



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

(11) BR 112012006691-9 B1



(22) Data do Depósito: 27/09/2010

(45) Data de Concessão: 01/12/2020

(54) Título: MÉTODO, APARELHO E SISTEMA DE CONTROLE DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA POSSUINDO UM TURBOCOMPRESSOR DE GEOMETRIA VARIÁVEL

(51) Int.Cl.: F01N 9/00; F01N 5/04; F01N 13/10.

(30) Prioridade Unionista: 25/09/2009 US 61/245,909; 27/09/2010 US 12/891,151.

(73) Titular(es): CUMMINS INC..

(72) Inventor(es): ANDREW W. OSBURN; MERT GEVECI; MARTIN T. BOOKS.

(86) Pedido PCT: PCT US2010050394 de 27/09/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/038340 de 31/03/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 23/03/2012

(57) Resumo: CONTROLE DE PRESSÃO DE TUBULAÇÃO DE EXAUSTÃO DE MOTOR DE FLUXO DE ENTRADA Um método para controlar o fluxo de carga em um motor de combustão interna inclui a operação de um motor possuindo um VGT. O método inclui a determinação de um fluxo de carga alvo e corrente e fluxo EGR. O método inclui adicionalmente a determinação de um termo de erro para o fluxo de carga e fluxo EGR, e a determinação de um comando de retorno de pressão de exaustão em resposta aos termos de erro. O comando de retorno de pressão de exaustão é combinado com um comando de alimentação de avanço de pressão de exaustão, e o VGT é controlado em resposta ao comando de retorno de pressão de exaustão. O método inclui adicionalmente a determinação do comando de retorno de pressão de exaustão em resposta a uma posição de válvula EGR corrente. O método inclui adicionalmente o controle de uma taxa de fluxo EGR com a válvula EGR em posições de válvula EGR relativamente fechadas, e o controle da taxa de fluxo EGR com a pressão de exaustão em posições de válvula EGR relativamente abertas.

"MÉTODO, APARELHO E SISTEMA DE CONTROLE DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA POSSUINDO UM TURBOCOMPRESSOR DE GEOMETRIA VARIÁVEL"

Referência Cruzada a Pedidos Relacionados

[001] O presente pedido reivindica prioridade do pedido de patente U.S. No. 12/891.151, depositado em 27 de setembro de 2010, que reivindica os benefícios do pedido de patente provisório U.S. No. 61/245.909, depositado em 25 de setembro de 2009, cada um dos quais é incorporado por referência aqui.

Fundamentos

[002] O fluxo de admissão de um motor de combustão interna, incluindo ar fresco e quaisquer gases recirculados, é um parâmetro importante para controlar o motor para alcançar adequadamente o torque e a potência alvo, e para controlar emissões geradas pelo motor. O controle de fluxo de admissão é realizado por muitos acionadores, frequentemente incluindo uma válvula de recirculação de gás de exaustão (RGE) e um turbocompressor de geometria variável (TGV), com uma posição que define as características operacionais do TGV. A posição do TGV pode indicar uma posição de um ou mais bocais, ou outros dispositivos associados com o turbocompressor.

[003] Controles conhecidos para o fluxo de admissão incluem como alvo um fluxo de ar fresco especificado e fluxo RGE, e o controle da válvula RGE e posições TGV para alcançar ambos os fluxos e, portanto, o fluxo de admissão desejado. A válvula EGT e posições TGV são, cada uma, apenas efetivas em determinadas condições operacionais, e são altamente acopladas com relação aos efeitos nos parâmetros de fluxo de admissão.

[004] Controles atualmente disponíveis desacoplam a válvula RGE e posição TGV através de várias técnicas para alcançar os parâmetros de fluxo de admissão alvo, incluindo a operação da válvula RGE e posições TGV como controladores seriais, e aplicando uma transformação matemática para desacoplar a válvula RGE e a posição TGV como acionadores de parâmetro de fluxo de admissão.

[005] Os controladores atualmente conhecidos são eficientes para alcançar os valores de parâmetro de admissão – por exemplo, como descrito na patente U.S. de referência 6.408.834 intitulada "System for decoupling EGR flow and turbocharger swallowing capacity/efficiency control mechanisms". No entanto, os controladores atualmente disponíveis resultam em um sistema que é altamente complexo, que exi-

ge um grande esforço para se calibrar, e que possui um acoplamento entre a pressão de coletor de admissão e posição de válvula RGE e taxa de fluxo de combustível para o motor. Portanto, os desenvolvimentos tecnológicos adicionais são desejáveis nessa área.

Sumário

[006] Uma modalidade é um método singular de controle de fluxo de carga para um motor com pressão de exaustão. Uma modalidade adicional é um método singular para controlar o fluxo RGE com pressão de exaustão quando a válvula RGE está relativamente aberta, e controlar o fluxo RGE com a válvula RGE quando a válvula RGE está fechada ou relativamente fechada. Outras modalidades incluem métodos, sistemas e aparelhos singulares para controlar o fluxo de carga e o fluxo RGE. Modalidades adicionais, formas, objetos, características, vantagens, aspectos, e benefícios se tornarão mais aparentes a partir de descrição e dos desenhos em anexo.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é uma ilustração esquemática de um sistema para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna;

A figura 2 é uma ilustração esquemática de um controlador para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna;

A figura 3a é uma primeira parte de uma ilustração esquemática de um circuito de controle para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna;

A figura 3b é uma segunda parte da ilustração esquemática do circuito de controle para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna;

A figura 4 é uma ilustração de interações entre o fluxo RGE, a pressão de exaustão e a posição da válvula RGE;

A figura 5 é uma ilustração das interações entre o fluxo de carga, a pressão de exaustão e a posição de válvula RGE;

A figura 6a é uma primeira posição de uma ilustração esquemática de um circuito de controle para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna;

A figura 6b é uma segunda parte da ilustração esquemática do circuito de controle para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna.

