



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0614404-7 A2**



(22) Data de Depósito: 11/08/2006
(43) Data da Publicação: 29/03/2011
(RPI 2099)

(51) *Int.Cl.:*
B01D 3/42
G05B 13/00

(54) Título: **MÉTODOS PARA CONTROLAR UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO E UM SISTEMA TENDO VARIÁVEIS MANIPULADAS PARA CONTROLAR PARÂMETROS DE PROCESSO DO SISTEMA**

(30) Prioridade Unionista: 15/08/2005 US 11/203140

(73) Titular(es): PRAXAIR TECHNOLOGY, INC.

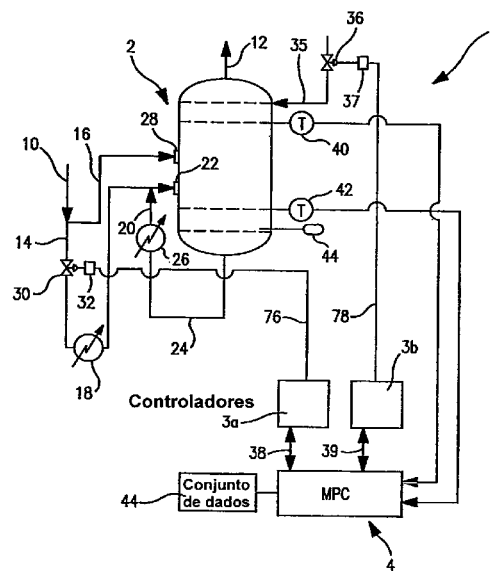
(72) Inventor(es): FRANK J. KLEIN, III, SOLOMON A. DADEBO, THOMAS CRAIG HANSON

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006031344 de 11/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/021912 de 22/02/2007

(57) **Resumo:** METODOS PARA CONTROLAR UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO E UM SISTEMA TENDO VARIÁVEIS MANIPULADAS PARA CONTROLAR PARÂMETROS DE PROCESSO DO SISTEMA Um método para controlar a coluna de destilação na qual uma temperatura sensoreada em uma seção de topo da coluna (2) é magnificada e utilizada dentro do controlador de predição de modelo (4) de modo que o controle seja mais agressivo à medida que as temperaturas aumentem além de uma temperatura de limiar. Adicionalmente, na coluna de destilação (2), ou, e fato, em qualquer outro sistema no qual duas ou mais variáveis manipuladas controlam duas ou mais variáveis controladas comuns, técnicas e modelagem especiais são utilizadas para tomar a sintonização de controlador mais fácil de concluir. Nessas técnicas de modelagem, cada variável manipulada é presumida capaz de ter um efeito sobre uma variável controlada por um modelo de resposta escalonada unitário e outros modelos e resposta escalonada são utilizados de modo que a(s) outra(s) variável(eis) manipulada(s) que também teria(m) um efeito sobre a mesma variável controlada seja(m) levada(s) em conta pelo controlador (4) como variável(eis) e avanço de alimentação.



“MÉTODOS PARA CONTROLAR UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO E UM SISTEMA TENDO VARIÁVEIS MANIPULADAS PARA CONTROLAR PARÂMETROS DE PROCESSO DO SISTEMA”

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a um método para controlar uma coluna de destilação ou outro sistema por meio de controle de predição de modelo. Mais particularmente, a presente invenção se refere a um método no qual as temperaturas em uma seção de topo da coluna de destilação, quando utilizadas pelo controlador, são transformadas para se obter manipulação mais
10 agressiva da adição de refluxo nas colunas tendo instabilidade devido a múltiplos perfis de temperatura de estado estável. Adicionalmente, a presente invenção refere-se a um método que também tem sistemas de aplicação diferentes das colunas de destilação no qual determinadas variáveis são utilizadas dentro do controlador como variáveis de avanço de alimentação para permitir a sintonização de controlador simplificada.
15

Fundamentos da Invenção

Os sistemas de controle de predição de modelo conhecidos como “MPC” são utilizados para controlar uma variedade de processos industriais. Falando de modo geral, os controladores de predição de modelo
20 operam sobre variáveis independentes e dependentes. As variáveis independentes são variáveis manipuladas que podem ser mudadas ou movidas por um operador ou controlador, tais como ajustes das posições de válvula ou seus pontos de ajuste (fluxos, temperaturas, pressões etc) e variáveis de avanço ou de distúrbio de alimentação que têm um impacto significativo
25 sobre o processo ou sistema a ser controlado, ainda que não possam ser diretamente manipuladas. As variáveis dependentes são variáveis controladas tendo um valor que pode ser descrito ou predito totalmente em termos de mudanças de variável independente específica.

Um controlador de predição de modelo é programado com

modelos de resposta escalonada que mostra como cada variável controlada responde a uma mudança em uma dada variável independente. Esses modelos são usados para prever o comportamento futuro das variáveis controladas com base na história passada das variáveis controladas, manipuladas e de avanço de alimentação. A predição é usada para calcular ações de controle apropriadas para as variáveis manipuladas. As predições de modelo são continuamente atualizadas com a informação medida a partir do processo para prover um mecanismo de retroalimentação para o controlador de predição de modelo.

Os modelos que operam o controlador de predição de modelo consistem de uma coleção de modelos de resposta escalonada que relacionam as variáveis controladas às variáveis manipuladas e de avanço de alimentação com base em um movimento de unidade das variáveis manipuladas e de avanço de alimentação do tempo depois desse movimento que as variáveis controladas levam para alcançar o estado estável. Durante a operação de um controlador, são mantidos dados que registram valores anteriores das variáveis manipuladas, valores preditos das variáveis controladas e valores reais das variáveis controladas. Os dados são atualizados a cada execução do controlador e são usados para determinar um erro de predição que pode ser aplicado à predição de modelo como retroalimentação para o controlador.

Utilizando os valores correntes das variáveis manipuladas, é determinada uma resposta de circuito aberto, isto é, uma resposta que seria obtida sobre um horizonte de predição em que não tenham sido inseridas entradas de controle adicionais. Portanto, um conjunto de movimentos otimizados da variável manipulada é predito para obter uma resposta de circuito fechado que trará as variáveis controladas para valores alvo que, na prática, são ajustados dentro das variações. O primeiro dos movimentos de controlador contidos dentro do plano de movimento é, então, transmitido aos controladores locais que funcionam para controlar o equipamento dentro do

sistema, como controladores de fluxo. Esses controladores locais podem ser controladores diferenciais integrais proporcionais que são usados, por exemplo, para controlar atuadores de válvula. O processo mencionado acima é repetido durante cada execução do controlador.

5 Sistemas de controle de predição de modelo têm sido usados para controlar instalações de separação de ar tendo colunas de destilação. Em uma coluna de destilação, uma alimentação de múltiplos componentes a ser separada ou fracionada é introduzida em uma coluna de destilação sob condições nas quais uma fase de vapor ascendente da mistura a ser separada
10 contata uma fase descendente da mesma de tal maneira que a fase de vapor, à medida que ascende, se torna cada vez mais rica em componentes leves ou mais voláteis da mistura e a fase de líquido, à medida que descende, se torna cada vez mais rica em componentes mais pesados ou menos voláteis da mistura. Esse contato é provido pelos elementos de transferência de massa
15 que podem ser estruturados ou empacotamento aleatório ou bandejas de peneira.

 Determinados tipos de colunas de destilação são projetadas para produzir produtos de alta pureza e de ultra-alta pureza, isto é, produtos tendo uma pureza maior do que aproximadamente 99,99% por volume. Essas
20 colunas são particularmente sensíveis à razão líquido/vapor e podem exibir múltiplos perfis de temperatura de estado estável que mudarão rapidamente de um perfil para o outro com base na quantidade de vapor que surge na coluna e na quantidade de calor introduzida na coluna. Como resultado, durante uma condição de perturbação causada por uma mudança na composição de
25 alimentação, pode ser difícil controlar a razão de líquido para vapor dentro da coluna e, portanto, a pureza de produto.

