Curso FEG0650
Automação e Controle de Processos Industriais e Agro-Industriais

FEG 0651 - Modelagem e Identificação de Sistemas Dinâmicos

Prof. Dr. Nelson Luis Cappelli e Prof. Dr. Angel Pontin Garcia
e-mail: angel.garcia@feagri.unicamp.br

Capítulo 10 – Modelagem de sistemas térmicos

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Os modelos dinâmicos dos sistemas térmicos envolvem o **fluxo** e o **armazenamento** de energia térmica.

Fluxo de calor

condução

convecção

radiação

Para transferência de calor por condução ou transmissão:

$$q = K\,\Delta\theta$$

Onde: q = taxa de fluxo de calor [kcal/s]
$\Delta\theta$ = diferença de temperatura [ºC]
K = coeficiente [kcal/s ºC]

condução → $$K = \frac{k\,A}{\Delta X}$$

convecção → $$K = H\,A$$

Onde: k = condutividade térmica [kcal/m s ºC]
A = área normal ao fluxo de calor [m^2]
ΔX = espessura do condutor [m]
H = coeficiente de convecção [kcal/m^2 s ºC]

Resistência: A resistência térmica para o fluxo de calor entre duas substâncias é definida como:

$$R = \frac{\text{variação na diferença de temperatura}}{\text{variação na taxa do fluxo de calor}}$$

Como os coeficientes de condutividade térmica e convecção são constantes, a resistência térmica tanto para condução quanto para convecção é constante e expressa por:

$$R = \frac{d(\Delta\theta)}{dq} = \frac{1}{K}$$

Capacitância: A capacitância térmica é definida como:

$$C = \frac{\text{variação do calor armazenado}}{\text{variação na temperatura}} \quad \text{ou} \quad C = m.c$$

Onde: *m* = massa da substância [kg]
c = calor específico [kcal/kg ºC]

O fluxo líquido de energia térmica na substância afeta a temperatura da substância de acordo com a relação:

$$\dot{T} = \frac{1}{C} q$$

Calor específico – O calor específico a volume constante (c_v) pode ser convertido na capacitância térmica considerando-se a massa da substância:

$$C = mc_v$$

Condutividade térmica – A condutividade térmica *k* pode ser relacionada à resistência térmica por meio de:

$$\frac{1}{R} = \frac{kA}{l}$$

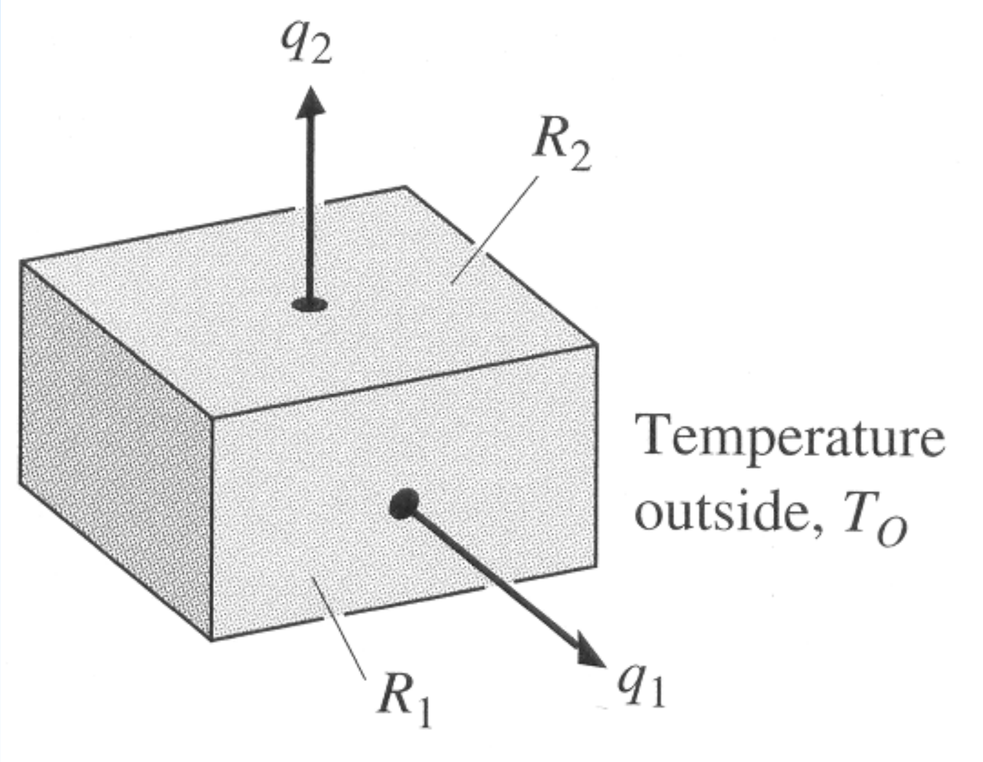
Onde: *A* = área da seção transversal [m^2]
l = comprimento do caminho do fluxo de energia térmica[m]

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Exercício: Determine a função de transferência ($T_i(s)/T_o(s)$) de uma sala termicamente isolada ($1/R=0$) que possui o teto e uma das paredes sem isolação térmica, conforme mostrado na figura. Simule frente a um degrau unitário de T_o.

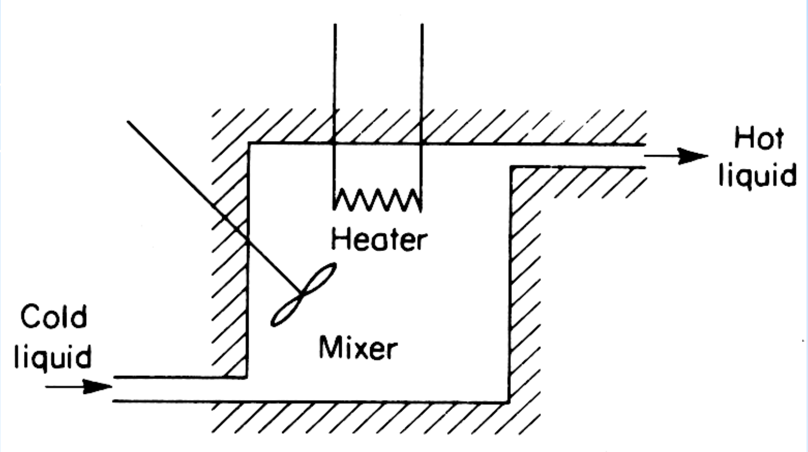


O calor também pode ser transferido quando uma massa mais quente flui através de uma massa mais fria, ou vice-versa. Neste caso:

$$q = wc_v(T_1 - T_2)$$

Onde ω é a taxa do fluxo de massa de uma substância na temperatura T_1 fluindo em um reservatório à temperatura T_2.

Exercício: Encontre a função de transferência entre a temperatura de saída e a temperatura de entrada do líquido.



