



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1013236-8 B1



(22) Data do Depósito: 14/01/2010

(45) Data de Concessão: 28/01/2020

(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR PELO MENOS UMA PARTE DE UMA MÁQUINA DE PAPEL

(51) Int.Cl.: D21F 5/00; D21F 5/20; D21G 9/00.

(30) Prioridade Unionista: 04/03/2009 DE 10 2009 011 217.0.

(73) Titular(es): SIEMSENS AKTIENGESELLSCHAFT.

(72) Inventor(es): JOHANNES REINSCHKE; EDGAR FRIES; ALBRECHT SIEBER; FRIEDRICH SPETH.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010050394 de 14/01/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/099994 de 10/09/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 05/09/2011

(57) Resumo: MÉTODO PARA CONTROLAR PELO MENOS UMA PARTE DE UMA MÁQUINA DE PAPEL A presente invenção refere-se a um método e um controlador baseado em modelo para controlar pelo menos uma parte de uma máquina de papel, para uma máquina de papel tendo tal controlador, a um programa de computador para executar o método de acordo com a invenção, e um produto de programa de computador no qual é armazenado o programa de computador de acordo com a invenção. Para alcançar um modo de operação aperfeiçoado e otimizado de uma seção de secagem expandida de uma máquina de papel compreendendo a seção de secagem presente, separada, se aplicável, em seções de pré-secagem e pós-secagem com uma prensa de tamanho situada entre as mesmas, é proposto um sistema de vapor e condensação, um sistema de recuperação térmica de ar de exaustão, uma prensa úmida e água branca um modelo que inclui os componentes do sistema acima, com o qual são calculados os equilíbrios de massa e energia para os componentes de sistema, bem como o consumo específico de energia da seção de secagem, com base nos valores para os parâmetros relevantes para o processo de secagem.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MÉTODO PARA CONTROLAR PELO MENOS UMA PARTE DE UMA MÁQUINA DE PAPEL"**.

[001] A presente invenção refere-se a um método e um controlador baseado em modelo para controlar pelo menos uma parte de uma máquina de papel, para uma máquina de papel tendo tal controlador, para um programa de computador para realizar o método de acordo com a invenção, e um produto de programa de computador no qual é armazenado o programa de computador de acordo com a invenção.

[002] Especificamente na seção de secagem de uma máquina de papel, é necessária uma grande quantidade de energia para secar a trama do papel – um aumento na eficiência de energia da seção de secagem pode ter um efeito significativo nos custos da produção geral. Ocasionalmente, a seção de secagem é também o “gargalo” com respeito à capacidade de produção da instalação, isto é, a capacidade de produção pode ser aumentada por meio de uma secagem aperfeiçoada.

[003] Para economizar energia, é conhecido o uso de controladores inteligentes, como, por exemplo, o “Sistema de Gerenciamento de Secador” de Kadant Johnson, que modela a secagem na seção de secagem existente, compreendendo substancialmente cilindros de secagem e cobertura de secador de uma máquina de papel.

[004] Esta invenção se baseia no objetivo de permitir operação aperfeiçoada ou otimizada de uma “seção de secagem expandida” de uma máquina de papel.

[005] Aqui, “seção de secagem expandida” compreende:

- a seção de secagem “existente, compreendendo substancialmente os cilindros de secagem e cobertura de secador e possivelmente subdividida em seção pré-secadora e seção pós-secadora com prensa de tamanho entre as mesmas;

- se apropriado, a prensa de tamanho;
- o sistema de vapor e condensação;
- a prensa de umidade;
- a água branca, em particular a temperatura da água branca

regulada pelo uso de vapor fresco.

[006] Compreende-se por operação “aperfeiçoada” ou “otimizada” a operação que reduz o consumo específico de energia (= toneladas de vapor por tonelada de papel produzido) e/ou aumenta a capacidade de produção (= toneladas de papel produzidas por hora) e/ou aumenta o índice de produção por um período de tempo mais longo (= toneladas de papel produzidas por semana ou mês). O último critério “aumento do índice de produção” pode ser alcançado pelo aumento da capacidade de produção e/ou aumento do tempo de produção ou da disponibilidade da instalação, isto é, pelo aperfeiçoamento do que é conhecido por “operabilidade”.

[007] Esse objetivo é alcançado por um método para controlar pelo menos uma parte de uma máquina de papel, contendo um modelo em linha das unidades de instalação.