 Um outro problema mais geral de controle é que os controladores de predição de modelo podem ser muito difíceis de sintonizar quando usados em conexão com determinados tipos de sistemas que podem

incluir colunas de destilação. A dificuldade em sistemas de múltiplas variáveis nos quais o movimento de cada uma das duas ou mais variáveis manipuladas afeta o valor das duas ou mais variáveis controladas comuns. Por exemplo, no caso de coluna de destilação, uma posição de válvula de controle de fluxo de refluxo pode ser representada dentro de um sistema de controle de predição de modelo como uma variável manipulada que terá um efeito sobre a temperatura na seção de topo de uma coluna, bem como na seção de fundo da coluna. Falando de modo geral, adicionar refluxo tende a esfriar a coluna inteira. A taxa de vapor dentro da coluna de destilação pode ser controlada por uma válvula que controla a quantidade de vapor dentro da alimentação para a coluna. A mesma válvula pode ser a mencionada para controlar a adição de calor, visto que a fração de vapor nesse sistema pode ser controlada controlando-se a quantidade de líquido vaporizado. A posição dessa válvula pode ser representada no controlador de predição de modelo por meio de uma outra variável manipulada que também terá um efeito sobre ambas as temperaturas, tanto nas seções de topo quanto de fundo, da coluna de destilação. Sob essas circunstâncias, a sintonização do controlador se torna consumidora de tempo e de proposição difícil.

Como será examinado, a presente invenção, em um aspecto, refere-se a um método para controlar uma coluna de destilação por meio do controle de predição de modelo no qual o controlador é capaz de reagir mais agressivamente a determinados níveis de temperatura para impedir o produto de desviar da pureza de produto exigida. Em um outro aspecto, os modelos de resposta escalonada são utilizados de modo mais eficaz para permitir ao controlador ser mais facilmente sintonizado.

Sumário da Invenção

A presente invenção provê um método para controlar uma coluna de destilação tendo válvulas de controle incluindo uma válvula de controle de fluxo de refluxo para manipular a vazão de refluxo para uma

seção de topo da coluna e pelo menos uma entrada para uma alimentação separada que fica situada abaixo de uma entrada de refluxo para o fluxo de refluxo. A alimentação tem uma temperatura variável que poderia potencialmente ter um efeito sobre uma primeira temperatura sensoreada dentro da seção de topo da coluna de destilação sob um aumento na temperatura de alimentação e uma composição variável que também poderia potencialmente ter um efeito sobre a primeira temperatura quando do aumento de componentes menos voláteis dentro da alimentação.

De acordo com o método, um controlador de predição de modelo é executado repetidamente a uma frequência de controlador. O controlador de predição de modelo tem um conjunto de dados, contendo registros sobre um período de tempo anterior igual a um horizonte de predição que inclui posições de válvulas das válvulas de controle, incluindo a válvula de controle de fluxo de refluxo, como variáveis manipuladas. O conjunto de dados também contém valores reais correspondentes das temperaturas sensoreadas, incluindo a primeira temperatura, como variáveis controladas e valores preditos para as variáveis controladas que são preditos pelo controlador de predição de modelo. O controlador de predição de modelo também é programado com modelos de resposta escalonada relacionando as variáveis manipuladas às variáveis controladas.

Durante cada execução do controlador de predição de modelo, o conjunto de dados é atualizado com os valores correntes reais das variáveis manipuladas, e o conjunto de dados é utilizado junto com os modelos de resposta escalonada para calcular erros de predição (ou desvios). Os erros de predição são aplicados às predições como um desvio e as predições de circuito aberto e fechado são calculadas sobre o horizonte de predição. Um conjunto dos planos de movimento é obtido, desse modo, para os movimentos das variáveis manipuladas para minimizar a diferença entre as variáveis controladas e os valores alvo relacionados. São gerados sinais que são

referentes aos movimentos iniciais contidos no conjunto dos planos de movimento. Os sinais são transmitidos para os controladores usados no ajuste das válvulas de controle, para, desse modo, implementar os movimentos iniciais das válvulas de controle.

5 Uma primeira das variáveis controladas é referente à primeira temperatura. Quando o valor da primeira temperatura está abaixo de uma temperatura de limiar, o controlador opera usando o valor da primeira temperatura. Quando a primeira temperatura está acima de uma temperatura de limiar, a temperatura transformada é utilizada pelo controlador. O valor transformado é calculado a partir de uma soma de uma temperatura de limiar, 10 de um primeiro fator de sintonização e de uma mudança de temperatura dividida por um segundo fator de sintonização que é usado para amplificar o efeito da mudança de temperatura. A mudança de temperatura é computada subtraindo-se da primeira temperatura corrente, a primeira temperatura 15 sensoreada durante uma execução anterior do programa de controle de predição de modelo. Dessa maneira, quando a temperatura sobre acima de um valor de limiar, o controlador, ao invés de reagir à temperatura real, reage a temperatura mais alta, e provê movimentos de controle mais agressivos para manter a pureza de produto.

20 Em um caso específico, uma segunda das variáveis controladas é uma segunda temperatura sensoreada na seção de fundo da coluna. A alimentação é um líquido e é, em parte, vaporizada para formar uma alimentação de duas fases consistindo de frações de vapor e de líquido. Uma corrente de fundo de coluna vaporizada, constituída de produtos de fundo de 25 coluna de líquido, é combinada com pelo menos a fração vaporizada da alimentação antes da introdução da alimentação dentro da coluna de destilação e a pelo menos uma entrada para a alimentação fica em uma altura de coluna situada entre a seção de topo e a seção de fundo da coluna de destilação.

As válvulas de controle também incluem uma válvula de controle de fluxo de alimentação como uma segunda variável manipulada para controlar simultaneamente as vazões do vapor e frações de líquido de modo que um aumento na vazão da fração de vapor resulte em uma diminuição correspondente na vazão da fração de líquido e aumente a primeira temperatura e a segunda temperatura e vice-versa. Qualquer aumento na vazão da fração de líquido diminui a primeira temperatura elevada e a segunda temperatura e vice-versa. Os modelos de resposta escalonada incluem primeiro e segundo modelos de resposta escalonada relacionando a primeira variável manipulada às primeira e segunda das variáveis controladas. Terceiro e quarto modelos de resposta escalonada relacionando a segunda variável manipulada às primeira e segunda variáveis controladas, respectivamente.

A mencionada pelo menos uma entrada pode ser de duas entradas separadas. A fração de vapor e a fração de líquido da alimentação são separadamente introduzidas na coluna de destilação através das duas entradas separadas. A mencionada alimentação pode ser dividida em primeira e segunda correntes subsidiárias. A primeira corrente subsidiária é vaporizada para combinar com a corrente de produto de fundo de coluna de líquido vaporizado para formar uma corrente de fração de vapor. A corrente de fração de vapor é introduzida em uma das duas entradas para introduzir a fração de vapor dentro da coluna de destilação. A segunda corrente subsidiária é introduzida dentro da outra das duas entradas separadas para introduzir a fração de líquido dentro da coluna de destilação.

De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, caso existam pelo menos duas variáveis manipuladas que afetem duas ou mais variáveis controladas, as predições de circuito aberto e fechado podem ser calculadas de acordo com a presente invenção para a primeira das variáveis controladas e a primeira das variáveis manipuladas através da superposição do

primeiro modelo de resposta escalonada e do terceiro modelo de resposta escalonada e com a segunda variável manipulada sendo usada em conexão com o terceiro modelo de resposta escalonada como uma primeira variável de avanço de alimentação. As predições de circuito aberto e fechado são calculadas para a segunda variável controlada através da superposição do quarto modelo de resposta escalonada e do segundo modelo de resposta escalonada e com a primeira variável manipulada sendo usada em conexão com o segundo modelo de resposta escalonada como uma segunda variável de avanço de alimentação. Nesse caso, durante qualquer cálculo, a posição, por exemplo, da válvula de controle de fluxo de refluxo, enquanto o controlador estiver envolvido, é dependente somente do movimento dessa válvula. Os efeitos de temperatura da outra válvula de controle de fluxo de alimentação controlando o grau no qual a fração de vapor é admitida na coluna são levados em conta como uma variável de avanço nos cálculos de circuito aberto e fechado. Desse modo, a sintonização de controlador se torna uma questão mais fácil do que a situação de sintonização de técnica anterior na qual tanto as variáveis manipuladas quanto as variáveis controladas têm de ser consideradas na manipulação de uma única válvula.

Esse último aspecto da presente invenção é aplicável a qualquer sistema tendo variáveis manipuladas para controlar parâmetros de processo do sistema em resposta ao desvio dos parâmetros de processo a partir dos valores alvo dos mesmos. É essa característica da presente invenção que pode ser aplicada a uma coluna de destilação e sem a técnica de transformação de temperatura examinada acima.

