



Instituto Politécnico, Nova Friburgo  
August 30<sup>th</sup> - September 3<sup>rd</sup>, 2004

Paper CRE04-AC03

## Identificação e Controle em Tempo Discreto de Estruturas Flexíveis

**Clayton Rodrigo Marqui, Samuel da Silva e Vicente Lopes Júnior**

Grupo de Materiais e Sistemas Inteligentes - GMSINT, Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Ilha Solteira

Av. Brasil, n.º 56, CEP. 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil

clayton\_rm@dem.feis.unesp.br, samuel@dem.feis.unesp.br, vicente@dem.feis.unesp.br

As exigências de desempenho para sistemas estruturais utilizados nas indústrias aeronáutica e automobilística são cada vez mais restritas. Dentro destas exigências se destaca a necessidade da atenuação de vibração estrutural, que dependendo do nível pode comprometer o funcionamento do sistema, ou ainda causar ruído indesejável. Na última década a popularização de atuadores e sensores piezelétricos, com especial destaque para o PZT (*titanato-zirconato de chumbo*), favoreceu o desenvolvimento de novas técnicas aplicadas para se contornar estes problemas. Assim, os PZTs acoplados a sistemas estruturais e aliados a sistemas de controle ativo são capazes de atenuar vibração através do aumento do coeficiente de amortecimento em modos específicos, ou reduzir o ruído indesejável das estruturas. Diferentemente do que ocorre nas técnicas de controle passivas clássicas, a metodologia de controle implementada neste trabalho adiciona uma pequena quantidade de massa na estrutura base. Esta característica se coloca como vantagem para uma gama de aplicações, [1,2].

Neste sentido este trabalho tem como proposta a identificação e o controle ativo de vibrações (AVC) em uma viga biengastada, fig. 1. O modelo a ser utilizado no projeto do controlador poderia ser obtido analiticamente, porém, se optou por fazer um ensaio de identificação. O material utilizado para o ensaio foi: um martelo de impacto da PCB Piezotronics®; 2 cerâmicas piezelétrica da Piezo System®, 1 acelerômetro da PCB Piezotronics®, 2 condicionadores de sinais, 1 amplificador de potência e 1 microcomputador equipado com placa de aquisição de sinais, conversor A/D e D/A e com o software de análise Signal Calc ACE®. Foram adquiridas duas funções de resposta em frequência (FRFs):  $G_1$ , excitando o sistema com um martelo de impacto e  $G_2$ , excitando o sistema com os PZTs. A partir das FRFs medidas foi implementado em ambiente Matlab® o algoritmo de realização de autosistemas (ERA). O primeiro passo foi aplicar a transformada inversa de Fourier e obter a função de resposta ao impulso (IRF). A partir desta função obtém-se os parâmetros de Markov do sistema. Utilizando decomposição de valores singulares obtemos então as matrizes no espaço de estados do sistema no domínio discreto. O tempo de amostragem utilizado foi de 1ms. A fig 2 mostra o resultado do ensaio e da identificação. Detalhes da implementação do ERA são encontrados em [2].

A maioria dos trabalhos pesquisados na literatura sobre AVC projetam controladores analógicos e depois se converte em tempo discreto. Porém a idéia nesta pesquisa foi projetar o controlador diretamente em tempo discreto, uma vez que as matrizes identificadas estavam neste domínio. Foi implementado com o auxílio do Matlab® um regulador linear quadrático digital e um estimador de estados discreto. Detalhes do projeto de reguladores digitais são encontrados em [2,3]. Para avaliar o desempenho do controlador foi implementado o diagrama Simulink® da fig. 3. O resultado para aplicação de uma excitação impulsiva é mostrado na fig 4. O sistema à malha fechada resultou estável, com os pólos no interior do círculo unitário. O regulador projetado conseguiu atenuar os modos na banda de frequência de interesse e se mostrou satisfatório. Porém, ressalta-se que nenhum requisito de robustez à dinâmica residual foi imposto durante o projeto. A

partir de uma análise mais rigorosa, constata-se que o sistema à malha fechada apresenta fracas margens de estabilidade robusta. Assim, em uma implementação em tempo real este controlador não teria um desempenho satisfatório como nas simulações. Neste sentido, a direção futura da pesquisa será incluir no projeto exigências de robustez e de melhorias na fase de identificação do sistema.

