



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

(11) PI 0918192-0 B1



(22) Data do Depósito: 23/12/2009

(45) Data de Concessão: 03/03/2022

(54) Título: METODO PARA O CONTROLE OU REGULAGEM DE UMA ESTAÇÃO DE AR COMPRIMIDO E DISPOSITIVO DE CONTROLE DE UMA ESTAÇÃO DE AR COMPRIMIDO

(51) Int.Cl.: F04C 28/02; F04B 49/06; G05B 17/02.

(30) Prioridade Unionista: 23/12/2008 DE 10 2008 064 491.9.

(73) Titular(es): KAESER KOMPRESSOREN SE.

(72) Inventor(es): FLORIM WAGNER; GEORG FREY.

(86) Pedido PCT: PCT EP2009067838 de 23/12/2009

(87) Publicação PCT: WO 2010/072803 de 01/07/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 22/06/2011

(57) Resumo: MÉTODO PARA O CONTROLE OU REGULAGEM DE UMA ESTAÇÃO DE AR COMPRIMIDO E DISPOSITIVO DE CONTROLE DE UMA ESTAÇÃO DE AR COMPRIMIDO. Método para o controle ou regulagem de uma estação de ar comprimido (1), a qual compreende pelo menos uma pluralidade de compressores (2) conectados entre si, o qual pode implementar, através de um dispositivo de controle (3), tanto estratégias de comutação para influenciar uma quantidade de um fluido comprimido disponibilizado a cada momento para um ou mais usuários da estação de ar comprimido na estação de ar comprimido, como também ajustar adaptativamente a quantidade de fluido comprimido, disponível a cada momento na estação de ar comprimida para um ou vários usuários, às condições de funcionamento futuras da estação de ar comprimido na extração de fluido comprimido da estação de ar comprimido, sendo que, antes de ser implementar uma estratégia de comutação, são verificadas diferentes estratégias de comutação em um processo de pré-simulação com base em um modelo da estação de ar comprimido e, a partir das estratégias de comutação verificadas com base no mínimo em critério de qualidade definido, é selecionada a estratégia de comutação relativamente mais vantajosa e a estratégia de comutação selecionada é enviada ao dispositivo de controle (...).

"MÉTODO PARA O CONTROLE OU REGULAGEM DE UMA ESTAÇÃO DE AR COMPRIMIDO E DISPOSITIVO DE CONTROLE DE UMA ESTAÇÃO DE AR COMPRIMIDO"

Campo da invenção

[0001] A invenção refere-se a um processo para o controle e regulagem de uma estação de ar comprimido, a qual compreende pelo menos uma pluralidade de compressores conectados entre si, particularmente de especificações técnicas diferentes, e outros dispositivos opcionais da pneumática, o qual pode influenciar, particularmente em ciclos de controle assim como em estratégias de comutação, por meio de um dispositivo de controle eletrônico, uma quantidade de um fluido comprimido disponível para um ou mais usuários em uma estação de fluido comprimido, assim como também ajustar adaptativamente a quantidade de fluido comprimido disponível em uma estação de ar comprimido, para um ou vários usuários, às condições de funcionamento futuras da estação de ar comprimido considerando a quantidade de extração de fluido comprimido da estação de ar comprimido.

[0002] Além disso, a presente invenção refere-se a um método para o controle ou regulagem de uma estação de ar comprimido, a qual compreende pelo menos uma pluralidade de compressores conectados entre si, particularmente de especificações técnicas diferentes, e outros dispositivos pneumáticos diferentes opcionais, sendo que o método, o qual é implementado em um controle eletrônico de uma estação de ar comprimido, trata informações sobre grandezas de estado essenciais da estação de ar comprimido como informação de entrada, e emite, como saída, comandos de controle para o controle de pelo menos alguns compressores e outros

componentes opcionais da estação de ar comprimido, conforme a reivindicação independente 34.

[0003] Ademais, a presente invenção refere-se a um dispositivo de controle de uma estação de ar comprimido.

Antecedentes da invenção

[0004] A utilização de estações de ar comprimido tem-se estabelecido em muitos ambientes industriais e também privados. A disponibilização de grandes quantidades de fluido comprimido é indispensável, por exemplo, em instalações de fabricação industriais não somente para a operação de dispositivos hidráulicos, mas também para a disponibilização de fluido comprimido em regiões de reação química assim como também em ambientes de fabricação física que fazem uso do mesmo. Estações de ar comprimido, as quais compreendem tipicamente pelo menos uma pluralidade de compressores, recipientes de fluido comprimido assim como os correspondentes meios de ajuste e atuadores, precisam frequentemente de um considerável e, complexo controle, o qual é capaz de disponibilizar suficiente fluido comprimido para um número, na medida do possível, grande de usuários de estações de extração diferentes em todos os momentos desejados. A maioria das vezes, através da utilização de diferentes ações de comutação, por exemplo, válvulas são ligadas e desligadas, por meio do qual ocorre a diminuição ou o aumento de fluido comprimido em regiões pré-determinadas da estação de fluido comprimido, e o fornecimento do usuário com suficiente fluido comprimido pode ser garantido. Outras possíveis ações de comutação referem-se, por exemplo, também à conexão e desconexão de compressores individuais ou de grupos de compressores, ou também a uma regulagem contínua,

ao contrário da conexão e desconexão discreta, de atuadores ou meios de ajuste individuais.

[0005] Para poder prever um controle vantajoso da estação de ar comprimido, o controle da estação de ar comprimido precisa de informações sobre o estado da estação de ar comprimido. Tais informações podem ser parâmetros de sistema fixos pré-determinados através da estação de ar comprimido, ou também grandezas de estado mensuráveis, como por exemplo, a pressão, ou também grandezas de estado discretas e/ou de informação técnicas, como por exemplo, o estado de funcionamento de um compressor (em espera, em ponto morto, funcionando em carga), as quais permitem concluir sobre o estado da estação de ar comprimido em um momento de tempo específico. Além disso, devem ser observadas, para o controle da estação de ar comprimido, condições de contorno cuja manutenção é valorizada ou também imprescindível. Além disso, são considerados requisitos sobre a manutenção de altas pressões máximas na rede de condutos e também de reservatório de pressão submetidas a pressão, assim como também requisitos sobre uma pressão mínima a ser mantida nas estações de conexão para o usuário.

[0006] Da técnica anterior são já conhecidos um número de métodos de controle e/ou regulagem, os quais são utilizados para o controle de estação de ar comprimido. Um método de controle relativamente simples, utiliza-se de uma comutação em cascata, a qual associa a cada compressor uma banda de pressão pré-determinada. Na ultrapassagem negativa do limite inferior de banda de pressão é comutado um compressor. Na ultrapassagem do limite superior de banda de pressão é, correspondentemente, desligado um compressor. Através da

sobreposição de diferentes bandas de pressão dos compressores individuais da estação de ar comprimido, pode-se regular uma pressão mínima, a qual possibilita ao usuário da estação de ar comprimido a extração de uma quantidade desejada de fluido comprimido da instalação.

[0007] Outros métodos de controle dispõem de um controle em série, os quais precisam de uma banda de pressão pré-determinada comum. Ao abandonar a banda de pressão um compressor é ou comutado ou desligado em correspondência com uma seqüência definida previamente. Para cada processo de comutação, é inicializado um cronômetro, o qual mede um intervalo de tempo pré-determinado. Se a pressão reinante na estação de ar comprimido não alcança o regime de pressão pré-determinado através da banda de pressão antes de terminar esse intervalo de tempo, um outro compressor é ou comutado ou desligado na seqüência previamente definida.

[0008] Outro desenvolvimento de controle seqüencial é fundamentado através do controle de banda de pressão. No lugar do relativamente inflexível processo de comutação e desligamento de compressores individuais, são comutados ou desligados compressores em uma seqüência de grupos previamente determinada. A seleção dos compressores a serem comutados dentro de um grupo ocorre então com ajuda de regras heurísticas, as quais têm-se mostrado apropriadas com o passar do tempo para minimizar os custos de operação de uma estação de ar comprimido.

[0009] Todos esses métodos para controle de estações de ar comprimido são puramente acionados por processos. Portanto, ações de comutação dos atuadores compreendidos na estação de ar comprimido assim como dos compressores são tomadas apenas

como reação a ocorrências de ar comprimido previamente definidas na estação de ar comprimido. Tem-se então que cada ação do controle da estação de ar comprimido é apenas uma reação a uma ocorrência, que se apresenta no presente ou tem-se apresentado no passado. Somente após a observação adequada dessa ocorrência pode ocorrer uma nova regulação da relação de fluido comprimido na estação de ar comprimido. A reação do controle ocorre, então, somente sempre que uma ocorrência que, estando a estação de ar comprimido controlada de forma ótima, teria sido prevenida.

[0010] Para poder liberar com tempo suficiente a tomada de ações de comutação, as quais atuem contra a ocorrência que está para acontecer, cuja tendência já se mostrou, alguns métodos de controle conhecidos da técnica anterior utilizam um número grande de bandas de pressão interligadas entre si. As diferentes regiões de pressão definidas através das bandas de pressão individuais permitem definir precocemente também as mudanças das relações de pressão, reconhecíveis possivelmente somente por aproximação, e com ações de ajuste apropriadas atuar, precocemente, contra uma ultrapassagem ou uma ultrapassagem negativa de uma pressão máxima ou mínima na estação de ar comprimido. Contudo, também métodos deste tipo podem ser considerados apenas como métodos de controle puramente reativos, já que só na presença de uma relação de pressão pré-determinada na estação de ar comprimido é puxada uma ação de comutação correspondente.

[0011] As ações de comutação tomadas nos métodos de controle representados têm ademais que considerar ainda tempos mortos de todos os elementos de ajuste, para evitar uma reação excessiva a uma ação de ajuste correspondente na

estação de ar comprimido. Consequentemente, o cálculo de novas ações de ajuste ocorre apenas após um tempo de atraso típico condicionado através dos tempo morto dos elementos de ajuste. Dessa forma não se pode evitar, entretanto, que o efeito de uma ação de ajuste tomada possa ser observado apenas quando o estado na estação de ar comprimido seja avaliado novamente e através do cálculo de uma reação são tomadas outras ações de ajuste. Em seguida, vem uma diminuição artificial da velocidade de reação do controle, o que tem um efeito desvantajoso sobre a qualidade do controle da estação de ar comprimido.

[0012] Os métodos de controle conhecidos da técnica anterior permitem, ademais, somente uma consideração de condições de contorno, sempre que estas possam ser reconhecidas explicitamente na parametrização das condições de contorno. As relações de muitas variáveis físicas das estações de ar comprimido podem então ser parametrizadas somente através do estabelecimento de regras empíricas, as quais representam apenas puras relações heurísticas em regimes de pressão restringidos na medida do possível somente de forma externa. Assim conhece-se por exemplo, que em muito casos (não em todos) pode ser conseguida uma economia de energia através da redução da alta pressão permitida da estação de ar comprimido. Além disso, tem-se mostrado também vantajoso, para a diminuição dos custo de energia, comutar ou desligar os pequenos compressores ou grupos de compressores antes dos grandes. A implementação deste tipo de conhecimentos em um método de controle para estações de ar comprimido mostra-se, entretanto, muito difícil e em muitos casos como impossível, já que através da sobreposição de

diferentes ajustes de parâmetros podem resultar modos de efeito opostos sobre uma condição de contorno a ser influenciada, devido a isto a parametrização heurística representa uma complicação indesejada para o funcionamento de instalação.

Sumário da invenção

[0013] A presente invenção tem então como objetivo propor um método de controle para estações de ar comprimido, que evite as desvantagens das soluções conhecidas da técnica anterior. Opcionalmente, o método de controle conforme a presente invenção deve permitir prever o mais antecipadamente possível as mudanças da pressão na estação de ar comprimido, para guiar ações de comutação ao seu encontro.

[0014] Esse objetivo é conseguido através de um método para o controle de uma estação de ar comprimido de acordo com as reivindicações 1 e 35 da patente e através de um dispositivo de controle de uma estação de ar comprimido de acordo com a reivindicação 37 da patente.

[0015] Opcionalmente, o objetivo é alcançado através de um método para o controle de uma estação de ar comprimido, a qual compreende pelo menos uma pluralidade de compressores conectados entre si, opcionalmente de especificações técnicas diferentes, e outros dispositivos opcionais da pneumática, o qual pode influenciar, opcionalmente em ciclos de controle assim como em estratégias de comutação, por meio de um dispositivo de controle eletrônico, uma quantidade de um fluido comprimido disponível para um ou mais usuários em uma estação de ar comprimido, assim como também ajustar adaptativamente a quantidade de fluido comprimido disponível em uma estação de ar comprimido, para um ou vários usuários,

às condições de funcionamento futuras da estação de ar comprimido considerando a quantidade de extração de fluido comprimido da estação de ar comprimido, sendo que antes de sugerir uma estratégia de comutação são verificadas diferentes estratégias de comutação em um processo de pré-simulação com base em um modelo da estação de ar comprimido e, a partir das estratégias de comutação verificadas com base no mínimo em um critério de qualidade definido, é selecionada a estratégia de comutação relativamente mais vantajosa e a estratégia de comutação selecionada é enviada ao dispositivo de controle para implementação na estação de ar comprimido.

[0016] Deve-se observar aqui, que os compressores, assim como os outros dispositivos pneumáticos opcionais compreendidos na estação de ar comprimido, podem não ser controlados ou regulados exclusivamente pelo dispositivo de controle, em lugar disso eles podem ser controlados também, em aspectos parciais (por exemplo, desligamentos de segurança, realização de sequências de comutação simples após mudança de variáveis de ajuste externas), através mecanismos internos de controle e regulagem.

[0017] Além disso, o objetivo é alcançado através de um método para o controle ou regulagem de uma estação de ar comprimido, a qual compreende pelo menos um pluralidade de compressores conectados entre si, opcionalmente de especificações técnicas diferentes, e outros dispositivos pneumáticos opcionais, sendo que o método, o qual é implementado em um controle eletrônico de uma estação de ar comprimido, trata informações sobre grandezas de estado essenciais da estação de ar comprimido como informação de entrada, e emite como saída comandos de controle para o

controle de pelo menos alguns compressores e outros componentes pneumáticos opcionais, sendo que o método apresenta as seguintes estruturas de função: um núcleo de simulação, no qual, para a descrição do comportamento de pelo menos alguns componentes da estação de ar comprimido, são contidos modelos dinâmicos e preferivelmente não lineares desses componentes, sendo que o núcleo de simulação é configurado de tal modo que ele prevê, como resultado de simulação, o perfil de tempo de todas as grandezas de estado dos componentes da estação de ar comprimido contidas no modelo sobre a base de estratégias de comutação alternativas assumidas, sendo que os modelos do núcleo de simulação consideram as não linearidades e/ou descontinuidades essenciais e/ou tempos mortos no comportamento dos componentes, opcionalmente dos compressores; um núcleo de algoritmos, o qual contém parâmetros para caracterização dos componentes da estação de ar comprimido, informações sobre a interligação dos componentes individuais, heurísticas para a formação de estratégias de comutação alternativas e critérios de avaliação para os perfis de tempo das grandezas de estado dos componentes da estação de ar comprimido determinados pelo núcleo de simulação para as estratégias de comutação alternativas, e qual seleciona, sobre essa base, a estratégia de comutação relativamente mais vantajosa e disponibiliza ou transmite os correspondentes comandos de controle para pelo menos alguns compressores; e uma base de informações, a qual contém além de uma imagem do processo, formada a partir dos valores de atuador disponibilizados a partir de valores de sensor e eventualmente do núcleo de algoritmo, também os resultados de simulação para estratégias de comutação

alternativas, sendo que a base de informação representa pelo menos uma parte da base de dados comum de o núcleo de algoritmos e de o núcleo simulação e serve para a troca de dados entre o núcleo de algoritmos e o núcleo de simulação.

[0018] Conforme a concretização, a base de informação pode conter uma imagem de processo da estação de ar comprimido, essencialmente os valores de medição das grandezas e estado e os valores de ajuste atuais, suplementado pelos resultados dos perfis de tempo das grandezas de estado para diferentes cenários. O núcleo de algoritmos pode ainda conter as informações sobre a configuração da estação de ar comprimido, assim como os tipos de componentes nela compreendidos e seus parâmetros. Além disso, ele pode apresentar heurísticas para a formação de cenários diferentes a serem pesquisados. O núcleo de algoritmos transmite então, de forma típica, essas informações para o núcleo de simulação. Em seguida, o núcleo de algoritmos transmite, de forma típica, ao núcleo de simulação as informações de estado da estação de ar comprimido relevantes para a pré-simulação originadas da base de informações. O núcleo de simulação pode então apresentar modelos para os componentes restantes de uma estação de ar comprimido. Ele também pode a partir desses modelos construir um modelo da estação de ar comprimido utilizando as informações contidas do núcleo de algoritmos sobre a estrutura da estação de ar comprimido e os tipos de componentes contidos nela e seus parâmetros, o qual ela pode completar com outras informações sobre o estado atual da estação de ar comprimido. Sobre essa base, o núcleo de simulação pode, de forma típica, simular o perfil temporal de todas as grandezas de estado do modelo da estação de ar

comprimido sobre o espaço de tempo de pré-simulação e alojar o mesmo na base de informações. Além disso, o núcleo de simulação pode fornecer ao núcleo de algoritmos mensagens de status relacionadas com a realização das pré-simulações.

[0019] Sobre a base dos perfis de tempo alternativos, depositados pelo núcleo de simulação na base de informações, de todas as grandezas de estado do modelo da estação de ar comprimido, o núcleo de algoritmos pode também avaliar os mesmos para os cenários pesquisados e escolher, segundo o critério de qualidade, o cenário relativamente mais vantajoso e transmitir as estratégias de comutação associadas aos componentes da estação de ar comprimido, ou disponibilizar essa estratégia de comutação até sua chamada. Em seguida, o núcleo de simulação pode ser utilizado universalmente, como parte relativamente grande e complexa da implementação independente da estação de ar comprimido concreta. De maneira útil, pode ocorrer também a modelagem e descrição com métodos computacionais orientados por objetos.

[0020] Além disso, o objetivo é alcançado através de um dispositivo de controle de uma estação de ar comprimido, a qual compreende pelo menos uma pluralidade de compressores conectados entre si, opcionalmente de especificações técnicas diferentes, e outros dispositivos opcionais da pneumática, o qual pode influenciar, opcionalmente em ciclos de controle assim como em estratégias de comutação, uma quantidade de um fluido comprimido disponível para um ou mais usuários em uma estação de ar comprimido, assim como também ajustar adaptativamente a quantidade de fluido comprimido disponível em uma estação de ar comprimido, para um ou vários usuários, às condições de funcionamento futuras da estação de ar

comprimido considerando a quantidade de extração de fluido comprimido da estação de ar comprimido, sendo que, antes de assumir-se uma estratégia de comutação, diferentes estratégias de comutação são verificadas em um processo de pré-simulação realizado em tempo real sob a base de um modelo da estação de ar comprimido e, com base em pelo menos um critério de qualidade definido, é escolhida uma alternativa de comutação relativamente mais vantajosa e o dispositivo de controle produz um comando de comutação baseado na estratégia de comutação escolhida.

[0021] Um dos principais princípios no qual baseia-se a invenção consiste no cálculo de diferentes estratégias de comutação, diferentes cenários de ações de comutação aproximadamente comparáveis, com ajuda de um processo de pré-simulação, o qual permite simular correspondentemente o comportamento de toda a estação de ar comprimido, ou também de componentes individuais da mesma. Consequentemente, não se realiza nenhum cálculo de otimização, o qual otimizaria aproximadamente o valor de uma função descrevendo a estação de ar comprimido no sentido matemático, porém determina-se apenas um número de cenários da estação de ar comprimido para diferentes condições.

[0022] Sob um cenário deve-se entender aqui um perfil assumido ou prognosticado de grandezas de ruído, opcionalmente do consumo de energia, em conjunto com uma estratégia de comutação pesquisada. Uma estratégia de comutação deve, ademais, ser entendida como uma seqüência de ações de comutação, ou seja, uma mudança discreta ou contínua de grandezas de ajuste, as quais provocam uma mudança da operação de um ou mais componentes da estação de ar

comprimido. Para isso, são consideradas aproximadamente uma comutação entre um estado de operação em carga e um estado de ponto morto ou de parada, assim como mudanças sequenciais ou contínuas do número de revoluções ou do estado de estrangulamento o de descarga de ar dos compressores, e inclui também mudanças de ajustes de parâmetros em compressores ou outros componentes pneumáticos opcionais da estação de ar comprimido.

[0023] Ações de comutação devem ser entendidas, doravante, não somente como ações de comutação discretas individuais, mas também, no sentido de uma estratégia de comutação, como sucessão temporal gradual de ações de comutação. Além disso, o conceito da ação de comutação compreende não somente mudanças discretas de um estado de operação de componentes (por exemplo, a comutação entre um estado de parada, ponto morto e funcionamento em carga), mas também mudanças contínuas, por exemplo, a mudança no tempo do número de revoluções de um compressor com número de revoluções variável ou a abertura ou o fechamento contínuo de válvulas.

[0024] Uma vantagem clara do método segundo a presente invenção, em comparação com métodos, que são baseados aproximadamente na otimização de uma função que descreve uma estação de ar comprimido, para efetuar um controle otimizado da estação de ar comprimido durante um pré-determinado espaço de tempo, consiste em que a implementação de modelos complexos, não lineares, dependentes do tempo e eventualmente instáveis é relativamente simples, porque os modelos implementados não precisam ser levados com métodos matemáticos a uma forma analítica, na qual eles são disponibilizados a partir de um cálculo de otimização para a

determinação de grandezas de ajuste otimizadas. Restrições associadas com o cálculo de otimização, grandezas de ruído e ajuste aproximadamente constantes em um período de tempo, não representam nenhuma restrição para o método segundo a presente invenção.

[0025] O processo de pré-simulação de acordo com a invenção é realizado então sobre a base de um modelo da estação de ar comprimido, o qual, de acordo com o número e tipo dos componentes implementados na estação de ar comprimido, pode ser parametrizado e descrito. Sob o termo parâmetro devem ser entendidas, tipicamente, grandezas que descrevem propriedades condicionadas pela construção (usualmente, por exemplo, também, o número de recipientes de pressão, atuadores, ou compressores, propriedades elétricas dos motores de atuação, capacidade de condutos e recipientes de pressão, composição dos condutos de pressão compreendidos pela estação de ar comprimido, etc.) ou ajustes pré-determinados (atrasos de comutação programados, etc.) e que são integradas na formação do modelo. Parâmetros não apresentam, tipicamente, nenhuma mudança no tempo, podem ser, entretanto, sob circunstâncias, atualizados e/ou ajustados adaptativamente de modo a considerar, por exemplo, o desgaste de componentes individuais.

[0026] Os modelos precisam de parâmetros secundários para a descrição, os quais descrevam os aparelhos de modo construtivo ou também funcional, ainda precisam também de grandezas de estado, que são valores momentâneos de componentes individuais ou de processos físicos descrevendo a estação de ar comprimido. Entre eles são considerados, por exemplo, o consumo de energia elétrica, o volume de fluxo de

pressão produzido, pressões internas, números de revoluções de motores de acionamento, elementos de vedação ou motores de ventilador, ajustes de atuadores ou similares. Neste sentido deve-se observar que, por exemplo, compressores apresentam grandezas de estado relevantes, cujos valores não resultam dos valores atuais de grandezas de ruído e ajuste, mas do perfil de tempo passado, razão pela qual os modelos apropriados devem considerar também eventos passados. Consequentemente, para a geração de um modelo apropriado da estação de ar comprimido ou de componentes individuais é vantajoso considerar uma aproximação dinâmica com "memória", o qual é opcionalmente fácil de realizar através do método de acordo com a invenção.

[0027] A construção de modelos para a caracterização da estação de ar comprimido ou de componentes individuais da mesma mostra-se opcionalmente vantajosa no caso de uma implementação orientada por objetos. Os processos de pré-simulação utilizados nesses modelos podem ser utilizados também independentemente da estrutura da estação de ar comprimido concreta ou dos modelos produzidos para a mesma.

[0028] Como resultados, nos processos de pré-simulação são calculados, tipicamente, os perfis de tempo de, preferivelmente, todas as grandezas de estado contidas no modelo dos compressores ou dos outros dispositivos pneumáticos opcionais, compreendidos na estação de ar comprimido. Para isso, devem ser captados perfis de tempo das grandezas de estado no espaço de tempo de pré-simulação, as quais descrevem a estação de ar comprimido no modelo escolhido, por exemplo, perfis de pressão, consumos de energia elétrica, volume de fluxo de ar comprimido, números

de revoluções de motores de acionamento, elementos de vedação ou motores de ventilador ou ajustes de atuadores internos. Conseqüentemente, esses resultados são avaliados para cada estratégia de comutação alternativa através de um critério de qualidade, por meio do qual uma ordem de preferência pode ser estabelecida. A estratégia de comutação, que resulte finalmente na primeira posição da ordem de preferência depois de uma série de estratégias de comutação terem sido pesquisadas, será selecionada como a estratégia de comutação relativamente mais vantajosa e correspondentemente mantida ou implementada. Neste sentido, uma estratégia de comutação escolhida como relativamente mais vantajosa não tem que ser mantida até o fim do período de tempo de pré-simulação, mas ela pode ser substituída já no próximo ciclo de controle por estratégias de comutação eventualmente determinadas como mais vantajosas. Também a duração do período de tempo de pré-simulação considerado na avaliação do critério de qualidade pode ser variável e, eventualmente, ajustado pelo método de controle aos perfis das grandezas de ruído, de ajuste e/ou de estado, opcionalmente de forma adaptativa.

[0029] Um ponto essencial da invenção consiste, ademais, em que o método de controle ou regulagem pode considerar adequadamente atrasos temporais (tempos mortos) ou grandezas de estado que variam rapidamente (descontinuidades) na pré-simulação, por exemplo, uma liberação rápida de ar comprimido de um compressor após a comutação do estado de parada ou de ponto morto para o de operação em carga. Devido aos tempos mortos e às descontinuidades presentes, cujos atrasos no tempo podem ser maiores que a duração dos ciclos de controle, precisa-se levar em consideração não somente os efeitos de

ações de comutação no início do ciclo de controle atual sobre os perfis de grandezas de estado em um ciclo de controle atual, mas também é necessário considerar os efeitos de ações de comutação dentro dos ciclos de controle, em ciclos de controle passados e os efeitos de ações de comutação sobre ciclos de controle futuros. Um ponto de vista temporalmente holístico deste tipo pode ser concretizado com o presente método de modo opcionalmente simples. Primeiramente, através de um ponto de vista deste tipo é possível obter uma modelagem das estações de ar comprimido que reproduz a realidade com grande exatidão, ou seja, opcionalmente o perfil de pressão e o consumo de energia.

