Estudo para inclusão da Lógica Paraconsistente Anotada em Normas específicas para utilização em Controladores Programáveis

Claudio Luis Magalhães Fernandes[1]; Maurício Conceição Mario[1]; João Inácio da Silva Filho [1]

[1]Aluno do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica na Universidade Santa Cecília, Santos, ESP-BR.
[2] Professor do Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica na Universidade Santa Cecília, Santos, ESP-BR.

A norma IEC 61131-3 foi desenvolvida pela *International Electrotechnical Comission* (IEC), que é uma organização internacional, não governamental, sem fins lucrativos, formada por representantes de fabricantes, fornecedores, distribuidores e usuários de Controladores Programáveis (CPs). O objetivo dessa Comissão é analisar o *hardware*, processo de instalação, testes, documentação, *software*, programação e comunicação dos Controladores Programáveis (CPs) buscando definir assim uma padronização entre os diversos fabricantes. A norma IEC 61131-3 tem como objetivo gerar uma portabilidade de *software* entre os diferentes tipos de fabricantes de CPs buscando a padronização e visando o atendimento às demandas da comunidade industrial tendo como principais aspectos a adoção de Linguagens de Programação, recursos Multitarefa e Reutilização de *Software*. Neste trabalho é apresentada uma aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v) em Sistemas de automação e controle por meio da inclusão de seu algoritmo em um CP - Controlador Programável seguindo a Norma IEC 61131 em seu item 7 que preconiza a inclusão de lógicas não-clássicas neste tipo de equipamento.

Palavras chave
Lógicas não-clássicas, lógica paraconsistente, automação de processos, Controlador programável.

Study for inclusion of Paraconsistent Annotated logic in specific Standards for use in Programmable Controllers

IEC 61131-3 has been developed by the International Electrotechnical Commission (IEC), which is an international, non-governmental, non-profit organization, formed by representatives of manufacturers, suppliers, distributors and users of programmable controllers (PCs). The purpose of this Commission is to analyze the hardware, installation, testing, documentation, software, programming and communication of programmable controllers (PCs) seeking to define a standardization between the various manufacturers. IEC 61131-3 aims to generate software portability between different types of manufacturers of CPs seeking standardization and to meet the demands of the industrial community having as main features the adoption of programming languages, multi-tasking capabilities and Software reuse. In this paper is presented an application of Paraconsistent logic Annotated with annotation of two values (PAL2v) in automation and Control Systems through the inclusion of his algorithm in a CP-programmable controller following IEC 61131 in your item 7 which calls for the inclusion of non-classical logics in this type of equipment.

Keywords: *non-classical logics, paraconsistent logic, process automation, programmable controller.*

Introdução

A evolução nos meios produtivos está atrelada a inovações tecnológicas, sejam elas a simples utilização de equipamentos mais modernos, ou até mesmo o emprego de novas técnicas de produção (Guimarães, 2005). Dentro desta ação de inovação, iniciou-se em meados do século passado uma crescente utilização de computadores para atuar nos processos de automação e controle das máquinas de produção, com o objetivo de otimizar os processos e dar maior flexibilidade à produção industrial.

Os computadores dedicados aos processos de automação receberam a denominação de controladores industriais. A rápida evolução da informática permitiu que logo houvesse uma convergência de tecnologias onde um mesmo computador pode ser configurado para reunir diversas funcionalidades, e este passou a ser denominado de CP – Controlador Programável.

O Controlador Programável

Diante das necessidades mercadológicas os CLPs evoluíram com o aumento da velocidade de processamento, inclusão de blocos lógicos digitais, criação de entradas e saídas analógicas para controle de Processos Contínuos e, principalmente modernizações na interface com o usuário (Mollenkamp, 1988). A figura 1 mostra o aspecto físico de um CP compacto atual.



Figura 1. Aspecto físico de um Controlador Programável CP compacto © ALTUS[1].

