

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS EM DINÂMICA DE ROTORES HORIZONTAIS

M. V. G. D. Abrantes (1), M. A. C. Michalski (1), M. Zindeluk (1),
A. P. Ripper (1), R. O. Rocha (2)

(1) Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Ilha do Fundão - Caixa Postal 68503 - Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21945-970

(2) CEPEL/Eletróbrás (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) ACME - Área de Materiais e Mecânica - Av. Hum s/n Cidade Universitária, Ilha do Fundão - Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21944-970

Palavras-chaves: bancada experimental, dinâmica de rotores, projeto de máquinas, vibrações mecânicas.

RESUMO

A necessidade de se aperfeiçoarem e otimizarem projetos, baixar os custos de operação e obter maior robustez e confiabilidade nos equipamentos impõe tarefas próprias ao engenheiro mecânico, que necessita de aparato experimental para testar novos modelos e técnicas, além de desenvolver seu conhecimento e domínio sobre o assunto.

Visando contribuir com o atendimento de tal necessidade, o objetivo principal deste trabalho é documentar o projeto e construção de uma bancada na qual possam ser realizados experimentos com rotores horizontais. Tal projeto é mais um passo em todo um conjunto de estudos promovidos para desenvolvimento do País e melhor formação de profissionais na área de engenharia mecânica elaborados pelo Laboratório de Acústica e Vibrações da UFRJ em conjunto com o Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL).

O trabalho pode ser dividido em três etapas distintas, porém interligadas. Primeiramente, são definidos os parâmetros básicos que devem ser utilizados no projeto da bancada. Numa segunda etapa, com as idéias iniciais formadas, o projeto é desenvolvido, executando-se a elaboração e construção das peças que formam a bancada. A terceira etapa consiste na construção e montagem propriamente dita, onde cada peça assume sua função e recebe os ajustes finais necessários.

Para tal, são utilizados não só conceitos de dinâmica de rotores, vibrações mecânicas e projeto de máquinas, encontrados na literatura como Thomson (1998) e Shigley (1986), como também em trabalhos anteriores, como Murta (2000), desenvolvidos dentro da área.

Na modelagem de um sistema eixo-disco-mancal, como o que é tratado aqui, o eixo não pode ser considerado um corpo rígido, uma vez que possui flexibilidade. O mesmo acontece com os mancais, que possuem rigidez e amortecimento próprios. Já o disco é um corpo rígido e seu movimento pode ser descrito como movimento em torno de um ponto fixo, mas não um movimento com ponto fixo, como visto a partir de Tenenbaum (1997) e Rocha (1992).

A análise dinâmica de tal sistema é complexa e, para determinar os parâmetros iniciais do projeto, como o número de discos necessários, suas dimensões, o diâmetro do eixo, seu comprimento e a distância entre mancais, por exemplo, foram realizadas diversas simulações com o programa computacional RotMEF®. O programa se baseia na equação de movimento que caracteriza o rotor, um sistema com vários graus de liberdade, considerando sua inércia, rigidez e o efeito giroscópico, porém, desprezando o amortecimento. No caso, o efeito giroscópico é de particular importância porque gera um acoplamento de movimento que torna complexos (não planos) os modos naturais de vibração. Pode-se observar uma modelagem do rotor com um disco e seu Diagrama de Campbell na Figura 1 e na Figura 2, respectivamente, abaixo.