- seção de secagem, possivelmente subdividida em seção pré-secadora e seção pós-secadora com prensa de tamanho situada entre as mesmas,

- sistema de recuperação térmica,
- sistema de vapor e condensação, opcionalmente também contendo um modelo em linha da unidade de instalação

- controle de prensa úmida e/ou
- controle de temperatura de água branca,

em que

- é traçada uma distinção no modelo em linha entre os quatro fluxos de material

- papel úmido

- ar úmido,
- mistura de vapor e condensação de água altamente pura,
- água de processo com diferentes conteúdos de glicol,
- no modelo em linha, é calculado um equilíbrio de massa e energia para todos os fluxos de material em cada caso na
 - seção de secagem,
 - no melhor sistema de recuperação térmica e
 - no sistema de vapor e condensação,
- o consumo específico de energia é calculado dos equilíbrios de massa e energia e
 - são representados os equilíbrios de massa e energia e/ou consumo específico de energia – preferivelmente graficamente e/ou na forma tabular – e/ou exibida.

[008] O método de acordo com a invenção é baseado em um modelo em linha da "seção de secagem expandida" completa com as unidades já mencionadas – até onde as mesmas estão presentes na presente instalação.

[009] O sistema conhecido do estado da técnica apenas modela a secagem na seção pré-secadora e pós-secadora, mas não contém quaisquer modelos nas unidades ou fenômenos que se seguem:

- aquecimento de água branca
- a influência da prensa úmida na secagem da trama do papel,
- sistema de vapor e condensação,
- sistema para recuperação térmica do ar de exaustão úmido.

[0010] O método de acordo com a invenção para controlar pelo menos a seção de secagem (expandida) é, por outro lado, baseado em um modelo de seção pré-secadora e pós-secadora e na prensa de tamanho, na prensa de umidade e no sistema de vapor e condensação, no sistema de recuperação térmica e no aquecimento da água branca, embora possa ser alcançada uma redução adicional no con-

sumo específico de energia apenas por um sistema de controle baseado em modelo do qual o modelo compreende uma parte da instalação (ou tantas quantas partes da instalação) expandida dessa maneira.

[0011] As propriedades dos vários fluxos de material são também incorporadas no modelo. O painel fibroso úmido – que surge no início da fabricação do papel - e o papel úmido são, em cada caso, modelados como uma mistura de fibra e água. As propriedades do ar úmido (ar liberado e ar de exaustão da secagem de papel), do vapor de água altamente pura e mistura condensada e água de processo (possivelmente com adição de glicol) podem, por outro lado, ser também armazenadas, por exemplo, na forma tabular.

[0012] Naturalmente, pode ser aqui alcançada uma redução no consumo específico de energia (=toneladas de vapor por tonelada de papel produzido) não apenas por uma redução no consumo de energia com a mesma capacidade de produção da máquina de papel como também por um aumento na capacidade de produção com o mesmo consumo de energia. Idealmente, ambas as condições podem ser arranjadas para serem atendidas simultaneamente para um consumo de energia específico reduzido, que significa que é alcançado uma capacidade de produção mais alta com um uso mais baixo de energia.

[0013] O método de acordo com a invenção pode ser usado para cálculos “o que, quando?” fora de linha. Por meio de cálculo dos respectivos equilíbrios de massa e energia e do consumo de energia específico, os efeitos de uma alteração no consumo de energia podem ser simulados em uma maneira direta.

[0014] Os equilíbrios de massa e energia calculados e/ou o consumo de energia específico associado são exibidos – em particular por meio de uma representação gráfica ou tabular. Aqui, a unidade física pode ser vantajosamente escolhida pelo usuário, isto é, se um fluxo de

massa específico deve ser exibido em toneladas por hora ou em quilogramas por segundo.

[0015] Para a representação gráfica, os valores calculados são vantajosamente carregados em uma representação esquemática da parte ou partes da instalação da máquina de papel relativa aos valores a serem representados na adjacência imediata do componente relevante. Por meio dessa associação, os resultados (parciais) relevantes para o respectivo componente, por exemplo, a prensa de tamanho, pode ser vista por um observador “de imediato”.

[0016] Para aperfeiçoar a clareza da representação gráfica, é também vantajoso representar apenas uma seleção – a ser feita pelo operador – dos resultados. Por exemplo, apenas os resultados da seção de pré-secadora e pós-secadora e do tamanho e prensa de umidade relativa à umidade de papel podem ser exibidos em uma primeira visualização, os resultados relativos ao “hood air” podem ser exibidos em uma segunda visualização, e os resultados relativos à aplicação do tamanho podem ser exibidos em uma terceira visualização. Em visualizações adicionais, os resultados, por exemplo, para o sistema de vapor e condensação da seção de pré-secadora e pós-secadora, respectivamente, podem ser exibidos nos desenhos esquemáticos apropriados.