Descrição das Modalidades Ilustrativas

[007] Para fins de promoção de uma compreensão dos princípios da invenção, será feita agora referência às modalidades ilustradas nos desenhos e linguagem específica será utilizada para descrever a mesma. Será, não obstante, compreendido que nenhuma limitação do escopo da invenção é, dessa forma, pretendida, quaisquer alterações e modificações adicionais nas modalidades ilustradas, e quaisquer aplicações adicionais dos princípios da invenção como ilustradas aqui como ocorreriam normalmente aos versados na técnica à qual a invenção se refere são contempladas aqui.

[008] A figura 1 é uma ilustração esquemática de um sistema 100 para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna. O sistema 100 inclui um motor de combustão interna 102 que pode ser qualquer tipo de motor de combustão interna conhecido da técnica. O motor produz uma corrente de exaustão pré-RGE 116 e recebe um fluxo de carga 110 compreendendo uma corrente de ar de admissão 106 misturada com uma corrente de recirculação de gás de exaustão (RGE) 112. O motor 102 é acoplado por fluido a um coletor de admissão 108 e um coletor de exaustão 118. O coletor de admissão 108 é ilustrado como a posição na qual a corrente RGE 112 e a corrente de ar de admissão 106 misturam, mas essas correntes podem misturar em qualquer local a montante do motor 102. A corrente RGE 112 possui uma corrente de saída de RGE 120 que passa através de uma válvula RGE 114. A corrente de saída RGE 120 é ilustrada como saindo do coletor de exaustão 118, mas a corrente de saída RGE 120 pode sair em qualquer local a jusante do motor 102 e a montante de uma turbina 124.

[009] A turbina 124 é uma turbina de geometria variável (TGV) 124 que é o lado da turbina de um turbocompressor. O lado de compressor do turbocompressor não é ilustrado para permitir uma descrição clara dos aspectos do presente pedido. A TGV 124 pode ser de qualquer tipo conhecido da técnica, incluindo pelo menos uma TGV de aleta oscilante, uma TGV de bocal deslizante, e uma TGV de ultrapassagem externa ou interna. O mecanismo de produção de geometria variável da TGV 124 não é importante, apesar de a TGV 124 dever ser um dispositivo que pode modular a pressão da corrente de exaustão 122. Uma corrente efluente 126 flui para fora do sistema 100.

[010] O sistema 100 inclui adicionalmente um controlador 104. O controlador 104 estruturado para realizar determinadas operações controla o fluxo de admissão do motor 102, incluindo a taxa de fluxo da corrente RGE 112 e a taxa de fluxo

do fluxo de carga 110. Em determinadas modalidades, o controlador 104 forma uma parte de um subsistema de processamento incluindo um ou mais dispositivos de computação possuindo hardware de memória, processamento e comunicação. O controlador 104 pode ser um dispositivo único ou um dispositivo distribuído, e as funções do controlador podem ser realizadas por hardware ou software. Descrições mais específicas de uma modalidade ilustrativa do controlador 104 são fornecidas na seção com referência à figura 2.

[011] A figura 2 é uma ilustração esquemática de um controlador 104 para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna 102. O controlador 104 inclui módulos estruturados para executar funcionalmente operações para controlar o fluxo de admissão para o motor 102. A descrição inclui aqui o uso de módulos para destacar a independência funcional das características dos elementos descritos. Um módulo pode ser implementado com operações por software, hardware, ou pelo menos parcialmente realizado por um usuário ou operador. Em determinadas modalidades, os módulos representam elementos de software como um programa de computador codificado em um meio legível por computador, onde um computador realiza as operações descritas quando executando o programa de computador. Um módulo pode ser um dispositivo único, distribuído através de dispositivos, e/ou um módulo pode ser agrupado em todo ou em parte com outros módulos ou dispositivos. As operações de qualquer módulo podem ser realizadas total ou parcialmente em hardware, software ou por outros módulos. A organização apresentada de módulos é ilustrativa apenas, e outras organizações que realizam as funções equivalentes são contempladas aqui.

[012] O controlador 104 inclui um módulo de referência 202 que interpreta um fluxo de carga alvo 216 e um fluxo RGE alvo 218. A interpretação, como utilizado aqui, inclui o recebimento de valores por qualquer método conhecido da técnica, incluindo pelo menos o recebimento de valores de um datalink ou comunicação em rede, recebimento de um sinal eletrônico (por exemplo, uma voltagem, frequência, corrente ou sinal PWM), indicativo de valor, recebimento de um parâmetro de software indicativo de valor, leitura do valor a partir de um local na memória em um meio legível por computador, recebimento do valor como um parâmetro de tempo de funcionamento por quaisquer meios conhecidos da técnica, e/ou pelo recebimento de um valor pelo qual o parâmetro interpretado pode ser calculado, e/ou por referência a um valor padrão que é interpretado como sendo o valor de parâmetro.

[013] O controlador 104 inclui adicionalmente um módulo de condições operacionais 206 que interpreta um fluxo de carga atual 220, um fluxo RGE atual 222 e uma posição de válvula RGE 224. Os valores atuais, como utilizados aqui, se referem aos valores em relação temporal próxima com o tempo de operação do controlador 104, mas os valores atuais não precisam ser absolutamente contemporâneos. Por exemplo, e sem limitação, um valor atual pode ser um valor de um ciclo de execução anterior do controlador 104, um último valor confiável a ser conhecido, um valor que foi mais recentemente salvo em um meio legível por computador, ou outro valor que geralmente represente um valor conhecido por último para o parâmetro que é "atual".

