ISSN: 2594-6153

Um Método de Controle de Razão com algoritmos baseado em Lógica Paraconsistente com implementação em microControlador

Kelly Cristina Abou Arabi De Mendonça[1], Sérgio Luiz da Conceição Matos[2], Mauricio Conceição Mario[1], João Inácio da Silva Filho[1]

[1]Universidade Santa Cecília – Unisanta, PPGEMec- Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Santos-SP, Brasil
[2]SENAI - Departamento Regional de São Paulo, Santos-SP, Brasil

E-mail: kellyabou@unisanta.br

Resumo: Neste artigo é apresentado o desenvolvimento de um controle adaptativo de razão estruturado em Lógica Paraconsistente Anotada – LPA com implementação no microcontrolador Atmel328P. A configuração do controle de razão para processos de misturas em plantas industriais é composta por dois controladores que mantém a proporção constante entre os dois líquidos. Esse tipo de controle apresenta constantes desiquilíbrios em seus controladores quando ocorrem ajustes no *Set Point* e variações na variável controlada, interferindo diretamente de forma negativa no produto final. Para atenuar este problema, nesta pesquisa consta o desenvolvimento de uma configuração de algoritmos baseados em LPA que é uma lógica não clássica capaz de tratar sinais de incertezas. A estrutura algorítmica, formando uma rede de análises paraconsistente, é denominada Estação de Razão Paraconsistente (ER-LPA), e tem seus sinais resultantes do tratamento paraconsistente de dados atuando diretamente nos Controladores da malha de controle. Diante dos experimentos laboratoriais realizados em uma planta de mistura de líquidos experimental, os índices de eficiência da ER-LPA foram melhores quando comparado a ação de uma Estação de Razão convencional.

Palavras-chave: lógica paraconsistente, controlador programável, algoritmo paraconsistente, controle de razão

A Ratio Control Method with algorithms based on Paraconsistent Logic with microcontroller implementation

Abstract: This article presents the development of an adaptive ratio control structured in Paraconsistent Annotated Logic – PAL with implementation in the Atmel328P microcontroller. The configuration of the ratio control for mixing processes in industrial plants is composed of two controllers that maintain the constant proportion between the two liquids. This type of control presents constant imbalances in its controllers when there are adjustments in the Set Point and variations in the controlled variable, directly interfering in a negative way in the final product. To alleviate this problem, this research includes the development of a configuration of algorithms based on PAL, which is a non-classical logic capable of handling uncertain signals. The algorithmic structure, forming a network of paraconsistent analysis, is called Paraconsistent Ratio Station (ER-PAL), and has its signals resulting from the paraconsistent treatment of data acting directly on the Controllers of the control loop. In view of the laboratory experiments carried out in an experimental liquid mixing plant, the efficiency indices of the ER-PAL were better when compared to the action of a conventional Ratio Station.

ISSN: 2594-6153

Keywords: paraconsistent logic, programmable controller, paraconsistent algorithm, ratio control.

Introdução

A busca por produtos industriais com alta qualidade, confeccionados com baixos desperdício de energia e de forma sustentável, tem sido cada vez mais procurado, e isso tem retratado na busca constante e com muitos desafios na engenharia. O surgimento de controles de malha industrial cada vez mais precisos e tecnológicos estão sendo cada vez mais necessários. Nos sistemas de controle tradicionais, o Controlador com ação PID – Proporcional +Integral + Diferencial está entre os mais utilizados. Portanto, o controle PID tem grande aplicabilidade devido a sua agilidade de parametrização, implementação e *performance* em ampla faixa de operação [1]. Esse tipo de ação de controle é utilizado para manter a proporcionalidade entre dois fluidos na indústria química e farmacêutica onde ingredientes ou insumos são misturados para compor o produto final [2-3].

Nos processos que utilizam a mistura de produtos, os dois controladores que recebem informações do módulo Estação de Razão (ER) são configurados com ações do tipo PID e apresentam problemas quando ocorrem modificações no controle principalmente nas mudanças de *set point* e nas variações externas que geram sinais contraditórios que podem influenciar no processo industrial.

Nesta pesquisa considera-se que para um melhor tratamento nos sinais, quando os controladores estiverem nestas condições, pode-se utilizar a Lógica Paraconsistente Anotada - LPA, que é uma lógica não binaria que permite o tratamento de informações contraditórias.

