



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

(21) PI 1001376-8 A2



(22) Data de Depósito: 07/05/2010

(43) Data da Publicação: 28/07/2015
(RPI 2325)

(54) **Título:** SISTEMA MÉTODO E CONTROLADOR PARA SINTONIZAR A OPERAÇÃO DE UMA TURBINA A GÁS, MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA SITUAÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÃO DE UMA TURBINA A GÁS E MÉTODO DE CONTROLE AUTOMATIZADO DA TEMPERATURA DE ENTRADA DO COMBUSTÍVEL DE UMA TURBINA A GÁS

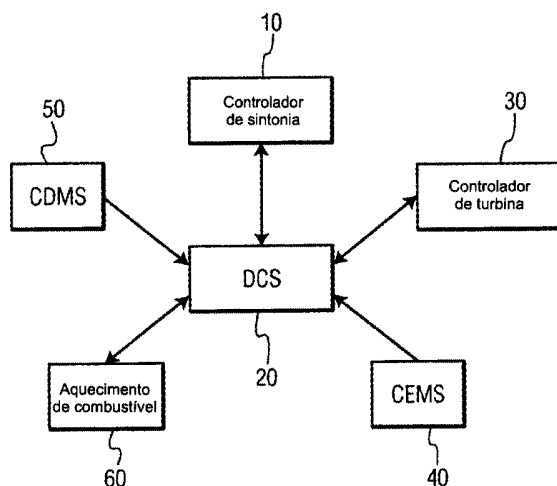
(51) **Int.Cl.:** G06F11/30

(30) **Prioridade Unionista:** 08/05/2009 US 12/463,060

(73) **Titular(es):** Gas Turbine Efficiency Sweden AB

(72) **Inventor(es):** Christopher Chandler

(57) **Resumo:** SISTEMA, MÉTODO E CONTROLADOR PARA SINTONIZAR A OPERAÇÃO DE UMA TURBINA A GÁS, MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA SITUAÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÃO DE UMA TURBINA A GÁS E MÉTODO DE CONTROLE AUTOMATIZADO DA TEMPERATURA DE ENTRADA DO COMBUSTÍVEL DE UMA TURBINA A GÁS. A presente invenção refere-se a um sistema para sintonizar a operação de uma turbina a gás que é fornecido com base na medição de parâmetros operacionais da turbina e direcionando o ajuste dos controles operacionais para vários elementos operacionais da turbina. Um controlador é fornecido para comunicação com sensores e controles dentro do sistema. O controlador recebe os dados operacionais dos sensores e compara os dados com os padrões operacionais armazenados para determinar se a operação de turbina está em conformidade com os padrões. O controlador então comunica o ajuste selecionado em um parâmetro operacional da turbina. O controlador então recebe dados operacionais adicionais dos sensores para determinar se um ajuste adicional é desejável ou se o ajuste de um parâmetro operacional selecionado adicional é desejável.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA, MÉTODO E CONTROLADOR PARA SINTONIZAR A OPERAÇÃO DE UMA TURBINA A GÁS, MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA SITUAÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÃO DE UMA TURBINA A GÁS E MÉTODO DE CONTROLE AUTOMATIZADO DA TEMPERATURA DE ENTRADA DO COMBUSTÍVEL DE UMA TURBINA A GÁS"**.

Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um sistema automatizado para detectar a condição operacional de um sistema de combustão e para realizar os ajustes predeterminados para alcançar a operação desejada da turbina.

Antecedentes

Os sistemas de combustão pré-misturados pobres têm sido empregados em motores de turbina a gás terrestres para reduzir as emissões, tal como NO_x e CO. Esses sistemas têm sido bem-sucedidos e, em alguns casos, produzem níveis de emissão que estão em limites mais baixos das capacidades de medição, aproximadamente 1 a 3 partes por milhão (ppm) de NO_x e C. Apesar de esses sistemas serem um grande benefício do ponto de vista da produção de emissão, o invólucro operacional dos sistemas é substancialmente reduzido quando comparado com sistemas de combustão mais convencionais. Como consequência disso, o controle das condições de combustível, distribuição e injeção em zonas de combustão tem se tornado um parâmetro operacional crítico e exigem ajuste frequente, quando as condições atmosféricas ambientes, tal como temperatura, umidade e pressão, mudam. O reajuste das condições de combustível de combustão, distribuição e injeção é chamado de sintonia.

A operação controlada de um sistema de combustão geralmente emprega uma configuração manual dos parâmetros operacionais de um combustor em uma condição operacional média. Essas configurações são satisfatórias no momento da configuração, mas condições podem mudar e causar uma operação inaceitável em questão de horas ou dias. Outras abordagens utilizam uma fórmula para prever as emissões com base nos parâmetros operacionais da turbina a gás, e selecionar um ponto de configuração

para a distribuição de combustível e/ou razão de combustível/ar geral da máquina, sem modificar outros parâmetros, tal como temperatura de gás de combustível. ~~Essas abordagens não permitem a variação temporizada, não~~ levam vantagem dos dados de emissão e dinâmica reais nem modificam a
5 distribuição de combustível, temperatura de combustível e/ou outros parâmetros operacionais da turbina.

Outra variável que causa impacto no sistema de combustão pré-misturado pobre é a composição de combustível. A variação suficiente na composição de combustível causará uma mudança na liberação de calor do
10 sistema de combustão pré-misturado pobre. Tal mudança pode resultar em excursões de emissões, processos de combustão instáveis, ou até mesmo explosão do sistema de combustão.

A operação errada do sistema de combustão se manifesta no aumento das pulsações de pressão ou um aumento da dinâmica de combustão. A pulsação pode ter força suficiente para destruir o sistema de combustão e reduzir drasticamente a vida útil do hardware de combustão. Adicionalmente a sintonia inadequada do sistema de combustão pode resultar em excursões de emissão e violar as permissões de emissão. Portanto, um meio de se manter a estabilidade dos sistemas de combustão pré-
15 misturados pobres, regularmente ou periodicamente, dentro do invólucro de operação adequado, é de grande valor e interesse para a indústria. Adicionalmente, um sistema que opera pela utilização de dados quase que em tempo real, retirados a partir dos sensores da turbina, terá um valor significativo para coordenar a modulação da distribuição de combustível, temperatura de entrada de gás combustível e/ou razão geral de combustível ar da máquina.
20

Sumário da Invenção

A presente invenção é um controlador e método de sintonia da operação de uma turbina a gás do tipo possuindo sensores para medir os
30 parâmetros operacionais da turbina e controles para controlar vários elementos operacionais da turbina. Os parâmetros operacionais da turbina que são recebidos pelo controlador podem incluir um ou mais dos seguintes: dinâmi-

ca de combustor, temperatura de exaustão de turbina (razão de combustível/ar geral) e emissores de exaustão de turbina. Os elementos de controle operacionais podem incluir um ou mais dos seguintes: ~~distribuição de combustível~~, temperatura de combustível e temperatura de exaustão de turbina.

- 5 O sistema de instalação de turbina/energia também inclui uma conexão de comunicação, tal como um sistema de controle distribuído (DCS). A conexão permitindo a comunicação com os sensores e os controles operacionais. O controlador de sintonia também é conectado ao sistema de turbina através da conexão de comunicação.

- 10 O controlador opera pelo recebimento de dados dos sensores. As prioridades operacionais para a turbina podem ser configuradas dentro do controlador e são tipicamente selecionadas a partir de emissões NOx ideais, dinâmica de combustor ideal e/ou saída de energia ideal. Os dados recebidos dos sensores de turbina são comparados com os padrões operacionais armazenados dentro do controlador. Os padrões operacionais selecionados são preferivelmente baseados nas prioridades operacionais determinadas. Uma determinação é feita quanto ao fato de a operação de turbina se conformar aos padrões operacionais. Adicionalmente, depois de os dados serem determinados como estando fora de conformidade, uma determinação
- 15 adicional é feita do critério de sintonia dominante novamente. Essa determinação adicional é preferivelmente baseada nas prioridades operacionais predeterminadas. Uma vez que as determinações lógicas são feitas, o controlador de sintonia se comunica com os dispositivos de controle operacional através da conexão de comunicação para realizar um ajuste selecionado em
- 20 um parâmetro operacional da turbina. O ajuste operacional selecionado é preferivelmente baseado nos critérios de sintonia dominantes e possui um valor incrementado fixo predeterminado e faixa de valor definida. Cada mudança incrementada é preferivelmente registrada durante um período de tempo determinado, que é suficiente para a turbina obter estabilidade operacional. Uma vez que o período de tempo passa, os dados operacionais são
- 25 novamente recebidos a partir do dispositivo de sensor de turbina para determinar se uma mudança incrementada adicional é desejada. Depois da
- 30

finalização dos ajustes dentro de uma faixa definida, um ajuste de parâmetro operacional adicional é selecionado, novamente preferivelmente com base no critério de sintonia dominante, e um ajuste incrementado fixo adicional é realizado. O processo de sintonia continua pelo controlador recebendo dados operacionais para determinar se a operação está em conformidade com os padrões operacionais ou se um ajuste adicional é necessário. Os parâmetros operacionais sendo ajustados pelo controlador de sintonia podem incluir um ou mais dos seguintes: a divisão de distribuição de combustível do combustor dentro dos bocais do combustor, a temperatura de entrada de gás combustível e/ou a razão de combustível ar dentro da turbina.

Em um aspecto adicional da invenção, o sistema realiza um método de determinação da situação de sintonia do sistema de combustão de turbina de gás dominante através do uso de lógica hierárquica Booleana e múltiplos níveis de configurações de controle.

Em outro aspecto da invenção, o método realizado se refere a um controle automatizado de temperatura de combustível de entrada de turbina a gás através da modificação automatizada do ponto de configuração de controle de temperatura de gás combustível dentro de um Sistema de Controle Distribuído (DCS).

Em um aspecto adicional da invenção, um método para o controle automatizado de uma temperatura de combustível de entrada de turbina a gás é definido pela modificação automatizada do ponto de configuração de controle de temperatura de gás combustível dentro do controlador de temperatura de gás combustível.

Em outro aspecto da invenção um método de comunicação de sinais de controle de turbina para um controlador de turbina a gás é realizada através do uso de uma conexão de comunicação de turbina a gás existente com um dispositivo de controle externo, tal como, por exemplo, uma porta de protocolo de comunicação Ethernet ou Serial MODBUS existente no controlador de turbina para comunicação com um Sistema de Controle Distribuído (DCS).

Em um aspecto adicional da invenção um método para modifica-

ção de um sistema de combustão de turbina a gás é definido por uma série de configurações de sintonia automática através de um monitor de interface de usuário, ~~que utiliza comutadores de alternância de lógica Booleana para~~ selecionar os critérios de otimização desejados pelo usuário. O método é
 5 preferivelmente definido pelos critérios de otimização com base na Dinâmica de Combustão Ideal, onde alternância do comutador muda a magnitude das configurações de controle da dinâmica de combustor.

Breve Descrição dos Desenhos

Para fins de ilustração da invenção, os desenhos ilustram as
 10 formas que são atualmente preferidas. Deve-se compreender que a invenção não está limitada às disposições precisas e instrumentalidades ilustradas nos desenhos da presente invenção;

A figura 1 ilustra uma representação esquemática de um sistema de comunicação de instalação operacional englobando o sistema de motor
 15 de turbina a gás, incorporando um controlador de sintonia de turbina a gás;

A figura 2 ilustra um fluxograma funcional para um controlador de sintonia da presente invenção;

A figura 3 ilustra um monitor de interface de usuário para selecionar o modo de otimização dentro da presente invenção.

20 A figura 4 ilustra um esquema da inter-relação de várias configurações de modo de otimização.

As figuras de 5 a 8 ilustram os exemplos operacionais da sintonia operacional de um sistema de motor de turbina a gás como contemplado pela presente invenção.

25 As figuras 9a e 9b são representações esquemáticas da função do controlador de sintonia da presente invenção na manutenção da sintonia do sistema de turbina.

Descrição Detalhada

A figura 1 é um diagrama de comunicação para um motor de
 30 turbina a gás (não-ilustrado), dentro do qual um controlador de sintonia 10 da presente invenção opera. Uma conexão de comunicação ou cubo é fornecida para direcionar a comunicação entre os vários elementos do sistema

de turbina. Como ilustrado, a conexão de comunicação é um Sistema de Controle Distribuído (DCS) identificado pelo número 20. A maior parte do controle de turbina é realizada através do DCS 20. Um controlador de turbina 30 se comunica diretamente com a turbina a gás e com o DCS 20. Na
5 presente invenção, a informação relevante para a operação da turbina, por exemplo, dinâmica da turbina, emissões de exaustão da turbina, etc. é direcionada através do DCS 20 para o controlador de sintonia 10. O controlador de sintonia 10 é contemplado como sendo um PC independente utilizado para funcionar como um controlador lógico programável (PLC). O controla-
10 dor de sintonia 10 é preferivelmente um computador separado do controlador de turbina 30 e não se comunica diretamente com o controlador de turbina 30, exceto através do DCS 20. Os sinais do controlador de sintonia 10 podem ser transferidos para o controlador de turbina 30 ou outros controles dentro do sistema pelo uso de um dispositivo de controle externo, tal como a
15 porta de protocolo de comunicação Ethernet ou Serial MODBUS existente em ou adicionada ao sistema.

Os dados operacionais relevantes são recebidos dos dispositivos de sensor associados com a turbina. Por exemplo, a leitura da emissão de exaustão de turbina é tirada das emissões da chaminé por um sistema de
20 monitoramento contínuo de emissões (CEMS) 40 que é conectado ao DCS. A dinâmica de combustão é percebida utilizando uma sonda de sensor de pressão dinâmica localizada dentro da região de combustão do combustor de turbina. Como ilustrado, um sistema de monitoramento contínuo de dinâmica (CDMS) 50 é fornecido e se comunica com o DCS. O CDMS 50 utiliza
25 preferivelmente sondas de percepção de pressão ou luz conectadas por guia de onda ou montadas diretamente para medir a dinâmica de combustão. Outro parâmetro operacional relevante é a temperatura do gás combustível. Novamente, essa informação de temperatura é direcionada para o controlador de sintonia 10 através de DCS 20 a partir da unidade de aquecimento de
30 combustível 60. Visto que parte da operação de sintonia pode incluir o ajuste da temperatura do combustível, pode haver uma comunicação de duas vias entre o controlador de sintonia 10 e a unidade de aquecimento de combustí-

vel 60.

Dados operacionais relevantes da turbina são coletados várias vezes por minuto. Essa coleta de dados permite a sintonia de sistema quase que em tempo real. Os dados operacionais mais relevantes de turbina são coletados pelo controlador de sintonia em tempo quase real. No entanto, as emissões de exaustão de turbina são recebidas tipicamente a partir do sensor pelo controlador de sintonia 10 com um espaço de tempo de 2 a 8 minutos com relação às condições operacionais atuais. Esse espaço de tempo cria a necessidade de o controlador de sintonia 10 receber e armazenar a informação relevante, por um espaço de tempo similar, antes de realizar os ajustes na sintonia operacional. O espaço de tempo de ajuste de sintonia do controlador de sintonia 10 garante que todos os dados operacionais (incluindo emissões de exaustão) representem uma operação de turbina estável antes e depois de quaisquer ajustes terem sido realizados. Uma vez que os dados são considerados estáveis o controlador de sintonia 10 determina se existe a necessidade de ajuste dos parâmetros de sintonia. Se nenhum ajuste for necessário, o controlador de sintonia 10 mantém a sintonia atual e espera para receber o próximo conjunto de dados. Se mudanças forem consideradas, a sintonia começa.

Todas as determinações da necessidade de sintonia de turbina são realizadas dentro do controlador de sintonia 10. A operação de sintonia é iniciada com base em um "alarme" criado pelo recebimento dos dados operacionais fora do atual critério operacional. A fim de a operação de sintonia ser iniciada, o alarme, e, dessa forma, os dados anomalmente, deve continuar por um período predeterminado de tempo.

Um exemplo de um ajuste de sintonia é a variação da razão de pressão de bocal de combustível para ajustar a dinâmica de combustão. Com a exigência por temperaturas de ignição maiores para se alcançar temperaturas de chama maiores e maior eficiência, os combustores de turbina devem liberar mais energia em um determinado volume de combustor. Melhores emissões de exaustão são frequentemente alcançadas pelo aumento na taxa de mistura de combustível e ar a montante da zona de reação de

combustão. A taxa de mistura aumentada é frequentemente alcançada pelo aumento da queda de pressão na descarga de bocal de combustível. À medida que a taxa aumenta nos combustores, a turbulência gerada pela combustão frequentemente resulta em ruído dentro do combustor e pode resultar na geração de ondas acústicas. Tipicamente, as ondas acústicas são causadas quando as ondas sonoras das chamas de combustão são acopladas às características acústicas do volume de combustor do sistema de combustível propriamente dito.

- Ondas acústicas podem afetar a pressão interna na câmara.
- 10 Onde a pressão perto de um bocal de combustível sobe, a taxa de combustível fluindo através do bocal e a queda de pressão consequente diminuem. Alternativamente, uma redução na pressão perto do bocal causará um aumento no fluxo de combustível. Em casos onde uma queda de pressão de bocal de combustível baixa permite a oscilação do fluxo de combustível, um
- 15 combustor pode sofrer oscilações de pressão amplificadas. Para se combater as oscilações de pressão dentro do combustor, a dinâmica de combustão é monitorada e a razão de ar para combustível e razão de pressão de bocal de combustível podem ser modificadas para se reduzir ou eliminar as variações indesejadas na pressão de combustor, curando, dessa forma, uma situação de alarme ou colocando o sistema de combustão de volta para um
- 20 nível aceitável de dinâmica de combustão.

- Como ilustrado na figura 2, os dados recebidos pelos dispositivos de sensor para a dinâmica do combustor (50), emissões de exaustão de turbina (40), e outros parâmetros operacionais de turbina relevantes (30) são
- 25 direcionados através do DCS 20 para o controlador de sintonia 10. Esses valores de entrada são então comparados com os dados operacionais padrão ou alvo para a turbina. Os padrões operacionais armazenados são baseados, pelo menos em parte, nas configurações de prioridade operacionais para a turbina. Essas configurações de prioridade são definidas na interface
- 30 de usuário principal 12 do controlador de sintonia 10 e são ilustradas graficamente na figura 3. Com base nas configurações de prioridade, uma série de ajustes é feita à operação da turbina pelo controlador de turbina 10 co-

nectado através de DCS 20. Os ajustes são direcionados aos dispositivos de controle, incluindo a unidade de aquecimento de combustível 60 (figura 1) e ~~vários outros elementos operacionais 80 da turbina (figura 2).~~

O monitor de interface 12 ilustrado na figura 3 é constituído de
5 comutadores (cada um possuindo uma indicação Liga/Desliga). Esses comutadores permitem que o usuário especifique as prioridades de sintonia desejadas para a operação da turbina. As prioridades operacionais comutadas incluem emissões ideais de NOx 14, potência ideal 16 e dinâmica de combustor ideal 18. Cada um desses comutadores é configurado pelo usuário
10 para ajustar a operação preferida da turbina. Dentro do controlador de sintonia encontram-se funções que operam dentro das prioridades configuradas pelos comutadores. Preferivelmente, se ambos o comutador de emissões NOx ideal 12 e o comutador de potência ideal 14 forem configurados para "Ligado", o controlador 10 rodará no modo NOx ideal, não no modo de potência ideal. Dessa forma, para rodar no modo de potência ideal, o comutador de emissões NOx ideais 12 deve estar "desligado". A figura 4 ilustra uma representação gráfica da inter-relação dos comutadores de monitor de interface.

Voltando-se à figura 2, é ilustrada uma representação do fluxo
20 lógico de determinações e cálculos feitos dentro do controlador de sintonia 10. O controlador de sintonia 10 recebe os parâmetros operacionais reais da turbina através do controlador de turbina 30, dinâmica de combustor através de CDMS 50, e emissões de exaustão de turbina através do CEMS 40. Esses dados de sensor são direcionados para o controlador de sintonia 10 através de DCS 20. Os dados de sensor recebidos são comparados com os
25 padrões operacionais armazenados para determinar se a operação de turbina está em conformidade com as configurações desejadas. Os padrões operacionais são baseados nas prioridades operacionais predeterminadas da turbina, definidas pelos comutadores 14, 16, 18 no monitor de interface de usuário principal 12 do controlador de sintonia 10 (figura 3).
30

Com base nas prioridades operacionais predeterminadas, uma abordagem lógica Booleana hierárquica inserida no código determina os cri-

térios de sintonia dominantes com base nas prioridades operacionais. A partir dessa seleção lógica, o controlador de sintonia 10 implementa um valor de ~~ajuste incrementado fixo para alteração de um parâmetro operacional da~~ turbina dentro de uma faixa máxima de ajuste (por exemplo, valores alto e
5 baixo). As mudanças de sintonia são realizadas em uma direção predeterminada consistente através de um incremento predeterminado de tempo e dependem dos critérios de sintonia dominantes no momento. É contemplado que nenhum cálculo funcional ou de fórmula é realizado para determinar os ajustes de sintonia; ao invés disso, os ajustes incrementados, a direção dos
10 ajustes, a abrangência de tempo entre os ajustes, e a faixa máxima de ajustes para cada parâmetro e para cada critério de sintonia são armazenados no controlador de sintonia 10.

Como ilustrado na figura 2, o controlador de sintonia 10 determina se as emissões estão em conformidade 100 e se a dinâmica de combustor está em níveis aceitáveis 102. Se ambos estiverem em conformidade
15 com os padrões operacionais determinados, o controlador de sintonia 10 espera pelo próximo conjunto de dados do CEMS 40 ou CDMS 50, ou por outros dados operacionais 80. Se os dados recebidos não estiverem em conformidade com os padrões operacionais 104, a operação de sintonia move para a próxima etapa de sintonia. O ajuste lógico da operação de turbina
20 é definido pelo critério de sintonia dominante 106, que é baseado pelo menos em parte no conjunto de prioridades operacionais predeterminado dentro da interface de usuário 12.

Em uma operação preferida, o controlador de sintonia 10 tentará
25 primeiramente mudar as divisões do combustível do combustor de turbina 108. A divisão de combustível determina a distribuição do fluxo de combustível para os bocais de combustível em cada combustor. Se esses ajustes não resolverem o problema de sintonia e não colocarem os dados operacionais de volta em conformidade com os padrões operacionais, um ajuste adicional
30 é realizado. Em determinadas situações, o próximo ajuste incremental pode ser uma mudança de configuração de temperatura de gás combustível. Nessa etapa de ajuste, o controlador de sintonia 10 envia um sinal de temperatu-

ra de entrada de gás combustível modificado para o DCS 20, que é direcionado para a unidade de aquecimento de combustível 60.

~~Se a modificação das divisões de combustível do combustor~~
e/ou a temperatura de entrada do gás combustível não resolverem o problema de sintonia 110, o controlador de sintonia 10 alterará então a razão geral de combustível ar 112. Essa abordagem realiza as mudanças no ciclo térmico de turbina utilizando alterações incrementais fixas durante durações de tempo predeterminadas. Essa etapa é destinada a ajustar a temperatura de exaustão (para cima ou para baixo) pelo ajuste da razão de ar para combustível de acordo com as curvas de controle-padrão predeterminadas para a operação de turbina, que são mantidas dentro da memória do controlador de sintonia 10.

Na presente invenção, é contemplado que todas as alterações de controle direcionadas pelo controlador de sintonia são alimentadas de volta para o sistema de turbina através do DCS. Essas alterações são implementadas diretamente dentro de vários dispositivos controladores dentro do sistema ou através do controlador de turbina. Quando os dados operacionais são retornados para os padrões operacionais desejados, as configurações de sintonia são mantidas no lugar pelo controlador de sintonia pendendo um alarme resultando dos dados não em conformidade recebidos do dispositivo de sensor através do DCS.

Os ajustes enviados a partir do controlador de sintonia para o controlador de turbina ou o dispositivo controlador associado são preferivelmente fixos em termos de amplitude. Dessa forma, os ajustes não são recalculados com novos dados ou otimizados para um alvo. Os ajustes são parte de um "circuito aberto". Uma vez iniciados, os ajustes movem de forma incremental para o máximo ou mínimo predeterminado dentro de uma faixa especificada, a menos que um ajuste intermediário coloque os dados da operação em conformidade com os padrões operacionais. Sob a maior parte das circunstâncias, quando a faixa incremental total para um parâmetro operacional é completada, o controlador de sintonia move para o próximo parâmetro operacional que é definido pelas prioridades operacionais predetermi-

nadas. A lógica do controlador de sintonia aciona o ajuste de parâmetro operacional com base em uma tabela de "consulta" armazenada dentro da memória do controlador de sintonia e prioridades operacionais predeterminadas.

5 O controlador de sintonia se dirige a um parâmetro operacional de cada vez. Por exemplo, os critérios de sintonia dominantes dita o primeiro ajuste a ser feito. No exemplo preferido, discutido acima, o parâmetro de distribuição/divisão é primeiramente ajustado. Como indicado na figura 2, a
10 divisão do combustível do circuito de combustível 1 – o bocal central no combustor – é solucionada primeiro, seguido pela divisão para o circuito de combustível 2 – os bocais externos no combustor. O ajuste de temperatura de entrada de gás combustível geralmente segue os ajustes de divisão de combustível quando necessário. Dentro de cada etapa, existe um ajuste incremental, seguido por um espaço de tempo para permitir que a operação
15 da turbina ajustada se estabilize. Depois do espaço de tempo, se os dados operacionais atuais analisados pelo controlador de sintonia indicarem que a operação da turbina ainda permanece fora dos padrões operacionais, o seguinte ajuste incremental é feito. Esse padrão se repete para cada etapa. Sob a maior parte das circunstâncias, apenas quando uma etapa de ajuste é
20 completada é que o controlador de sintonia se move para o próximo parâmetro operacional.

 O controlador de sintonia controla preferivelmente a operação de combustão para manter a sintonia adequada em condições variáveis de temperatura ambiente, umidade e pressão, tudo que varia com o tempo e
25 possui um efeito significativo na operação da turbina. O controlador de sintonia também pode manter a sintonia da turbina durante a variação na composição do combustível. A variação na composição do combustível pode causar mudança na liberação de calor, que pode resultar em emissões inaceitáveis, combustão instável, ou até mesmo explosão. O controlador de sintonia
30 preferivelmente não serve para ajustar a composição de combustível para compensar; ao invés disso, sintoniza os parâmetros operacionais (distribuição de gás combustível, temperatura de entrada de gás combustível, e/ou

razão de combustível e ar da turbina) para solucionar os efeitos na saída e descarga da combustão.

~~Em outra dinâmica de sintonia, uma ordem alternativa para os~~
ajustes é contemplada. Por exemplo, se a prioridade operacional dominante
5 for emissões NOx ideais, o ajuste de temperatura de combustível pode ser
pulado, seguindo-se diretamente para as curvas de controle operacional. Se,
no entanto, a dinâmica for a prioridade operacional (e o comutador de emis-
são ideal de NOx 14 estiver desligado), o ajuste de temperatura de combus-
tível incremental pode ser realizado antes de passar para as curvas de con-
10 trole operacional. Alternativamente, a etapa de realização de ajustes de a-
cordo com as curvas de controle operacional pode ser desligada completa-
mente.