[014] O controlador 104 inclui adicionalmente um módulo de determinação de erro 204 que determina um termo de erro de fluxo de carga 236 em resposta ao fluxo de carga atual 220 e fluxo de carga alvo 216, e determina um termo de erro de fluxo RGE 238 em resposta ao fluxo RGE alvo 218 e ao fluxo RGE atual 222. O controlador 104 inclui adicionalmente um módulo de realimentação 210 que determina um comando de realimentação de pressão de exaustão 244 e um comando de realimentação de válvula RGE 246 em resposta ao termo de erro de fluxo de carga 236 e ao termo de erro de fluxo RGE 238. Em uma modalidade adicional, o módulo de realimentação 210 também determina o comando de realimentação de pressão de exaustão 244 e o comando de realimentação de válvula RGE 246 em resposta à posição de válvula RGE 224.

[015] Em determinadas modalidades, o módulo de realimentação 210 utiliza um comando de válvula RGE 234 ao invés de, ou em substituição à posição de válvula RGE 224. Por exemplo, e sem limitação, um valor de realimentação de uma posição de válvula RGE 224 pode não estar disponível e o comando de válvula RGE 234 pode ser utilizado ao invés, a válvula RGE pode ser uma parte muito responsiva do sistema 100 onde o comando de válvula RGE 234 fornece uma indicação confiável de uma posição de válvula RGE atual 224, e/ou o controlador 104 pode ser calibrado com base nos valores de comando de válvula RGE 234 ao invés de nos dados de posição de válvula RGE 224. Os comandos de realimentação 244, 246 podem ser determinados a partir dos termos de erro 236, 238 de acordo com os controladores PID padrão ou qualquer parte dos mesmos (por exemplo, controle integral apenas ou integral-proporcional), de acordo com a lógica fuzzy, de acordo com redes neurais, ou qualquer outro mecanismo de controle de realimentação compreen-

dido pela técnica.

[016] O controlador 104 inclui adicionalmente um módulo de alimentação direta 208 que interpreta um comando de pressão de exaustão de alimentação direta 228 e um comando de posição de válvula RGE de alimentação direta 230. Os comandos de alimentação direta 228, 230 podem ser fornecidos por dados de circuito aberto armazenados, de acordo com um modelo do sistema 100, de acordo com os valores de estado estável padrão para posição de válvula RGE e dados de posição TGV para alcançar o fluxo de carga alvo 216 e o fluxo RGE alvo 218, ou por qualquer outro mecanismo de controle de alimentação direta compreendido pela técnica.

[017] O controlador 104 inclui adicionalmente um módulo de controle de laço interno 212 que determina um comando de pressão de exaustão 250 em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta 228 e o comando de realimentação de pressão de exaustão 244. O módulo de controle de laço interno 212 pode determinar o comando de pressão de exaustão 250 pela adição de comandos de alimentação direta e realimentação 228, 244, pela ponderação dos comandos 228, 244, e/ou pela utilização de uma tabela de consulta calibrada incluindo comandos de pressão de exaustão 250 como uma função do comando de pressão de exaustão de alimentação direta 228 e o comando de realimentação de pressão de exaustão 244. Qualquer método de mistura de um comando de alimentação direta e realimentação conhecido na técnica é contemplado aqui.

[018] O módulo de controle de laço interno 212 fornece adicionalmente um comando TGV 232 em resposta ao comando de pressão de exaustão 250. Em determinadas modalidades, o comando TGV 232 é uma saída de um algoritmo de controle que utiliza o comando de pressão de exaustão 250 como um valor alvo, que determina um termo de erro de pressão de exaustão 240 pela comparação com o comando de pressão de exaustão 250 com a pressão de exaustão atual 226 e pela aplicação de qualquer esquema de controle conhecido ao termo de erro de pressão de exaustão resultante 240. A operação de controle do comando TGV 232 em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão 240 pode ser implementada como um controlador de laço interno para um esquema de controle de circuito externo que controla o fluxo de carga atual 220 e o fluxo RGE atual 222. Portanto, o comando TGV 232 pode ser um comando de laço interno TGV 248 e/ou o comando de laço interno TGV 248 pode ser um comando TGV preliminar 232 sujeito à modificação por outros algoritmos (não ilustrados). Em determinadas modalidades, o controlador

104 inclui adicionalmente um módulo de comando de válvula RGE 214 que determina um comando de válvula RGE 234 em resposta ao comando de realimentação de válvula RGE 246 e o comando de posição de válvula RGE de alimentação direta 230.

[019] Em determinadas modalidades, o módulo de realimentação 210 determina adicionalmente o comando de realimentação de pressão de exaustão 244 e o comando de realimentação de válvula RGE 246 a partir de uma matriz de ganho não linear 242 que inclui uma função da posição de válvula RGE 224. O comando de válvula RGE 234, como notado anteriormente, pode ser substituído pela posição de válvula RGE 224 em determinadas modalidades. A matriz de ganho não linear 242 permite vários comportamentos que podem ser desejáveis em determinadas modalidades dependendo da resposta do sistema 100. A matriz de ganho não linear 242 permite que o sistema 100 favoreça os modos de controle diferentes (por exemplo, o controle de válvula RGE sobre o controle de posição TGV) em várias condições de sistema operacional como considerar adequado. Exemplos específicos, não limitadores, são descritos como se segue>

[020] Em um exemplo, uma matriz de ganho não linear ilustrativa 242 favorece o controle de válvula RGE do fluxo RGE atual em baixas taxas de fluxo e/ou baixas posições de fluxo RGE, e o controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual em altas taxas de fluxo e altas posições de válvula RGE. No exemplo, a matriz de ganho não linear 242 pode aumentar a resposta da válvula RGE ou TGV de acordo com o mecanismo de controle favorecido, e/ou reduzir a resposta da válvula RGE ou TGV de acordo com o mecanismo de controle que não for favorecido. Em outro exemplo, a matriz de ganho não linear 242 favorece o controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual 220. Em um exemplo adicional, a matriz de ganho não linear favorece adicionalmente o controle de válvula RGE do fluxo de carga atual em altos valores de $\Delta P/P$, onde ΔP é uma diferença entre a pressão de exaustão atual e uma pressão de admissão atual. Exemplos não limitadores do valor ΔP incluem a pressão no coletor de exaustão 118 menos a pressão no coletor de admissão 108, a queda de pressão através do motor, a pressão da corrente de exaustão 122 menos a pressão da corrente de fluxo de carga 110, ou outros diferenciais de pressão similares. P é a pressão de exaustão atual, por exemplo, no coletor de exaustão 118.

[021] A figura 3a e a figura 3b combinam para formar uma ilustração es-

quemática de um circuito de controle para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna. O fluxo de admissão é o fluxo de carga de atual 220, e/ou uma admissão de ar fresco combinada com o fluxo RGE atual 222, ou correntes equivalentes que juntas descrevem a quantidade e composição do fluxo de carga 220. O circuito de controle inclui o recebimento de fluxo de carga alvo 216 e fração RGE alvo 302.

[022] Seguindo a ramificação superior, um valor de fluxo de carga atual 220 é subtraído 308 para determinar um termo de erro de fluxo de carga 236, e um esquema de controle de fluxo de carga 312 determina um comando de realimentação de pressão de exaustão pré-modificado 304. O esquema de controle de fluxo de carga 312 inclui qualquer esquema de controle compreendido na técnica para gerar o comando de realimentação de pressão de exaustão pré-modificado 304 em resposta ao termo de erro de fluxo de carga 236, incluindo sem limitação um controlador PID, um controlador PI, e/ou um controlador de lógica fuzzy.

[023] Seguindo a ramificação inferior, um valor de fluxo de carga atual 220 é multiplicado 310 pela fração RGE alvo 302 para determinar o fluxo RGE alvo 218. Em modalidades alternativas, um esquema de controle de motor principal (não mostrado) fornece um fluxo RGE alvo 218 diretamente, embora seja mais comum que a fração RGE alvo 302 seja requerida. O fluxo RGE atual 222 é subtraído do fluxo RGE alvo 218 para determinar um termo de erro de fluxo RGE 238, e um esquema de controle de fluxo RGE determina um comando de realimentação de válvula RGE pré-modificado 306. O esquema de controle de fluxo RGE 316 inclui qualquer esquema de controle compreendido no estado da técnica para gerar o comando de realimentação de válvula RGE pré-modificado 304 em resposta ao termo de erro de fluxo RGE 238, incluindo, sem limitação, um controlador PID, um controlador PI, e/ou um controlador de lógica fuzzy.

[024] O comando de realimentação de pressão de exaustão pré-modificado 304 e o comando de realimentação de válvula RGE pré-modificado 306 são fornecidos para uma matriz de ganho não linear 318 que favorece um dentre um controle de válvula RGE ou controle de pressão de exaustão em resposta a uma posição de válvula RGE 224 e/ou um comando de válvula RGE 234. O comando de válvula RGE 234 pode ser utilizado quando o tempo de resposta da posição de válvula RGE 224 (isso é, o espaço de tempo entre uma posição de válvula RGE comandada antes de a válvula RGE alcançar a posição comandada) pode ser efetiva-

mente ignorado, e depende da capacidade de resposta do hardware de válvula RGE utilizado em um sistema específico 100 como será compreendido dos versados na técnica.

[025] A matriz de ganho não linear 318 pode favorecer adicionalmente um dentre um controle de válvula RGE ou controle de pressão de exaustão em resposta a outras condições operacionais, incluindo uma taxa de fluxo de carga atual 220, uma taxa de fluxo RGE atual 222, e/ou uma pressão de exaustão atual 226. As saídas de controle da matriz de ganho não linear 318 são passadas através dos integradores 320, 322 para o controle de integrador; adicionalmente, ou alternativamente, as saídas de controle da matriz de ganho não linear 318 podem ser derivadas, ou deixadas não ajustadas para o controle derivado ou proporcional. Outras operações de controle conhecidas da técnica nos blocos 320, 322, podem ser realizadas, e vários parâmetros podem ser agidos simultaneamente ou combinados nos blocos 320, 322 (por exemplo, um aspecto proporcional e integral dos comandos de realimentação 244, 246 podem ser agidos e combinados). Os blocos 320, 322 fornecem um comando de realimentação de pressão de exaustão 244 e um comando de realimentação de válvula RGE 246.

[026] Novamente, seguindo a ramificação superior, um comando de pressão de exaustão de alimentação direta 228 é adicionado para determinar um comando de pressão de exaustão 250. No circuito de controle ilustrativo, um controlador de laço interno determina um termo de erro de pressão de exaustão 240 pela subtração da pressão de exaustão atual 226 do comando de pressão de exaustão 250, e um esquema de controle de pressão de exaustão 326 determina um comando TGV em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão 240.

[027] Seguindo a ramificação inferior, um comando de posição de válvula RGE de alimentação direta 230 é adicionado para determinar um comando de válvula RGE 234. O comando TGV 232 e o comando de válvula RGE 234 são fornecidos para um controlador de motor (não ilustrado), que pode ser o mesmo dispositivo de computação que o controlador 104, e um bloco de determinação de parâmetro e sensores 328 fornece valores atualizados para a pressão de exaustão atual 226, o fluxo de carga atual 220, e o fluxo RGE atual 222. Qualquer uma das operações ilustradas no circuito de controle das figuras 3a e 3b é ilustrativa, e quaisquer operações similares conhecidas da técnica são contempladas aqui. Exemplos, sem limitação, incluem quaisquer métodos alternativos de mistura de um comando de alimentação

direta e realimentação, e convenções de sinal alternativas para determinação de termos de erro 236, 238, 240.