25 Breve Descrição dos Desenhos

Embora a especificação conclua com as reivindicações apontando distintamente para fora da questão que os requerentes como sua invenção, acredita-se que a invenção será mais bem entendida quando tomada em conexão com os desenhos anexos, nos quais:

a Figura 1 é uma representação esquemática de uma coluna de destilação e seu controle anexo;

5 a Figura 2 é uma representação gráfica dos perfis de temperatura de estado estável múltiplos da coluna de destilação ilustrada na Figura 1;

a Figura 3 é uma representação gráfica dos cálculos que são necessários para se obter um plano de movimento das colunas de destilação como mostrado na Figura 2;

10 a Figura 4 é um modelo de resposta escalonada da técnica anterior que poderia ser utilizado por um sistema de controle de predição de modelo utilizado no controle de uma coluna de destilação ilustrada na Figura 1;

a Figura 5 é uma representação gráfica de um modelo usado no controle de uma coluna de destilação na Figura 1; e

15 a Figura 6 é uma representação gráfica da execução de um controlador de predição de modelo usado no controle da coluna de destilação da Figura 1 de acordo com a presente invenção.

Descrição Detalhada

20 Com referência à Figura 1, é ilustrado um sistema de coluna de destilação 1 que inclui uma coluna de destilação 2, controladores de válvula 3a e 3b e um controlador de predição de modelo 4.

25 A coluna de destilação 2 é projetada para receber uma alimentação de líquido 10 para separar os componentes através de destilação para produzir um produto purificado 12 como overhead de torre. A coluna de destilação 2 consiste de elementos de transferência de massa, que, não ilustração, são bandejas de peneira. A presente invenção, entretanto, seria aplicável a qualquer tipo de coluna, incluindo aquela tendo embalagem aleatória ou estruturada. De uma maneira conhecida, uma fase de vapor ascendente da mistura a ser separada ascende na coluna 2 e se torna cada vez

mais rica em componentes mais voláteis, referidos na técnica como componentes mais leves. Uma fase de líquido descendente contata a fase de vapor ascendente através dos elementos de transferência de massa e se torna cada vez mais rica em componentes menos voláteis, conhecidos como componentes mais pesados, à medida que a fase de líquido descende dentro da coluna 2.

A alimentação de líquido 10 é dividida em primeira e segunda correntes subsidiárias 14 e 16. A primeira corrente subsidiária 14 é vaporizada dentro de um vaporizador ou outro dispositivo de troca de calor 18 e é combinada com uma corrente de fundo de coluna de líquido 20 e introduzida na entrada de coluna de destilação 22. Uma corrente de fundo de coluna de líquido 24 é vaporizada dentro do trocador de calor 26 para produzir a corrente de fundo de coluna de líquido vaporizada 20. A segunda corrente subsidiária 16 é introduzida como um líquido dentro de uma entrada de líquido 28 da coluna de destilação 2.

Desse modo, na coluna de destilação 2, as frações de líquido e vapor da corrente a ser separada são introduzidas separadamente. É entendido, entretanto, que as correntes mencionadas acima de fração de vapor e de fração de líquido poderiam ser combinadas em um fluxo de duas fases antes de entrar na coluna de destilação 2. Uma válvula de controle de fluxo de alimentação é provida para ajustar simultaneamente a quantidade de frações de líquido e de vapor a ser introduzida na coluna 2. Por exemplo, à medida que a válvula de controle de fluxo de alimentação 30 se move para uma posição fechada, o fluxo da segunda corrente subsidiária 16 aumenta para aumentar a quantidade de fração de líquido que é introduzida na coluna 2. Ao mesmo tempo, a quantidade de fração de vapor é reduzida. Uma operação inversa ocorre quando a válvula de controle de fluxo de alimentação 30 é aberta. A válvula de controle de fluxo 30 é controlada por um atuador de válvula 32 que é ligado a um controlador de válvula 3a conhecido, por

exemplo, um controlador diferencial integral proporcional, de modo que a válvula de controle de fluxo de alimentação 32 possa ser ativada remotamente.

5 A fase de líquido descendente é iniciada na coluna 2 introduzindo-se uma corrente de refluxo 35 em uma seção de topo da coluna de destilação 2. A corrente de refluxo 35 tem a mesma composição que a corrente de produto 12 ou pode ser de pureza ainda mais alta e, desse modo, pode ser produzida condensando-se a corrente de produto 12 depois de ter sido adicionalmente purificada ou sem purificação adicional em um
10 condensador de refluxo, não mostrado. A vazão da corrente de refluxo 35 é controlada por uma válvula de controle de fluxo de refluxo 36 tendo um atuador de válvula 37 que é ligado ao controlador de válvula 3b que pode ser do mesmo tipo que o controlador de válvula 3a.

15 As verdadeiras entradas de sinal de controle 38 e 39 enviadas aos controladores 3a e 3b, respectivamente, são produzidas pelos sinais enviados pelo controlador de predição de modelo 4 que pode ser um controlador DMCplusTM obtido a partir da Aspen Technology, Inc., Ten Canal Park, Cambridge, MA 02141-2201. As entradas de sinal de controle 38 e 39 ativam os controladores 3a e 3b para ajustar as posições da válvula de
20 controle de fluxo de alimentação 30 e a válvula de controle de fluxo de refluxo 36 com base em uma primeira temperatura T_1 sensoreada em uma seção de topo da coluna pelo sensor de temperatura 40 e uma segunda temperatura T_2 sensoreada em uma seção de fundo da coluna 2 pelo sensor de temperatura 42. Os sensores de temperatura 40 e 42 são dispositivos bem
25 conhecidos e podem ser pilhas termoelétricas. Também deve ser notado que os termos “primeira” e “segunda” são usados simplesmente para facilitar um entendimento da invenção por meio da diferenciação das temperaturas reais sensoreadas. Além disso, como será examinado, também deve ser entendido que temperaturas adicionais poderiam ser sensoreadas como uma entrada para

o controlador de predição de modelo 4.

Como pode ser apreciado por aqueles experientes na técnica, à medida que a quantidade de fluxo na corrente de refluxo 35 aumentar, a primeira temperatura T_1 diminuirá e a segunda temperatura T_2 também diminuirá. À medida que a vazão da segunda corrente subsidiária 16 aumentar, a segunda temperatura T_2 diminuirá. À medida que a temperatura diminuir, o vapor será condensado e a primeira temperatura T_1 também diminuirá. Pelo mesmo sinal, à medida que a vazão da primeira corrente subsidiária 14 aumentar, a quantidade da fração de vapor e, portanto, o calor introduzido na coluna 2, aumentará como o fará a primeira temperatura T_1 , e mais dos produtos de fundo de coluna de líquido também se vaporizarão para aumentar a segunda temperatura T_2 .

É visível, portanto, que a manipulação da válvula de controle de fluxo de alimentação 30 afeta a temperatura, não somente na seção de topo da coluna de destilação 2, mas também na seção de fundo da coluna de destilação 2. O mesmo se mantém verdadeiro para a manipulação da válvula de controle de fluxo de refluxo 36.

Problemas de controle complicados podem surgir quando uma coluna, como a coluna de destilação 2, tem características de temperatura não lineares e perfis de temperatura de estado estável múltiplos que são geralmente afetados pela quantidade de vapor e calor que é introduzida na coluna de destilação 2 por meio da manipulação da válvula de controle de fluxo de alimentação 30. Por exemplo, com referência à Figura 2, as distribuições de temperatura não lineares e os perfis de temperatura de estado estável múltiplos são graficamente ilustrados para a coluna de destilação 2. Como pode ser visto, os perfis de temperatura são dependentes de pequenas mudanças na percentagem da fração de vapor. A fração de vapor é introduzida na coluna de destilação 2 através da corrente combinada formada a partir da primeira corrente subsidiária 14 e da corrente de fundo de coluna

de líquido vaporizada 20. Como fica evidente a partir da Figura 2, uma pequena mudança na fração de vapor de alimentação resulta em uma troca significativa no perfil de temperatura da coluna de destilação 2.

A fim de manter a alta recuperação de produto, a coluna de destilação 2 deveria ser controlada de modo que a segunda temperatura T_2 seja alta o suficiente para conduzir para cima o produto ou componentes mais leves da alimentação. Entretanto, dependendo da fração de vapor de alimentação, essa segunda temperatura pode mudar de $-157,78^\circ\text{C}$ para $-176,67^\circ\text{C}$ na seção de fundo da coluna, ou seja, nos estágios de separação 1-15. Essa mudança de temperatura pode ser produzida por uma mudança de somente cerca de 2,86 por cento da fração de vapor na alimentação. Comparar f_1 e f_8 . Entretanto, no momento em que a primeira temperatura T_1 é sensoreada na seção de topo da coluna de destilação 2, as temperaturas nas seções central e de fundo das colunas podem ter aumentado para uma extensão em que os componentes mais pesados vaporizaram e encontraram seu caminho para o produto resultando em uma condição de perturbação de pureza na qual a pureza de produto caiu abaixo da especificação de pureza. Como resultado, a manipulação da válvula de controle de fluxo de refluxo 36 por meio do controlador de predição de modelo 4 somente em virtude da primeira temperatura T_1 sensoreada pelo sensor de temperatura 40 poderia ser ineficaz para impedir a corrente de produto 12 de sair da especificação. Isso é particularmente verdadeiro para colunas de destilação de alta pureza.

