

107484 – Controle de Processos

Aula: Controle com restrições (Override)

Prof. Eduardo Stockler

Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade de Brasília



1º Semestre 2015

Controle *override* (com restrições)

– Objetivos de controle múltiplos (CV's) e 1 única MV

Estratégia utilizada para

- (proteção) **manter PVs dentro de limites** para garantir segurança (*versus* controle de travamento “interlock”) e qualidade
- (otimização) **transição suave entre esquemas de controle**

(Exemplo)

CONTROLE DE FLUXO COM NÍVEL MÍNIMO

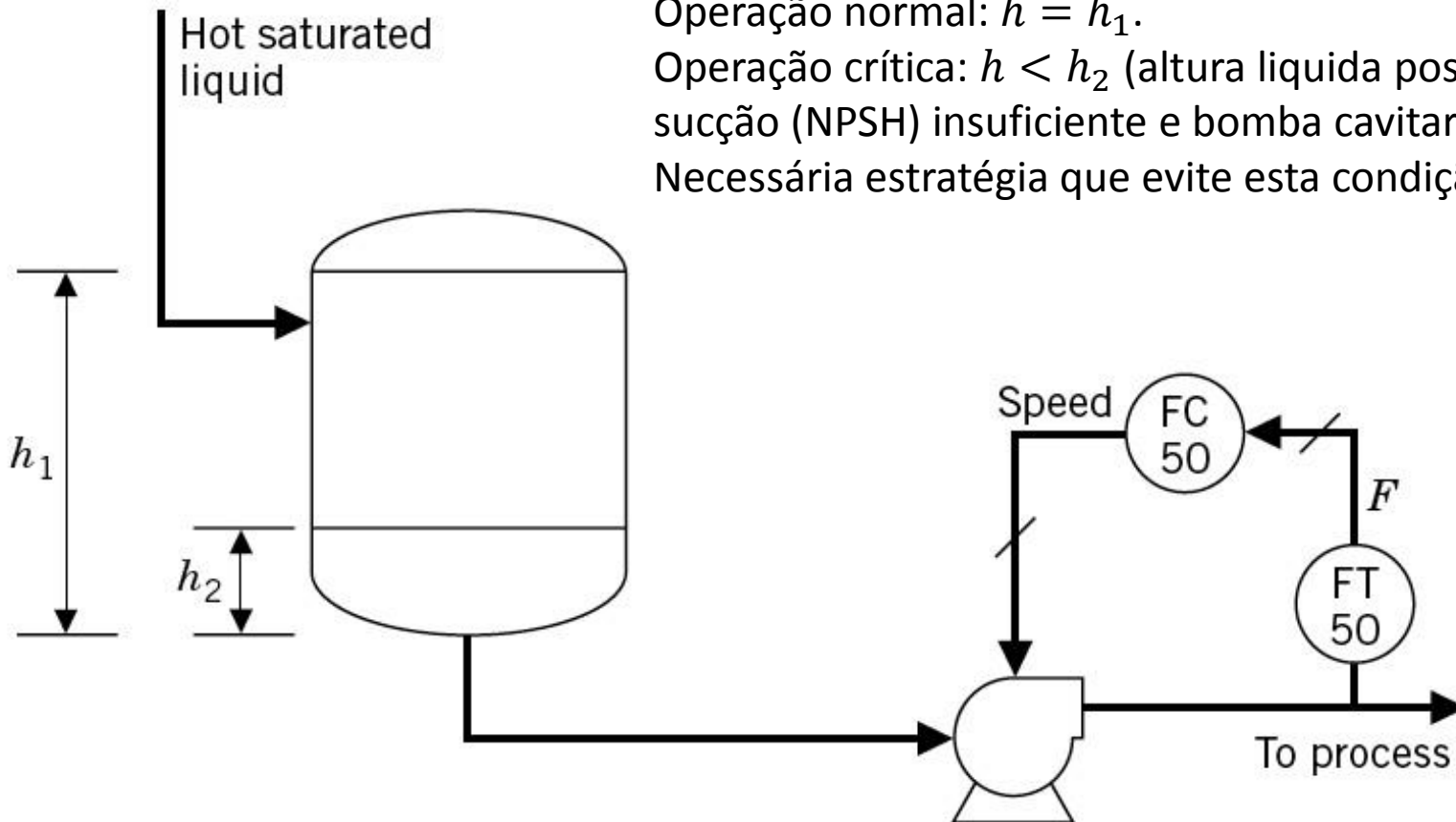
Controle de Fluxo com Nível Mínimo

Objetivo: controlar fluxo de saída e evitar que a bomba entre em cavitação.

Operação normal: $h = h_1$.

Operação crítica: $h < h_2$ (altura líquida positiva de sucção (NPSH) insuficiente e bomba cavitará).

Necessária estratégia que evite esta condição.



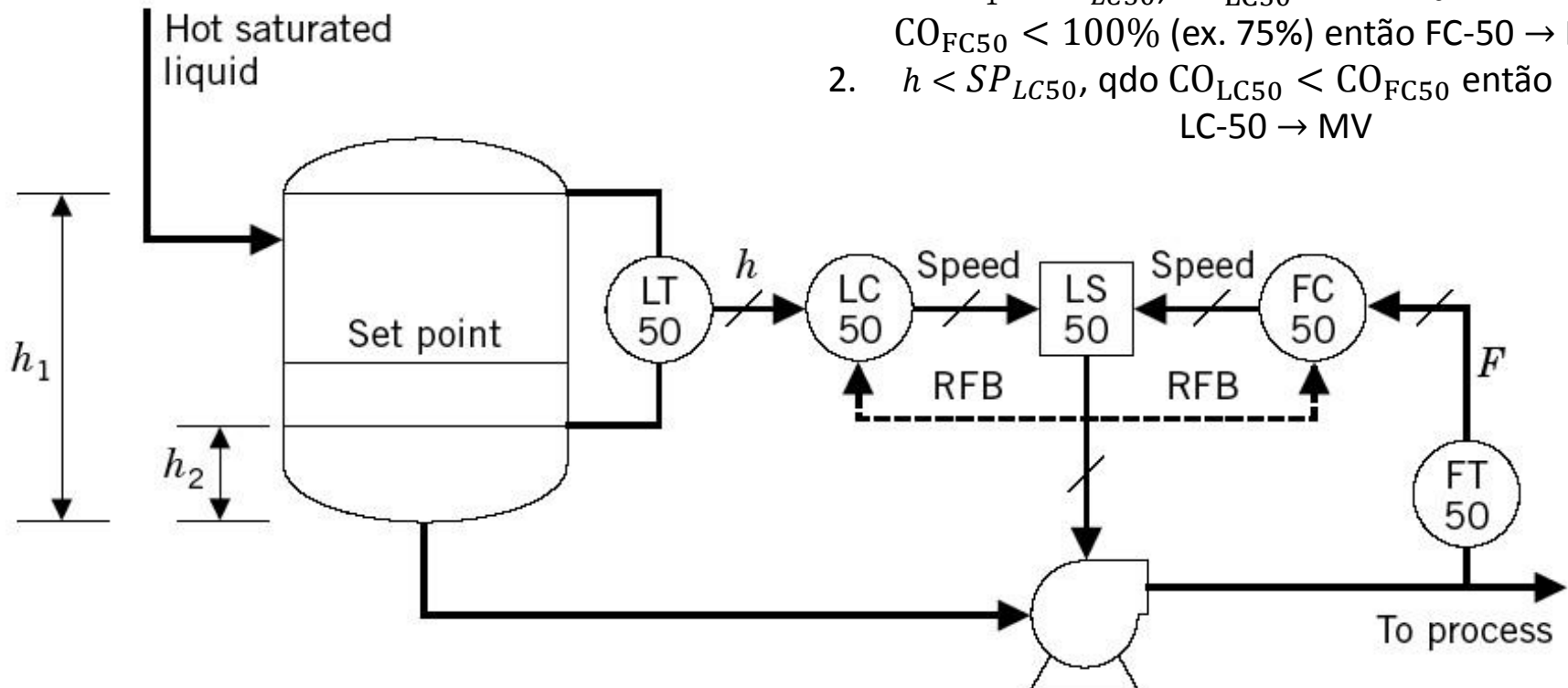
Aplicação do Controle *Override*

LC-50: $SP_{LC50} > h_2$ (ação direta)

