



ROTEIRO DE LABORATÓRIO

1. Código da Experiência: 02C
2. Título: Controle PID de Sistemas Dinâmicos: Controle em Cascata
3. Objetivos: Esta prática tem como objetivos:
 - O aprimoramento das habilidades na utilização de microcomputadores para controle de sistemas;
 - O reforço da conceituação das ações de controle proporcional (P), integral (I) e derivativa (D);
 - Implementação de controladores P, PI, PD e PID em sistemas de segunda ordem.
 - Introdução à estratégia conhecida como controle em cascata
4. Equipamento Utilizado: São necessários para realização desta experiência:
 - Qualquer microcomputador com qualquer software, ou softwares, capaz de realizar a simulação dinâmica de um sistema de tanques acoplados.
5. Introdução:

Os controladores PID convencionais correspondem a sistemas dinâmicos de uma entrada e uma saída (SISO). Quando usados na malha direta, entre um comparador e o sistema a ser controlado, estrutura muitas vezes chamada de controle em série, o PID recebe o sinal de erro de rastreamento da referência, calculado no comparador, e a partir deste erro determina o sinal de controle a ser enviado para o sistema (planta, ou processo). Normalmente, o sinal de controle é efetivamente aplicado no sistema por um atuador, que pode ser, por exemplo: uma válvula, um motor ou uma bomba, influenciando o comportamento do sistema para que este responda conforme especificações de desempenho determinadas *a priori*. Ou seja, para que a variável de interesse do sistema (variável de saída, resposta ou PV)

Porém, existem situações nas quais, além da variável de interesse, pode existir uma outra variável fortemente relacionada com o comportamento do sistema. Por exemplo, no sistema de tanques acoplados de segunda ordem, a variável de interesse é o nível de líquido no tanque 2 e a variável manipulada é a tensão de entrada, que, após passar pelo módulo amplificador de potência, irá alimentar a bomba d'água. Porém, a água bombeada inicialmente altera o nível de líquido no tanque 1 e então, o nível de água no tanque 1 irá influenciar a vazão que verte para o tanque 2, alterando a variável de interesse do sistema.

Então, podemos usar um controlador para, com base no erro de rastreamento do nível no tanque 2, determinar qual nível seria desejado que o tanque 1 apresentasse, gerando assim, na saída deste primeiro controlador um valor de referência (set point) para o nível de líquido no tanque 1. Com este valor e a leitura do nível de líquido no tanque 1 calculamos um novo erro de rastreamento e podemos usar um segundo controlador para determinar que tensão deve ser enviada ao sistema para que o tanque 1 atinja o nível determinado pelo primeiro controlador. Pois, se o tanque 1 estiver no nível determinado pelo primeiro controlador o nível do tanque dois deverá estar na referência desejada.

5.1. Sistema de Tanques na Configuração 2 com Controle em Cascata

Então, manipulando-se a tensão enviada para a bomba, pode-se obter um nível desejado para o líquido no tanque 1. Por sua vez, o nível de líquido no tanque 1 influencia na vazão de saída deste, que corresponde a vazão de entrada do tanque 2, influenciando assim no nível de líquido no tanque 2, que é justamente a variável que desejamos controlar. Sendo assim, temos inicialmente a seguinte estrutura de controle:

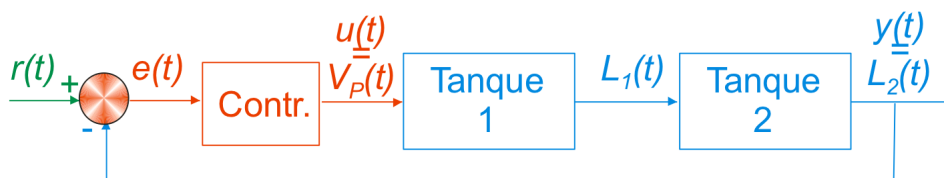


Figura 1. Sistemas de Tanques na Configuração 2, com uma Única Malha de Controle.