Como indicado acima, o controlador de predição de modelo 4 envia os sinais de controle de sinais elétricos 38 e 39 para os controladores de válvula 3a e 3b para manipular a válvula de controle de fluxo de alimentação 30 e a válvula de controle de fluxo de refluxo 36. O controlador de predição de modelo 4 contém um programa de controle de predição de modelo que executa continuamente quando do decurso de um período de tempo ou de uma frequência de controlador. Essa frequência de controlador pode ser tão

pequena quanto um minuto.

Com referência adicional à Figura 3, uma representação gráfica dos eventos ocorrendo no programa de controle de predição de modelo é ilustrada. Nessa representação gráfica, a linha sólida vertical rotulada “Execução de Programa” é uma ordenada no momento da execução do programa indicando a temperatura a ser controlada, por exemplo, T_1 . A abscissa horizontal rotulada “ $k + 1$ ”, $k + 2$ ” etc, representa incrementos de tempo iguais para a frequência de controlador. Abaixo da linha sólida fica uma linha tracejada indicando os movimento de controlador ou percentuais de aberturas de válvulas (“ ΔU ”).

O programa de controle de predição de modelo mantém um conjunto de dados que é continuamente atualizado quando da execução do programa “Execução de Programa”. O conjunto de dados contém registros sobre um período de tempo anterior 46 “Passado”, que é igual a um horizonte de predição 48 “Futuro”. O conjunto de dados registra as posições de válvula 49, por exemplo, da válvula de controle de fluxo de alimentação 30 e da válvula de controle de fluxo de refluxo 36 em execuções de programa anteriores ou em “ $k - 1$ ” etc. Correspondendo a cada uma das posições da válvula de controle de fluxo de alimentação 30 e da válvula de controle de fluxo de refluxo 36, estão as temperaturas preditas 50 e as temperaturas reais 52 correspondentes para a primeira temperatura T_1 também são registradas. Conjuntos semelhantes de temperaturas preditas e reais para T_2 seriam armazenados tanto para a válvula de controle de fluxo de alimentação 30 quanto para a válvula de controle de fluxo de refluxo 36. A diferença entre as temperaturas preditas e reais 50 e 52 é somada para produzir um erro de predição que será examinado aqui.

Com referência à Figura 4, são providos modelos de resposta escalonada 56 e 58 que se referem à primeira variável manipulada da posição de válvula da válvula de controle de fluxo de refluxo 36 para as primeira e

segunda temperaturas T_1 e T_2 que constituem as primeira e segunda variáveis controladas. Os modelos de resposta escalonada 56 e 58 indicam que quando a válvula de controle de fluxo de refluxo 36 é aberta cerca de um por cento, as primeira e segunda temperaturas T_1 e T_2 diminuem de $-17,66^\circ\text{C}$ e $-16,94^\circ\text{C}$, respectivamente, para chegar ao estado estável, sobre o horizonte de predição de cerca de quatro horas. A predição de qualquer temperatura versus a posição de válvula pode ser escalonada. De modo semelhante, a posição da válvula de controle de fluxo de alimentação 30 como uma segunda variável manipulada também é considerada com relação aos modelos de resposta escalonada 60 e 62. Um aumento de um por cento na percentagem de abertura da válvula de controle de fluxo de alimentação 30 aumenta a primeira temperatura T_1 e a segunda temperatura T_2 de $-17,43^\circ\text{C}$ e $-14,72^\circ\text{C}$, respectivamente, sobre o horizonte de predição de quatro horas. O erro de predição, determinado a partir do conjunto de dados descrito acima, é aplicado a ambos os modelos para modificar os modelos durante cada execução como um controle de retroalimentação.

Voltando novamente à Figura 3, durante a execução de programa, a primeira temperatura T_1 real é sensoreada e uma predição de circuito aberto 64 será calculada. A predição de circuito aberto 64 é simplesmente a resposta da variável controlada da temperatura T_2 computada com base em que nenhuma mudança adicional é feita para as posições de válvula. O programa, então, computa um plano de movimento de variável manipulada 66 para a válvula de controle de fluxo de refluxo 36 e um plano de movimento de variável manipulada 68 para a válvula de controle de fluxo de alimentação 30. Esses planos de movimento consistem dos movimentos preditos para a primeira variável manipulada do movimento da válvula de controle de fluxo de refluxo 36 e da segunda variável manipulada do movimento da válvula de controle de fluxo de alimentação 30. Os planos de movimento são otimizados para produzir a predição de circuito fechado 70

que é uma curva ilustrando o movimento predito da primeira temperatura T_1 em resposta aos planos de movimento para permitir a essa primeira temperatura T_1 alcançar um valor alvo que, na prática seria uma variação dos valores sobre o horizonte de predição. Embora não ilustrada, uma ação simultânea seria a de computações de erro de predição, uma predição de circuito aberto e uma predição de circuito fechado para a segunda variável controlada da segunda temperatura T_2 que teria um efeito sobre os planos de movimento 66 e 68.

O primeiro dos movimentos 72 e 74 é transmitido pelo controlador de predição de modelo 4 aos controladores de válvula 3a e 3b que enviam sinais de controle 76 e 78 aos atuadores de válvula 32 e 37 para ajustar de modo apropriado a posição da válvula de controle de fluxo de alimentação 30 e da válvula de controle de fluxo de refluxo 36.

A descrição anterior da operação de um sistema de controle de predição de modelo é uma operação convencional. Entretanto, como mencionado acima, na coluna de destilação 2, dada sua não linearidade, simplesmente controlando a posição da válvula de controle de fluxo de refluxo 36 por meio da primeira temperatura T_1 real não será um método eficaz para controlar a coluna de destilação 2. Portanto, de acordo com a presente invenção, é programada dentro do controlador de predição de modelo 4 uma temperatura de limiar na qual o controlador deve atuar mais agressivamente. Quando a primeira temperatura T_1 está na, ou abaixo da temperatura de limiar, o controlador de predição de modelo 4 simplesmente faz computações das predições de circuito aberto e fechado com base na temperatura real medida como delineado acima. Entretanto, se a primeira temperatura T_1 , como realmente medida, estiver acima da temperatura de limiar, uma temperatura de transformação será usada no controlador de predição de modelo 4 para tornar a operação do controlador de predição de modelo 4 mais agressiva sob as circunstâncias. A temperatura transformada é

computada adicionando-se à temperatura de limiar um primeiro fator de sintonização e uma diferença de temperatura dividida por um segundo fator de sintonização. A diferença de temperatura é obtida subtraindo-se a partir da temperatura corrente, uma temperatura registrada em um tempo de execução anterior do controlador de predição de modelo. Desse modo, o segundo fator de sintonização amplifica o efeito da mudança de temperatura.

Presumindo que a temperatura esteja aumentando, o aumento de temperatura será magnificado pela diferença mencionada anteriormente de modo que a primeira temperatura T_1 que é realmente utilizada no controlador de predição de modelo 4 seja maior do que aquela que é realmente sensoreada pelo sensor de temperatura 40. Entretanto, à medida que a temperatura volta ou começa a diminuir, mais produtos de fundo de coluna de líquido poderiam ser criados para fazer o detector de nível 44 expelir o líquido de produtos de fundo que resultaria em uma perda de produto potencialmente valioso. Portanto, à medida que a temperatura diminui, o cálculo da temperatura de transformação criará uma temperatura mais baixa do que aquela realmente sensoreada pelo sensor de temperatura 40 para ser utilizada pelo controlador de predição de modelo 4. As primeira e segunda constantes de sintonização são experimentalmente determinadas a fim de dar a resposta apropriada para uma coluna particular. Por exemplo, um valor de limiar de 1,0 poderia ser usado inicialmente e, então, apropriadamente sintonizado em linha a fim de se obter a resposta desejada em termos de velocidade. O segundo parâmetro de sintonização de constante pode ser pensado como um parâmetro de “exageração de mudança de inclinação” usado para alterar a inclinação de temperatura entre tempos de execução consecutivos.

