

DETECÇÃO DE FALHAS EM UM CIRCUITO RC UTILIZANDO RELAÇÕES DE PARIDADE

ÁLVARO PALMEIRA MONTENEGRO¹; RAFAEL MAGALHÃES SALES²; CARLOS ALBERTO CLAUMANN³; MARCELO ESPOSITO⁴

¹Universidade Federal de Pelotas – alvaromontenegro_8@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – rafael.ma.sales@gmail.com

³Universidade Federal de Santa Catarina – cacxisto@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – marcelo.esposito@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A indústria motivada por questões econômicas, ambientais e sociais, tem buscado soluções a fim de evitar falhas que possam ocorrer em seus mais diversos processos. As falhas podem estar localizadas em diferentes componentes do processo como, por exemplo, em sensores e/ou atuadores.

A literatura sugere inúmeras técnicas de detecção de falhas para processos industriais. Uma técnica interessante são as Relações de Paridade. Esta técnica utiliza apenas informações analíticas do processo como o modelo matemático e seus dados de entrada e saída. Dispensando a necessidade de *hardware* adicional e exigindo apenas um algoritmo para a sua implementação.

Uma abstração de implementação desta técnica em diagrama de blocos pode ser visualizada na Figura 1. A técnica de Relações de Paridade, denominada de Sistema de Diagnóstico de Falhas está em paralelo com o processo. A entrada que alimenta o processo também alimenta o Sistema de Diagnóstico de Falhas. Do mesmo modo a saída resultante do processo também é enviada ao Sistema de Diagnóstico de Falhas. Através destes dados de entrada e saída juntamente com as informações do modelo matemático, é possível gerar na saída do Sistema de Diagnóstico de Falhas o sinal de resíduo. Este resíduo é um indicador de falhas, que por definição deverá ter valor igual a zero quando não existirem falhas no processo e diferente de zero na presença de falhas (CHEN e PATTON, 1999).

No presente trabalho o processo que será monitorado e analisado pela técnica de Relações de Paridade, será um circuito elétrico composto por uma fonte, um resistor e um capacitor, chamado de circuito RC. Optou-se por um circuito simples e de fácil dedução matemática com grande aplicabilidade acadêmica e industrial. O objetivo principal do trabalho é estudar e apresentar uma aplicação da técnica de Relações de Paridade, abstendo-se de modelos complexos no espaço de estados, dada a dificuldade imposta pelo assunto denominado “detecção de falhas”.

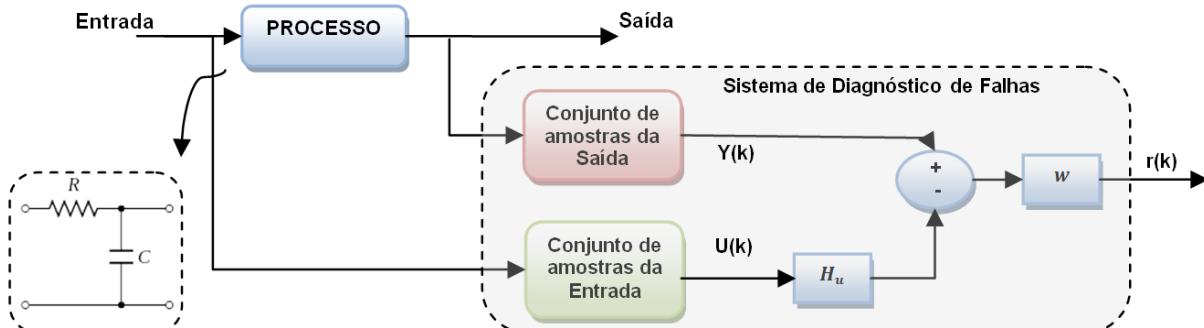


Figura 1 – Diagrama de blocos da técnica de Relações de Paridade.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do Sistema de Diagnóstico de Falhas foi utilizado o ambiente computacional MATLAB, parte do algoritmo pode ser visualizado na Figura 2. O algoritmo foi baseado na proposta apresentada por AHMAD (2005) e nos trabalhos de FRISK (1996) e NYGREN (1996). De acordo com CHEN e PATTON (1999 apud CHOW; LOU, 1984, 1986) um sinal de resíduo pode ser escrito como:

$$r(k) = w [Y(k) - H_u U(k)] \quad (1)$$

onde $w \in R^{p \times (s+1)m}$ é o vetor de paridade, p é a dimensão do vetor de resíduo, s é a ordem da Relação de Paridade, $Y(k)$ é o vetor de saídas, $U(k)$ é o vetor de entradas e H_u é a matriz de propagação da entrada.

