

CONTROLE PID PARA VAZÃO, UMA AULA DIDÁTICA USANDO SIMULAÇÃO NA UFERSA

Alexandre Henrique Soares de Oliveira – ahsou_eu@hotmail.com

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Bacharelado em Ciência e Tecnologia
Rua Neves da Fontoura 1885
59614320 – Mossoró – RN.

Isaú Macêdo Balbino – isaumacedo@hotmail.com

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Bacharelado em Ciência e Tecnologia
Avenida 16 de Setembro 82
59670000 – Upanema – RN.

Elmer Rolando Llanos Villarreal – elmerllanos@ufersa.edu.br

Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Departamento de Ciências Exatas e Naturais
Rua Francisco Mota 572
59625900 – Mossoró – RN.

Resumo: *O presente trabalho apresenta um software para auxílio no ensino de disciplinas de modelagem e controle de sistemas. Geralmente, os alunos sentem dificuldade em entender o funcionamento de controladores apenas a partir de seus modelos matemáticos. O programa apresentado permite ao professor, na própria sala de aula, de uma forma visual e interativa, demonstrar o funcionamento de um sistema de controle sem a necessidade de um sistema físico. Assim, é possível mostrar ao aluno, de maneira intuitiva, os conceitos envolvidos com as ações de controle proporcional, integral e derivativa (PID) antes da apresentação de suas funções matemática. Assim o trabalho implementa algoritmos de controle do tipo PID com sintonia de seus parâmetros para o controle de nível. O projeto consiste na sintonia de um controle convencional PID para controlar o nível de um sistema de tanques acoplados. O referido trabalho ajudara decisivamente na sala de aula na disciplina de modelagem e controle de sistemas e aplicações de cálculo numérico na UFERSA.*

Palavras-chave: *Ensino, Didática, Controle de nível, Controle PID.*

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de se controlar sistemas e processos físicos existe desde tempos remotos. Antigamente o controle manual, primeira forma de controle foi utilizada, e esta presente em muitos processos, tem-se a necessidade de um operador humano que deve conhecer o sistema e ter razoável experiência e habilidade. Contudo, com o avanço da tecnologia, os sistemas e processos ficaram ainda mais complexos, tornando ineficazes, ou até mesmo impossíveis, a utilização dos controladores convencionais obtidos a partir da teoria clássica. Existe uma busca por novos métodos e estratégias de controle tais como: controle multivariável, controle adaptativo, controle preditivo, e sistemas de controle inteligente.

No presente trabalho é apresentada uma ferramenta computacional de fácil utilização que permite ao professor, na própria sala de aula, demonstrar o funcionamento de sistemas dinâmicos e controladores automáticos de uma forma visual e agradável para o aluno. A ferramenta permite também ao aluno a experimentação virtual das ações de controle

proporcional, integral e derivativa de forma manual de modo a facilitar o entendimento de seu funcionamento automático.

2 CONCEITOS BÁSICOS DE CONTROLE

2.1 Controle realimentado ou controle em malha fechada é uma operação que reduz a diferença entre a saída (resposta) de um sistema ou planta a uma referência externa preestabelecida. Com o sistema de controle em malha fechada surge a figura do “controlador”, que compara o valor desejado com o valor medido, e se houver um desvio entre estes valores, manipula a sua saída de forma a eliminar este desvio ou erro. Desta maneira, o controle em malha fechada mantém a variável do processo no seu valor desejado, compensando as perturbações externas e as possíveis não-linearidades do sistema (Massa, 2006).

