

Estudo de caso – SIMple®

Sistema de enchimento de um tanque com controle de nível e de temperatura

Sumário

Sumário	1
Introdução.....	1
O modelo hidráulico geral	2
A lógica de controle.....	4
Resultados	6
Conclusões	8
Veja também.....	9
Referências	9

Introdução

Tanques são equipamento chave em qualquer planta de processos industriais, agindo como acumuladores de massa em plantas de tratamento de água, processamento de químicos, entre outros processos. Devido a função que desempenham, tanques tem um papel muito importante na dinâmica de qualquer planta de processos da qual façam parte, adicionando o sistema uma certa inércia hidráulica e térmica, e agindo também como amortecedores de perturbações que chegam em sua linha de alimentação. De fato, esse efeito amortecedor dos tanques é muito aproveitado em amortecedores de pulsação para bombas alternativas, que nada mais são que pequenos tanques fechados [1].

As funções desempenhadas pelos tanques em processos industriais fazem com que o controle de seu nível (porcentagem do volume que está preenchida) seja de vital importância, de modo a garantir

um suprimento sempre contínuo do produto armazenado para o processo a jusante do tanque. Além disso, é extremamente importante controlar algumas variáveis como temperatura e pH do fluido contido, para garantir seu bom armazenamento e a segurança de operadores e processos que dele dependam. Nesse espírito, esse estudo de caso mostra um sistema de controle inteiramente feito em blocos SIMple® Control Systems para o controle do nível e da temperatura de um tanque ligado a uma pequena malha hidráulica, simulados com o uso dos blocos SIMple® Thermal.

O modelo hidráulico geral

A imagem do modelo hidráulico e da lógica de controle implementada pode ser vista na Figura 1. Esse sistema consiste basicamente de duas fontes de fluido, uma fonte quente e outra fria, ambas apresentadas por blocos *Source* da biblioteca SIMple® Thermal. A temperatura do fluido frio nessa simulação é de 10°C, enquanto o fluido quente tem temperatura de 80°C. O algoritmo de solução topológico do sistema garante o balanço de energia e massa dentro da malha hidráulica, o que faz com que o fluido que chega ao tanque tenha uma temperatura intermediária, entre a do fluido quente e a do fluido frio.

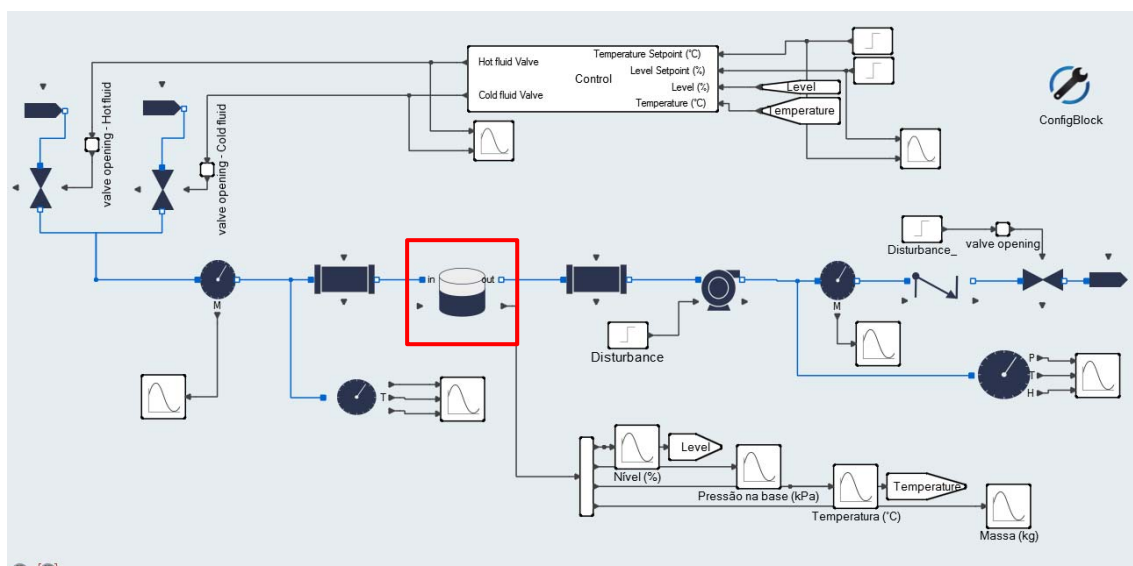


Figura 1 – Sistema hidráulico com tanque controlado. Em destaque, o tanque.