Para a validação experimental do algoritmo desenvolvido foi elaborado e executado um projeto baseado em um circuito elétrico (MONTENEGRO, 2015). O circuito foi montado em uma matriz de contato (*protoboard*) e para a alimentação do circuito e aquisição de dados foi utilizado o módulo Analog Discovery (Figura 3). Com relação ao circuito RC, os valores escolhidos para o resistor e o capacitor foram: $R = 33 \Omega$ e $C = 100 \text{ nF}$. O sinal de entrada é o valor da tensão na fonte de alimentação do circuito e o sinal de saída é a tensão no capacitor.

```

43 %>>> %% Matriz Hu
44 Hu1=[D;C*B];
45 Hu2=zeros(size(D));D];
46
47 Hu = [Hu1 Hu2];
48
49 %% Matriz de observabilidade
50 O=[C;C*A];
51
52 %% Condição "w0"
53 w=null(O');
54 w1=w(:,1);
55
56 %% Geracao do Residuo
57 r1 = w1'*(Y - Hu*U);
58
59 %Plotagem dos residuos
60 figure;
61 eixo=1:amostras;
62
63 plot(eixo,r1,'Color','red','LineWidth',2);

```

Figura 2 – Parte do algoritmo desenvolvido no MATLAB sobre Relações de Paridade



Figura 3 – Unidade experimental, formada por osciloscópio, gerador de funções e circuito RC.

O software WaveForms desenvolvido pela empresa DIGILENT para uso com o módulo Analog Discovery, executa a comunicação do dispositivo com o computador e permite ao usuário visualizar a tela do osciloscópio, criar formas de onda arbitrárias como gerador de funções, gravar e exportar dados entre outras funções. Com esta ferramenta, foi aplicado como entrada do circuito (fonte de alimentação),

um sinal de tensão em corrente contínua de quatro volts com ruído. A variável de saída do circuito RC, corresponde a tensão no capacitor (Figura 4(a)), logo, a ponteira de leitura do osciloscópio da Analog Discovery ficou posicionada entre o positivo do capacitor e o nó de terra. Desta forma, foi possível obter os dados de saída do processo.

O lugar escolhido para a ocorrência de falhas foi o sensor, ou seja, falha na saída do circuito RC. A falha no sensor foi criada de maneira simples: em determinado período de monitoramento dos resíduos, desacoplou-se a ponteira de medição por alguns instantes de tempo e retornando a mesma a posição correta de medição. Assim, a medição nesse instante de tempo, apresentou valores discrepantes comparados aos valores que estavam sendo medidos. Logo, é como se o sensor parasse de funcionar ou de responder por alguns instantes de tempo.

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Este teste permitiu observar que o código funcionou e reproduziu corretamente os resultados esperados. Quando não há falhas no processo, o resíduo estabiliza em um valor muito próximo de zero, como observado nas amostras de 0 a 4000, Figura 4(b). Já na ocorrência de falhas o resíduo dispara para um valor alto, de magnitude aproximada de -4.

O resíduo ideal deve ter valor igual a zero, porém, por questões de erros de modelagem, ruídos e alguns outros fatores de difícil determinação, o resíduo dificilmente será zero, principalmente quando forem aplicados dados de sistemas reais. Por isso, o objetivo não é encontrar um resíduo com valor igual a zero e sim, um resíduo indicador de falhas, do qual o projetista, por testes empíricos, poderá identificar e distinguir a ocorrência de falhas.

