em diversos instrumentos de medição e está sempre relacionada a um atraso na evolução de um fenômeno físico, seja térmico, magnético, entre outros.

Em um controlador a Histerese Diferencial corresponde a um atraso no acionamento (ou desligamento) da saída a relé. A Histerese também é chamada de diferencial e possui um papel importante na proteção do equipamento.

3. Ação de Controle Proporcional (K_P)

O valor da saída $m(t)$ do controlador é proporcional ao sinal de erro atuante.

$$\frac{m(t)}{e(t)} = K_P \Rightarrow M(s) = K_P E(s)$$

Diagrama de blocos:

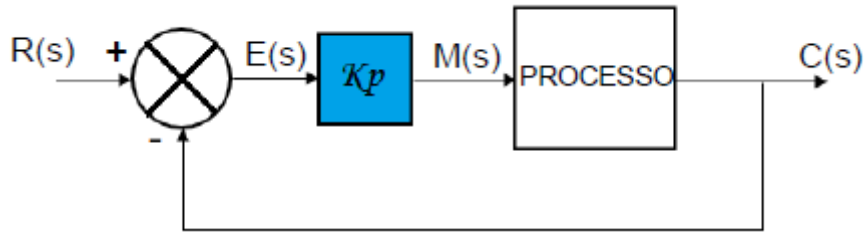
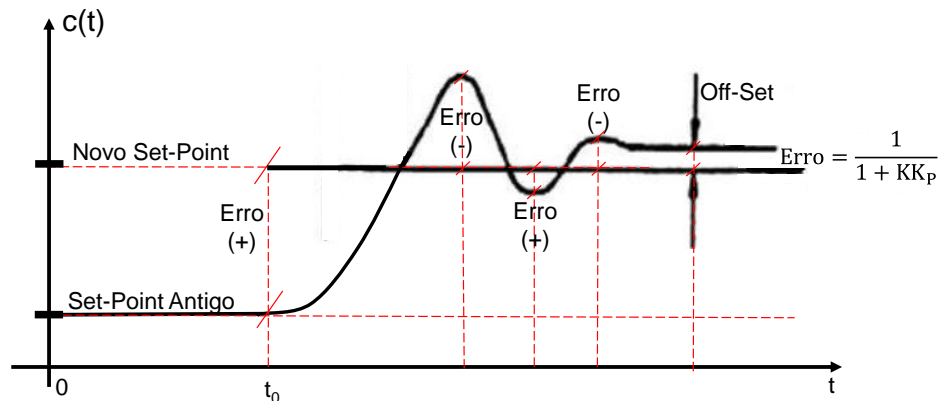


Gráfico da Ação de Controle Proporcional



Comparado com a ação ON-OFF, essa ação de controle possui a vantagem de eliminar as oscilações do sinal de saída. Para tal, o sistema permanece sempre ligado e o sinal de saída é diferente de zero. Tendo em vista que o sinal de saída é proporcional ao erro, um erro não-nulo (conhecido por erro de off-set) é gerado.

O valor do erro off-set é inversamente proporcional ao ganho K_P da ação de controle P e pode ser compensado adicionando-se um termo ao valor de referência ou pelo controle integral.

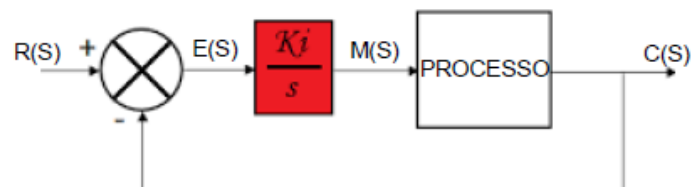
4. Ação de Controle Integral (K_i)

O valor da saída $m(t)$ do controlador é variado em uma taxa proporcional ao sinal de erro $e(t)$ atuante.