2.2 Controle PID ou controlador Proporcional –Integral- Derivativo (PID) é o algoritmo de controle mais tradicional na indústria. Um controlador PID calcula inicialmente o “erro” entre a sua variável controlada e seu valor desejado, e em função deste “erro” gera um sinal de controle, de forma eliminar este desvio. O algoritmo PID usa o erro em três módulos distintos para produzir a sua saída ou variável manipulada. O controlador Proporcional Integral e Derivativo (PID) gera a sua saída proporcionalmente ao erro, proporcionalmente à integral do erro e proporcionalmente à derivada do erro (Dazzo, 2002), (Ogata, 2003). A seguir tem-se a fórmula do PID

$$u(t) = K_p e(t) + K_p \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + K_p T_D \frac{de(t)}{dt} + u_0 \quad (1)$$

O fator multiplicativo (T_D) é conhecido como o tempo derivativo do controlador. Para se obter a sintonia do controlador PID, para um processo com dinâmica conhecida, deve-se definir o critério de desempenho desejado para a malha. O principal critério para ajuste de uma malha de controle, e que deve ser satisfeito, é a estabilidade. Desta forma a sintonia deve ser tal que todos os pólos da função de transferência em malha fechada tenham a parte negativa. Ver figura 1. Na sequência observa-se a figura 2 mostra a disposição do diagrama montado no *Simulink*, a figura 3 a interface gráfica usada na representação e a figura 4 o gráfico de comportamento típico de sistema com controle PID.

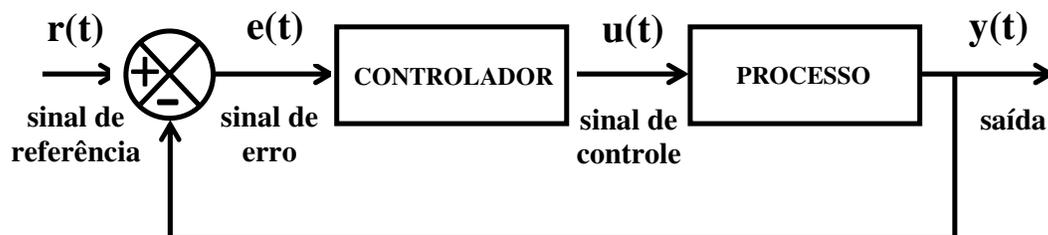


Figura 1 sistema malha fechada (sistema de malha fechada genérica).

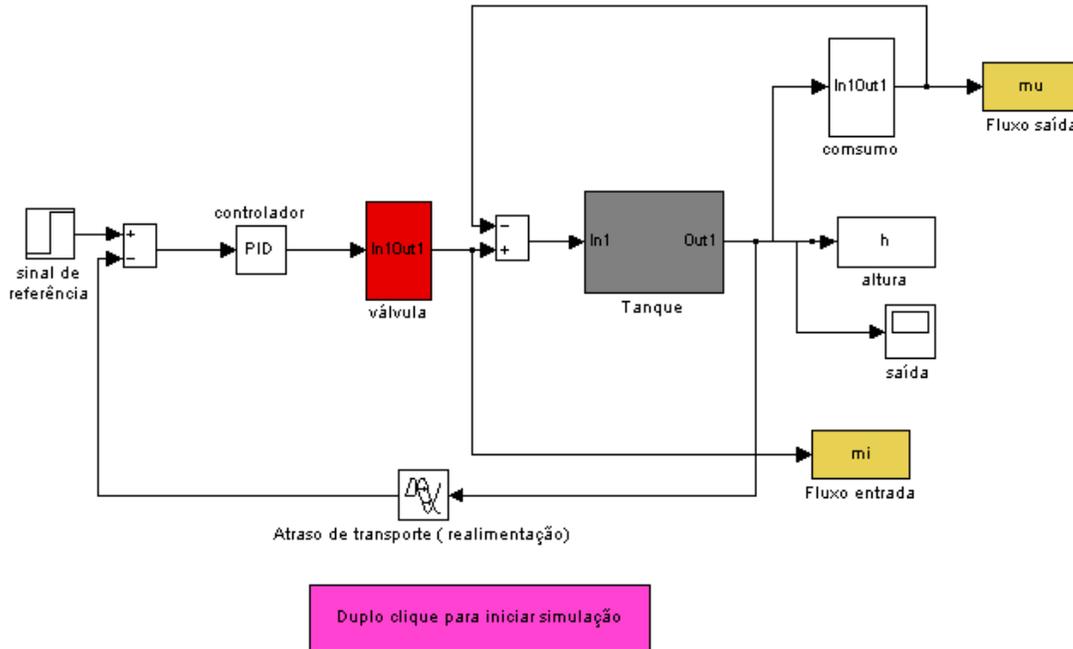


Figura 2 *Simulink* onde esta PID. (mostra a disposição do diagrama montado no *Simulink*, para a projeção da simulação).

