ISSN: 2594-6153

Aplicação de um Controle adaptativo utilizando Lógica Paraconsistente em uma Unidade Experimental com Malha de Controle de Vazão

Leonardo do Espirito Santo[1,2], Rodrigo Silvério da Silveira[1,2], João Inácio da Silva Filho[1,2], Cláudio Luís M. Fernandes[1,2]

[1]Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica– R. Boa Vista, 825 - Boa Vista, São Caetano do Sul - SP, 09572-300.
[2]UNISANTA- Universidade Santa Cecília – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica – PPGEMec - Rua Oswaldo Cruz, 288, Boqueirão, Santos-SP.

Email: leonardosantoe@gmail.com

Resumo: Esta pesquisa teve como objetivo a aplicação e análise de comportamento de um algoritmo denominado Nó de Análise Paraconsistente (NAP). Este algoritmo é fundamentado na lógica não-clássica denominada Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v) e será estudado em modo embarcado utilizando um Controlador Programável (CP) atuando em um sistema de automação industrial contendo um processo contínuo de malha fechada para controlar a vazão do sistema. Os resultados obtidos mostram que o NAP apresentou comportamento equivalente em comparação ao sistema já consolidado PID, demonstrando com isto ser uma técnica promissora e boa alternativa para o controle de processos em malha fechada, atendendo a norma IEC 61131-3.

Palavras Chave: Automação Industrial. IEC 61131-3. Lógicas não-clássicas. Lógica Paraconsistente. algoritmo. Controle de vazão.

Application of an Adaptive Control using Paraconsistent Logic in an Experimental Unit with flow Control Mesh

Abstract: This research aimed to apply and analyze the behavior of an algorithm called Paraconsistent Analysis Node (PAN). This algorithm is based on non-classical logic called Paraconsistent Annotated Logic with annotation of two values (PAL2v) and will be studied in embedded mode using a Programmable Controller (PC) acting in an industrial automation system containing a continuous closed-loop process to control the system flow. The results obtained show that the PAN presented an equivalent behavior in comparison to the already consolidated PID system, thus demonstrating that it is a promising technique and a good alternative for the control of closed loop processes, in compliance with the IEC 61131-3 standard.

Keywords: Automation. IEC 61131-3. Paraconsistent Logic. Paraconsistent Logic Annotated with two-value annotation. Paraconsistent Parsing node.

Introdução

São cada vez mais complexos os diversos processos de produção industrial que objetivam aumentar proporcionalmente o nível de qualidade dos produtos e serviços, assim como também a velocidade na logística de produção e entrega ao cliente final.

Todos esses processos geram uma grande quantidade de dados que devem ser geridos e interpretados na etapa de controle, através dos controladores, dispositivos de campo, *software* de monitoramento e sistemas de inteligência artificial [1] [2] [3].

Estas inovações fizeram com que a área da ciência da computação e suas aplicações em sistemas inteligentes se tornassem um promissor grande campo de pesquisas para as aplicações de novos tipos de lógicas. Nestas áreas as lógicas não-clássicas como a Paraconsistente surgem como boas alternativas para substituir a lógica clássica em situações onde esta é inoperante devido as suas leis binárias [4].

Entre as lógicas não clássicas destaca-se a Lógica Paraconsistente (LP), que vem ultimamente sendo diretamente aplicada na automação, robótica e sistemas especialistas dedicados à produção.

Uma Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) é uma classe de Lógica Paraconsistenteque representa uma família de lógicas não-clássicas empregadas inicialmente em programação lógica por Subrahmanian [5]. Posteriormente Blair e Subrahmanian construíram a teoria geral da programação anotada que resultaram em aplicações em bases de dados que contem contradições [5].

A Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores - LPA2v apresenta-se adequada quando o conhecimento de evidências é utilizado para solucionar conflitos, quando ocorrem diversas inferências inconsistentes [6]. Através da LPA2v foram construídos algoritmos paraconsistentes classificados como NAP cuja função é produzir um tratamento e controle de sinais de informações contraditórias e incertas. Cada Nó de Análise Paraconsistente (NAP) recebe uma anotação composta por valores de graus representativos das evidências favoráveis μ e desfavoráveis λ a determinada proposição P [5]. Portanto, em cada NAP se fará a análise de apenas uma única proposição na qual, com base nos conceitos da LPA2v, os sinais de evidências devem ser tratados. Este trabalho tem como objetivo aplicar um algoritmo denominado Nó de Análise Paraconsistente (NAP) que foi fundamentado nos princípios da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v).

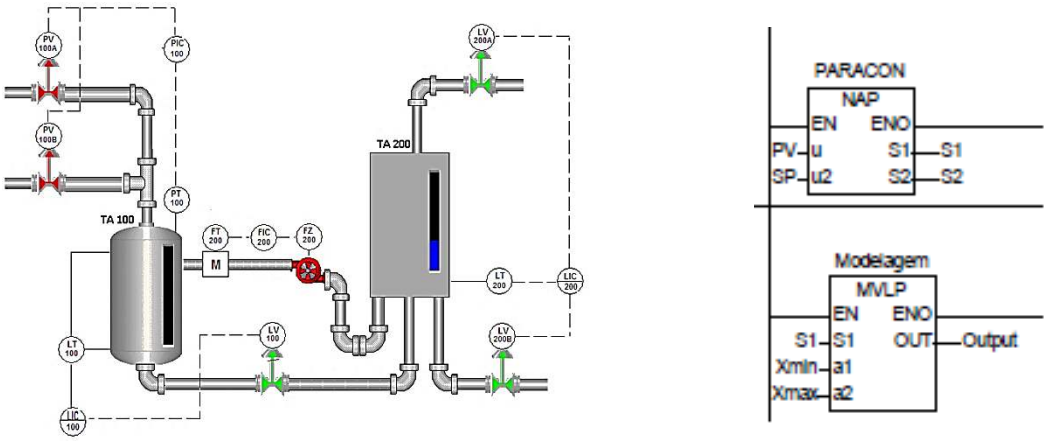
Esta aplicação tem como finalidade o controle de um processo contínuo em uma malha de vazão, utilizando como o NAP programado em um CP – Controlador Programável.

Materiais e Métodos

A unidade experimental utilizada neste projeto de pesquisa foi adequada às características de um sistema de controle em malha fechada. Neste tipo de sistema, toda tomada de decisão e, consequentemente a ação de controle, vão depender diretamente de um sinal monitorado por um elemento sensor do processo.

A unidade experimental está representada na figura 1(a) A variável selecionada foi a vazão e, para esse controle, foram escolhidos componentes para a realização da automação do processo industrial como; um Controlador Programável (CP); o *drive* selecionado que trata-se de um inversor de frequência responsável pelo controle de vazão da bomba; o TAG FZ-200, que representa a bomba identificada como elemento de atuação; o TAG FT-200 que tem como função identificar o transmissor de vazão que representa o elemento sensor.

O bloco (NAP_PARACON) que compõem Algoritmo do NAP da LPA2v foi programado utilizando as técnicas de programação estruturadas na norma IEC 61131-3. Portanto, seguindo a proposta desta pesquisa, o algoritmo proveniente da LPA2V foi implementado em linguagem de Texto Estruturado com a criação de uma função que deu origem a um bloco funcional denominado *NAP_Paracon* na linguagem FBD. O bloco funcional (NAP_Paracon) está representado na figura 1(b) e engloba características de uma lógica não clássica.



(a) **(b)**

Figura 1. a) Representação simbólica da Unidade Experimental utilizada na aplicação com seus principais equipamentos sinalizados. b) Conjunto de blocos NAP_PARACON e MVLP

Pode ser demonstrado que a modularidade do bloco funcional *NAP_Paracon*

facilita a implementação de sistemas de controle de automação baseados em fundamentos da Lógica Paraconsistente. Além disso, esta sua característica de modularidade permite a união de blocos que atuam em conjunto com lógicas clássicas e em sistemas baseados em outras linguagens pertencentes a Norma (*Ladder*).

