

AUTOAJUSTE DE CONTROLADORES PID, BASEADO EM DADOS

Aluno: Gustavo Rodrigues
Orientador: Alexandre Sanfelice Bazanella
Co-orientador: Diego Eckhard

INTRODUÇÃO

Um ramo importante da área de Controle de processos é o ajuste dos parâmetros dos controladores. Os métodos clássicos de ajuste necessitam da intervenção de um engenheiro para o ajuste de cada processo. Os sistemas de controle devem garantir um adequado desempenho, dadas as condições de operação do processo, e estão sujeitos a diversas restrições. O projeto de controle baseado em dados consiste em ajustar os parâmetros de uma estrutura fixa de controlador, utilizando dados de entrada e de saída do processo. O ajuste é feito diretamente, ou seja, sem a etapa intermediária de identificação do processo.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de algoritmos computacionais para o ajuste de parâmetros de controladores baseado em dados (autoajuste), ou seja, um ajuste automático que dispensa a intervenção de um engenheiro. Ainda, no sentido de tornar o processo de autoajuste efetivamente automático, foram criados algoritmos no MATLAB e no software supervisorio Eclipse E3, de modo que a aquisição de dados, o cálculo de novos parâmetros e o controle do processo são feitos automaticamente pelo próprio computador. Também, buscou-se a aplicação do método em processos reais, um dos motivos pelo qual buscou-se retomar o projeto de uma planta de nível de água localizada no prédio da Engenharia Elétrica.

Definição do Problema

Deseja-se que a malha-fechada atinja uma determinada performance, a qual é especificada por uma função de transferência em malha-fechada desejada $T_d(z)$ (modelo de referência): $y_d(t) = T_d(z)r(t)$.

Então, tenta-se resolver o seguinte problema de otimização:

$$\min_{\rho} J(\rho)$$

onde $J(\rho)$ é a função custo do processo, a qual é a diferença quadrática entre o valor desejado e o valor obtido na saída do processo $J(\rho) = [y(t, \rho) - y_d(t)]^2$ de forma que o problema a ser resolvido é um critério de mínimos quadráticos.

Deseja-se controlar este processo com erro nulo em estado estacionário para referências do tipo salto e perturbações tipo salto (especificações industriais típicas).

IFT – Iterative Feedback Tuning

O IFT é um método iterativo que busca minimizar o critério de desempenho dado pela função custo. Para encontrar o argumento ρ que minimiza esse critério, utiliza-se o seguinte algoritmo:

$$\rho_{i+1} = \rho_i - \gamma_i R \nabla J(\rho_i)$$

onde γ_i é o tamanho do passo da iteração, $\nabla J(\rho_i)$ é o gradiente do critério a ser minimizado no ponto ρ_i e R é uma matriz definida positiva, usualmente tomada como a Hessiana de $J(\rho)$ ou a matriz identidade.

É mostrado em [H. Hjalmarsson. *Iterative feedback tuning – an overview. International Journal of Adaptive Control and Signal Processing*, 16, 2002] que uma estimativa não polarizada de $J(\rho)$ pode ser obtida se dois experimentos em malha-fechada relacionados forem feitos no sistema real, o segundo utilizando o erro do primeiro como entrada (referência). A estimativa é calculada como:

$$\widehat{\nabla} J(\rho) = \sum_{t=1}^N \tilde{y}(t, \rho) \widehat{\nabla} y(t, \rho)$$

com

$$\widehat{\nabla} y(t, \rho) = \frac{1}{C(z, \rho)} \nabla C(z, \rho) y_2(t, \rho)$$

onde $y_2(t, \rho)$ é a saída do segundo experimento.

Um método para a escolha de γ_i de modo que a convergência do algoritmo para o mínimo global da função custo se dá em menos iterações comparado ao método clássico (o qual garante convergência para um mínimo local) é mostrado em [Diego Eckhard. *Projeto de controladores baseado em dados: convergência dos métodos iterativos. Master's thesis, UFRGS, 2008*].

