



Identificação de padrões de escoamento de uma bomba centrífuga operando com escoamento multifásico

Paulo Gustavo da Silva Bicalho, Janito Vaqueiro Ferreira
Curso: Engenharia de Controle e Automação
Faculdade de Engenharia Mecânica
Agência Financiadora: CNPq

Palavras-chave: Métodos de Identificação; Análise Modal; Extração de Parâmetros Modais; Processamento de Sinais

INTRODUÇÃO

Este trabalho teve foco na análise das possíveis falhas e quebras que possam ocorrer em bombas centrífugas que estão operando com escoamento multifásico, para fazer esse tipo de análise é preciso identificar alguns parâmetros que caracterizam esse escoamento e correlacioná-los com eventuais falhas que intervêm no funcionamento do dispositivo. Assim sendo, é preciso identificar parâmetros cujas alterações em seus valores possam levar a indícios de uma possível falha no funcionamento da bomba centrífuga. Antes de se identificar a real causa da falha de operação é preciso fazer um levantamento do tipo de escoamento, inicialmente através de um mecanismo que informe as condições de funcionamento em tempo real da bomba como, por exemplo, um mecanismo capaz de classificar o fluido que está sendo bombeado como óleo misturado com areia, água, gás, etc. ou seja, determinar o modo de escoamento e posteriormente correlacionar este modo de operação com uma falha propriamente dita.

MÉTODOS

Os métodos de identificação de parâmetros utilizado para caracterizar o escoamento são basicamente constituídos de duas fases, cuja primeira fase é uma etapa de construção de uma base de dados, na qual o sistema mecânico é excitado com uma força conhecida, e com a medição da resposta a essa excitação calcula-se os estimadores que caracterizarão cada uma das classes pré-definidas.

Após a construção dessa base de dados, inicia-se a segunda etapa, a qual se denomina a fase de inspeção, onde excitamos o sistema com uma força desconhecida, medimos a resposta e calculamos o estimador atual. De posse do valor do estimador atual medido, se faz uma análise via decisão estatística baseada nos testes de hipóteses para decidir qual dos estimadores é equivalente ao estimador atual, e assim podemos inferir que o parâmetro que caracteriza a classe é igual ao parâmetro do sistema operando no regime atual.

Dentre os diversos métodos de identificação de parâmetros estudados, o que se mostrou mais aplicável ao objetivo proposto foi o método de identificação de parâmetros baseado na densidade espectral de potência, a qual é o próprio valor do estimador.

Para avaliar a utilização desse métodos escolheu-se a massa de desbalanceamento como parâmetro variável. Ao variar a massa de desbalanceamento para 10 casos diferentes (n=10), é possível medir os 10 sinais de resposta do sistema e com a medição da respectiva resposta calcularemos os valores dos estimadores que caracterizam cada classe, terminando a fase 1.

Para a fase 2 basta escolher um valor de parâmetro desconhecido, calcular o estimador atual e através de um teste de hipóteses estatísticas avaliar em qual das classes o parâmetro é representativo.

$$H_0: S_{xx}^u = S_{xx}^v \rightarrow (\text{implica que } m_{0u} = m_{0v})$$

$$H_1: S_{xx}^u \neq S_{xx}^v \rightarrow (\text{implica que } m_{0u} \neq m_{0v})$$

Nesse momento escolheu-se uma massa de desbalanceamento igual a 3 kg, calculou-se o estimador de F de Fisher-Snedecor para cada uma das classes pré-definida, calculando assim a probabilidade desse parâmetro pertencer a cada uma dessas classes, o resultado desse cálculo pode ser observado na figura 6.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As conclusões desse resultado simulado são bem otimistas no sentido de que a aplicação desta metodologia ao projeto levará a criação de um algoritmo de extração de valor de parâmetros através da medição da resposta vibratória da carcaça da bomba.

Apesar de algumas dificuldades de encontrar referências na literatura sobre métodos estatísticos aplicados a sistema mecânicos, foi possível construir um algoritmo mais abrangente do que se fosse feito apenas com o teste F-Fisher.

CONCLUSÃO

Conclui-se de uma forma geral que a metodologia adotada se mostrou muito interessante e pouco robusta a incertezas tais como ruídos e interferências na medição de sinais, e bastante objetiva, não contemplando valores de parâmetros que não foram levantados durante a fase de inspeção.

Tabela 1 - Padrões de escoamento levantados a partir da análise espectral.

Percentual gás (%)	Classes Definidas	Regime de vibração da bomba
5%	Classe I	
10%	Classe II	
15%	Classe III	

Figura 2 - Fase 2 de inspeção de dados de análises estatísticas.

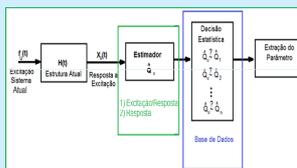


Figura 4 - Sistema massa mola amortecedor com 1 grau de liberdade excitado pelo desbalanceamento

Parâmetro (unidade)	Valor
Massa da Carcaça da Bomba [kg]	10
Coefficiente de amortecimento [N.s/m]	10
Coefficiente de rigidez [N/m]	120
Frequência de excitação da carcaça [RPM]	1500
Raio do Desbalanceamento [m]	5.10 ⁻³

Figura 5 - Cálculo do estimador F de Fischer-Snedecor que realiza o teste estatístico de hipóteses

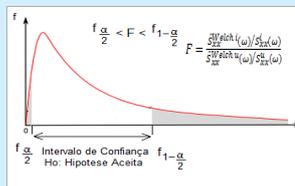


Figura 1 - Método de identificação de parâmetros dividido em fases

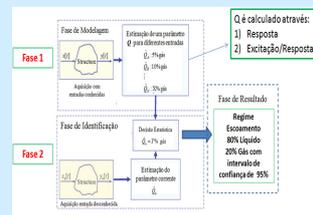


Figura 3 - Métodos de identificação de parâmetros

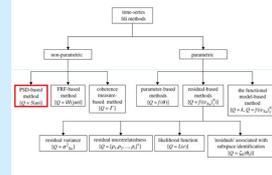


Tabela 2 - Tabela contendo as 10 classes caracterizadas pelos devidos excitação pelo desbalanceamento

Tipo Classe (n=10)	Valor de Desbalanceamento [kg]	Estimador
Classe I	1	Q ₁
Classe II	2	Q ₂
Classe III	3	Q ₃
Classe IV	4	Q ₄
Classe V	5	Q ₅
Classe VI	6	Q ₆
Classe VII	7	Q ₇
Classe VIII	8	Q ₈
Classe IX	9	Q ₉
Classe X	10	Q ₁₀

Figura 6 - Resultado do teste de hipóteses para cada uma das 10 classes pré-definidas durante a construção da base de dados, usando uma confiabilidade de 99% e massa desconhecida 3 kg.

