

IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UMA ESTRUTURA FLEXÍVEL DE DOIS ANDARES UTILIZANDO O MÉTODO DE PREDIÇÃO DE ERROS

Camilo Mesquita Neto
camilomn@dem.feis.unesp.br

Maria Adriana Tavares
adriana-tavares@hotmail.com

Vicente Lopes Júnior
vicente@dem.feis.unesp.br
Departamento de Engenharia Mecânica – GMSINT – Grupo de Materiais e Sistemas Inteligentes
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Av. Brasil n.º 56, centro, CEP 15385-000

Resumo: Para realizar controle em sistemas mecânicos, geralmente, utilizamos as equações do sistema na forma de espaço de estados, a primeira dificuldade com a qual nos deparamos é identificar as características físicas do sistema. O objetivo deste trabalho é utilizar o método da predição de erros (em inglês, Prediction Error Methods - PEM) para encontrar as características de um sistema mecânico, ou seja, as matrizes A, B, C e D. Para a implementação da rotina, será utilizado o programa Ident, que é uma ferramenta do Matlab, do método da Predição de Erros (– PEM).

Palavras-chaves: controle, identificação, método da predição de erros (PEM), características de sistemas mecânicos.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve um grande interesse no uso de sistemas de controle para atenuar os efeitos de eventos naturais, como por exemplo, terremotos e ventos fortes em estruturas da engenharia civil. Uma variedade de sistemas de controle foi considerada para estas aplicações que podem ser classificadas como passivo, ativo, semi-ativo, ou híbrido (combinações dos tipos precedentes). Os sistemas de controle passivos, tais como amortecedores viscoelásticos, amortecedores de fricção, amortecedores líquidos ajustados, e os sistemas da base-isolação, foram desenvolvidos como meios de aumentar o amortecimento em uma estrutura. Os sistemas passivos reagem ao movimento localizado da estrutura, agindo primeiramente para dissipar a energia vibratória da estrutural. Estes sistemas são aceitos agora extensamente como meios viáveis para reduzir as respostas de uma estrutura. Entretanto, os sistemas passivos são limitados, pois não podem se adaptar às variações das condições de operação. Assim, os sistemas passivos trabalham bem nas condições em que foram projetados, mas não são eficazes em outras situações.

Uma alternativa mais versátil é o conceito do controle ativo. Os sistemas de controle ativo operam usando uma fonte de energia externa para aplicar forças a estrutura, geralmente esta fonte de alimentação depende de uma considerável fonte de energia. A ação apropriada do controle é determinada tipicamente baseada nas medidas das respostas estruturais e/ou do distúrbio. Como as forças do controle não são inteiramente dependentes do movimento local da estrutura (embora há alguma dependência na resposta local devido aos efeitos da interação estrutura controle), o sistema de controle ativo tem um melhor desempenho que o passivo, já que trabalha em uma ampla faixa de carregamento. Apesar do bom rendimento, há ainda um número de perguntas que devem ser respondidas antes que esta tecnologia seja aplicada, incluindo questões sobre estabilidade, custo, confiabilidade, energia necessária, etc.

Os sistemas semi-ativos oferecem uma alternativa para o controle estrutural. Uma variedade de dispositivos semi-ativos foram propostos, incluindo amortecedores de orifícios variáveis,

dispositivos de fricção (atrito) variável, e amortecedores com fluidos ajustáveis. Estes sistemas têm atraído muita atenção, pois possuem a adaptabilidade de sistemas de controle ativos, mas operam usando uma pequena fonte de energia. Tipicamente, um dispositivo semi-ativo de controle é aquele que não acrescenta energia ao sistema a ser controlado, mas tem propriedades que podem ser dinamicamente variadas. Por este motivo estes dispositivos são adaptáveis, e trabalham em uma ampla faixa de carregamentos. Adicionalmente, os dispositivos semi-ativos de controle não necessitam grandes fontes de energia tais como aqueles associados com os sistemas de controle ativos, tornando-os atrativos para aplicações práticas. Além disso, os dispositivos semi-ativos são inerentemente estáveis (tem uma entrada limitada - sentido limitado da saída), o que resulta em um desempenho que pode se equiparar o dos sistemas ativos.

