



DESTILARIA INTELIGENTE

Luciano Rangel Pinheiro Neto¹, Edilberto Pereira Teixeira², Fidélis Rosangelo Zuffi³

^{1,2} Universidade de Uberaba – Departamento de Engenharia de Computação

³ ApsiC Systems

RESUMO – *A competição global e a pressão dos acionistas pressionam indústria a superar suas metas tanto quanto reduzir custos, aumentar produção, melhorar qualidade, segurança e confiabilidade. Os resultados financeiros são maiores se os sistemas de controle estiverem otimizados. Neste cenário, este trabalho é um projeto piloto em uma destilaria de uma usina sucroenergética. A hipótese defendida neste trabalho é avaliar se a combinação de ferramentas de sintonia de malhas de controle, controle avançado de processos, sistemas de otimização em tempo real e monitoramento do processo em tempo real são eficazes para diminuir a variabilidade do processo e otimizar a produção de etanol. O resultado mostrou que a combinação dessas ferramentas de automação contribuíram para uma redução de 91,2% na variabilidade do processo, aumento de 9,2% na capacidade de produção de etanol e redução de 28 intervenções no processo por hora pelos operadores.*

1. INTRODUÇÃO

Para permitir a continuidade da empresa no mercado que exige rápidas mudanças, as indústrias têm focado muito em melhoria contínua, em aumento da eficiência operacional, redução de custos, aumento da qualidade do seu produto final e investimento em projetos de otimização do seu processo industrial. O sistema de controle de processo automatiza ambos, rotinas e condições anormais de operação, e auxilia a operação a manter o controle de seu processo.

Neste contexto, para um bom desempenho do processo e, portanto, resultados financeiros melhores, todas as camadas da pirâmide de automação devem ser tratadas.



Figura 1 - Pirâmide de automação.

Na Figura 1, a base da pirâmide de automação são os instrumentos que devem estar calibrados e com alta confiabilidade. Já na camada acima os PIDs devem estar bem sintonizados e com estratégias de controle bem definidas para cada aplicação industrial. Porém, nesta camada de controle regulatório o cenário que encontra-se na prática é ruim, com controladores abaixo do desempenho e estratégias de controle inapropriadas.

Segundo Fonseca (2004), uma malha de controle com desempenho ruim implica em perda de energia, qualidade e produção, já uma malha de controle com bom desempenho permite aumentar a qualidade e produtividade no processo.

A grande parte dos processos industriais utiliza o controle do tipo PID. A simplicidade aliada à eficiência encontrada neste tipo de controle é o principal motivo dele estar implementado em grande parte dos controladores industriais. Em Rubaai et al. (2008) é citado que 96% dos controladores industriais são do tipo PID.

Entretanto, alguns sistemas são, muitas vezes, intratáveis pelos métodos convencionais de controle por possuírem características que inviabilizam ou dificultam ação de controles mais simples, o que torna necessário a utilização de alternativas como o controle Fuzzy para se operar o processo com maior eficiência e menor variabilidade conforme mostra a Figura 2.

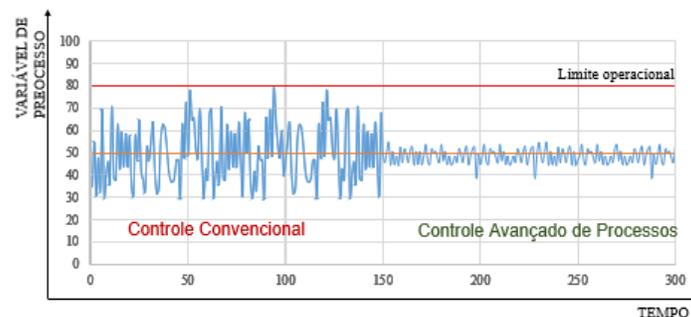


Figura 2 - Alta variabilidade com controle tradicional versus baixa variabilidade com controle avançado.



Este artigo apresenta um projeto piloto realizado em uma destilaria em uma usina sucroenergética. O objetivo é combinar as tecnologias de monitoramento de malhas de controle, sistema de otimização em tempo real e controle avançado de processos visando obter uma destilaria de alta performance.

2. SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO

A Figura 3 mostra a combinação das tecnologias utilizadas neste trabalho para obtenção de uma destilaria atuando perto do limite operacional e com baixa variabilidade. A sintonia dos parâmetros PID das malhas de controle será combinada à utilização de um sistema de otimização em tempo real que escreve os Set-Points ótimos. O controle avançado será uma oportunidade de aumentar ainda mais o desempenho industrial, substituindo o controle tradicional que atua em uma variável e é baseado no erro, por um controle avançado multivariável que incorpora e antecipa distúrbios de processo.

Com a combinação dessas técnicas, as variáveis de processo ficarão com variabilidade muito pequena e as malhas de controle poderão ser setadas para atuarem bem próximas ao limite operacional. É neste contexto que entra o controle avançado de processos utilizando a lógica Fuzzy.

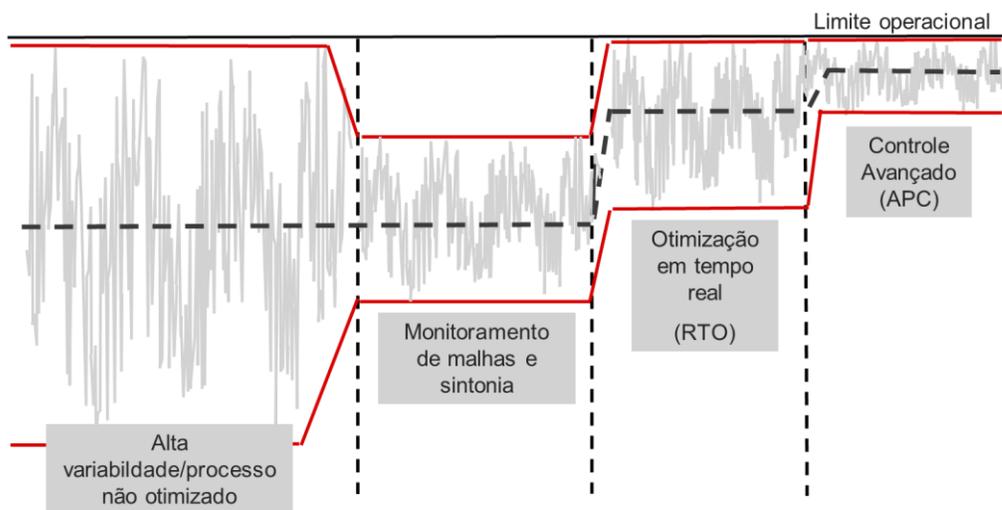


Figura 3 - Combinação de diferentes técnicas de controle obtendo o desempenho ótimo.

3. MATERIAIS E MÉTODO



3.1 Sintonia de malhas de controle

Para sintonia das malhas de controle da destilaria, utilizou-se a ferramenta PlantTriage® que é um sistema de gestão de malhas de controle desenvolvido pela empresa norte-americana ExpertTune. Este software opera monitorando continuamente e avaliando as malhas de controle e informa quando o desempenho começa a se deteriorar, disponibilizando indicadores de desempenho das malhas de controle.

Detectadas as malhas que estão com baixa performance, utilizou-se para identificação do modelo do processo a funcionalidade AMCT (Automatic Model Capture Technology) do software PlantTriage®. O AMCT funciona em real-time procurando e reportando modelos de processos por meio da avaliação automática de todos os testes de resposta que ocorrem na malha de controle, tais como: mudanças de set point, rampas ou movimentos de válvula no modo manual. Ele filtra os dados e procura locais em que a variável de processo (PV) e a variável manipulada (MV) estejam estáveis, sofrem alteração e em seguida retornam novamente para o regime de estabilidade. Dessa forma, se o operador realizar uma mudança de Set-Point ou movimentar a válvula em manual, o AMCT irá avaliar os dados, desenvolver e validar o modelo. Para validar o modelo, os dados devem ser suaves, dentro do ruído normal de processo.

Conforme mostrado na Figura 4, todos os modelos encontrados pelo AMCT, sendo que ele monitora continuamente um local em que pode-se encontrar um bom modelo de processo. Nesta figura, é mostrado os últimos modelos encontrados para malha de vazão de retirada de álcool do aparelho 1.