Atualmente, nos sistemas de Automação Industrial, diversos CPs de diferentes fabricantes estão interligados com a função de gerenciamento e controle em uma mesma planta de processos. Estes apresentam a necessidade de estabelecer uma comunicação entre si e com o respectivo "Supervisório de Controle", o que vem ao encontro da criação de uma padronização entre todos os fabricantes destes equipamentos. Essa padronização levou ao "Controlador Programável" (CP), o desempenho de funções cada vez mais complexas, tais como controle de malhas analógicas com a utilização de blocos mais complexos e aumento da capacidade aritmética (Mollenkamp, 1988).

A Norma IEC 61131

A implantação de processos de automação e controle nas máquinas de produção ficou intimamente ligada à área da informática e ao desenvolvimento de projetos nos quais os Controladores Programáveis estariam inseridos. Também houve a necessidade de se buscar conhecimentos para encontrar respostas eficientes a um controle de processos, onde os intervalos entre os limites que expressam a qualidade do produto fiquem menores a cada dia. Para isso, considerou-se a implementação nos sistemas operacionais dos Controladores Programáveis, de novos algoritmos que pudessem assim mostrar resultados mais eficientes e com baixo custo computacional. Na busca do saneamento deste problema em particular, alguns CPs foram oferecidos ao mercado com condições de serem configurados com

[1] ALTUS é marca registrada.

algoritmos fundamentados em lógicas diferentes da lógica binária, aquelas conhecidas como lógica não-clássica. Vindo ao encontro desta evolução liderada pela instalação de controladores industriais, onde a informática, modos de configuração e técnicas lógicas de desenvolvimento na implantação se tornaram de suma importância para elevar o índice de eficiência e qualidade dos processos, houve a necessidade de se buscar uma padronização entre os vários fabricantes de CPs, isto originou a criação da norma conhecida como IEC 61131.

Esta norma foi elaborada pela *International Electrotechnical Commission* com o objetivo de padronizar diversos aspectos relacionados aos Controladores Programáveis (CP), assim como aplicar modernas técnicas e linguagens de programação para o desenvolvimento de software para estes sistemas (IEC, 1993). O item três (3) da norma trata da estrutura do *software*, execução do programa e principalmente da padronização de utilização dos cinco (5) tipos de linguagens de programação. Estes tipos são: Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC), Lista de Instruções (IL), Diagrama *Ladder* (LD), Diagrama de Blocos (FBD) e Texto Estruturado (ST). A Norma IEC 61131 preconiza a estruturação destas formas de programação, facilitando a modularização e a reutilização de código (IEC, 1993).

A Norma IEC 61131 e as Lógicas Não-Clássicas

Segundo Da Silva Filho, (2010), uma lógica não-clássica é aquela que diverge em seus fundamentos de alguma das leis binárias que sustentam a lógica clássica. Por exemplo, em CPs modernos os algoritmos podem ser configurados para tratar sinais com base em Lógica Nebulosa, que trata-se de uma lógica não-clássica também conhecida como Lógica *Fuzzy*. Verifica-se que a norma IEC 61131 em seu item sete (7) leva também em consideração as imprecisões e incertezas que ocorrem em um processo industrial bem como as suas implicações na teoria de controle moderno. Dessa forma abre-se uma possibilidade de considerar as condições implícitas da norma em seu item sete (7) para outros tipos de lógicas não-clássicas diferentes da *Fuzzy*, tais como, a Lógica Paraconsistente PL.

A Lógica Paraconsistente Anotada – LPA

A Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) é uma lógica pertencente à classe de lógicas evidenciais e faz as análises de sinais representados por anotações que atribuem estados lógicos à proposição. Uma interpretação da LPA em um Reticulado associado permite o equacionamento de valores e a criação de algoritmos para a formação de sistemas de análises paraconsistentes. Considerações feitas no Reticulado associado à LPA2v (Da Silva Filho, 2012) permitem que, através dos valores dos Graus de Evidência que compõem a anotação e originados de agentes de informação distintos, sejam determinados Graus de Certeza G_C e de Contradição G_{ct}. O método interpretativo resulta em um Reticulado associado à LPA2v construído com valores de G_C e G_{ct} calculados pelas equações:

$$G_{ct} = \mu_1 + \lambda - 1 \qquad \text{e} \qquad G_c = \mu_1 - \lambda$$

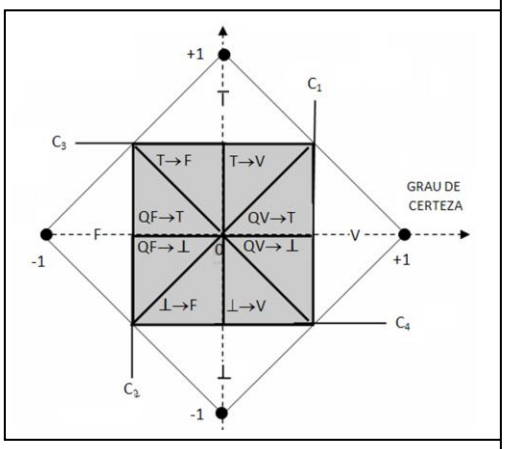
Verifica-se pelas equações que G_C, valores no eixo das abcissas e G_{ct}, valores no eixo das ordenadas são dependentes dos Graus de Evidência que compõem a anotação e relacionados a infinitos estados lógicos paraconsistentes atribuídos à proposição *P* que estão contidos nas regiões internas do reticulado (Da Silva Filho, 2010).

O Algoritmo Para-Analisador

Através das limitações superiores e inferiores dos graus de certeza e contradição pode-se delimitar o reticulado da LPA2v dividindo-o em 12 estados lógicos resultantes. Dessa forma, a partir das regiões delimitadas do reticulado podem-se relacionar os estados lógicos paraconsistentes resultantes obtidos pelas interpolações dos graus de certeza e contradição obtidos pelas equações (1) e (2). Com dois limites externos e arbitrários se podem determinar

quando o grau de Certeza resultante é alto o suficiente para que a proposição analisada seja considerada totalmente verdadeira ou totalmente falsa. Também se pode determinar quando o grau de Contradição resultante é alto o suficiente para que a proposição analisada seja considerada totalmente indeterminada ou totalmente inconsistente.

A figura 2 mostra as regiões com os símbolos dos estados lógicos paraconsistentes considerados e o Algoritmo da LPA2v.



ALGORITMO PARA-ANALISADOR

*/determinação dos estados lógicos extremos */

Se $G_c \geq C_1$ então $S_1 = V$

Se $G_c \leq C_2$ então $S_1 = F$

Se $G_{ct} \geq C_3$ então $S_1 = T$

Se $G_{ct} \leq C_4$ então $S_1 = \perp$

/determinação dos estados lógicos não-extremos/

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$

se $G_c \geq G_{ct}$ então $S_1 = Qv \rightarrow T$

se $G_c < G_{ct}$ então $S_1 = T \rightarrow v$

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$

se $G_c \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = Qv \rightarrow \perp$

se $G_c < |G_{ct}|$ então $S_1 = \perp \rightarrow v$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$

se $|G_c| \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = Qf \rightarrow \perp$

se $|G_c| < |G_{ct}|$ então $S_1 = \perp \rightarrow f$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$

se $|G_c| \geq G_{ct}$ então $S_1 = Qf \rightarrow T$

se $|G_c| < G_{ct}$ então $S_1 = T \rightarrow f$

$G_{ct} = S_{2a}$ $G_c = S_{2b}$

/ FIM/

Figura 2. Reticulado da LPA2v repartido por regiões e o Algoritmo Para-Analisador.

Os estados Lógicos Extremos são representados pelas regiões que ocupam os vértices do reticulado: Verdadeiro, Falso, Indeterminado e Inconsistente. As regiões internas no reticulado são os estados lógicos de saída, denominados de estados Lógicos Não-Extremos, nomeados conforme a proximidade com os estados Lógicos Extremos e determinados conforme a adequação ao projeto.