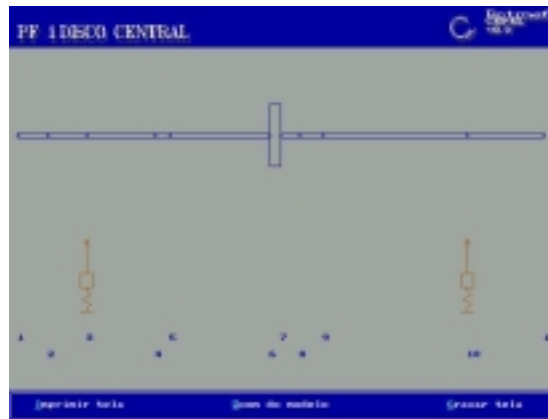


Figura 1: Modelo com um Disco

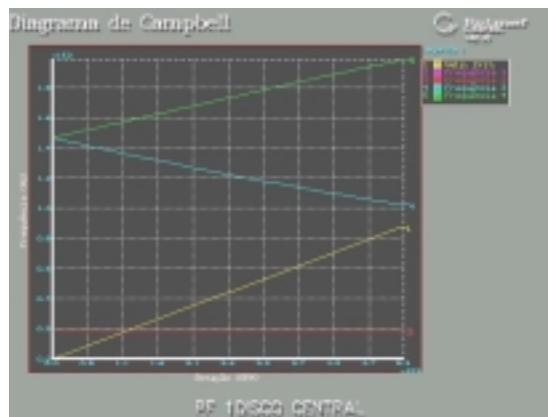


Figura 2 : Diagrama de Campbell

A proposta é que a bancada construída ofereça boa versatilidade, a fim de que sejam realizados ensaios com diversas configurações e que se possam introduzir novos dispositivos sem exigir grandes modificações no projeto original. É esperado que, dentre essas configurações, algumas possibilitem que o segundo grupo de frequências características do sistema seja alcançado devido à importância de comparações com máquinas reais, que geralmente passam por diversas críticas, como estudado por Abreu (2001).

Além das comparações de resultados com máquinas reais, também há grande interesse em comparar o comportamento da bancada com outras similares, porém com eixo vertical. No desenvolvimento do projeto observa-se então que os critérios enfatizados são de comportamento dinâmico e não de resistência estática.

De maneira simples, pode-se dizer que a bancada experimental consiste em um sistema eixo-discos, apoiado por mancais e acionado por um motor elétrico, fixado sobre uma base metálica. A bancada possui suportes para posicionamento de sensores indutivos destinados a captar o movimento dos discos e determinar suas órbitas, além de suportes para o motor elétrico, para os mancais e um limitador de amplitude do eixo. Todas as peças são projetadas de modo a permitir uma rápida modificação do protótipo estudado, variando a distância entre mancais, além do número e posição dos discos fixados no eixo.

Um elemento de grande importância no projeto é a base metálica onde são fixados os componentes intermediários do sistema. Essa base se assemelha às utilizadas pelas máquinas de fabricação mecânica, possuindo um corte longitudinal na forma de um “T” invertido, utilizado como trilho-guia para as peças. Essa base, que por sua vez é presa a um bloco de concreto, garante uma rigidez muito elevada fazendo com que suas frequências naturais estejam distantes das do rotor.

Fabricadas as peças, a montagem da bancada é feita, podendo serem realizados vários testes e experimentos na mesma. Dentre os testes possíveis incluem-se experimentos que analisem o comportamento de um sistema com mancais de esferas, mancais hidrodinâmicos, mancais magnéticos, além de testes com trinca em eixo, fadiga do sistema, análise de órbita, testes com desbalanceamento e desalinhamento, estudo da influência de diferentes tipos de

acoplamentos, controle ativo de vibrações, desenvolvimento de *softwares*, entre outros importantes para a determinação de falhas em máquinas rotativas.

Nesta gama de experimentos futuros, alguns exigem pequenas modificações ou adaptações na bancada. Outros, porém, são facilmente realizáveis na configuração atual. Alguns são especialmente interessantes, pois somente podem ser desenvolvidos adequadamente em modelos horizontais (caso de eixos com trinca). Outros podem ser comparados com resultados já obtidos em modelos verticais.

Embora se possa dizer que a bancada pronta, como observada na Figura 3, seja o resultado e produto final deste projeto, na verdade tem-se um ponto de partida para trabalhos futuros. A partir daqui pode-se atingir uma nova gama de conhecimentos a respeito de um assunto tão discutido atualmente.



Figura 3: Bancada Experimental

Agradecimentos:

Agradecemos ao apoio do CNPq, através da disponibilidade de bolsas de Iniciação Científica durante todo o decorrer do projeto. Além disso, ao apoio do CT-Petro, através de fundos para apoio à pesquisa. Também do CEPEL (Centro de Pesquisas da Eletrobrás), do LAVI (Laboratório de Acústica e Vibrações) da UFRJ e da Fundação COPPETEC. Agradecemos também a todos que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento da pesquisa nesse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. G. P.; *Análise de Vibrações de um Turbogenerador a Vapor*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.

MURTA, M. S.; *Projeto, Construção e Avaliação Dinâmica de um Rotor Vertical suportado em Mancais Hidrodinâmicos*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

ROCHA, R. O.; *Modelagem e Simulação Computacional em Dinâmica de Rotores via Método dos Elementos Finitos*, Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ Brasil, 1992.

SHIGLEY, J. E.; *Mechanical Engineering Design*, First Metric Edition, International Edition, McGraw-Hill, 1986.

TENENBAUM, R. A.; *Dinâmica*, Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 1997.

THOMSON, W. T.; DAHLEH, M. D.; *Theory of Vibration with Applications*, 5th ed., New Jersey, Prentice Hall, 1998.