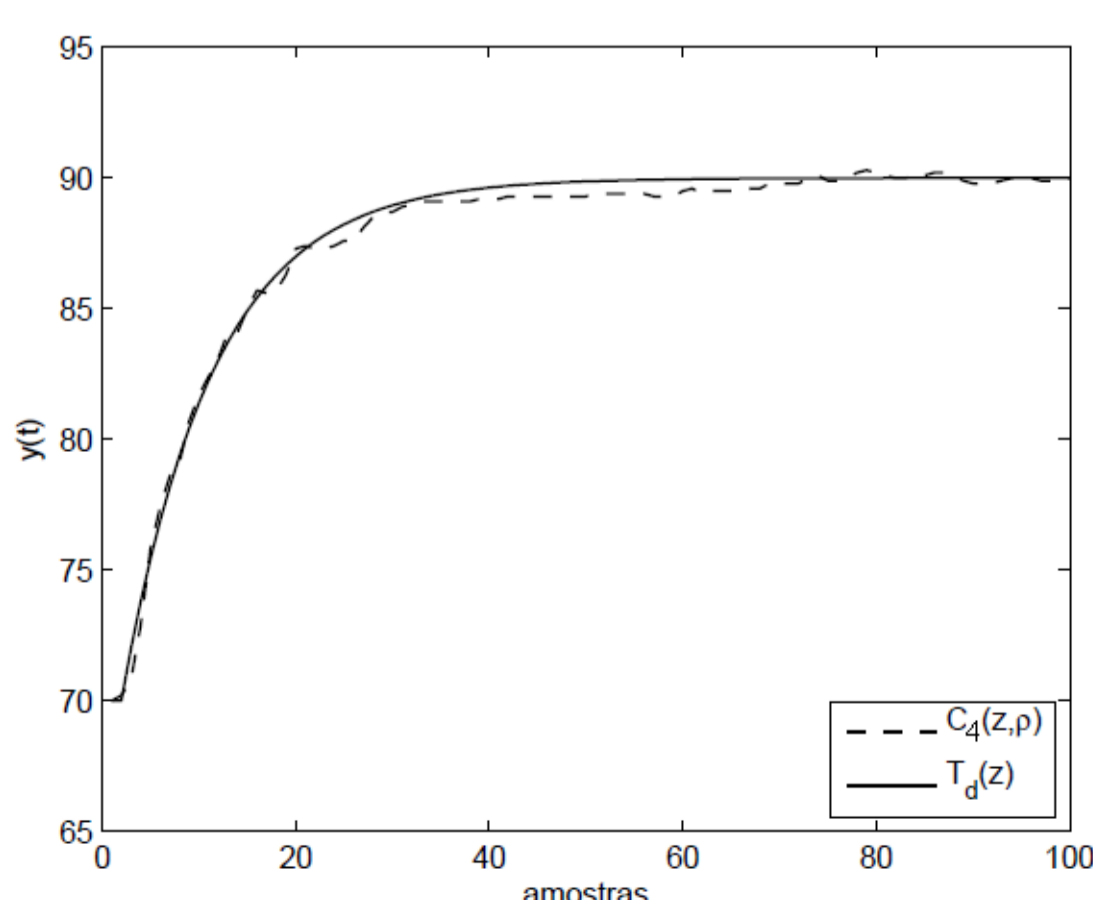


Figura 1: Resposta ao salto com o controlador $C_4(z, \rho)$

i	ρ	$J(\rho)$
1	[1, 6000 2, 4000 0, 9000]	7,84
2	[1, 5883 2, 4132 0, 8852]	4,99
3	[1, 5748 2, 4278 0, 8695]	0,86
4	[1, 5749 2, 4277 0, 8695]	0,79

Tabela1: Evolução dos parâmetros

Programas utilizados

Com a intenção de tornar o processo totalmente automático, foram criados algoritmos no MATLAB® para o cálculo de ρ_i e para interação com uma aplicação criada no software Eclipse E3® responsável pelo controle do processo e pela aquisição de dados.

