



CONTROLE PID, NA REDUÇÃO DO CONSUMO DE CO₂, DAS ENVASADORAS DE GARRAFAS EM CERVEJARIAS

Michell Thompson Ferreira Santiago¹; Carlos Augusto F. de Jesus Ribeiro¹; Tiago Souza Moreira²; Tiara Borges Santiago Ferreira³;

¹ Universidade Federal da Bahia; R. Prof. Aristίδes Novis, 2 - Federação, Salvador/BA; michell.thompson@ufba.br

² Faculdade Metropolitana de Camaçari - Tv. da Avenida Leste; Camaçari/BA;

³ Universidade Cândido Mendes; Campos Rua Anita Peçanha, 100 – Pq. São Caetano – Campos dos Goytacazes/RJ

Resumo: O presente artigo tem como objetivo demonstrar um estudo sobre uma das ferramentas proporcionada pela automação industrial, o sistema proporcional, integral, derivativo (PID). Uma análise do impacto causado pelo consumo em excesso do CO₂ no engarrafamento das cervejas, diante desse cenário negativo, foi aplicada uma estratégia que venha gerar benefícios para o setor de cervejaria, com a redução no consumo do gás CO₂, com objetivo de gerar uma economia e maior qualidade do produto, onde com dosagem ideal, passa a apresentar melhores características ao produto. Aplicando métodos que são capazes de permitir um maior controle das variáveis do processo e o monitorando durante todo o tempo em operação é possível melhorar a injeção de CO₂ necessária.

Palavras-Chave: Controle do processo; Consumo do CO₂; Eficiência; PID; Qualidade.

PID CONTROL IN REDUCING CO₂ CONSUMPTION OF BOTTLE FILLERS IN BEER

Abstract: This paper aims to demonstrate a study on one of the tools provided by industrial automation, the proportional, integral, derivative (PID) system. An analysis of the impact caused by the excess consumption of CO₂ in the bottling of beers, in face of this negative scenario, was applied a strategy that will generate benefits for the brewery sector, with the reduction in the consumption of CO₂ gas, aiming to generate an economy. and higher product quality, where with optimal dosage, presents better characteristics to the product. By applying methods that can allow greater control of process variables and monitoring it throughout the operation, it is possible to improve the required CO₂ injection.

Keywords: CO₂ consumption; Efficiency; PID; Process control; Quality.



1. INTRODUÇÃO

Diante de um mercado cada vez mais competitivo, a busca iminente pela economia no processo produtivo é inevitável, dessa forma a indústria está sempre a procura pela a automatização dos processos fabris que é fundamental para a manutenção ou aumento da competitividade no mercado, seja este processo local, nacional ou mesmo mundial, com multinacionais que cada vez mais apresenta tecnologias novas que proporciona eficiência e maior controle da qualidade e principalmente a busca pela economia da sua matéria prima.

O objetivo, em geral, de uma automatização é fabricar o mesmo insumo com maior eficiência. O resultado é a diminuição do desperdício, do consumo de energia e, em alguns casos, do impacto ambiental. Automação objetivando a segurança dos colaboradores também é comum, resultando em diminuição de custos para a empresa tanto nos tangíveis encargos trabalhistas quanto na intangível perda de mão-de-obra especializada em caso de acidente. [1]

Toda essa preocupação não poderia ser diferente na indústria cervejeira, onde encontra se uma grande gama de matéria prima para fabricação das cervejas e dessa forma acaba se destacando bastante oportunidade de melhorias com tecnologias que venha agregar valor e lucro à empresa.

Um dos problemas recorrente, é a redução do consumo de CO₂ nas enchedoras de garrafas das cervejarias, onde o consumo do gás que se torna algo essencial para produção da cerveja, e caso não seja consumido de forma controlada pode gerar despesas desnecessárias e baixa qualidade do produto, já com automatização do processo pode se obter o máximo da eficiência da máquina, onde uma válvula moduladora tem a responsabilidade de disponibilizar o CO₂ necessário para um produto final com qualidade, proporcionando maior produtividade ao processo evitando custo e passando a gerando lucro.

Existem diferentes graus de automação e diversos tipos de sistema de controle. Pode-se ter desde um controle simples de posicionamento e enchimento de um refil como uma garrafa de refrigerante a um controle sofisticado de temperatura e vazão de uma coluna de destilação multifásica. [1]

São várias as técnicas que podem ser empregadas em um processo com objetivo de alavancar a eficiência e qualidade do produto mais uma das mais utilizada sem dúvida e o (PID) Proporcional, Integral, Derivativo.