FC-50: (ação reversa para o nível)

LS-50: seletor de baixa

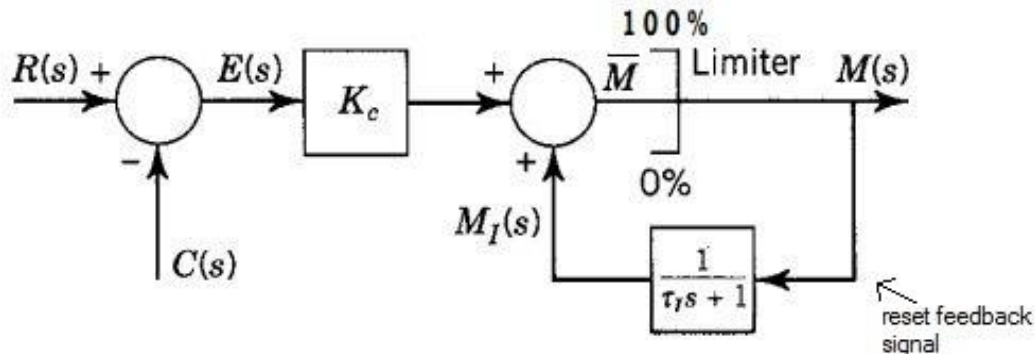
1. $h = h_1 > SP_{LC50}$, $CO_{LC50} \rightarrow 100\%$ e $CO_{FC50} < 100\%$ (ex. 75%) então FC-50 \rightarrow MV
2. $h < SP_{LC50}$, qdo $CO_{LC50} < CO_{FC50}$ então LC-50 \rightarrow MV



Legenda: RFB (real. de restauração), CO (saída controlada), SP (referência), MV (variável manipulada).

Saturação dos controladores

- Necessário proteção do efeito *reset windup*
- $CO \leq 100\%$ e $CO \geq 0\%$
- Desejado: se $CO_{selecionado} = 75\%$, $CO_{n\acute{o}o-selecionado} \approx 75\%$ via realimentação de restauração (RFB, *reset feedback*)