[0017] Aqui, não é necessário que os resultados sejam registrados nos desenhos como um valor absoluto, os mesmos podem ser também representados graficamente, por exemplo, na forma de um diagrama de barra, ou relacionar em termos de porcentagem aos valores reais vigentes da máquina de papel, por exemplo, cálculos “o que – se?”.

[0018] Em uma forma vantajosa da configuração, os valores são calculados para o “papel úmido” do fluxo do material com relação aos parâmetros compreendendo temperatura, fluxo de massa, umidade

absoluta, umidade relativa; para o “ar úmido” do fluxo do material com relação aos parâmetros compreendendo temperatura, fluxo de volume, fluxo de massa, fluxo de energia, umidade absoluta, umidade relativa, ponto de orvalho; para o “vapor e condensação” do fluxo de material com relação aos parâmetros compreendendo temperatura, pressão, porcentagem de vapor, fluxo de massa, fluxo de energia, para a “água de processo” do material com relação aos parâmetros compreendendo temperatura, fluxo de massa e fluxo de energia. É particularmente vantajoso se, além dos resultados representados – os equilíbrios de massa e energia e/ou consumo de energia específico – e ainda variáveis adicionais, como, por exemplo, temperatura e densidade da trama do papel a ser secado, sejam também incorporadas na representação - seja gráfica ou na forma de uma visão geral tabular. Do mesmo modo, é particularmente vantajoso se for considerado o fato de que a seção pré-secadora e/ou pós secadora compreende normalmente uma pluralidade de grupos de acionamento, em cada caso um equilíbrio de massa e energia sendo calculado para cada grupo de acionamento. Portanto, a invenção não apenas permite a detecção de economias potenciais como também leva a um aperfeiçoamento na compreensão da instalação. Aqui, uma visão geral da instalação ajuda a identificar ou diagnosticar unidades que estejam danificadas ou poderiam ser reparadas (como, por exemplo, cambiadores térmicos se tornando bloqueados), instrumentação defeituosa (por exemplo, medição de pressão de fluxo e diferencial em uma válvula não se equiparando uma à outra) ou operação desfavorável (por exemplo, quando as válvulas de desvio de fluxo que deveriam ser fechadas durante a produção normal estão abertas).

[0019] Em uma modalidade também vantajosa, um valor computado de pelo menos um parâmetro no modelo em linha é atribuído para o valor medido de um sensor associado e o modelo em linha é adaptado

por meio de uma comparação entre o valor computado e o valor medido. Por exemplo, o coeficiente de transferência de massa na equação Stefan é adaptado, de maneira que a unidade de papel calculada e medida após a seção de secagem estejam de acordo.

[0020] Em uma modalidade também vantajosa, as influências específicas de máquina na secagem de uma trama de papel de pelo menos um dos parâmetros compreendendo temperatura e umidade do ar de alimentação do processo, temperatura e umidade do ar de exaustão do processo, temperatura da água branca, velocidade de máquina, pressões de vapor nos grupos de vapor principal e pressões diferenciadas relacionadas aos grupos de vapor secundário e valores nominais são calculadas para pelo menos um desses parâmetros. Portanto, usando o método de acordo com a invenção, as variáveis tais como aquelas mencionadas podem ser ajustadas otimamente. Dependendo do nível de equipamento da máquina de papel, é também possível – se presente – por exemplo, ser considerado ou ajustado o uso de uma caixa de ventilador de vapor na prensa de umidade. As chamadas “interrupções na trama de papel ocorrem geralmente na “seção de secagem expandida” que, de acordo com a definição acima, também inclui a prensa úmida e a prensa de tamanho além da seção de secagem existente. Como resultado da “operabilidade” aperfeiçoada, o número de interrupções pode ser reduzido e, portanto, o tempo de produção pode ser aumentado e o índice de produção pode ser elevado.

[0021] Em uma modalidade também vantajosa, o valor de pelo menos um parâmetro é fixo, e para os parâmetros cujos valores não são fixos, são determinados valores nominais por meio de um algoritmo de otimização. O algoritmo de otimização pode otimizar uma média ponderada entre o consumo de energia específico e a capacidade de produção. Dessa maneira, podem ser perseguidos simultaneamente dois importantes objetivos na fabricação de papel – aumento da efi-

ciência de energia e capacidade de produção em uma maneira equilibrada. Alternativamente, o consumo de energia específico ou a capacidade de produção pode ser também otimizada em cada caso por iniciativa própria.

[0022] Em uma modalidade também vantajosa, é predefinida uma variação de valor para pelo menos um dos parâmetros, no qual uma série de valores que podem ser predefinidos é fixada sucessivamente, e para os parâmetros cujos valores não são fixos, para cada valor na variação de valor, em cada caso os valores nominais são determinados por meio de algoritmo para otimizar uma média ponderada entre o consumo de energia específico e a capacidade de produção. Dessa maneira, podem ser feitas “sugestões” para a variação do valor geral em uma etapa. Além disso, um operador (gerente de instalação) pode desse modo facilmente detectar os efeitos que as alterações em um parâmetro nos valores nominais calculados de outros parâmetros.

[0023] Em uma modalidade também vantajosa, os valores nominais são calculados em intervalos de tempo regulares ou mediante uma solicitação de um gerente de instalação. Os intervalos de tempo podem depender das dinâmicas do processo da parte modelada da instalação e são tipicamente entre 10 e 60 segundos, especificamente 30 segundos.

[0024] Em uma modalidade também vantajosa, pelo menos um valor nominal é predefinido em um elemento de acionamento atribuído ao parâmetro apropriado ou um dispositivo de controle associado de um DCS (“Sistema de Controle Distribuído”) de uma máquina de papel. Portanto, o método de acordo com a invenção pode não apenas “sugerir” valores nominais otimizados, que podem, por exemplo, ser confirmados por um gerenciador de instalação ou meramente aceitos como uma orientação, mas podem ser usados diretamente como um “método de controle” com respeito aos valores nominais calculados.

Aqui, os valores nominais podem ser diretamente predefinidos para um elemento de acionamento apesar de que, como uma regra, os mesmos são fornecidos para um dispositivo de controle que pertence ao DCS.

[0025] Em uma modalidade também vantajosa, é calculada uma variação além do tempo de pelo menos um valor nominal com o auxílio de um algoritmo de otimização de predição de modelo. Isso se refere principalmente a alteração de grau e interrupção de valores nominais, que significa que podem ser alcançados aceleração das alterações de grau e início de paradas os tempos de interrupção seguintes. Especificamente, a temperatura dos cilindros de secagem na seção de secagem existente pode ser alterada e/ou reajustada apenas relativamente lenta. O encurtamento do tempo de reajuste de um grau para o seguinte, e também a otimização valores nominais de interrupção para ser capaz de reiniciar o mais rápido possível e ao mesmo tempo mantendo as perdas de energia durante o tempo de interrupção o mais baixo possível, são também meios de elevar o índice de produção e reduzir o consumo de energia específico.

[0026] Em uma modalidade também vantajosa, os limites da instalação ou os limites do valor do parâmetro são gerados das variáveis calculadas ou das variáveis derivadas de um modelo em linha e/ou são fixamente predefinidos e/ou predefinidos pelo gerente de instalação ou considerados ao calcular um valor nominal. As variáveis derivadas do modelo em linha são, por exemplo, temperaturas de ponto de orvalho. A consideração desses valores de limitação pode, dentre outras coisas, assegurar que os valores nominais calculados podem ser também implementados na máquina de papel presente.

[0027] Em uma modalidade também vantajosa, pelo menos um sensor atribuído a um parâmetro mede o valor do parâmetro e, na eventualidade de um desvio do valor medido do valor computado do

parâmetro, transfere um sinal de alerta. Dessa maneira, é alcançado o monitoramento da instalação estendida, por exemplo, se as válvulas que deveriam ser fechadas durante a operação normal estão abertas. Se for esse o caso, por exemplo, pode ser transferida para uma unidade de exibição uma mensagem de texto enfatizando visualmente “Válvula aberta!”. São ainda alternativa ou adicionalmente concebíveis outras formas de geração de sinal visual ou acústico, que podem ser também comutadas em uma maneira graduação, dependendo da diferença entre o valor medido e o valor computado, de maneira que, na eventualidade de uma grande discrepância que poderia apontar para um defeito, “o alarme toque um sino” literalmente. Dessa maneira, o método de acordo com a invenção não apenas assegura a manutenção das economias detectadas ou calculadas por meio de monitoramento dos valores medidos como também assegura aumento de segurança durante a operação da máquina de papel.