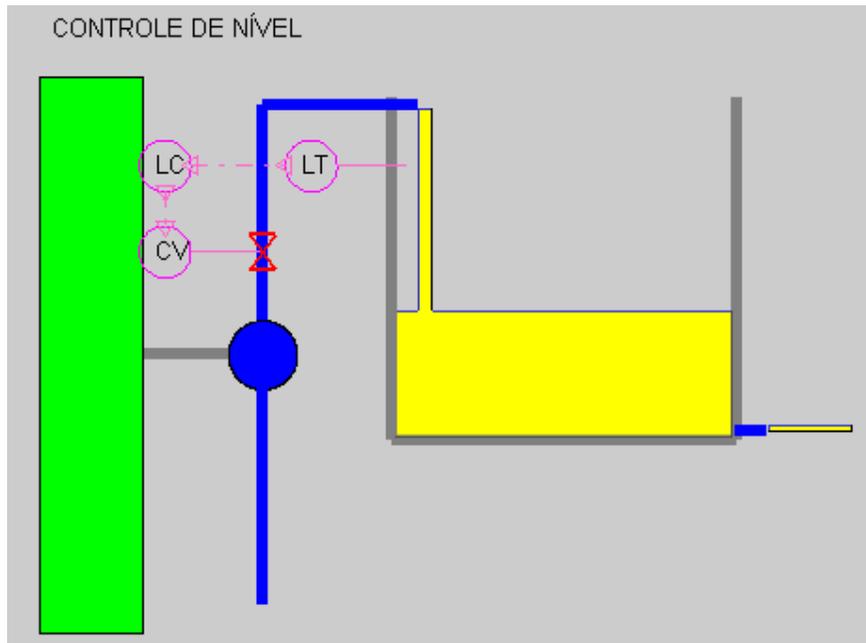


Figura 3 sistema de controle de vazão. (interface gráfica do sistema de controle de vazão).

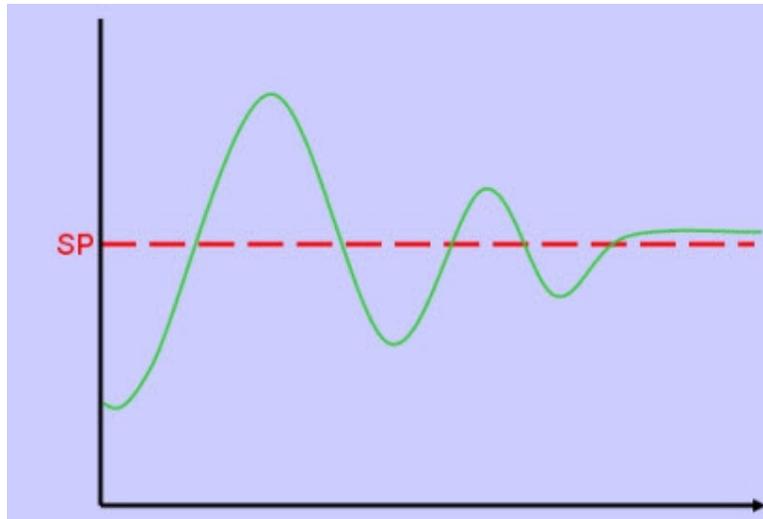


Figura 4 gráfico de comportamento do controlador PID.