Um dispositivo semi-ativo, com promissora aplicação prática, é o amortecedor com fluido magnetoreológico (MR), que promove um amortecimento ajustável. O fluido MR tem propriedades similares ao fluido electroreológico (ER). Fluidos Eletroreológicos (ER) e Magnetoreológicos (MR) têm a habilidade de mudar a tensão de escoamento. Fluidos ER reagem com o campo elétrico, enquanto os MR reagem com o campo magnético, no entanto, os dois fluidos operam de maneira similar. Minúsculas partículas de matérias são suspensas em um fluido e quando o campo é aplicado ao fluido, as partículas de metal formam uma corrente alinhada com o campo. Estes materiais são particularmente úteis em absorvedores de vibrações. A vibração causa uma quebra nas correntes de partículas e o campo causa uma recomposição da corrente. Esta sequência de quebras e reconstituição das correntes permite ao fluido dissipar energia do sistema (Karnopp et al., 1984; Spencer et al., 1996; Jolly et al., 1998; Srinivasan et al., 2001).

Embora as características dos fluidos MR e ER sejam similares em alguns aspectos, as características de fluidos MR são consideradas mais benéficas que aquelas dos fluidos ER. Um estudo apresentado pela divisão de materiais da Lord Materials Division (2004) mostrou que existem três importantes vantagens dos fluidos MR. Primeira, os fluidos MR exigem fontes de voltagem mais baixa que fluidos ER. Segunda, fluidos MR são menos sensíveis a contaminação que os fluidos ER. Terceira, fluidos MR geralmente, suportam maiores tensões mecânicas que fluidos ER.

Uma dificuldade inicial para poder realizar o controle destas estruturas é encontrar as características (parâmetros) do sistema, como matriz de massa, rigidez e amortecimento.

O foco deste trabalho será encontrar os parâmetros de um sistema de dois graus de liberdade, utilizando o programa matlab –ident, pelo Método de Predição de Erros (Prediction Error Methods – PEM). Posteriormente, estes parâmetros serão utilizados para realizar o controle da estrutura usando amortecedores com fluido magnetoreológico.

2.MODELO ESTRUTURAL

O comportamento dinâmico de uma estrutura pode ser descrito em termos de matrizes de massa, rigidez, amortecimento e vetores de deslocamento velocidade e aceleração.

$$\ddot{q}(t) + M^{-1}D\dot{q}(t) + M^{-1}Kq(t) = M^{-1}B_0u(t) \quad (1)$$

$$y(t) = C_{oq}q(t) + C_{ov}\dot{q}(t) \quad (2)$$

onde $q(t)$ é o vetor com n -elementos de deslocamento, $u(t)$ é o vetor de s -elementos de entrada (input), $y(t)$ é o vetor de r -elementos de saída (output), M é a matriz de massa $n \times n$, D é a matriz de amortecimento $n \times n$, K é a matriz de rigidez $n \times n$, B_0 é a matriz de entrada $n \times s$, C_{oq} é a matriz de deslocamento de saída $r \times n$ e C_{ov} é a matriz de velocidade de saída $r \times n$. A matriz de massa é positiva definida e as matrizes de amortecimento e rigidez são positivas semidefinidas, n é o número de graus de liberdade do sistema (coordenadas linearmente independentes que descrevem a estrutura com dimensões finitas), r é o número de saídas e s o número de entradas.

Se considerarmos o sistema linear e invariante no tempo, a equação na forma de espaço de estados pode ser escrita na forma matricial como:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \quad (3)$$

$$y(t) = Cx(t) \quad (4)$$

onde

$$A = \begin{bmatrix} 0 & I \\ -M^{-1}K & -M^{-1}D \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ M^{-1}B \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} C_{oq} & C_{ov} \end{bmatrix} \quad (5a,b,c)$$

3. IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS PELO MÉTODO DE PREDIÇÃO DE ERROS

3.1. Conceitos Básicos

Identificação de sistemas é na verdade construir modelos matemáticos de sistemas dinâmicos usando dados de entrada e saída (input/output). Isso pode ser feito usando várias técnicas diferentes, neste trabalho será aplicado o Método de Predição de Erros (Prediction Error Methods – PEM). Este método de estimação pertence a família de modelos de parametrização arbitrários e tem similaridades com o método da máxima probabilidade (Ljung; 2002). Nesta seção são descritas as propriedades básicas do PEM.