[0028] Os controladores para grandes instalações, compreendendo uma pluralidade de partes – tais como máquinas de papel – são geralmente construídos em vários estágios. Esses são normalmente controladores subordinados, para os quais os valores nominais são predefinidos por um dispositivo de ordem mais alta. Aqui, os valores nominais podem ser valores nominais momentaneamente aplicáveis ou funções de tempo (variações de valor nominal).

[0029] Como uma regra, são conhecidos valores nominais de cálculo de sistemas de 2 Níveis por meio de algoritmos de otimização em linha, sucessivamente, retroceder em modelos em linha da instalação a ser controlada. Os modelos em linha são frequentemente modelos físicos matemáticos. Em alguns casos, os modelos são dotados de parâmetros que não podem mais praticamente ser modelados fisicamente, mas devem ser determinados empiricamente. Exemplos de tais parâmetros são coeficientes de transferência térmica, valores de

fricção e coisa parecida. Os parâmetros empíricos estão geralmente presentes durante a fase de comissionamento – até certo ponto determinados nas medições adicionais fora de linha – e adaptados durante a operação da instalação e/ou exibidos por modelos empíricos (adaptáveis). Um exemplo de tais modelos empíricos adaptáveis é rede neural.

[0030] Um controlador de acordo com a invenção de uma máquina de papel de acordo com a invenção representa tal sistema de Nível 2. O método de acordo com a invenção pode ser parte de um método de operação geral funcionando no controlador.

[0031] Por meio do método de acordo com a invenção, os cálculos de otimização fora de linha relacionados à representação específica da instalação das influências específicas da máquina de papel específica podem ser realizados em uma maneira direta. Especificamente, se forem incorporadas variáveis adicionais na representação dos resultados, o sistema de Nível 2 baseado em modelo de acordo com a invenção pode ser também usado como um sensor suave para exibir valores não mensuráveis. A invenção, portanto, não apenas permite a detecção de economias potenciais como também leva a uma compreensão aperfeiçoada da instalação.

[0032] Se o sistema de Nível 2 for conectado em linha à máquina de papel, podem também ser ajustados os valores benéficos para os parâmetros por meio do controlador na máquina de papel.

[0033] Vantajosamente, pelo menos um valor nominal é automaticamente predefinido para um elemento de acionamento atribuído ao parâmetro correspondente ou ao dispositivo de controle associado da máquina de papel. Portanto, o sistema de Nível 2 pode ser usado não apenas como um “sistema de sugestão”, mas também como um “sistema de controle” com relação aos valores nominais calculados por meio do algoritmo para otimizar uma média ponderada entre o consu-

mo de energia específico e a capacidade de produção. Aqui, os valores nominais podem ser predefinidos diretamente para um elemento de acionamento, mas, como uma regra, os mesmos são fornecidos para um dispositivo de controle pertencente ao DCS.

[0034] Esses dispositivos de controle podem ser construídos como controladores baseados em modelo, que determinam sua variável de acionamento pelo uso de um modelo da seção de controle controlada por meio disso. Os controladores baseados em modelo podem também ser construídos, por exemplo, como controladores previsíveis de modelo que, como tais, são geralmente conhecidos (vide, por exemplo, o artigo técnico “Modellbasierte prädiktive Regelung in der industriellen Praxis” que apareceu no *Automatisierungstechnik*, volume 54 (2006), Edição 12, páginas 590 a 601). Se a modelagem física não for possível ou não for prática para parte da instalação (por exemplo, o esforço requerido para isso for alto demais), Os sistemas de “Controle de Processo Avançado” são usados no estado da técnica, que têm a forma de controladores previsíveis de modelo (MPC) e que são baseados em modelos de processo dinâmico determinados completamente empiricamente. Como uma regra, a identificação desses modelos é realizada fora de linha ou em uma fase de calibragem, mas não durante operação contínua. Contudo, são também conhecidos métodos de identificação em linha.

[0035] Pelo menos a seção de secagem expandida da máquina de papel é controlada pelo sistema de Nível 2, “controlada” sendo aqui usada no contexto da presente invenção no sentido geral de “controlado. Deveria, portanto, permanecer aberto se o controle é implementado no sentido mais restrito ou regulamento. Além disso, a configuração dos controladores subordinados no contexto da presente invenção é de menor importância. Os mesmos podem ser controladores simples, por exemplo, ou controladores cascadeados. É também possível

uma configuração como um sistema de controle distribuído (DCS).