O controle da vazão oriunda dessas duas fontes é feito por duas válvulas posicionadas na saída delas. Quanto maior a abertura das duas válvulas maior será a vazão de fluido que chega ao tanque, o que tenderá a aumentar seu nível., enquanto quanto maior for a abertura de uma válvula em dada linha em relação a outra, mais próxima será a temperatura do fluido que chega ao tanque da temperatura da linha de maior abertura, uma vez que a vazão mássica oriunda desta linha será maior. É sobre essas válvulas na saída dos *Sources* que a lógica de controle irá atuar. O detalhe dessas válvulas com seus respectivos *Sources* pode ser visto na Figura 2.

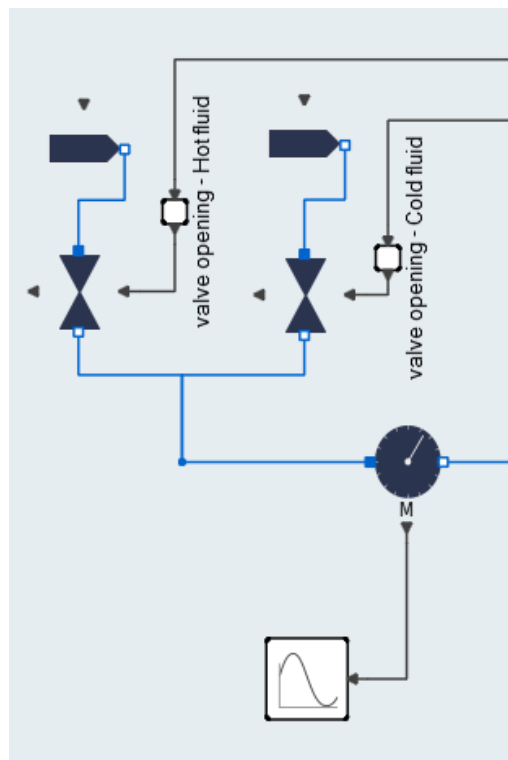


Figura 2 – Detalhe da entrada dos dois fluidos.

A Figura 3 mostra a linha que retira fluido do tanque. A retirada de fluido do tanque é feita por uma bomba centrífuga modelada pelo bloco *Pump*. O comando da bomba é dado por um bloco *Step*, nativo do Altair Activate™, e começa com um valor de 20%, passando para 14% após 6000 segundos de simulação. Na saída da bomba é inserido um bloco *CheckValve*, que modela uma válvula de retenção cuja função é impedir o retorno do fluido pela linha da bomba, permitindo que este siga apenas em uma direção. Além disso, na mesma linha ainda existe uma válvula simples, que também

recebe um sinal externo do Activate, começando com abertura de 50% e terminando com abertura de 10% em 8000 segundos de simulação.