A saída no tempo t é $y(t)$, e a entrada é $u(t)$. Estes sinais são vetores com dimensões arbitrárias. O caso de sinal de entrada nulo ($u=0$) corresponde a série no tempo. Sendo, $Z^N = \{u(1), y(1), u(2), y(2), \dots, u(N), y(N)\}$ dados coletados em um tempo N . Os dados são obtidos em tempo discreto, contudo, pode-se utilizar séries contínuas no tempo.

A idéia básica por trás da aproximação por predição de erros é descrever o modelo como uma predição da próxima saída:

$$\hat{y}_m(t/t-1) = f(Z^{t-1}) \quad (6)$$

sendo $\hat{y}_m(t/t-1)$ denota um passo adiante na predição da saída, e f é uma função arbitrária para o passado, observando os dados.

Parametrizando a predição em termos de um parâmetro de dimensões finitas, um vetor θ :

$$\hat{y}(t/\theta) = f(Z^{t-1}, \theta) \quad (7)$$

Algumas condições de regularidades podem ser impostas para a parametrização.

Estimando um θ (denotado por $\hat{\theta}_N$) do modelo de parametrização e observado os dados determinado por Z^N tal que a distância entre $\hat{y}(1/\theta), \dots, \hat{y}(N/\theta)$ e $y(1), \dots, y(N)$ é minimizada através de uma norma adequada.

Se a norma mencionada acima é escolhida em um caminho particular para igualar a função densidade de probabilidade, a estimativa de $\hat{\theta}_N$ coincidirá com o da Estimativa da Máxima Probabilidade.

O PEM tem um número de vantagens:

- Pode ser aplicado para um amplo espectro de parametrização de modelos.

- Fornece modelos com propriedades assintóticas excelentes, devido sua similaridade com a Máxima Probabilidade.
- Pode tratar sistemas que operam em loop fechado (“Closed loop”). A entrada é parcialmente determinada como saída realimentada, quando os dados são coletados.

Desvantagens do método:

- Exige uma parametrização explícita do modelo. Para estimar, por exemplo, um modelo linear arbitrário de ordem 5, algum tipo de parametrização que inclua todos os modelos de quinta ordem devem ser introduzidos.
- A busca de parâmetros que dão a melhor predição da saída adequadamente pode ser demorada e envolve uma superfície de pesquisa com muitos mínimos locais.

3.2. Parametrização de Modelos

O modelo geral de predição é dado por (7):

$$\hat{y}(t/\theta) = f(Z^{t-1}, \theta)$$

Como exemplo, a forma base de um modelo pode ser uma simples equação diferencial linear:

$$y(t) + a_1 y(t-1) + \dots + a_n y(t-n) = b_1 u(t-1) + \dots + b_m u(t-m) \quad (8)$$

Ignorando qualquer contribuição de ruídos para essa equação, ou assumindo que o termo de ruído não pode ser previsto, a predição natural é:

$$\hat{y}(t/\theta) = -y(t) - a_1 y(t-1) - \dots - a_n y(t-n) + b_1 u(t-1) + \dots + b_m u(t-m) \quad (9)$$

$$\theta = [a_1 \dots a_n \dots b_1 \dots b_m]^T \quad (10)$$

Que corresponde a:

$$f(Z^{t-1}, \theta) = \theta^T \phi(t) \quad (11)$$

$$\phi(t) = [-y(t-1) \dots -y(t-n) \dots u(t-1) \dots u(t-m)]^T \quad (12)$$

Pode-se distinguir algumas características específicas de (7).

- Modelo Linear Invariante no Tempo (LTI): $f(Z^{t-1}, \theta)$ é linear em Z^{t-1} e não depende explicitamente do tempo, podemos escrever na forma:

$$f(Z^{t-1}, \theta) = W_y(q, \theta) y(t) + W_u(q, \theta) u(t) \quad (13)$$

$$= \sum_{k=1}^{t-1} w_y(k) y(t-k) + \sum_{k=1}^{t-1} w_u(k) u(t-k) \quad (14)$$

para alguns filtros LTI W_y e W_u que começam com um atraso. Onde, q é a variável de operação.