PID Tuning and Analysis for CA-FIC_5501_02																
Auto Scaled																
Process Variables		AMCT Summary														
AMCT Summary - CA-FIC_5501_02																
Show AMCT models captured in the last 2 years																
		Start	P	I	D	F	Quality	Gain	DT	Lag1	Lag2	Intg	Stability	RRT	Notes	
<input type="checkbox"/>								%/%	sec	sec	sec			sec		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	02/11/2019 20:37	0,41	15	3,2	0	2	2,3	8	18	0	False	0,43	96		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	02/11/2019 14:59	0,36	13	2,5	0	4	8,3	5	42	0	False	0,43	81		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	02/11/2019 09:00	0,5	11	2,3	0	1	2,7	5	19	0	False	0,26	72		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	01/11/2019 21:17	0,53	13	2,9	0	1	1,8	8	17	0	False	0,29	87		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	01/11/2019 19:03	4,5	9,7	2,1	0	1	0,29	5	16	0	False	0,026	66		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	01/11/2019 13:38	0,26	19	3,9	0	4	6,3	8	34	0	False	0,87	120		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	01/11/2019 06:03	0,55	11	2,5	0	2	2,6	6	20	0	False	0,24	74		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	01/11/2019 05:38	0,38	15	3,2	0	1	2,2	9	16	0	False	0,47	97		
<input checked="" type="checkbox"/>	AMCT	31/10/2019 22:10	0,36	15	3,2	0	1	2,3	9	16	0	False	0,49	97		
<input type="checkbox"/>		Most conservative	0,019	160	41	0	4	1,2	44	0			100	270		
<input type="checkbox"/>		Average	0,33	26	3,69	0		4,28	15	26,3				138		
<input type="checkbox"/>		Standard deviation	0,29	16	3,54	0		10,5	15,4	83,8				66,7		

Figura 4 - Modelos identificados pelo AMCT do PlantTriage.



A coluna “Quality” indica a qualidade do modelo que é um número entre 1 e 7. Sendo que 1 é uma qualidade excelente e 7 uma qualidade muito baixa. Para este estudo escolheu-se a terceira linha por ser um modelo de qualidade excelente. Ao clicar neste modelo, é mostrada a Figura 5, onde temos a janela de tempo onde o AMCT encontrou uma oportunidade de detecção do modelo e os parâmetros de PID recomendados para sintonia.

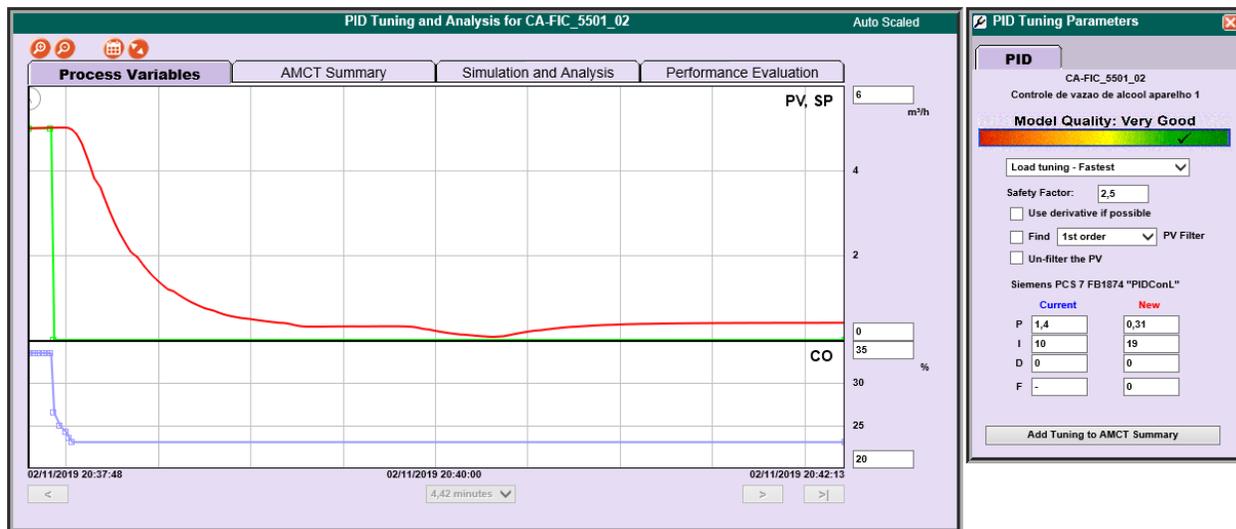


Figura 5 - Janela temporal e parâmetros PID recomendados para sintonia.