[028] Os comandos de alimentação direta 228, 230 são determinados por qualquer método compreendido na técnica, incluindo pelo menos a modelagem de sistema e/ou dados de teste a partir de pontos de operação de estado estável. Os comandos de alimentação direta 228, 230 são os pontos operacionais preferidos do sistema de acordo com o fluxo de carga alvo 216 e a fração RGE alvo 320, e podem ser selecionados, sem limitação, para fornecer a economia de combustível do sistema desejada, características de emissões, e/ou posições operacionais de hardware preferidas. Em determinadas modalidades, os comandos de alimentação direta 228, 230 podem ser omitidos em determinadas regiões operacionais do motor e/ou omitidos totalmente. Onde os comandos de alimentação direta 228, 230 são omitidos, o sistema 100 opera apenas com o controle de realimentação de acordo com os comandos de realimentação 244, 246.

[029] A figura 4 é uma ilustração 400 das interações entre o fluxo RGE 222, a pressão de exaustão 226, e a posição de válvula RGE 224. Os dados na figura 4 são ilustrativos para uma configuração de motor apenas, e variarão com o hardware específico para um determinado sistema. No entanto, o caráter geral dos dados na ilustração 400 é amplamente aplicável a muitas configurações de motor possuindo um TGV. O tipo de dados ilustrado na figura 4 pode ser prontamente gerado para um determinado sistema pelos versados na técnica com o benefício das descrições apresentadas aqui, por exemplo, pela varredura de pressões de exaustão em posições RGE fixas selecionadas. As curvas representam as posições de válvula RGE crescentes 224, incluindo 0% aberta 406, 20% aberta 408, 40% aberta 410, 60% aberta 412, 80% aberta 416 e 100% aberta 418. É observado na figura 4 que em uma região inferior 404 o TGV possui muito pouco efeito na taxa de fluxo RGE quando a válvula RGE está aberta com percentuais de abertura muito baixos, e que em uma região superior 420 a posição de válvula RGE possui muito pouco efeito na taxa de fluxo RGE. Por exemplo, a abertura da válvula de 60% para 100% em uma pressão de exaustão de cerca de 300 kPa aumenta apenas a taxa de fluxo RGE de cerca de 5 kg/min para cerca de 5,1 kg/min.

[030] De acordo, uma matriz de ganho não linear ilustrativa 318 favorece o controle com base em pressão de exaustão do fluxo RGE quando a posição de válvula RGE 224 está em valores de médios para altos, e favorece o controle com base

em posição de válvula RGE do fluxo RGE quando a válvula RGE está em um valor baixo ou fechado. É observado adicionalmente que uma parte de algumas das curvas 412, 416, 418 possui uma parte de ação reversa, ou parte não monotônica 420. A matriz de ganho não linear 318 pode ser configurada, e/ou o comando de pressão de exaustão de alimentação direta 228 pode ser calculado, para gerenciar a parte não monotônica 420, por exemplo, pela utilização do controle de válvula RGE na parte não monotônica 420, ou pelo controle de circuito aberto da pressão de exaustão a partir da parte não monotônica 420 antes do controle de realimentação de circuito fechado ser retomado. Em determinadas modalidades, a matriz de ganho não linear 318 exclui um controle TGV da taxa de fluxo RGE na região 404, e exclui o controle de válvula RGE da taxa de fluxo RGE na região 402. Em modalidades alternativas, a matriz de ganho não linear 318 diminui o controle TGV da taxa de fluxo RGE na região 404, e diminui o controle de válvula RGE da taxa de fluxo RGE na região 402.

[031] A figura 5 é uma ilustração 500 das interações entre o fluxo de carga 220, a pressão de exaustão 226 e a posição de válvula RGE 224. Os dados na figura 5 são ilustrativos de uma configuração de motor apenas, e variará com o hardware específico para um determinado sistema. O tipo de dados ilustrado na figura 5 pode ser prontamente gerado por um determinado sistema pelos versados na técnica com o benefício das descrições apresentadas aqui. As curvas representam o aumento das posições de válvula RGE 224, incluindo 0% aberta 506, 20% aberta 508, 40% aberta 510, 60% aberta 512, 80% aberta 516, e 100% aberta 518. As curvas exibem um máximo e a reversão no lado direito da ilustração 500. A reversão ocorre para valores muito altos de $\Delta P/P$ onde, como mencionado anteriormente, ΔP é uma diferença entre a pressão de exaustão e uma pressão de admissão para o motor, e P é a pressão de exaustão.

[032] A figura 5 ilustra que, para uma ampla faixa de valores de pressão de exaustão, a posição da válvula RGE possui pouco efeito na quantidade de fluxo de carga. Observou-se também que, com valores muito altos de $\Delta P/P$, ou alternativamente, com valores muito altos de pressão de exaustão, a posição de válvula RGE pode afetar a quantidade de fluxo de carga. De acordo, com valores altos de $\Delta P/P$ um controlador ilustrativo 104 inclui adicionalmente a posição de válvula RGE dentro do controle do fluxo de carga. Em determinadas modalidades, a posição de valor RGE não é incluída no controle do fluxo de carga em quaisquer condições de

operação de motor.