- Modelo de Regressão Linear: $f(Z^{t-1}, \theta)$ é linear em θ , mas possivelmente não linear em Z . A equação (8) é um modelo linear e um modelo de regressão linear.

- Modelo não Linear: $f(Z^{t-1}, \theta)$ é não linear em Z .

3.3. Modelo Linear

O modelo de predição linear (13) é equivalente a assumirmos que os dados tenham sido gerados de acordo com:

$$y(t) = G(q, \theta)u(t) + H(q, \theta)e(t) \quad (15)$$

onde e é um ruído branco (que não pode ser previsto), e H é uma matriz onde a expansão em q^{-1} começa com uma matriz identidade. Aqui, também, assume-se que G contém atraso. A equivalência pode ser vista se reescrevermos (15) como:

$$y(t) = [I - H^{-1}(q, \theta)]y(t) + H^{-1}(q, \theta)G(q, \theta)u(t) + e(t)$$

O primeiro termo do lado direito apenas contém $y(t-k)$, $k \leq 1$, então a predição natural para $y(t)$, baseada nos dados passados, pode ser dada por (13) com:

$$W_y(q, \theta) = [I - H^{-1}(q, \theta)], \quad W_u(q, \theta) = H^{-1}(q, \theta)G(q, \theta) \quad (16)$$

É necessário que θ seja restrito a valores tal que os filtros $H^{-1}G$ e H^{-1} sejam estáveis. Note que a parametrização de G e H é de maneira bastante arbitrária. Por exemplo, ela pode ser baseada no tempo contínuo ou modelo espaço de estados com matrizes de parâmetros físicos, conhecidos ou desconhecidos, na entrada:

$$\dot{x}(t) = A(\theta)x(t) + B(\theta)u(t) \quad (17)$$

$$y(t) = Cx(t) + v(t) \quad (18)$$

onde o estado x pode ter interpretação física, isto é, posição e velocidade e θ corresponde as constantes desconhecidas do material, etc.

4. ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS

Uma vez que o modelo da estrutura, isto é, a parametrização da função $f(Z^t, \theta)$ foi definida, e os dados Z^N coletados, a estimativa dos parâmetros θ é conceitualmente simples: minimizando a distância entre a saída predita (de acordo com os parâmetros θ) e a saída medida:

$$\hat{\theta}_N = \arg \min_{\theta} V_N(\theta) \quad (19)$$

$$V_N(\theta) = \sum_{t=1}^N l(y(t) - f(Z^{t-1}, \theta)) \quad (20)$$

onde l é uma medida de distância adequada, tal que $l(\varepsilon) = \|\varepsilon\|^2$. A conexão entre o método da probabilidade máxima é obtida por uma escolha particular da norma. Assumindo que os dados são produzidos pelo mecanismo:

$$y(t) = f(Z^{t-1}, \theta) + e(t) \quad (21)$$

onde $\{e(t)\}$ é uma seqüência de variáveis randômicas independentes com função densidade de probabilidade $p(x)$. Então, com $l(x) = -\log p(x)$, o critério (20) é o negativo do logaritmo da função probabilidade para o problema estimado (para θ termos independente). Isso faz $\hat{\theta}_N$ igual ao critério da máxima probabilidade de estimação.

O cálculo do argumento de minimização pode ser complicado e envolver considerável tempo computacional. Pode envolver, ainda, uma pesquisa complexa sobre uma função com muitos mínimos locais. A pesquisa numérica é tipicamente realizada usando o método Damped Gauss-Newton. Para uma entrada escalar e $l(\varepsilon) = \frac{1}{2}\varepsilon^2$, isto toma a forma:

$$\hat{\theta}^{(i+1)} = \hat{\theta}^{(i)} - \mu_i R_i^{-1} \hat{g}_i$$

$$\hat{g}_i = V'_N(\hat{\theta}^{(i)}) \sim \quad (22)$$

$$V'_N(\theta) = \frac{dV_N(\theta)}{d\theta} = -\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (y(t) - \hat{y}(t/\theta)) \psi(t, \theta)$$

$$\psi(t, \theta) = \frac{\partial}{\partial \theta} \hat{y}(t/\theta)$$

$$R_i = V''_N(\hat{\theta}^{(i)}) \approx \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \psi(t, \hat{\theta}^{(i)}) \psi^T(t, \hat{\theta}^{(i)})$$

onde μ_i é um escalar, ajustado para o critério $V_N(\theta^{(i+1)}) < V_N(\theta^{(i)})$. Uma discussão dos problemas numéricos e das propriedades de convergências podem ser encontradas em Ljung (2002).

