

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

(21) **PI0905065-5 A2**

(22) Data de Depósito: 02/12/2009
(43) Data da Publicação: 08/02/2011
(RPI 2092)



(51) *Int.Cl.:*
F03B 15/00
E02B 9/00
H02P 9/00

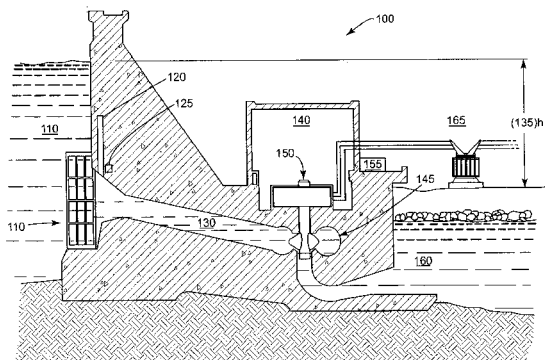
(54) Título: **MÉTODO E SISTEMA PARA CONTROLAR USINA HIDRELÉTRICA**

(30) Prioridade Unionista: 09/12/2008 US 12/330.877

(73) Titular(es): General Electric Company

(72) Inventor(es): Reginald L. Nicolson

(57) Resumo: MÉTODO E SISTEMA PARA CONTROLAR USINA HIDRELÉTRICA. Uma modalidade da presente invenção pode incorporar um controle baseado em modelo (MBC) adaptativo para determinar um parâmetro físico, tal como, mas sem estar limitado a, uma saída de gerador, carga (135), a velocidade do gerador ou semelhantes. O ABC adaptativo pode reduzir a necessidade de curvas de controle pré-definidas. O MBC adaptativo pode receber uma série de dados sobre a usina hidrelétrica (215) e em seguida construir um modelo operacional (220, 225, 230). Este modelo pode ser então utilizado para rever e/ou controlar uma variável de saída, tal como, mas sem estar limitada a, uma saída de gerador da usina hidrelétrica (100). O sistema de controle (155) de uma modalidade da presente invenção pode ser configurado para monitorar automática e/ou continuamente a usina hidrelétrica (100) de modo a determinar se um parâmetro físico está dentro de uma faixa desejada. Alternativamente, o sistema de controle (155) pode ser configurado para exigir uma ação de usuário para iniciar a operação. Uma modalidade do sistema de controle (155) da presente invenção pode funcionar como um sistema independente. Alternativamente, o sistema de controle (155) pode ser integrado como um módulo, ou semelhante, dentro de um sistema mais amplo, como, por exemplo, um controle de turbina ou um sistema de controle de usina.





PI0905065-5

"MÉTODO E SISTEMA PARA CONTROLAR USINA HIDRELÉTRICA"
ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se ao funcionamento de uma usina hidrelétrica e, mais especificamente, a um método adaptativo para controlar o funcionamento de uma usina hidrelétrica.

O funcionamento da usina hidrelétrica pode ser indiretamente controlado pela frequência de uma grade elétrica com que o gerador é sincronizado. A usina hidrelétrica deve responder a uma alteração de carga, tal como uma demanda de alteração de etapa, de maneira apropriada, proporcionando a manutenção da frequência dentro de uma faixa permitível.

Algumas usinas hidrelétricas utilizam um sistema de controle que tem um modo de controle on-line que utiliza um parâmetro físico como uma variável de controle. O parâmetro físico pode incluir, mas não está limitado a, uma saída de gerador. O sistema de controle pode incorporar diferentes filosofias de controle, que podem incluir: um algoritmo de controle Proporcional-Integral-Derivado (PID); uma curva de controle programado que pode ser integrada com o PID; ou semelhante.

Os algoritmos de controle PID utilizam tipicamente saída de gerador como uma variável de processo e uma posição de porta como uma variável de controle. Geralmente, esta filosofia de controle requer ganhos integrais elevados de modo a responder efetivamente a uma alteração de ponto de fixação de carga. Algoritmos de controle PID podem ser suficientes para aplicações de grade elétricas de grande porte. Entretanto, algoritmos de controle PID podem ser insuficientes para usinas hidrelétricas que funcionam em um modo isócrono, um sistema de grade pequeno ou um sistema de energia isolado. Além do mais, se a usina hidrelétrica for acionada nesses ambientes, a velocidade de carga é relativamente lenta uma vez que os ganhos integrais exigem compensação por esses ambientes operacionais.

Geralmente, a filosofia de curva de controle programado incorpora dados de curva pré-desenvolvidos que são utilizados com uma forma do algoritmo de controle PID que incorpora a lógica de alimentação de avanço. A lógica de alimentação de avanço pode compreender um algoritmo de elevação de carga que incorpora os dados de curva de modo a determinar uma posição de abertura para um ponto de fixação de saída de gerador e/ou um valor de carga. O objetivo da lógica de alimentação de avanço PID pode ser o de obter uma resposta relativamente rápida e uniforme a alterações no ponto de fixação de carga. O algoritmo de inclinação de carga pode incorporar os dados de curva pré-programados de modo a determinar onde a pelo menos uma abertura deve ser posicionada para um dado ponto de fixação de carga.

Embora a lógica de alimentação de avanço PID aqui descrita possa ser benéfica, usinas hidrelétricas mais antigas não têm dados de curva pré-programados disponíveis. A-

lém disto, o alto custo e o tempo associados à atualização do sistema de controle nestas unidades proíbem a atualização.