3 CONTROLE DE NÍVEL

Um dos controles mais importantes nas unidades industriais é o dos níveis. Estes controles são responsáveis pelos “balanços de massa” das plantas. Isto é, para manter um nível de um tanque ou vaso constante é necessário que a vazão mássica de entrada (M_e) seja igual à de saída (M_s), conforme a figura 5. Desta forma, quando ocorre um aumento na vazão de entrada de 10 kg/h para manter a estabilidade do sistema. Entretanto, este aumento não precisa ser no mesmo instante. Ao contrário, deve-se procurar sintonizar a malha de nível de forma a usar o volume do tanque para amortecer as variações de saída (M_s). Isto é, ao haver um aumento da vazão de entrada (M_e), o controle pode, e deve em alguns casos, permitir um aumento temporário do nível, para que o aumento da vazão saída ocorra mais lentamente. Isto permite “isolar” duas áreas de planta, ou melhor, o vaso é utilizado como uma capacitância ou pulmão, de maneira a atenuar a interferência de uma parte da planta em outra que lhe seja subsequente (Massa, 2006). Desta maneira, uma perturbação em seção da planta não é transmitida rapidamente às outras seções.

Muitos problemas de controle e operação de unidades industriais decorrem de variações ou falhas na estratégia de ajuste de malha de nível. Em muitos casos, estes controles não são capazes de amortecer as perturbações por diversas razões:

- vasos ou tanques pequenos (baixa capacitância) que dão origem a um baixo tempo de residência, por erro de projeto, ou porque a unidade foi sendo ampliada (“revamp”) e sua carga processada aumentou ao longo do tempo;
- má sintonia dos controles de nível;
- uma interação muito grande com as malhas de controle da unidade.

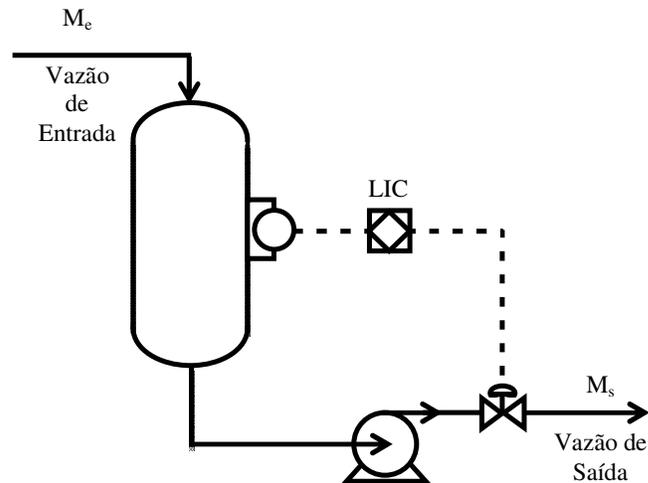


Figura 5 malha fechada com controle de vazão e cilindro vertical.

Considerando-se que o inventário de um tanque é a massa de produto armazenada no mesmo. Por isso, os controles de nível também são conhecidos como os controles de inventário dos sistemas.

O tempo de residência é calculado dividindo-se o volume disponível ou capacidade do tanque pela vazão volumétrica que escoam pelo mesmo. Por exemplo, se existe um volume de 20 m³ para fase líquida de um tanque, e a vazão é de 100 m³/h, o tempo de residência é de 0,2 horas (12 minutos).

Quanto maior for o tempo de residência, melhor para o controle, pois se pode amortecer as perturbações mais facilmente e trabalhar isoladamente as diversas áreas da unidade. Entretanto, será necessário investir mais na construção de um vaso de dimensões maiores, e em caso de produto inflamável as consequências durante um incêndio seriam mais sérias, pois teríamos um estoque maior.

A geometria do vaso é importante para o controle. Na prática, pode-se encontrar esferas, cilindros horizontais e verticais. Controle em vasos cilíndricos verticais (figura 5) é mais simples de operar, pois independente de onde esteja o ponto de controle (“*setpoint*”), a resposta dinâmica do processo ou o aumento de nível será o mesmo para uma mesma variação de entrada. Todavia, no caso de uma esfera, ao se controlar o nível no meio da mesma teremos uma resposta muito mais lenta do que no caso de se controlar o nível próximo às extremidades da esfera. Esta não-linearidade acarreta uma dificuldade para o ajuste dos parâmetros de sintonia do controlador PID.