Exercício: Com a finalidade de implementar um sistema de controle para o sistema da figura, escreva uma Função de Transferência para controlar a temperatura de saída do líquido aquecido atuando-se na quantidade de calor fornecida pela resistência.

Exercício: Encontre a equação diferencial do sistema caso a temperatura de entrada do líquido e o fluxo de calor fornecido variarem, considerando-se a vazão de líquido constante.

Capítulo 11 – Modelagem de sistemas fluídicos

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Incompressíveis

Fluidos

Compressíveis

Fluidos incompressíveis

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Fluxo de fluido incompressível

continuidade

Equilíbrio de forças

Resistência ao fluxo

Modelagem de sistemas fluídicos

Fluxo de fluido incompressível

continuidade → **conservação de massa**

$$\dot{m} = \omega_{in} - \omega_{out}$$

equilíbrio de forças → **2ª lei de Newton**

$$F = p\,A$$

resistência ao escoamento → **restrição ou atrito viscoso**

$$Q = \frac{1}{\rho R}\left(p_1 - p_2\right)^{1/\alpha}$$

$1 \leq \alpha \leq 2$ → Reynolds

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho D\, v}{\mu}$$

$\mathrm{Re} > 4000$ **turbulento** → $\alpha = 2$

$\mathrm{Re} < 2000$ **laminar** → $\alpha = 1$

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Resistência ao fluxo de líquidos

Considerando-se o fluxo ao longo de uma tubulação curta, que conecta dois reservatórios, a resistência ***R*** ao fluxo de líquido nessa tubulação, ou restrição, é definida como a variação na diferença de nível (diferença de nível nos dois reservatórios) necessária para causar a variação unitária na taxa de escoamento, isto é:

$$R = \frac{\text{Variação na diferença de nível}}{\text{Variação na vazão em volume}}$$

Fluxo laminar

$$Q = K \cdot H \longrightarrow R_L = \frac{dH}{dQ} = \frac{H}{Q}$$

Fluxo turbulento

$$Q = K \cdot \sqrt{H} \longrightarrow R_T = \frac{dH}{dQ} = \frac{2H}{Q}$$

R_T pode ser determinado pela construção do gráfico que mostra a curva do nível em função da taxa de escoamento, baseado em dados experimentais, e medindo-se a inclinação da curva no ponto de operação.

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Capacitância de reservatório

A capacitância de um reservatório é definida como a variação na quantidade de líquido armazenado necessária para causar uma mudança unitária no potencial (altura). O potencial é a grandeza que indica o nível de energia no sistema.

$$C = \frac{\textit{Variação na quantidade de líquido armazenado}}{\textit{Variação da altura do nível}}$$

A capacidade (m^3) e a capacitância (m^2) de um reservatório são diferentes. A capacitância do reservatório é igual à sua seção transversal. Se esta for constante, a capacitância será constante para qualquer altura do nível.

Inertância

O têrmo inertância refere-se à mudança de potencial necessária para alterar a taxa de fluxo em uma unidade. Para que ocorra os efeitos inerciais do fluxo de líquidos em tubulações, o potencial pode ser a pressão (N/m^2) ou a altura do nível (m) e a mudança na taxa de fluxo por segundo, pode ser a aceleração volumétrica do fluxo de líquido (m^3/s^2).

$$I = \frac{\text{mudança na pressão}}{\text{mudança na taxa de fluxo por segundo}}$$

ou

$$I = \frac{\text{mudança na altura do nível}}{\text{mudança na taxa de fluxo por segundo}}$$

Sistemas de Nível

Escola de Extensão

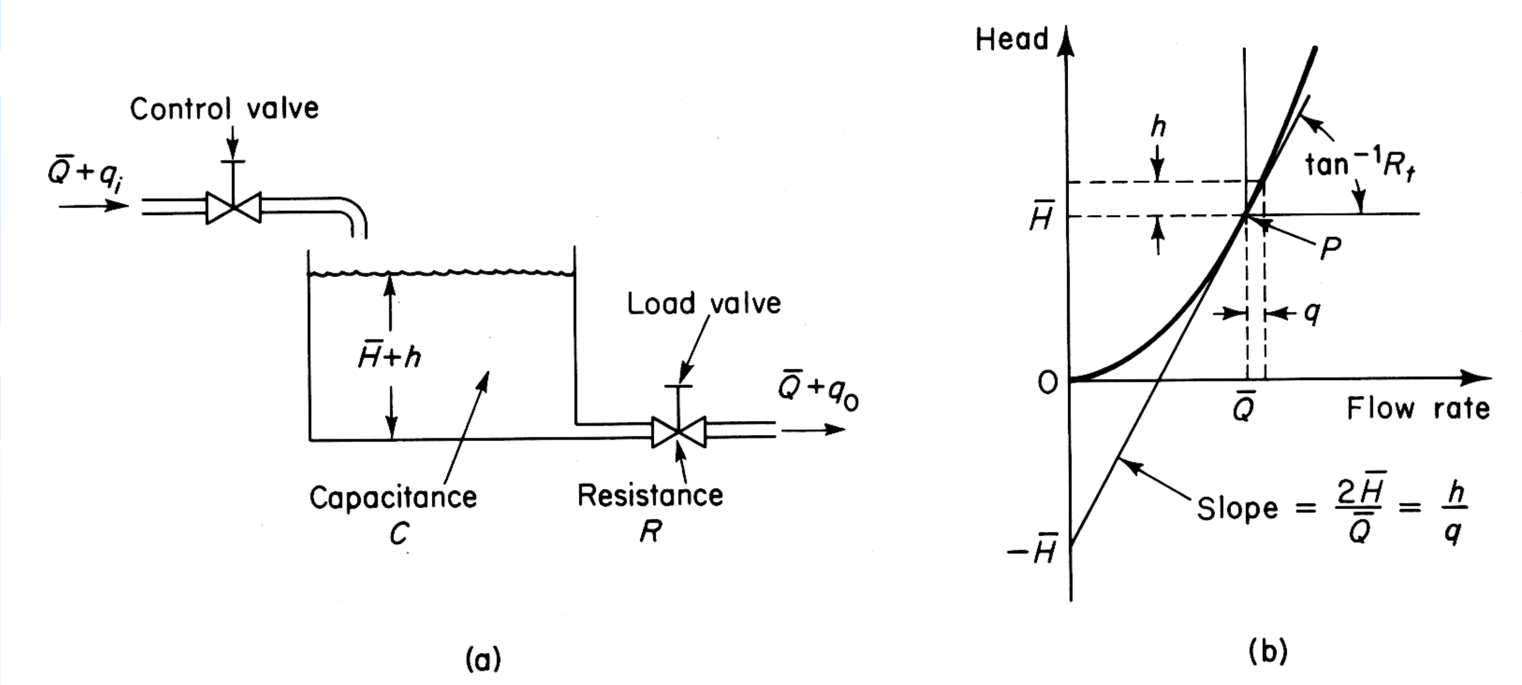
FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Modelagem de sistemas de nível

Exercício: Determine a Função de Transferência do sistema.