[0030] Em comparação com métodos de controle e regulação conhecidos, com o presente método de controle e regulação são ser pesquisadas também estratégias de comutação, cujas ações de comutação ocorrem dentro do intervalo de tempo de pré-simulação. Por meio disso, pode ser determinado também qual o ponto de tempo relativamente mais vantajoso em que devem ser realizadas determinadas ações de comutação. Além disso, o método segundo a invenção tem também a grande vantagem de que dentro do intervalo de tempo de pré-simulação podem ser consideradas perfis de tempo variáveis de grandezas de ruído. Para a utilização de prognósticos adequados para as grandezas de ruído, por exemplo, do perfil temporal da extração de ar comprimido da estação de ar comprimido, é possível fazer uma pré-simulação com exatidão melhorada sobre períodos de tempo mais longos e com isso, também uma avaliação melhor dos efeitos de ações de comutação.

[0031] Um outro aspecto da invenção consiste em uma ampliação da base de informações com base na realização de

processos de pré-simulação. Os conhecimentos (resultados de simulação) ganhos através da pré-simulação representam um registro de informações, as quais referem-se a mudanças de estado futuras da estação de ar comprimido, sendo que ainda podem ser consideradas também outras condições de contorno. O dispositivo de controle da estação de ar comprimido, conseqüentemente, pode retomar não somente valores de processo atuais conhecidos, mas possui também conhecimentos sobre os efeitos e estados futuros de ações de ajuste e comutação, os quais foram obtidos no passado ou no presente. Da mesma forma, a pré-simulação permite também produzir valores de informação, os quais referem-se a estratégias de comutação futuras. Dessa forma, o presente método de controle é diferenciado como método de controle "proativo" ao contrário aos métodos de controle "reativos" conhecidos da técnica anterior. Primeiramente, a realização da pré-simulação permite também definir ocorrências de pressão virtuais, as quais referem-se a ocorrências que se apresentam na pré-simulação mas que não são motivadas por valores de medição atuais. A prevenção de ocorrências indesejadas na estação de ar comprimido, as quais só se apresentam futuramente, permite o controle precoce, porém não antecipado das relações de pressão reais na estação de ar comprimido.

[0032] Em conjunto com pelo menos um critério de qualidade definido, o processo de pré-simulação permite a avaliação de diferentes estratégias de comutação alternativas para o controle da estação de ar comprimido. Para isso, podem ser calculadas várias (em princípio qualquer quantidade) de variantes de estratégias de comutação na pré-simulação, para assim poder determinar e avaliar a reação da estação de ar

comprimido às estratégias de comutação implementadas. Conforme a definição do critério de qualidade, pode ser escolhida, a partir de uma quantidade de estratégias de comutação, aquela que sob condições de contorno pré-determinadas oferece o resultado relativamente mais vantajoso. Dessa forma não é possível somente simular as estratégias de comutação para um próximo ponto de tempo de desligamento pré-determinado, mas também as estratégias de comutação podem simular praticamente qualquer ponto no futuro. Além disso, podem ser trabalhadas também sequências de estratégias de comutação na simulação, o que possibilita a avaliação de estratégias de comutação que se complementam entre si. Além dos testes de diferentes estratégias de comutação, podem ser simuladas com antecedência também diferentes condições de contorno. Através da variação das condições de contorno podem ser determinadas, por exemplo, estratégias de comutação para os atuadores, as quais satisfazem as condições de forma relativamente mais vantajosa (ou pelo menos de forma satisfatória) em tantos cenários esperados quanto possível.

[0033] Em uma forma de concretização vantajosa do método conforme a presente invenção, o processo de pré-simulação para a verificação de uma respectiva estratégia de comutação é realizado em menor tempo que o intervalo de tempo simulado e, preferivelmente em menor tempo que a duração de um ciclo de controle. Uma velocidade de cálculo deste tipo permite a pré-simulação de uma pluralidade de estratégias de comutação a partir das quais pode ser escolhida então uma relativamente mais vantajosa com base em um critério de qualidade.

[0034] Em uma outra forma de concretização do método de

acordo com a presente invenção, o processo de pré-simulação para a verificação de uma respectiva estratégia de comutação compreende opcionalmente o perfil de tempo das grandezas de estado contidas no modelo da estação de ar comprimido para o intervalo de tempo da pré-simulação. O perfil futuro das grandezas de estado permite uma ampliação da base de informação sobre cuja base é possibilitado um controle, ou regulação, melhor e mais preciso.

[0035] Em uma outra forma de concretização do método de acordo com a invenção, o modelo da estação de ar comprimido baseia-se em um conjunto de equações diferenciais dependentes do tempo e/ou não lineares de preferência estruturalmente variáveis, assim como reproduzindo descontinuidades e/ou tempos de reação como resposta de compressores e/ou outros dispositivos pneumáticos opcionais, as quais permitem preferivelmente também a determinação do efeito de ocorrências passadas sobre as grandezas de estado atuais da estação de ar comprimido. Sob o termo variância estrutural deve-se entender que a partir do conjunto de equações diferenciais é considerada, conforme o caso, somente um subgrupo que pode mudar. Isto tem um papel, principalmente, na reprodução de descontinuidades e/ou tempos mortos no desempenho dos compressores e/ou outros dispositivos pneumáticos opcionais, porque seu comportamento pode, ou precisa ser, descrito em diferentes estados de funcionamento a maioria das vezes através de equações diferenciais diferentes e variáveis. A seleção das respectivas equações diferenciais a serem consideradas pode ocorrer através da própria equação diferencial ou através de omissão externa. Apesar das equações diferenciais, em uma determinada forma de

concretização preferida, serem dependentes do tempo, não lineares e estruturalmente variáveis, essas propriedades não têm de ser satisfeitas obrigatoriamente, juntas ou ao mesmo tempo, para todas as equações diferenciais. Por exemplo, no lugar de equações diferenciais não lineares, pode ser usada como uma aproximação também uma pluralidade de equações diferenciais individuais e periodicamente lineares, algumas equações diferenciais podem ser dependentes do tempo enquanto outras não são dependentes do tempo, algumas equações diferenciais podem ser lineares, enquanto as outras são não lineares, e/ou algumas equações diferenciais podem ser consideradas sempre, enquanto outras somente segundo o caso.

[0036] Em uma forma de concretização vantajosa do método de acordo com a invenção pode ser previsto que dentro do processo de pré-simulação seja calculado um desenvolvimento das diferentes estratégias de comutação sobre um período de tempo pré-determinado em passos discretos ou contínuos. A duração do intervalo de tempo, pode ser determinada, por exemplo, externamente por um usuário da estação de ar comprimido ou também pode ser parametrizado. A duração do intervalo de tempo pode ser ajustado também de forma adaptativa aos eventos na estação de ar comprimido. Dessa forma, o dispositivo de controle se ajusta às flutuações específicas nas condições de pressão que ocorrem tipicamente ao longo de períodos de tempo em uma estação de ar comprimido.

[0037] Em uma concretização do método de controle pode ser previsto que a pré-simulação seja realizada durante um intervalo de tempo pré-determinado de 1 segundo até 1000 segundos, preferivelmente de 10 segundos até 300 segundos. Um

intervalo de tempo desse comprimento permite, tipicamente, determinar as mudanças e flutuações das relações de pressão provocadas pela implementação de estratégias de comutação na estação de ar comprimido de forma segura, assim como também garantir um intervalo de pré-simulação suficiente para a maioria das aplicações.

[0038] Em uma forma de concretização preferida do método de acordo com a invenção é previsto que o intervalo de tempo da pré-simulação seja ajustado de forma adaptativa através de um critério de interrupção com base em parâmetros e/ou grandezas de estado do modelo da estação de ar comprimido, opcionalmente de ocorrências de pressão, e/ou de registros ou prognósticos do consumo de pressão. Dessa forma, pode ocorrer um ajuste vantajoso da duração da pré-simulação ao perfil de consumo de ar comprimido e, conseqüentemente, permite uma pré-simulação mais rápida ou compreensiva.

[0039] Em uma outra forma de concretização preferida do método de acordo com a invenção é previsto que as estratégias de comutação verificadas com o método de pré-simulação compreendam mudanças discretas ou contínuas do estado de funcionamento de compressores e outros dispositivos pneumáticos opcionais no início, no fim e/ou em quaisquer pontos de tempo dentro do intervalo de tempo da pré-simulação. Dessa forma, o método de acordo concretização a invenção permite considerar as mudanças de grandezas de ajuste ou ruído dentro de um intervalo de tempo simulado e possibilita, conseqüentemente, uma consideração mais realística do perfil de tempo dessas grandezas.

[0040] Além disso pode ser previsto que a duração do intervalo de tempo simulado o processo de pré-simulação seja

determinado em dependência dos dados de potência técnicos dos compressores da instalação de compressores e/ou em dependência dos compressores individuais atualmente em carga e/ou das flutuações de carga passadas. Segundo a configuração da estação de ar comprimido, a duração da pré-simulação pode ser restringida de tal modo que as fontes de cálculo necessárias ao cálculo dos resultados da pré-simulação sejam utilizados de forma mais vantajosa. Preferivelmente, a duração do intervalo de tempo simulado é medida para isso de modo que ela é mais longa que as flutuações de carga mais curtas que tipicamente ocorrem na estação de ar comprimido.

[0041] Conforme a concretização pode ser previsto ademais que a pré-simulação seja realizada em pequenas etapas discretas de 0,1 segundos até 60 segundos, preferivelmente de 1 segundo. Conforme essa largura de etapa podem ser determinadas de forma segura também mudanças imediatas das relações de pressão na estação de ar comprimido, por exemplo, após a realização de uma ação de comutação na pré-simulação, simultaneamente com o uso econômico das fontes computacionais utilizadas no dispositivo de controle.

[0042] Em uma outra forma de concretização pode-se caracterizar o método para o controle de uma estação de ar comprimido também pelo fato de que dentro da pré-simulação são consideradas pelo menos algumas das descontinuidades e/ou tempos mortos no comportamento dos compressores e/ou de outros dispositivos pneumáticos opcionais, opcionalmente a entrega de ar comprimido atrasada e o consumo de energia adicional dos compressores em relação com mudanças de seu estado de funcionamento, de tal forma que não é mais necessariamente obrigatória uma consideração separada fora da

pré-simulação no dispositivo de controle. Os atuadores existentes em uma estação de ar comprimido dispõem de tempos mortos típicos, os quais encontram-se na faixa entre 1 segundo até vários 10 segundos. Ao contrário dos métodos de controle conhecidos da técnica anterior é possível calcular os tempos mortos efetivos, assim como outras descontinuidades na pré-simulação, e com isso considerar essas grandezas no cálculo das ações de comutação. Condição para a consideração dos tempos mortos é, entretanto, que o modelo utilizado da estação de ar comprimido contenha o comportamento do tempo morto em forma parametrizada. Conseqüentemente, também não é mais necessário considerar os tempos mortos dos atuadores no dispositivo de controle. A superação dos tempos mortos está presente automaticamente nos resultados da pré-simulação. Isto possibilita, por um lado, descobrir se as ações de comutação realizadas no passado foram suficientes para prevenir perfis de pressão indesejados, e por outro lado, pode ser verificado se através das ações de comutação conduzidas no presente pode ser influenciado positivamente o comportamento no tempo das relações de pressão na estação de ar comprimido.

[0043] Em uma outra concretização do método de controle da presente invenção pode ser previsto que, como grupo de estratégias de comutação alternativas sejam levados em conta diferentes valores de pressão superiores e valores de pressão inferiores como critério para a implementação de uma estratégia de comutação previamente definida no escopo do processo de pré-simulação. Ao contrário de o controle de banda de pressão tradicional conhecido da técnica anterior, os valores de pressão não são fixados, eles podem ser

adaptados às relações na estação de ar comprimido. A determinação dos valores de pressão pode ocorrer ademais por meio do próprio processo de pré-simulação. A definição de valores de pressão superiores e inferiores apropriados pode ser realizada a partir de pré-simulações repetidas várias vezes com respectivos valores de pressão variando entre si. Se, por exemplo, valores de pressão deste tipo são determinados previamente, os mesmos podem representar, de modo definido, a base para o cálculo de diferentes simulações, nas quais os valores de pressão ficam eles mesmos imutáveis, porém variáveis, como por exemplo, as grandezas de ajuste caracterizadas através de ações de comutação, são mudadas. Dessa forma, pode ser determinada, em uma mudança de estado na estação de ar comprimido que não requer nenhuma nova definição dos valores de pressão superiores, uma estratégia de comutação no possível mais vantajosa, sendo que são determinadas um número pré-determinado de grandezas de ajuste caracterizando as ações de ajuste no processo de pré-simulação.

[0044] Em uma concretização pode ser previsto ademais que, como grupo de estratégias de comutação alternativas sejam considerados diferentes valores de pressão superiores e/ou valores de pressão inferiores para pelo menos uma estratégia de desligamento definida previamente ou pelo menos uma estratégia de comutação definida previamente no escopo do processo de pré-simulação. Conseqüentemente, pode ocorrer, por exemplo, em uma pré-simulação simplificada com valores de pressão invariáveis, ou pelo menos um valor de pressão invariável, uma seqüência de estratégias de desligamento ou estratégias de comutação dos compressores compreendidos na

estação de ar comprimido, por meio das quais pode ser determinada uma prevenção ("Adwendung") preferida de uma ocorrência de pressão futura na estação de ar comprimido.

[0045] Além disso, em uma outra forma de concretização implementada pode ser previsto que a pelo menos uma estratégia de desligamento definida previamente ou a pelo menos uma estratégia de comutação definida previamente resulte de uma seqüência de desligamento ou comutação dada na forma de lista. As respectivas seqüências para o desligamento ou a comutação, por exemplo, de compressores individuais ou grupos de compressores pode-se basear também em conhecimentos heurísticos ou ainda em resultados de cálculos numéricos. Através da restrição do tempo limitado variável através da definição das seqüências de desligamento ou comutação pré-determinadas, o tempo de cálculo para a determinação de estratégias de comutação alternativas individuais pode ser encurtado em uma medida tecnicamente vantajosa.

[0046] Além disso, em uma outra forma de concretização pode ser previsto que, como grupo de estratégias de comutação alternativas, também sejam considerados a comutação ou o desligamento de diferentes grupos de compressores para valores de pressão superiores ou valores de pressão inferiores definidos ou a serem avaliados no processo de pré-simulação. A comutação e o desligamento de diferentes grupos de compressores pode-se apoiar novamente em conhecimentos heurísticos ou em seqüências pré-determinadas, que foram geradas por meio de cálculos numéricos. Através da comutação ou o desligamento de grupos de compressores completos pode-se atuar de forma dirigida e às vezes de longo prazo sobre a mudança de relações de pressão na estação de ar comprimido.

[0047] Em uma outra forma de concretização do método para controle de uma estação de ar comprimido pode ser previsto que o processo de pré-simulação seja realizado com base na teoria para dispositivos automáticos híbridos. Assim, tem-se disponível uma ampla fundamentação para a realização do processo de pré-simulação, o qual pode ser realizado com uma alta eficiência. A concretização do processo de pré-simulação com base em dispositivos automáticos híbridos possibilita, ao contrário do cálculo tradicional com fundamento exclusivo de grandezas digitais, também absorção de grandezas analógicas como, por exemplo, aquelas de grandezas medidas em tempo real. As grandezas medidas contínuas não assumem um valor a partir da série de valores possíveis, mas podem ser mudadas de modo contínuo e requerem, por isso, um tratamento especial. Dispositivos automáticos híbridos representam uma ampliação do conceito dos dispositivos automáticos finitos, com os quais podem ser modelados praticamente quaisquer sistemas discretos.

[0048] Apesar de que dispositivos automáticos híbridos não têm que ser utilizados obrigatoriamente para a realização do método conforme a invenção, eles são, entretanto, conforme a concretização, pré-condição para a instalação do modelo de simulação visto aqui como vantajoso.

[0049] Em uma concretização do método de controle para o controle de uma estação de ar comprimido pode ser previsto também que o processo de pré-simulação é realizado com base no princípio de um modelo preferivelmente determinístico e possível de ser implementado computacionalmente. Isto permite utilizar métodos matemáticos e algoritmos implementados computacionalmente, como eles estão disponíveis amplamente na

matemática numérica.

[0050] Além disso, o método para o controle de uma estação de ar comprimido pode se caracterizar também pelo fato de que o critério de qualidade é definido, ou pelo menos é influenciado decisivamente, através de um consumo de energia o mais baixo possível. O consumo de energia, o qual representa para a operação de uma estação de ar comprimido o maior fator de custo, pode ser determinado, conseqüentemente, já em avanço, antes da entrada de mudanças concretas das relações de pressão na estação de ar comprimido e ser apropriadamente influenciado através de um critério de seleção, por exemplo, para a diminuição ou redução do consumo de energia. Assim, a conseqüência pode ser um aumento claro da rentabilidade na operação da estação de ar comprimido.

[0051] Em uma outra forma de concretização do método para o controle de uma estação de ar comprimido pode ser previsto também que o processo de pré-simulação fornece um registro de dados ("Datensatz") com perfis de tempo futuros prognosticados das grandezas de estado do modelo da estação de ar comprimido em diferentes estratégias de comutação em pontos de tempo diferentes não necessariamente equidistantes e/ou com referências numéricas derivadas disso, preferivelmente para todo o ciclo de controle. Devido a geração de pelo menos um registro de dados desse tipo, é possível para o dispositivo de controle da estação de ar comprimido, por exemplo, implementar as correspondentes estratégias de comutação sem que o próprio dispositivo de controle tenha que utilizar o processo de pré-simulação como um algoritmo de controle imediato, ou como uma parte de um algoritmo de controle imediato. Ademais, o processo de pré-

simulação pode ser implementado como um módulo numérico autônomo, o qual é inicializado e realizado segundo a necessidade do dispositivo de controle.

[0052] Em uma outra forma de concretização, o método para controle de uma estação de ar comprimido pode compreender também uma adaptação eventualmente automática do modelo da estação de ar comprimido a parâmetros de instalação atualizados e/ou inicialmente apenas conhecidos aproximadamente e/ou ajustados de forma não exata. Essa atualização garante que, a cada ponto de tempo, no qual é realizado o processo de pré-simulação, tenham-se disponíveis parâmetros de instalação apropriados durante todo o tempo da operação da estação de ar comprimido. Uma adaptação automática do modelo da estação de ar comprimido em relação a parâmetros de instalação atualizados pode ocasionar, além da garantia de um prognóstico mais preciso, também um aumento da velocidade para realização do processo de pré-simulação.

[0053] Futuramente, o método conforme a presente invenção pode-se apresentar em uma forma de concretização tal que uma adaptação do modelo da estação de ar comprimido a parâmetros de instalação atualizados ocorre quando, a partir de vários conjuntos alternativos de parâmetros de instalação, é escolhido aquele para o qual melhor se corresponde a subsequente simulação do funcionamento da estação de ar comprimido para um intervalo de tempo passado com o perfil real observado do funcionamento da estação de ar comprimido. Essa estratégia de seleção pode ser apoiada ademais através da realização de mudanças orientadas sequenciais do estado de funcionamento dos respectivos compressores individuais e/ou dos dispositivos pneumáticos, e sendo que no escopo da

subseqüente simulação são pesquisados e selecionados somente parâmetros alternativos do respectivo compressor e/ou dispositivo.

[0054] Segundo a concretização pode ser previsto também que no processo de pré-simulação sejam consideradas grandezas de estado de sistema variáveis atuais da estação de ar comprimido, opcionalmente informações sobre o estado de funcionamento pelo menos de um tanque de fluido comprimido, por exemplo, de sua pressão e/ou de sua temperatura e/ou informações sobre os estados de funcionamento de compressores individuais, por exemplo, de seus estados atuais de controle e/ou estados de função atuais e/ou também informações relacionadas à mudança da quantidade de fluido na estação de ar comprimido, por exemplo, a diminuição da quantidade de fluido comprimido por unidade de tempo. Através da consideração de grandezas de estado de sistema variáveis atuais da estação de ar comprimido pode ser realizado um cálculo mais completo e exato, o qual resulta em uma qualidade de controle mais elevada.

[0055] O método para o controle de uma estação de ar comprimido pode-se caracterizar também pelo fato de que, no processo de pré-simulação, como parâmetros de sistema fixo da estação de ar comprimido, são consideradas informações sobre a quantidade de fornecimento de fluido comprimido de compressores individuais e/ou sobre o consumo de energia de compressores individuais em diferentes estados de carga e/ou informações sobre os tempos mortos dos compressores e/ou os limites de pressão máxima ou mínima característicos da instalação de compressores. A consideração dos parâmetros de sistema fixos da estação de ar comprimido permite, além

disso, uma descrição detalhada da própria estação de ar comprimido, assim como das condições de contorno importantes para a realização do processo de pré-simulação, e resulta, conseqüentemente, em uma previsão melhorada das relações de pressão na estação de ar comprimido por meio da pré-simulação.

[0056] O método para o controle da estação de ar comprimido pode também prever que, na pré-simulação durante o intervalo de tempo simulado, não ocorra nenhuma mudança na configuração dos compressores que se encontram em carga na pré-simulação e dos compressores que não se encontram em carga na pré-simulação da estação de ar comprimido. Através de uma diminuição deste tipo do possível espaço variável, pode ser realizada a pré-simulação mais rapidamente e eleva-se, conseqüentemente, a velocidade da previsão. Neste sentido deve-se diferenciar que a configuração dos compressores da estação de ar comprimido que se encontram, na pré-simulação, em carga ou não em carga não tem que coincidir com a configuração atual pré-reinante de compressores em carga ou não em carga das instalações de compressores no ponto de tempo da realização da pré-simulação. Mais do que isso, pode ser decisivo, em uma pré-simulação, se assumir uma configuração em compressores que se encontram em carga ou em compressores que não se encontram em carga, a qual não se corresponda com a situação real atual, para determinar em seguida a estratégia de comutação relativamente mais vantajosa para o controle da estação de ar comprimido.

[0057] O método para o controle de uma estação de ar comprimido pode ademais prever que um compressor de compensação de pressão seja escolhido de uma pluralidade de

compressores que se encontram em carga na pré-simulação como o compressor menor em relação à potência de compressor, o qual, conforme a pré-simulação, apresente o maior tempo de parada em um estado de ponto morto, caso este compressor tenha sido conduzido na pré-simulação de um compressor encontrando-se em carga para um compressor que não se encontra em carga. A distribuição dos compressores em compressores que se encontram em carga e compressores que não se encontram em carga na pré-simulação ocorre sobre a base de informações de processo e da parametrização realizada no controle. Para fazer acontecer uma compensação de pressão futura na estação de ar comprimido, um compressor pode ser definido como compressor de compensação de pressão, o qual futuramente deve cuidar de uma correspondente compensação de pressão real. Tipicamente, esse compressor de compensação de pressão é selecionado a partir de uma quantidade de compressores que se encontram em carga na pré-simulação. Para a seleção do compressor de compensação de pressão podem ser considerados tanto parâmetros pré-ajustados como também informações de processo (grandezas de estado) da estação de ar comprimido. Através da seleção do menor compressor em relação à potência de compressor como compressor de compensação de pressão a partir da pluralidade de compressores que se encontram em carga na pré-simulação pode-se reduzir o consumo de energia da estação de ar comprimido e os custos para a operação da estação de ar comprimido são diminuídos.

[0058] Além disso, o processo para o controle de uma estação de ar comprimido pode prever que para a determinação do valor de pressão inferior sejam realizadas pelo menos duas

pré-simulações com igual parametrização, mas diferentes valores numéricos selecionados para o valor de pressão inferior e os pontos de tempo simulados determinam a ultrapassagem negativa do valor de pressão inferior. Para isso, a determinação do valor de pressão inferior acontece, tipicamente, quando o compressor de compensação de pressão atual não se encontra sob carga. O controle do compressão de compensação de pressão pode então ser realizado por um algoritmo, que trabalha com os valores de pressão (valor de pressão inferior e valor de pressão superior), os quais podem ser ajustados às relações variáveis na estação de ar comprimido. Em um processo estocástico podem ser previstos diferentes valores de pressão e por meio do processo de pré-simulação serem experimentados. Uma determinação do valor de pressão inferior acontece somente quando o compressor de compensação de pressão atual não se encontra sob carga. Com ajuda do processo de pré-simulação pode ser determinado então o ponto de tempo mais provável, no qual ocorre uma ultrapassagem negativa de uma pressão mínima previamente parametrizada da estação de ar comprimido. Com ajuda de regras heurísticas pode ser também definido quando o compressor de compensação de pressão é tratado no processo de pré-simulação como compressor de carga. Por exemplo, se o compressor está 5 segundos antes da ultrapassagem negativa da pressão mínima em um estado de ponto morto, então o valor de pressão inferior é a pressão 5 segundos antes da ultrapassagem negativa da pressão mínima. Se, por outro lado, o compressor de compensação de pressão está a 5 segundos da ultrapassagem negativa da pressão mínima em um estado desligado, então o valor de pressão inferior é a pressão no

ponto de tempo 15 segundos antes da ultrapassagem negativa da pressão mínima. O intervalo de tempo de 5 segundos pode corresponder ao tempo morto aproximado de um compressor para a mudança de estado de um estado de ponto morto para um estado de carga. O intervalo de tempo de 15 segundos pode corresponder, por outro lado, ao tempo morto aproximado de um compressor para a mudança de estado de um estado desligado para um estado de carga.

[0059] O método para o controle de uma estação de ar comprimido pode-se caracterizar também pelo fato de que para a determinação do valor de pressão superior são realizadas pelo menos duas pré-simulações com a mesma parametrização mas com diferentes valores numéricos escolhidos para o valor de pressão superior e o compressor de compensação de pressão é então convertido em um compressor que se encontra em carga na pré-simulação, quando a pressão do fluido comprimido na estação de ar comprimido ultrapassa negativamente o valor de pressão inferior, e então convertido em um compressor que não se encontra em carga na pré-simulação, quando a pressão do fluido comprimido na estação de ar comprimido ultrapassa o valor de pressão superior. Antes de cada pré-simulação, o valor de pressão superior é novamente definido. Para o valor de pressão superior podem ser previstos tanto um valor mínimo como um valor máximo. O valor mínimo coincide, tipicamente, com o valor de pressão inferior. O valor máximo do valor de pressão superior pode resultar ainda da pressão máxima permitida para a operação da estação de ar comprimido. Se a pressão na estação de ar comprimido ultrapassa, por exemplo, a pressão máxima, então deve ser desligado automaticamente o compressor de compensação de pressão. Todos os valores para o

valor de pressão superior que se encontram entre o valor máximo e o valor mínimo são valores de pressão permitidos na pré-simulação. Através da distribuição desse regime de pressão em, por exemplo, limites de pressão igualmente afastados pode ser pesquisado um número pré-definido de valores de pressão superiores por meio da pré-simulação sobre suas propriedades apropriadas para o controle da estação de ar comprimido. Pode ser previsto que seja definido como valor de pressão superior aquele valor de pressão para o qual se espera o perfil de pressão mais estável durante o perfil de tempo simulado das relações de pressão na estação de ar comprimido. Em uma outra concretização do método para o controle de uma estação de ar comprimido pode ser previsto que o valor de pressão superior determinado como relativamente mais vantajoso na pré-simulação se derive da totalidade dos valores de pressão superior ajustados nas pré-simulações, e que foi escolhido como relativamente mais vantajoso em relação ao consumo de energia relativo à absorção de energia de todos os compressores. Correspondentemente, pode-se conseguir, através de uma seleção apropriada de um valor de pressão superior, já uma contribuição significativa para a redução dos custos de operação da estação de ar comprimido.

[0060] Deve-se observar neste ponto que tanto os valores de pressão superiores como inferiores não devem ser entendidos como limites de uma banda de pressão real ou fixa, mas como valores de pressão superior e inferior alternativos, os quais podem ser "testados" como ativadores de ações de comutação em relação a compressores em pontos de tempo de comutação diferentes e alternativos.

[0061] Além disso, pode ser previsto que os valores de pressão superiores definidos nas pré-simulações para a determinação de um valor de pressão superior mais vantajoso sejam ajustados em larguras de passo de $\leq 0,5$ bar, especialmente em larguras de passo de $\leq 0,1$ bar, sendo que as larguras de passo dos valores de pressão superiores subsequentemente ajustados ou pesquisados não tem que ser afastados de forma equidistante ou a largura de passo entre os valores de pressão superiores pesquisados não tem que ser constante. Essas larguras de passo permitem uma determinação confiável daquele valor de pressão superior que é visto como relativamente mais vantajoso. Dessa forma, as larguras de passo referem-se a pressões de operação, ou flutuações de pressões de operação, em instalações de compressores, como elas são aplicadas por exemplo, em um setor industrial.

[0062] Em uma concretização do método de controle para o controle de uma estação de ar comprimido pode ser previsto que a pré-simulação utilize modelos estocásticos sobre o desenvolvimento temporal do comportamento de consumidor em relação à extração de fluido comprimido da estação de ar comprimido. Consequentemente, podem ser consideradas também no pré-simulação as extrações de fluido comprimido, como elas ocorrem no funcionamento regular da estação de ar comprimido.

[0063] Em uma forma de concretização alternativa pode ser previsto também que a pré-simulação utilize rotinas numéricas de inteligência artificial e/ou que consigam aprender em relação ao desenvolvimento temporal do comportamento de consumidor referente à extração de fluido comprimido da estação de ar comprimido. Consequentemente, é garantida uma obtenção relativamente precisa do comportamento de consumidor

depois de um tempo mais longo da utilização da estação de ar comprimido. Uma consideração do comportamento de consumidor em relação ao desenvolvimento no tempo pode ocorrer assim de um modo opcionalmente mais vantajoso.

[0064] Em uma outra forma de concretização do método conforme a presente invenção, pode ser previsto que a realização da programação técnica do método é definida com a utilização de métodos de programação orientados por objetos, sendo que pelo menos os compressores são vistos como Objetos. Consequentemente, o desenvolvimento e implementação do modelo da estação de ar comprimido são realizados de forma simples.

[0065] Em uma forma de concretização preferida do dispositivo de controle de uma estação de ar comprimido utilizará para a realização da pré-simulação uma hardware separado, o qual se comunica através de um barramento de sistema com o dispositivo de controle, que por sua vez está em comunicação com os compressores e opcionalmente outros dispositivos pneumáticos.

[0066] Em uma outra forma de concretização preferida do método conforme a invenção, são realizadas as heurísticas para a formação de estratégias de comutação alternativas através de um modelo contido no modelo de simulação de um dispositivo de controle de uma estação de ar comprimido, sendo que o modelo do dispositivo de controle na simulação toma o controle e a regulação da estação de ar comprimido simulada e sendo que estratégias de comutação alternativas são formadas através da entrada de parâmetros de controle e regulação alternativos para o modelo do dispositivo de controle, dos quais é escolhida a relativamente mais vantajosa estratégia de comutação para implementação na

estação de ar comprimido real.

[0067] Outras formas de concretização da invenção resultam das reivindicações.

Breve descrição das figuras

[0068] A continuação, a invenção é descrita com ajuda dos exemplos de concretização, os quais são explicados com base nas figuras, nas quais:

[0069] A figura 1 é uma representação esquemática de uma estação de ar comprimido com um dispositivo de controle, conforme uma forma de concretização da presente invenção;

[0070] A figura 2 é uma representação esquemática de uma estação de ar comprimido com um dispositivo de controle, conforme uma outra forma de concretização da presente invenção;

[0071] A figura 3 é um modelo da estação de ar comprimido conforme uma forma de concretização da estação de ar comprimido real na figura 2;

[0072] A figura 4 é uma representação do perfil de tempo da pressão em uma estação de ar comprimido em dependência da mudança de uma grandeza de ajuste através de uma ação de ajuste;

[0073] A figura 5 é um fluxograma para o esclarecimento do método com utilização de uma pré-simulação para o controle de uma estação de ar comprimido conforme uma forma de concretização do método segundo a invenção;

[0074] A figura 6 é um fluxograma para representação da utilização de uma pré-simulação em uma forma de concretização do método de controle ou regulagem segundo a presente invenção;

[0075] A figura 7 é uma representação do perfil de pressão

no tempo de uma estação de ar comprimido com utilização de limites de banda de pressão;

[0076] A figura 8 é uma representação do perfil de pressão em uma estação de ar comprimido, o qual utiliza um método de controle de pressão com utilização de três bandas de pressão sobrepostas entre si;

[0077] A figura 9 é o perfil no tempo da pressão em uma estação de ar comprimido segundo uma forma de concretização da invenção sobre o intervalo de tempo futuro simulado para mudanças de grandezas de ajuste virtuais;

[0078] A figura 10 é um perfil de pressão em uma estação de ar comprimido segundo uma forma de concretização da invenção sobre um intervalo de tempo futuro simulado para mudanças de grandezas de ajuste virtuais para a determinação de uma estratégia de comutação preferida; e

[0079] A figura 11 é uma mudança de pressão no tempo em uma estação de ar comprimido por meio de um método de controle sob consideração do tempo morto de dois elementos de controle.

Descrição detalhada da invenção

[0080] Na descrição a seguir são utilizadas as mesmas referências numéricas para partes iguais ou com efeitos iguais.

[0081] A figura 1 mostra uma representação esquemática de uma primeira concretização de uma estação de ar comprimido 1, a qual colabora com uma forma de concretização de um dispositivo de controle 3 segundo a invenção e por este é também controlada ou regulada. Além disso, a estação de ar comprimido 1 compreende três compressores 2, os quais são conectados, por meio de condutos de pressão 9 assim como

atuadores 5 realizados válvulas, com dois trocadores de ar comprimido 14. O fluido comprimido 4 (não mostrado) disponibilizado para um ou mais usuários e armazenado no tanque de fluido comprimido 8. Para poder realizar as mudanças de grandeza de ajuste através do dispositivo de controle 3, cada atuador 5 pode ser operado por meio de uma conexão, não caracterizada aqui, com o dispositivo de controle 3. O princípio de funcionamento do dispositivo de controle 3 se corresponde essencialmente com aquele da forma de concretização mais complexa segundo a figura 2.

[0082] A figura 2 mostra uma representação esquemática de uma estação de ar comprimido 1 mais complexa que a forma de concretização da figura 1, a qual colabora com um dispositivo de controle 3 e é por este controlada ou regulada. A estação de ar comprimido 1 compreende no dispositivo de controle 3 três compressores 2, os quais, no correspondente controle e regulagem, são previstos para a disponibilização de fluido comprimido 4 (não mostrado) em três tanques de fluido comprimido 8. O fluido comprimido 4 é distribuído a partir de cada compressor 2 por meio de um conduto de pressão 9 a respectivamente três atuadores 5, que preferivelmente são realizados como válvulas 5, o qual está em conexão fluídica com os três tanques de fluido comprimido 8, e em caso de necessidade pode alimentar com fluido comprimido cada tanque de fluido comprimido 8. O fluido comprimido 4 ser extraído por um usuários, ou por vários usuários, da estação de ar comprimido 1 segundo a necessidade. A extração ocorre então em uma estação de recebimento (ponto de recebimento) não caracterizada aqui, de tal modo que o fluido comprimido 4 pode ser extraído de todos os tanques de fluido comprimido 8.

Em correspondência com as ações de comutação tomadas nos atuadores 5 através do dispositivo de controle 3 pode ser direcionado, por um lado, o fluido comprimido 4 dos tanques de fluido comprimido 8 à estação de recebimento para o usuário, por outro lado, é possível também uma compensação de pressão dos tanques de fluido comprimido 8 individuais. Para poder implementar as mudanças de grandezas de ajuste ou estratégias de comutação através do dispositivo de controle 3, cada atuador 5 pode ser direcionado por meio de uma conexão, não mais caracterizada aqui, com o dispositivo de controle 3. Por razões de clareza, cada atuador 5 não foi previsto, neste caso, explicitamente com uma conexão ao dispositivo de controle. Contudo, ao especialista da técnica deve ficar claro que uma conexão desse tipo pode ser realizada. Os sinais de ajuste transmitidos do dispositivo de controle 3 para os atuadores 5 para as ações de comutação podem ser dos mais diversos tipos e podem ser ademais tanto de natureza discreta como contínua. Tipicamente, sinais de ajuste comuns dos atuadores, opcionalmente de válvulas, incluem um desligamento, ligamento, ou também apenas um desligamento ou desligamento gradual. Por meio de atuadores controláveis 5 podem ser estabelecidas conexões entre a estações de recebimento de tanques de fluido 8 individuais. Além disso, possíveis atuadores de inicialização (por exemplo, válvulas de redução de pressão) entre tanques de fluido comprimido 8 e a estação de recebimento podem ser instalados. Eventualmente, é imaginável a conexão de várias estações de recebimento a uma estação de ar comprimido 1. Além disso, a estação de ar comprimido 1 podem compreender sensores que captem grandezas de estado de sistema variáveis

no tempo 56 (aqui não representadas) e que sejam disponibilizadas ao dispositivo de controle 3 para o controle ou regulagem da estação de ar comprimido 1. Assim, por exemplo, os tanques de fluido comprimido 8 podem ser providos com sensores, não mais caracterizados aqui, os quais possibilitam a medição da pressão no tanques de fluido comprimido 8 individuais. Ademais, a estação de ar comprimido 1 pode também ser provida de outros sensores, não mais representados aqui, os quais permitem a determinação de grandezas técnicas de fluido para a caracterização da estação de ar comprimido 1.

[0083] A figura 3 apresenta um modelo da estação de ar comprimido como na figura 2, o qual por exemplo, encontra aplicação em um dispositivo de controle 3 para o controle da estação de ar comprimido real. Dessa forma, o dispositivo de controle 3 pode fazer uso de um processo de pré-simulação 20 (aqui não caracterizado) em concordância com uma forma de concretização da presente invenção ou, também, apenas corporificar uma representação simbólica para a parametrização de uma estação de ar comprimido 1. Se o modelo da estação de ar comprimido 21 encontra aplicação em um método de controle ou regulagem segundo uma forma de concretização da invenção, então cada elemento essencial para a operação da estação de ar comprimido é caracterizado através de uma parametrização numérica. O formato dessa parametrização tem que ser adequado para ser utilizada pelo dispositivo de controle 3 ou um processo de pré-simulação 20 (no presente não mostrado) de modo apropriado. A parametrização pode ocorrer então não somente através de valores numéricos, mas também através de valores simbólicos,

por exemplo, através da entrada e seleção de princípios de funcionamento, formas construtivas, classificações de conjuntos construtivos ou tipos de compressores.

[0084] A figura 4 apresenta o perfil no tempo da pressão na estação de ar comprimido 1, ou de um dos tanques de fluido comprimido 8, na presente não mais descritos, sob o efeito de uma estratégia de comutação 10 (ação de comutação, mudança de grandeza de ajuste). Aqui, a ação de comutação acontece no ponto de tempo do presente. A estratégia de comutação 10 é, por exemplo, implementada para compensar, correspondentemente, a pressão decrescente no passado da estação de ar comprimido 1. Neste sentido é claramente visível que para uma ação de comutação correspondente no presente, por exemplo, um desligamento de uma válvula de pressão, acontece um aumento da pressão na estação de ar comprimido 1 no perfil no tempo do futuro. Segundo o tamanho da mudança de grandezas de ajuste ocorre um aumento de pressão mais fraco ou mais forte no futuro. Em caso de uma mudança de grandeza de ajuste significativamente pequena S_3 chega-se a um perfil de pressão futuro, o qual denomina-se de T_3 . Em correspondência com a mudança de grandeza de ajuste S_2

[0085] Chega-se a um perfil de pressão futuro T_2 e para uma mudança de grandeza de ajuste S_1 tem-se um perfil de pressão conforme a curva T_1 . Todas as três mudanças de grandeza de ajuste S_1 , S_2 e S_3 são apropriadas para evitar uma queda de pressão sob uma pressão mínima pré-definida P_{min} . Em correspondência com um critério de decisão é uma tarefa do dispositivo de controle 1 decidir qual mudança de grandeza de ajuste é adequada para produzir um perfil de pressão futuro desejado. Um critério de decisão tal poderia ser responsável,

por exemplo, de que o perfil de mudança de grandeza de ajuste em linha sólida S_3 seja observado pelo dispositivo de controle 1 como a estratégia de comutação 10 preferida.

[0086] Uma seleção de uma estratégia de comutação 10 preferida ocorre conforme o presente método para o controle de uma estação de ar comprimido, segundo a invenção, também como uma pré-simulação.

[0087] A figura 5 apresenta um diagrama de fluxo de um tal método de seleção por meio de uma pré-simulação. Assim, um processo de pré-simulação (pré-simulação) é inicializado no ponto de tempo $t=0$ segundos (tempo presente) com as variáveis de estado, que caracterizam o estado atual da estação de ar comprimido 1. O processo de pré-simulação é ativado após a inicialização $t=0$ segundos, (também um ponto de tempo que no escopo dos intervalos de tempo de simulação pode ser denominado sempre como tempo presente) e fornece após a rotina do processo, ou após rodar várias vezes o processo de pré-simulação 20 com diferentes parâmetros de saída, preferivelmente três estratégias de comutação alternativas 11 (Alt.1, Alt.2 e Alt.3) a partir das quais é selecionada a estratégia de comutação alternativa apropriada por meio de um critério de qualidade 22 para que o dispositivo de controle se prontifique a produzir um comando de comutação 30 para geração de uma estratégia de comutação 10. As estratégias de comutação alternativas 11 podem, segundo a concretização, resultar em perfis de pressão futuros e previstos na estação de ar comprimido 1, como por exemplo, nos perfis de pressão T_1 , T_2 e T_3 do perfil de pressão na figura 4.

[0088] A figura 6 mostra um outro diagrama de fluxo para a representação de um registro de dados 6, o qual contém

resultados de simulação da pré-simulação 20. Como já explicado para a figura 5, em uma forma de concretização do método de controle segundo a invenção, por meio de um critério de qualidade 22 pode ser determinada a partir do registro de dados 6 uma estratégia de comutação 10 preferida. Para a inicialização de uma pré-simulação ou também de uma série de pré-simulações, precisa-se de uma entrada de grandezas relevantes do sistema. Grandezas de sistema relevantes podem, por um lado, ser os parâmetros de sistema fixos 55, os quais, por exemplo, contêm informações sobre a quantidade de fornecimento de fluido comprimido de compressores individuais, ou sobre o consumo de energia de compressores em diferentes estados de carga, informações sobre os tempos mortos dos compressores ou atuadores, como também os limites de pressão máxima e de pressão mínima característica para a estação de ar comprimido. Além disso, parâmetros de sistema relevantes pode consistir também de parâmetros de estado de sistemas 56, os quais representam grandezas variáveis no tempo. Grandezas de estado de sistema 56 desse tipo da estação de ar comprimido podem conter as informações sobre o estado de funcionamento pelo menos de um tanque de fluido comprimido 8 ou sua pressão, sua temperatura, elas podem compreender informações sobre os estados de funcionamento de compressores 2 individuais, assim como de seus estados de controle ou estados de função atuais, como também informações relacionadas à mudança da quantidade de fluido comprimido 4 na estação de ar comprimido 1, como por exemplo, a mudança de fluido comprimido por unidade de tempo, seu fluxo ou outros parâmetros físicos do mesmo. A qualidade da pré-simulação 20 baseia-se na qualidade ou

número de parâmetros de sistema fixos 55 e de grandezas de estado de sistema 56, as quais são associadas à pré-simulação 20.

[0089] A figura 7 mostra a representação de um perfil de pressão de uma estação de ar comprimido em relação a uma banda de pressão, a qual define um limite inferior de banda de pressão 42 com uma pressão mínima P_{\min} , assim como um limite superior de banda de pressão 41 com uma pressão máxima P_{\max} . Na utilização de uma única banda de pressão fixa pré-determinada para o controle de uma estação de ar comprimido 1, como por exemplo, ocorre em um controle de seqüência conhecido da técnica anterior, acontece uma correspondente ação de comutação quando se abandona a banda de pressão através do perfil de pressão. Dessa forma, por exemplo, ao deixar o perfil de pressão para baixo além do limite inferior de banda de pressão 42 é implementada uma ação de comutação, a qual disponibiliza um compressor adicional para fornecimento de fluido comprimido. Uma ação de comutação desse tipo é implementada no ponto de tempo, para o qual o perfil de pressão deixa o limite inferior de banda de pressão 42, por meio do qual acontece o fornecimento do fluido comprimido adicional de tal modo que, após um intervalo de tempo pequeno da ultrapassagem negativa, o perfil de pressão segue novamente dentro dos limites da banda de pressão fixa pré-determinada. Se, por outro lado, o perfil de pressão abandona o limite superior de banda de pressão 41 para cima, o perfil de pressão pode ser corrigido por uma ação de comutação no ponto de tempo do abandono do limite superior de banda de pressão 41 de tal modo que, após um intervalo de tempo curto da ultrapassagem, o mesmo retorna

para dentro dos limites de banda de pressão.

[0090] Para poder influenciar o perfil de pressão na estação de ar comprimido 1 já em termos técnicos de controle, antes que a pressão mínima P_{\min} seja ultrapassada negativamente ou a pressão máxima P_{\max} seja ultrapassada, podem ser definidas ainda outras bandas de pressão encaixadas entre si nos cálculos para a implementação das ações de comutação. Assim a figura 8 mostra, por exemplo, o perfil de pressão de uma estação de ar comprimido 1 relativo a três bandas de pressão encaixadas entre si. A menor banda de pressão com o limite inferior de pressão 42 de P_{U1} e o limite superior de pressão 41 concretização a pressão P_{O1} encontra-se dentro da próxima banda de pressão maior com o limite inferior de pressão 42 de P_{U2} e o limite superior de pressão com a pressão P_{O2} . Ambas as bandas de pressão previamente caracterizadas encontram-se dentro da maior banda de pressão, a qual apresenta um limite inferior de pressão 42 de P_{\min} , assim como uma pressão máxima do limite superior de banda de pressão de P_{\max} . Então para evitar o perfil de pressão saia de cada lado dos limites de banda de pressão da maior banda de pressão, podem ser implementadas pelo dispositivo de controle 3 (não mostrado na presente figura) ações de comutação já nos pontos de tempo, nos quais o perfil de pressão ultrapassa os limites de banda de pressão da banda de pressão menor ou da próxima maior. Devido aos tempos de atraso inerentes na estação de ar comprimido, após a tomada de uma ação de comutação acontece, após correspondentes curtos intervalos de tempo, uma correção do perfil de pressão.

[0091] Os perfis de pressão representados nas figuras 7 e 8 resultam de ações de comutação, que foram implementadas

através do método de controle apenas reativo. Simplesmente, quando em um ponto de tempo apresenta-se uma ocorrência de pressão pré-determinada (por exemplo, saída dos limites de banda de pressão), uma correspondente ação de comutação é implementada. Ao contrário, segundo a presente invenção, estratégias de comutação futuras são simuladas para instalar um perfil de pressão desejado.

[0092] A figura 9 mostra uma simulação desse tipo sobre um determinado intervalo de tempo futuro simulado 23. Assim, em um ponto de tempo no presente é tomada uma estratégia de comutação 10, a qual diminui a grandeza de ajuste de um valor a) a um valor b). O perfil de pressão futuro a ser esperado na estação de ar comprimido segue uma queda no tempo ligeiramente atrasada. Para evitar uma queda de pressão abaixo de um valor pré-determinado ou para instalar um perfil de pressão estável é prevista, em um ponto de tempo futuro na pré-simulação, virtualmente, uma mudança da grandeza de ajuste do valor b) para o valor mais alto c). Essa mudança virtual de grandeza de ajuste tem um incremento virtual da pressão na estação de ar comprimido 1 como consequência. Dessa forma, por exemplo, a mudança virtual de grandeza de ajuste pode estar em uma estratégia de comutação 13 de um compressor. Para, contudo, evitar um incremento de pressão virtual significativamente grande, é prevista em um ponto de tempo simulador posterior uma outra mudança de grandeza de ajuste do valor c) para o valor d). Essa segunda mudança virtual de grandeza de ajuste para o valor d) pode, por exemplo, consistir em uma estratégia de desligamento 12. Com base na combinação de ambas as mudanças virtuais de grandeza de ajuste é possível, no fim do intervalo de tempo simulado

23, instalar um perfil de pressão virtual estável. Caso, então, ambas as mudanças virtuais de grandeza de ajuste sejam tomadas no futuro real como a verdadeira estratégia de comutação 10, espera-se a instalação de um perfil de pressão estável. Através da realização da pré-simulação pode ser previsto igualmente o comportamento futuro da estação de ar comprimido, e a base de informações é ampliada para o estado da estação de ar comprimido em ainda pontos de tempo futuros.

[0093] A figura 10 apresenta, em comparação com o perfil de pressão que é mostrado na figura 9, três perfis de pressão virtuais diferentes, como eles resultariam em consequência de diferentes mudanças de grandezas de ajuste segundo a pré-simulação 20 sobre o intervalo de tempo simulado 23. Segundo as estratégias de comutação virtuais 13 ou as estratégias de desligamento virtuais 12 obtém-se um perfil de pressão estável ou aumentando ou em queda. Aqui deve-se observar também que as estratégias de comutação virtuais 10 tomadas previamente nas diferentes simulações podem ocorrer também em diferentes pontos de tempo. Além disso, as diferentes mudanças de grandezas de ajuste podem também ser influenciadas pelo comportamento da extração de fluido comprimido através de um ou vários usuários da estação de ar comprimido 1. Consequentemente, a seqüência de ações de comutação, a qual é denominada S_1 , resulta em um perfil de pressão T_1 aumentando no fim do intervalo de tempo simulado 23. A série de ações de comutação, a qual é denominada com S_2 , resulta em um perfil de pressão estável na estação de ar comprimido 1. A série de ações de comutação, que é denominada com S_3 , resulta no fim do intervalo de tempo simulado 23 em um perfil de pressão T_3 em queda. Se a partir dos três possíveis perfis de

pressão simulados fosse escolhido por meio de um critério de qualidade 22 (não mostrado na presente figura) aquele perfil de pressão que apresente no fim do intervalo de tempo simulado 23 as flutuações relativamente menores, então a pré-simulação 20 realizada está próxima de realizar ações de comutação 10 conforme a série de ações de comutações denominada com S_2 nos correspondentes pontos de tempo. Como deve ser compreensível para os especialistas da técnica, pode ser gerados, através da variação de numerosos outros parâmetros na pré-simulação numerosos possíveis perfis de pressão virtuais, a partir dos quais segundo um critério de qualidade 22 é escolhido então o melhor.

[0094] Através da introdução de um processo de pré-simulação 20 é possível calcular na simulação os tempos mortos efetivos dos elementos utilizados na estação de ar comprimido 1 e introduzir estes, implicitamente, no cálculo dos pontos de tempo nos quais são tomadas estratégias de comutação 10. Condição para isso é, entretanto, que os modelos utilizados da estação de ar comprimido 21 conttenham o comportamento dos tempos mortos. Conseqüentemente, não é mais necessário considerar explicitamente os tempos mortos de atuadores individuais 5 no dispositivo de controle 3. Os atuadores 5 podem também ser incluídos em compressores 2 e outros dispositivos pneumáticos opcionais, os quais, por exemplo, podem ser controlados através de sinais de ajuste apropriados visando a mudança de grandeza de ajuste. Os atuadores 5 não são, portanto, restritos somente a válvulas externas 5, como representado na figura 2. O contorno dos tempos mortos ocorre automaticamente com ajuda da pré-simulação produzida. Por um lado, isto permite descobrir se

as mudanças de grandeza de ajuste realizadas no passado foram suficientes para prevenir ocorrências indesejadas, por outro lado, pode ser verificado se através das mudanças de grandezas de ajuste introduzidas no presente pode ser influenciado positivamente o comportamento no tempo do perfil de pressão.

[0095] Na figura 11 tem-se representado o perfil de pressão de uma estação de ar comprimido 1 sobre um perfil no tempo. No passado foi tomada, preferivelmente, uma ação de comutação no ponto de tempo T1 no primeiro atuador. Condicionado pelo tempo morto do primeiro atuador 5, o efeito dessa ação de comutação no perfil de pressão não é reconhecível ainda no presente. No presente, portanto, existe a possibilidade de realizar uma outra ação de comutação em um segundo atuador. No entanto, quando o perfil de pressão pode ser simulado, pode ser decidido se a ação de comutação sobre um segundo atuador pode ser melhorada ao grau de realização de uma condição de contorno (por exemplo, evitar a ultrapassagem negativa da pressão mínima P_{min}), ou se foi realmente necessária. Se pré-simulação é realizada para ambas as estratégias de comutação sobre um intervalo de tempo simulado 23, torna-se evidente que a ação de comutação no segundo atuador não é necessária para garantir a manutenção das condições de contorno. Ademais pode-se observar que o tempo morto do segundo atuador 5 somente é contornado depois que a pressão na estação de ar comprimido 1 já está claramente acima da pressão mínima P_{min} . Consequentemente, poder-se-ia decidir com base no processo de pré-simulação 20 realizado, que a implementação da ação de comutação sobre o segundo atuador para o melhoramento do perfil de pressão na

estação de ar comprimido 1 não se deve realizar.

[0096] Neste ponto deve-se observar que todas as partes acima descritas vistas individualmente e em cada combinação, opcionalmente os detalhes representados nas figuras são considerados como essenciais à invenção. Mudanças das mesmas são possíveis ao especialista da técnica.