[0036] O sistema de Nível 2 de acordo com a invenção pode, portanto, ser usado tanto nos cálculos “o que então?” fora de linha quanto também ligado em linha e, por exemplo, predefinir valores nominais para elementos de acionamento relevantes em intervalos de tempo regular (por exemplo, a cada 30 segundos) no sistema DCS/QCS (QCS = sistema de controle de qualidade).

[0037] Dependendo da forma da configuração da invenção, podem ser alcançados pelo menos dois dos objetivos que se seguem:

- diminuir o consumo de energia específico,
- aumentar a capacidade de produção,
- aumentar os tempos de produção do índice de produção,
- acelerar as alterações de grau e iniciar após paradas ou tempos de interrupção,
- visão geral aperfeiçoada,
- diagnosticar o estado da instalação com saída de alarmes,
- analisar a operação de instalação com a exibição de limites e/ou alarmes de instalação.

[0038] Em seguida, a invenção será descrita e explicada mais detalhadamente usando as modalidades exemplificativas ilustradas nas figuras, nas quais:

[0039] a Figura 1 ilustra uma representação esquemática das partes modeladas da instalação de uma máquina de papel,

[0040] a Figura 2 ilustra uma representação diagramática do método de acordo com a invenção.

[0041] A Figura 1 ilustra uma representação esquemática de uma máquina de papel 1, a representação sendo limitada às partes da instalação que são essenciais para a invenção. Essas são, primeiramente, a seção de secagem 2 com seção pré-secadora 3, seção pós-secadora 4 e prensa de tamanho 5, a influência da prensa de unidade

6 ou a secagem da trama de papel 13 sendo também modelada do mesmo modo. Além disso, a seção de secagem 2 inclui um sistema de recuperação térmica 7 e um sistema de vapor e condensação 8. Todas as partes da instalação podem ter uma pluralidade de sensores 9 para coletar uma variação extremamente ampla dos valores medidos (dentre outros para os parâmetros calculados no método de acordo com a invenção), apenas um sensor 9 no sistema de recuperação térmica 7 sendo representado na figura. Os sensores 9 fornecem os valores medidos para um controlador 14 da máquina de papel 1, que tem meio adequado 12 – como, por exemplo, meio de entrada e saída, memória de funcionamento, processador, etc. – para realizar o método de acordo com a invenção. As partes da instalação podem também ser dotadas dos elementos de acionamento 10, que podem ser acionadas pelo controlador 14 ou diretamente ou por via de um dispositivo de controle de ordem mais alta 11. A forma precisa da configuração dos dispositivos de controle 11 – por exemplo, como controladores de modelo previsível – não é importante para o ensinamento da invenção. Do mesmo modo, os valores nominais a serem predefinidos para os elementos de ajuste 10 pelo controlador 14 podem ser transferidos, por exemplo, em intervalos de tempo regular (por exemplo, cada 30 segundos), para um DDCS/QCS (“Sistema de Controle Distribuído / Sistema de Controle de Qualidade”).

[0042] A seção pré-secadora 3 e a seção pós-secadora 4 são usualmente dotadas de uma pluralidade de grupos de secagem (cilindros de secagem de um vapor ou grupo de vapor têm a mesma pressão de vapor, para a qual é calculado um equilíbrio de massa e energia, vantajosamente individualmente em cada caso. Embora seja do mesmo modo vantajoso, além dos equilíbrios de massa e energia calculados e o consumo de energia específico, para incorporar variáveis adicionais na representação dos resultados, é preferido, por razões de

clareza, não exibir todos os resultados em uma representação, mas oferecer a um usuário uma pluralidade de visualizações, na qual em cada caso é apresentado apenas um extrato. Aqui, uma pluralidade de visualizações pode também se referir à mesma parte da instalação, por exemplo, em uma representação de seção pré-secadora 3, prensa de tamanho 5 e seção pós-secadora 4, uma visualização pode se referir aos resultados (e possivelmente variáveis adicionais) relacionados à trama de papel 13, uma para o “hood air” e uma adicional para a aplicação do tamanho.

[0043] A Figura 2 ilustra o funcionamento fundamental do método de acordo com a invenção em um diagrama. Aqui, os parâmetros 15 relevantes para a secagem de uma trama de papel são inseridos em um modelo 17 da seção de secagem de uma máquina de papel. O modelo 17 considera as influências específicas da máquina de papel dos parâmetros 15 e, para os parâmetros 15 calcula os valores 16 e, para as partes individuais da instalação, em cada caso calcula pelo menos um equilíbrio de massa e energia 20 e então, do último, o consumo de energia específico 21.

