

BANCADA EXPERIMENTAL PARA ESTUDO DE ROTORES

Aluno: Flavia de Castro N. Fernandes

Orientador: Hans Ingo Weber

Introdução

O movimento rotativo é encontrado em inúmeras máquinas do cotidiano, como veículos, máquinas de lavar, turbinas, perfuradores, etc. Devido a esse amplo uso, é de grande importância conhecer o comportamento dinâmico de rotores.

Foi projetada, construída e utilizada, para esse estudo, uma bancada experimental onde foi possível observar e medir os fenômenos vibratórios que circundam um sistema rotativo: suas passagens pela ressonância, a auto centragem, os choques, precessão da órbita do centro do disco, etc.

Objetivos

Projetar e construir uma bancada experimental para observar fenômenos rotativos. Estudar o comportamento geral de um rotor simples, tanto por métodos experimentais como por simulações numéricas. Comparação de modelos para estudo do sistema. Utilização de diversas técnicas de medições em laboratório. Uso de programas de simulação, com desenvolvimento de técnicas numéricas de resolução de equações. Estudo da vibração do sistema e da influência de forças externas.

Metodologia

Para a elaboração do projeto da bancada, procurou-se atender às seguintes necessidades:

- Dada a vasta gama de fenômenos vibratórios que podem ocorrer em um rotor, a bancada deveria permitir a observação medição de diversos parâmetros, tais como a translação do centro do rotor, a precessão retrógrada, o efeito giroscópio, o efeito do amortecimento, etc.
- Uma vez que o laboratório já dispunha de um motor elétrico, a bancada experimental deveria ser pequena o suficiente para atender as especificações deste motor, bem como ser posta sobre uma mesa com isolamento.
- A vibração do rotor deveria ser grande o suficiente para ser visualmente perceptível, e ao mesmo tempo pequena o suficiente para se utilizar a instrumentação disponível.

A partir destas diretrizes, foi elaborado um primeiro projeto para a bancada: um disco acoplado a um eixo flexível. O disco é fixo no centro do eixo, e em cada extremidade do eixo é fixado um mancal. Cada mancal é fixo por um arranjo de quatro molas: um par na vertical e um na horizontal.

Optou-se pela seguinte arrumação das molas: molas de compressão tracionando cabos. Desta forma, as molas não aplicam momento sobre o eixo e não influenciam na liberdade direcional dos mancais.

A primeira parte do estudo consistiu em observar o fenômeno da ressonância e o comportamento do disco nessas frequências. Foi possível notar que aproximadamente a 20 Hz a amplitude do sistema tornou-se máxima, havendo mais vibração nas molas verticais do que nas horizontais.

Para avaliar esse efeito, fez-se necessária a obtenção da frequência natural para cada direção, a partir de medições experimentais. Com o sistema em repouso, foram fixados ao sistema 2 acelerômetros: um foi preso ao disco e outro ao eixo. Usando um martelo instrumentado, foi possível, através de um programa de computador, obter a resposta do sistema no domínio da frequência, e assim obter cada frequência natural.

Comparando os resultados do ensaio com martelo com o fenômeno observado, concluiu-se que a frequência natural é aproximadamente 16Hz para a direção horizontal e 20 Hz para a direção vertical.

Para a análise teórica do problema, inicialmente modela-se o sistema rotativo considerando somente sua dinâmica de corpo rígido. Esta consideração nos leva adotar como uma primeira aproximação o massa-mola sem amortecimento. Caso fosse constatado um erro muito grande, o amortecimento poderia ser incluído. Dadas estas hipóteses, as equações que governam a dinâmica do sistema são as seguintes:

$$M\ddot{y} + k_{horiz} y = me\Omega^2 \cos\Omega t$$
$$M\ddot{z} + k_{vert} z = me\Omega^2 \sin\Omega t$$

onde os termos à direita de cada equação devem-se ao efeito de desbalanceamento do disco. O disco foi construído de maneira possuir furos em suas laterais, que permitem que massas sejam colocadas a fim de mudar o centro de massa, e assim alterar o fator de desbalanceamento.

Com essas equações e seus parâmetros identificados a partir de dados experimentais, foi possível desenvolver um programa em MatLab para resolver essas equações diferenciais e retornando, no caso, um gráfico da amplitude em função da frequência. Desta forma, pôde-se comparar os resultados numéricos com os experimentais.

Conclusões

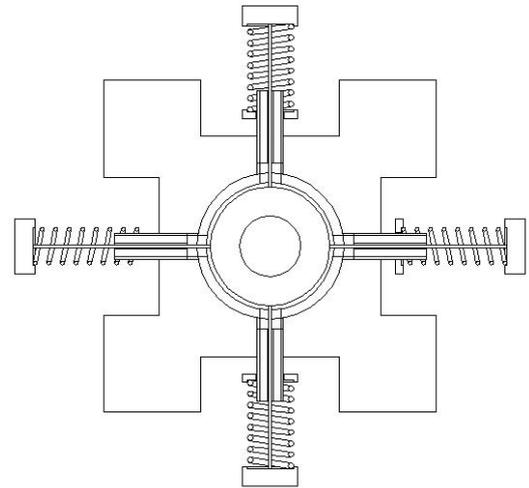
A bancada experimental proporciona diferentes formas para análise do comportamento e uma perfeita visualização do que acontece com o sistema. Quando associada a um modelo teórico, o estudo se simplifica, pois é possível, através de equações, explicar os fenômenos ocorridos. Com a validação do modelo numérico, foi possível comprovar que o modelo massa-mola é satisfatório para descrever o sistema rotativo a baixas rotações.

Com a frequência natural já conhecida, o próximo objetivo é conhecer a órbita do centro do disco a diferentes rotações. Com o uso de um programa similar usado para resolver as equações diferenciais, será possível no MatLab obter um gráfico da órbita e compará-lo posteriormente com o obtido por sensores de deslocamento no disco.

Um outro estudo a ser feito é modelar o sistema todo como um massa-mola-amortecido e submeter o sistema a altas rotações. Depois será possível verificar qual modelo é mais satisfatório.

Referências

- 1 – GASCH, R – PFUTZNER, H – NORDMANN, R. **Rotordynamik**, 2 ed. Berlin: Springer 2002. 705p.
- 2 – INMAN, Daniel J. **Engineering Vibration**. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 560p.



Vista frontal do mancal com o arranjo de molas