O Bloco Funcional (BF_Paracon)

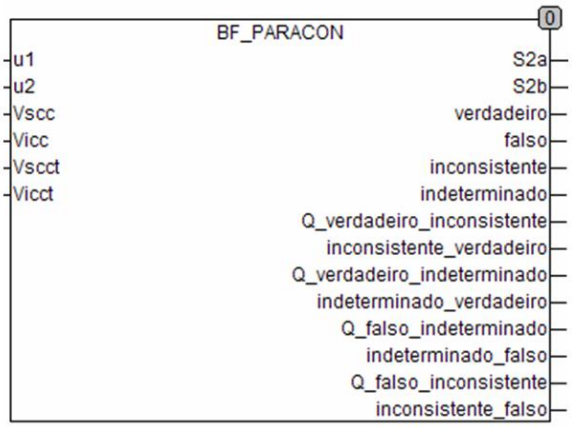
Seguindo os objetivos deste trabalho de pesquisa, o algoritmo Para-Analisador proveniente da LPA2V foi implementado em linguagem de texto estruturado com a criação de uma função que deu origem a um bloco funcional denominado BF_Paracon. Como ferramenta de programação no desenvolvimento desse trabalho foi utilizado o *software* programador *MasterTool* IEC, que possibilita a utilização das cinco linguagens de programação descritas pela norma IEC 61131-3, somadas a linguagem denominada de Gráfico Contínuo de Funções (CFC), todas podendo ser inseridas simultaneamente em um mesmo projeto. Sua programação atendendo as diretrizes da norma e, facilitando a reutilização de código, utiliza a criação de "Unidades de Organização de Programas" (POUs).

A programação da Função PARACON foi baseada no algoritmo Para-Analisador da LPA2V. Os valores dos Graus de Certeza e Graus de Contradição calculados foram utilizados entre o intervalo de -10000 e +10000 através de valores inteiros. Levando em consideração que a implementação do algoritmo original possui uma variação no intervalo de -1 e +1. Dessa forma, o bloco completo, cuja construção seguiu a norma IEC 61131 em seus itens 3 e

7 pode ser aplicado na automação de plantas que trabalhem com Processos Contínuos utilizando a Lógica não-clássica Paraconsistente. O Bloco BF_Paracon e a tabela com estes valores escalonados e fatores de aproximação utilizados, são apresentados na figura 3.

Valor representativo em real	Valor representativo em inteiro
0,0000	0
0,0001	1
0,001	10
0,01	100
0,1	1 000
1,0	10 000

Tabela de conversão adotada



Bloco Funcional BF_Paracon

Figura 3. Tabela de Conversão adotada e o Bloco Funcional criado com o Algoritmo Para-Analisador.

Conclusões

Nesta pesquisa, verificou-se o desenvolvimento de um método paraconsistente de controle com a implementação do primeiro Bloco Funcional baseado na LPA2V em um Controlador Programável (CP) com programação fundamentada na Norma IEC 61131-3. Essa implementação veio a atender a norma em seu item 7, cujo teor trata de incentivo às pesquisas com lógicas não-clássicas. Os resultados obtidos abrem um amplo campo de desenvolvimento para utilização de lógicas não-clássicas paraconsistentes aplicadas a Sistemas de Controle e Automação com a utilização de CPs.

Referências

Da Silva Filho J. I, G. Lambert-Torres and J. M. Abe "Uncertainty Treatment Using Paraconsistent Logic—Introducing Paraconsistent Artificial Neural Networks," Vol. 21, IOS Press, Amsterdam, 2010.

Da Silva Filho, J. I., "Treatment of Uncertainties with Algorithms of the Paraconsistent Annotated Logic," *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, Vol. 4 No. 2, 2012, pp. 144-153. 10.4236/jilsa.2012.42014.

Guimarães, H. C. F., Norma IEC 61131-3 para Programação de Controladores Programáveis: Estudo e Aplicação. Monografia de conclusão de curso Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

International Electrotechnical Comission – IEC. IEC61131-3 Programmable Controllers - Part 3. Programming Languages, IEC, 1993.

Mollenkamp, R. A. Controle Automático de Processos. EBRAS Editora Brasileira – SMAR. 1988.