1) Entre a vazão de entrada e o nível do reservatório para o fluxo laminar e para o turbulento.

2) Entre a vazão de entrada e a vazão de saída do reservatório.

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

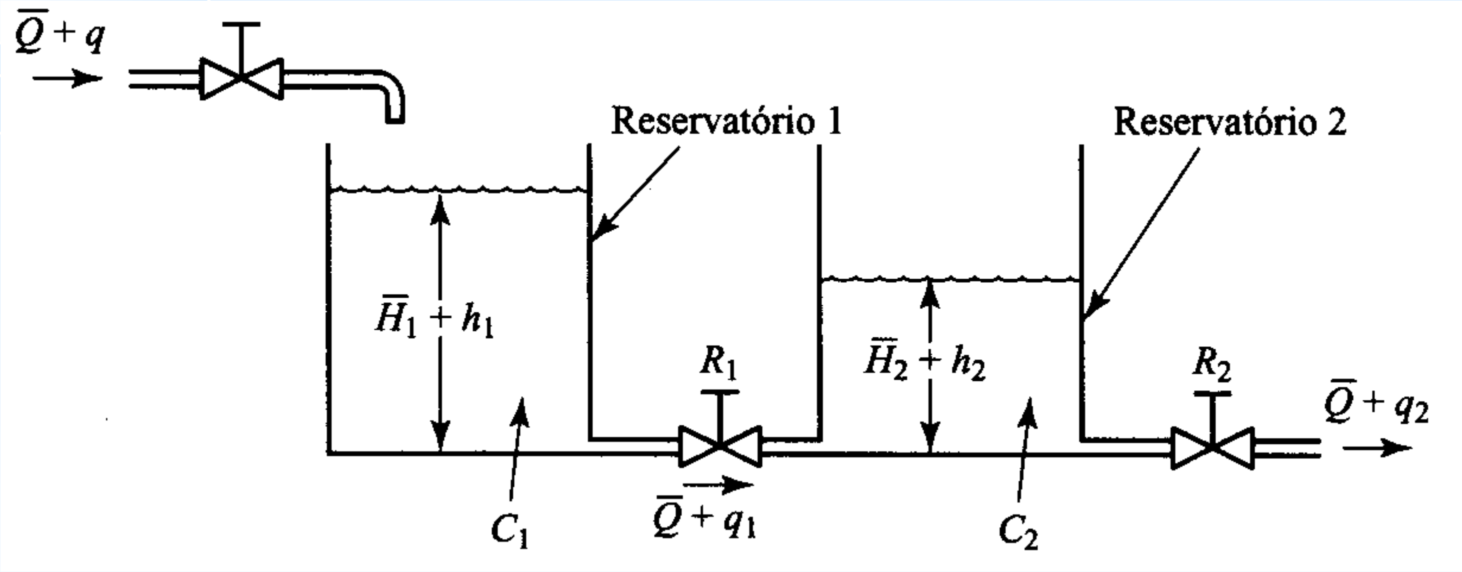
Modelagem de sistemas de nível

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Exercício: Considerando o sistema de nível de líquido com interação da figura, determine a Função de Transferência entre a vazão de entrada no primeiro reservatório e a vazão de saída do segundo.



Sistemas Hidráulicos

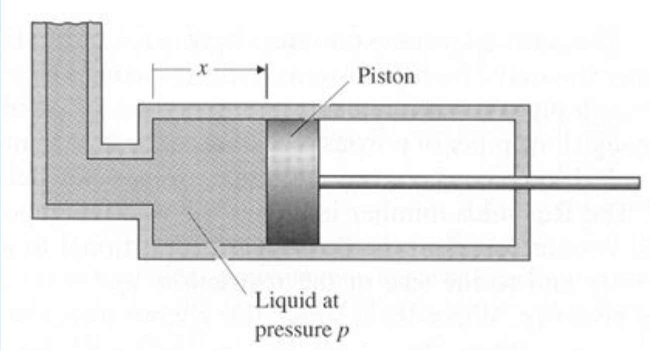
Escola de Extensão

FEAGRI

LIC
Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Exercício: Determine a equação diferencial que descreve o movimento do atuador hidráulico (pistão hidráulico), apresentado na figura.



Solução: A segunda lei de Newton se aplica diretamente, onde as forças são devidas à pressão do fluido, resultando em:

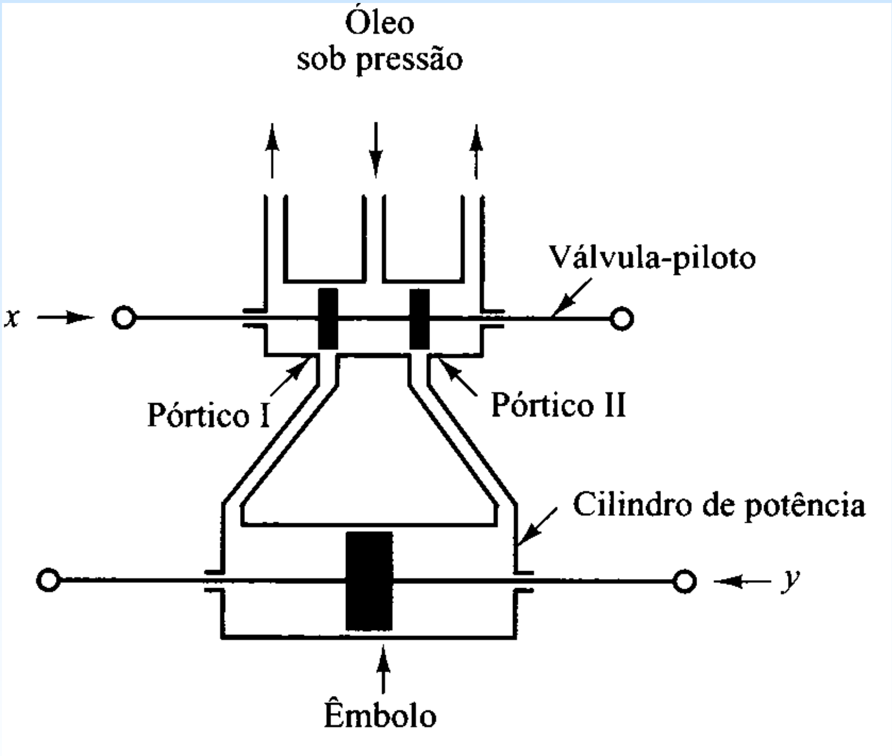
$$A\,p = M\,\ddot{x} + B\,\dot{x} + K\,x + F_{at}$$

$$A\,p = M\,\ddot{x} + B\,\dot{x}$$

$$G(x) = \frac{A}{Ms + B} \cdot \frac{1}{s}$$

Controlador hidráulico integral

Exercício: Considerando o servomotor hidráulico mostrado na figura, determine a Função de transferência entre a posição da válvula piloto (entrada) e a posição da haste do êmbolo. Suponha que a vazão do óleo seja proporcional ao deslocamento da válvula-piloto e que as forças de inércia do êmbolo e da carga sejam desprezíveis, comparados à força hidráulica do êmbolo.