Embora não ilustrado, no caso da coluna de destilação 2 ser uma coluna de alta pureza, medidas adicionais poderiam ser tomadas para impedir uma perturbação de especificação de pureza de produto. Por exemplo, temperaturas intermediárias entre T_1 e T_2 e mais próximas às entradas de

alimentação 22 e 28 poderiam ser sensoreadas e usadas para controlar a válvula de controle de fluxo de alimentação 30. Aumentos nessa temperatura poderiam ser utilizados pelo controlador de predição de modelo 4 para voltar para baixo a válvula 30 de modo que menos vapor e menos aquecimento ocorressem dentro da coluna de destilação 2. Controlar desse modo impediria que ocorressem as condições nas quais o controle agressivo da válvula de controle de fluxo de refluxo era necessário.

O problema adicional do sistema de coluna de destilação 2 diz respeito à sintonização do controlador de predição de modelo 4 sob circunstâncias assinaladas acima nas quais duas ou mais variáveis manipuladas têm, cada uma, um efeito sobre duas ou mais variáveis controladas comuns. O controlador de predição de modelo 4 tipicamente terá diversas constantes de sintonização, como supressão de movimento para variáveis manipuladas, parâmetro de custo de otimização de estado estável, igual interesse de erro (ou ponderação de controle) tanto para o estado estável quanto para situações dinâmicas. Entretanto, como cada variável manipulada terá um efeito sobre duas variáveis controladas, se torna um processo difícil e consumidor de tempo sintonizar o controlador de predição de modelo 4. Por exemplo, na sintonização do controlador de predição de modelo 4, programado com os modelos de resposta escalonada ilustrados na Figura 5, o procedimento a seguir seria usado:

1) Para a sintonização de válvula de controle de fluxo de refluxo 36, selecionar somente os parâmetros exigidos para controlar T_1 (notar que o efeito sobre T_2 é alimentado em avanço ao estágio de computação de predição de modelo).

2) De modo semelhante, para a válvula de controle de fluxo de alimentação 30, selecionar somente os parâmetros de sintonização exigidos para controlar somente a temperatura T_2 alimentar em avanço seu impacto sobre T_1 .

Em ambos os exemplos o “desacoplamento de modelo” é aplicado de modo que a sintonização seja implementada como se estivesse negociando com um sistema de circuito múltiplo como oposto a um sistema multivariável.

5 Com referência à Figura 5, foi descoberto ser vantajoso programar o controlador de predição de modelo 4 de modo que uma variável controlada unitária seja relacionada a uma variável manipulada unitária em termos de sintonização. Desse modo, de acordo com um aspecto adicional da presente invenção, o efeito da segunda variável manipulada da posição de
10 válvula da válvula de controle de fluxo de alimentação 30 sobre a primeira variável controlada da primeira temperatura T_1 é utilizada de modo que essa segunda variável manipulada se torne uma primeira variável em avanço de alimentação em um cálculo das predições de circuito aberto e fechado da variável controlada da primeira temperatura T_1 . Desse modo, no cálculo das
15 predições de circuito aberto e fechado para a primeira variável da primeira temperatura T_1 , o modelo de resposta escalonada 56 é usado convencionalmente, enquanto o modelo de resposta escalonada 60 que relaciona a segunda variável manipulada à primeira temperatura T_1 é usado de modo que essa segunda variável manipulada da posição da válvula de
20 controle de fluxo de alimentação 30 seja uma primeira variável de avanço de alimentação nesses cálculos. De modo semelhante, o modelo de resposta escalonada 62 é utilizado convencionalmente e o modelo de resposta escalonada 58 é usado de modo que a posição da válvula de controle de fluxo de refluxo 36 seja usada como uma variável de avanço de alimentação.

25 Uma vez programado, como apresentado acima, o programa de controle de predição de modelo está funcionando de uma maneira na qual o ajuste de uma válvula controla uma temperatura, enquanto o movimento de outra válvula, embora tendo um efeito sobre essa temperatura, não é movido simultaneamente com base nas outras predições de temperatura. A

sintonização do controlador programado dessa maneira foi descoberta ser muito mais simples do que o caso convencional ilustrado na Figura 4. Por exemplo, no caso convencional, se tem de decidir qual temperatura abandonar quando ambas as temperaturas estão escapando da variação de controle (visto que uma variável manipulada pode controlar somente uma variável controlada). Sintonizando parâmetros como supressões de movimento e erros de interesse igual é mais fácil manipular se a forma de modelo é desacoplada via introdução das variáveis de avanço de alimentação como delineado acima. Esse método de operação, por meio do qual uma variável de avanço de alimentação é definida, pode ser usado em qualquer sistema no qual duas variáveis manipuladas afetarão duas variáveis controladas que são comuns. Como pode ser apreciado, isso também poderia ser aplicado a sistemas complexos tendo mais variáveis manipuladas e mais variáveis controladas.

Com referência à Figura 6, a execução do controlador de predição de modelo 4 é ilustrada utilizando-se o modelo da Figura 5. Quando de cada execução do programa, o modelo de resposta escalonada 56 é atualizado com um erro de predição determinado em 80. Ao mesmo tempo, a posição de válvula da válvula de controle de fluxo de refluxo 36 também é conhecida e o modelo de resposta escalonada 60, que serve como uma entrada com base na posição da válvula de controle de fluxo de alimentação 30, é usada como uma variável de avanço de alimentação no cálculo das predições de circuito aberto e fechado em 82 no bloco rotulado “Predição de Trajetória Futura de CV”. O primeiro movimento do plano de movimento computado é, então, transmitido como um sinal elétrico 39 ao controlador de válvula 3b que, por sua vez, envia um sinal de controle 78 ao atuador de válvula 37.

De modo semelhante, com relação à posição da válvula de controle de fluxo de alimentação 30, o modelo de resposta escalonada 62 é atualizado em 84 com um erro de predição. A posição da válvula de controle de fluxo de refluxo 38 e o modelo de resposta escalonada 58 servem como

uma entrada, de modo que a posição da válvula de controle de fluxo de refluxo 38 seja uma variável de avanço de alimentação para produzir as predições de circuito aberto e fechado para a segunda variável controlada da segunda temperatura T_2 que são computadas em 86. O plano de movimento é computado e o primeiro dos movimentos é transmitido por meio de um sinal elétrico 38 como uma entrada para o controlador 3a para manipular a válvula de controle de fluxo de alimentação 30 através da ação do atuador de válvula 32 controlado pelo sinal de controle 76.

Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência a um modo de realização preferido, como ocorrerá àqueles experientes na técnica, numerosas mudanças, omissões e adições podem ser feitas sem se afastar do espírito e do escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar uma coluna de destilação tendo válvulas de controle incluindo uma válvula de controle de fluxo de refluxo para manipular a vazão de refluxo para uma seção de topo da coluna e pelo menos uma entrada para uma alimentação, separada situada abaixo de uma entrada de refluxo para o fluxo de refluxo, a alimentação tendo uma temperatura variável que poderia afetar potencialmente uma primeira temperatura dentro da seção de topo da coluna de destilação sob um aumento na temperatura de alimentação e uma composição variável que também poderia afetar potencialmente a primeira temperatura quando do aumento de componentes menos voláteis dentro da alimentação, caracterizado pelo fato de compreender:

executar repetidamente um controlador de predição de modelo, em uma frequência de controlador;

o controlador de predição de modelo tendo um conjunto de dados, contendo registros sobre um período de tempo anterior igual a um horizonte de predição que inclui posições de válvulas das válvulas de controle, incluindo a válvula de controle de fluxo de refluxo, como variáveis manipuladas e valores reais correspondentes das temperaturas sensoreadas, incluindo a primeira temperatura, como variáveis controladas e valores preditos para as variáveis controladas, o controlador de predição de modelo também sendo programado com modelos de resposta escalonada relacionando as variáveis manipuladas às variáveis controladas;

durante cada execução do controlador de predição de modelo, atualizar o conjunto de dados com os valores correntes reais das variáveis manipuladas, utilizando o conjunto de dados e os modelos de resposta escalonada para calcular erros de predição, aplicando os erros de predição às predições como um desvio, calculando as predições de circuito aberto e fechado sobre o horizonte de predição e obtendo um conjunto de planos de

movimento para movimentos das variáveis manipuladas para minimizar a diferença entre as variáveis controladas e os valores alvo relacionados às variáveis controladas, e gerar sinais referentes aos movimentos iniciais contidos no conjunto dos planos de movimento; e

5 transmitir os sinais para os controladores usados no ajuste das válvulas de controle, para, desse modo, implementar os movimentos iniciais das válvulas de controle;

 uma primeira das variáveis controladas sendo referente à primeira temperatura e tendo um valor que é igual à primeira temperatura, quando a mencionada primeira temperatura está abaixo de uma temperatura de limiar e a um valor transformado, quando a mencionada temperatura está acima da temperatura de limiar, o valor transformado sendo calculado a partir de uma soma da mencionada temperatura de limiar, de um primeiro fator de sintonização e de uma mudança de temperatura dividida por um segundo fator de sintonização usado para amplificar um efeito da mudança de temperatura, a mudança de temperatura sendo computada subtraindo-se da primeira temperatura corrente, a primeira temperatura sensoreada durante uma execução anterior do programa de controle de predição de modelo.