Referências numéricas:

- 1 estação de ar comprimido
- 2 compressor
- 3 dispositivo de controle
- 4 fluido comprimido
- 5 atuador
- 6 registro de dados
- 8 tanque de fluido comprimido
- 9 conduto de pressão
- 10 estratégia de comutação
- 11 estratégia de comutação alternativa
- 12 estratégia de desligamento
- 13 estratégia de ligamento
- 14 secador de ar comprimido
- 20 processo de pré-simulação
- 21 modelo de instalação de compressores
- 22 critério de qualidade
- 23 intervalo de tempo
- 30 comando de comutação
- 41 limite superior de banda de pressão
- 42 limite inferior de banda de pressão
- 54 compressor de compensação de pressão
- 55 parâmetro de sistema
- 56 grandeza de estado de sistema

60 hardware
61 sistema de barramento
70 núcleo de simulação
71 núcleo de algoritmo
72 base de informação

REIVINDICAÇÕES

1. Método para o controle ou regulagem de uma estação de ar comprimido, compreendendo pelo menos uma pluralidade de compressores (2) conectados entre si, método o qual é capaz de iniciar ambas estratégias de comutação (10), por meio de um dispositivo de controle eletrônico (3) para influenciar uma quantidade de um fluido comprimido (4) que está disponível em qualquer momento para um ou mais usuários na estação de ar comprimido (1), assim como também ajustar, de forma adaptativa, a quantidade de fluido comprimido (4) que está disponível em qualquer momento uma estação de ar comprimido (1), para um ou vários usuários, para condições de funcionamento futuras da estação de ar comprimido (1) considerando a quantidade de extração de fluido comprimido da estação de ar comprimido, caracterizado pelo fato de antes de se implementar uma estratégia de comutação (10) serem verificadas diferentes estratégias de comutação (10) em um método de simulação preliminar (20) com base em um modelo (21) da estação de ar comprimido (1) e, a partir das estratégias de comutação (10) verificadas com base no mínimo em um critério de qualidade (22) definido, é selecionada a estratégia de comutação (10) relativamente mais vantajosa e a estratégia de comutação (10) selecionada é enviada ao dispositivo de controle (3) para implementação na estação de ar comprimido (1).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os limites superiores de pressão e/ou os limites inferiores de pressão pré-determinados serem considerados como condições de limite a serem mantidas no método (20).

3. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou

2, caracterizado pelo fato de o modelo (21) da estação de ar comprimido (1) estar baseado em um conjunto de equações diferenciais dependentes do tempo e/ou não lineares, assim como de caso em caso para a reprodução de descontinuidades e/ou tempos mortos no comportamento dos compressores e/ou estruturalmente variáveis, equações as quais também permitem a determinação do efeito de ocorrências passadas sobre as grandezas de estado atuais da estação de ar comprimido (1).

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de dentro do método de simulação preliminar (20) ser prognosticado ou calculado um desenvolvimento das diferentes estratégias de comutação (10) sobre um intervalo de tempo pré-determinado (23) em etapas discretas ou contínuas.

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizado pelo fato de o intervalo de tempo da simulação preliminar (20) ser ajustado de forma adaptativa através de um critério de qualidade com base em parâmetros e/ou grandezas de estado do modelo da estação de ar comprimido (1), e/ou de registros ou prognósticos do consumo de ar comprimido.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de conforme um grupo de estratégias de comutação alternativas (10) serem considerados diferentes valores de pressão superior (41) ou valores de pressão inferior (42), como critério de inicialização de uma estratégia de comutação (10) previamente definida no escopo do método de simulação preliminar (20).

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizado pelo fato de conforme um grupo de

estratégias de comutação alternativas (10) para pelo menos um dos compressores conectados entre si, serem considerados diferentes valores de pressão superior (41) ou valores de pressão inferior (42) para pelo menos uma estratégia de desligamento (12) previamente definida ou, respectivamente, pelo menos uma estratégia de comutação (13) no escopo do processo de simulação preliminar (20).

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizado pelo fato de conforme um grupo de estratégias de comutação alternativas (10) serem considerados também a comutação ou o desligamento de diferentes grupos de compressores (5a, 5b) em valores de pressão superior (41) ou valores de pressão inferior (42) que são fixos ou ainda a ser avaliados no método de simulação preliminar (20).

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizado pelo fato de o critério de qualidade (22) ser definido ou pelo menos ser co-determinado em uma maneira decisiva através de um consumo de energia o mais baixo possível.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizado pelo fato de o método de simulação preliminar (20) fornecer pelo menos um registro de dados (6) incluindo perfis de tempo futuros prognosticados das grandezas de estado do modelo da estação de ar comprimido (1) em diferentes estratégias de comutação (10) em pontos de tempo diferentes, não obrigatoriamente equidistantes e/ou incluindo números de referência derivados do mesmo, preferivelmente para todo o ciclo de controle.

11. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, caracterizado pelo fato de compreender uma adaptação

eventualmente automática do modelo da estação de ar comprimido (1) aos parâmetros de instalação que são atualizados e/ou inicialmente conhecidos somente de forma aproximada e/ou não ajustados de forma precisa.

12. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 11, caracterizado pelo fato de no método de simulação preliminar (20), grandezas de estado de sistema (56) variáveis atuais da estação de ar comprimido (1) serem consideradas, e/ou informações sobre o estado de funcionamento de compressores (2) individuais e/ou também informações em relação à mudança da quantidade de fluido comprimido (4) na estação de ar comprimido (1), por exemplo, a diminuição da quantidade de fluido comprimido por unidade de tempo e/ou que no método de simulação preliminar (20) são considerados, como parâmetros de sistema fixos (55) da estação de ar comprimido (1), informações sobre a quantidade de fornecimento de fluido comprimido (4) de compressores (2) individuais, e/ou sobre o consumo de energia de compressores (2) individuais em diferentes estados de carga, e/ou informações sobre os tempos mortos dos compressores (2), e/ou os limites de pressão máxima e pressão mínima característicos para a estação de ar comprimido (1) em consideração.

13. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 12, caracterizado pelo fato de a simulação preliminar (20) utilizar rotinas numéricas de inteligência artificial e/ou adaptativas em relação ao desenvolvimento no tempo do comportamento de consumidor relacionado à extração de fluido comprimido (4) da estação de ar comprimido (1).

14. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 13, sendo que é implementado em um controlador eletrônico

de uma estação de ar comprimido (1), processando informações sobre grandezas de estado essenciais da estação de ar comprimido (1) como informações de entrada, e emite comandos de controle para o controle de pelo menos alguns compressores (2) como uma tarefa, caracterizado pelo fato de o método apresentar as seguintes estruturas de função:

- um núcleo de simulação (70), no qual são contidos, para a caracterização do comportamento de pelo menos alguns componentes da estação de ar comprimido (1), modelos dinâmicos desses componentes, sendo que o núcleo de simulação (70) é configurado de modo que ele calcula previamente, como resultado da simulação, o perfil de tempo de todas as grandezas de estado contidas no modelo dos componentes da estação de ar comprimido (1) com base em estratégias de comutação alternativas (10) assumidas, os modelos do núcleo de simulação (70) considerando as não linearidades essenciais e/ou descontinuidades e/ou tempos mortos no comportamento dos componentes;

- um núcleo de algoritmos (71), o qual contém parâmetros para a caracterização dos componentes da estação de ar comprimido (1), informações de topologia sobre a interconexão dos componentes individuais, heurísticas para a formação de estratégias de comutação alternativas (10) e critérios de avaliação para os perfis de tempo determinados pelo núcleo de simulação dos componentes da estação de ar comprimido (1) para as estratégias de comutação alternativas (10) obtidas pelo núcleo de simulação (70), e o qual seleciona sobre essa base a estratégia de comutação (10) mais vantajosa e prepara ou transmite os correspondentes comandos de controle para pelo menos alguns compressores (2); e

- uma base de informações (72), a qual contém, além de uma imagem do processo formada a partir dos valores de sensores e eventualmente de valores de atuador disponibilizados pelo núcleo de algoritmos (71), também os resultados de simulação para estratégias de comutação alternativas (10), sendo que a base de informações (72) representa pelo menos uma parte do banco de dados do conjunto do núcleo de algoritmos (71) e do núcleo de simulação (70) e serve para o intercâmbio de dados entre o núcleo de algoritmos (71) e o núcleo de simulação (70).

15. Dispositivo de controle de uma estação de ar comprimido, a qual compreende uma pluralidade de compressores (2) conectados entre si, dispositivo de controle o qual é capaz de iniciar ambas estratégias de comutação (10) de elementos de ajuste (7) da estação de ar comprimido (1) e/ou diferentes compressores (2) para influenciar a cada momento a quantidade do fluido comprimido (4) disponível para um ou mais usuários em uma estação de ar comprimido (1), assim como também ajustar adaptativamente a quantidade de fluido comprimido (4) disponível a cada momento às condições de funcionamento futuras na quantidade de extração de fluido comprimido (4) da estação de ar comprimido (1), caracterizado pelo fato de antes de uma estratégia de comutação (10), diferentes estratégias de comutação (10) serem verificadas em um método de simulação preliminar (20) sob o princípio de um modelo (21) da estação de ar comprimido (1) e ser selecionada, a partir das estratégias de comutação (10) com ajuda de pelo menos um critério de qualidade (22), a estratégia de comutação relativamente mais vantajosa e sendo que o dispositivo de controle (3) produz um comando de comutação