4 CONTROLE DE NÍVEL COM PID

Para demonstração do controlador PID e de suas ações de controle, o programa conta com um modo de simulação automático em que o usuário pode definir os valores das constantes K_p , K_i e K_d e da referência de nível desejada.

O controlador PID realiza as funções de controle a partir do desvio entre variável de processo (PV) e o seu *setpoint* (SP). Quanto maior o desvio, maior a ação de controle, o controlador deve atuar de forma a trazer o processo rapidamente para o equilíbrio. A relação não linear entre desvio e a mudança na variável manipulada é produzida pela função “ganho não linear”.

A ação proporcional do controlador PID dentro da faixa ou banda (“*gap*”) deve ser mais suave do que fora, e podem existir várias faixas em função do problema a ser resolvido.

A transição da ação da banda proporcional do PID de dentro para fora da faixa e vice-versa deve ser feita sem variações abruptas; A largura da faixa e a relação entre os ganhos são parâmetros ajustáveis que dependem do problema em questão. Esta estratégia não-linear também pode ser utilizada para variar o tempo do controlador PID em função do erro atual do controlador (Massa,2006), (Shunta 1976). Explicar os passos a serem seguidos para o controle de nível.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou a utilização de um *software* didático para o ensino de modelagem e controle de sistemas dinâmicos. O programa permite a atuação manual na vazão de entrada de um tanque, além da visualização da dinâmica do controle automático. É possível verificar independentemente a influência de cada ação de controle no sistema, bem como analisar e entender o processo de sintonia do controlador.

Com a utilização do programa, o professor tem a possibilidade de mostrar visualmente aos alunos o funcionamento de um controlador, permitindo o entendimento das equações matemáticas e sua associação com o sistema físico. O sistema permite, ainda, a conexão com um controlador real, possibilitando ao aluno o contato com um sistema de controle industrial sem colocar em risco uma planta real, dessa forma, a aprendizagem do aluno fica mais dinâmica e completa, pois possibilita uma agregação interativa de conhecimento, desenvolvendo no mesmo um raciocínio lógico e de programação.

Práticas de simulação tem grande vantagem no aprendizado, pois além de fornecer um contato direto com meios utilizados em processos industriais, barateia e acessibiliza o estudo de aspectos específicos e gerais das mais variadas áreas da engenharia, diretamente aplicada a processos de produção e controle industrial, mostrando a aplicabilidade de conceitos interdisciplinares na aplicação de equações matemáticas na execução de tarefas reais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dazzo, J. J.; Houpis, C. H. Análise e projeto de sistemas de controle lineares. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 2002.

Massa de Campos M. C., Herbert Texeira C.G. Controles Típicos de equipamentos e processos industriais, Ed. Blucher, 2da Edição, 2006.

Ogata, K. Engenharia de controle moderna. 4ª edição, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2003.

SHUNTA, **Nonlinear Control of Liquid Level**, Instrumentation Technology, pp.43-48, 1976.

PID CONTROL FOR FLOW, A DIDACTIC CLASS USING SIMULATION ON UFERSA

Abstract: *This paper presents a software to aid in teaching subjects of modeling and control systems. Generally, students have difficulty in understanding the functioning of controllers only from their mathematical models. The program presented allows the teacher's own classroom, a visual and interactive way to demonstrate the operation of a control system without the need for a physical system. Thus it is possible to show the student, intuitively, the concepts involved with efforts to control proportional, integral and derivative (PID) before submission of mathematical functions. So the work implements control algorithms like PID-tuned its parameters to the control level. The project consists of a line of conventional PID control to control the level of a system of coupled tanks. That work helped decisively in the classroom discipline of modeling and control systems and applications of numerical calculation in UFERSA.*

Key-words: Learning, Didactic, Level control, PID control.