Pelas razões precedentes, há necessidade de um método e um sistema para controlar uma usina hidrelétrica de uma maneira que proporcione uma resposta relativamente
 5 uniforme e rápida a uma alteração no ponto de fixação de carga e proporcione a regulação de velocidade durante os distúrbios de frequência na grade, como, por exemplo, controle de queda. O método e o sistema não devem controlar ganhos integrais mais elevados. O método e o sistema não devem exigir curvas pré-programadas. O método e o sistema devem ser adaptáveis a diferentes ambientes operacionais, tais como grades pequenas, isócronas,
 10 grades grandes, funcionamento isolado ou semelhantes. O método e o sistema devem ser adaptáveis a diferentes turbinas hidrelétricas: desenhos, massa de turbina, valor de carga ou semelhantes.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

De acordo com uma modalidade da presente invenção, é apresentado um método
 15 200 para controlar uma usina hidrelétrica 100, o método 200 compreendendo: apresentar uma usina hidrelétrica 100 que compreende uma série de componentes; receber uma série de dados operacionais sobre a usina hidrelétrica 215; desenvolver um modelo operacional a partir da série de dados operacionais 220, 225, 230; e utilizar o modelo operacional para determinar uma variável operacional; em que a variável operacional controla parcialmente
 20 pelo menos um da série de componentes 235.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A Figura 1 é uma esquemática que mostra um ambiente operacional no qual uma modalidade da presente invenção pode funcionar.

A Figura 2 é um fluxograma que mostra um método para controlar uma usina hidre-
 25 létrica de acordo com uma modalidade da presente invenção.

A Figura 3 é um diagrama de blocos de um sistema exemplar para controlar uma usina hidrelétrica de acordo com uma modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A descrição detalhada seguinte de modalidades preferidas refere-se aos desenhos
 30 anexos, que mostram modalidades específicas da invenção. Outras modalidades com diferentes estruturas e operações não se afastam do alcance da presente invenção.

A presente invenção pode ser aplicada a usinas hidrelétricas utilizadas em uma ampla variedade de aplicações, que incluem, mas não se limitam a, grades elétricas de grande porte, grades elétricas pequenas, funcionamento independente, funcionamento isócrono e semelhantes. Uma modalidade da presente invenção toma a forma de um aplicativo
 35 e um processo que podem incorporar uma filosofia de controle adaptativa.

Uma modalidade da presente invenção tem o efeito técnico de controlar o funcio-

namento de uma usina hidrelétrica. Uma modalidade da presente invenção pode utilizar um sistema baseado em modelo adaptativo para controlar um parâmetro físico de uma usina hidrelétrica em funcionamento.

Com referência agora às figuras, nas quais os diversos números representam os
5 mesmos elementos em todas as várias vistas, a Figura 1 é uma esquemática que mostra um ambiente operacional no qual uma modalidade da presente invenção pode funcionar. A Figura 1 mostra um tipo Francis ou Kaplan genérico de turbina hidrelétrica. A aplicabilidade das modalidades da presente invenção não pretende ser limitada aos tipos Francis ou Kaplan de turbina hidrelétrica. Uma modalidade da presente invenção pode ser aplicada a
10 qualquer tipo de turbina hidrelétrica, tal como, mas não limitado a, um tipo de impulso.

Geralmente, a usina hidrelétrica 100 da Figura 1 pode ser integrada com uma represa e localizada em adjacência a uma parte a montante da represa; uma tela 110 para impedir que alguns objetos estranhos entrem na turbina 145. Pelo menos uma abertura 120 para permitir a entrada do fluido na turbina 145 pode ser localizada a jusante da tela 110. A
15 pelo menos uma abertura pode compreender a forma de: uma portinhola, uma aleta de guia, uma válvula ou semelhante.

Tipicamente, a pelo menos uma abertura 120 serve para determinar o volume da água que entra na turbina 145. A posição da pelo menos uma abertura 120 pode ser controlada por pelo menos um motor 125. Em uma modalidade da presente invenção, o pelo menos um motor 125 pode compreender um servo posicionador integrado com um sistema de
20 controle 155. Um piezo-tubo 130 para canalizar a água na direção da turbina 145 pode ser localizado a jusante da pelo menos uma abertura 120.

A turbina 145 pode servir para converter a energia potencial da água em energia cinética. A turbina 145 pode ser localizada em uma extremidade a jusante do piezo-tubo 130,
25 é girada pela água canalizada recebida, que escoar então a jusante, tornando-se a descarga 160. Um gerador 150 para converter a energia cinética em energia elétrica pode ser acoplado à turbina 145. Uma de força pode alojar a turbina 145 e o gerador 150. O gerador 150 pode ser sincronizado com um sistema de grade 165.

Conforme será entendido, a presente invenção pode ser corporificada como um
30 método, um sistema ou produto de programa de computador. Por conseguinte, a presente invenção pode assumir a forma de uma modalidade inteiramente de hardware, uma modalidade inteiramente de software (que inclui firmware, software residente, microcódigo, etc.) ou uma modalidade que combina aspectos de software e hardware, todos geralmente aqui referidos como "circuito", "módulo" ou "sistema". Além disto, a presente invenção pode assumir a
35 forma de um produto de programa de computador em um meio de armazenamento utilizável por computador que tem um código de programa utilizável por computador corporificado no meio.