Amorim e Rocha, por sua vez descrevem que as empresas têm como obrigação, dedicar-se ao aprimoramento de processos que venham trazer-lhes benefícios como melhoria, pois são essas atitudes que garantirão a sua permanência no concorrido mercado. A melhora pode ser também um dos fatores que determinarão os lucros da empresa, pois de certa forma ajudará a reduzir os desperdícios, sejam eles a longo prazo do processo, ou no produto.

São inúmeras as técnicas de controle que podem ser empregadas num sistema, mas sem dúvidas uma das mais usada é o de controle proporcional, integral e derivativo (PID), nada mais é do que uma técnica de controle em malhas fechada



que se aplica a um sistema com uma entrada e uma saída (*Single Input Single Output* – SISO).

Para implantação do projeto se fez necessário realizar estudos que comprovaram, a eficiência do controle PID, que ao utilizar um sistema de controle inteligente, através de leitura de variáveis de processo e modulação de válvulas de controle, pode se obter valores dentro dos padrões estipulados para um processo eficiente desejáveis.

1.1. Ações Básicas de Controle

Controladores basicamente consiste em um ponto de soma, dessa forma os sinais de saída e entrada são comparados, com dispositivos de controle, onde determina a ação de controle, na entrada da planta.

Um controlador definisse como um dispositivo que venha a realizar determinadas operações matemáticas sobre um sinal de erro $e(t)$ a fim de gerar um sinal $u(t)$ de correção com intenção de atingir determinado objetivo na planta. Essas funções matemáticas podem se chamar de ações de controle ou lei de controle.

É de suma importância o conhecimento das ações de controle para uma melhor compreensão do que é o controle PID e como ele se comporta em um sistema dinâmico de processamento industrial.

A finalidade do controlador é comparar o valor real da saída da planta com a entrada de referência, e fornecer um sinal de controle que reduzirá o erro a zero ou mais próximo de zero possível [2].

Ou seja, é necessário realizar uma análise das quatro ações de controle que se utiliza na indústria, e assim sua contribuição para se chegar à resposta desejada de um sistema: Ação liga desliga (on/off); Ações de controle proporcional; Ações de controle integral e Ações de controle derivativa.

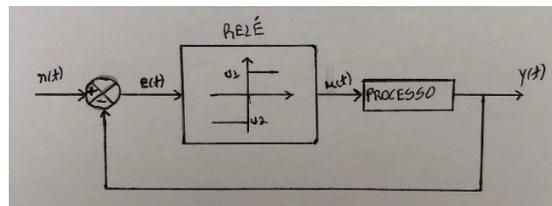
1.1.1. Ação Liga Desliga (on/off)

Para atender determinadas exigência do processo não se faz necessário controles mais sofisticados, algumas ações simples podem ser empregadas a fim de atender ao objetivo estimado. Sendo assim é muito comum utiliza controles tipo liga desliga, onde considera mais simples e mais econômica principalmente quando comparado a condicionadores de ar, controle de nível de água etc.

Mas todo tipo de controle há suas limitações e nesse caso se diz respeito a comportamento dinâmico e em situação permanente de sistema em malha fechada. A sua utilização é limitada devido a precisão desejada, que é o desvio máximo suportado para uma variável controlada. A figura 01 mostra um controlador modelado usando relé – Ação on/off.



Figura 1. Controlador modelado



Autoria Própria, 2019

1.1.2. Ação de Controle Proporcional

Existem situações em que é requerido uma ação de controle mais suave, onde pode ser usado um controlador proporcional, onde nesse tipo de ação o sinal de controle é relacionado a todo momento com a planta e proporcional à amplitude do valor do sinal de erro. A operação citada pode ser expressa por:

$$u(t) = K_p e(t) \quad (1)$$

Levando em consideração a notação do operador a função de transferência, onde K_p é definido como sensibilidade proporcional ou ganho. Ou seja, em um controlador proporcional a saída é proporcional a entrada que é o sinal de erro.

1.1.3. Ação de Controle Integral

Resume em aplicar um sinal de controle $u(t)$ que seja proporcional a integral do erro $e(t)$. Ou seja, se é grande o sinal de erro, o sinal de controle aumenta rapidamente; se for pequeno, o sinal de controle aumenta lentamente.