5.DISTRIBUIÇÃO ASSINTÓTICA

Uma questão importante do método é a aproximação do limite. Isso é tratado considerando a distribuição assintótica da estimativa. O resultado básico é o seguinte: se $\{\varepsilon(t, \theta^*)\}$ é aproximadamente um ruído branco, então o vetor aleatório $\sqrt{N}(\theta_N - \theta^*)$ converge para a distribuição normal com média zero e a matriz de covariância de $\hat{\theta}_N$ é aproximadamente dada por:

$$P_\theta = \lambda \left[E \psi(t) \psi^T(t) \right]^{-1} \quad (23)$$

Onde

$$\lambda = E \varepsilon^2(t, \theta^*)$$

$$\psi(t) = \frac{d}{d\theta} \hat{y}(t/\theta) \Big|_{\theta=\theta^*} \quad (24)$$

Isso significa que a razão convergência de $\hat{\theta}_N$ em direção θ^* é $1/\sqrt{N}$. Pensando em ψ como a sensibilidade da predição com respeito aos parâmetros. Ele é também usado nos algoritmos de

busca numérica exata dada pela equação (22). Então (23) estabelece que a matriz de covariância de $\hat{\theta}_N$ é proporcional ao inverso da matriz de covariância da sensibilidade.

O resultado das equações (23) e (24) é geral e válido para estruturas lineares e não lineares, apenas sujeito as condições de regularidade. Esse resultado é também bastante natural e fornece a diretriz para toda escolha usada envolvendo o processo de identificação.

A família PEM tem a vantagem de ser aplicável a uma grande variedade de modelos de estruturas. Pode ser aplicado a dados de realimentação de uma maneira direta e dá o melhor resultado possível, se o modelo da estrutura contém o sistema verdadeiro.

A principal desvantagem do PEM é que a busca numérica em (22) pode ser trabalhosa e necessita de bons parâmetros iniciais. Para múltiplas variáveis, o modelo linear do espaço de estados pode ser usado em combinação com Métodos de Subespaço.

6. APLICAÇÃO EXPERIMENTAL

A figura 1 mostra a estrutura onde foram realizados os ensaios experimentais. Esta estrutura foi considerada como um sistema representado por dois graus de liberdade. Nesta fase foram identificadas as matrizes da equação na forma de espaço de estado.

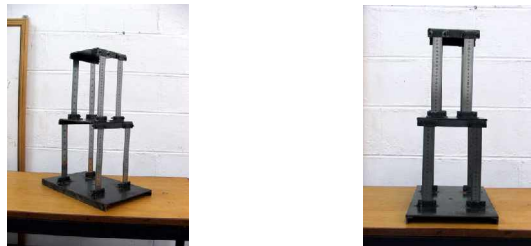


Figura 1: Foto estrutura de dois graus de liberdade.

Inicialmente, para comparação, determinou-se as propriedades físicas da estrutura através de um teste estático e um dinâmico. Foi aplicado no primeiro andar da estrutura (primeiro piso) um carregamento inicial de 2445N, com um acréscimo de 2455N até o valor máximo de 14730N. A resposta a este carregamento (deslocamento) foi obtido através de um relógio comparador. Com o carregamento e o deslocamento, utilizando a Lei de Hook, foi possível estimar o valor da rigidez da estrutura. Com a rigidez e a massa da estrutura se estimou o valor das frequências naturais da estrutura, $w_1 = 3,0227\text{Hz}$, $w_2 = 9,5074\text{Hz}$.

Para o ensaio dinâmico, utilizou-se o esquema da montagem mostrada na figura 2.