Realizou-se o mesmo procedimento para as malhas de vazão de vinho do aparelho de destilação 1 e 2, e para a malha de vazão de retirada de etanol do aparelho 2.

3.2 Otimização em tempo real

Utilizou-se um sistema de RTO (Real Time Optimization). Este sistema é baseado no modelo matemático da planta para verificar cenários próximos da operação atual e determinar qual a melhor condição de operação definindo um valor de set-point mais adequado para atingir o objetivo. O RTO utilizado foi o S-PAA da empresa Soteica cuja interface é mostrada na Figura 6.

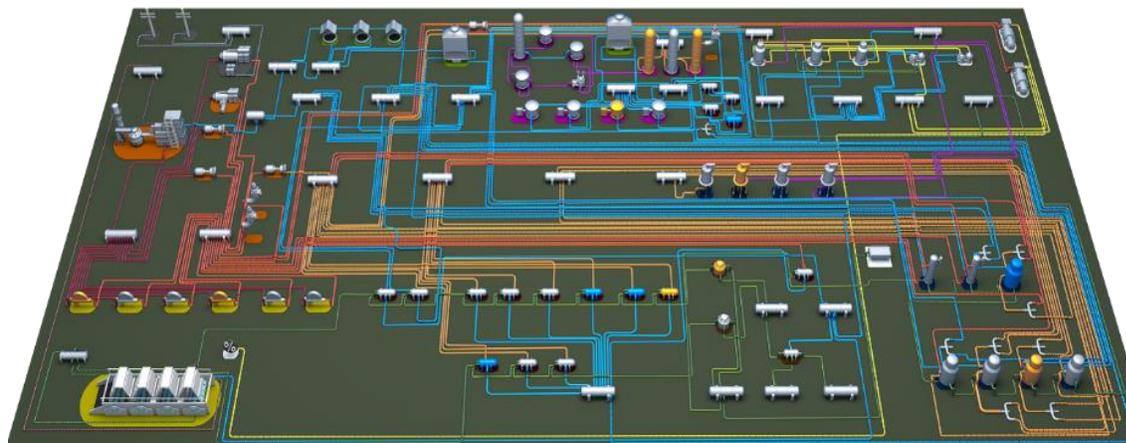


Figura 6 - Sistema de otimização em tempo real.

Este sistema é capaz de prever o comportamento fluidodinâmico e termodinâmico do processo industrial e atuar para que o processo trabalhe no seu ponto ótimo, ou seja, baseado em equacionamento matemático, princípios de engenharia, dados e restrições de processo, este sistema determina a melhor condição de operação para o processo industrial no momento atual. Todas as operações unitárias da planta têm um modelo rigoroso que, com base em dados de entrada medidos comumente, é capaz de simular o comportamento e performance dos equipamentos.

Este sistema foi configurado definir o set-point de grau alcohólico e a temperatura de entrada de vinho. Para isso, ele calcula um balanço de massa e energia online e atua enviando set-point para as malhas de controle de vazão e de temperatura.

3.3 Controle avançado de processos

Definido o set-point ótimo para esta malha por meio de um sistema de real-time-optimization, procedeu-se a implantação de controle avançado com o objetivo de diminuir a variabilidade do processo. Assim, o RTO define o ponto ótimo de atuação da malha, que é o set-point ótimo, e o controlador Fuzzy reduzirá a variabilidade da variável de processo.

Os detalhes das lógicas de controle, as variáveis de perturbação utilizadas e os limites de atuação do controle avançado aplicado na retirada de etanol e na temperatura de entrada de vinho estão representados na Figura 7 e na Figura 8.