[033] De acordo, uma matriz de ganho não linear ilustrativa 318 favorece o controle de pressão de exaustão de fluxo de carga nas pressões de exaustão abaixo de um limite de pressão de exaustão alto (por exemplo, abaixo de cerca de 300 kPa no exemplo), e/ou em qualquer condição de motor exceto onde um $\Delta P/P$ muito alto está presente. A matriz de ganho não linear ilustrativa 318 inclui adicionalmente o controle de válvula RGE do fluxo de carga acima do limite de pressão de exaustão alto e/ou em condições de motor onde um $\Delta P/P$ muito alto está presente.

[034] As figuras 6a e 6b combinam como outra ilustração esquemática de um circuito de controle 600 para controlar o fluxo de admissão para um motor de combustão interna. O circuito de controle 600 controla um fluxo de carga alvo 216 e uma fração RGE alvo 302 utilizando termos de realimentação do fluxo de carga atual 220 e fluxo RGE atual 222. O circuito de controle geral 600, em determinadas modalidades, é um controle de circuito externo. O circuito de controle 600 inclui um controle de laço interno 602, que controla um comando de realimentação de pressão de exaustão 244 e um comando de realimentação de válvula RGE 246 em um laço interno que fornece um comando TGV 232 com um termo de realimentação de pressão de exaustão 226. Dessa forma, em determinadas modalidades, o controlador 104 fornece um comando TGV 232 em resposta ao comando de pressão de exaustão 244 e a pressão de exaustão atual 226 pela determinação de um comando de laço interno TGV em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão 240.

[035] Como é evidente a partir das figuras e texto apresentados acima, uma variedade de modalidades de acordo com a presente invenção é contemplada.

[036] Uma modalidade ilustrativa é um método incluindo a operação de um motor de combustão interna possuindo um turbocompressor de geometria variável (TGV) e interpretando um fluxo de carga alvo, um fluxo de carga atual, um fluxo de recirculação de gás de exaustão alvo (RGE), e um fluxo RGE atual. O método inclui adicionalmente a determinação de um termo de erro de fluxo de carga em resposta ao fluxo de carga atual e o fluxo de carga alvo, determinando um termo de erro de fluxo RGE em resposta ao fluxo RGE alvo e o fluxo RGE atual, interpretando uma posição de válvula RGE, e determinando um comando de realimentação de pressão de exaustão e um comando de realimentação de válvula RGE em resposta ao termo de erro de fluxo de carga, o termo de erro de fluxo RGE, e a posição de válvula RGE. O método inclui adicionalmente a interpretação de um comando de

pressão de exaustão de alimentação direta e um comando de posição de válvula RGE de alimentação direta, determinando um comando de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta e o comando de realimentação de pressão de exaustão, e fornecendo um comando TGV em resposta ao comando de pressão de exaustão.

[037] Determinadas modalidades do método incluem uma ou mais das características descritas a seguir e operações.

[038] O método ilustrativo inclui a determinação de um termo de erro de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão e uma pressão de exaustão atual, onde o fornecimento um comando TGV em resposta ao comando de pressão de exaustão inclui adicionalmente a determinação de um comando de laço interno TGV em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão. O método inclui adicionalmente a determinação do comando de realimentação de pressão de exaustão e o comando de realimentação de válvula RGE de uma matriz de ganho não linear que inclui uma função da posição de válvula RGE. O método inclui adicionalmente a matriz de ganho não linear favorecendo o controle de válvula RGE do fluxo RGE atual em posições de válvula RGE baixas e pressões de exaustão baixas, e favorecendo o controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual em posições de válvula RGE altas e pressões de exaustão altas. O método inclui adicionalmente a matriz de ganho não linear favorecendo o controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual. O método inclui adicionalmente a matriz de ganho não linear favorecendo adicionalmente o controle de válvula RGE do fluxo de carga atual em valores $\Delta P/P$ altos, onde ΔP é a queda de pressão através do motor, ou uma diferença entre a pressão de exaustão atual e uma pressão de admissão atual, e onde P é a pressão de exaustão atual.

[039] Outra modalidade ilustrativa é um sistema incluindo um motor de combustão interna possuindo um turbocompressor de geometria variável (TGV) e um coletor de admissão que fornece um fluxo de carga para o motor de combustão interna, o fluxo de carga compreendendo o fluxo de ar fresco combinado com o fluxo de recirculação de gás de exaustão (RGE), o coletor de admissão posicionado a jusante do TGV em um lado de admissão. O sistema inclui adicionalmente um coletor de exaustão posicionado a montante do TGV em um lado de exaustão e um controlador estruturado para realizar determinadas operações para controlar o fluxo de admissão com a pressão de gás de exaustão. O controlador interpreta um fluxo de

carga alvo, um fluxo de carga atual, um fluxo de recirculação de gás de exaustão alvo (RGE), um fluxo RGE atual, e uma posição de válvula RGE. O controlador determina um termo de erro de fluxo de carga em resposta ao fluxo de carga atual e o fluxo de carga alvo, e um termo de erro de fluxo RGE em resposta ao fluxo RGE alvo e o fluxo RGE atual. O controlador determina adicionalmente um comando de realimentação de pressão de exaustão e um comando de realimentação de válvula RGE em resposta ao termo de erro de fluxo de carga, termo de erro de fluxo RGE, e posição de válvula RGE. O controlador interpreta adicionalmente um comando de pressão de exaustão de alimentação direta e um comando de posição de válvula RGE de alimentação direta, determina um comando de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta e comando de realimentação de gás de exaustão, e fornece um comando TGV em resposta ao comando de pressão de exaustão.