O Eclipse E3 é um software do tipo SCADA (System Control and Data Acquisition). Para a finalidade deste trabalho, foi criada uma biblioteca chamada “controlador”, onde foram adicionados XObjects, que contêm os drivers dos protocolos de comunicação para cada planta e também para o tipo de experimento feito. Há a possibilidade de controle em malha aberta e, para malha-fechada, há o PID discreto (método trabalhado) e ainda o PID industrial. Os dados de cada experimento são salvos num banco de dados e depois exportados para o arquivo Ensaio.dat.

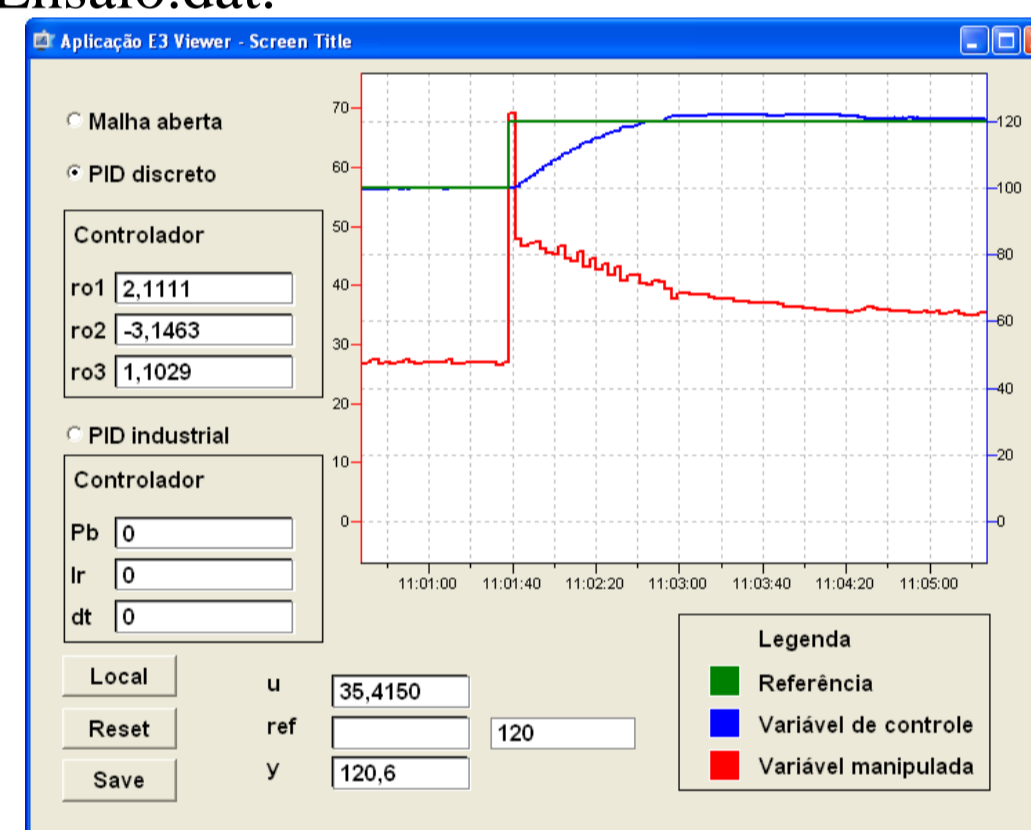


Figura 2: Experimento em malha fechada rodando no Eclipse E3.

No MATLAB, foi criado o algoritmo responsável por mandar os dados para o Eclipse E3 e por já coletar os dados necessários para o cálculo dos novos parâmetros. A comunicação entre os programas é feita por meio de três arquivos: um deles, indica se o ensaio é em malha aberta, PID discreto, ou PID industrial, os parâmetros do controlador e também é utilizado para saber quando o ensaio no Eclipse terminou; o segundo arquivo,

contém o sinal de referência; o terceiro, contém a saída do processo. Os dados necessários (referência, controlador, saídas 1 e 2, ação de controle e custo) são salvos automaticamente em arquivos *.mat.

