



Autor(es): MARCOS FLÁVIO SILVEIRA VASCONCELOS D'ÂNGELO, KEVIN JONAS TEIXEIRA SANTOS, RENATO DOURADO MAIA

Projeto de Observador na Detecção de Falhas

Introdução

O comportamento de sistemas dinâmicos pode ser analisado através de modelos matemáticos que se fundamentam nas observações (medições) de certas saídas que são moduladas durante o funcionamento da planta. Porém estas medições são difíceis de obter, seja por conta dos altos custos de instrumentações, sensores ou inviabilidade pela limitação de espaço físico. Com uma crescente demanda para detecção de falhas em sistemas dinâmicos que representa processos reais, uma vez que a detecção antecipada de falhas permite um alto grau de confiabilidade ao funcionamento dos mesmos, evitando assim, uma eventual parada de produção, perda material, qualidade e até mesmo acidentes envolvendo pessoas. Essa demanda resultou na necessidade de sistemas de supervisão (Fig. 1) que integram os sistemas FDI (*Fault Detection and Isolation*) baseados em modelos de processos. A detecção de falhas encontra forte apelo na engenharia de manutenção preventiva.

No contexto de sistemas dinâmicos, as falhas podem ser classificadas em dois grupos (D'Angelo et. al, 2010):

1. Falhas abruptas: são as que resultam em grandes desvios nas condições normais de operação do processo, ou em variáveis do processo, e acontecem em um curto espaço de tempo;
2. Falhas incipientes: são as que afetam gradualmente o funcionamento normal do processo, e por isso podem levar um tempo maior para serem detectadas.

Utilizando o modelo quantitativo (Fig. 2), o Observador de Luenberg, onde o sistema faz o papel de observador, tem como objetivo gerar sinais e resíduos que possibilita a detecção e identificação de diferentes falhas.

Em sistemas FDI a principal motivação é a detecção de falhas através do funcionamento anômalo (falhas) dos componentes de sistemas ou o próprio sistema, sendo detectado através de acompanhamento de variáveis que são multáveis em um processo.

Utilizando um sistema de acionamento de um motor de corrente contínua (C.C) para a simulação de falhas. Falhas que serão identificadas pelas saídas corrente de malha, armadura e velocidade angular. A modelagem apresenta um gráfico onde a cada simulação de falha, é gerado um gráfico diferente de acordo com as mudanças nas saídas. A modelagem permite a simulação de falhas nos atuadores, componentes da planta e em sensores. O sistema de acionamento do motor C.C. servirá como um benchmark para a aplicação da modelagem do método de detecção de falhas: Observador de Luenberger, onde será possível ver a acusação de falhas a partir das simulações feitas no sistema do motor C.C.

Material e métodos

A modelagem do sistema de acionamento do motor de corrente contínua assim como a do Observador de Luenberger foi feita utilizando o software Matlab R2012a.

A Metodologia empregada para detecção de falhas foi Observador de Luenberger, os passos para o método empregado para o projeto estão descritos a seguir:

Dado um sistema completamente observável na forma

$$\begin{aligned}x(k+1) &= Ax(k) + bu(k) \text{ (Equações de estado)} \\y(k) &= Cx(k)\end{aligned}$$

determine um observador de estados na forma $x(k+1) = Ax(k) + Bu(k) + L(y(k) - \hat{y}(k))$ (sendo L a matriz de ganho do observador e $\hat{y}(k)$ o estado observado) de forma que $x(k)$ convirja assintoticamente para x , com autovalores $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$.

1. Obter o polinômio característico de A

$$\det(zI - A) = z^n + \alpha_n z^{n-1} + \dots + \alpha_1$$

2. Obter o polinômio característico do observador



$$(z - \lambda_1)(z - \lambda_2) \dots (z - \lambda_n) = z^n + \alpha_1 z^{n-1} + \alpha_n$$

3. Calcular a transformação de similaridade

$$P = \begin{bmatrix} \alpha_{n-1} & \alpha_{n-2} & \dots & \alpha_1 & 1 \\ \alpha_{n-2} & \alpha_{n-3} & \dots & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \alpha_1 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$$

4. Calcular o ganho $L = (\alpha_n - \alpha_n) (\alpha_{n-1} - \alpha_{n-1}) \dots (\alpha_1 - \alpha_1)$

5. $L = z - 1L$

Resultados

A implementação da simulação, foi feita no software Matlab. Utilizado como benchmark, o motor de corrente continua serviu para simular falhas e gerar seus respectivos gráficos para as saídas: corrente de campo, corrente de armadura e velocidade angular das seguintes falhas: abertura do enrolamento de armadura, abertura do enrolamento de campo, curto-circuito do conversor de armadura, curto-circuito do conversor de campo, curto-circuito entre espiras no enrolamento de armadura, curto-circuito entre espiras no enrolamento de campo, falha no sistema de ventilação, falha de ventilação nos mancais, falha no sensor de corrente de armadura, falha no sensor de corrente da fonte, falha no sensor de velocidade. Na Fig. 3, temos exemplo de detecção de falha.