Fluidos compressíveis

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC
Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Fluidos compressíveis

Resistência: A resistência ao fluxo de ar em tubulações, orifícios, válvulas ou qualquer outro dispositivo que imponha restrição ao fluxo pode ser definido como a mudança na pressão diferencial [N/m2] (existente antes e depois do dispositivo que oferece restrição ao fluxo) requerida para produzir uma mudança unitária na taxa de fluxo de massa [kg/s], ou:

$$R = \frac{\textit{mudança na pressão diferencial}}{\textit{mudança na taxa de fluxo de massa}} \quad \text{ou} \quad R = \frac{d(\Delta p)}{dq}$$

Capacitância: A capacitância de vasos pneumáticos pode ser definida como sendo a mudança da massa de ar [kg] (ou de outro gás) no vaso, necessária para impor uma mudança unitária de pressão [N/m2], ou seja:

$$C = \frac{\textit{mudança na massa do gás}}{\textit{mudança na pressão}} \quad \text{ou} \quad C = \frac{dm}{dp} = V\frac{d\rho}{dp}$$

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Fluidos compressíveis

A capacitância pode ser calculada por meio da lei dos gases perfeitos, para o ar têm-se:

$$p\upsilon = \frac{p}{\rho} = \frac{\overline{R}}{M} T = R_{ar} T$$

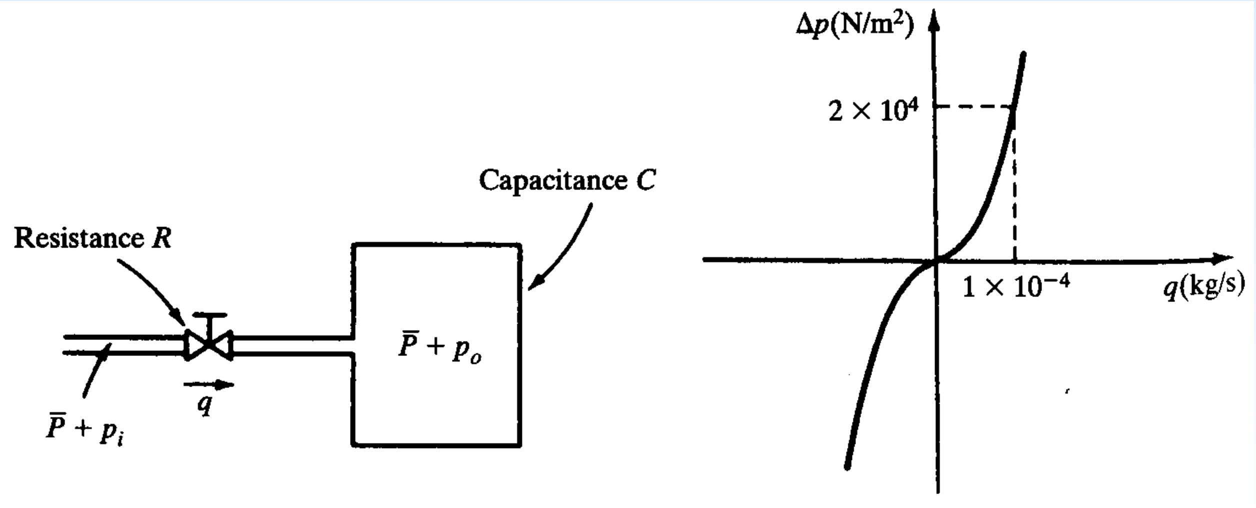
Se a mudança no estado do ar estiver entre isotérmica e adiabática, então o processo de expansão pode ser expresso como politrópico e é dados por:

$$\frac{d\rho}{dp} = \frac{1}{n\, R_{ar}\, T}$$

A capacitância pode ser calculada por: $C = \dfrac{V}{n\, R_{ar}\, T}$

Para qualquer outro gás, por: $C = \dfrac{V}{n\, R_{gás}\, T}$

Exercício: Determine o comportamento da variação de pressão do ar (p_o) contido no vaso do sistema mostrado na figura. Assuma que o sistema está em regime estacionário para $t<0$ e que a pressão nesse regime é $\overline{P}=5\times10^{5}\left[N.m^{-2}\right]abs$. No instante $t=0$, a pressão de entrada muda subitamente de $\overline{P}$ para $\overline{P}+p_i$ onde p_i é um degrau de magnitude igual a 2 x 10^4 [N/m^2]. Essa mudança na pressão de entrada causa um escoamento para dentro do vaso até que a pressão se equalize. Assuma que a taxa de fluxo inicial seja $q(0)=1\times10^{-4}\left[kg.s^{-1}\right]$. Como o ar flui para dentro do vaso, a pressão sobe de $\overline{P}$ para $\overline{P}+p_o$. Assuma, ainda, que o processo de expansão seja isotérmico ($n=1$), que a temperatura de todo o sistema seja constante e igual a $T=293[K]$ e que o vaso tenha a capacidade de 0,1 m^3 .



Capítulo 12 – Modelagem de sistemas elétricos

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Leis de Kirchhoff

Lei da corrente

A soma algébrica das correntes deixando uma junção ou nó é igual à soma algébrica das correntes entrando naquele nó ou junção.

Método → **análise dos nós**

Lei da voltagem

A soma algébrica de todas as tensões tomadas em torno de um caminho fechado de um circuito é igual a zero.