Nas figuras de 5 a 8, são ilustrados vários exemplos operacio-
nais da operação de sintonia de um controlador de sintonia da presente in-
venção com base em dados operacionais de um sistema de turbina em fun-
15 cionamento. Na figura 5, uma mudança na divisão de combustível de com-
bustor é realizada em reação a um alarme dinâmico gerado quando as par-
tes dinâmicas do combustor se movem fora das prioridades operacionais
determinadas para as dinâmicas ideais. Os dados de dinâmicas de combus-
tor real recebidos, por exemplo, do CDMS 50 são designados como CD no
20 gráfico. A média de movimento para outras dinâmicas de combustor é identi-
ficada no gráfico como ACD. Quando as dinâmicas do combustor excedem o
valor limite de dinâmicas DL por um período de tempo determinado TA, um
alarme dispara dentro do controlador de sintonia. Esse alarme causa o pri-
meiro evento E1 e um ajuste incremental resultante no parâmetro de sintonia
25 de combustível de combustor. Como ilustrado, o aumento incremental na
divisão de combustível causa uma queda correspondente nas dinâmicas de
combustor CD, com as dinâmicas de combustor médias ACD caindo abaixo
do limite de alarme de dinâmica DL. À medida que o tempo continua, a sin-
tonia é mantida pelo controlador de sintonia e as dinâmicas de combustor
30 médias ACD mantêm sua posição operacional abaixo do limite de dinâmicas
DL. Dessa forma, nenhum ajuste adicional é necessário nem alarmes são

disparados.

Na figura 6, os critérios de sintonia são as emissões NOx. À medida que os dados de emissões NOx NE são recebidos do controlador de sintonia, um alarme é gerado depois da passagem de tempo TA. O alarme é causado pelas emissões NOx NE excedendo o limite de sintonia ou padrão operacional EL. O alarme ativa um primeiro evento E1 resultando em um aumento incremental na divisão de combustível FS. Depois de um período de tempo T2 a partir do primeiro evento E1, o alarme NOx ainda está ativado devido às emissões NOx NE excederem o limite de sintonia predeterminado EL. Esse alarme continuado após o tempo T2 causa um segundo evento E2 e um segundo aumento incremental no valor de divisão de combustível FS. Esse segundo aumento é igual ao primeiro aumento incremental. O segundo evento E2 faz com que as emissões NOx NE caiam abaixo do limite predeterminado EL dentro do período de tempo de revisão e para o alarme. À medida que as emissões NOx NE permanecem abaixo do limite EL, a sintonia FS de divisão de combustível é mantida e a operação da turbina continua com os parâmetros operacionais definidos.

Na figura 7, os critérios de sintonia são novamente as emissões NOx, com o alarme criado por uma leitura baixa recebida pelo controlador de sintonia. Como ilustrado, o limite de sintonia NOx NL é definido. Depois da passagem do período de tempo determinado a partir do recebimento de dados, o alarme é gerado e um primeiro evento E1 ocorre. No primeiro evento E1, a divisão de combustível é o ajuste incremental para baixo. Depois de uma passagem determinada de tempo a partir do evento E1 dados de emissões adicionais NE são recebidos e comparados com o limite predeterminado EL. Visto que NOx ainda está abaixo do nível de alarme EL, um segundo evento E2 ocorre resultando em uma redução adicional no valor de divisão de combustível FS. Uma passagem adicional de tempo a partir do evento E2 ocorre e dados adicionais são recebidos. Novamente, os dados NOx são baixos, mantendo o alarme e resultando em um evento adicional E3. No evento E3, o valor de divisão de combustível FS é novamente reduzido pela mesma quantidade incremental. Esse terceiro ajuste incremental resulta nas

emissões NOx NE subindo acima do limite predeterminado EL e resulta na remoção do alarme. O valor de sintonia de divisão de combustível FS determinado após o evento E3 é mantido no lugar pelo controlador de sintonia.

Na figura 8, os dados de emissões NOx NE recebidos pelo controlador de sintonia são novamente rastreados ao longo do limite de emissões mais baixas EL. No primeiro evento de sintonia E1, o valor de divisão de combustível FS é incrementalmente reduzido para resultar em um aumento correspondente nas emissões NOx NE através do limite inferior EL. Depois desse primeiro ajuste incremental, as emissões NOx por um período de tempo se mantêm acima do limite EL e então começam a cair novamente. No segundo evento de sintonia E2, o valor de divisão de combustível FS é novamente ajustado pelo valor incremental fixo designado. Esse segundo ajuste então coloca o valor de divisão de combustível FS em seu mínimo definido dentro da faixa predeterminada de valores. Esse limite de valor move a operação de sintonia para o próximo parâmetro operacional, que é normalmente o segundo ajuste de circuito de combustível. No exemplo fornecido, esse segundo valor de circuito (não-ilustrado) já está em seu máximo/mínimo determinado. Dessa forma, a operação de sintonia move para o próximo parâmetro operacional. A operação de sintonia move para as curvas de controle de carga. Como ilustrado, no evento E2 um ajuste incremental é feito no valor de curva de controle de carga LC. O aumento no valor LC resulta em um aumento correspondente na emissão NOx para um valor acima do mínimo EL e remove o alarme. Depois da remoção do alarme, as configurações de sintonia são mantidas e nenhum ajuste adicional é feito. O controlador de sintonia então prossegue para receber dados dos meios de sensor, através de DCS, e continua a realizar comparações com os padrões operacionais determinados (incluindo o limite mínimo de emissões NOx EL).

As figuras 9a e 9b são representações esquemáticas da operação do controlador de sintonia dentro da invenção contemplada. A operação da turbina é definida pela saída de emissão da turbina, ambos NOx e CO, dinâmicas de turbina e estabilidade de chama. Na figura 9a, um sistema sintonizado é definido por um invólucro operacional preferido no centro do dia-

mante operacional. Esse invólucro operacional preferido é tipicamente e manualmente determinado com base em uma inicialização anterior ou operação do sistema de turbina. No entanto, mudanças climáticas, tanto para quente quanto para frio, e mudanças mecânicas dentro do sistema de turbina causam uma mudança dentro do diamante operacional. Dessa forma, uma sintonia é desejada de modo a manter a operação de turbina dentro da faixa preferida. Na figura 9b, um armazenador ou margem definido é configurado dentro de um diamante operacional para servir como um aviso para uma mudança da operação de turbina fora do invólucro operacional preferido.

5

10 Uma vez que um dos valores operacionais detectados alcança a linha ou limite de armazenamento desejado, um alarme é gerado, causando um evento de sintonia. Com base na direção da mudança, o controlador de sintonia cria uma reação predeterminada a fim de se corresponder às especificidades da necessidade de sintonia. Essa reação predeterminada é uma mudança incrementada definida em um parâmetro operacional da turbina como

15 um meio de mover o invólucro operacional de turbina de volta para a faixa desejada, e para fora do limite de armazenamento.

A presente invenção foi descrita e ilustrada com relação a um número de modalidades ilustrativas. Deve ser compreendido pelos versados na técnica a partir do acima exposto que várias outras mudanças, omissões

20 e adições podem ser feitas aqui, sem se distanciar do espírito e escopo da presente invenção, com o escopo da presente invenção sendo descrito pelas reivindicações a seguir.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para sintonizar a operação de uma turbina a gás, a ~~turbina tendo sensores para medir os parâmetros operacionais da turbina, os~~ parâmetros operacionais incluem dinâmicas de combustor e emissões de
- 5 exaustão de turbina, a turbina também tem controles operacionais para vários elementos operacionais da turbina tal como distribuição de combustível de turbina e/ou temperatura de combustível, e uma conexão de comunicação para os sensores e controles, o sistema **caracterizado** pelo fato de compreender:
- 10 um controlador (10) que se comunica com os sensores e os controles, o controlador (10) que sintoniza a operação da turbina de acordo com o seguinte:
- receber dados operacionais a partir dos sensores;
- comparar os dados operacionais com os padrões operacionais e
- 15 determinar se a operação de turbina se conforma aos padrões operacionais, os padrões operacionais com base nas prioridades operacionais;
- comunicar com os controles operacionais para realizar um ajuste selecionado em um parâmetro operacional da turbina;
- receber dados operacionais a partir dos sensores depois da comunicação do ajuste selecionado para determinar se um ajuste incremental
- 20 adicional é desejado; e
- depois da finalização de uma série de ajustes incrementais, a seleção de um ajuste de parâmetro operacional adicional; e
- receber dados operacionais a partir dos sensores mediante ajuste
- 25 operacional adicional para determinar se um ajuste adicional ainda é necessário.
2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que os ajustes no parâmetro operacional da turbina são selecionados a partir do grupo compreendendo divisão de distribuição de combustível de
- 30 combustor dentro dos bocais de combustor, temperatura de entrada de gás combustível, e razão de combustível/ar dentro da turbina.
3. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo

fato de que a sintonia pelo controlador (10) compreende adicionalmente a configuração de prioridades operacionais para a operação da turbina, as prioridades operacionais compreendendo uma ou mais de emissões ideais de NOx ideais, saída de energia ideal e dinâmicas de combustor ideais.

5 4. Sistema, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a sintonia pelo controlador em que os padrões operacionais armazenados para a operação de turbina são selecionados com base nas prioridades operacionais determinadas.

