

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS DE CONTROLE PID

VICTOR HUGO FILIZOLA TEIXEIRA ¹, DENNIS LOZANO TOUFEN ²

¹ Graduando em Engenharia de Controle e Automação, Bolsista PIBIFSP, IFSP Campus Guarulhos, victorblizzard@hotmail.com

² Professor, Orientador PIBIFSP, IFSP Campus Guarulhos, dennis@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.04.02.05-0 Sistemas Eletrônicos de Medidas e de Controle

RESUMO: O objetivo deste trabalho é o da observação de um sistema pneumática e a partir de técnicas de sintonia de P.I.D., aumentar a eficiência deste sistema. A partir desta meta, procura-se entender o comportamento da atuação de compressores no processo de enchimento de reservatórios vazios com ar comprimido.

Com este propósito em mente, estudou-se pelas regras da termodinâmica as possíveis formas pelas quais tal processo se comporta. Com isto, foi possível obter o modelo de compressor ideal. Após isso, procurou-se métodos de medidas os quais descrevessem como o sistema se comporta na realidade e comparar estes dados com o caso ideal. Os resultados deste estudo irão permitir a utilização de técnicas de controle modernos afim de se aumentar a eficiência energética do sistema como um todo. Também irão permitir uma escolha mais adequada da utilização de sistemas de posicionamento pneumático em detrimento de sistemas elétricos e vice-versa.

PALAVRAS-CHAVE: Pneumática, controle PID, eficiência energética, termodinâmica.

ENERGETIC EFFICIENCY OF SYSTEMS WITH PID CONTROLLER

ABSTRACT: This research aims to observe a pneumatic system and, by P.I.D. methods, increase it's efficiency. With this objective in mind, we search to understand how is the behavior of the compressor in the process of filling the empty reservoirs with compressed air.

Following our propose, by the rules of thermodynamics we studied possible ways of how this system work. After that, we searched methods to describe how this system work in reality compared to how it should work in an ideal scenario, by the means to increase the system's energetic efficiency.

KEYWORDS: Pneumatics, PID control, energetic efficiency, thermodynamics.

INTRODUÇÃO

Com o advento da atual quarta revolução industrial e constante procura de novas formas mais eficientes de controle e automação de processos, existe grande demanda no mercado para o desenvolvimento de sistemas mais eficientes. Este projeto surgiu nesta ideia, procurando novos métodos mais eficientes em sistemas de processo. O propósito do trabalho consiste em se estudar um sistema pneumático e aplicar técnicas de PID no mesmo, com a finalidade de se conseguir um sistema mais eficiente: que realize o trabalho necessário com o menor desperdício de energia possível. Tendo assim, um sistema com alta eficiência energética e com o mínimo de custos desnecessários.

MATERIAL E MÉTODOS

Antes de se saber o quanto de energia real que o sistema pneumático consome para o motor encher o reservatório de ar comprimido, primeiro partimos para o cálculo de o quanto de energia que este sistema precisa para fazer tal tarefa em um sistema ideal. Para o cálculo de energia necessária para se encher o reservatório, sabendo que o sistema pneumático presente é um sistema termodinâmico isocórico, usa-se a seguinte fórmula:

$$E = m * C_v * T \quad (1)$$

em que,

E = Energia (kJ); m = Massa (kg); C_v = Capacidade Térmica (0.718 kJ/kg.K); T = Temperatura (298.15 Kelvin).

Sabendo que a massa molar (M) do ar seco se dá por 29 g/mol, a última incógnita do sistema é a quantidade de mols (n), que pode ser encontrada a partir da equação dos gases ideais, dada por:

$$P * V = n * R * T \quad (2)$$

em que,

P = Pressão (bar ou kgf/cm²); V = Volume (300 L); n = Quantidade de mols na substância (mol); R = Constante universal dos gases ideais (0.082 atm*L/mol*K); T = Temperatura (298.15 Kelvin).

Sabendo que a massa molar (M) do ar seco se dá por 29 g/mol e entrepondo e colocando os valores das incógnitas da equação (1) na equação (2), temos a seguinte função do nosso sistema:

$$E(P) = 77.26 * P \quad (3)$$

em que,

E = Energia (kJ); P = Pressão (bar ou kgf/cm²).

Após a realização dos cálculos teóricos, partiu-se para um experimento prático visando determinar quanta energia seria consumida pelo sistema motor-compressor para atingir uma determinada pressão considerando o consumo nominal do motor. Para isto, foi-se medido o tempo necessário para que o sistema compressor-motor alcance uma determinada pressão.

Este experimento foi desenvolvido da seguinte forma: Desligou-se o compressor, esvaziou-se o ar comprimido do reservatório, conectou-se o manômetro em uma das saídas de ar do compressor, acionou-se a saída de ar a qual o manômetro está conectado, preparou-se o cronômetro, acionou-se o cronômetro ao mesmo tempo de acionamento do compressor e se marcou o tempo passado a cada vez que a contagem do manômetro percorreu o valor de 1 bar. Este processo foi repetido três vezes com o intuito de se adquirir uma média de valores. Sabendo-se o tempo necessário para se preencher o reservatório vazio com ar comprimido, pode-se saber qual valor teórico gasto o motor iria exercer a cada bar de pressão através da especificação de atuação do compressor.

Após se ter todas as estipulações teóricas de gasto de energia usada pelo compressor, partiu-se para o experimento para se ter as medidas de consumo de energia real. Este experimento foi desenvolvido da seguinte forma: Desligou-se o compressor, esvaziou-se o ar comprimido armazenado no reservatório, conectou-se um alicate Wattímetro configurado para leitura de potência em sistemas de balanceamento trifásico, preparou-se um cronômetro, acionou-se o cronômetro ao mesmo tempo que o compressor, anotou-se os valores de potência a cada 10 segundos e se desligou o cronômetro ao mesmo tempo que o compressor foi desligado.