Método → **análise das malhas fechadas**

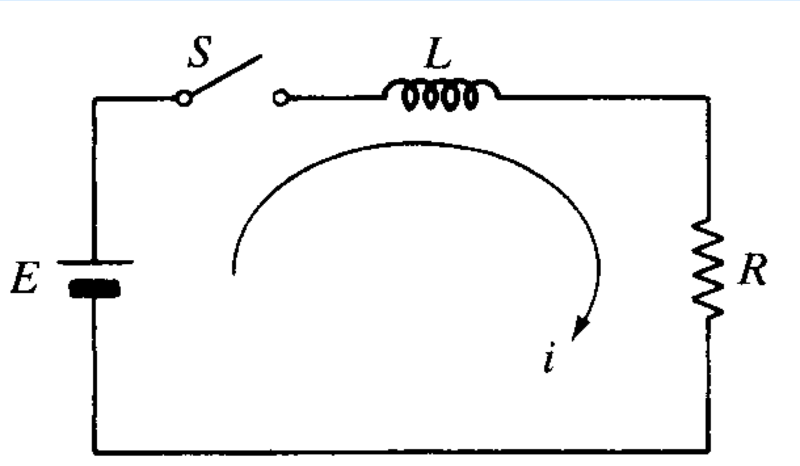
Sistema: elétrico

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Circuito L R



$$E - L\frac{di}{dt} - Ri = 0 \quad \text{ou} \quad L\frac{di}{dt} + Ri = E$$

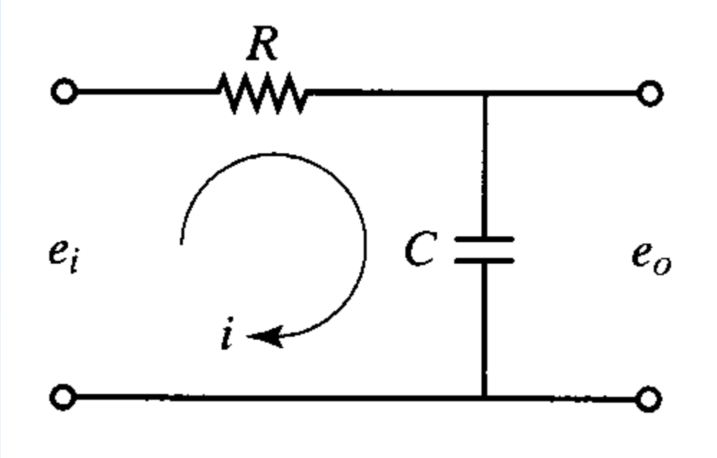
$$L\left[sI(s) - i(0)\right] + RI(s) = E(s) \quad \xrightarrow{i(0)=0} \quad (Ls+R)\,I(s) = E(s)$$

$$G(s) = \frac{I(s)}{E(s)} = \frac{1}{Ls+R}$$

FEG 0651

Sistema: elétrico

Circuito R C



$$Ri + \frac{1}{C}\int i\,dt = e_i \quad \xrightarrow{\text{Laplace}} \quad RI(s) + \frac{1}{C}\frac{1}{s}I(s) = E_i(s)$$

$$\frac{1}{C}\int i\,dt = e_o \quad \xrightarrow{\text{Laplace}} \quad \frac{1}{C}\frac{1}{s}I(s) = E_o(s)$$

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{\frac{1}{C}\frac{1}{s}I(s)}{\left(R + \frac{1}{C}\frac{1}{s}\right)I(s)} = \frac{1}{RCs+1}$$

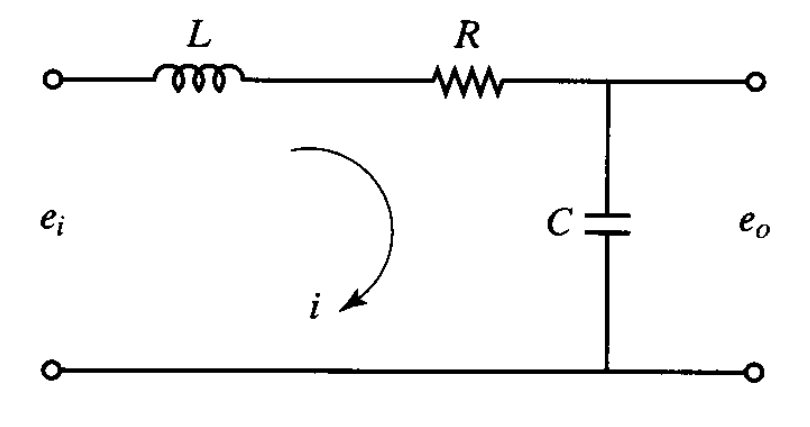
Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Sistema: elétrico

Circuito L R C



$$L\frac{di}{dt}+Ri+\frac{1}{C}\int i\,dt=e_i \xrightarrow{\text{Laplace}} Ls\,I(s)+RI(s)+\frac{1}{C}\frac{1}{s}I(s)=E_i(s)$$

$$\frac{1}{C}\int i\,dt=e_o \xrightarrow{\text{Laplace}} \frac{1}{C}\frac{1}{s}I(s)=E_o(s)$$

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)}=\frac{1}{LCs^2+RCs+1}$$

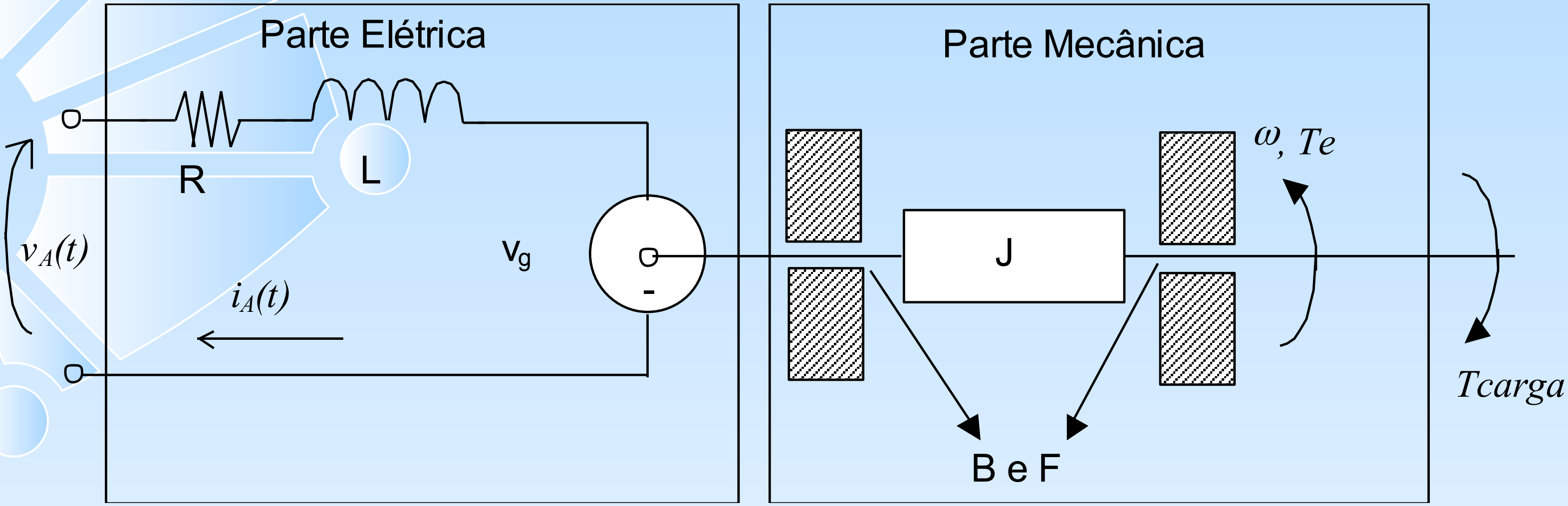
Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura



Parte elétrica

Nos motores elétricos de corrente contínua, controlados por armadura, a velocidade é controlada pela tensão de armadura. Neste caso, a equação diferencial que descreve o circuito é:

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura

Parte elétrica

$$v_A = R \cdot i_A + L \cdot \frac{di_a}{dt} + v_g$$

v_A - tensão aplicada no circuito da armadura, $[V]$

R - resistência de armadura, $[\Omega]$

i_A - corrente da armadura, $[A]$

L - indutância, $[H]$

t - tempo, $[s]$

v_g - força contra-eletromotriz gerada, $[V]$

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura

Parte elétrica

$$v_g = K_E \cdot \omega$$

K_E = constante da força contra-eletromotriz $\left[\frac{V \cdot s}{rad}\right]$,

representa a proporcionalidade entre a tensão v_g

e a velocidade angular do eixo do motor $\omega \left[\frac{rad}{s}\right]$

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura

Parte mecânica

$$\psi_e = J \cdot \frac{d\omega}{dt} + B \cdot \omega + F$$

ψ_e - Torque mecânico proporcional à corrente de armadura, $[Nm]$

J - momento de inércia (armadura do motor + carga), $[Kg \cdot m^2]$

B - atrito viscoso do motor, $\left[\frac{N \cdot m \cdot s}{rad}\right]$

ω - velocidade angular no eixo do motor, $\left[{rad}/{s}\right]$

F - atrito seco, $[N \cdot m]$

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura

Acoplamento

A corrente de campo, no motor de corrente contínua, é mantida constante. Neste caso, o fluxo também é constante e o torque torna-se diretamente proporcional à corrente de armadura.

$$\psi_e = K_T \cdot i_A$$

K_T - constante de torque. Representa a proporcionalidade entre a corrente de armadura e o torque produzido pelo motor

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura

Parte elétrica:

$$v_A = R \cdot i_A + L \cdot \frac{di_a}{dt} + K_E \cdot \omega$$

Laplace

$$V_A(s) = R \cdot I_A(s) + L \cdot s \cdot I_A(s) + K_E \cdot \Omega(s)$$

Parte mecânica:

$$K_T \cdot i_A = J \cdot \frac{d\omega}{dt} + B \cdot \omega + F$$

Laplace

$$T_e(s) = K_T \cdot I_A(s) = J \cdot s \cdot \Omega(s) + B \cdot \Omega(s) + F$$

Acrescentando o torque T_{ext} que uma carga externa absorve do motor,

$$T_e(s) - T_{ext}(s) - F = K_T \cdot I_A(s) - T_{ext}(s) - F = J \cdot s \cdot \Omega(s) + B \cdot \Omega(s)$$

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura

$$\Omega(s) = \boxed{\frac{K_T}{LJ\,s^2 + (JR + LB)s + (RB + K_E K_T)}} \cdot V_A(s) + \ldots$$

$G_1(s)$

$$\boxed{-\frac{(L \cdot s + R)}{LJ\,s^2 + (JR + LB)s + (RB + K_E K_T)}} \cdot T_{ext}(s) + \ldots$$

$G_2(s)$

$$\boxed{-\frac{(L \cdot s + R)}{LJ\,s^2 + (JR + LB)s + (RB + K_E K_T)}} \cdot F$$

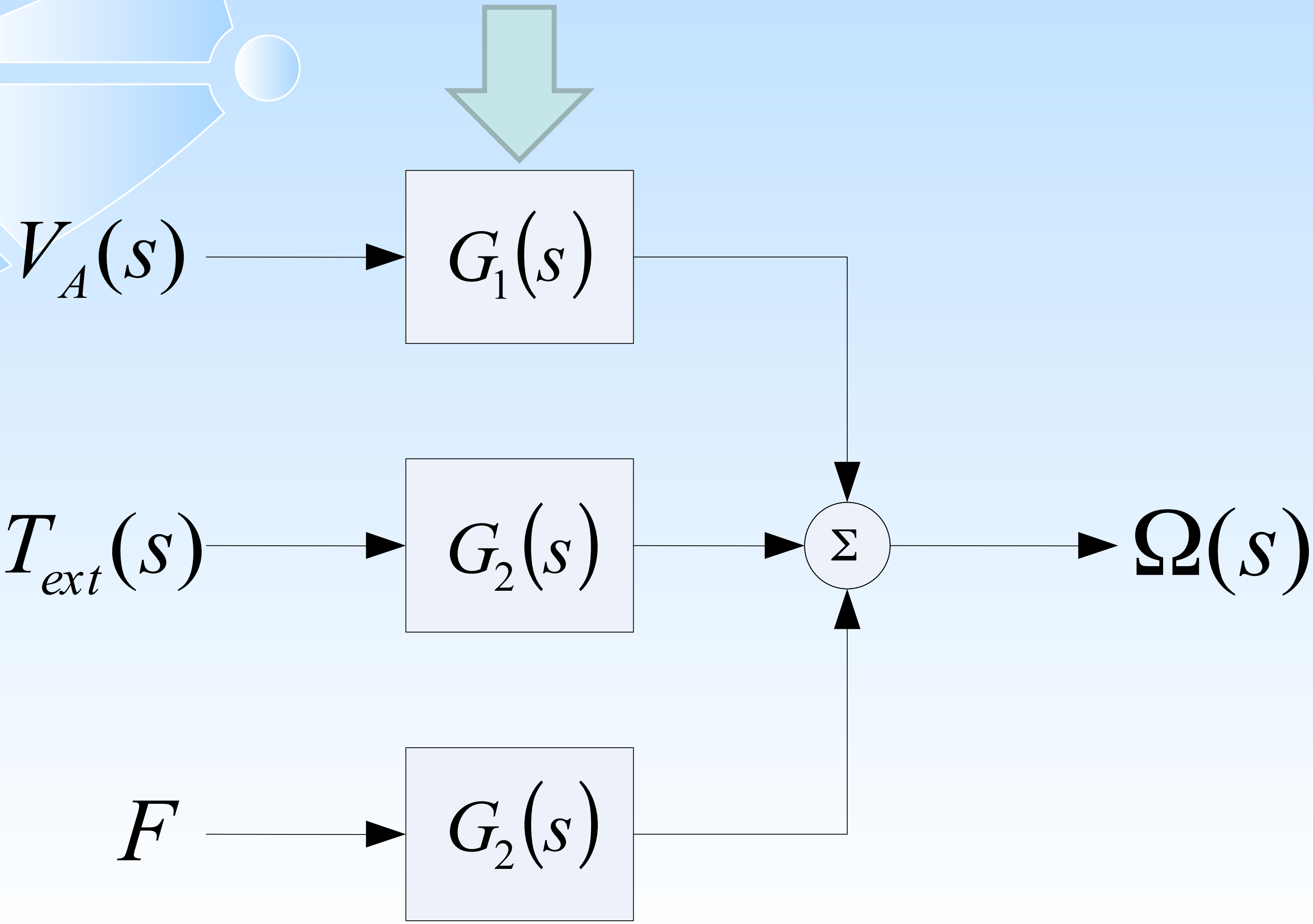
$G_2(s)$

$$\Omega(s) = G_1(s) \cdot V_A(s) + G_2(s) \cdot T_{ext}(s) + G_2(s) \cdot F$$

Sistema: eletromecânico

Motor de CC, controlado pela armadura

$$\Omega(s) = G_1(s)\cdot V_A(s) + G_2(s)\cdot T_{ext}(s) + G_2(s)\cdot F$$



Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

FEG 0651

Sistema: eletromecânico

Exercício: Simule o comportamento da rotação do eixo do motor de CC, controlado pela corrente da armadura, cujos parâmetros estão apresentados na tabela abaixo, mantendo-se o torque externo (T_{ext}) nulo e o atrito seco constante $F = 1{,}81x10^{-2}\left[N \cdot m\right]$ para uma excitação do tipo degrau de 10V na tensão de armadura v_A .