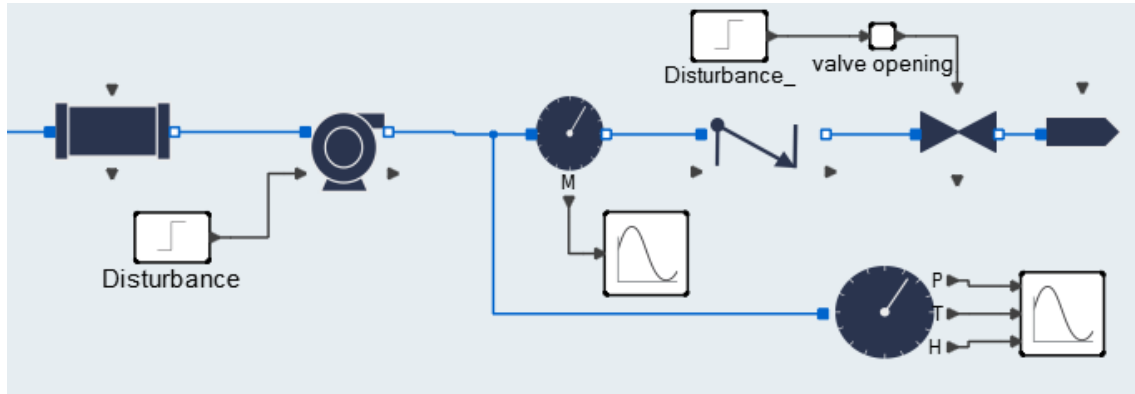


Figura 3 – Sistema de drenagem da água do tanque.

A lógica de controle

O superbloco que engloba a lógica de controle para o tanque pode ser visto na Figura 4. Este bloco recebe como parâmetros de entrada o nível, a temperatura e seus *setpoints*, retornando a abertura das válvulas de fluido frio e fluido quente. Os *setpoints*, por sua vez, variam com o tempo, de modo que o de temperatura muda de 30°C para 40°C em 12500 segundos de simulação, e o de nível muda de 80% para 90% em 10000 segundos.

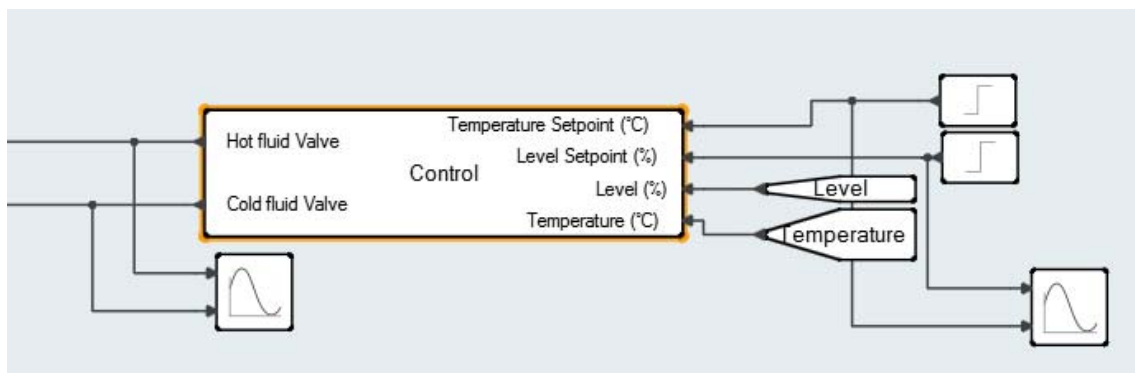


Figura 4 – Superbloco da lógica de controle

Internamente, o controle faz uso de alguns dos blocos da biblioteca SIMple® Control Systems, baseada nos anos de experiência da GT2 tecnologia com controladores industriais, para implantar algumas das estratégias mais clássicas de controle: o controle PID e o controle PI.

O controle PID funciona baseado no cálculo da diferença entre um *setpoint* e a grandeza, a derivada desse desvio e a integral do desvio ao longo do tempo. Ao considerar a derivada em sua formulação, o controlador PID permite um ajuste rápido em situações transientes e, ao considerar a integral do erro, esse controlador favorece uma boa aproximação do *setpoint* em regime permanente. Devido a sua simplicidade e eficiência, esse controlador é largamente aplicado em ambientes industriais, e nesse exemplo, com o uso do bloco PID da biblioteca SIMple® Control Systems, será usado para o controle do nível do tanque.