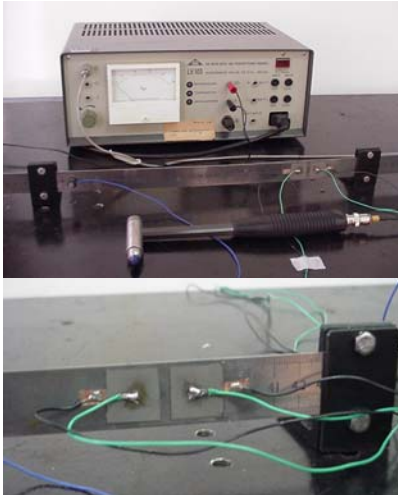


Figura 1. Vista geral da bancada experimental e detalhe do PZT.

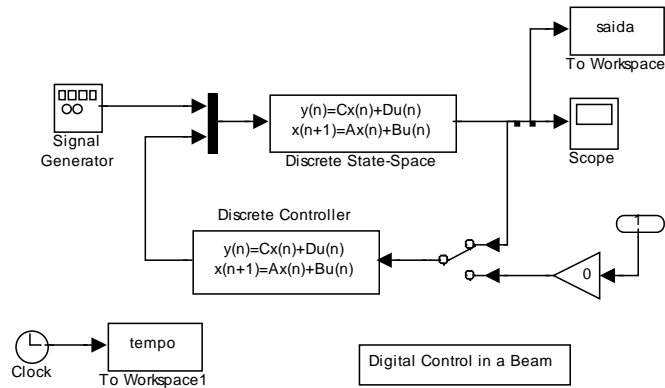


Figura 3. Diagrama de blocos Simulink® utilizado na simulação do sistema.

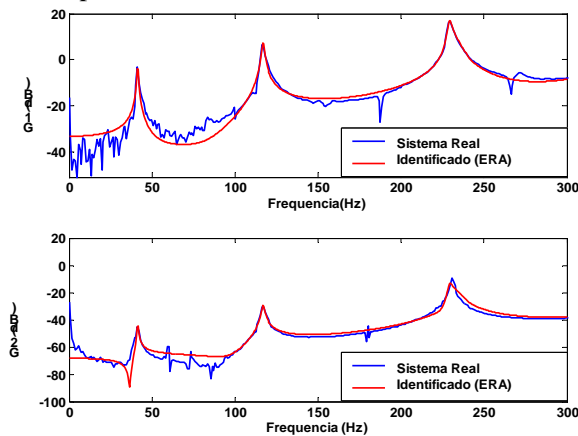


Figura 2. FRFs experimental e do modelo identificado utilizando o ERA.

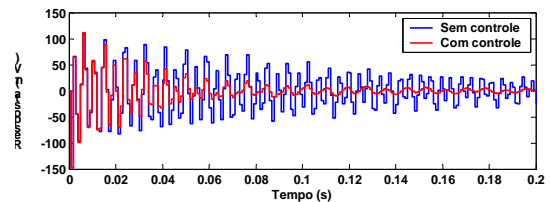


Figura 4. Resposta do sistema com e sem controle para uma perturbação impulso (martelo).

## REFERÊNCIAS

- [1] Silva, S., Lopes Jr., V. and Assunção, E., Robust Control of Truss Structure Using Linear Matrix Inequalities, In Proceedings of the XXII IMAC – Conference & Exposition on Structural Dynamics, Dearborn, Michigan, USA, 2004.
- [2] Juang, J. N. and Phan, M. Q., Identification and Control of Mechanical Systems, Cambridge University Press, 2001.
- [3] Ogata, K., Discrete-Time Control System, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987.