Qualquer meio passível de leitura por computador adequado pode ser utilizado. O meio utilizável por computador ou passível de leitura por computador pode ser, por exemplo, mas não limitado a, um sistema, aparelho, dispositivo ou meio de propagação eletrônico, magnético, óptico, eletromagnético, infravermelho ou semicondutor. Exemplos mais específicos (uma lista não exaustiva) do meio passível de leitura por computador incluiriam o seguinte: uma conexão elétrica que tem um ou mais fios, um disquete de computador portátil, um disco rígido, uma memória de acesso aleatório (RAM), uma memória só de leitura (ROM), uma memória só de leitura programável apagável (EPROM ou memória Flash), uma fibra óptica, uma memória só de leitura de disco compacto portátil (CD-ROM), um dispositivo de armazenamento óptico, um meio de transmissão tal como os que suportam a Internet ou uma intranet, ou um dispositivo de armazenamento magnético. Note-se que o meio utilizável por computador ou passível de leitura por computador pode ser até de papel ou outro meio adequado no qual o programa é impresso, uma vez que o programa pode ser eletronicamente capturado, por meio de, por exemplo, varredura óptica do papel ou outro meio, em seguida compilado, interpretado ou então processado de maneira adequada, se necessário, e em seguida armazenado em uma memória de computador. No contexto deste documento, um meio utilizável por computador ou passível de leitura por computador pode ser qualquer meio que possa conter, armazenar, comunicar, propagar ou transportar o programa para uso por ou em conexão com o sistema, aparelho ou dispositivo de execução de instruções.

Um código de programa de computador para executar as operações da presente invenção pode ser gravado em uma linguagem de programação orientada para objetos, tal como Jav7, Smalltalk ou C++, ou semelhantes. Entretanto, o código de programa de computador para executar operações da presente invenção pode ser também gravado em linguagens de programação de procedimento convencionais, tais como a linguagem de programação "C" ou linguagem semelhante. O código de programa pode ser executado inteiramente no computador do usuário, parcialmente no computador do usuário, como um pacote de softwares independente, parcialmente no computador do usuário e parcialmente em um computador remoto ou inteiramente no computador remoto. De acordo com este último roteiro, o computador remoto pode ser conectado ao computador do usuário através de uma rede de área local (LAN) ou de uma rede de área estendida (WAN) ou a conexão pode ser feita com um computador externo (por exemplo, através da Internet com a utilização de um Provedor de Serviços da Internet).

A presente invenção é descrita a seguir com referência a ilustrações de fluxograma e/ou diagramas de blocos de métodos, aparelhos (sistemas) e produtos de programa de computador de acordo com modalidades da invenção. Deve ficar entendido que cada bloco das ilustrações do fluxograma e/ou dos diagramas de blocos pode ser implementada por instruções de programa de computador. Estas instruções de programa de computador po-

dem ser fornecidas a um processador de um computador de uso público, de um computador para fins especiais, ou outro aparelho de processamento de dados programável para produzir uma máquina, de modo que as instruções, que são executadas por meio do processador do computador ou outro aparelho de processamento de dados programável, criem dispositivos para implementar as funções/atos especificados no fluxograma e/ou no bloco ou blocos do diagrama de blocos.

Estas instruções de programa de computador podem ser também armazenadas em uma memória passível de leitura por máquina que pode orientar um computador ou outro aparelho de processamento de dados programável para funcionar de uma maneira específica, de modo que as instruções armazenadas na memória passível de leitura por computador produzam um produto industrial que inclui dispositivos de instrução que implementam a função/ato especificado no fluxograma e/ou no bloco ou blocos do diagrama de blocos. As instruções de programa de computador podem ser também carregadas em um computador ou outro aparelho de processamento de dados programável para fazer com que uma série de etapas operacionais sejam executadas no computador ou outro aparelho programável de modo a se produzir um processo implementado por computador de maneira que as instruções que são executadas no computador ou outro aparelho programável proporcionem etapas para implementar as funções/atos especificados no fluxograma e/ou nos blocos do diagrama de blocos.

Uma modalidade da presente invenção pode incorporar um controle baseado em modelo (MBC) adaptativo para determinar um parâmetro físico, tal como, mas não limitado a, saída de gerador, carga, velocidade do gerador ou semelhantes. O MBC adaptativo pode reduzir a necessidade de curvas de controle pré-definidas. O MBC adaptativo pode receber uma série de dados sobre a usina hidrelétrica 100 e em seguida construir um modelo operacional. Este modelo pode ser então utilizado para prever e/ou controlar uma variável de saída, como, por exemplo, mas não limitado a, uma saída de gerador da usina hidrelétrica 100.

O sistema de controle 155 de uma modalidade da presente invenção pode ser configurado para monitorar automática e/ou continuamente a usina hidrelétrica 100 de modo a determinar se um parâmetro físico está dentro de uma faixa desejada. Alternativamente, o sistema de controle 155 pode ser configurado para exigir uma ação do usuário para iniciar o funcionamento. Uma modalidade do sistema de controle 155 da presente invenção pode funcionar como um sistema independente. Alternativamente, o sistema de controle 155 pode ser integrado como um módulo, ou semelhante, dentro de um sistema mais amplo, tal como um controle de turbina ou um sistema de controle de instalação.

A Figura 2 é um fluxograma que mostra um método para controlar uma usina hidrelétrica 100 de acordo com uma modalidade da presente invenção. Em uma modalidade da presente invenção, o sistema de controle 155 que implementa o método 200 pode ser inte-

grado com uma interface gráfica com usuário (GUI) ou semelhante. A GUI pode permitir que o operador navegue através do método 200 descrito a seguir. A GUI pode também fornecer pelo menos uma notificação da condição da usina hidrelétrica 100. O método 200 pode ser adaptado para controlar o funcionamento de diversas configurações de usinas hidrelétricas 100.

Na etapa 205 do método 200, a usina hidrelétrica 100 pode ser geradora de energia. Dependendo ou do tipo e/ou do funcionamento da usina hidrelétrica 100, a energia pode compreender eletricidade para exportar para um sistema de grade 165, binário mecânico ou combinações deles.