10 5. Sistema, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a sintonia pelo controlador (10) compreende adicionalmente a determinação de critérios de sintonia dominantes para a operação em não-conformidade da turbina, os critérios de sintonia dominante com base nas prioridades operacionais determinadas.

15 6. Sistema de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o controlador (10) se comunica com os sensores de turbina e controla através de um sistema de controle distribuído (DCS) (20).

20 7. Sistema de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o controlador seleciona um ajuste de parâmetro operacional possuindo um valor incremental fixo.

25 8. Sistema de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que o controlador seleciona um ajuste de parâmetro operacional possuindo uma faixa definida.

30 9. Sistema de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que cada ajuste incremental é registrado através de um período de tempo definido suficiente para a turbina obter estabilidade operacional.

10. Sistema de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o período de tempo definido é fixo.

30 11. Sistema de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que a sintonia pelo controlador (10) compreende adicionalmente a determinação dos critérios de sintonia dominantes para operação em não conformidade da turbina, os critérios de sintonia dominante com base em prioridades operacionais determinadas para a turbina.

12. Sistema de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o valor de ajuste incremental é baseado nos critérios de ~~sintonia dominantes.~~

13. Sistema de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado**
5 pelo fato de que o ajuste selecionado adicional inclui um valor incremental fixo e faixa definida, com cada ajuste incremental adicional feito através de um período de tempo determinado suficiente para a turbina obter estabilidade operacional.

14. Sistema de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado**
10 pelo fato de que o parâmetro operacional adicional é selecionado com base em um critério de sintonia dominante como determinado pelo controlador.

15. Sistema controlador para sintonia da operação de uma turbina a gás, a turbina tendo dispositivo de sensor para medir os parâmetros operacionais da turbina tal como emissões de chaminé e/ou dinâmicas de combustão a partir da turbina, dispositivo de controle para vários elementos operacionais da turbina, incluindo distribuição de combustível ou temperatura de combustível, e uma conexão de comunicação para o dispositivo de sensor e dispositivo de controle de elemento operacional, o sistema controlador **caracterizado** por compreender:

20 dispositivo para configurar prioridades operacionais para operação de turbina, incluindo um ou mais dentre o grupo de emissões NOx ideais, saída de energia ideal e dinâmicas de combustor ideais;

dispositivo de recebimento para comunicar com os dispositivo de sensor para receber dados operacionais de turbina;

25 dispositivo de comparação dos dados recebidos com um conjunto de valores permitidos predeterminados com base nas prioridades operacionais determinadas e para determinar se o ajuste de sintonia é necessário;

dispositivo de direcionamento para comunicar com os dispositivo de controle para realizar um ajuste incremental definido em um parâmetro operacional selecionado controlado pelos dispositivo de controle; e
30

dispositivo de determinação de se o ajuste incremental se conforma à operação de turbina para os valores determinados ou se a realiza-

ção de ajuste adicional é necessária.

16. Sistema para sintonia da operação de uma turbina a gás, a ~~turbina possuindo dispositivos de sensor para medir os parâmetros opera-~~
 cionais da turbina, incluindo emissões de chaminé e/ou dinâmicas de com-
 bustão a partir da turbina, dispositivos de controle para vários elementos o-
 peracionais da turbina, incluindo distribuição de combustível, temperatura de
 combustível e/ou temperatura de exaustão de turbina, e uma conexão de
 comunicação entre os dispositivos de sensor e o dispositivo de controle de
 elemento operacional, o sistema **caracterizado** por:

um controlador de computador que comunica através da cone-
 xão de comunicação com o dispositivo de sensor e o dispositivo de controle,
 o controlador de computador que sintoniza a operação da turbina de acordo
 com o seguinte:

recebimento de dados operacionais do dispositivo de sensor de
 turbina;

comparação dos dados operacionais com um padrão operacio-
 nal armazenado e determinação se ajustes do dispositivo de controle opera-
 cional são necessários;

depois da determinação de um ajuste necessário, comunicação
 com o dispositivo de controle operacional através da conexão de comunica-
 ção para realizar um ajuste incremental definido em um parâmetro operacio-
 nal da turbina; e

o recebimento de dados operacionais a partir do dispositivo de
 sensor de turbina referentes à operação ajustada da turbina e comparação
 dos dados operacionais com um padrão operacional armazenado para de-
 terminar se um ajuste incremental adicional em um parâmetro operacional é
 necessário.

17. Método de sintonia de operação de uma turbina a gás, a tur-
 bina possuindo sensores para medir os parâmetros operacionais da turbina,
 controles para vários elementos operacionais da turbina, e um sistema de
 controle distribuído (DCS) se comunicando com o dispositivo de sensor e o
 dispositivo de controle de elemento operacional, o método **caracterizado**

pelo fato de compreender as etapas de:

estabelecer uma conexão de comunicação com o DCS e recebimento de dados dos sensores;

5 comparar os dados recebidos com um padrão determinado para determinar se o ajuste é desejável dentro dos controles operacionais;

comunicar com DCS para realizar um ajuste incremental definido em um parâmetro operacional da turbina que é controlada pelos controles; e

10 receber dados adicionais através de DCS referentes à operação da turbina a partir dos sensores e determinação de se o ajuste se conforma à operação de turbina a um padrão determinado ou se um ajuste incremental adicional é desejável.

18. Método para determinar a situação de sintonia do sistema de combustão da turbina a gás dominante **caracterizado** pelo uso de lógicas hierárquicas Booleanas e múltiplos níveis de configurações de controle.

15 19. Método de controle automatizado da temperatura de combustível de entrada de turbina a gás **caracterizado** por ser através da modificação automatizada do ponto de configuração de controle de temperatura de gás combustível dentro de um Sistema de Controle Distribuído (DCS).

20 20. Método de controle automatizado de temperatura de combustível de entrada de turbina a gás, **caracterizado** por ser através da modificação automatizada do ponto de configuração de controle de temperatura de gás combustível dentro do controlador de temperatura de gás combustível.

25 21. Método de transferência de sinais de controle de turbina para um controlador de turbina (30) a gás, **caracterizado** pelo fato de que utiliza uma rede de comunicação de turbina a gás existente com um dispositivo de controle externo (por exemplo, porta de protocolo de comunicação Serial ou Ethernet MODBUS existente no controlador de turbina para comunicação com o DCS (20) da instalação).

30 22. Método de modificação de exigências/configurações de sintonia automática do sistema de combustão de turbina a gás através de um Monitor de Interface de Usuário, **caracterizado** pelo fato de que utiliza co-

mutadores de alternância de lógica Booleana para selecionar os critérios de otimização desejados por usuário.

-
23. Método, de acordo com a reivindicação 22, ~~caracterizado~~ pelo fato de que os critérios de otimização são Dinâmicas de Combustão
- 5 Ideais, por meio de que a alternância desse comutador muda a magnitude das configurações de controle de dinâmicas de combustor.