[040] Outra modalidade ilustrativa é um aparelho incluindo um módulo de referência que interpreta um fluxo de carga alvo e um fluxo de recirculação de gás de exaustão alvo (RGE). O aparelho inclui um módulo de condições de operação que interpreta um fluxo de carga atual, um fluxo RGE atual, um fluxo RGE atual, e uma posição de válvula RGE. O aparelho inclui adicionalmente um módulo de determinação de erro que determina um termo de erro de fluxo de carga em resposta ao fluxo de carga atual e o fluxo de carga alvo, e determina um termo de erro de fluxo RGE em resposta ao fluxo RGE alvo e o fluxo RGE atual. O aparelho inclui adicionalmente um módulo de realimentação que determina um comando de realimentação de pressão de exaustão e um comando de realimentação de válvula RGE em resposta ao termo de erro de fluxo de carga, termo de erro de fluxo RGE, e posição de válvula RGE. Em determinadas modalidades, o módulo de realimentação determina o comando de realimentação de pressão de exaustão e um comando de realimentação de válvula RGE em resposta a um comando de válvula RGE ao invés de, ou em adição à posição de válvula RGE. O aparelho inclui adicionalmente um módulo de alimentação direta que interpreta um comando de pressão de exaustão de alimentação direta e um comando de posição de válvula RGE de alimentação direta e um módulo de controle de laço interno que determina um comando de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta e o comando de realimentação de pressão de exaustão. O módulo de controle de laço interno fornece adicionalmente um comando TGV em resposta ao comando de pres-

são de exaustão. O aparelho inclui adicionalmente um módulo de comando de válvula RGE que determina um comando de válvula RGE em resposta ao comando de realimentação de válvula RGE e o comando de posição de válvula RGE de alimentação direta.

[041] Determinadas modalidades do aparelho incluem uma ou mais das características e operações descritas acima.

[042] O aparelho inclui adicionalmente o módulo de determinação de erro determinando adicionalmente um termo de erro de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão e uma pressão de exaustão atual, e o módulo de controle de laço interno determinando adicionalmente um comando de laço interno TGV em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão, e fornecendo o comando TGV adicionalmente em resposta ao comando de laço interno TGV. O módulo de realimentação determina adicionalmente o comando de realimentação de pressão de exaustão e comando de realimentação de válvula RGE a partir de uma matriz de ganho não linear que inclui uma função da posição de válvula RGE. Em determinadas modalidades, a matriz de ganho não linear favorece o controle de válvula RGE do fluxo RGE atual em taxas de fluxo baixas e baixas posições de válvula RGE, e controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual em altas taxas de fluxo e posições de válvula RGE altas. Em determinadas modalidades, a matriz de ganho não linear favorece o controle de válvula RGE do fluxo RGE atual em baixas taxas de fluxo e baixas posições de válvula RGE, e controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual em altas taxas de fluxo e altas posições de válvula RGE. Em determinadas modalidades, a matriz de ganho não linear favorece o controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual. Em determinadas modalidades adicionais, a matriz de ganho não linear favorece adicionalmente o controle de válvula RGE do fluxo de carga atual em altos valores $\Delta P/P$, onde ΔP é a diferença entre a pressão de exaustão atual e uma pressão de admissão atual, e onde P é a pressão de exaustão atual.

[043] Outra modalidade ilustrativa é um método incluindo a operação de um motor de combustão interna possuindo um turbocompressor de geometria variável (TGV), interpretando um fluxo de carga alvo, um fluxo de carga atual, um fluxo de recirculação de gás de exaustão alvo (RGE), e um fluxo RGE atual, e determinando um termo de erro de fluxo de carga em resposta ao fluxo de carga atual e o fluxo de carga alvo. O método inclui adicionalmente a determinação de um termo de erro de

fluxo RGE em resposta ao fluxo RGE alvo e o fluxo RGE atual, e determinando um comando de realimentação de pressão de exaustão em resposta ao termo de erro de fluxo de carga e o termo de erro de fluxo RGE. O método inclui adicionalmente interpretando um comando de pressão de exaustão de alimentação direta, e determinando um comando de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta e o comando de realimentação de pressão de exaustão. O método ilustrativo inclui adicionalmente o fornecimento de uma resposta de comando TGV para o comando de pressão de exaustão.

[044] Uma modalidade adicional do método inclui a interpretação de uma posição de válvula RGE, onde a determinação do comando de realimentação de pressão de exaustão é adicionalmente em resposta à posição de válvula RGE. Um método adicional inclui a determinação de um comando de realimentação de válvula RGE em resposta ao termo de erro de fluxo de carga, o termo de erro de fluxo RGE, e a posição de válvula RGE. Em determinadas modalidades, o método inclui o fornecimento de uma resposta ao termo de erro de fluxo RGE que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de pressão de exaustão quando a posição de válvula RGE está acima de 40% aberta, e que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de válvula RGE quando a posição da válvula RGE está abaixo de 40% aberta. Alternativamente, o método inclui o fornecimento de uma resposta para o termo de erro de fluxo RGE que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de pressão de exaustão quando a posição de válvula RGE está acima de 60% aberta e que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de válvula RGE quando a posição de válvula RGE está abaixo de 60% aberta.

[045] Em determinadas modalidades, o método inclui a determinação do comando de realimentação de pressão de exaustão e o comando de realimentação de válvula RGE a partir de uma matriz de ganho não linear que é uma função da posição de válvula RGE. Em uma modalidade adicional, a matriz de ganho não linear favorece o controle de válvula RGE do fluxo RGE atual em baixas posições de válvula RGE e baixas pressões de exaustão, e controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual em altas posições de válvula RGE e altas pressões de exaustão. Adicionalmente ou alternativamente, a matriz de ganho não linear favorece o controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual. Em determinadas modalidades, a matriz de ganho não linear favorece adicionalmente o controle de válvula RGE do

fluxo de carga atual em altos valores $\Delta P/P$, onde ΔP é uma diferença entre a pressão de exaustão atual e uma pressão de admissão atual, e onde P é a pressão de exaustão atual. Em determinadas modalidades, o método inclui a determinação de um termo de erro de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão e uma pressão de exaustão atual, onde o fornecimento de um comando TGV em resposta ao comando de pressão de exaustão inclui adicionalmente a determinação de um comando de laço interno TGV em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão.