Para se checar uma possível falha na medida utilizando o Wattímetro, uma medida adicional foi realizada sem a utilização deste equipamento. Para isto, foi utilizado um Amperímetro para se adquirir os dados da corrente e tensão com a finalidade de se adquirir os dados da potência por um método alternativo. A metodologia para se medir a corrente e tensão com o Amperímetro foi a mesma para a medição da potência com o Wattímetro, com a diferença que após o colhimento dos dados da corrente, calculou-se a potência pela fórmula (5) através da fórmula (4):

$$P(VA) = I * V * \sqrt{3} \quad (4)$$

em que,

P = Potência (VA); I = Corrente (A); V = Tensão (V).

$$P(W) = P(VA) * \cos(\varphi) \quad (5)$$

em que,

P(W) = Potência (W); P(VA) = Potência (VA); φ = Fator de potência.

Após o tratamento de dados, notou-se o quão semelhante os resultados da Potência em Watts obtidos pelo cálculo são em relação aos dados adquiridos puramente pelo wattímetro. Tendo dois sistemas independentes terem resultados semelhantes, pode-se concluir que a potência real deste sistema está de fato entre estes dois valores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após sabermos a quantidade de energia necessária para se encher o reservatório de ar, o quanto que o motor deveria ter gastado para esta tarefa e o quanto que ele realmente gastou, traçamos a partir destes dados à figura 1 e a tabela 1. Pela tabela 1 podemos ver que a energia necessária para se encher o tanque de ar é de 526.8 kJ, porém, a energia gasta pelo compressor para realizar tal tarefa é de 10263 kJ, acarretando em uma eficiência total do sistema de apenas 5.10%. Tal ineficiência pode ser vista claramente na imagem 1. Esta ineficiência é fruto principalmente do fato de que o motor trabalha bem acima do seu consumo nominal, como se nota pela medida de energia prevista.

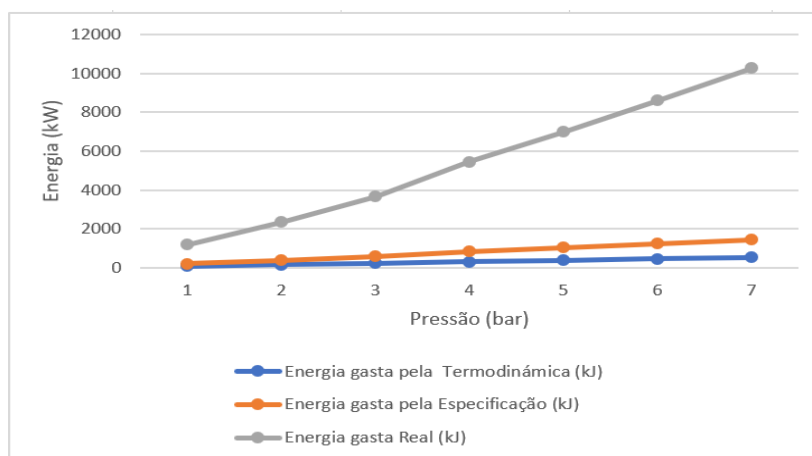


Figura 1- Comparação entre as energias gastas necessárias x energia gasta real

Tabela 1- Comparação das energias necessárias e a energia real gasta pelo sistema e o cálculo da eficiência destes processos

Tempo (s)	Pressão (Bar)	Energia gasta pela Termodinâmica (kJ)	Energia gasta pela Especificação do Compressor (kJ)	Energia gasta Real (kJ)	Eff% do sistema
40	1	75.2	148	1183.3	
80	2	150.5	296	2357.1	
120	3	225.7	444	3674.8	
170	4	301	629	5464.8	
210	5	376.3	777	6994.9	
250	6	451.5	925	8598.4	
290	7	526.8	1073	10263	
Eff%	-	100%	57.70%	8.90%	5.10%

CONCLUSÕES

As eficiências medidas são baixas, mas, como foram verificadas com métodos e instrumentos distintos e a partir de formas independentes, pode-se concluir que eles foram adquiridos de forma correta. A partir da tabela 1, sabemos que a eficiência do sistema é de 5.10%, acentuando-se sua baixíssima eficiência. Um sistema o qual se é necessário 526.8 kJ para enchimento do tanque, gasta-se 10263 kJ para realizar tal processo, notando-se um claro desperdício de energia de cerca de 9700 kJ, acarretando em um sistema muito ineficiente e com claro desperdício de dinheiro.

Tal fato reforça a importância do projeto, pois cada Watt desperdiçado no sistema de controle acarreta em um desperdício médio de 20W no sistema total, totalizando num desperdício de 95% de toda potência gasta neste processo. A continuação natural do trabalho consiste em se estudar diversos modelos de sintonia de controlador para alcançar a melhor eficiência possível.

REFERÊNCIAS

- BRADY, James E. SENESE, Fred. **Química a matéria e suas transformações**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2009.
- CARVALHO, Geraldo. **Máquinas Elétricas**. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2011.
- KOSOW, Irving I. **Máquinas elétricas e transformadores**. São Paulo: Editora Globo S.A. 2007.
- MALCONIAN, Sarkis. **Sistemas fluidomecânicos**. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2014.
- MAIA, Daltamir Justino. BIANCHI, J.C. de A. **Química Geral**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.
- MEDEIROS, João Bosco. **Redação Científica**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2013.
- STEWART, Harry L. **Pneumática e Hidráulica**. Curitiba: Hemus livraria, distribuidora e editora S.A, 2000.
- UMANS, Stephen D. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. São Paulo: AMGH Editora Ltda., 2014.