15 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que:

 uma segunda das variáveis controladas é uma segunda temperatura sensoreada em uma seção de fundo da coluna;

 a alimentação é líquida e é, em parte, vaporizada para formar uma alimentação de duas fases consistindo de uma fração vaporizada e de uma fração de líquido da alimentação e uma corrente de produto de fundo de coluna vaporizada, constituída de produtos de fundo de coluna de líquido, é combinada com pelo menos a fração vaporizada da alimentação antes da introdução da alimentação dentro da coluna de destilação e a pelo menos uma entrada para a alimentação fica em uma altura de coluna situada entre a seção

de topo e a seção de fundo da coluna de destilação;

as válvulas de controle também incluem uma válvula de controle de fluxo de alimentação como uma segunda variável manipulada para controlar simultaneamente as vazões do vapor e frações de líquido de modo que um aumento na vazão da fração de vapor resulte em uma diminuição correspondente na vazão da fração de líquido e aumente a primeira temperatura e a segunda temperatura e vice-versa e um aumento na vazão da fração de líquido diminua a primeira temperatura e a segunda temperatura e vice-versa; e

os modelos de resposta escalonada incluem um primeiro modelo de resposta escalonada e um segundo modelo de resposta escalonada relacionando a primeira variável manipulada às primeira e segunda das variáveis controladas e um terceiro modelo de resposta escalonada e um quarto modelo de resposta escalonada relacionando a segunda variável manipulada às primeira e segunda variáveis controladas, respectivamente.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que:

a mencionada pelo menos uma entrada é de duas entradas separadas;

a fração de vapor e a fração de líquido da alimentação são separadamente introduzidas na coluna de destilação através das duas entradas separadas;

a mencionada alimentação é dividida em primeira e segunda correntes subsidiárias, a primeira das correntes subsidiárias é vaporizada e combinada com a corrente de fundo de coluna de líquido vaporizado para formar uma corrente de fração de vapor;

a corrente de fração de vapor é introduzida em uma das duas entradas separadas para introduzir a fração de vapor dentro da coluna de destilação; e

a segunda corrente subsidiária é introduzida dentro da outra das entradas separadas para introduzir a fração de líquido dentro da coluna de destilação.

4. Método de acordo com a reivindicação 2 ou a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que as predições de circuito aberto e fechado são calculadas para a primeira das variáveis controladas e a primeira das variáveis manipuladas através da superposição do primeiro modelo de resposta escalonada e do terceiro modelo de resposta escalonada e com a segunda variável manipulada sendo usada em conexão com o terceiro modelo de resposta escalonada como uma primeira variável de avanço de alimentação e as predições de circuito aberto e fechado sendo calculadas para a segunda variável controlada através da superposição do quarto modelo de resposta escalonada e do segundo modelo de resposta escalonada e com a primeira variável manipulada sendo usada em conexão com o segundo modelo de resposta escalonada como uma segunda variável de avanço de alimentação.

5. Método para controlar um sistema tendo variáveis manipuladas para controlar parâmetros de processo do sistema em resposta a desvios dos parâmetros de processo a partir de valores alvo relacionados ao mesmo, caracterizado pelo fato de:

20 executar repetidamente um controlador de predição de modelo, em uma frequência de controlador;

o controlador de predição de modelo tendo um conjunto de dados, contendo registros sobre um período de tempo anterior igual a um horizonte do estados dos controles como variáveis manipuladas e valores reais correspondentes dos parâmetros de processo como variáveis controladas e valores preditos para as variáveis controladas, o controlador de predição de modelo também sendo programado com modelos de resposta escalonada relacionando as variáveis manipuladas às variáveis controladas;

durante cada execução do controlador de predição de modelo,

- atualizar o conjunto de dados com valores correntes reais das variáveis manipuladas, utilizando o conjunto de dados e os modelos de resposta escalonada para calcular erros de predição, aplicando os erros de predição às predições como um desvio e calculando as predições de circuito aberto e
- 5 fechado sobre o horizonte de predição e obtendo um conjunto de planos de movimento para movimentos das variáveis manipuladas para minimizar a diferença entre as variáveis controladas e os valores alvo relacionados às variáveis controladas, e gerar sinais referentes aos movimentos iniciais contidos no conjunto dos planos de movimento;
- 10 as variáveis controladas incluindo primeira e segunda variáveis controladas, as variáveis manipuladas incluindo uma primeira variável manipulada tendo um efeito sobre as primeira e segunda variáveis controladas e uma segunda variável manipulada também tendo um efeito sobre as primeira e segunda variáveis controladas e os modelos de resposta escalonada
- 15 incluindo primeiro e segundo modelos de resposta escalonada relacionando a primeira variável manipulada às primeira e segunda variáveis controladas, respectivamente, e terceiro e quarto modelos de resposta escalonada relacionando a segunda variável manipulada às primeira e segunda variáveis controladas, respectivamente;
- 20 as predições de circuito aberto e fechado sendo calculadas para a primeira variável controlada e a primeira variável manipulada através da superposição do primeiro modelo de resposta escalonada e do terceiro modelo de resposta escalonada e com a segunda variável manipulada sendo usada em conexão com o terceiro modelo de resposta escalonada como uma primeira
- 25 variável de avanço de alimentação e as predições de circuito aberto e fechado sendo calculadas a segunda variável controlada através da superposição do quarto modelo de resposta escalonada e do segundo modelo de resposta escalonada e com a primeira variável manipulada sendo usada em conexão com o segundo modelo de resposta escalonada como uma segunda variável de

avanço de alimentação; e

transmitir os sinais aos controladores usados no ajuste dos primeiro e segundo controles para implementar os movimentos iniciais dos primeiro e segundo controles.

5 6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que:

o sistema é uma coluna de destilação;

a primeira das variáveis controladas é uma primeira temperatura sensoreada na seção de topo da coluna;

10 a segunda das variáveis controladas é uma segunda temperatura sensoreada na seção de fundo da coluna;

o primeiro dos controles é uma primeira válvula de controle de fluxo para controlar a vazão de refluxo para uma seção de topo da coluna de modo que um aumento na vazão de refluxo diminua tanto a primeira temperatura quanto a segunda temperatura e vice-versa;

15 as frações de vapor e de líquido de uma alimentação a ser destilada dentro da coluna entram na coluna de destilação na altura de coluna situada entre a seção de topo e a seção de fundo da coluna de destilação, a alimentação sendo um líquido que é, em parte, vaporizado para formar a fração de vapor e uma corrente de produto de fundo de coluna vaporizada, constituída de produtos de fundo de coluna de líquido, é combinada com pelo menos a fração de vapor da alimentação antes da sua introdução na coluna de destilação; e

20 o segundo dos controles é uma válvula de controle de fluxo de alimentação para controlar simultaneamente as vazões da fração de vapor e líquido de modo que um aumento na vazão da fração de vapor diminua a vazão da fração de líquido;

um aumento na vazão da fração de vapor aumenta a primeira temperatura e a segunda temperatura e vice-versa.

7. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que:

5 a fração de vapor e a fração de líquido da alimentação são introduzidas separadamente na coluna de destilação através de duas entradas separadas;

a mencionada alimentação é dividida em primeira e segunda correntes subsidiárias, a primeira das correntes subsidiárias é vaporizada e combinada com a corrente de fundo de coluna de líquido vaporizado para formar uma corrente de fração de vapor;

10 a corrente de fração de vapor é introduzida em uma das duas entradas separadas para introduzir a fração de vapor na coluna de destilação; e

a segunda corrente subsidiária é introduzida na outra das duas entradas separadas para introduzir a fração de líquido na coluna de destilação.