Logica Paraconsistente Anotada com anotação de Dois Valores (LPA2v)

De acordo com [4], a Lógica Paraconsistente Anotada pode ser associada a um reticulado de quatro vértices onde interpretações podem levar a que uma proposição P receba uma conotação lógica através de uma anotação composta de dois graus de evidência denominados: grau de Evidencia favorável μ e grau de Evidencia desfavorável λ. O par de valores contidos na anotação (μ,λ) estão entre o intervalo fechado [0.1] e pertencem ao conjunto dos números reais $\Re$. Dessa forma, o sinal de informação paraconsistente corresponde a uma proposição acompanhada por dois valores de evidencia $P_{(\mu,\lambda)}$. Com a representação da LPA2v no seu Reticulado associado foi desenvolvido o algoritmo denominado Nó de Análise Paraconsistente – NAP, conforme apresentado nas equações matemáticas a seguir[5-6].

ISSN: 2594-6153

Algoritmo NAP – Nó de Análise Paraconsistente com saídas 1 e μ_{ctr}

1. Apresente os dois valores normalizados provenientes das fontes de informação: μ_1 e μ_2
2. Calcule o grau de evidência desfavorável: $\lambda_1 = 1 - \mu_2$.
3. Calcule o grau de certeza: $G_C = \mu_1 - \lambda_1$.
4. Calcule o grau de contradição: $G_{ct} = (\mu_1 + \lambda_1) - 1$
5. Calcule a distância D: $D = \sqrt{(1 - |G_C|)^2 + {G_{ct}}^2}$
6. Considere a restrição:
   Se $D > 1$, então faça $S_1 = 0{,}5$ → Considerar *indefinição na saída!*
   Se não, vá para o próximo item.
7. Determine o Grau de Certeza real:
   Se $G_C > 0$, Calcule: $G_{CR} = (1 - D)$
   Se $G_C < 0$, Calcule: $G_{CR} = (D - 1)$
8. Calcule o Grau de Evidência resultante:
   $$\mu_{ER} = \frac{G_{CR} + 1}{2}$$
9. Calcule o Grau de Contradição normalizado resultante:
   $$\mu_{ctr} = \frac{Gct + 1}{2}$$
10. Apresente os resultados nas saídas S_1 e S_2:
    Faça $S_1 = \mu_{ER}$ e $S_2 = \mu_{ctr}$
10. Fim.

Interligações entre os NAPs formam estruturas algorítmicas capazes de efetuar tratamentos em sinais de informação fundamentados em LPA2v.

Objetivos

O objetivo deste trabalho é demonstrar o método de um controle de razão através do funcionamento de uma Rede de análise Paraconsistente – RAP implementada na placa de prototipagem eletrônica Arduino baseado no microcontrolador Atmel328P [7].

Material e Métodos

Inicialmente foi implementada uma Rede de Análise Paraconsistente- RAP composta de 5 NAPs , conforme mostrada na figura 1.

ISSN: 2594-6153

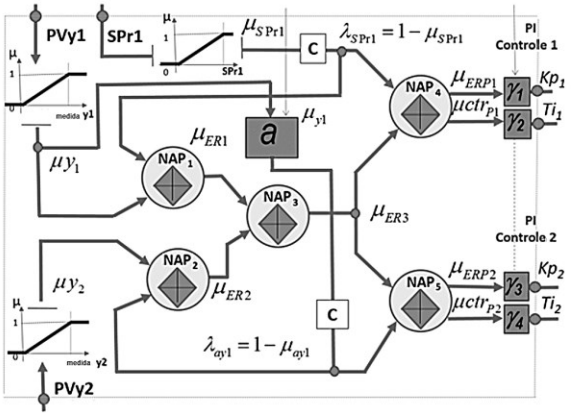

Figura 1- Configuração da Estação de Razão Paraconsistente (ER-LPA).