O controle PI é muito similar ao controle PID, porém desconsidera a derivada em sua formulação, o que favorece oscilações em torno da média em regime permanente. Esse controle será aplicado pelo uso do bloco PI para o controle de temperatura do tanque. Ambos os blocos de controle, tal como o restante do diagrama referente ao controle do sistema podem ser vistos na Figura 5.

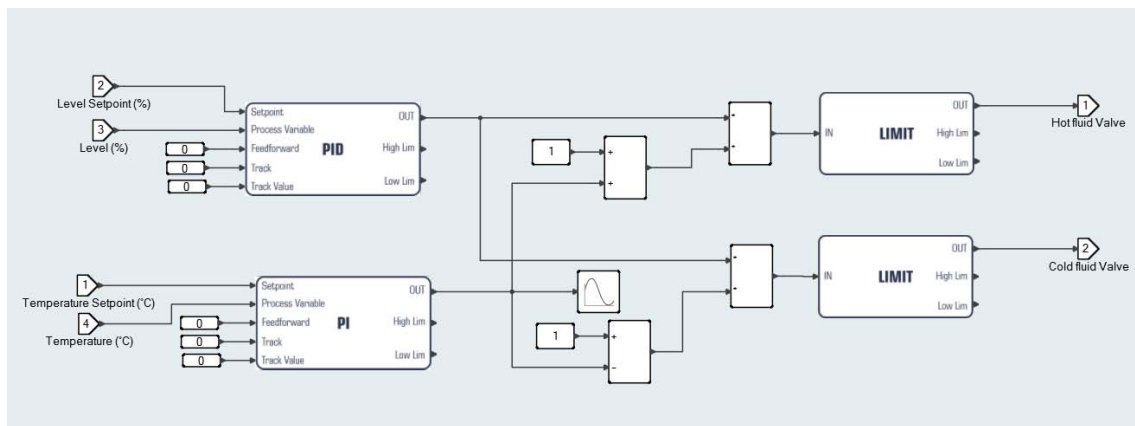


Figura 5 – Diagrama completo do controle para o tanque

O acoplamento dos dois controles se dá pelo uso de blocos soma e produto nativos do Altair Activate™ seguindo a seguinte lógica: Para sinais positivos do controlador PID (indicando nível do tanque abaixo do *setpoint*), ambas as válvulas tenderiam a abrir na mesma proporção no caso de temperatura igual a temperatura do *setpoint*. A correção da temperatura é feita por um acréscimo percentual na abertura da válvula de fluido quente e um decréscimo percentual igual na abertura da

válvula de fluido frio, ambos iguais ao sinal do *setpoint* do controlador PI da temperatura do tanque. Assim, garante-se que a vazão conjunta de ambas as válvulas permanecerá aproximadamente igual a prevista pelo controle caso a temperatura fosse igual ao valor desejado, porém corrigindo-se desvios na temperatura por meio de um aumento na vazão para dado braço do sistema.

Resultados

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos para o modelo de tanque controlado. A simulação total durou 25000 segundos. Os valores obtidos ao longo desse período para o nível do tanque e para a temperatura podem ser vistos, respectivamente, na Figura 6 e na Figura 7.