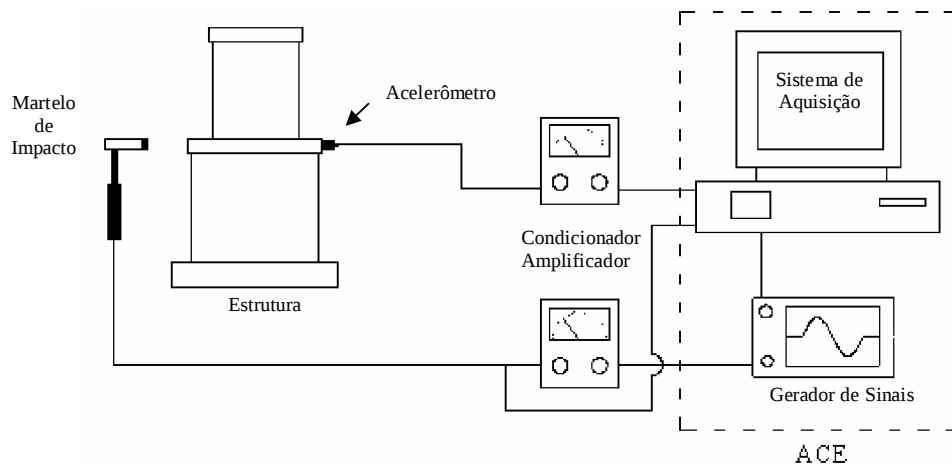


Figura 2: Esquema da Montagem do Experimento

O martelo de impacto modelo 086C04 PCB Piezotronics® foi utilizado para dar uma excitação inicial a estrutura e obter o sinal de entrada. Para obter a resposta da estrutura foi utilizado o acelerômetro modelo 352C22 PCB Piezotronics®. Para armazenar os dados e tratá-los foi utilizado o programa ACE II, que armazenou os valores da entrada e da saída, figura 3.

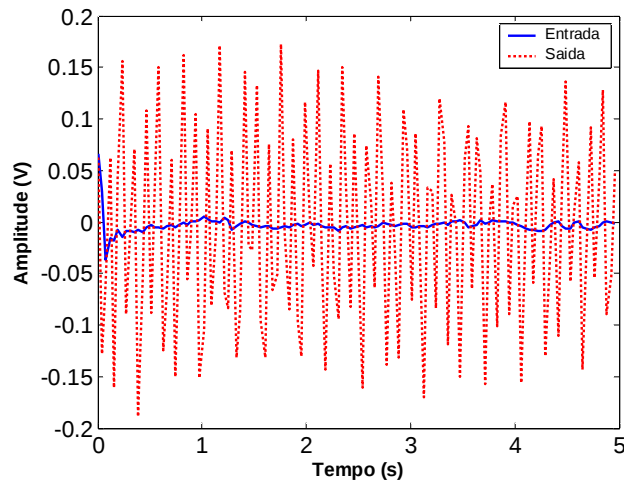


Figura 3: Dados de entrada e saída do ensaio dinâmico obtidos pelo programa ACE II.

Este programa também nos forneceu uma estimativa das frequências naturais da estrutura, $w_1 = 3,4\text{Hz}$ e $w_2 = 8,4\text{Hz}$. Estes ensaios foram realizados para conferir se o modelo de identificação nos oferece uma boa estimativa dos parâmetros da estrutura.

Em seguida foi aplicado o método de identificação PEM. Os dados de entrada e saída obtidos com o programa ACE II, foram usados no programa Ident, segundo a metodologia mostrada anteriormente. A figura 4 mostra a função de resposta em frequência (FRF) obtida através das matrizes A, B e C identificadas pelo método PEM.

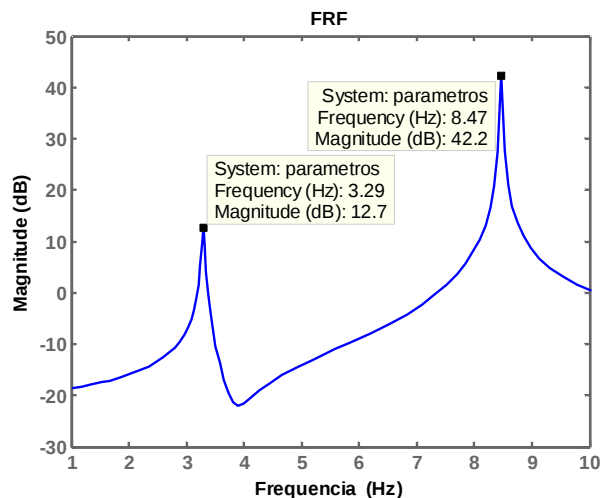


Figura 4: FRF obtida através das matrizes A, B e C identificadas pelo método PEM.