R	L	K_E	K_T	B	F	J
$[\Omega]$	$[H]$	$\left[\frac{V \cdot s}{rad}\right]$	$\left[\frac{N \cdot m}{A}\right]$	$\left[\frac{N \cdot m \cdot s}{rad}\right]$	$[N \cdot m]$	$\left[Kg \cdot m^2\right]$
3,21	$2{,}847x10^{-3}$	$9{,}16x10^{-2}$	$9{,}16x10^{-2}$	$1{,}41x10^{-4}$	$1{,}81x10^{-2}$	$6x10^{-4}$

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Capítulo 13 – Identificação de sistemas dinâmicos

FEG 0651

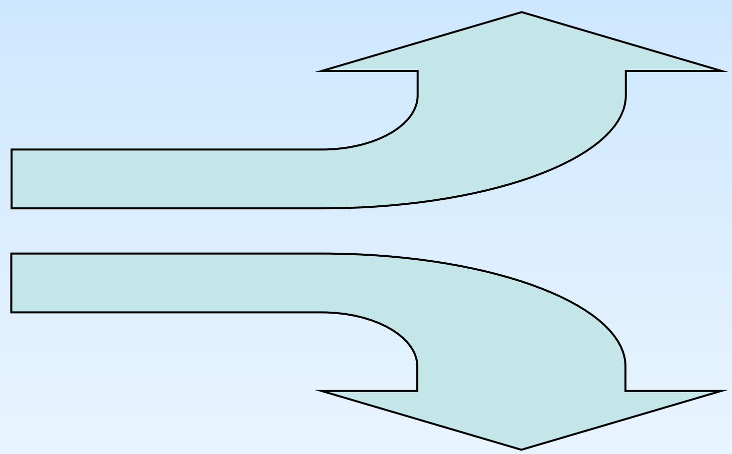
Introdução

Construção de modelos matemáticos

Basicamente um modelo deve ser construído a partir de dados observados.

Modelagem de Sistemas

Modelos matemáticos podem ser construídos a partir de dois caminhos



Identificação de Sistemas

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Introdução

Modelagem matemática

Um caminho é dividir o sistema em subsistemas, cujas propriedades são bem conhecidas através de conhecimentos anteriores.

Baseia-se em "leis da natureza" e em outras relações bem estabelecidas que tenha suas raízes em trabalhos empíricos.

Os subsistemas são posteriormente unidos matematicamente, obtendo-se um modelo que descreve todo o sistema.

Não necessariamente envolve qualquer experimentação com o sistema real.

Introdução

Identificação de sistemas

- **Baseado na experimentação**
- **Inicialmente os sinais de entrada e de saída do sistema são registrados.**
- **Os sinais são submetidos a análises a fim de se obter o modelo matemático.**
- **Necessariamente envolvem experimentações com o sistema real ou em escala.**

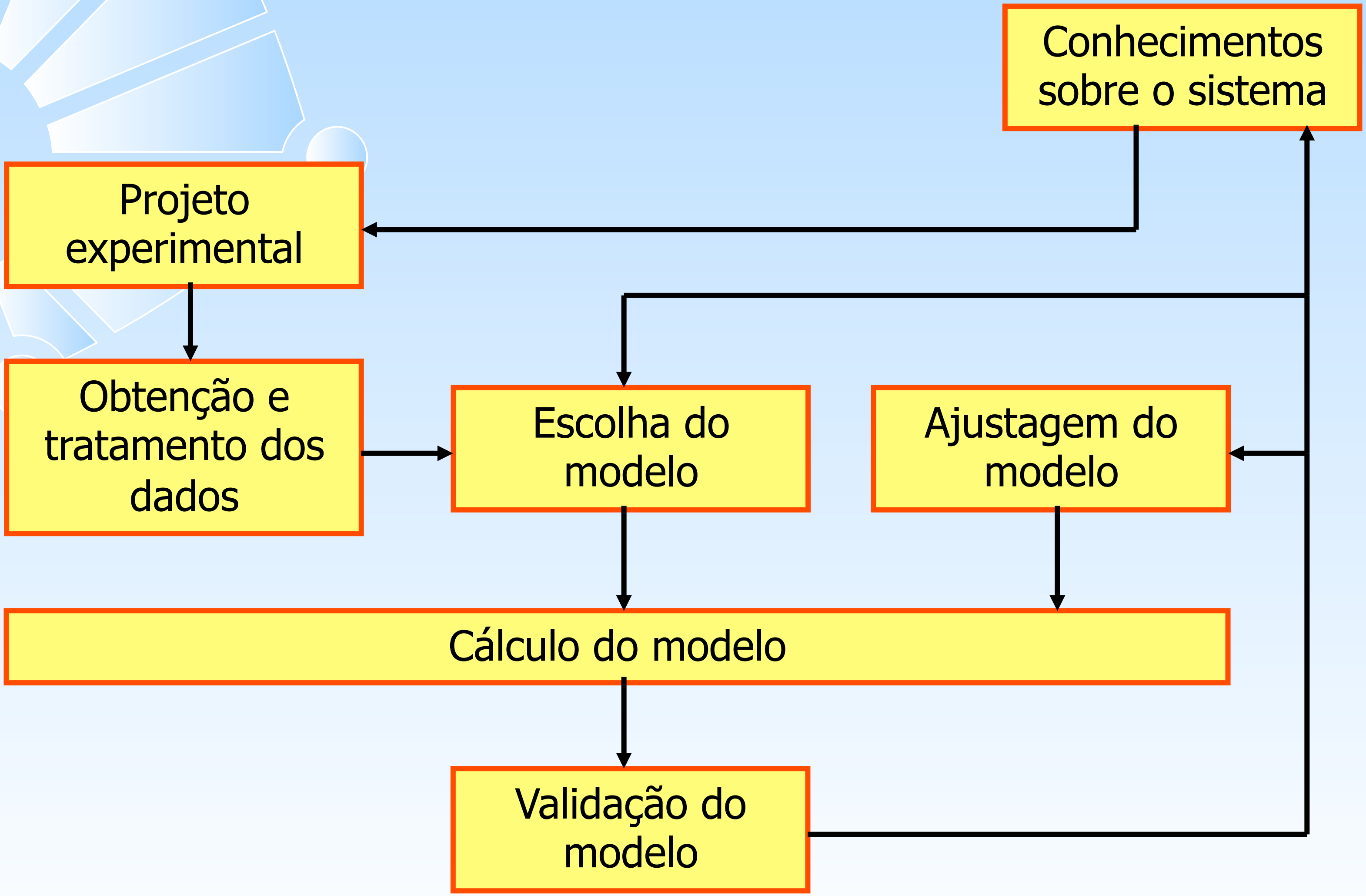
Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Identificação de Sistemas

Ciclo de Identificação de Sistemas



Identificação de Sistemas

Procedimento: Submete-se o sistema, sem a ação de nenhum tipo de controle, a uma excitação conhecida (normalmente uma entrada do tipo degrau) e mede-se sua resposta no tempo, obtendo-se experimentalmente a resposta do sistema a uma entrada do tipo degrau unitário. Se a planta não envolve integrador(es) ou pólos conjugados complexos dominantes, então a curva de resposta a um degrau unitário pode parecer como uma curva do tipo "S".

