

Controle de um forno elétrico industrial via software codesys e laboratório virtual de lorenzo

Daniel Pereira de Sales¹, Echilley C. Prado da S. Campos¹, Gustavo Liske Matias Ferreira¹, Leonardo Ataíde Carniato²

1. Discente do Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica – IFSP – Câmpus Presidente Epitácio;

2. Docente – IFSP – Câmpus Presidente Epitácio, Área Eletrotécnica.

E-mails: daniel.sales@aluno.ifsp.edu.br, e.prado@aluno.ifsp.edu.br, gustavo.liske@aluno.ifsp.edu.br, leonardo@ifsp.edu.br.

(Área: B – Engenharias)

Introdução

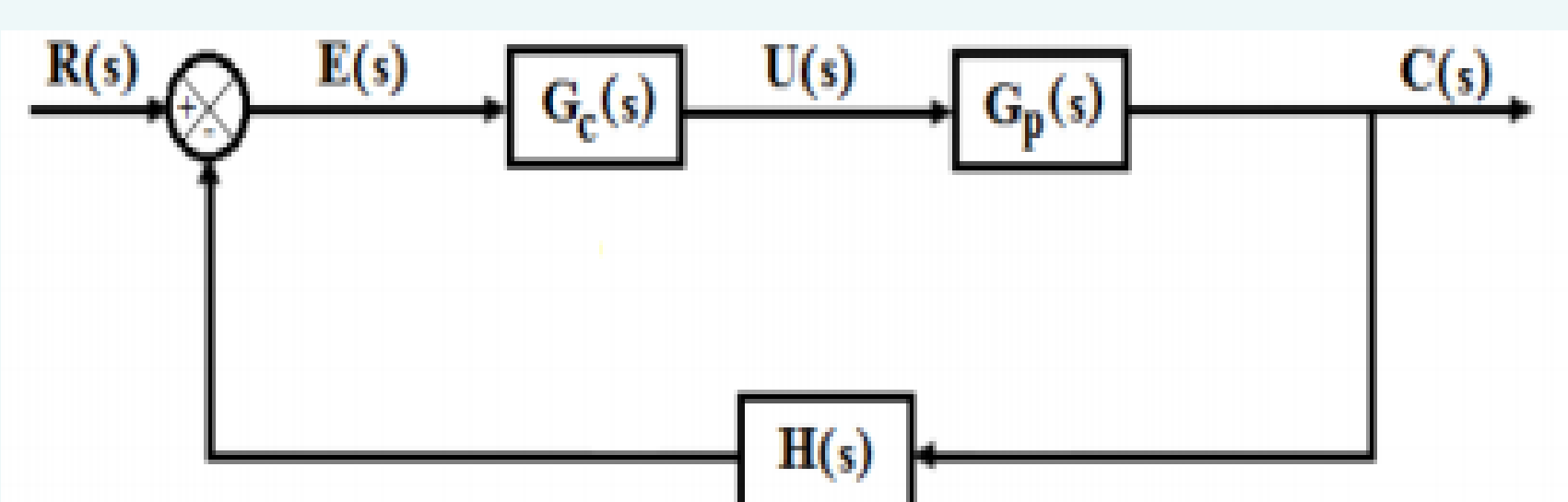
Os fornos elétricos resistivos são equipamentos eletrotérmicos muito conhecidos. Basicamente o controle de temperatura de um forno é feito da seguinte forma: (i) detecção da temperatura do forno por um sensor de temperatura; (ii) comparação da temperatura média com o valor desejado (referência) e (iii) a partir dessa comparação, utilizando um controlador, gera-se um sinal de controle para o dispositivo. Neste trabalho desenvolveu-se um sistema de controle de temperatura para um forno elétrico a resistência em que o controlador é do tipo PID.

Metodologia

Para o desenvolvimento do projeto precisou-se realizar o controle eficaz da temperatura e desenvolver um controlador automático modificando os parâmetros, a fim de se chegar ao resultado esperado. O controle e desenvolvimento foi realizado por meio do software De Lorenzo em conjunto com o ambiente de desenvolvimento para controladores programáveis – CODESYS®.

Os próximos controladores propostos pelo De Lorenzo, foram desenvolvidos em malha fechada. A Figura 1 ilustra o diagrama de blocos deste tipo de sistema.