Na tabela 1 estão mostrados os valores das frequências naturais, do ensaio estático, dinâmico e do modelo identificado por PEM.

Tabela 1: Frequências naturais e erro em relação ao ensaio dinâmico.

Método	w_1	Erro	w_2	Erro
Ensaio estático	3,02	11,17%	9,50	-13,1%
Ensaio dinâmico	3,4		8,4	
Método PEM	3,29	-2,81%	8,47	-0,83%

Como podemos observar na tabela 1, o modelo de identificação ofereceu uma boa aproximação das propriedades físicas do sistema. Nesta etapa não se utilizou qualquer ajuste das matrizes. As matrizes dinâmica, de entrada e de saída, A, B, C e D, respectivamente, são mostradas abaixo.

$$A = \begin{bmatrix} -0,5584 & 1,0734 & 0,0258 & 0,1317 \\ -0,7405 & -0,3937 & -0,1582 & -0,0599 \\ -0,7282 & -0,0511 & 0,7436 & -0,4254 \\ 0,4190 & 0,2017 & 1,2089 & 0,6234 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1,0302 \\ 1,3520 \\ 0,5306 \\ -1,3060 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0,1226 \\ -0,2957 \\ 0,4804 \\ 0,1490 \end{bmatrix}$$

$$D = |0|$$

Com estas matrizes determinadas, a próxima etapa do trabalho é o projeto do controlador. Nesta estrutura será aplicado um controle semi-ativo através do amortecedor com fluido magnetoreológico, MR.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através destes ensaios é possível observar que o programa de identificação utilizando o modelo de identificação PEM nos oferece uma boa aproximação do sistema ensaiado e, portanto, uma boa estimativa dos parâmetros do sistema, matrizes A, B, C, o que vai nos oferecer a possibilidade de realizar o controle desta estrutura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES.

REFERÊNCIAS

- Jolly, Mark R., Bender, Jonathan W. e Carlson, J. David. "Properties and Applications of Commercial Magnetorheological Fluids," SPIE. vol. 3327.pp.262-275, 1998.
- Ljung, L., "Prediction Error Methods". Circuits Systems Signal Processing, vol. 21. No. 1. pp. 11-21, 2002.
- Karnopp, Dean e Margolis, Donald. "Adaptive Suspension Concepts for Road Vehicles," *Vehicles System Dynamics*, vol.13, 1984.
- Spencer Jr, B.F., Dyke, S.J., Sain, M.K. e Carlson, J.D. "Phenomenological Model of a Magnetorheological Damper," *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, March 10, 1996.
- Srinivasan A. V. and McFarland D. M., *Smart Structures: Analysis and Design*: Cambridge University press, 2001.

Direitos Autorais

Os autores são responsáveis por todo conteúdo deste trabalho.

IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF A FLEXIBLE STRUCTURE USING PREDICTION ERROR METHODS

Camilo Mesquita Neto

camilomn@dem.feis.unesp.br

Maria Adriana Tavares

adriana-tavares@hotmail.com

Vicente Lopes Júnior

vicente@dem.feis.unesp.br

Departamento de Engenharia Mecânica – GMSINT – Grupo de Materiais e Sistemas Inteligentes
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Av. Brasil n.º 56, centro, CEP 15385-000

Abstract: *To carry out control in mechanical systems, generally, we use the equations of the system in the form of space-states. The first difficulty that we come across is to identify the physical characteristics of the system. The objective of this work is to use the Prediction Error Methods (PEM) to find the characteristics of a mechanical system, i.e., the matrices A, B, C and D. For the implementation of the routine, it will be used the Ident program, that is a tool of the Matlab, included in the Prediction Method Errors (PEM).*

Keywords: Control systems, Parameter Identification, Predictor Error Methods