Planta de Nível

Também, foi reconfigurado o esquema de tubulação entre os tanques, válvulas e bombas da planta de nível. O compressor recebeu um isolamento acústico, devido ao enorme barulho que faz e devido ao fato de que ele está dentro da sala da planta. O computador ligado diretamente a planta, o qual possui o software Syscon para configuração dos sensores e do esquema de controle do processo, foi deixado dedicado essencialmente para essa finalidade. O controle utilizando o MATLAB e o Eclipse é feito por rede, por meio de outro computador também localizado na mesma sala.

Com esse novo esquema, conseguiu-se dois sistemas de fase mínima (nível dos tanques) e um sistema de fase não-mínima (vazão entre os tanques), além de, se for de interesse de trabalho, poder-se fazer um controle multivariável.

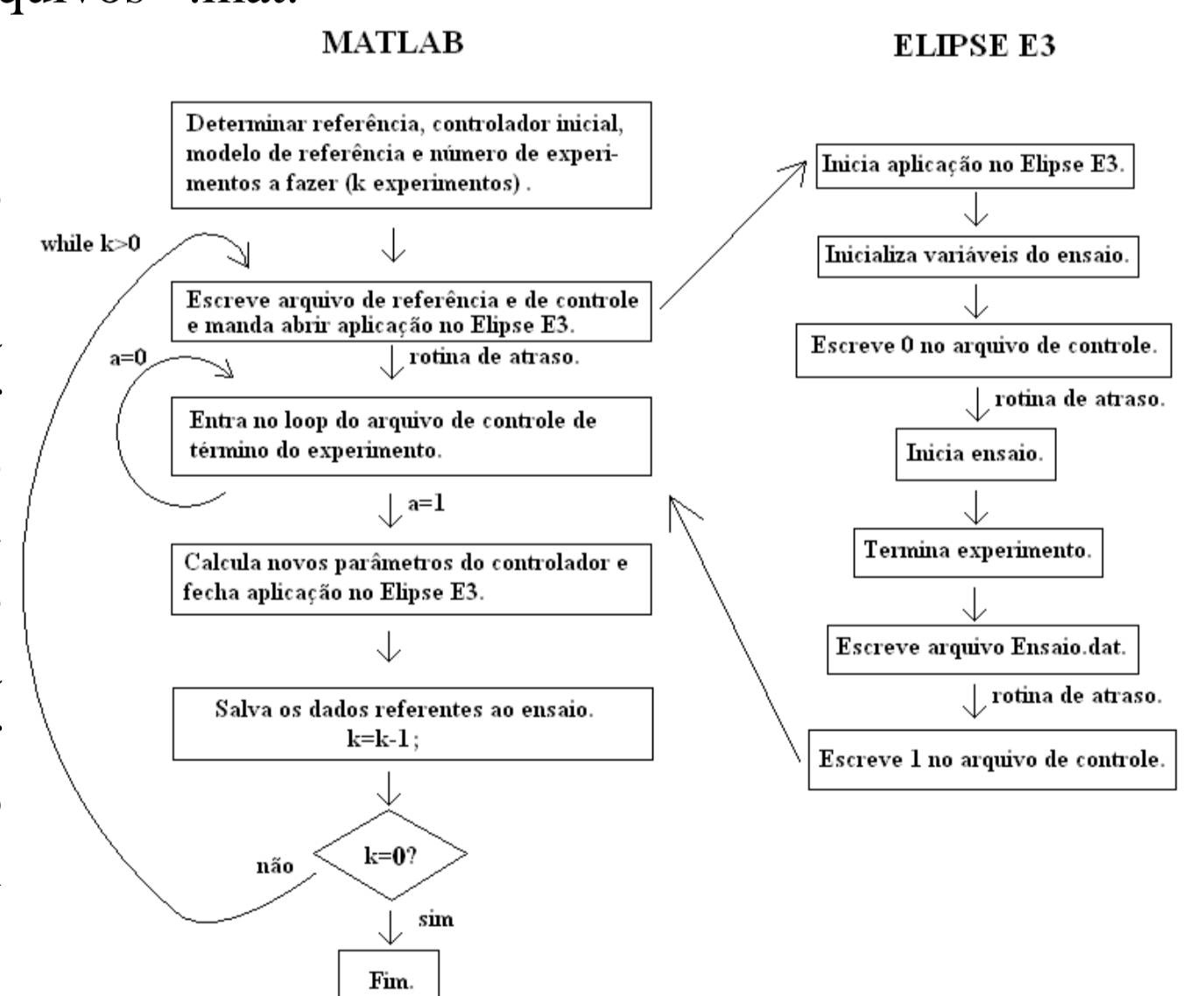


Figura 3: Fluxograma da interação entre os programas

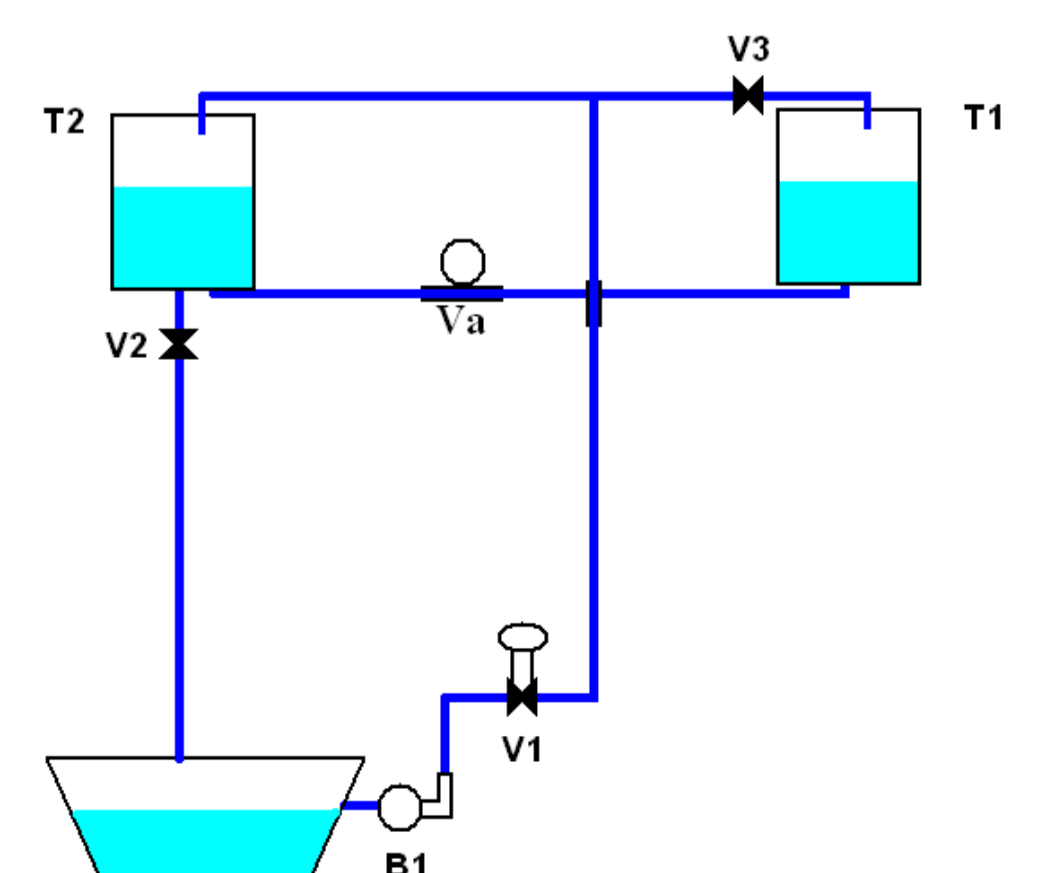


Figura 4: Esquema de tubulação da planta de nível