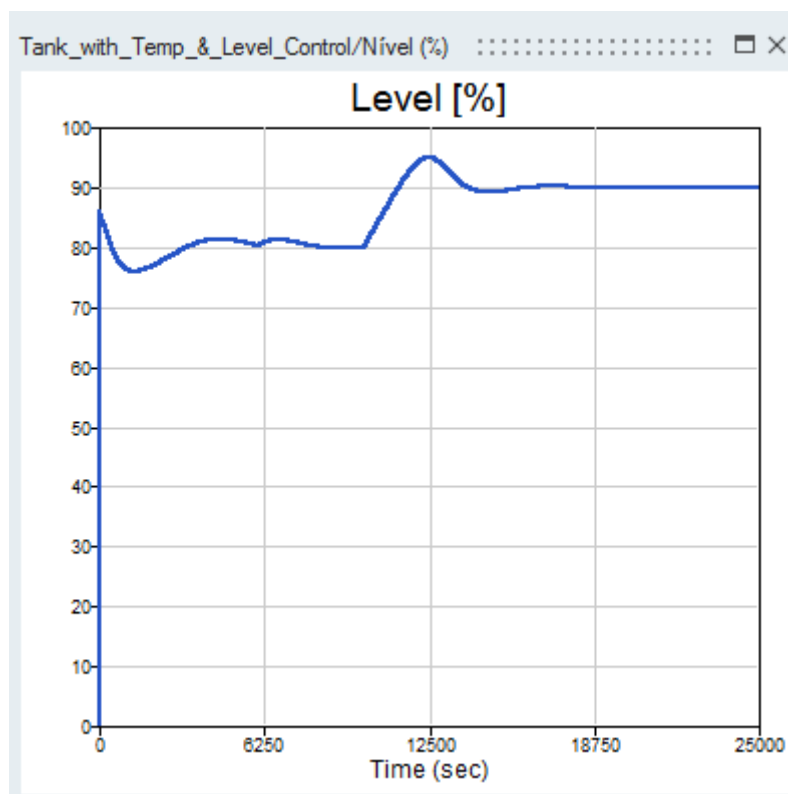


Figura 6 – Nível do tanque ao longo do tempo

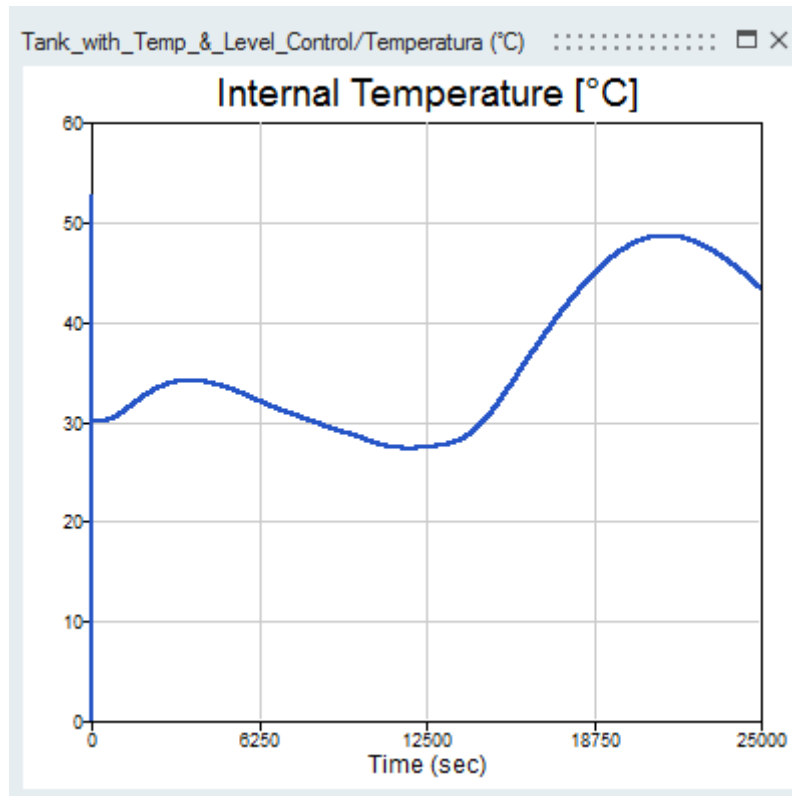


Figura 7 – Temperatura do tanque ao longo do tempo

Como é possível ver, o *setpoint* do tanque nível do tanque foi bem respeitado, de modo que, frente a sua alteração em 10000 segundos de simulação, o nível seguiu o novo comando e, em seguida, estabilizou no novo valor de nível imposto. O mesmo pode ser visto quando se analisa a temperatura, entretanto, devido a ausência de uma componente derivativa em seu controle, esta apresentou maiores oscilações ao redor de seu valor médio, embora seja clara sua sensibilidade à mudança de *setpoint*, uma vez que na metade da simulação, houve um deslocamento da média das oscilações de 30°C para 40°C.