Na etapa 210, o método 200 pode determinar se pelo menos um permissivo é satisfeito. Uma modalidade da presente invenção pode exigir que pelo menos um permissivo seja satisfeito antes de uma modalidade dos algoritmos da função de MBC adaptativo. O permissivo pode ser geralmente considerado um requisito ou condição preferida que confirma que a usina hidrelétrica 100 pode utilizar a função de MBC adaptativo. Em uma modalidade da presente invenção, o usuário pode definir o pelo menos um permissivo. Por exemplo, mas não se limitando a, o pelo menos um permissivo pode compreender a condição da usina hidrelétrica, a condição se um sinal de realimentação de carga, a condição de um sinal de realimentação de megawatts do gerador, a condução de um sinal de realimentação de servo-motor, um sinal de realimentação de frequência do gerador ou combinações deles. Se o pelo menos um permissivo de inicialização for satisfeito, então o método 200 pode prosseguir até a etapa 215; caso contrário, o método 200 pode reverter para a etapa 205 até que o pelo menos um permissivo de inicialização seja satisfeito.

Na etapa 215, o método 200 pode receber uma série de dados operacionais. Estes dados podem compreender pelo menos um de: dados de comando ou dados de realimentação. Os dados de comando podem compreender dados sobre pelo menos um de: o ponto de fixação de carga, o ponto de fixação de saída do gerador, o ponto de fixação de demanda de servo-motor ou combinações deles. Os dados de realimentação podem compreender dados sobre pelo menos um de: um valor de carga, um valor de megawatt do gerador, um valor de posição de servo-motor, um valor de frequência do gerador ou combinações deles.

Na etapa 215, o método 210 pode determinar se os dados de uma operação anterior dos sistemas MBC adaptativos podem estar disponíveis. Esta informação pode ser integrada a um modelo MBC atual ou pode ser utilizada no desenvolvimento de um novo modelo MBC. Se os dados de modelo estiverem disponíveis, então o método 200 pode prosseguir até a etapa 225; caso contrário, o método 200 pode prosseguir até a etapa 235.

Na etapa 225, o método 200 pode recuperar os dados de modelo. Em uma modalidade da presente invenção, o método 200 pode recuperar os dados de modelo de uma memória interna, ou semelhante. Em uma modalidade alternativa da presente invenção, o mé-

todo 200 pode recuperar os dados de modelo de uma fonte independente. Na etapa 230, o método 200 pode recuperar dados de modelo de um armazenamento de dados de modelo, tal como, mas sem estar limitado a, uma biblioteca ou semelhante. Aqui, os dados de modelo podem derivar de uma fonte independente, tal como, mas não estando limitada a, outro sistema integrado com o sistema de controle 155.

Na etapa 235, o método 200 pode determinar uma variável de saída. A variável de saída pode ser considerada um parâmetro físico, tal como, mas não estando limitado a, o ponto de fixação da saída do gerador, o ponto de fixação de carga, etc. Geralmente, o algoritmo de MBC adaptativo, de uma modalidade da presente invenção, pode incorporar a série de dados operacionais recebidos na etapa 215 como entradas para atualizar um modelo existente ou para criar um novo modelo. O modelo pode determinar uma configuração para o parâmetro físico.

Por exemplo, mas sem estar limitado a, se o usuário desejar uma saída de gerador específica, o MBC adaptativo pode incorporar dados de entrada, tais como, mas sem estar limitados a, realimentação de saída de gerador, carga, posição do pelo menos um servomotor 120. Aqui, o MBC adaptativo pode utilizar ponto de fixação de saída do gerador, carga e a posição do servo-motor para a pelo menos uma abertura 120 de modo a estimar a realimentação da saída do gerador. O MBC adaptativo pode então determinar o ponto de fixação para a pelo menos uma abertura. Concomitantemente, o MBC adaptativo pode manter o controle de frequência do gerador 150 utilizando um controle de queda, um controle isócrono ou semelhante.

Na etapa 240, o método 200 pode armazenar o modelo atual processado pelo MBC adaptativo. Aqui, o modelo atual pode ser armazenado na memória interna. Em uma modalidade da presente invenção, o modelo atual pode ser armazenado no armazenamento de dados de modelo, conforme discutido na etapa 230.

Na etapa 245, o método 200 pode proporcionar o aborto da operação do MBC adaptativo. Conforme mostrado na Figura 2, a operação do MBC adaptativo pode ser abortada depois que a série de dados operacionais 215 é recebida na etapa 215. Uma modalidade da presente invenção pode permitir que o usuário aborte manualmente a operação do MBC adaptativo. Alternativamente, o método 200 pode ser integrado com um sistema que proporciona o aborto automático da operação do MBC adaptativo. Se a operação do MBC adaptativo for abortada, então o método 200 pode reverter para a etapa 205, caso contrário o método 200 pode prosseguir.

Na etapa 250, o método 200 pode determinar se pelo menos um permissivo é mantido durante a operação do MBC adaptativo. A etapa 250 pode estar monitorando continuamente a operação do MBC adaptativo.

Em uma modalidade da presente invenção, a GUI pode notificar o usuário se o

permissivo não é mantido. Em uma modalidade alternativa da presente invenção, o método 200 pode reverter automaticamente para a etapa 205 se o permissivo operacional não for mantido.

A Figura 3 é um diagrama de blocos de um sistema exemplar 300 para controlar uma usina hidrelétrica de acordo com uma modalidade da presente invenção. Os elementos do método 200 podem ser incorporados no e executados pelo sistema 300. O sistema 300 pode incluir um ou mais dispositivos de comunicação de usuário ou cliente 302 ou sistemas ou dispositivos semelhantes (dois são mostrados na Figura 3). Cada dispositivo de comunicação 302 pode ser, por exemplo, mas não estando limitado a, um sistema de computador, um assistente digital pessoal, um telefone celular ou qualquer dispositivo capaz de enviar e receber uma mensagem eletrônica.