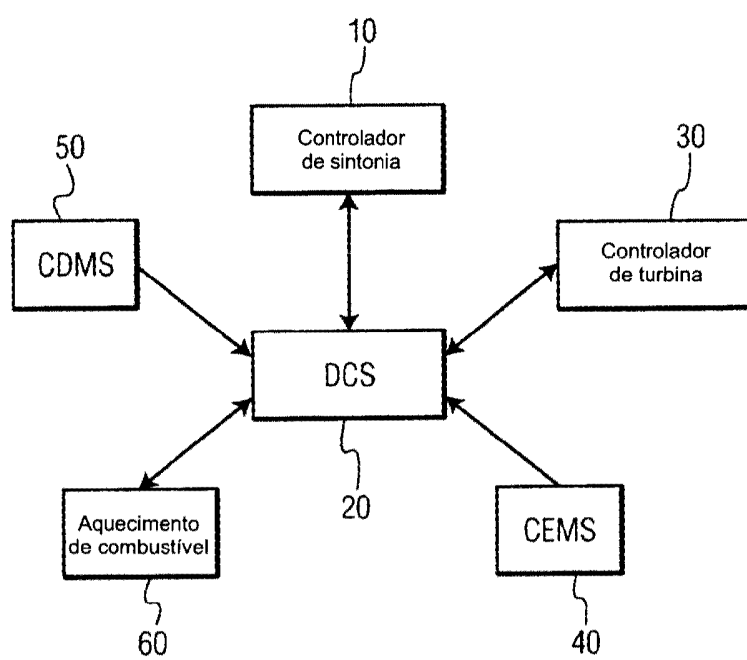


FIG. 1

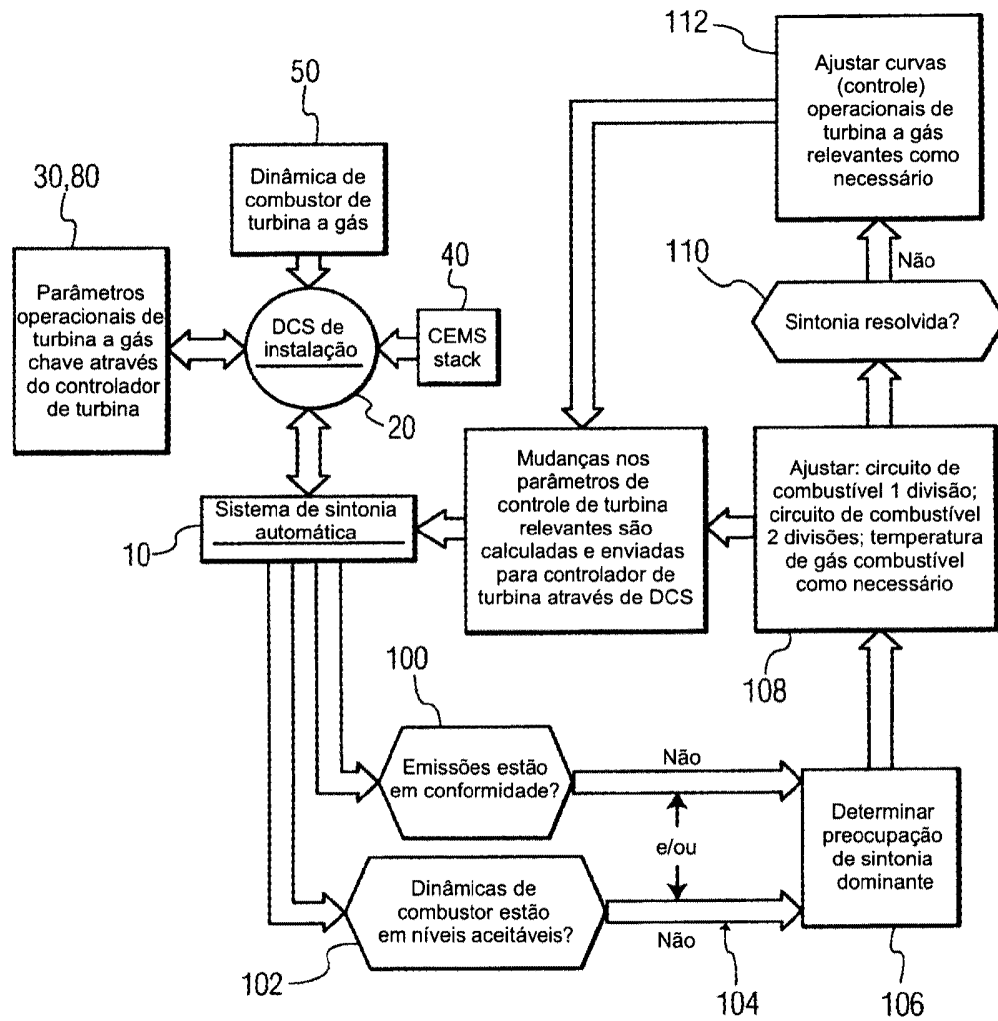


FIG. 2

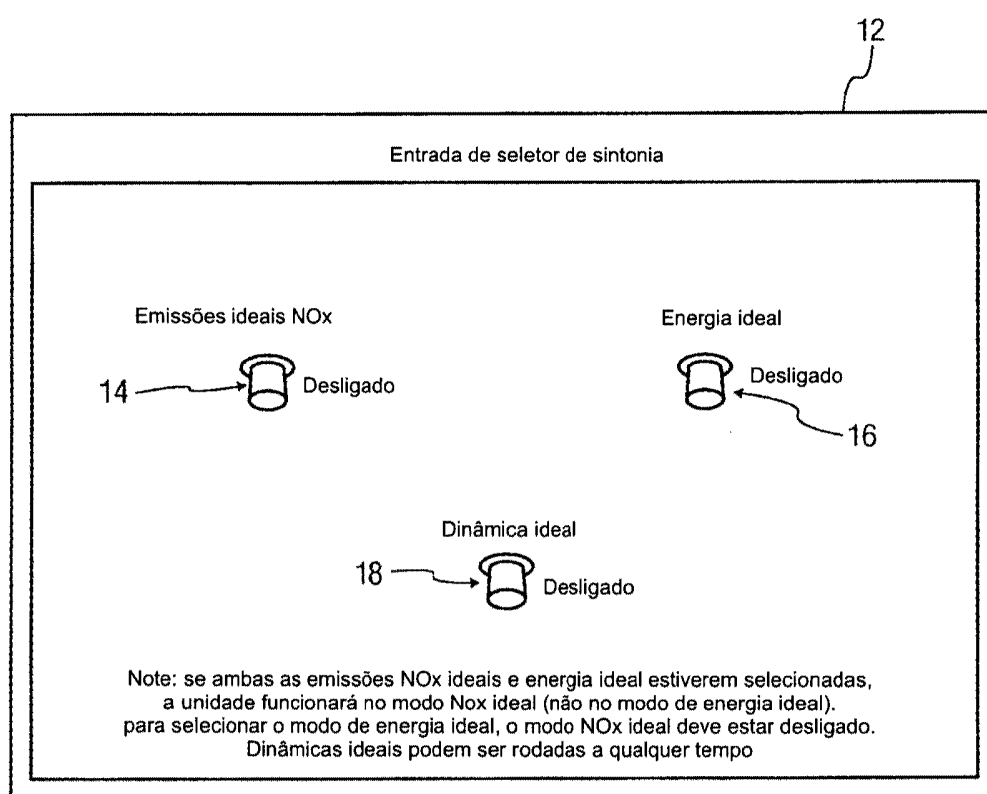


FIG. 3

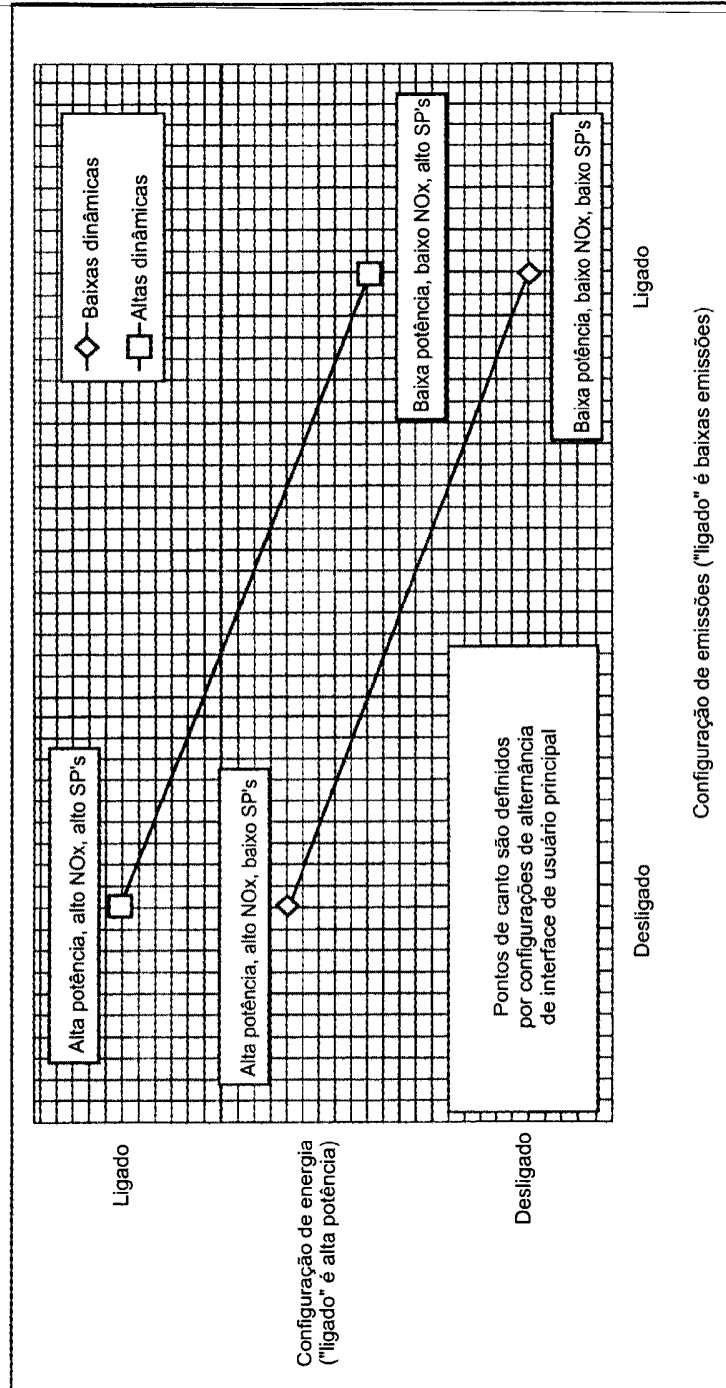


FIG. 4

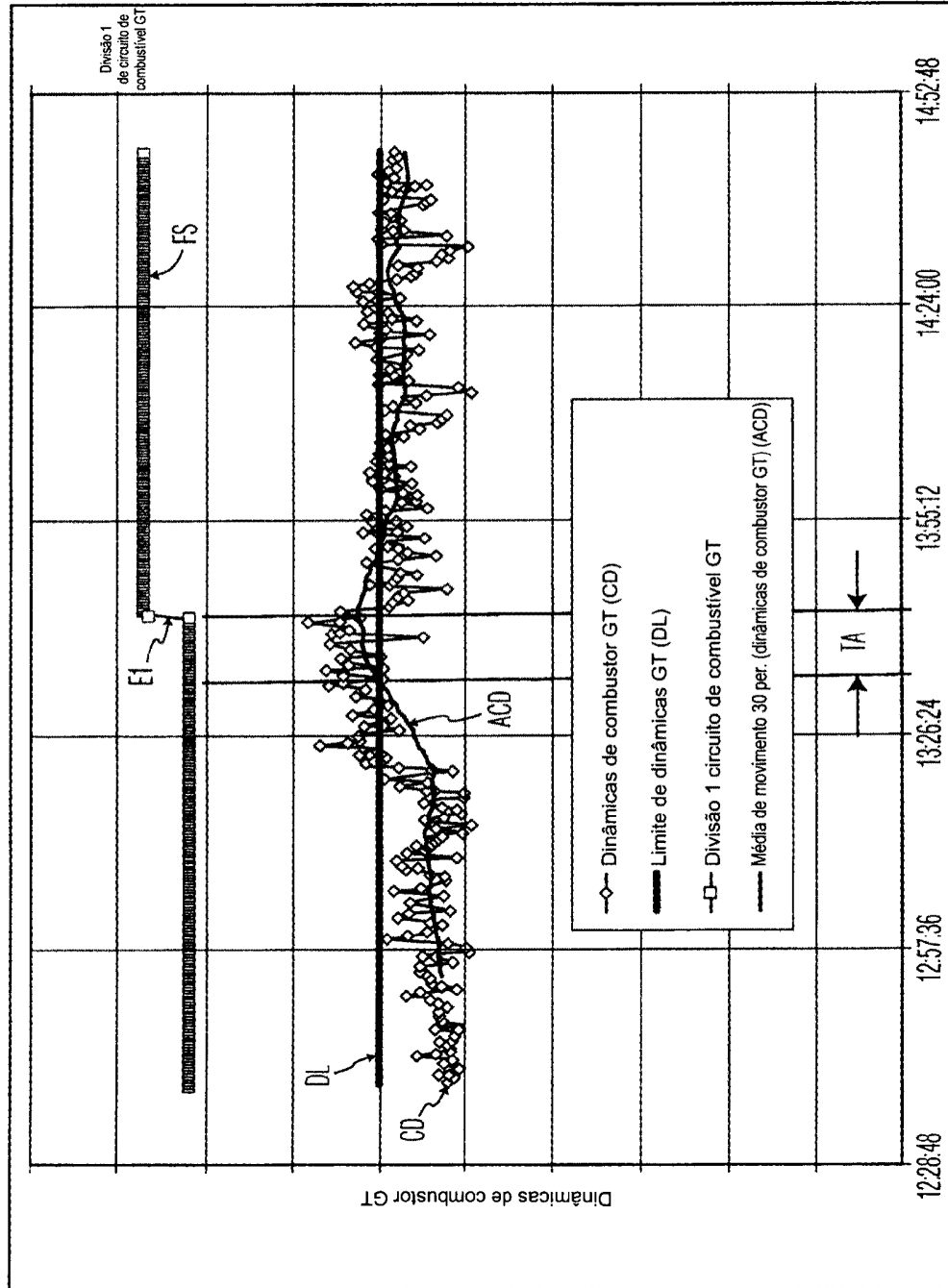


FIG. 5

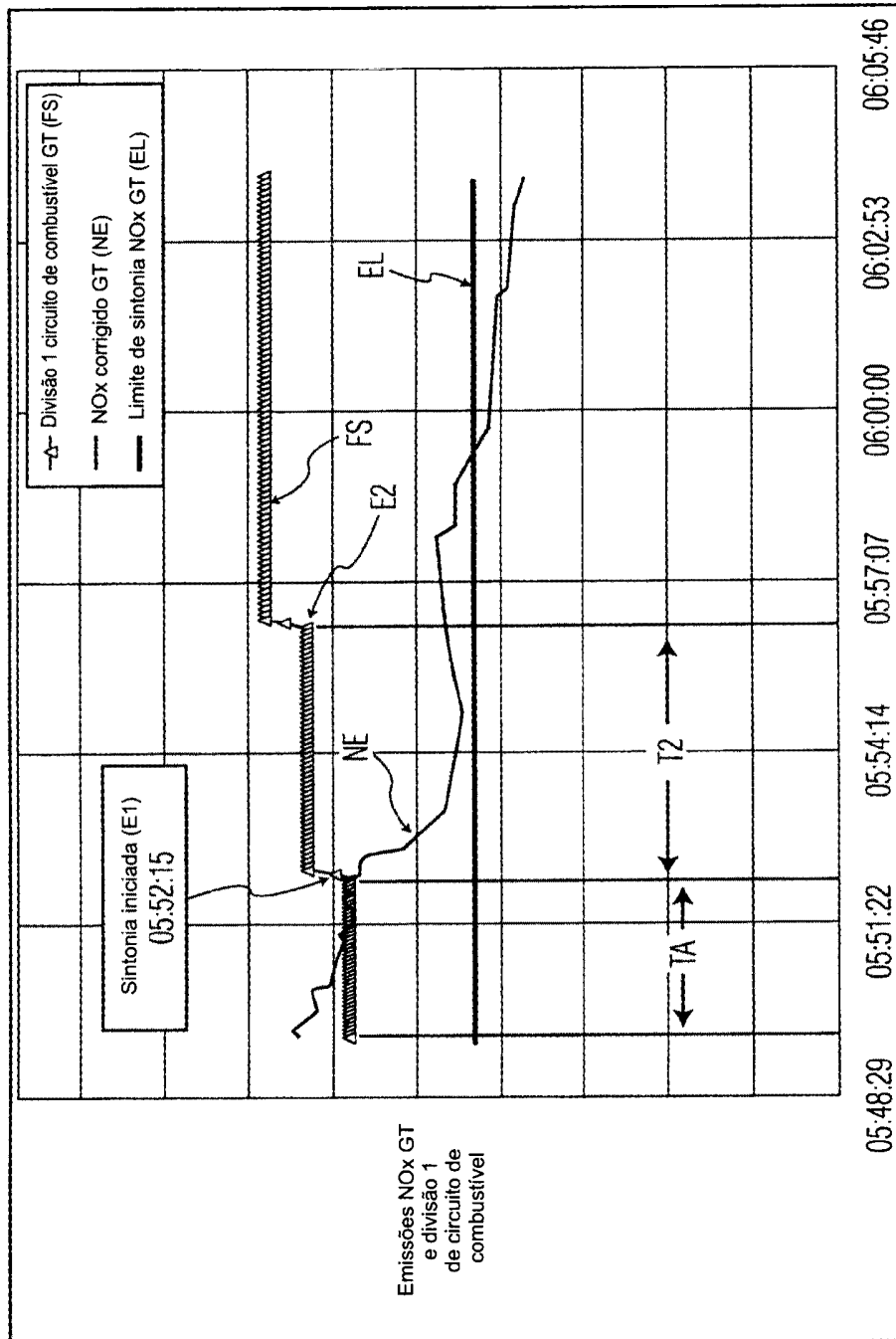


FIG. 6

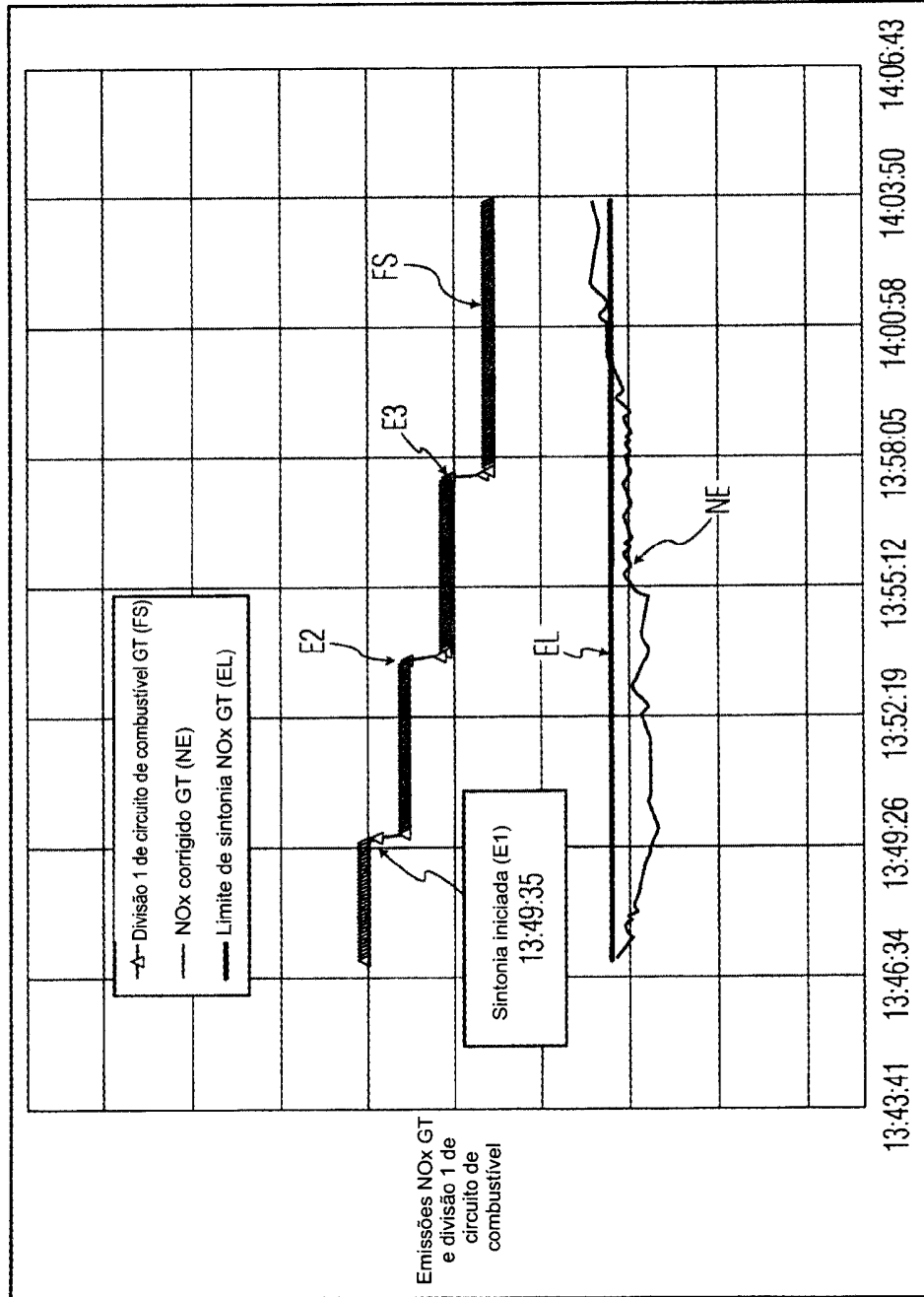


FIG. 7

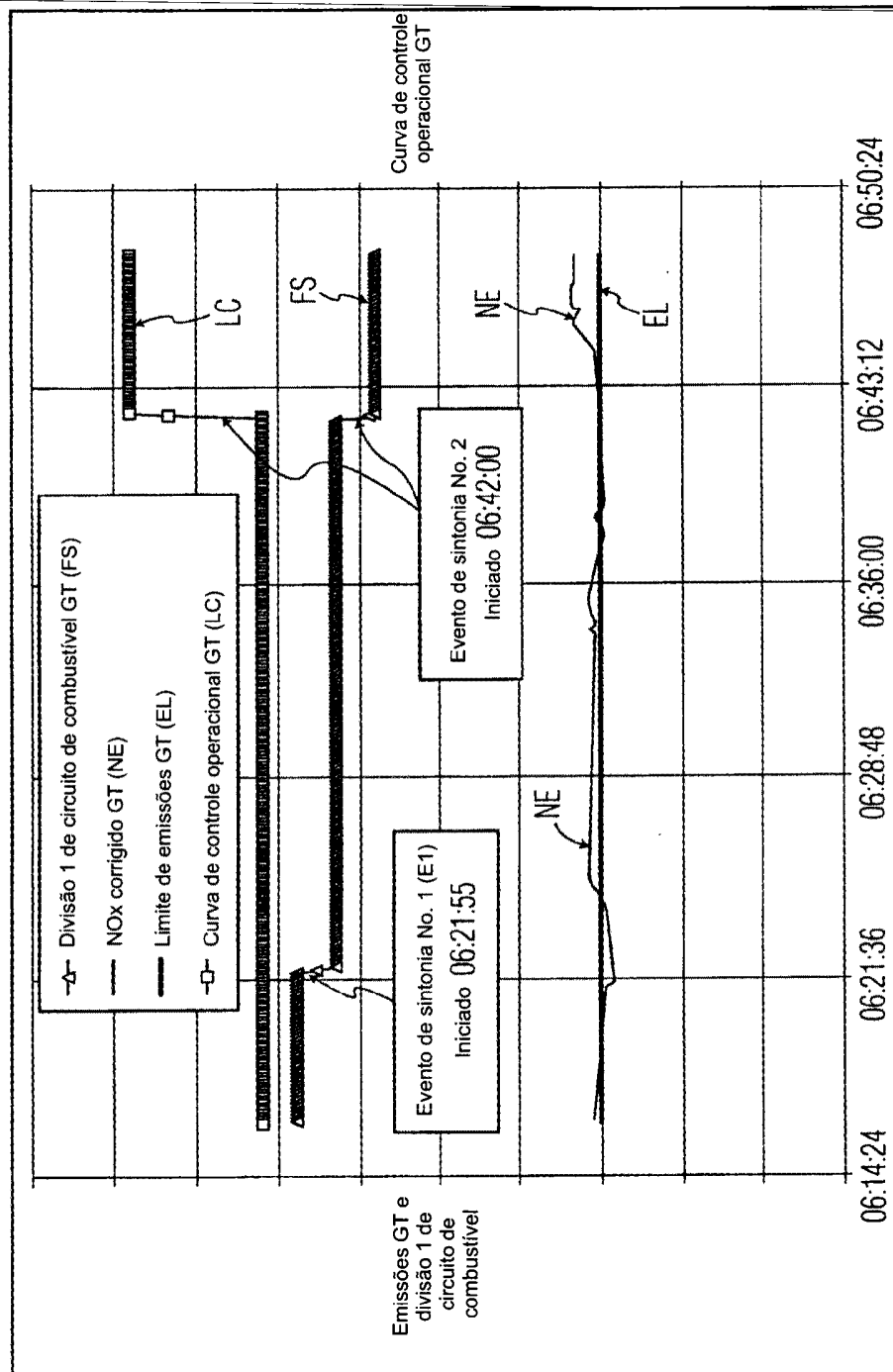


FIG. 8

Fig 9A

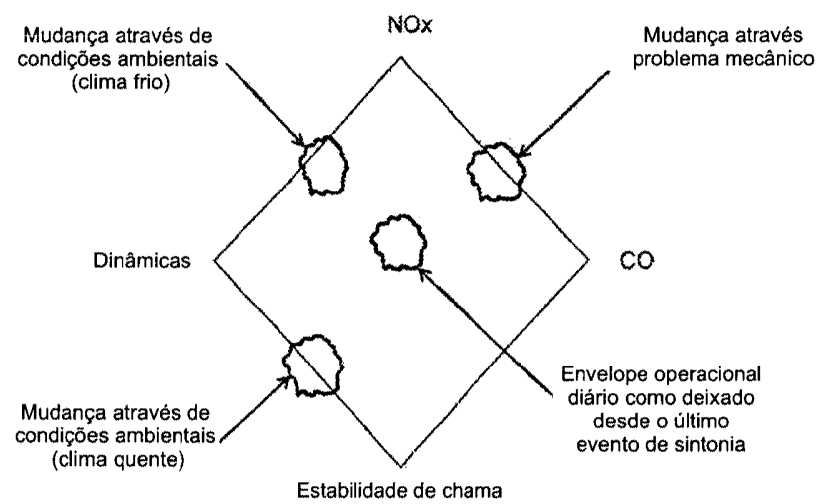
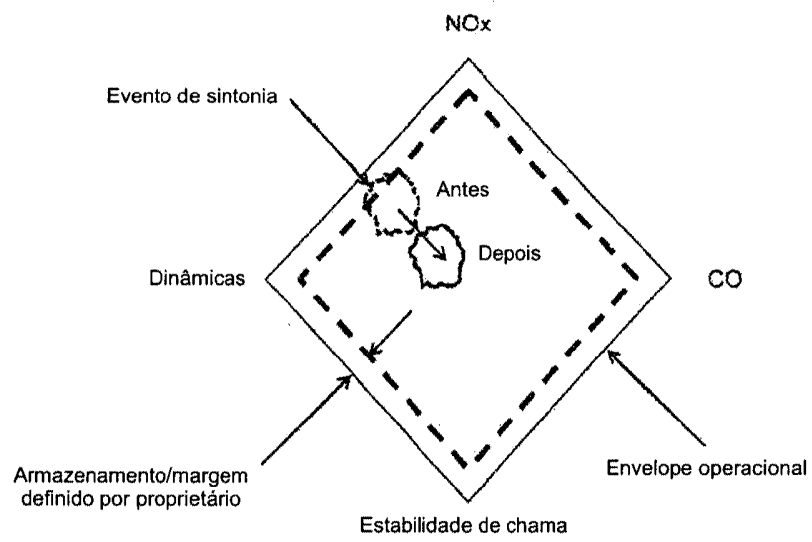


Fig 9B



RESUMO

Patente de Invenção: "**SISTEMA, MÉTODO E CONTROLADOR PARA SINTONIZAR A OPERAÇÃO DE UMA TURBINA A GÁS, MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DA SITUAÇÃO DO SISTEMA DE COMBUSTÃO DE**
5 **UMA TURBINA A GÁS E MÉTODO DE CONTROLE AUTOMATIZADO DA TEMPERATURA DE ENTRADA DO COMBUSTÍVEL DE UMA TURBINA A GÁS**".

A presente invenção refere-se a um sistema para sintonizar a operação de uma turbina a gás que é fornecido com base na medição de
10 parâmetros operacionais da turbina e direcionando o ajuste dos controles operacionais para vários elementos operacionais da turbina. Um controlador é fornecido para comunicação com sensores e controles dentro do sistema. O controlador recebe os dados operacionais dos sensores e compara os dados com os padrões operacionais armazenados para determinar se a ope-
15 ração de turbina está em conformidade com os padrões. O controlador então comunica o ajuste selecionado em um parâmetro operacional da turbina. O controlador então recebe dados operacionais adicionais dos sensores para determinar se um ajuste adicional é desejável ou se o ajuste de um parâmetro operacional selecionado adicional é desejável.