DIC_5501_01 - Densidade do álcool do aparelho n°1

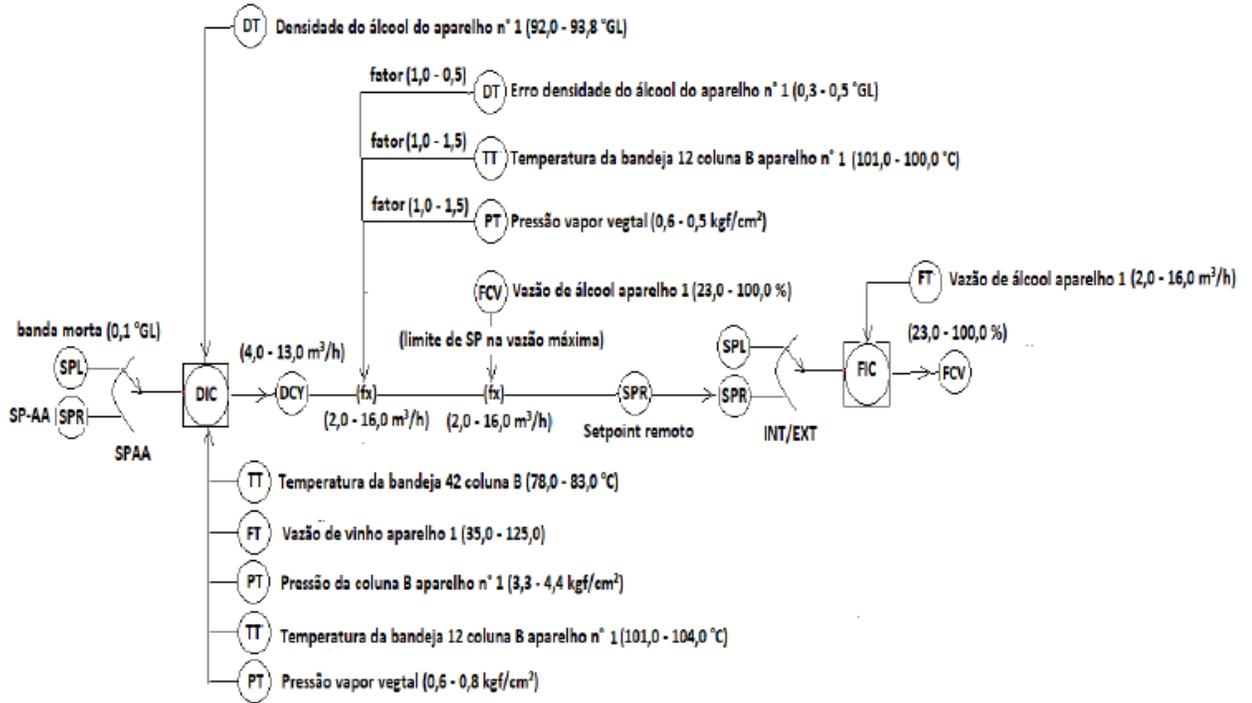


Figura 7 - Lógica de controle na malha de retirada de etanol.

TIC_5501_01 - Temperatura entrada de vinho coluna A - Aparelho n°1

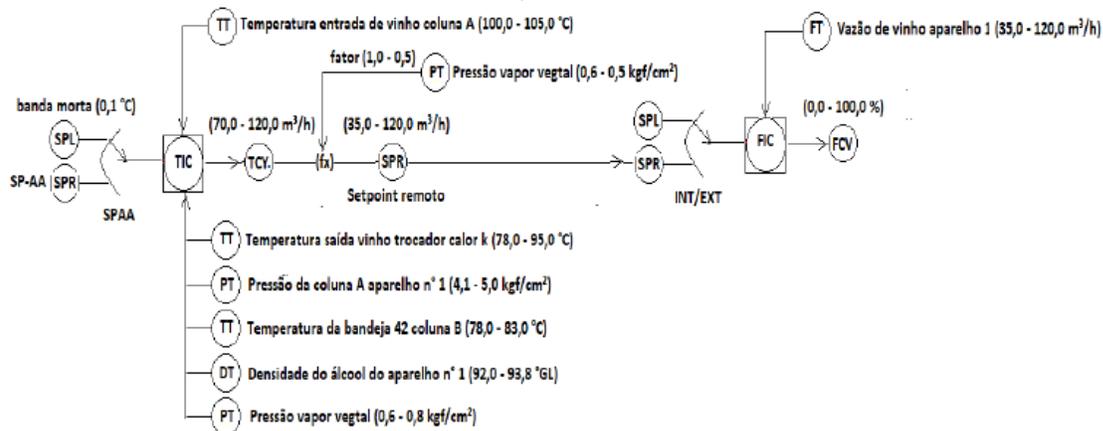


Figura 8 - Lógica de controle na malha de temperatura de vinho.



3.4 Monitoramento do processo em tempo real

Utilizando-se o sistema PI System da OSIsoft desenvolveu-se uma tela monitoramento das soluções de automação implantadas. Esta tela foi necessária para sustentação da utilização dos sistemas, pois os operadores tem uma tendência a colocarem os sistemas em manual. Então é necessário monitorar a taxa de utilização dos sistemas e também a performance do sistema quando está habilitado e desabilitado afim de avaliação dos resultados.



Figura 9 - Tela para monitoramento da taxa de utilização dos sistemas de automação.

4. RESULTADOS

O combinação das tecnologias de automação mencionadas, trouxe resultados positivos nas colunas de destilação com menor variação de parâmetros da coluna de destilação e maior produção de etanol.

Avaliou-se os dados entre 01/09/2019 e 20/11/2019 ao qual o controle avançado foi aplicado nas colunas em diferentes instantes. O erro foi calculado pela diferença percentual entre o setpoint e a variável de processo. Pode-se observar na Figura 10, que o erro é menor com o sistema de controle avançado habilitado.

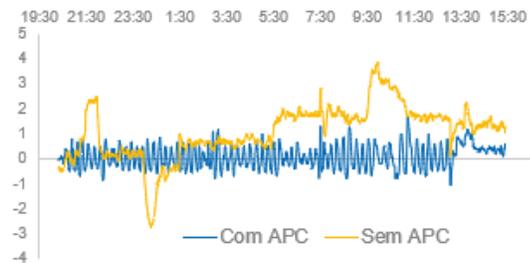


Figura 10 - Erro na temperatura de entrada de vinho no aparelho 1.

Conforme mostrado na Figura 11, o erro médio das malhas de controle também foi de 91,2% menor utilizando-se os sistemas de automação habilitados.

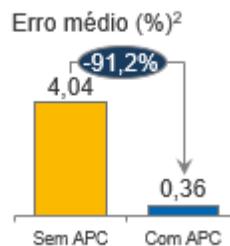


Figura 11 - Erro médio das malhas de controle.

A produção de etanol foi 9,2% maior quando utilizados os sistemas implantados, conforme mostrado na Figura 12.

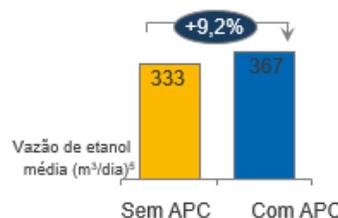


Figura 12 - Aumento na produção de etanol.

O otimizador em tempo real contribuiu para reduzir o número de intervenções do operador no processo, uma vez que o é o sistema de otimização que irá escrever os set-points ao invés dos operadores. A redução foi de 28 intervenções por hora para zero intervenções, conforme mostrado na Figura 13.

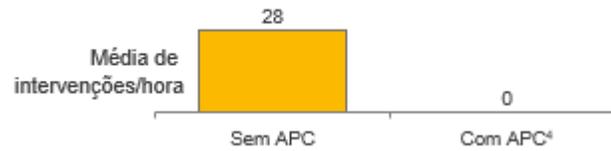


Figura 13 - Redução no número de intervenções.

5. CONCLUSÃO

A combinação do sistema de otimização em tempo real, controle avançado, sintonia de malhas e monitoramento em tempo real contribuiu com a redução na variabilidade do processo (90,2% menor), aumento na produção de etanol (9,2% maior) e na eliminação de intervenção humana nos setpoints das malhas de controle.

Foi verificado neste trabalho o desafio em realizar o engajamento dos operadores em relação à deixarem o sistema em automático, pois há uma tendência de deixarem o controle em manual para atuar na sua “zona de conforto”. Neste sentido, ferramentas de monitoramento em tempo real são essenciais para detecção dos momentos que o sistema é desabilitado e atuação da liderança para entender os motivos e atuar corrigindo-os.

6. REFERÊNCIAS

FONSECA, M. O.; SILVA, C.; TORRES, B. S. Avaliação de desempenho e auditoria de malhas de controle. Revista InTech, n. 63, p. 32-37, 2004.

Rubaii, A., M. J. C. Sitiriche & A. R. Ofoli (2008), 'Design and implementation of parallel fuzzy pid controller for high-performance brushless motor drives: An integrated environment for rapid control prototyping', IEEE Transactions on Industrial Electronics 44, 1090-1098.