$$M(s) = \bar{M}(s) = M_I(s) + K_c E(s) \text{ (sem saturação)}$$

$$\bar{M}(s) = 100 + K_c E(s), M_I(s) \approx M(s) = 100 \text{ (saturação)}$$

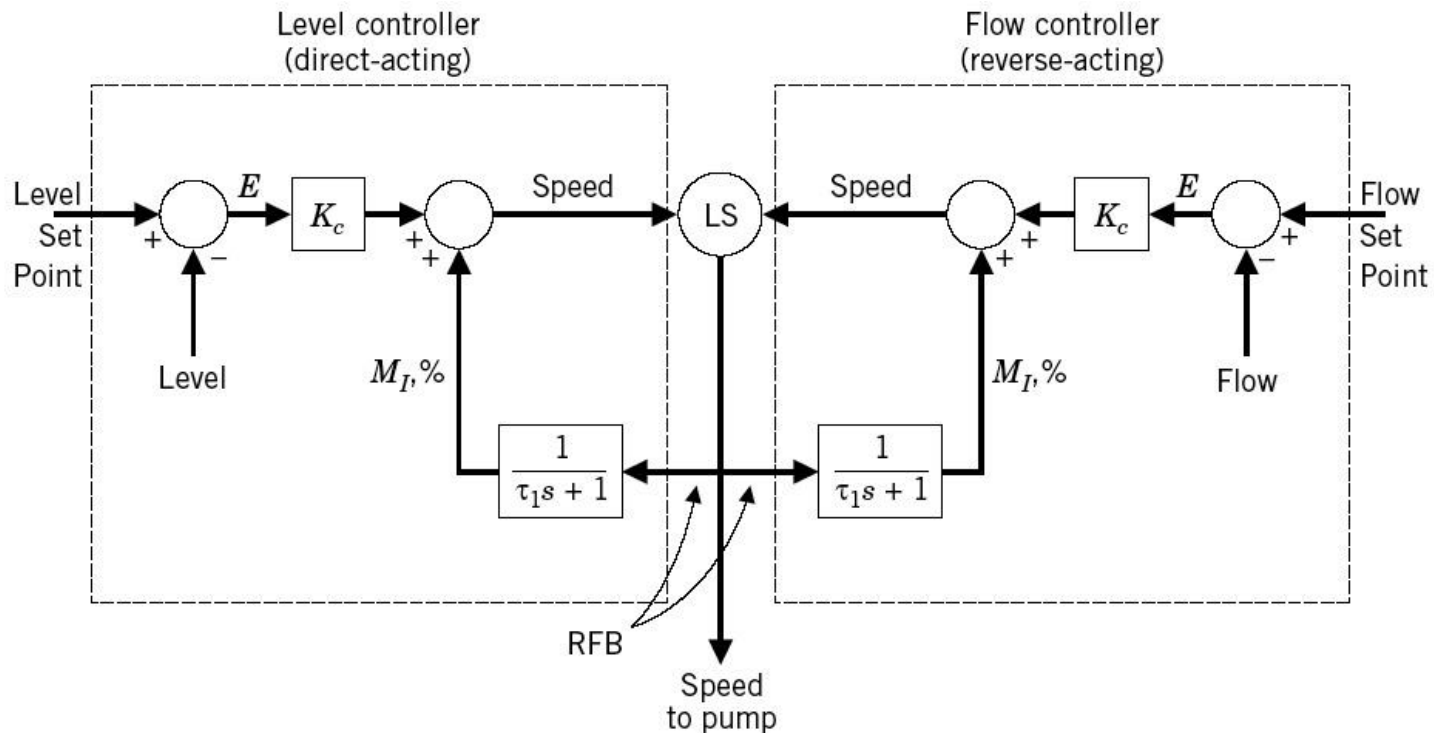
$$m(t) = 100 + K_c e(t) < 100 \text{ (erro negativo)}$$