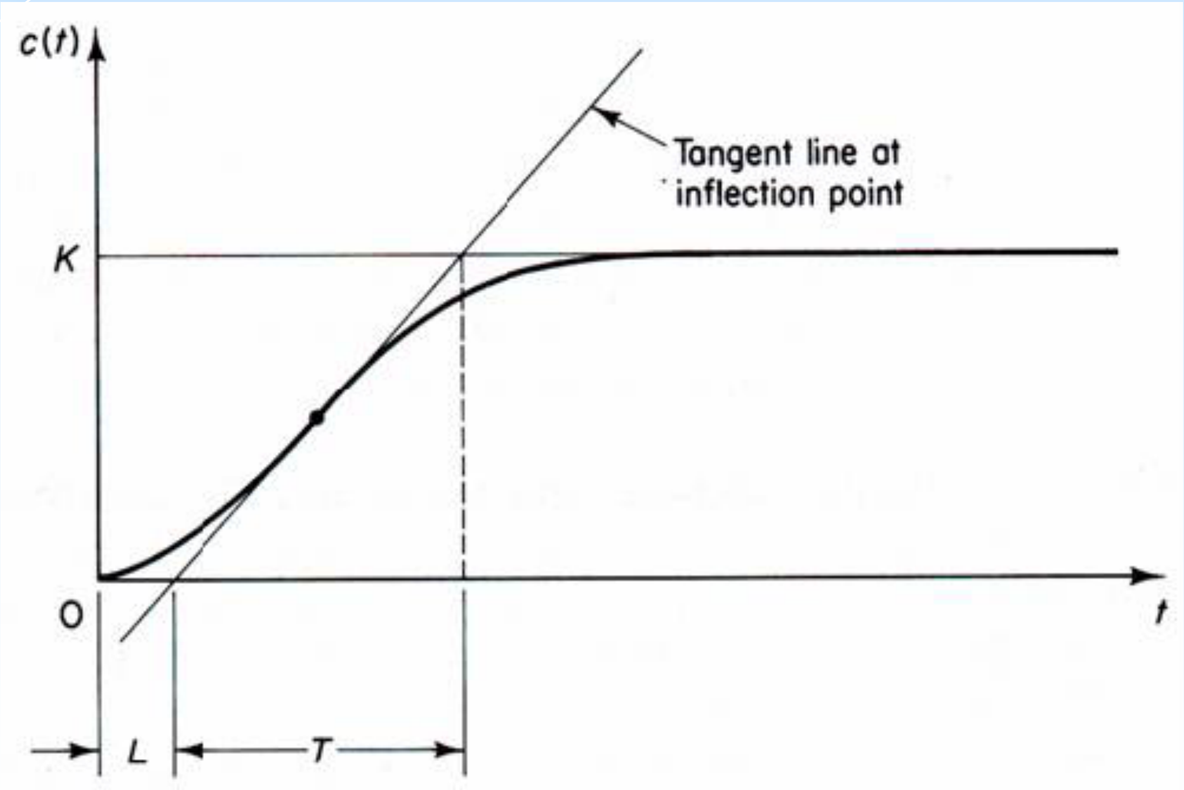
Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Identificação de Sistemas

A curva tipo "S" pode ser caracterizada por duas constantes, tempo de atraso L e constante de tempo T. O tempo de atraso e a constante de tempo são determinados desenhando-se uma linha tangente no ponto de inflexão da curva tipo "S" (ponto de máxima inclinação) e determinando-se a intersecção da linha tangente com o eixo do tempo e a linha c(t) = K.



Escola de Extensão
FEAGRI
LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Identificação de Sistemas

A função de transferência Y(s)/U(s) pode então ser aproximada para um sistema de primeira ordem com um atraso de transporte.

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{K\,e^{-Ls}}{Ts+1}$$

O termo de atraso pode ser aproximado por uma série de MacLaurin (esquerda) ou Padé (direita):

$$e^{-t_d s} \cong \frac{1}{1 + t_d s + \frac{t_d^2 s^2}{2}} \qquad e^{-t_d s} \cong \frac{1 - \frac{t_d s}{2}}{1 + \frac{t_d s}{2}}$$

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle

Identificação de Sistemas

Exercício

O arquivo "temp20.txt" contém a curva de resposta de um sistema de aquecimento. O sistema tem como resposta a temperatura acima da correspondente à do ambiente no momento do experimento, frente a um degrau de 20% da potência elétrica disponível para o aquecimento. Identifique o sistema.

Obs.: Os dados foram obtidos com uma taxa de amostragem de 100 pontos por segundo.

Identificação de Sistemas

Sistemas de Segunda Ordem

Sistemas de segunda ordem sub-amortecido também podem ser identificados por meios experimentais. Para tanto, excita-se o sistema com um sinal de entrada conhecido e registra-se a resposta. Normalmente a excitação é do tipo degrau. Neste caso, a resposta deve ter a forma da equação:

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\,\xi\,\omega_n\, s + \omega_n^2}$$

Onde:

$$M_o[\%] = e^{-\pi\xi / \sqrt{1-\xi^2}} \Longrightarrow \xi$$

$$t_d = \frac{1 + 0{,}7\,\xi}{\omega_n} \quad p/\ \ 0 < \xi < 1 \Longrightarrow \omega_n$$

Identificação de Sistemas

Sistemas de Segunda Ordem

Exercício

Deseja-se obter a FT de um processo desconhecido. Para tanto, realizou-se uma experimentação aplicando-se ao processo uma entrada do tipo degrau unitário e mediu-se sua resposta em função do tempo. O resultado do experimento está apresentado no arquivo “ident2.txt”.

Pede-se:

1. Identifique a planta e apresente sua Função de transferência;

2. Faça um gráfico apresentando a resposta no domínio do tempo da planta identificada;

3. Compare graficamente a resposta experimental com a obtida pela identificação. Ajuste se necessário.

Escola de Extensão

FEAGRI

LIC Laboratório de Instrumentação e Controle