O dispositivo de comunicação 302 pode incluir uma memória de sistema 304 ou um sistema de arquivos local. A memória de sistema 304 pode incluir, por exemplo, mas sem estar limitado a, uma memória só de leitura (ROM) e uma memória de acesso aleatório (RAM). A ROM pode incluir um sistema de entrada/saída básico (BIOS). O BIOS pode conter rotinas básicas que ajudam a transferir informações entre elementos ou componentes do dispositivo de comunicação 302. A memória de sistema 304 pode conter um sistema operacional 306 para controlar o funcionamento total do dispositivo de comunicação 302. A memória de sistema 304 inclui também um navegador 308 ou código executável por computador para controlar uma usina hidrelétrica que pode ser semelhante ou incluir elementos do método 200 da Figura 2.

A memória de sistema 304 pode incluir também uma memória cache de gabarito 312, que pode ser utilizada em conjunto com o método 200 da Figura 2 para controlar uma usina hidrelétrica.

O dispositivo de comunicação 302 pode incluir também um processador ou unidade de processamento 314 para controlar as operações dos demais componentes do dispositivo de comunicação 302. O sistema operacional 306, o navegador 308 e as estruturas de dados 310 podem ser acionados na unidade de processamento 314. A unidade de processamento 314 pode ser acoplada ao sistema de memória 304 e a outros componentes do dispositivo de comunicação 302 por um barramento de sistema 116.

O dispositivo de comunicação 302 pode incluir também vários dispositivos de entrada (I/O), dispositivos de saída ou dispositivos de entrada/saída combinados 318. Cada dispositivo de entrada/saída 318 pode ser acoplado ao barramento de sistema 316 por uma interface de entrada/saída (não mostrada na Figura 3). Os dispositivos de entrada e saída ou dispositivos I/O em combinação 318 permitem ao usuário acionar e formar interface com o dispositivo de comunicação 302 e controlar o funcionamento do navegador 308 e das estruturas de dados 310 para acessar, acionar e controlar o software de modo a utilizar a usina

hidrelétrica. Os dispositivos I/O 318 podem incluir um teclado e dispositivo indicador de computador ou semelhante para executar as operações aqui discutidas.

Os dispositivos I/O 318 podem incluir também, por exemplo, mas sem estar limitado a, unidades de disco, dispositivos de entrada/saída ópticos, mecânicos ou infravermelhos, modems ou semelhantes. Os dispositivos I/O 318 podem ser utilizados para acessar um meio de armazenamento 320. O meio 320 pode conter, armazenar, comunicar ou transportar instruções passíveis de leitura por computador ou executáveis por computador ou outras informações para uso por ou em conexão com um sistema, como, por exemplo, is dispositivos de comunicação 302.

O dispositivo de comunicação 302 pode incluir também ou ser conectado a outros dispositivos, tais como uma tela ou monitor 322. O monitor 322 pode permitir que o usuário forme interface com o dispositivo de comunicação 302.

O dispositivo de comunicação 302 pode incluir uma unidade rígida 324. A unidade rígida 324 pode ser acoplada ao barramento de sistema 316 por uma interface de unidade rígida (não mostrada na Figura 3). A unidade rígida 324 pode também formar parte do sistema de arquivos local ou memória de sistema 304. Programas, software e dados podem ser transferidos e trocados entre a memória do sistema 304 e a unidade rígida 324 para funcionamento do dispositivo de comunicação 302.

O dispositivo de comunicação 302 pode comunicar-se com pelo menos um controlador unitário 326 e pode acessar outros servidores ou outros dispositivos de comunicação semelhantes ao dispositivo de comunicação 302 por meio de uma rede 328. O barramento de sistema 316 pode ser acoplado à rede 328 por uma interface com rede 330. A interface com rede 330 pode ser um modem, um cartão de Ethernet, um roteador, um gateway, ou semelhante, para acoplamento à rede 328. O acoplamento pode ser uma conexão cabeada ou sem fio. A rede 328 pode ser a Internet, uma rede privada, uma intranet ou semelhante.

O pelo menos um controlador unitário 326 pode incluir também uma memória de sistema 332 que pode incluir um sistema de arquivos, uma ROM, uma RAM e semelhantes. A memória de sistema 332 pode incluir um sistema operacional 334 semelhante ao sistema operacional 306 no dispositivo de comunicação 302. A memória de sistema 332 pode incluir estruturas de dados 336 para controlar uma usina hidrelétrica. As estruturas de dados 336 podem incluir operações semelhantes às descritas com relação ao método 200 para controlar uma usina hidrelétrica. A memória de sistema de servidor 332 pode incluir também outros arquivos 338, aplicativos, módulos e semelhantes.

O pelo menos um controlador unitário 326 pode incluir também um processador 342 ou uma unidade de processamento para controlar o funcionamento de outros dispositivos no pelo menos um controlador unitário 326. O pelo menos um controlador unitário 326 pode incluir um dispositivo I/O 344. Os dispositivos I/O 344 podem ser semelhantes aos dispositi-

vos I/O 318 dos dispositivos de comunicação 302. O pelo menos um controlador unitário 326 pode incluir também outros dispositivos 346, como, por exemplo, um monitor ou semelhante, para prover uma interface juntamente com os dispositivos I/O 344 para o pelo menos um controlador unitário 326. O pelo menos um controlador unitário 326 pode incluir também
5 uma unidade de disco rígido 348. Um barramento de sistema 350 pode conectar os diferentes componentes do pelo menos um controlador unitário 326. Uma interface com rede 352 pode acoplar o pelo menos um controlador unitário 326 à rede 326 por meio do barramento de sistema 350.