$$M(s) = M_I(s) = M_I(s) + K_c E(s), E(s) = 0 \text{ (em reg. estacionário)}$$

Evitando saturação dos controladores

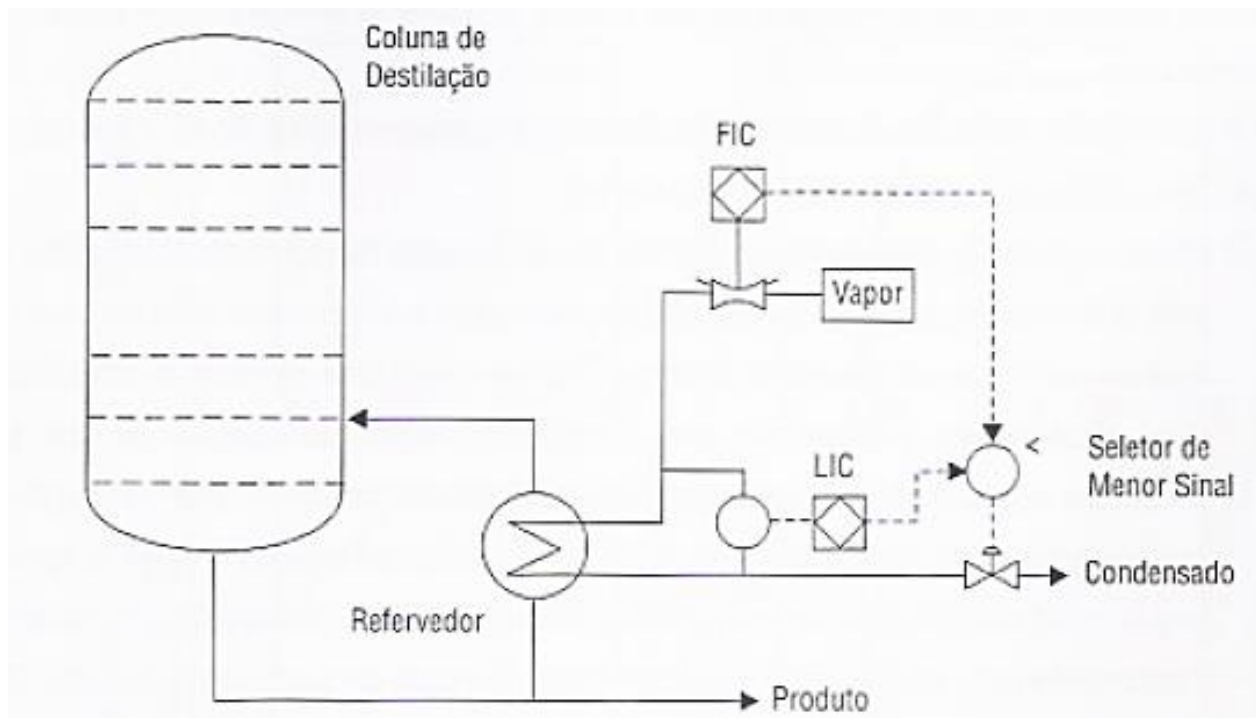
Ex.:

1. Estado estacionário: $CO_{FC} < 75\%$ e $h > SP_{LC}$ então $FC \rightarrow MV$ (RFB), $M_I = 75\%$, $E_{FC} = 0$, $E_{LC} > 0$ (ação direta), se $e_p = K_c e = 10\%$, $CO_{LC} = 10\% + 75\% = 85\%$.
2. $h < SP_{LC50}$, $e_p < 10\%$ e $CO_{LC} < 85\%$ até $CO_{LC50} < 75\%$ (LC \rightarrow MV (RFB)) logo $e_{FC} > 10\%$ (ação reversa) e $CO_{FC} = e_{FC} + CO_{LC}$.