Veja na expressão:

$$u(t) = \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \quad (2)$$

O parâmetro T_i é denominado como o tempo integral ou reset-time, e a função de transferência correspondente é:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{1}{sT_i} = G(s) \quad (3)$$

Pode se observar que a ação integral tem assim uma função como armazenadora de energia, onde a partir de um determinado tempo t o erro é igual a zero, i. e. $e(t) = 0$, o sinal de controle $u(t)$ que será mantido em um valor proporcional a essa energia armazenada até que chegue ao instante t .

Essa situação permitirá, que nos sistemas em malha fechada, obter-se o seguimento de uma referência com erro nulo, pois a ação integral vai garantir ao processo sinal de controle constante a ter: $r(t) = y(t)$, i. e. $e(t) = 0$.

1.1.4. Ação de Controle Derivativo

É uma ação que corresponde a aplicação de um sinal com controle $u(t)$ que seja proporcional a derivada de um sinal de erro, atuante no sistema:



$$u(t) = Td \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

Já a função de transferência é descrita:

$$G(s) = \frac{U(s)}{e(s)} = Td(s) \quad (5)$$

Este tipo de função de transferência gera um ganho que vai crescendo com o aumento da frequência, situação essa que deixaria o sistema muito sensível a ruídos de alta frequência.

1.2. Configuração de controladores a partir de uma estrutura PID

De acordo a equação que demonstra o sinal de controle gerado pelo controlador PID dado pela expressão matemática:

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(t) dt + Td \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (6)$$

Existe três parâmetros de sintonia no controlador que são: proporcional Kp (ação proporcional), o tempo integral Ti (ação integral) e o tempo derivativo Td (ação derivativo).

Temos situações em que não se faz necessário a utilização dessas três ações juntas, pois o sistema é tão básico que é desnecessário o uso de todas as ações. Essas três ações, da uma disponibilidade de 4 configurações de controladores a partir de um PID: Controlador Proporcional (P); Controlador Proporcional-Integral (PI), Controlador Proporcional-Derivativo (PD); Controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID).

Os controladores PID são muito usados atualmente em sistemas de controle industriais [2].

Sendo assim a função de transferência do controlador PID é:

$$Ge(s) = Kp \left(1 + \frac{1}{Tis} + tds \right) \quad (7)$$

$$Ge(s) = \frac{Kp Td Tis^2 + Kp Tis + Kp}{Tis} \quad (8)$$

Seus parâmetros são:

Kp – Ganho Proporcional; Ti – Tempo Integral; Td – Tempo Derivativo

O controlador pode se apresentar como P, PI, PD ou PID, vai depender muito do processo que está sob controle e a necessidade dele.

A popularidade e a importância decorrem devido a sua estrutura e seu ajuste serem simples, quando ele sintonizado adequadamente vem proporcionar um comportamento servo e regulatório ao processo que vai ser controlado, já sua capacidade de ruído é bastante satisfatória em sistemas lineares e invariante no tempo.

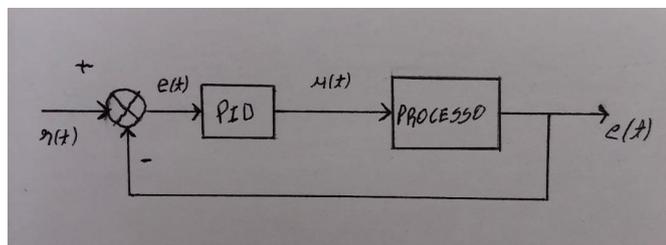
Um sistema de controle em malha fechada o efeito de cada termo é intuitivamente claro. A proporcional é para redução do erro de regime permanente, o termo integral é para eliminar o erro de regime permanente e o termo derivativo é para eliminar a resposta oscilatória.



O funcionamento de um controlador PID em malha fechada é da seguinte maneira: O controlador realizará a leitura do sinal de erro, esse sinal é derivado e integrado, e o sinal $u(t)$ é igual a soma do ganho proporcional K_p vezes a amplitude do erro mais o ganho integral K_i vezes a integral do erro mais o ganho derivativo K_d vezes a derivada do erro.

Dessa forma o sinal de controle é aplicado e uma nova saída é obtida. Essa nova saída passa a ser realimentada e um novo sinal de erro será detectado. O controlador passa a tratar este novo sinal de erro e calcula a derivada e a integral novamente, e repete-se o processo. A figura 2 abaixo demonstra a configuração que mais se usa no controle PID para realizar os controles de processo na forma de compensador de cascata.

