

Introdução

Os sistemas de refrigeração estão presentes em aplicações comerciais, residenciais e industriais, sobretudo em indústrias químicas e de alimentos, que requerem padrões rigorosos de qualidade. A cada dia aumenta a preocupação mundial quanto ao consumo de energia e a conservação do meio ambiente. Nesse contexto, a aplicação de controladores nos processos é fundamental na redução do consumo energético e no aumento da qualidade dos produtos.

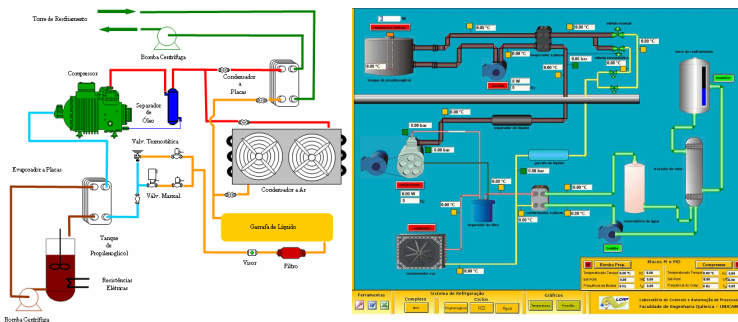
A pesar do surgimento de muitas estratégias novas de controle como lógica fuzzy, redes neurais, entre outras, o controle Proporcional-Derivativo-Integral (PID) ainda é o mais utilizado. Estima-se que 90% das aplicações utilizam esse tipo de controle, muitas vezes com o tempo derivativo zero - controle PI. Entretanto, a sintonia adequada dos controladores representa o maior problema do uso destes na indústria. Muitas vezes a sintonia é feita por tentativa, deixando o controle dependente da experiência de um operador.

Objetivo

- Configuração de um sistema de supervisão das variáveis importantes do processo de refrigeração para resfriamento de líquidos;
- Implementação, sintonia e análise de controladores convencionais PI e PID para o controle da temperatura do fluido secundário (propilenoglicol) desse sistema.

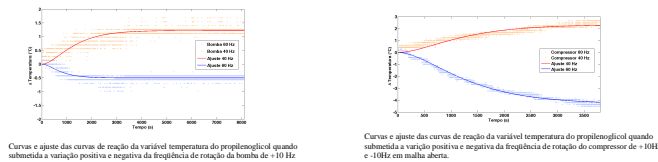
Atividades Realizadas

- Elaboração de uma interface entre operador e máquina através do software Indusoft Web Studio® com base no *lay-out* do sistema de refrigeração.

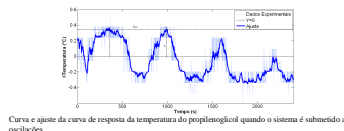


- Configuração do CLP - Adaptação do programa Ladder com a utilização de blocos PID.
- Ensaios para conhecimento do protótipo e definição das condições iniciais em regime permanente que seriam utilizadas nos ensaios posteriores.
- Ensaios de sintonia

Método Ziegler-Nichols



Método Aström e Hägglund.



Resultados

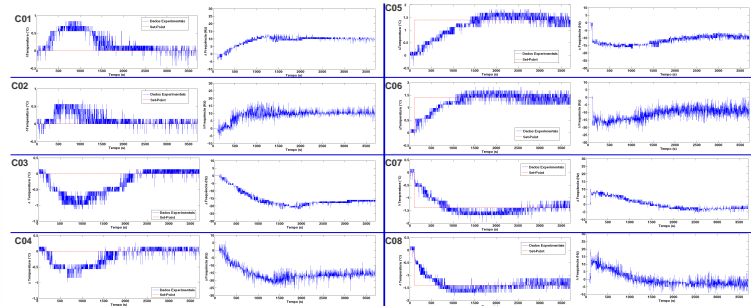
Parâmetros dos Controladores

- A partir dos ensaios de sintonia obtiveram-se os parâmetros dos controladores PI e PID pelas relações de sintonia dos métodos de Ziegler-Nichols e Aström e Hägglund.
- Com ensaios para sintonia fina, obtiveram-se os melhores conjuntos de parâmetros:
 - Controlador PI com parâmetros $K_c=16,4 \text{ Hz/}^\circ\text{C}$, $t_i=519,2 \text{ s}$ e $t_d=0$
 - Controlador PID com parâmetros $K_c=26 \text{ Hz/}^\circ\text{C}$, $t_i=500 \text{ s}$ e $t_d=0,5 \text{ s}$.

Ensaios com os controladores

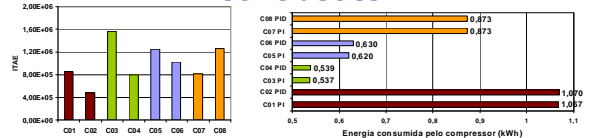
Ensaios realizados com os controladores utilizando os parâmetros obtidos da sintonia fina

Ensaio	Controlador	Perturbação	Variável controlada	Variável manipulada
CO1	PI	Carga - Positiva	Temperatura de saída do propilenoglicol	Frequência de rotação do compressor
CO2	PID	+600 W		
CO3	PI	Carga - Negativa		
CO4	PID	-600 W		
CO5	PI	Set-point - Positiva		
CO6	PID	+1,4 °C		
CO7	PI	Set-point - Negativa		
CO8	PID	-1,4 °C		



Comportamento da variável controlada (temperatura do propilenoglicol) e da variável manipulada (frequência do compressor) nos ensaios de perturbação na carga e no *set-point*.

Conclusões



- A implementação de um controlador PI é mais fácil do que o PID. Os parâmetros utilizados para o controlador PI foram os obtidos diretamente pelo método de Aström e Hägglund (método mais eficaz). Para o PID foram necessários muitos ensaios e nenhum método se aproximou dos parâmetros obtidos em sintonia fina.
- Em geral, o controlador PID atinge mais rapidamente o *set-point*, apresentando um menor erro de acordo com o critério de desempenho ITAE.
- O controlador PID causa uma maior oscilação da variável manipulada, gerando um maior consumo de energia.
- Na aplicação do uso de controladores convencionais no sistema de refrigeração em estudo, o controlador PI já seria o suficiente. O controlador PID causa uma grande oscilação na frequência do compressor, um dos principais equipamentos de um sistema de refrigeração. Tal controlador acelera o desgaste do compressor devido as variações de frequência bruscas. Além disso, este controlador apresentou, em geral um maior consumo de energia elétrica, para compensar erros não tão relevantes dependendo do processo ao qual fosse aplicada a refrigeração.