Os fluxogramas e diagramas de etapas na figura mostram a arquitetura, a funciona-
10 lidade e o funcionamento possíveis implementações de sistemas, métodos e produtos de programa de computador de acordo com diversas modalidades da presente invenção. A este respeito, cada etapa no fluxograma ou diagramas de etapas pode representar um módulo, segmento ou parte de código, que compreende uma ou mais instruções executáveis para implementar a(s) função(ões) lógica(s) especificada(s). Deve-se notar também que, em
15 algumas implementações alternativas, as funções observadas na etapa podem ocorrer fora da ordem observada nas figuras. Por exemplo, duas etapas mostradas em sucessão podem, de fato, ser executadas de maneira substancialmente concomitante, ou as etapas podem ser às vezes ser executadas na ordem inversa, dependendo da funcionalidade envolvida. Deve-se observar também que cada etapa dos diagramas de etapas e/ou da ilustração
20 de fluxograma pode ser implementada por sistemas baseados em hardware para fins especiais, que executam as funções ou atos especificados, ou combinações de instruções de hardware e computador para fins especiais.

A terminologia aqui utilizada é para fins de descrição de modalidades específicas apenas e não pretende limitar a invenção. Conforme aqui utilizadas, as formas de singular
25 “um(a)” e “o(a)” pretendem incluir as formas de plural também, a menos que o contexto indique claramente de outro modo. Deve ficar também entendido que os termos “compreende” e/ou “que compreende”, quando utilizados neste relatório, especificam a presença de características, números inteiros, etapas, operações, elementos e/ou componentes afirmados, mas não impedem a presença ou acréscimo de uma ou mais características, números intei-
30 ros, etapas, operações, elementos, componentes e/ou grupos deles.

Embora modalidades específicas tenham sido aqui mostradas e descritas, deve ficar entendido que qualquer disposição, que seja calculada para alcançar a mesma finalidade, pode substituir as modalidades específicas mostradas e que a invenção tem outras apli-
cações em outros ambientes. Esta aplicação pretende cobrir quaisquer adaptações ou varia-
35 ções da presente invenção. As reivindicações seguintes não pretendem de modo algum limitar o alcance da invenção às modalidades específicas aqui descritas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar uma usina hidrelétrica, o método compreendendo:
apresentar uma usina hidrelétrica que compreende uma série de componentes;
receber uma série de dados operacionais sobre a usina hidrelétrica;

5 desenvolver um modelo operacional a partir da série de dados operacionais; e
utilizar o modelo operacional para determinar uma variável operacional;

CARACTERIZADO pelo fato de que a variável operacional controla parcialmente pelo menos um da série de componentes (235).

10 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a série de componentes compreende pelo menos um de: pelo menos uma abertura (120) para controlar o fluxo de água, pelo menos um servo-motor (125) para controlar a pelo menos uma abertura (120), uma turbina (145) e um gerador (150) ou combinações deles.

15 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a série de dados operacionais compreende dados sobre pelo menos um de: dados de comando ou dados de realimentação.

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de comando compreendem dados sobre pelo menos de: um ponto de fixação de carga, um ponto de fixação de saída do gerador, um ponto de fixação de posição de servo-motor ou combinações deles.

20 5. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados de realimentação compreendem dados sobre pelo menos um de: um valor de carga, uma saída de gerador, uma posição de servo-motor, uma frequência de gerador ou combinações deles.

25 6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por compreender também determinar se os dados de um modelo operacional adicional estão disponíveis (220).

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CARACTERIZADO** por compreender também recuperar uma série de dados operacionais do pelo menos um modelo operacional adicional (225).

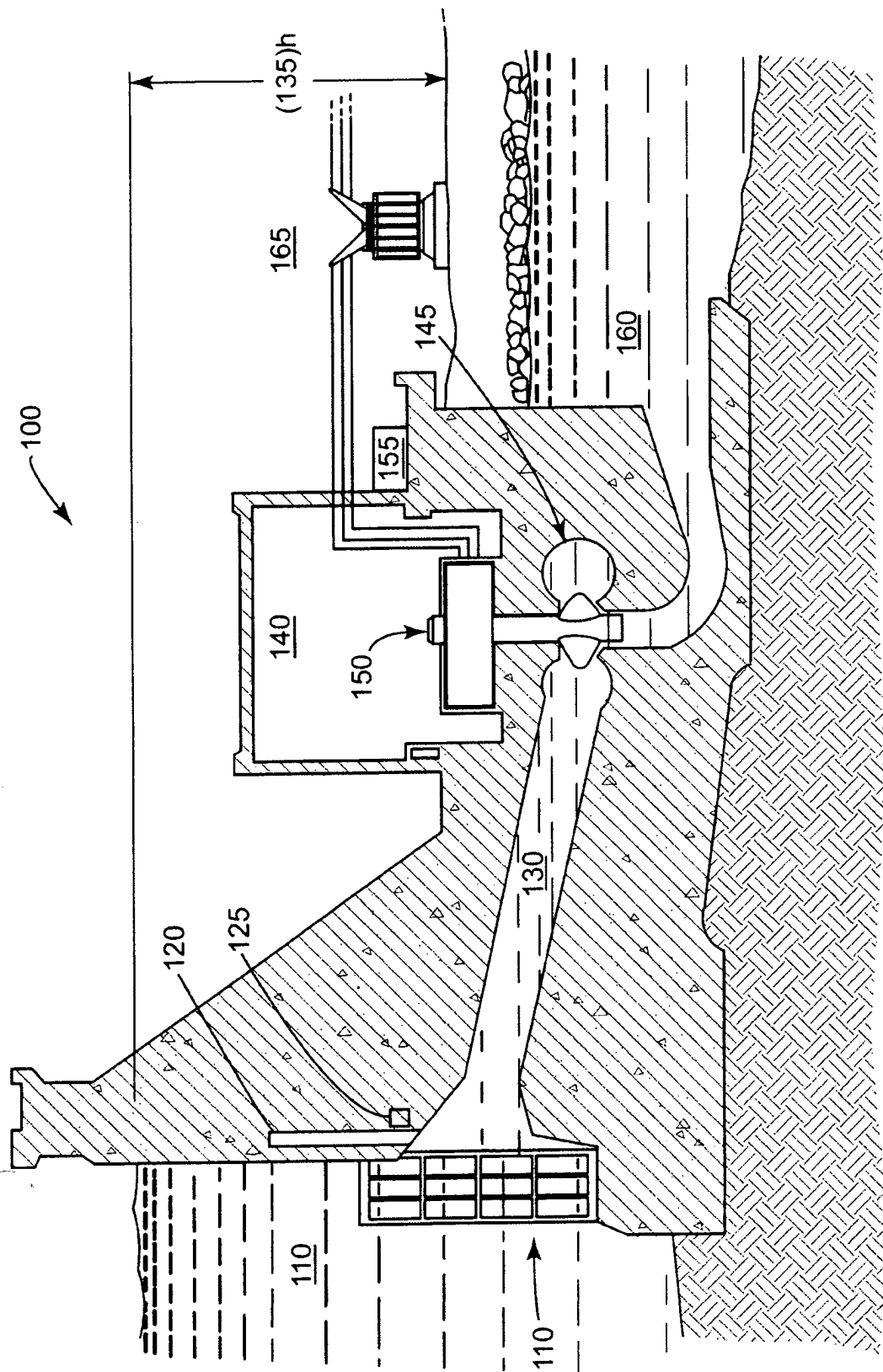
30 8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CARACTERIZADO** por compreender também incorporar a série de dados operacionais do pelo menos um modelo operacional adicional quando se desenvolve o modelo operacional (230).