Sabendo-se que, manipulando o nível de líquido no tanque 1 (L_1) pode-se controlar o nível de líquido no tanque 2 (L_2), a ideia é que tenhamos uma **malha externa (mestre) de controle** que a partir do erro entre a referência desejada e o nível obtido no tanque 2 ($e_x = r - L_2$) forneça um valor ideal para o nível do tanque 1 (L_{1d}) que levaria o nível no tanque 2, da forma mais satisfatória possível, para o valor desejado (r). Contudo, para que o nível no tanque 1 atingisse, também de forma satisfatória, o nível indicado como ideal pelo controlador da malha externa, utilizaria-se um outro controlador, formando assim uma **malha interna (escrava) de controle**. O controlador da malha interna tem a incumbência de, a partir do erro entre o nível indicado pelo controlador externo para o tanque 1 e nível medido ($e_i = L_{1d} - L_1$) determinar o valor da tensão a ser enviado para bomba (V_P). Desta forma, passamos a ter uma estrutura de controle com duas malhas:

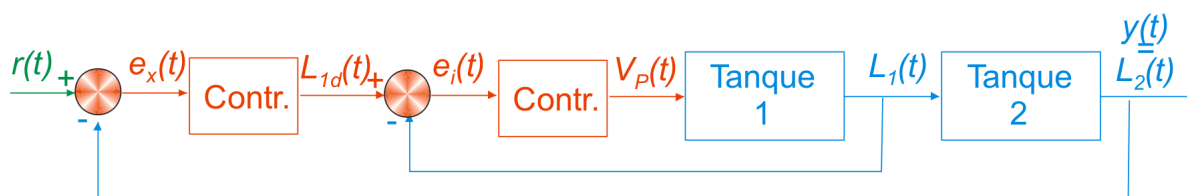


Figura 2. Sistemas de Tanques na Configuração 2, com Controle em Cascata.

Desta forma, é possível utilizar duas malhas de controle (dois controladores) com o objetivo de melhorar o desempenho do sistema.

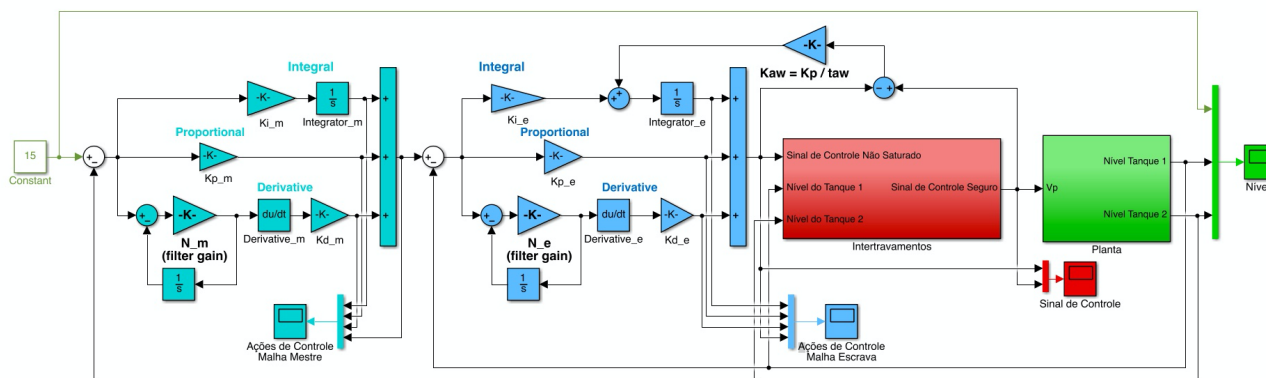


Figura 3. Controle em Cascata do Sistemas de Tanques Implementado em SIMULINK/MATLAB.

6. Desenvolvimento:

- Implemente um sistema de controle em cascata (Mestre-Escravo) para o nível do tanque 2.

Obs.1: Implementar os controladores PID utilizando blocos/operações básicas, tais como: multiplicação, soma, integração e derivação. NÃO UTILIZAR BOLCOS OU FUNÇÕES “PID” PRONTAS.

Obs.2: Para realizar o controle em malha fechada do nível do tanque 2, o sinal de controle (MV) calculado pelo PID escravo, antes de ser enviado para planta, deverá passar por um bloco de intertravamentos (ver Roteiro 2.B).

1. Teste diferentes combinações de controladores para ambas as malhas (Mestre-Escravo).
2. Descreva em seu relatório a diferença no comportamento do sistema com cada combinação possível de controladores para a estratégia de controle em cascata. Exemplifique com curvas de resposta do sistema e de sinais de controle.
3. Para cada combinação de controladores, verifique e descreva em seu relatório o comportamento do sistema para diferentes valores dos ganhos. Exemplifique com curvas de resposta do sistema e de sinais de controle.
4. Verifique e descreva em seu relatório a diferença no comportamento do sistema de segunda ordem (configuração 2) com uma e com duas malhas de controle.