É também interessante notar que as mudanças de abertura e de válvula e de comando de bomba na parte da malha hidráulica a jusante do tanque não causaram impacto significativo no nível deste, o que mais uma vez mostra a eficiência do controle PID frente a perturbações.

Por fim, é importante observar o comportamento da abertura das válvulas de fluido quente e fluido frio ao longo do tempo, mostrado na Figura 8. Pode-se notar que uma tendência de maior abertura da válvula de fluido frio ao longo do tempo se manteve, devido a maior proximidade do valor de *setpoint* da temperatura do valor da temperatura deste. Além disso, é importante ver a mudança

dessa tendência após a metade da simulação, quando o aumento do valor de temperatura ajustada para 40°C obriga um aumento da abertura da válvula de fluido quente, de modo a aquecer o tanque. No mais, é interessante notar também que a abertura das válvulas em grande medida segue a mesma tendência, indicando o impacto do controle de nível na vazão mássica final na linha.

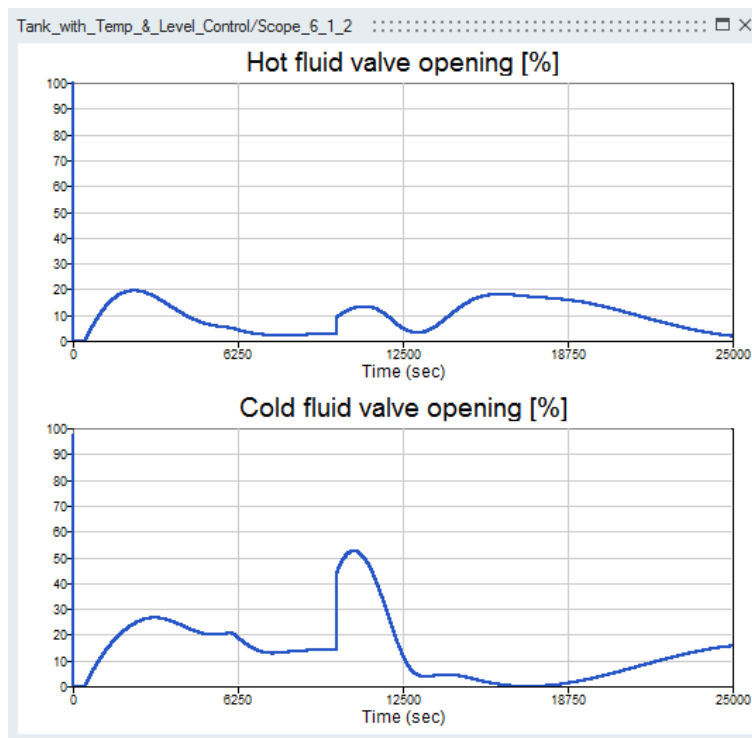


Figura 8 – Abertura das válvulas em função do tempo

Conclusões

Nesse exemplo foi mostrado como a biblioteca SIMple® Control Systems permite a montagem rápida dos mais diversos tipos de controladores, inclusive os mais clássicos da literatura como o PID. Os resultados provaram a eficiência final da ferramenta apresentada uma vez que os *setpoints* impostos foram respeitados mesmo frente a mudanças e perturbações. Além disso, foi possível ver algumas diferenças em questão de resultado final oriundas do uso de controladores PID e PI. Por fim, mais uma vez fica evidente o poder da ferramenta apresentada e sua total compatibilidade com a plataforma que a contém.

Veja também

[Estudo de caso – SIMple®: Simulação de uma turbina a vapor integrada a gerador conectado à rede](#)

[Estudo de caso – SIMple®: Montagem de uma turbina a gás a partir de componentes básicos e integração com gerador](#)

Referências

[1] E. E. Mattos e R. DeFalco, Bombas Industriais, 2001.