[0044] Por meio de um algoritmo de otimização 18, começando, por exemplo, dos valores calculados 16 – é também possível calcular os valores nominais 19, que são então, por exemplo, transferidos do controlador 14 para um dispositivo de controle 11 associado ao respectivo valor nominal (ou o parâmetro correspondente), vide Figura 1. A representação dos resultados 20, 21 pode então ser realizada em forma tabular ou graficamente – conforme já descrito acima.

[0045] Em resumo, a invenção se refere a um método e a um controlador baseado em modelo para controlar pelo menos uma parte de uma máquina de papel, para uma máquina de papel tendo tal controlador, para o programa de computador para realizar o método de acordo com a invenção, e para o produto de programa de computador no

qual o programa de computador de acordo com a invenção é armazenado. Para permitir operação aperfeiçoada ou otimizada de uma “seção de secagem expandida” de uma máquina de papel - compreendendo a seção de secagem “presente”, possivelmente subdividida em seção pré-secadora e seção pós-secadora com prensa de tamanho situada entre as mesmas, um sistema de vapor e um sistema de condensação, um sistema de recuperação térmica, uma prensa de umidade e a água branca – é proposto um modelo cobrindo as partes anteriormente mencionadas da instalação, por meio do qual, usando os valores dos parâmetros relevantes para a secagem, são calculados os equilíbrios da massa e energia para as partes da instalação e também do consumo de energia específico na seção de secagem.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar pelo menos uma parte de uma máquina de papel (1), contendo um modelo em linha das unidades de instalação,

- seção de secagem (2), possivelmente subdividida em seção pré-secadora (3) e seção pós-secadora (4) com prensa de tamanho (5) situada entre as mesmas,

- sistema de recuperação térmica (7),

- sistema de vapor e condensação (8),

- contendo também opcionalmente a unidade de instalação de prensa de umidade (6),

- contendo também opcionalmente a unidade de instalação do controle de temperatura da água branca,

sendo que apresenta as etapas de,

- diferenciar no modelo em linha entre os quatro fluxos de material,

- papel úmido

- ar úmido,

- mistura de vapor e condensação de água altamente pura,

- água de processo com diferentes conteúdos de glicol,

- calcular no modelo em linha um equilíbrio de massa e energia (20) para todos os fluxos de material respectivamente,

- na seção de secagem (2),

- no sistema de recuperação térmica (7) e

- no sistema de vapor e condensação (8),

- calcular dos equilíbrios de massa e energia (20) o consumo específico de energia (21), e

- exibir os equilíbrios de massa e energia (20) e/ou consumo específico de energia (21),

caracterizado pelo fato de que o valor (16) de pelo menos

um parâmetro (15) é fixado e, para os parâmetros (15) cujos valores (16) não sejam fixados, são determinados valores nominais (19) por meio de um algoritmo de otimização (18), especialmente para a otimização de uma média ponderada entre o consumo de energia específico (21) e a capacidade de produção.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, os valores (16) são calculados,

- para o fluxo de material “papel úmido” com relação aos parâmetros (15) compreendendo,

- temperatura
- fluxo de massa,
- umidade absoluta,
- umidade relativa,

- para o “ar úmido” do fluxo do material com relação aos parâmetros (15) compreendendo,

- temperatura
- fluxo de volume,
- fluxo de massa,
- fluxo de energia,
- umidade absoluta,
- umidade relativa,
- ponto de orvalho,

- para o “vapor e condensação” do fluxo de material com relação aos parâmetros (15) compreendendo,

- temperatura,
- pressão,
- porcentagem de vapor,
- fluxo de massa,
- fluxo de energia,

- para “água de processo” do fluxo de material com relação

aos parâmetros (15) compreendendo,

- temperatura,
- fluxo de massa,
- fluxo de energia.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que,

- um valor computado de pelo menos um parâmetro (15) no modelo em linha é atribuído ao valor medido de um sensor associado (9) e

- o modelo em linha é adaptado por meio de uma comparação entre valor computado e valor medido.

4. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que,

- a máquina de papel específica influencia na secagem de uma trama de papel (13) de pelo menos um dos parâmetros (15) compreendendo

• temperatura e umidade do ar de alimentação do processo,

• temperatura e umidade do ar de exaustão do processo,
• temperatura da água branca,
• velocidade de máquina,
• pressões de vapor nos grupos de vapor principais e
• pressões diferenciais relativas aos grupos de vapor secundários são modeladas e

- os valores nominais (19) são calculados para pelo menos um desses parâmetros (15).

