

INTERFACE GRÁFICA EM PYTHON PARA EXPERIMENTOS DE CONTROLE EM PROCESSO REAL

L. S. BRITO¹, K. K. COSTA¹ e H. J. SENA¹

¹ Faculdade de Americana (FAM)

E-mail para contato: luansilvadebrito@hotmail.com

RESUMO – *O controlador PID é a técnica de controle mais usada na indústria, contudo em muitos casos estes controladores não apresentam bom desempenho devido a um ajuste de parâmetros malfeito, pensando nisso, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma interface gráfica que oriente as etapas de ajuste de parâmetros de um controlador PID em um processo de controle de nível real, consolidando o aprendizado teórico da disciplina de controle de processos. Para atingir tais objetivos, optou-se por utilizar uma linguagem de programação de alto nível, o Python. Com a interface resultante, foi possível realizar a calibração do sensor, identificação do modelo do processo e ajuste dos parâmetros do PID usando o método de Ziegler e Nichols obtendo um controlador PID capaz de rastrear diferentes set-point em malha fechada.*

1. INTRODUÇÃO

O controle automático é desejável para a operação de uma máquina ou processo, a manutenção da consistência de um produto ou estado físico, ou a obtenção de respostas desejáveis a eventos e situações (WALKER, 2012). Como mostra o trabalho de DESBOROUGH e MILLER (2002), o controle PID, por ser uma técnica clássica, é a mais utilizada na indústria, sendo a principal técnica de controle abordada nas disciplinas de controle de processos de cursos de graduação.

De acordo com YU (2006), o controle PID é constituído por três ações: a ação P (Proporcional), que ajusta a saída do controlador de acordo com o tamanho do erro em relação ao *set-point*; A ação I (Integral), que pode eliminar o deslocamento de estado estacionário (*offset*); e a ação D (Derivativa), que antecipa a tendência futura.

Para realizar a identificação de parâmetros do modelo do processo é comum utilizar experimentos com entradas degrau (LEVA, COX e RUANO, 2001). A partir destes parâmetros é possível utilizar uma regra de sintonia para ajustar o PID. Ao longo dos anos, várias regras foram desenvolvidas para diferentes propósitos de controle. O'DWYER (2009), por exemplo, faz um compilado de 245 regras de sintonia.

As pesquisas de DESBOROUGH e MILLER (2002) mostram que apenas 32% dos

controladores apresentam um bom ajuste. Isso pode ser justificado pelo fato de que a abordagem prática de ajuste de controladores muitas vezes não é abordada em uma disciplina de controle de processos, o que resulta nos alunos não fixando a teoria exposta.

O objetivo do trabalho foi desenvolver uma interface que auxilie os alunos na compreensão das etapas de ajuste de parâmetros de um controlador PID aplicado a um processo real. Com a interface o aluno é guiado de forma iterativa a fazer o ajuste do controlador em um processo de controle de nível em um tanque.

2. METODOLOGIA

A interface foi projetada para uma planta de controle de nível da Labtrix modelo XL35.1 utilizada para experimentos de controle na Faculdade de Americana. A comunicação com a planta foi realizada através de uma placa de comunicação da *National Instruments*, modelo USB 6001. A interface foi implementada em *Python* e foram utilizadas bibliotecas para criação das interfaces gráficas (*PyQt5*), elaboração dos gráficos interativos (*PyQtGraph*), comunicação entre placa de aquisição de dados e computador (*nidaqmx*), exportar dados em planilha (*xlwt*) e para processamento dos dados online (*NumPy* e *SciPy*).