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** por compreender também a etapa de armazenar o modelo operacional (240).

35 10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a variável operacional compreende pelo menos um de: um ponto de fixação de posição de abertura; uma frequência de gerador; um ponto de fixação de carga; uma saída de gerador;

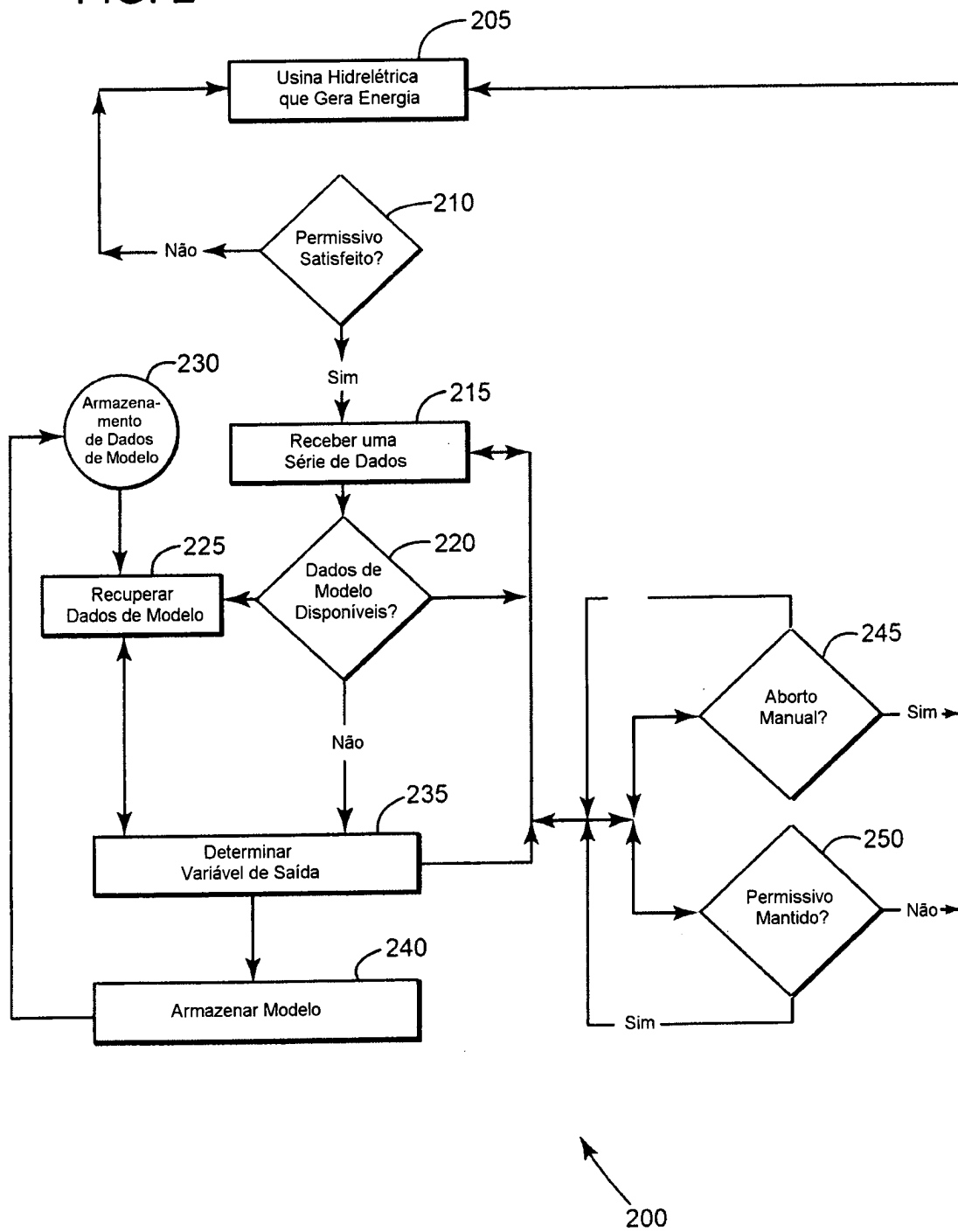
ou combinações deles.

