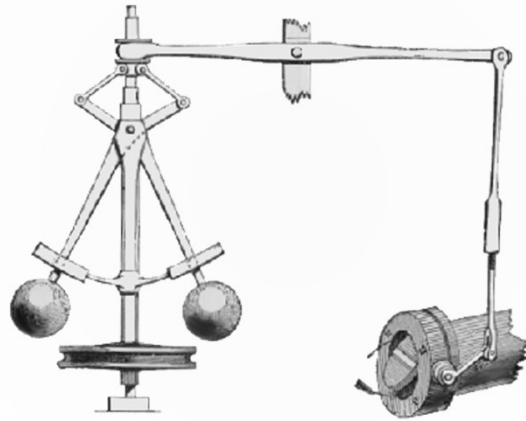


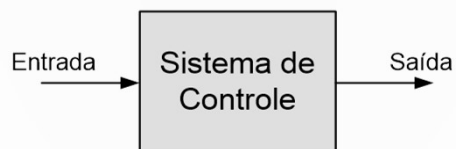
Introdução



Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

Conceitos

- Sistema de Controle
 - Interconexão de componentes físicos que tem como finalidade controlar (regular/dirigir/ comandar) um determinado processo para fornecer uma resposta desejada.



Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

Conceitos

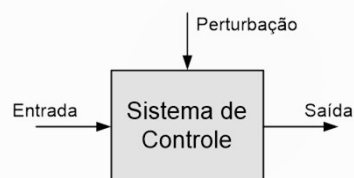
- **Processo:** Qualquer operação a ser controlada.
Ex.: A fusão nuclear, uma reação química, a velocidade de um automóvel.
- **Planta:** Qualquer dispositivo ou complexo físico a ser controlado.
Ex.: Um forno, um reator, uma caldeira.
- **Perturbações:** Uma perturbação ou distúrbio é um sinal de entrada que tende a afetar desfavoravelmente o valor da saída do sistema.
 - Interna: gerada dentro do sistema (realimentação positiva);
 - Externa: gerada fora do sistema (entrada adicional).

Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

5

Conceitos

- **Sistema de Controle em Malha Aberta (MA)**
 - O controle em malha aberta fornece ao processo uma entrada tal que a saída se comporta conforme o desejado.



- A ação de controle é independente da saída. Desta forma, uma perturbação externa altera o valor da saída desejado.
Ex.: Máquina de lavar roupas (executa uma programação em uma base de tempo).

Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

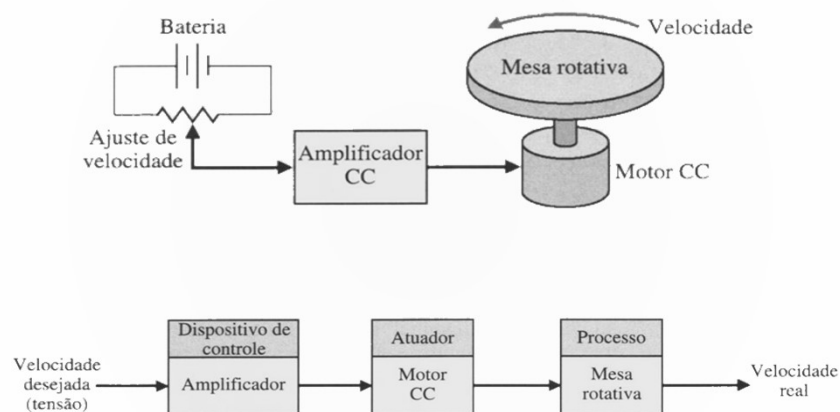
6

Conceitos

- Características:
 - Sua precisão é determinada pela qualidade e calibração dos componentes;
 - Geralmente não são perturbados por problemas de instabilidade, o que facilita grandemente a fase de projeto.

Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

Conceitos

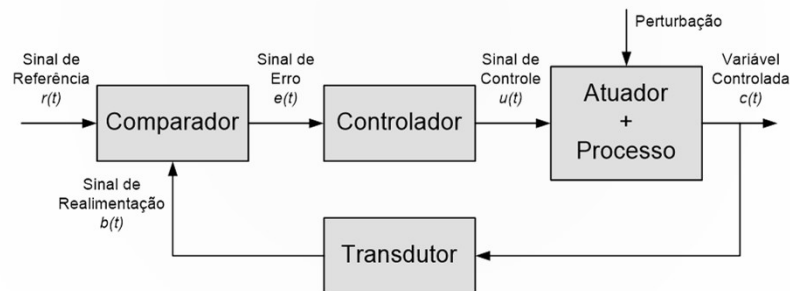


Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

Conceitos

■ Sistema de Controle em Malha Fechada (MF)

- A variável de saída do processo a controlar tem efeito direto na ação de controle. Os sistemas em MF também são chamados de sistemas de controle realimentados pelo fato da variável de saída ser realimentada ao processo via controlador.



Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

9

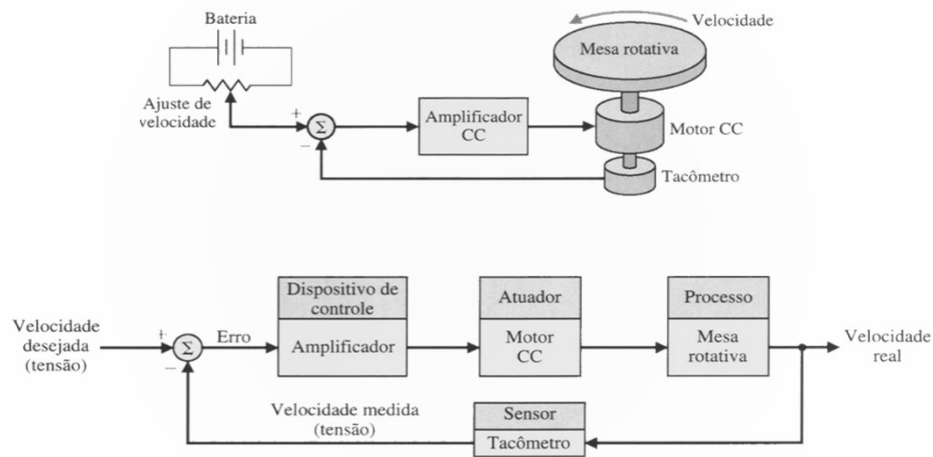
Conceitos

- **Referência:** valor desejado da variável a ser controlada.
- **Comparador:** elemento que gera o sinal de erro como a diferença entre a referência e o valor atual.
- **Controlador:** elemento que manipula o sinal de erro e gera o sinal de controle de forma a corrigir o valor da variável controlada.
- **Atuador:** dispositivo de potência que recebe o sinal de controle e produz a entrada para o processo/planta.
- **Transdutor:** elemento responsável pela medição e conversão da variável controlada em uma grandeza adequada à comparação com a referência.

Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

10

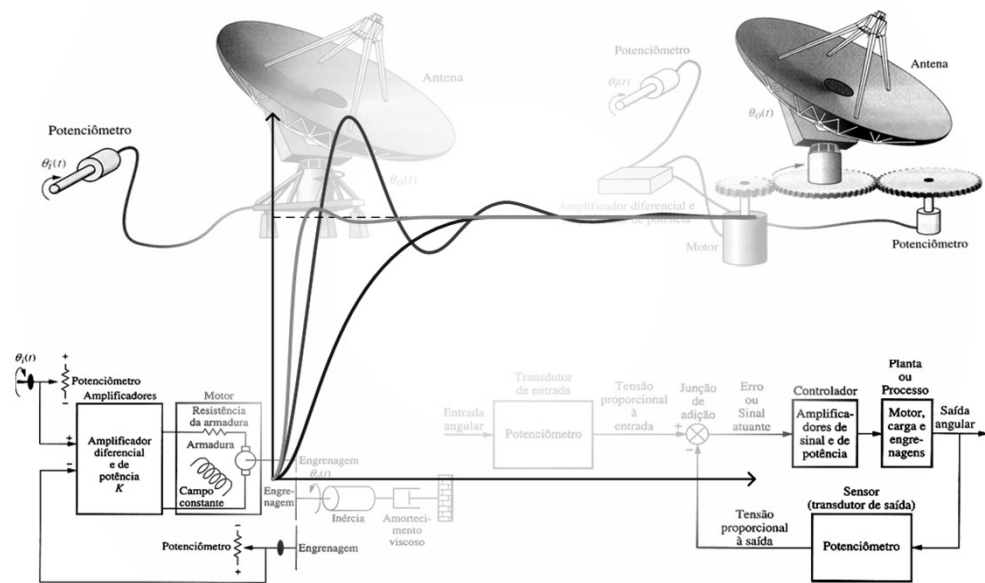
Conceitos



Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

11

Conceitos



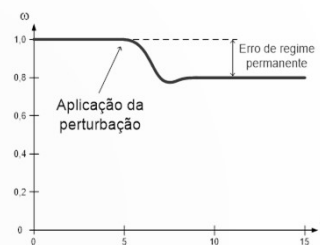
Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

12

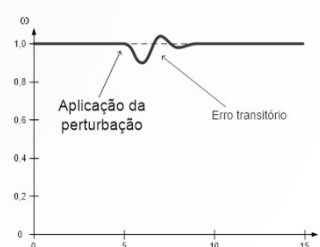
Conceitos

■ MA x MF:

- O controle em MA por não levar em conta a saída do sistema é totalmente vulnerável a perturbações externas. Desta forma, os controladores em MA são aconselhados apenas para sistemas onde as entradas são previamente conhecidas e que não estão sujeitos a perturbações externas.



- No controle em MF a realimentação torna a resposta do sistema relativamente insensível a distúrbios externos e variações dos parâmetros do sistema. Pode usar componentes mais baratos (autorregulagem).



Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

13

Conceitos

■ Sistemas de Controle Específicos:

- **Servomecanismos** - Sistemas de controle realimentados nos quais a saída é uma posição ou grandeza derivada (velocidade, aceleração).

Ex.: Sistema de controle de velocidade de um motor DC.

- **Reguladores** - Sistemas de controle realimentados nos quais a saída desejada é constante ou varia lentamente com o tempo e onde a finalidade principal é manter a saída em um valor fixo na presença de distúrbios.

Ex.: Reguladores integrados de tensão tipo LM78xx/LM723.

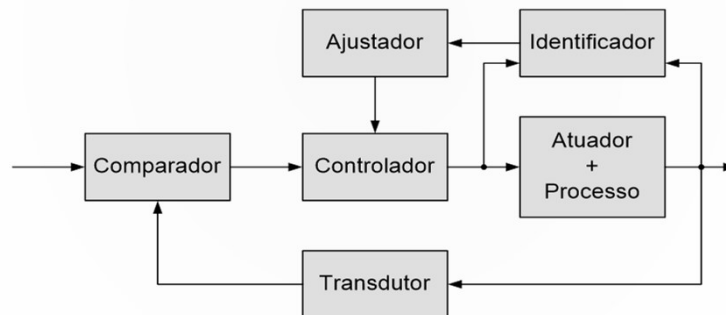
Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

14

Conceitos

■ Sistemas de Controle Adaptativos:

Provido de meios para detectar as variações nos parâmetros da planta e, desta forma, ajustar os parâmetros do controlador para manter um desempenho desejado.



Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

15

Conceitos

■ Sistemas Não Lineares:

- Representados por equações diferenciais não lineares.
- Uma equação diferencial não linear apresenta potências ou funções transcendentais da variável dependente. Ex.: funções trigonométricas e exponenciais.
- Normalmente estão ligadas a fenômenos como saturação, zona morta e histerese.

Estritamente falando, na prática não existem sistemas lineares, já que todos os sistemas físicos apresentam alguma não linearidade.

Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

16

Conceitos

■ Sistemas Lineares Variantes no Tempo:

São sistemas lineares representados por equações diferenciais cujos coeficientes são funções do tempo.

Ex.: o sistema de controle de uma nave espacial sofre influência de uma massa variável (em função do consumo de combustível) e de uma força gravitacional variável (em função da distância da Terra).



$$\begin{cases} F_r(t) = f_{prop}(t) + f_{arrast}(t) + f_{grav}(t) = \frac{dh(t)}{dt} \\ h(t) = m(t) \cdot v(t) \end{cases}$$

$$F_r(t) = \frac{d}{dt}[m(t) \cdot v(t)] = \frac{d m(t)}{dt} \cdot v(t) + m(t) \cdot \frac{d v(t)}{dt}$$

$$F_r(t) = \frac{dm(t)}{dt} \cdot \dot{v}(t) + m(t) \cdot \ddot{v}(t)$$

Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

17

Conceitos

■ Sistemas Lineares Invariantes no Tempo (SLIT):

- Sistema linear com componentes cujos parâmetros são concentrados e permanecem constantes com o tempo.
- São descritos por equações diferenciais com coeficientes constantes.
- Na prática a maioria dos sistemas físicos contém elementos que derivam ou variam com o tempo.

Ex.: a resistência do enrolamento de um motor varia devido ao aquecimento.

Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

18

Conceitos

■ Sistemas a Dados Contínuos:

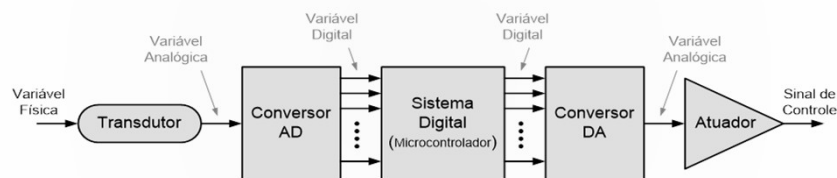
- As várias partes do sistema são funções contínuas do tempo (Sistemas de Controle Analógico).
- Neste tipo de sistema os sinais podem ou não se apresentarem modulados.

Componentes típicos de sistemas contínuos são os potenciômetros, comparadores, amplificadores, tacômetros, motores, etc.

Conceitos

■ Sistemas Amostrados (Discretos):

- Os sinais em mais de um ponto do sistema se apresentam como um trem de pulsos ou como um código digital.

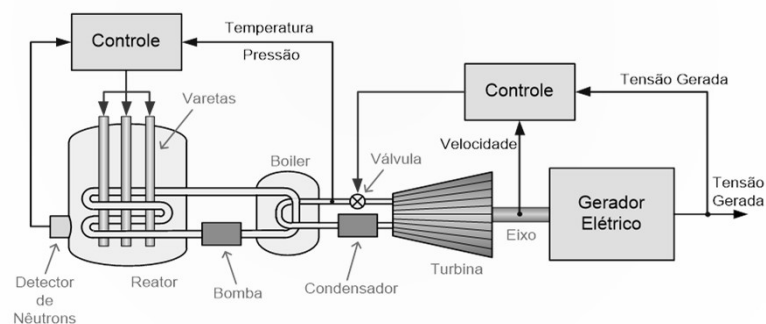


Componentes típicos de sistemas amostrados são os codificadores de posição (encoders), conversores A/D e D/A, microprocessadores, etc.

Conceitos

■ Sistemas Multivariáveis:

- São aqueles onde múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) devem ser levadas em conta na ação de controle.