$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i e(t) \Rightarrow m(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \Rightarrow M(s) = \frac{K_i}{s} E(s)$$

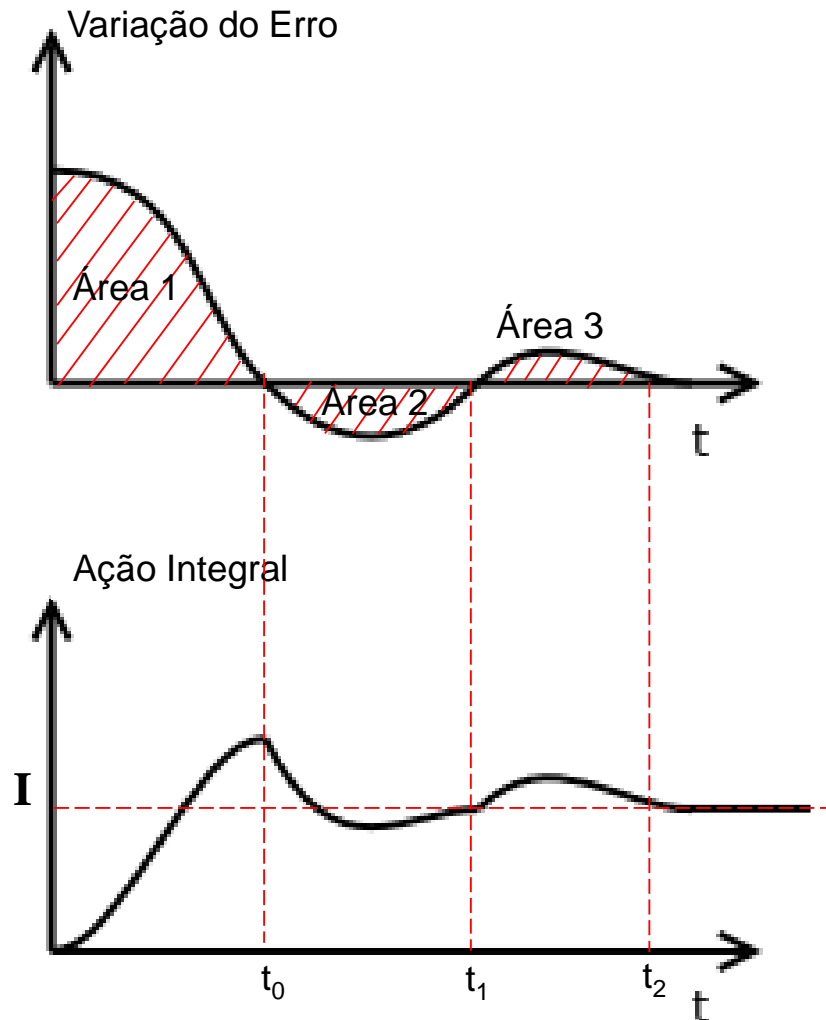
A Ação de Controle Integral é também denominada “Controle de Reestabelecimento” (Reset).

Diagrama de Blocos:



A ação integral corrige o valor da variável manipulada em intervalos regulares, chamado tempo integral. Esse tempo integral é definido como o inverso do ganho integral. Se o ganho integral é baixo, o sistema pode levar muito tempo para atingir o valor de referência. No entanto, se o ganho integral for muito alto, o sistema pode tornar-se instável.

Gráfico da Ação de Controle Integral

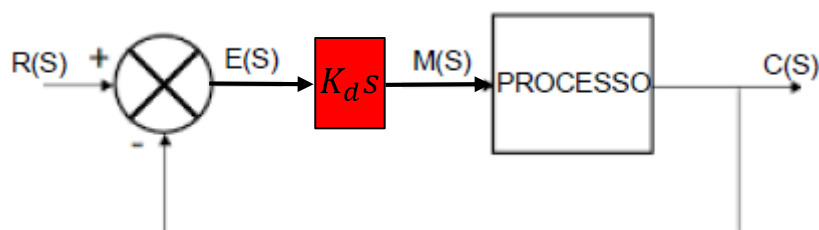


5. Ação de Controle Derivativa (K_d)

O valor da saída $m(t)$ do controlador é proporcional à derivada da função erro atuante $e(t)$.

$$m(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \Rightarrow M(s) = K_d s E(s)$$

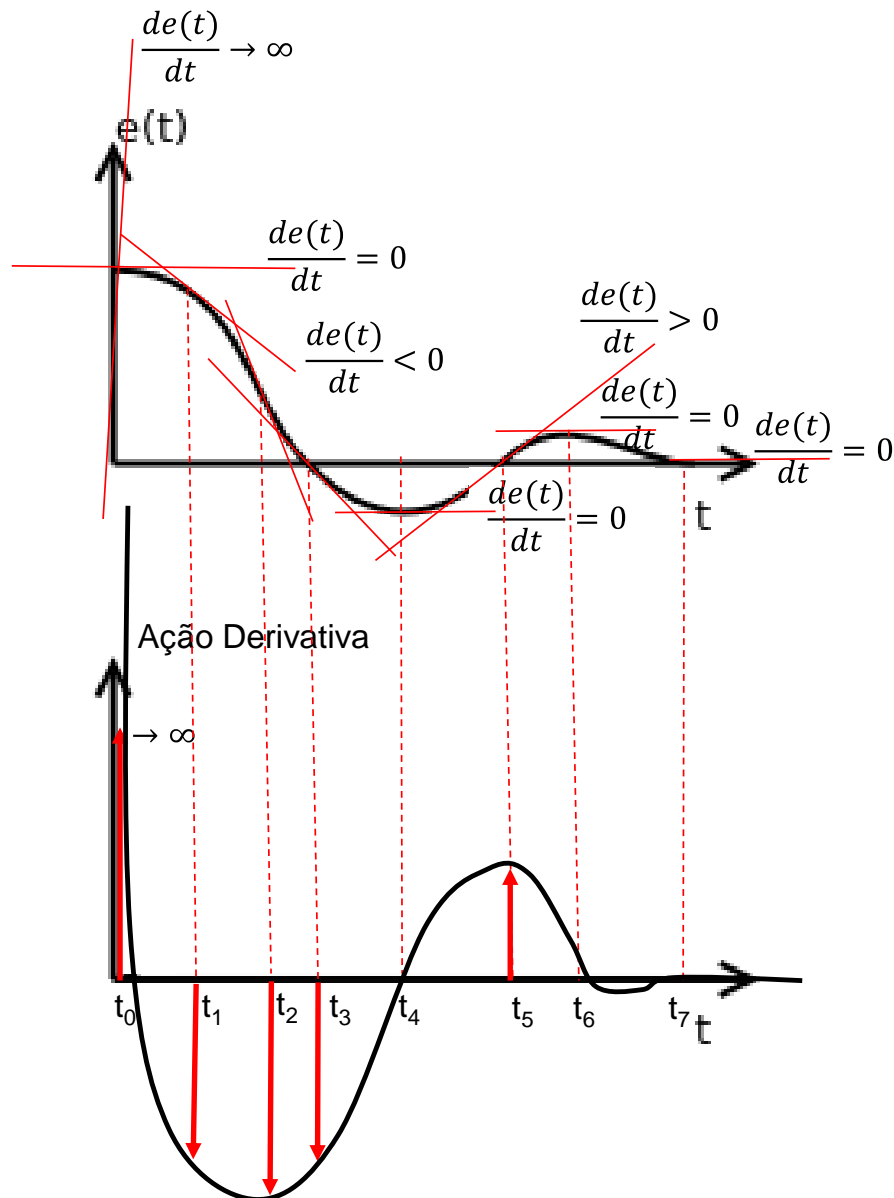
Diagrama de Blocos:



A ação derivativa fornece uma correção antecipada do erro, diminuindo o tempo de resposta e melhorando a estabilidade do sistema. A ação derivativa

atua em intervalos regulares, chamado tempo derivativo. Esse parâmetro é inversamente proporcional à velocidade de variação da variável controlada. Isso indica que a ação derivativa não deve ser utilizada em processos nos quais o sistema deve responder rapidamente a uma perturbação, nem em processos que apresentem muito ruído no sinal de medido, pois levaria o processo à instabilidade.

Gráfico da Ação de Controle Derivativa



A desvantagem desta ação de controle é de amplificar os ruídos e causar efeitos de saturação no atuador (**shoot**).