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que para pelo menos um dos parâmetros (15) é predefinida uma variação de valor, dentro da qual um número de valores que podem ser predefinidos (16) é fixado sucessiva-

mente, e para os parâmetros (15) os valores (16) que não são fixos, para cada dos valores (16) dentro da variação de valor, em cada caso os valores nominais (19) são determinados por meio de um algoritmo para otimizar um média ponderada entre o consumo específico de energia (21) e o capacidade de produção.

6. Método de acordo com a reivindicação 4 ou 5, caracterizado pelo fato de que os valores nominais são calculados em intervalos de tempo regulares ou mediante uma solicitação de um gerente de instalação.

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 4 a 6, caracterizado pelo fato de que pelo menos um valor nominal (19) é automaticamente predefinido para um elemento de acionamento (10) atribuído para o parâmetro apropriado (15) ou um dispositivo de controle associado (11) de um DCS ("Sistema de Controle Distribuído") da máquina de papel (1).

8. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 4 a 7, caracterizado pelo fato de que uma variável além do tempo de pelo menos um valor nominal (19) é calculada com o auxílio de um algoritmo de otimização preditiva de modelo.

9. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações de 4 a 8, caracterizado pelo fato de que os limites de instalação ou limites do valor de parâmetro

- são gerados das variáveis calculadas ou das variáveis derivadas do modelo em linha e/ou

- são fixamente predefinidas e/ou

- são predefinidas pelo gerente de instalação

e esses limites de instalação ou limites de valor de parâmetro são considerados ao calcular um valor nominal (19).

10. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que pelo menos um sensor (9)

atribuído a um parâmetro (15) mede o valor do parâmetro e sendo que, na eventualidade de um desvio do valor medido do valor computado (16) do parâmetro (15), é emitido um sinal de alarme.

FIG 1

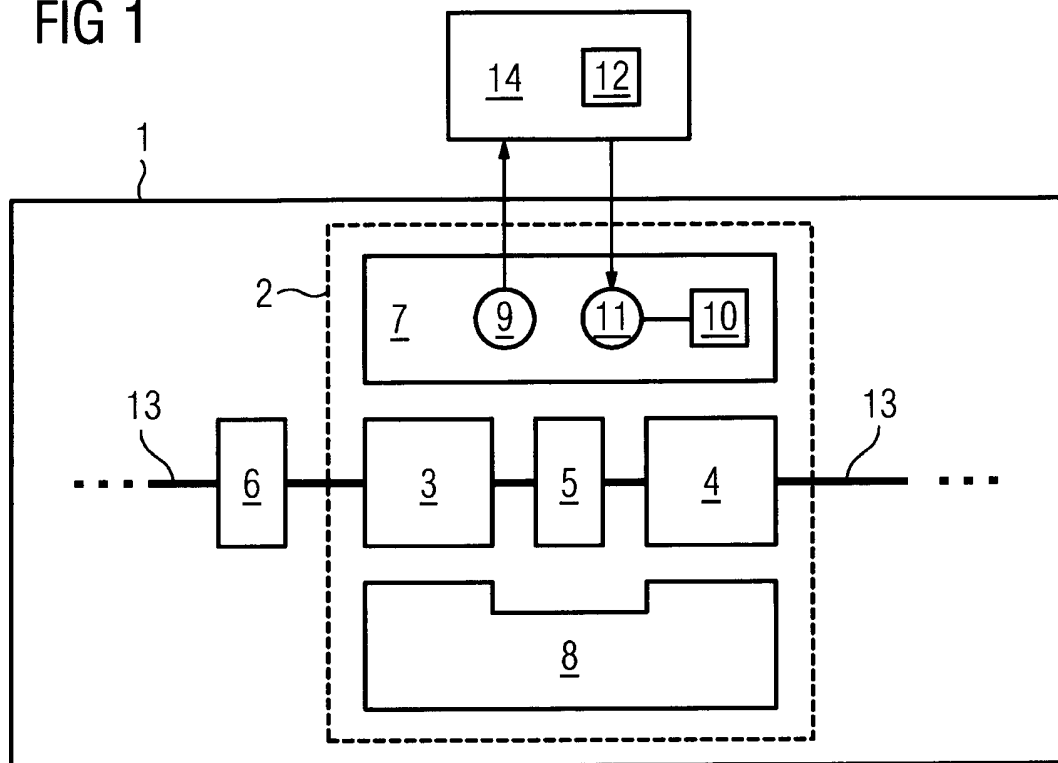


FIG 2