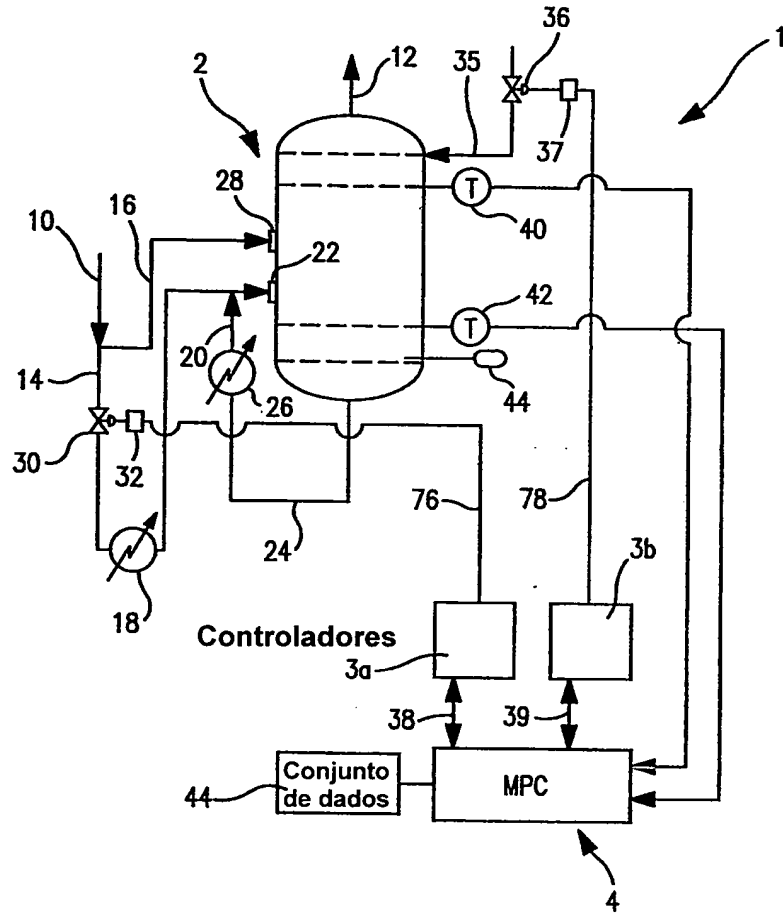


FIG. 1

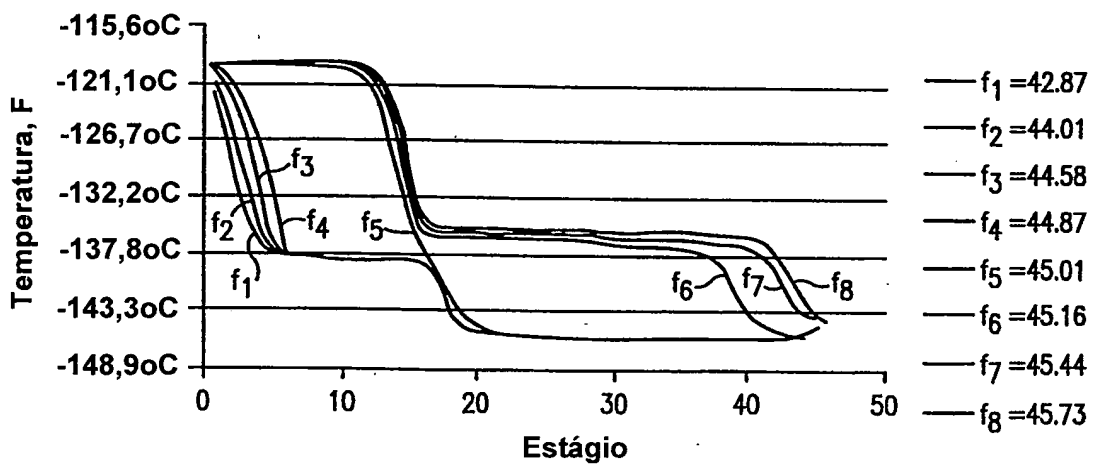


FIG. 2

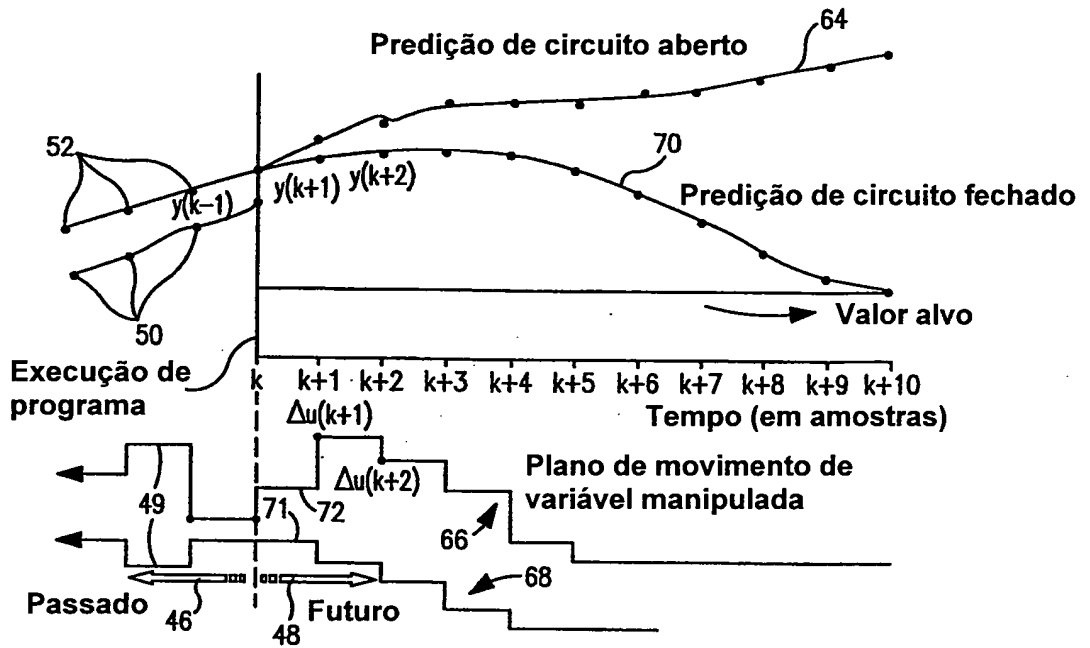


FIG. 3

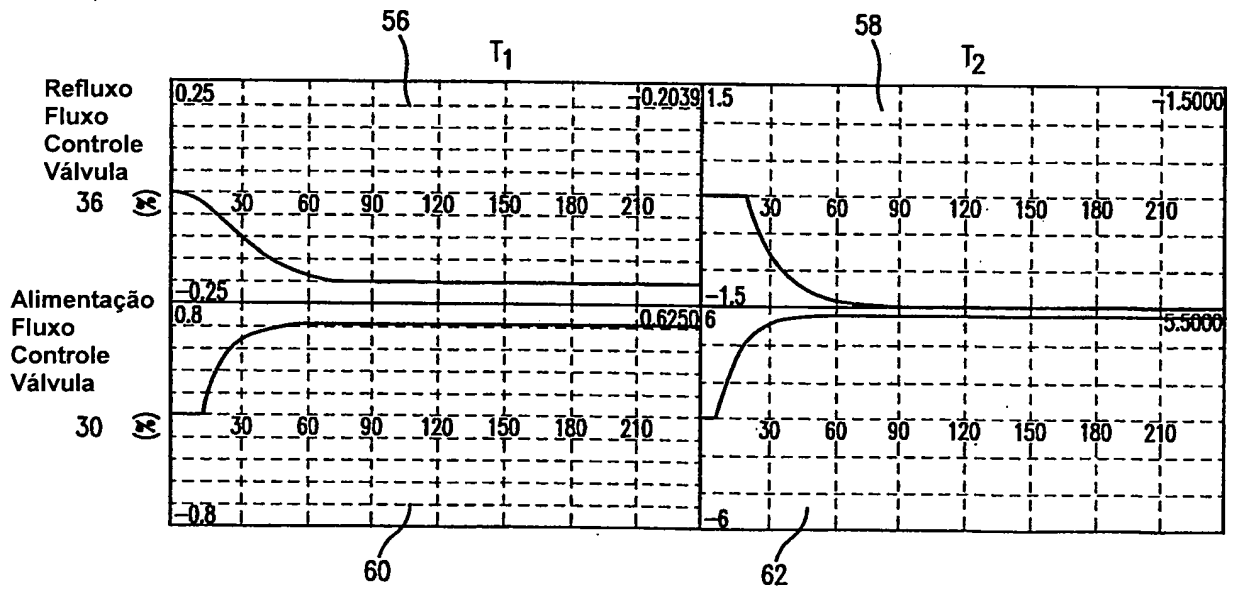


FIG. 4

Técnica Anterior

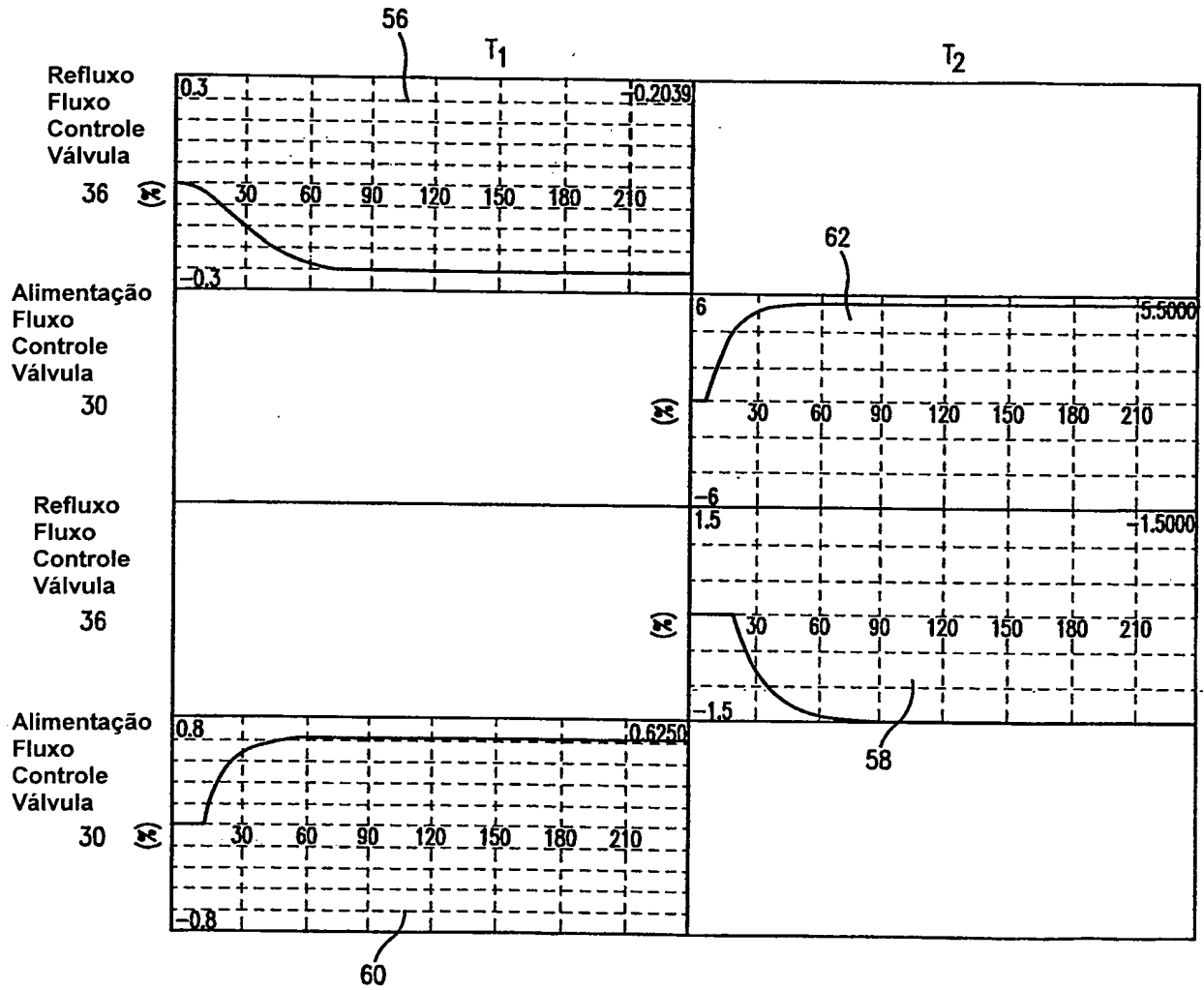


FIG. 5

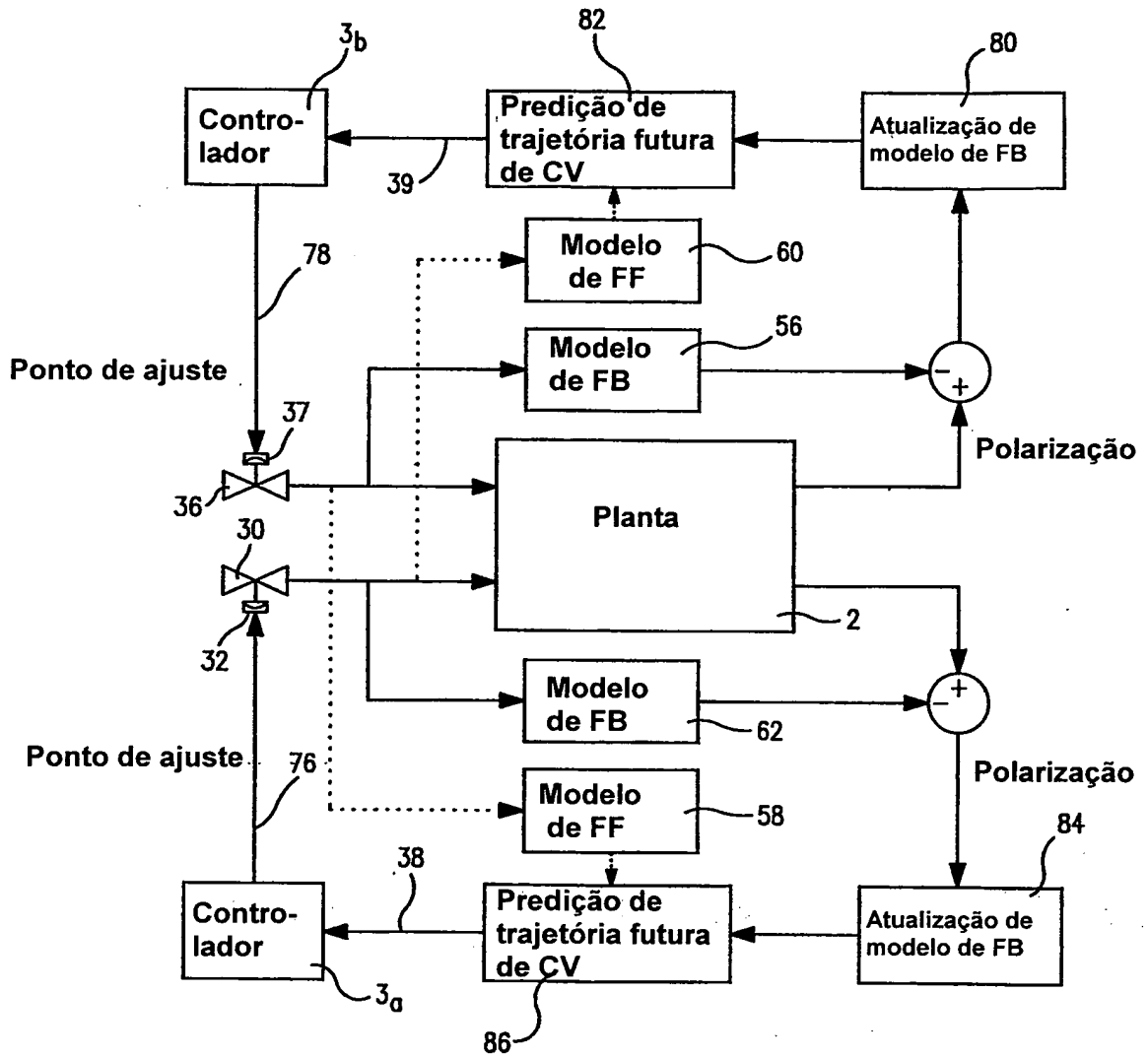


FIG. 6

RESUMO

“MÉTODOS PARA CONTROLAR UMA COLUNA DE DESTILAÇÃO E UM SISTEMA TENDO VARIÁVEIS MANIPULADAS PARA CONTROLAR PARÂMETROS DE PROCESSO DO SISTEMA”

5 Um método para controlar a coluna de destilação na qual uma temperatura sensoreada em uma seção de topo da coluna (2) é magnificada e utilizada dentro do controlador de predição de modelo (4) de modo que o controle seja mais agressivo à medida que as temperaturas aumentem além de uma temperatura de limiar. Adicionalmente, na coluna de destilação (2), ou,
10 de fato, em qualquer outro sistema no qual duas ou mais variáveis manipuladas controlam duas ou mais variáveis controladas comuns, técnicas de modelagem especiais são utilizadas para tornar a sintonização de controlador mais fácil de concluir. Nessas técnicas de modelagem, cada variável manipulada é presumida capaz de ter um efeito sobre uma variável
15 controlada por um modelo de resposta escalonada unitário e outros modelos de resposta escalonada são utilizados de modo que a(s) outra(s) variável(eis) manipulada(s) que também teria(m) um efeito sobre a mesma variável controlada seja(m) levada(s) em conta pelo controlador (4) como variável(eis) de avanço de alimentação.