Para a realização no monitoramento das ações foi utilizando um *software* supervisório que possui recursos gráficos necessários para a aplicação desenvolvida.

Resultados

Nesta pesquisa foram realizados 20 testes com valores entre 0 e 100, todos apresentaram respostas que atendem a necessidade do processo. Parte dos resultados obtidos está mostrada no gráfico da figura 2. Esta parte dos resultados refere-se ao comportamento do conjunto de blocos NAP_PARACON e MVLP para um Set point (SP) de 80%, onde, nesta situação a variável do processo estava em 25% representando uma vazão de 52,5 l/h. Verifica-se que com o valor desejado de SP igual a 80% se obtém uma representação de uma vazão de 120 l/h. Essa diferença entre os valores foi tratada pelo bloco, resultando na correção do valor da Variável do Processo - PV.



Figura 2. Gráficos de resposta do Bloco NAP_PARACON para um Set-Point SP ajustado em 80%.

Conclusões

Nesta pesquisa foi efetuado um estudo relacionado ao controle de uma malha de vazão através de um algoritmo fundamentado em Lógica Paraconsistente, denominado de NAP-Nó de Análise Paraconsistente. Os resultados obtidos dos estudos comparativos em uma malha de vazão, entre um controle utilizando o método convencional (PID) e o NAP, mostram alta eficiência da LPA2v aplicada em processos contínuos. Apesar de

ser uma nova aplicação com poucas referencias ainda em pesquisas no campo de automação os resultados mostram que esta técnica utilizando Lógica Paraconsistente atende a norma IEC 61131-3 e traz vantagens, tais como; baixo tempo de computação; facilidade nos ajustes dos parâmetros para equilibrar o controle da malha e capacidade de permitir extensão dos limites de controlabilidade, possibilitando assim uma modularização no sistema e a reutilização do algoritmo.

Referências

1. Tavares Coelho, M.; Coelho Jr, E.M.; Quintino, L.,F.; Piazza, C.,A.,D.; De Andrade, A.,A. **A evolução das tecnologias OPC como subsídio para as fábricas inteligentes.** 2016.
2. Santo, L. E. **Um Sistema de Controle Adaptativo utilizando Algoritmo da Lógica Paraconsistente aplicado à uma Unidade Experimental no Controle de Vazão**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Santa Cecilia. Santos-SP, 2018.
3. Fernandes, C. L. M. **Lógica Paraconsistente Aplicada em Sistemas de Automação e Controle**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Santa Cecilia. Santos-SP, 2012.
4. Coelho, M. S. **Controle PI Híbrido com Lógica Paraconsistente Aplicado em malha de controle de nível em vaso pressurizado.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade Santa Cecilia. Santos-SP, 2015.
5. Abe, J. M. **Lógica Paraconsistente,** Seleção Documental - GLPA N.1 Ano 1 Ed. Paralogike - Santos - SP Brasil, pp. 5-10, 2006, ISSN: 1809-0648.
6. Da Silva Filho, J. I.; Abe, J. M.; Torres, G. L. **Inteligência Artificial com as Redes de Análises Paraconsistentes.** ISBN 978-85-216-1631-3, 2008.
7. Da Silva Filho, J. I.; Métodos de Aplicações da **Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores-LPA2v,** Seleção Documental - GLPA N.1 Ano 1 Ed. Paralogike - Santos - SP Brasil, 2006, ISSN: 1809-0648.
8. J.I. Da Silva Filho *et al*. Support at Decision in Electrical Systems of subtransmission through selection of Topologies by a Paraconsistent Simulator. in *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 4, pp. 1993-1999, (2016). doi: 10.1109/TLA.2016.7483545.
9. M.S. Coelho, et al. Hybrid PI Controller Constructed with Paraconsistent Annotated Logic. Control Engineering Practice, 84, 112-124. (2019). https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.11.007