Figura 2. Sistema de malha fechada com um controlador PID em uma planta



Autoria Própria, 2019

2. METODOLOGIA

No presente artigo será discutido e analisado a implantação do PID em um controlador, considerando que ele será o responsável pelo controle das variáveis através da programação e aplicado a uma envasadora de garrafas em uma cervejaria localizada na cidade de Salvador – Ba, a qual por motivo de segurança e privacidade da empresa chamaremos de “Empresa A”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o avanço tecnológico na indústria, se faz necessário algumas técnicas para se manter no mercado sempre de forma competitiva, essa competição ou busca por espaço traz algumas necessidades com investimentos na qualidade e eficiência do processo.

A automação de certa forma acaba sendo um dos divisores de água dessa mudança necessária que se faz nas indústrias, pois além de fornecer eficiência traz o conforto da produção em massa com parâmetros pré-definidos no início do processo evitando falha na qualidade.

Na cervejaria não é diferente, algumas fabricas possui seu processo arcaico, onde como exemplo temos a necessidade de instrumentos pneumáticos para leitura e controle de variáveis que interfere diretamente na eficiência da máquina e qualidade do produto.



A “Empresa A” em questão, apresenta um aporte financeiro alto, com bom poder aquisitivo para implantação de projetos que vem beneficiar a qualidade e a eficiência das máquinas, e nesse caso das enchedoras de garrafa não poderia ser diferente. Foi implementado um controlador eletrônico, válvula moduladora e transmissor, ideais para aplicações de alto desempenho, que possui os requisitos exigidos nos mais críticos processos industriais com custo de aquisição próximos aos equipamentos obsoletos que estavam sendo utilizados.

O modelo do controlador escolhido foi o N2000 da marca Novus que possui controle PID totalmente configurável através do seu teclado frontal ou até mesmo utilizando sua interface USB em conjunto com software gratuito que é disponibilizado no site da marca.

Figura 3. Controlador eletrônico Novus



Autoria Própria, 2019

A válvula de controle manipula a vazão do meio de controle, pela alteração de sua abertura, para atender as necessidades do processo de acordo ao set point. A válvula de controle nada mais é do que um elemento final de controle que recebe informação de um controlador. A figura abaixo, mostra uma válvula de controle na enchedora de garrafas da cervejaria.

Figura 11 – Válvula de Moduladora de Controle



Autoria Própria, 2019

A válvula transmissora de Pressão, foi instalada após a válvula de controle, o sensor manda a informação ao controlador que de acordo ao set point desejado pela operação libera a válvula que realizará a abertura ou fechamento para assim chegar ao valor desejado.

Logo abaixo segue a figura 4 com imagem do sensor de pressão utilizado na linha para leitura da pressão de cerveja e CO₂.



Figura 4. Transmissor de Pressão



Autoria Própria, 2019

Na literatura é possível identificar que ao implementar esses dispositivos no sistema produtivo de qualquer natureza industrial, existiram ganhos por redução de desperdícios, porém se não houver treinamentos para compreensão da importância de um controle em sistemas produtivos, os ganhos serão os mínimos possíveis, por má utilização das ferramentas.

O PID aplicado na redução do consumo de CO₂, em envasadoras de garrafas em cervejarias é algo novo na literatura, não existindo muito material para auxílio na comparação de resultados obtidos, porém foi possível identificar que os componentes escolhidos são os mais comuns na aplicação de controle de atividades semelhantes.

4. CONCLUSÃO

Após a instalação do sistema PID na empresa, foi possível notar a diferença logo no primeiro período de produção, onde reduziu 40% do consumo de CO₂, sem contar a redução das paradas de caráter emergencial que reduziu em torno de 20%.

De início a redução das paradas, só não foi maior devido a equipe de manutenção ainda está em processo de teste nos comandos de PID, para assim ter uma maior eficiência de trabalho e utilizar ao máximo da ferramenta de controle. Após os ajustes necessários, estipulasse uma redução nas paradas em torno de 45%, uma baixa considerável comparada ao controlador antigo que já não apresentava mais condições ideais de funcionamento.

Ou seja, a implantação das novas técnicas de controle PID além de agregar maior produtividade e eficiência da máquina, reduz o consumo desnecessário de matéria prima que por sinal tem valor alto, reduz trabalho desnecessário por parte da operação e técnicos e agrega ainda mais valor e lucro ao produto fabricado pela cervejaria.

5. REFERÊNCIAS

¹ GUERRA, Wladimir de Andrade. Implementação de Controle Proporcional, Integral e Derivativo Digital em Controladores Lógico Programáveis. Recife, 2009.

² OGATA, K. (2003). Engenharia de Controle Moderno, 4a ed, Pearson Brasil.