O procedimento guiado pela interface conta com uma etapa de calibração do sensor de nível, obtenção do modelo de primeira ordem com tempo morto (FOPDT) do processo a partir de uma curva de resposta à perturbação degrau no sinal enviado a bomba de alimentação e a etapa de teste do controlador, sintonizado pelo método de Ziegler e Nichols apresentado por O'DWYER (2009). Na última etapa, é possível realizar ajustes finos ao controlador e a comparação do resultado é realizado através dos índices de desempenho do controlador: integral do erro (IE); integral do erro absoluto (IAE); integral do erro ao quadrado (ISE) e; integral do erro absoluto ponderado no tempo (ITAE), conforme sugerido por SEBORG, et al. (2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interface inicial destina-se a calibração do sensor de nível na planta, em que o usuário é orientado a encher o tanque, preencher a tabela com o nível lido usando a régua de nível da bancada e fazer a leitura do sinal recebido pela placa de aquisição. Esse conjunto de dados é armazenado na memória e usados para obter o modelo para conversão do sinal recebido em nível do tanque usando o método de mínimos quadrados. Os resultados obtidos em uma rodada de teste são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados do procedimento de calibração do sensor de nível.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
Nível (mm)	17	71	100	130
Sinal (V)	0,3256	0,5368	0,6630	0,7956
Modelo obtido:	$N = 240,56 \cdot S - 60,08$			

Após realizar a calibração do sensor é possível avançar, chegando à interface principal apresentada na Figura 1 - (a). Nessa janela é possível alternar entre o controle em malha aberta,

em que a vazão da bomba pode ser controlada como desejado pelo usuário, e o controlador do tipo PID. Ao selecionar o controle PID, o usuário poderá especificar o *set-point* desejado e, também, poderá alterar livremente os três parâmetros do controlador PID: ganho do controlador, tempo integral e tempo derivativo. Ao acionar o início do experimento a resposta do sistema é apresentada de forma gráfica: curva de resposta, curva de *set-point* e curva da ação de controle. Os resultados quantitativos do controlador são acompanhados através dos coeficientes de desempenho: IE; IAE; ISE e ITAE. A partir dessa janela é possível optar pela sintonia orientada do controlador.

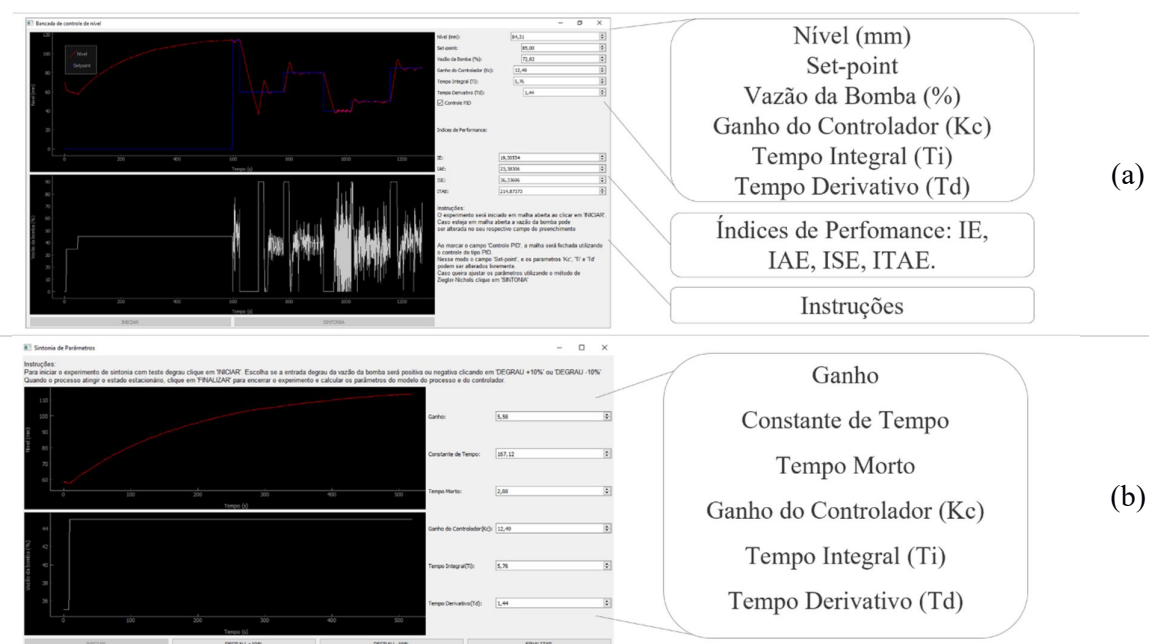


Figura 1 – (a) Interface principal e (b) Interface do experimento de sintonia de parâmetros