Conclusões

O objetivo do projeto foi atingido com sucesso, pois conseguiu-se fazer a detecção de falhas, aplicando as técnicas do Observador de Luenberger. A técnica de detecção de falhas pode reconstruir os estados não medidos ou valores provenientes de pontos de difícil acesso no sistema, sendo possível detectar e localizar, com sucesso, o parâmetro que estava falhando.

Portanto, pode-se dizer que os objetivos foram alcançados e os resultados obtidos foram bastante satisfatórios.

Agradecimentos:

O bolsista agradece a FAPEMIG pelo apoio financeiro.

Referencias

D'ANGELO, M. F. S. V.; PALHARES, R.M.; TAKAHASHI, R. H. C.; LEMOS, A. P.; INÁCIO, M. J. Detecção de falhas: Uma revisão com aplicações, *Tutoriais do CBA 2010*.

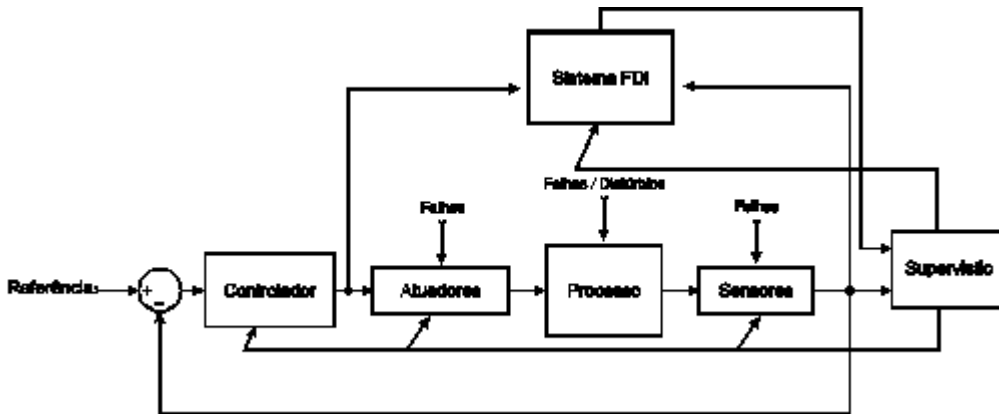


Figura 1: Supervisão de processos industriais com integração de sistema FDI.

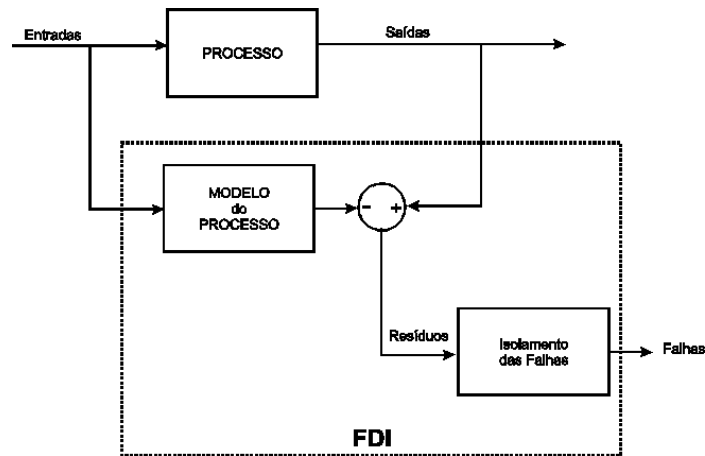


Figura 2: Esquema geral para detecção de falhas através de modelos quantitativos.

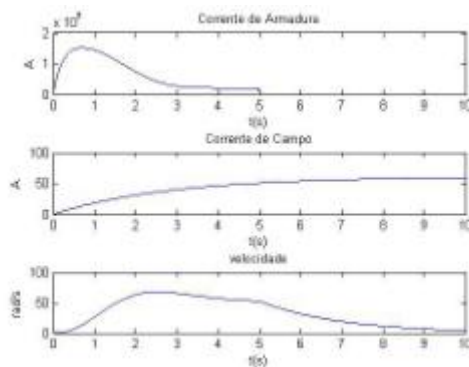


Figura 3: Falha de abertura do enrolamento da armadura.