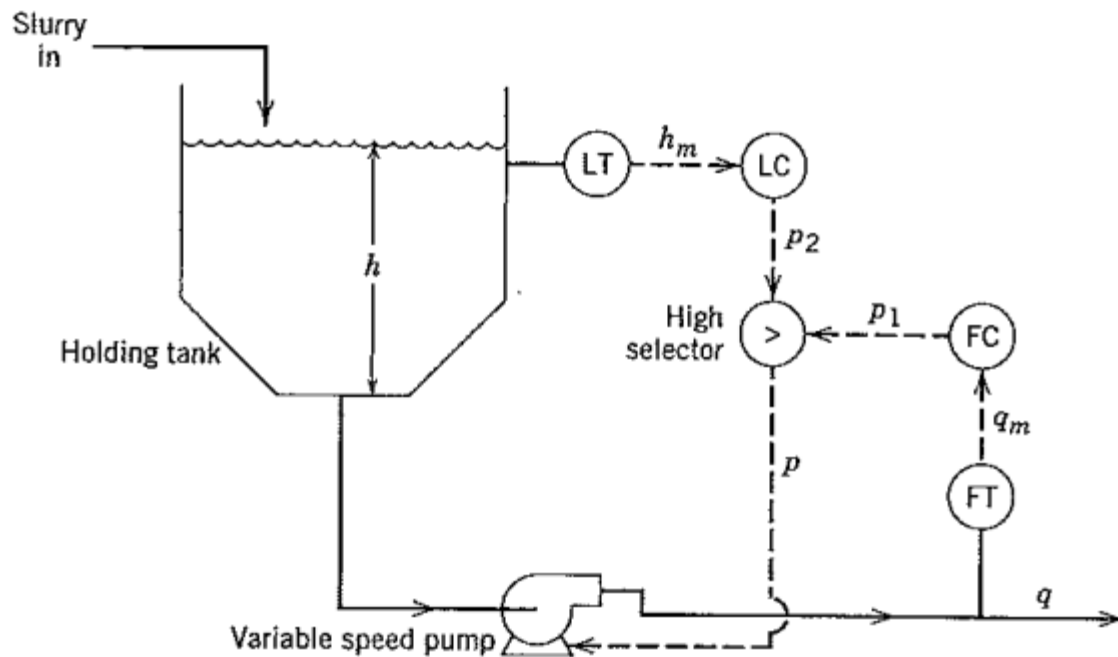
Coluna de Destilação

Exemplo: controle de fluxo (FIC) de vapor com nível mínimo do refervedor



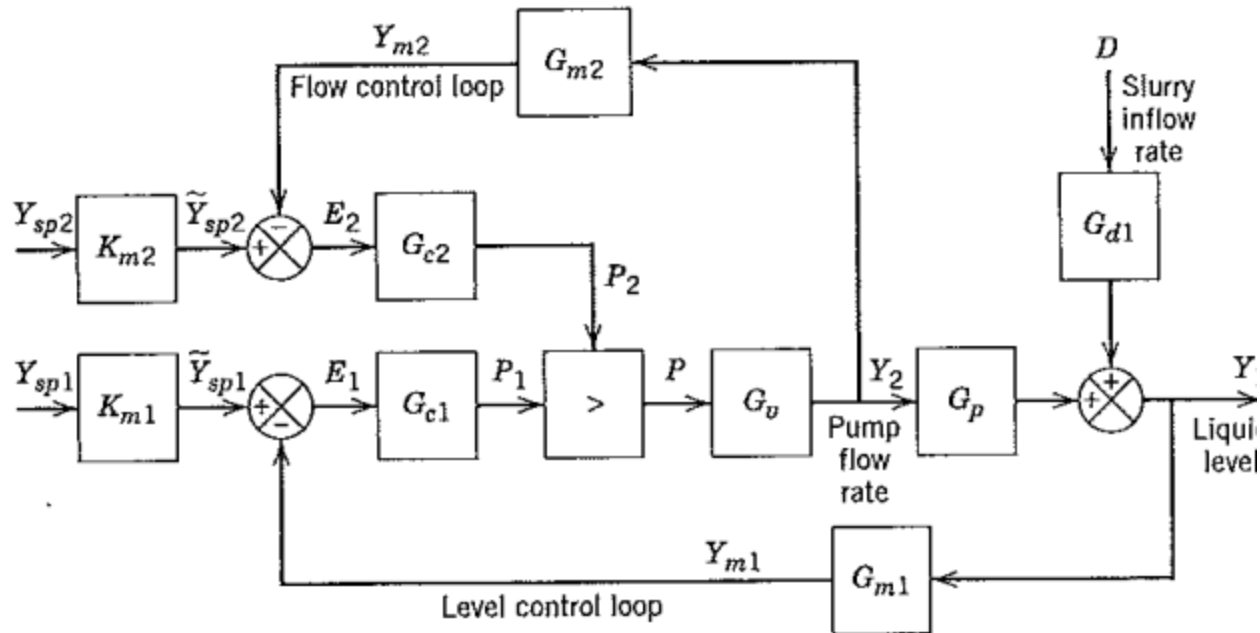
Aquecimento de uma coluna de destilação

Restrição de Fluxo Baixo



- Controle de nível do tanque
- Restrição: bomba deve operar com fluxo mínimo para prevenir entupimento
- Operação normal: LC ajusta o fluxo da bomba
- Qdo fluxo se aproxima do mínimo FC toma o controle (acel. a bomba)
- SP e ganho do FC escolhido tal que a saída de FC está no máximo qdo fluxo se aproxima do mínimo