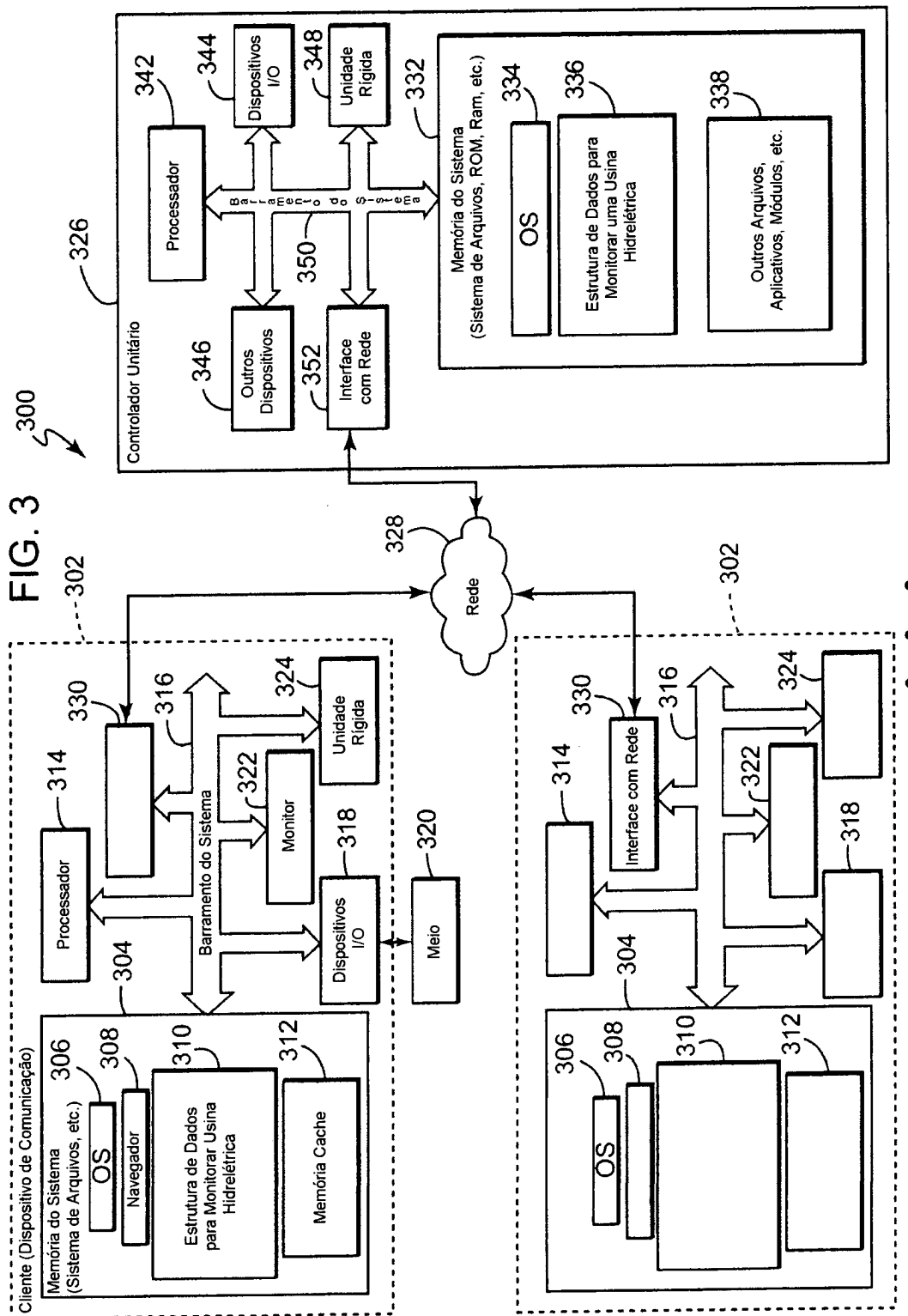
FIG. 1



h

FIG. 2





RESUMO**"MÉTODO E SISTEMA PARA CONTROLAR USINA HIDRELÉTRICA"**

Uma modalidade da presente invenção pode incorporar um controle baseado em modelo (MBC) adaptativo para determinar um parâmetro físico, tal como, mas sem estar limitado a, uma saída de gerador, carga (135), a velocidade do gerador ou semelhantes. O MBC adaptativo pode reduzir a necessidade de curvas de controle pré-definidas. O MBC adaptativo pode receber uma série de dados sobre a usina hidrelétrica (215) e em seguida construir um modelo operacional (220, 225, 230). Este modelo pode ser então utilizado para prever e/ou controlar uma variável de saída, tal como, mas sem estar limitada a, uma saída de gerador da usina hidrelétrica (100).

O sistema de controle (155) de uma modalidade da presente invenção pode ser configurado para monitorar automática e/ou continuamente a usina hidrelétrica (100) de modo a determinar se um parâmetro físico está dentro de uma faixa desejada. Alternativamente, o sistema de controle (155) pode ser configurado para exigir uma ação de usuário para iniciar a operação. Uma modalidade do sistema de controle (155) da presente invenção pode funcionar como um sistema independente. Alternativamente, o sistema de controle (155) pode ser integrado como um módulo, ou semelhante, dentro de um sistema mais amplo, como, por exemplo, um controle de turbina ou um sistema de controle de usina.