Figura 1. Diagrama de blocos de um sistema em malha fechada.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O segundo exemplo proposto foi de um controlador ON/OFF, onde entender-se o funcionamento e analisa a oscilação de temperatura em torno do set point. A posteriori foi implementado um controlador de ação proporcional, que pode ser considerado um amplificador de ganho ajustável K_p , caracterizado por um sinal de controle proporcional ao sinal de erro. Em contra ponto, quanto maior o ganho, mais oscilatório tende a ficar o comportamento transitório do sistema em malha fechada (BAZANELLA et al., 2000). Com isso, determina-se o valor de K_p ótimo, que será utilizado posteriormente para implementar os controladores PI, PD e PID.

Em seguida, a implementação de um controlador PI, fará com que o sistema tenha uma melhoria na precisão, resultando em um erro nulo em regime permanente, mas trará uma piora na estabilidade para a planta em malha fechada, por esse fato a ação integral é em geral acompanhada da ação proporcional, esse conjunto irá compensar o efeito desestabilizador causado pela ação integral. O controlador PD proposto pelo De Lorenzo, teve como objetivo avaliar se a ação derivativa trouxe melhoria na resposta do sistema. O resultado esperado com a ação derivativa é uma redução de *overshoot*, que está associado à sua característica antecipatória. Desta forma, foram combinadas as ações de controle proporcional, derivativa e integral. Essa combinação é chamada de ação PID. A equação que caracteriza um controlador com esta ação combinada é dada pela Eq. 1.

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

Em que $u(t)$ é o sinal de controle; K_p é o ganho proporcional; $e(t)$ é o sinal de erro do processo; T_i é denominado tempo integral do controlador e T_d é o tempo derivativo. Um K_p elevado tem o efeito de reduzir o tempo de subida e o erro estacionário (sem nunca o eliminar). O controle integral terá como efeito eliminar o erro estacionário, por outro lado, pode trazer um aumento de *overshoot*, sendo este compensado pela ação derivativa.

Resultados

Para cada controlador elaborado, foram propostos valores definidos para os parâmetros: overshoot (%), tempo de subida (s), tempo de acomodação, tempo de pico (s) e de erro em regime permanente (%). Esses valores nortearam o desenvolvimento das atividades, permitindo o ajuste dos ganhos nos controladores.

Tabela 1 – Controlador Proporcional.

Kp	Tr(s)	Tp(s)	Ts(s)	%OS	Ess(%)	PARÂMETROS
2	8,78	20,46	8,50	1,52	0,53	Ts(s) < 9
1	8,92	16,90	8,52	1,38	1,09	Ess(%)<3
0,5	8,48	8,62	8,20	0,53	1,96	

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 2 – Controlador PI.

Kp	Ti	Ki	Tr(s)	Tp(s)	Ts(s)	%OS	Ess(%)	PARÂMETROS OS
0.5	0	0	8,44	9	8,18	0,53	1,96	Tr, Tp e Ts < 10
0.5	0.1	10	8,9	18	8,48	1,57	0,05	
0,5	0,5	0	9,38	9,59	9,08	0,22	0,01	Ess(%)<1

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 3 – Controlador PID.

CONTROLADOR PID								PARÂMETROS
Kp	Ti	Td	Tr(s)	Tp(s)	Ts(s)	%OS	Ess(%)	Tr, Tp, Ts < 10,5
0,5	0,5	0	9,38	9,59	9,08	0,22	0,01	
0,5	0,5	0,1	12,72	13,3	12,2	0,72	0,01	%OS<5
0,5	0,5	0,01	9,36	9,64	8,88	0,15	0,01	Ess(%)<1

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Conclusões

Analisando a Tabela 1, conclui-se que para $K_p = 0,5$ o sistema já atende dois dos três parâmetros da Tabela 3. O erro de regime permanente de 1,96 é corrigido. Portanto é possível afirmar que a planta do forno não necessita de ação derivativa para atender os parâmetros designados. Entretanto para compreender a influência da ação derivativa, aplica-se um ganho K_d a fim de tentar reduzir mais ainda a ultrapassagem percentual. A última linha da Tabela 3 representa os resultados do controlador PID desejado, e ao analisá-la é possível afirmar que os resultados colhidos foram satisfatórios e espelharam a realidade e a teoria estudada, com eles conseguimos chegar ao desempenho esperado do controlador.

Bibliografia

Basilio, J. C., Manhães, R. R., Rolim, L. G. B., 2002, “Controle de temperatura de um forno elétrico a resistência utilização a função PID de um controlador lógico programável”, Anais do 14º Congresso Brasileiro de Automática, p. 2184-2189, Natal, Brasil

BAZANELLA, S. A., SILVA, J. M. G. Ajuste de Controladores PID. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Extensão, s.d

Cordeiro, Daniel Augusto Salles. Uso do compensador PID no controle de temperatura de um forno elétrico a resistência para soldagem de componentes SMD. Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.