Restrição de Fluxo Baixo



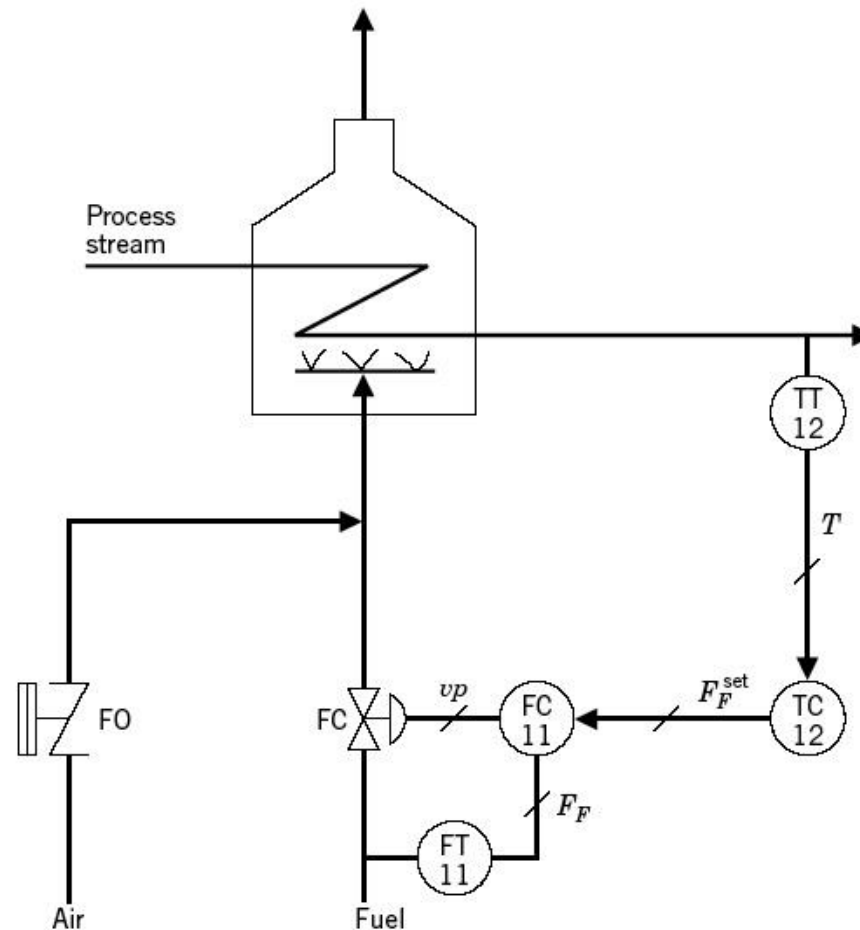
- Seletor de alta: introduz não-linearidade (análise de estabilidade complexa)
- FC (malha mais rápida; PI): proteção contra *reset windup*
- LC (malha mais lenta): controle P pois não é necessário controle rígido
- Outra estratégia seria um único controlador comparando sinais dos transmissores, menor custo mas com muitas desvantagens (não atender critérios das malhas de fluxo e nível)

Conclusões

- Seletor projetado para que a malha principal esteja ativa enquanto a restrição for satisfeita
- Estratégia usada quando não há graus de liberdade suficientes no sistema
- MV controlada por mais de uma CV (atende restrições e limites operacionais)
- Cuidado ao evitar saturação da malha inativa
 - *output tracking*: força a saída do controlador inativo para seguir a saída do seletor (posição atual da válvula); a saída do seletor pode ser usada com um “*flag de enable*” para o controlador desejado

CONTROLE DE TEMPERATURA DE UM AQUECEDOR

Controle de temperatura de um aquecedor



Condições de risco:

1. Pressão de combustível mais alta que pode sustentar uma chama estável
2. Temperatura da chaminé mais alta que o equipamento pode suportar

Bibliografia

- C. A. Smith e A. Corripio, *Princípios e Prática do Controle Automático de Processo*, 3ª. Edição, Ed. LTC, 2012.
- M. C. M. M. De Campos e H. C. G. Teixeira, *Controles típicos de equipamentos e processos industriais*, 2ª edição, Ed. Blucher, 2010.