No Diagrama mostrado na Figura 1 verifica-se que no algoritmo denominado NAP1 constam 2 sinais de informação PVy1 – considerado como sinal favorável originado do Transmissor de vazão FIT-101 e o λSPR1 – considerado como sinal desfavorável originado do valor do *Set Point* que será ajustado pelo especialista. O segundo algoritmo NAP 2 recebe o sinal de informação do PVy2 – considerado como sinal favorável originado dos FIT-101 e pelo sinal PVy1 multiplicado pelo valor do fator de razão ***a*** ajustado pelo especialista onde o resultado é complementado no processo, tornando-se λay1, portanto ajustado ao sinal desfavorável do algoritmo. O NAP3 recebe os sinais de evidência real μER1 e μER2 e faz uma análise comparativa entre ambos. O sinal μER1 é a informação entre o ponto de ajuste e a variável do processo de *loop* do controle *master* e μER2 é a informação do fluxo que será controlado no processo escravo proveniente do NAP2. O resultado comparativo entre estes sinais serve de referência para os graus de evidência real nas entradas dos NAP4 e NAP5, sendo que os seus graus desfavoráveis de evidencia estão relacionados ao ponto de ajuste do *Set Point* complementado sobre o NAP4 e o fluxo de y1 multiplicado pelo fator de razão **a** complementado λay1 sobre o NAP5. Verifica-se na RAP que os algoritmos NAP4 e NAP5 são os responsáveis da finalização da rede paraconsistente montada para este processo. Dessa forma a RAP funciona considerando as informações sobre as incertezas nos fluxos y1 e y2 e as variações que venham a ocorrer no Set Point. Os resultados de saídas dos NAPs irão gerar sinais dos graus de evidência resultante (μER) - para atuar diretamente nos ganhos proporcionais de saída (Kp1 e Kp2) e de graus de contradição normalizados (μctr) - para atuar nos tempos interativos (Ti1 e Ti2) dos controladores.

Após as simulações iniciais foi desenvolvida a programação e o *software* da RAP foi implementado no microcontrolador Atmel328P, que atua como componentes principais na composição do controle.

ISSN: 2594-6153

Na Estação de Razão Paraconsistente ER-LPA foram utilizados potenciômetros para os ajustes de *Set Point*, fator multiplicador de razão (a), e instalados os terminais para os sinais dos ganhos proporcionais de saída (Kp1 e Kp2) e nos tempos interativos (Ti1 e Ti2) como também montado um display LCD 16x2 (colunas, linhas) para visualizar os ajustes e demais sinais resultantes. A figura 2 mostra a ER-LPA montada em *Hardware* nos sistemas microcontrolado.

Resultados e Discussão

Os testes forma desenvolvidos interligando a ER-LPA a uma planta de controle de mistura experimental onde pode-se efetuar simulações e comparar resultados com uma Estação de Razão convencional. Para consolidar os comparativos entre a estação de controle de razão convencional e a estação de controle de razão paraconsistente, padronizou-se as mesmas configurações, alterando em diferentes etapas os valores de SetPoint de 0% a 90% e de 90% a 50% analisando assim o comportamento das variáveis controladas (μn yn) e as variáveis manipuladas (PVy1 e PVy2) nos dois *loops* de controle de fluxo.

Diante dos resultados apresentados na estação de controle de razão convencional (ER) obteve uma perda de sintonia entre o processo principal (y1) e o secundário (y2) muito mais agressivo com uma média percentual de erro de 5.760%. Já com a aplicação do ECR-LPA, o sistema apresentou sinais de sintonia de forma mais equilibrada entre os dois fluidos quando ocorre a variação do *set point* com uma média de erro percentual de 0.233%.

Conclusões

Esta pesquisa demonstrou que a configuração baseada em Logica Paraconsistente Anotada -LPA aplicada a malha de controle de mistura, e que foi implementada em um sistema microcontrolado (ER-LPA), pode se tornar uma boa ferramenta para as indústrias que possuem planta de mistura. Os resultados obtidos, quando comparados aos valores da ER convencional demonstram que a ECAR-LPA, mesmo neste protótipo inicial apresentou melhores resultados, significando, portanto, que o trabalho alcançou o objetivo e poderá contribuir na solução das problemáticas existentes no controle proporcional de fluxo em plantas industriais de mistura.

Referências

1. Dorf RC, Bishop RH. Sistemas de Controle Moderno Rio de Janeiro: LTC; 2001.

ISSN: 2594-6153

2. Shinskey FG. Process Control Systems: Application, Design, and Tuning. 4th ed. New York: McGraw-Hill Professional; 1996.
3. Hägglund T. The Tracking Ratio Station. 2017.
4. Da Silva Filho; J.I.; Abe, J.M. & Lambert-Torres, G. Uncertainty treatment using paraconsistent logic—introducing paraconsistent artificial neural networks. Volume 211 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applicaations, 328 paginas. IOS Press, Amsterdam. 2010
5. Silva Filho, J. I.da. Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores-LPA2v. Revista Seleção Documental, 2006.
6. Silva Filho, J. I. da. Treatment of Uncertainties with Algorithms of the Paraconsistent Annotated Logic. Journal of Intelligent Learning Systems and Applications, 2012
7. Arduino. Editor online Arduino. [Online]. Available from: HYPERLINK "https://create.arduino.cc/editor"