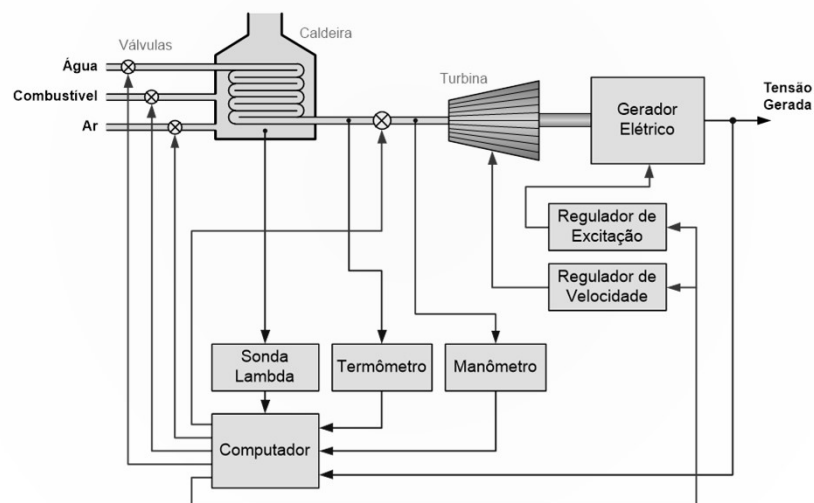


Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

21

Conceitos

■ Sistemas Multivariáveis:



Sistemas de Controle - Prof. Jony L. Silveira

22

Conceitos

■ Parâmetros Concentrados x Distribuídos:

- Nos sistemas de controle de parâmetros concentrados, o comprimento dos componentes bem como de suas conexões é considerado nulo.
- Quando o modelo matemático do sistema precisa levar em consideração as variações espaciais dos parâmetros, o sistema é chamado de sistema de controle a parâmetros distribuídos.
- Esses sistemas são descritos por meio de equações diferenciais em derivadas parciais.

Ex.: LT's longas, vibrações mecânicas em cordas...



Conceitos

■ Controle Determinístico x Estocástico:

- Um sistema de controle é determinístico se a resposta à entrada é previsível e repetível.
- Caso contrário, ele é dito estocástico. Nesses sistemas os sinais são descritos por certas características estatísticas.

Conceitos

■ Teoria de Controle Clássico:

- Domínio da frequência e plano complexo "s" \Rightarrow uso de equações algébricas;
- As FT podem ser medidas experimentalmente;
- Permite o projeto através de técnicas gráficas;
- Preferível para sistemas do tipo SLIT;
- Descreve as propriedades de MF em termos das características de MA;
- Dificuldade com sistemas do tipo MIMO \Rightarrow a solução é encontrada através de tentativa e erro (não garante bons resultados).

Conceitos

■ Teoria de Controle Moderno:

- Domínio do tempo \Rightarrow Equações Diferenciais.
- Espaço de Estado \Rightarrow Mapeiam os estados internos do sistema.
- Ideal para sistemas MIMO \Rightarrow Recorre a álgebra linear e matrizes.
- Aplicável a sistemas do tipo SLVT e não lineares.
- Aplicável a sistemas do tipo Amostrados.

Conceitos

■ Teorias Atuais:

- Misturam as melhores características dos controles clássico e moderno.

Ex.: Técnicas clássicas do Domínio da Frequência e o Lugar das Raízes foram desenvolvidos para sistemas multivariáveis.

Referências

■ Referências bibliográficas principais:

- OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de Controle Moderno**. 5ª edição. São Paulo: Pearson / Prentice-Hall, 2010.
- DORF, Richard C. **Sistemas de Controle Modernos**. 12ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- NISE, Norman S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. 3ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2002.
- CARVALHO, J. L. M. **Sistemas de Controle Automático**. 1ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- CAMPBELL, Stephen L. **Modeling and Simulation in Scilab/Scicos**. 2nd edition. Springer, 2010.
- SCILAB.ORG. **Scilab for Very Beginners**. Disponível em: <<http://www.scilab.org/resources/documentation/tutorials>>. Acesso em: 28/03/2016.
- SCILAB.ORG. **Xcos for Very Beginners**. Disponível em: <<http://www.scilab.org/resources/documentation/tutorials>>. Acesso em: 28/03/2016.
- SCILAB.ORG. **Matlab-Scilab equivalents**. PDF disponível em: <https://help.scilab.org/docs/5.5.2/en_US/section_36184e52ee88ad558380be4e92d3de21.html>. Acesso em: 28/03/2016.