Outro ponto importante, é que o resíduo respondeu no mesmo momento em que ocorreu a falha no sensor.

Assim, os resultados experimentais foram aceitáveis e demonstraram o bom funcionamento e a confiabilidade do algoritmo na detecção de falhas.

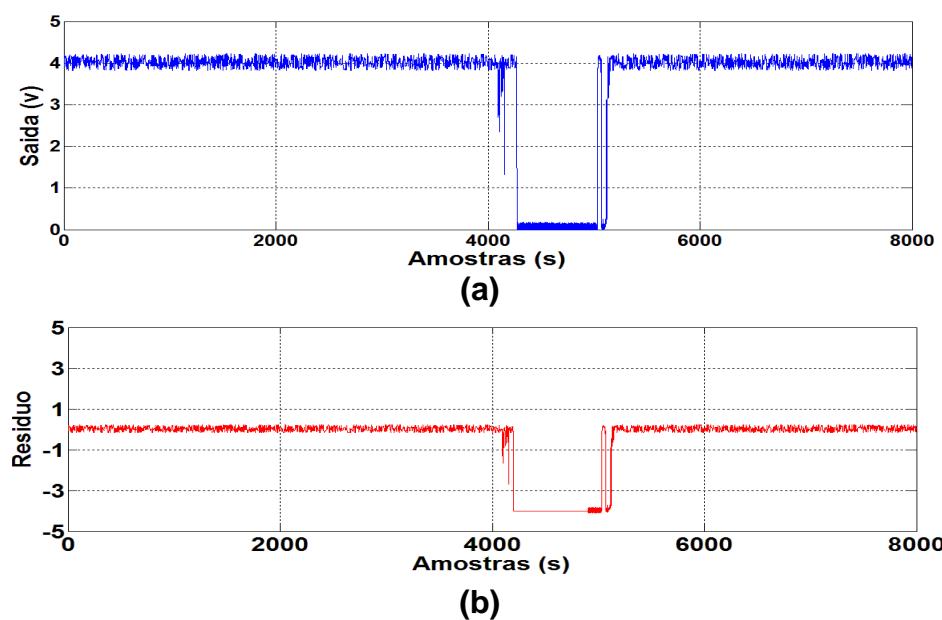


Figura 4 – Resultados. (a) Saída do processo (Tensão no capacitor), (b) Resíduo gerado pelo algoritmo

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos ficou claro que o objetivo do trabalho foi atingido, o qual consistia em desenvolver um algoritmo com a técnica de Relações de Paridade para detectar falhas em um circuito RC. O algoritmo funcionou sem erros e permitiu detectar as falhas exatamente no período em que elas ocorreram.

O valor do resíduo gerado foi extremamente satisfatório. Manteve-se dentro de um padrão próximo de zero, porém, na ocorrência de falhas ele respondeu de forma expressiva e discrepante permitindo observar com clareza que aquele salto tratava-se de uma falha no sistema.

Mesmo em condições de um sinal de entrada ruidoso, o resíduo apresentou um bom desempenho, demonstrando uma boa sensibilidade na distinção de falhas.

Conclui-se com sucesso a aplicação da técnica de Relações de Paridade numa situação real, possibilitando utilizá-la em processos mais complexos a fim de prover redução de gasto e aumento de confiabilidade nos processos industriais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, H. B., **Application of Parity Relation based FDI**. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/8362-application-of-parity-relation-based-fdi>> Acesso em: 05 set. 2014.

CHEN, J.; PATTON, R. J., **Robust Model-based fault diagnosis for dynamic systems**. Alemanha: Springer, 1999. 368p.

FRISK, E., **Model-based fault diagnosis applied to an SI-Engine**. 1996. Tese - Instituto de Tecnologia de Linköping, Linköping.

NYGREN, P., **Implementation of model-based diagnosis methods on an inverted pendulum**. 1996. Tese - Instituto de Tecnologia de Linköping, Linköping.

MONTENEGRO, A. P. **Detecção de Falhas em um Circuito RC Utilizando Relações de Paridade**. 2015. 58f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Controle e Automação) - Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas.