



Instituto Politécnico, Nova Friburgo
August 30th - September 3rd, 2004

Paper CRE04 - PM01

Determinação de Perda de Rigidez em Estruturas Através da Metodologia dos Observadores de Estado

Gregory Bregion Daniel

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, FEIS, Universidade Estadual Paulista, UNESP
CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil
gbdaniel@aluno.feis.unesp.br

Gilberto Pechoto de Melo

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS - Universidade Estadual Paulista - UNESP
CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil
gilberto@dem.feis.unesp.br

Um dos fatores do interesse das indústrias no desenvolvimento de novas técnicas de detecção e localização de falhas é a preocupação com a segurança de seus sistemas, havendo a necessidade de supervisão e monitoramento para que as falhas sejam sanadas o mais rápido possível. Com o auxílio de modelos teóricos bem definidos, alguns métodos de identificação de parâmetros, *observadores de estado* e auxílio à decisão é possível monitorar os parâmetros dos sistemas [1].

Os observadores de estado podem reconstruir os estados não medidos ou os valores provenientes de pontos de difícil acesso no sistema. Neste caso, pode-se detectar falhas nestes pontos, podendo monitorá-los através das reconstruções de seus estados. As metodologias utilizando observadores de estado existentes são na sua maioria destinadas a resolver problemas de controle e detecção de possíveis falhas em sensores, instrumentos e sistemas mecânicos. A seguir apresenta-se a descrição de um observador de estado.

Considera-se o seguinte sistema linear e invariante no tempo apresentado pela equação abaixo:

$$\begin{aligned} \{\dot{x}(t)\} &= [A] \{x(t)\} + [B] \{u(t)\} & e \\ \{y(t)\} &= [C_{me}] \{x(t)\} \end{aligned}$$

Na qual $[A] \in \mathbb{R}^{n \times n}$ é a matriz dinâmica do sistema, $[B] \in \mathbb{R}^{n \times p}$ é a matriz de entradas e $[C_{me}] \in \mathbb{R}^{k \times n}$ a matriz de medidas, sendo n a ordem do sistema, p o número de entradas $\{u(t)\}$, e k o número de saídas $\{y(t)\}$.

Assumindo o sistema como observável com um determinado número de medidas pré-estabelecido, um observador para este sistema é dado por [2]:

$$\begin{aligned} \{\dot{\bar{x}}(t)\} &= [A] \{\bar{x}(t)\} + [B] \{u(t)\} + [L] (\{y(t)\} - \{\bar{y}(t)\}) & e \\ \{\bar{y}(t)\} &= [C_{me}] \{\bar{x}(t)\} , \end{aligned}$$

na qual $[L]$ é a matriz do observador de estado. O erro de estimação de estado fica:

$$\{e(t)\} = \{\bar{x}(t)\} - \{x(t)\}$$

e o erro de estimação na saída (resíduo):

$$\{\varepsilon(t)\} = \{\bar{y}(t)\} - \{y(t)\}$$

No presente trabalho realizou-se através de simulação computacional uma detecção de falha em um determinado sistema massa-mola-amortecimento de três graus de liberdade. Utilizou-se um observador global que detectou a existência da falha e observadores robustos aos parâmetros que localizaram a falha, além de avaliar quantitativamente a mesma. Vale ressaltar, que para cada parâmetro que poderia apresentar possível falha foi empregado um observador robusto. A falha utilizada na simulação foi a perda de rigidez da mola 1. O resultado obtido comprova a eficiência do método. A seguir estão apresentadas as tabelas com os resultados encontrados.

Dados do sistema simulado e condições iniciais:

$$M_1 \ddot{x}_1(t) + C_2 \dot{x}_2(t) + (C_1 + C_2) \dot{x}_1(t) + (K_A + K_1 + K_2) x_1(t) - K_2 x_2(t) = 0$$

$$M_2 \ddot{x}_2(t) - C_2 \dot{x}_1(t) + (C_2 + C_3) \dot{x}_2(t) - C_3 \dot{x}_3(t) + (K_B + K_2 + K_3) x_2(t) - K_2 x_1(t) - K_3 x_3(t) = 0$$

$$M_3 \ddot{x}_3(t) - K_3 x_2(t) - C_3 \dot{x}_2(t) + C_3 \dot{x}_3(t) + K_3 x_3(t) + K_C x_3(t) = 0$$

$$M_1 = 1 \text{ Kg}$$

$$K_A = 12000 \text{ N/m}$$

$$M_2 = 2 \text{ Kg}$$

$$K_B = 10000 \text{ N/m}$$

$$M_3 = 3 \text{ Kg}$$

$$K_C = 5000 \text{ N/m}$$

$$K_1 = 35877 \text{ N/m}$$

$$C_1 = 40 \text{ Ns/m}$$

$$K_2 = 49711 \text{ N/m}$$

$$C_2 = 70 \text{ Ns/m}$$

$$K_3 = 56628 \text{ N/m}$$

$$C_3 = 30 \text{ Ns/m}$$

$$x_1(0) = 0,025 \text{ m}$$

$$v_1(0) = 3,0 \text{ m/s}$$

$$x_2(0) = 0,000 \text{ m}$$

$$v_2(0) = 0,0 \text{ m/s}$$

$$x_3(0) = 0,000 \text{ m}$$

$$v_3(0) = 0,0 \text{ m/s}$$

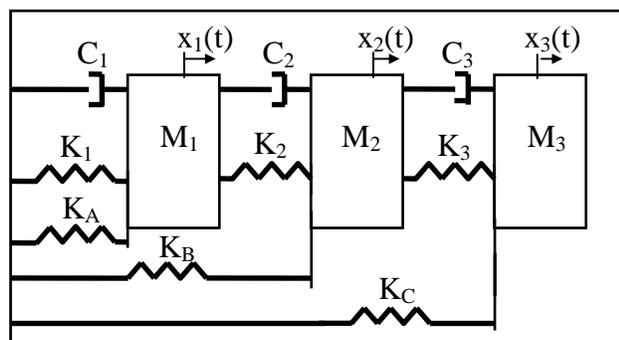


FIG. 1- Sistema Simulado

TAB. 1- Falha de 100% no parâmetro K_1

	Sistema Real sem Falha	Sistema Real com falha
Observador Global	5,1007e-020	9,4180e-007
Observador Robusto K_1	8,3770e-007	7,6656e-020
Observador Robusto K_2	1,6551e-007	1,0032e-006
Observador Robusto K_3	1,8470e-007	1,0224e-006
Observador Robusto C_1	2,0101e-007	6,3668e-007
Observador Robusto C_2	7,4416e-008	9,1211e-007
Observador Robusto C_3	1,0231e-007	9,4001e-007

TAB. 2- Falha de 10% no parâmetro K_1

	Sistema Real sem Falha	Sistema Real com falha de 10% K_1
Observador Global	5,1007e-020	1,0711e-006
Obs. Robusto a 10% K_1	1,6567e-006	2,1790e-019

Podem ser construídos Observadores Robustos a todos os parâmetros sujeitos a falhas e com todos os percentuais possíveis para um acompanhamento da curva de tendência de falhas.

REFERÊNCIAS

[1] MELO, G. P. & LEMOS, G. F., Fault Detection of Rotor-Support-Structure Including Foundation Effects–Anais (CD-Rom)XVII COBEM, S. Paulo, Brasil (2003).

[2] HOU, M. & MULLER, P. C., Design of a Class of Luenberger Observers for Descriptor Systems , *IEEE Transactions on Automatic Control*, Vol.40, n°.1, pp 133-135, 2000.