Na janela de sintonia (Figura 1 - (b)) o usuário é orientado a fazer com que o processo atinja o estado estacionário e posteriormente realizar uma perturbação degrau no sinal enviado à bomba e permitir que o processo atinja um novo estado estacionário. A curva obtida é usada para identificação dos parâmetros do modelo FOPDT e para a obtenção dos parâmetros do controlador obtidos pelo método de Ziegler e Nichols. O gráfico do experimento de identificação em uma rodada teste é apresentado na Figura 1 – (b) e os parâmetros obtidos para o modelo e para o controlador apresentados na Tabela 2.

Os resultados do processo em malha fechada com o controlador ajustado são apresentados nos gráficos da Figura 1 – (a) a partir do tempo de 600 s, quando o controlador foi acionado. É possível observar que o controlador apresentou desempenho satisfatório no rastreamento dos *set-point* nos testes servos realizados em diferentes níveis. Além disso, observa-se também que a resposta em malha fechada apresenta oscilações em torno do *set-point*, resultado esperado uma vez que o método de Ziegler e Nichols considera o critério de taxa de decaimento de 0,25 (O'DWYER, 2009).

Observa-se também, que a resposta da ação de controle apresentou grandes variações em intervalos muito curtos, havendo a necessidade de acrescentar um mecanismo de proteção do atuador, sendo sugerido acrescentar restrições quanto a variação da ação de controle ou acrescentar uma função de transferência para o atuador.

Tabela 2 - Resultados do teste de identificação e sintonia do PID

Sinal inicial (%)	Perturbação (%)	Nível inicial (mm)	Nível final (mm)
35	+10	58,5	114,3
Parâmetros do modelo FOPDT	Ganho (mm)	Constante tempo (s)	Tempo morto (s)
	5,58	167,12	2,88
Parâmetros do controlador	Ganho (-)	Tempo integral (s)	Tempo derivativo (s)
	12,49	5,76	1,44

4. CONCLUSÃO

O procedimento de ajuste de parâmetros do controlador PID em um processo real atingiu aos objetivos de orientar ao usuário a aplicar um dos métodos apresentados na teoria da disciplina de controle de processos. Fazendo com que o usuário tenha uma experiência prática nas etapas de calibração de sensores, identificação dos parâmetros do modelo FOPDT e teste do controlador a partir da visualização gráfica e de parâmetros de desempenho.

O método sugerido para ajuste do controlador apresentou resultados satisfatórios uma vez que o controlador obtido foi capaz de rastrear diferentes *set-point* para o processo em testes servos. Porém, há a possibilidade de melhoria da resposta do controlador objetivando redução de oscilações na resposta e redução das oscilações na ação de controle, instigando o usuário a realização de ajustes finos aos parâmetros obtidos.

5. REFERÊNCIAS

- DESBOROUGH, L.; MILLER, R. Increasing customer value of industrial control performance monitoring-Honeywell's experience. *6th Int. Conf. Chem. Proc. Cont.*, New York, 2002.
- LEVA, A.; COX, C.; RUANO, A. Hands-on PID autotuning: a guide to better utilisation. *IFAC Tech. Brief*, 2001.
- O'DWYER, A. *Handbook of PI and PID controller tuning rules*. 3ª. ed. London: Imperial College Press, 2009.
- SEBORG, D. E. et al. *Process dynamics and control*. 4ª. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2016.
- WALKER, M. J. The programmable logic controller: its prehistory, emergence and application. PhD thesis: The Open University, 2012.
- YU, C.-C. *Autotuning of PID Controllers*. 2ª. ed. London: Springer, 2006.