1/6

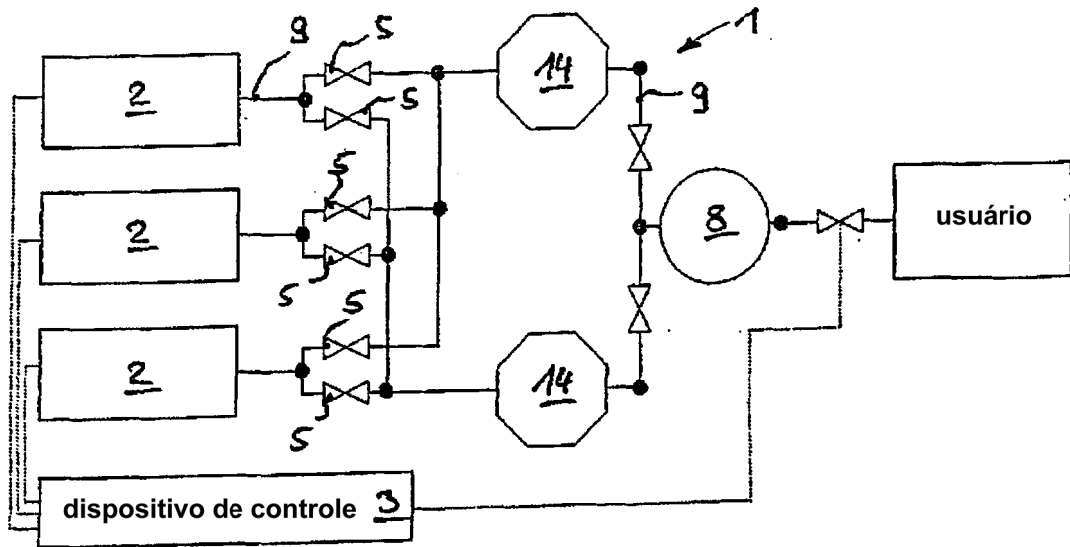


FIG.1

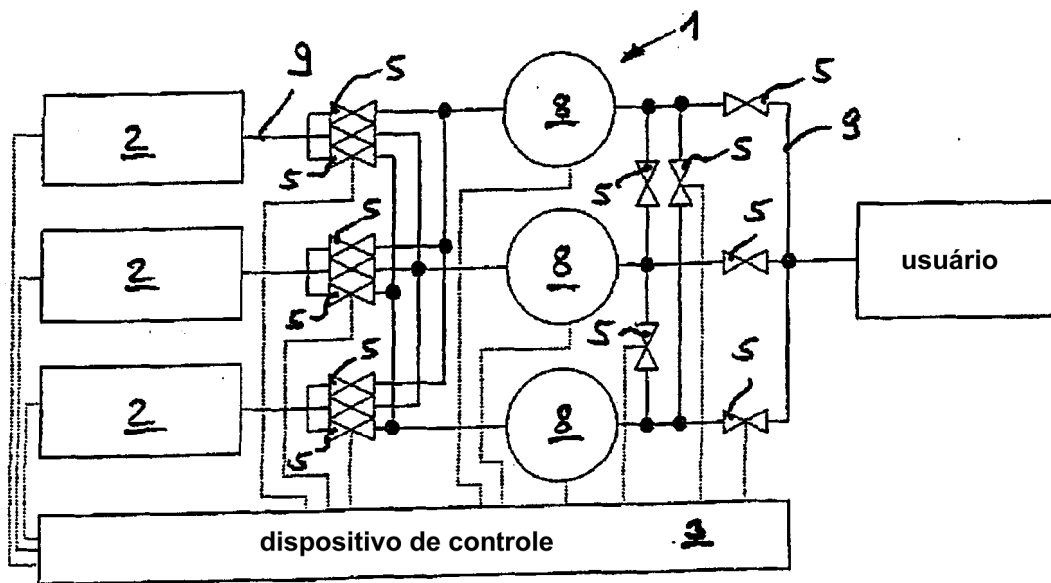


FIG.2

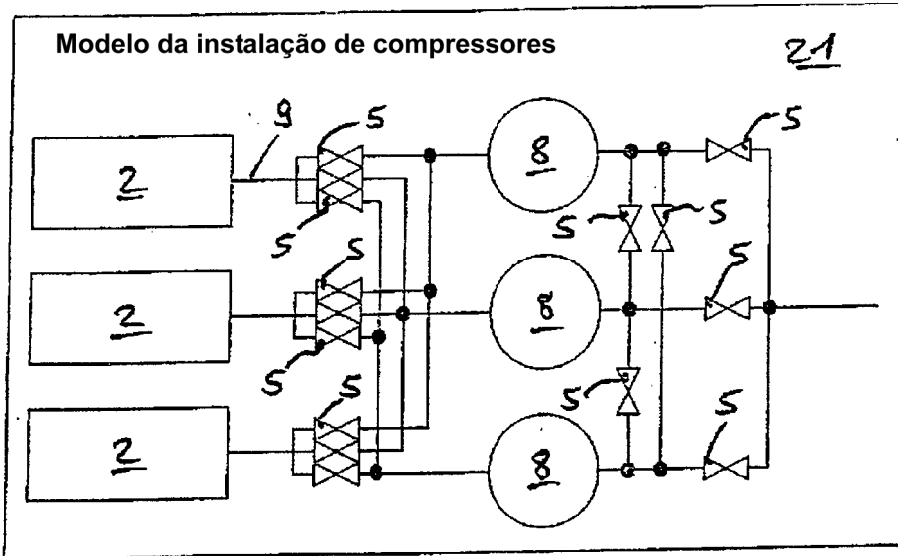


FIG.3

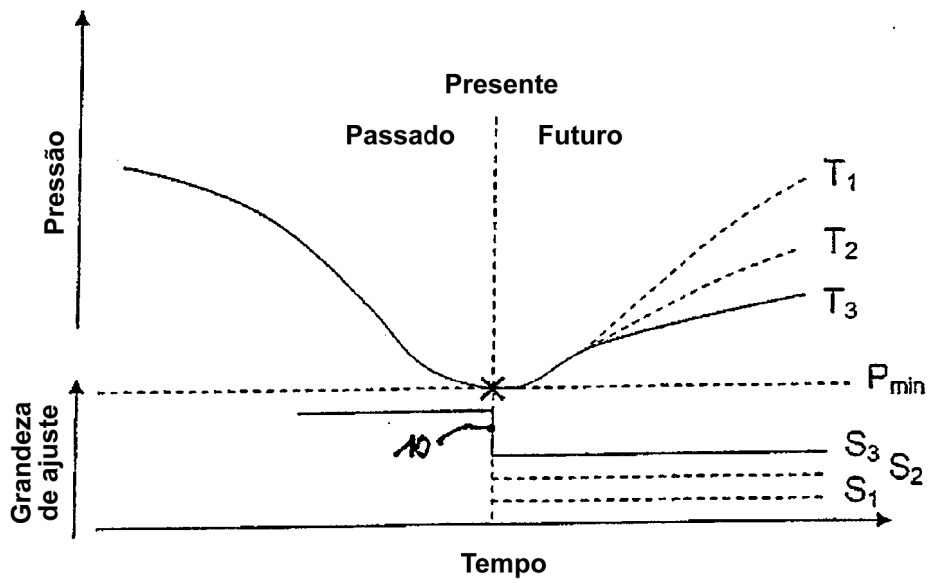


FIG.4

3/6

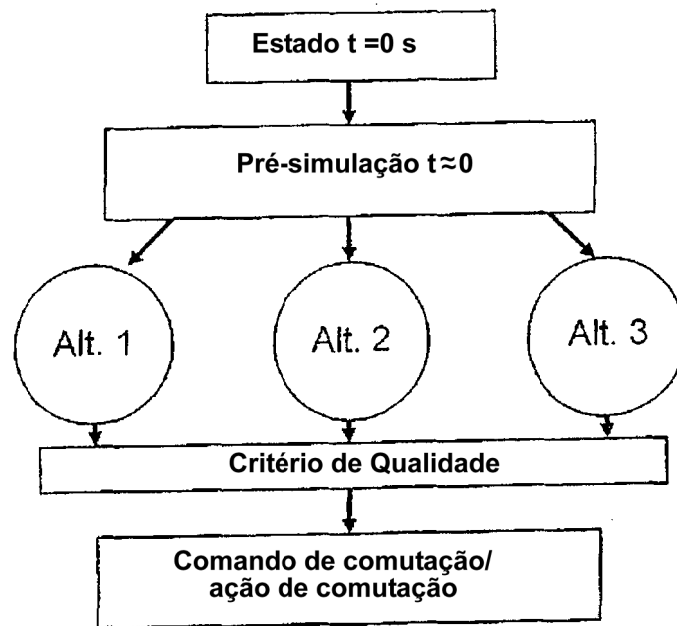


FIG.5

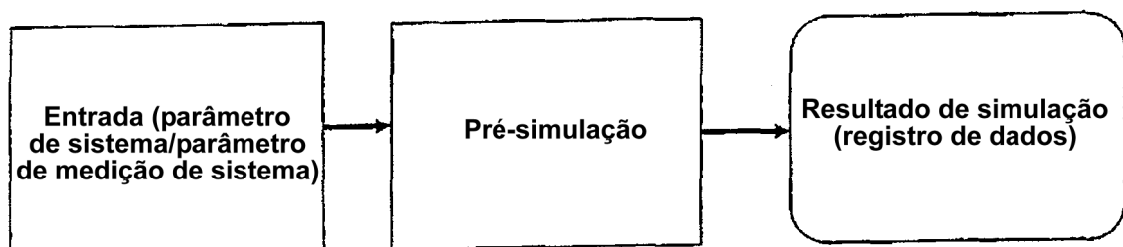


FIG.6

4/6

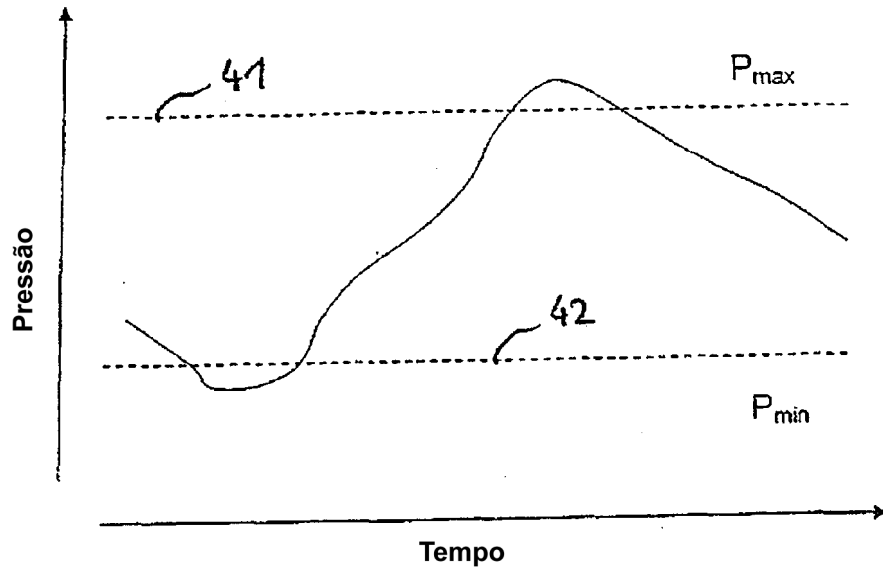


FIG.7

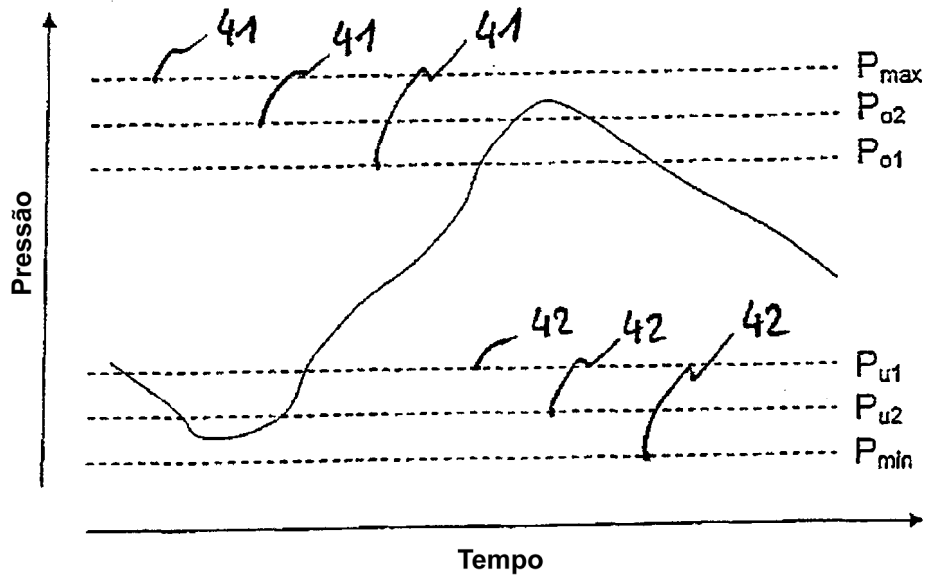


FIG.8

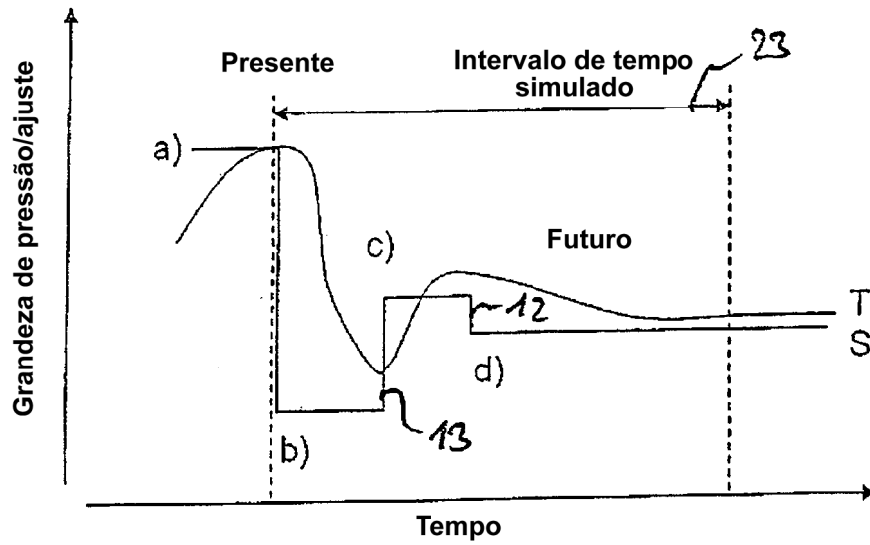


FIG.9

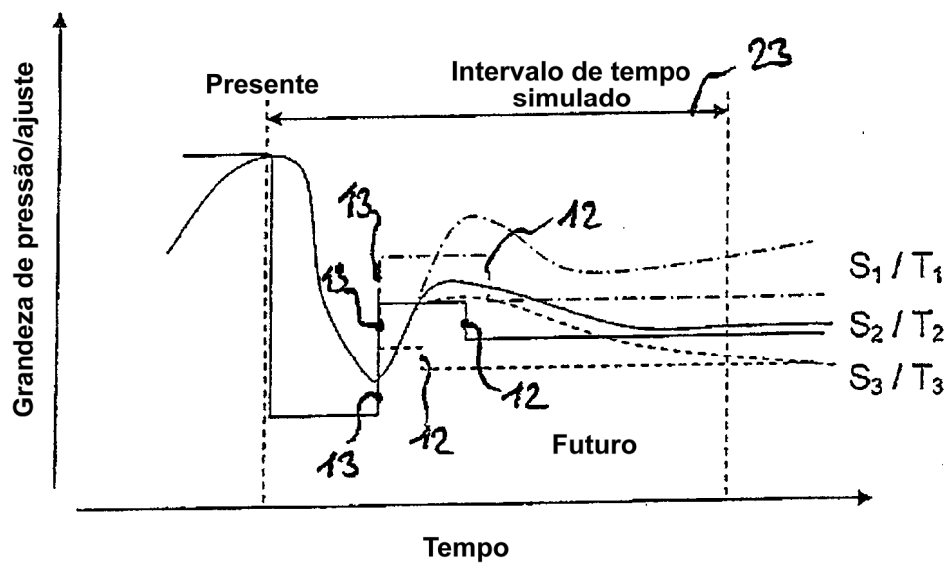


FIG.10

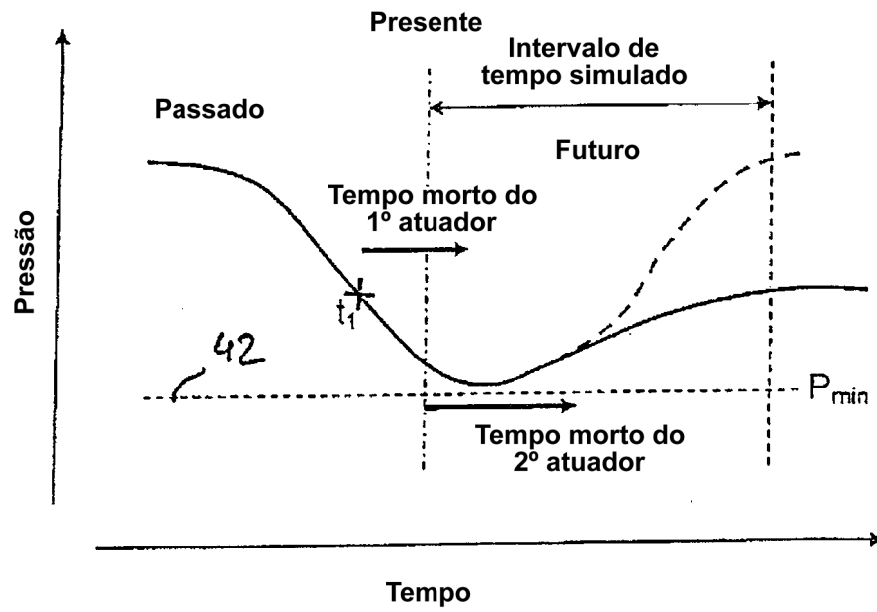


FIG.11