[046] Outra modalidade ilustrativa é um sistema incluindo um motor de combustão interna possuindo um turbocompressor de geometria variável (TGV), um coletor de admissão que fornece um fluxo de carga para o motor de combustão interna, onde o fluxo de carga inclui o fluxo de ar fresco combinado com o fluxo de recirculação de gás de exaustão (RGE), onde o coletor de admissão é posicionado a jusante do TGV em um lado de admissão. O sistema inclui adicionalmente um coletor de exaustão posicionado a montante do TGV em um lado de exaustão, e um controlador incluindo módulos estruturados para executar funcionalmente as operações de controle do fluxo de carga e/ou fluxo RGE para o motor.

[047] O controlador ilustrativo inclui um módulo de referência que interpreta um fluxo de carga alvo, e um fluxo de recirculação de gás de exaustão alvo (RGE). O controlador inclui adicionalmente um módulo de condições de operação que interpreta um fluxo de carga atual e um fluxo RGE atual, e um módulo de determinação de erro que determina um termo de erro de fluxo de carga em resposta ao fluxo de carga atual e o fluxo de carga alvo. O módulo de determinação de erro determina adicionalmente um termo de erro de fluxo RGE em resposta ao fluxo RGE alvo e o fluxo RGE atual. O controlador inclui adicionalmente um módulo de realimentação que determina um comando de realimentação de pressão de exaustão em resposta ao termo de erro de fluxo de carga e o termo de erro de fluxo RGE, e um módulo de alimentação direta que interpreta um comando de pressão de exaustão de alimentação direta. O controlador ilustrativo inclui adicionalmente um módulo de controle de laço interno que determina um comando de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta e o comando de realimentação de pressão de exaustão, e que fornece um comando TGV em resposta ao comando de pressão de exaustão. O TGV responde ao comando TGV.

[048] O sistema ilustrativo inclui adicionalmente uma válvula RGE disposta

entre o TGV e o coletor de admissão, onde o módulo de condições de operação determina adicionalmente uma posição de válvula RGE e onde o módulo de realimentação determina adicionalmente o comando de realimentação de pressão de exaustão em resposta à posição de válvula RGE. Um sistema ilustrativo inclui adicionalmente o módulo de realimentação determinando um comando de realimentação de válvula RGE em resposta ao termo de erro de fluxo de carga, o termo de erro de fluxo RGE, e a posição de válvula RGE, onde o módulo de alimentação direta determina adicionalmente um comando de posição de válvula RGE de alimentação direta. O controlador ilustrativo inclui adicionalmente um módulo de comando de válvula RGE que determina um comando de válvula RGE em resposta ao comando de realimentação de válvula RGE e o comando de posição de válvula RGE de alimentação direta e a válvula RGE responde ao comando de válvula RGE.

[049] Uma modalidade adicional do sistema inclui o módulo de realimentação determinando adicionalmente o comando de realimentação de pressão de exaustão e um comando de realimentação de válvula RGE de uma matriz de ganho não linear que é uma função da posição de válvula RGE. Em determinadas modalidades, a matriz de ganho não linear favorece o controle de válvula RGE do fluxo RGE atual em baixas taxas de fluxo e baixas posições de válvula RGE, e favorece o controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual em altas taxas de fluxo e altas posições de válvula RGE. Em determinadas modalidades, a matriz de ganho não linear favorece o controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual. Em determinadas modalidades adicionais, a matriz de ganho não linear favorece adicionalmente o controle de válvula RGE do fluxo de carga atual em altos valores $\Delta P/P$, onde ΔP é uma diferença entre a pressão de exaustão atual e uma pressão de admissão atual, e onde P é a pressão de exaustão atual.

[050] Em determinadas modalidades, o sistema inclui o módulo de determinação de erro determinando adicionalmente um termo de erro de pressão de exaustão em resposta ao comando de pressão de exaustão e uma pressão de exaustão atual. O módulo de controle de laço interno determina adicionalmente um comando de laço interno TGV em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão, e fornece o comando TGV adicionalmente em resposta ao comando de laço interno TGV.

[051] Enquanto a invenção foi ilustrada e descrita em detalhes nos desenhos e descrição acima, a mesma deve ser considerada como ilustrativa e não restritiva em caráter, sendo compreendido que apenas determinadas modalidades ilus-

trativas foram ilustradas e descritas e que todas as mudanças e modificações que se encontram dentro do espírito das invenções devem ser protegidas. Na leitura das reivindicações, pretende-se que quando os termos tal como "um", "uma", "pelo menos um/uma" ou "pelo menos uma parte" são utilizados não existe intenção de limitar a reivindicação a apenas um item a menos que especificamente mencionado o contrário na reivindicação. Quando a linguagem "pelo menos uma parte" e/ou "uma parte" é utilizada o item pode incluir uma parte e/ou todo o item a menos que especificamente mencionado o contrário.

REIVINDICAÇÕES

1. Método, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

operar um motor de combustão interna (102) possuindo um turbocompressor de geometria variável TGV (124);

interpretar um fluxo de carga alvo (216), um fluxo de carga atual (220), um fluxo de recirculação de gás de exaustão RGE alvo (218) e um fluxo RGE atual (222);

determinar um termo de erro de fluxo de carga (236) em resposta ao fluxo de carga atual (220) e o fluxo de carga alvo (216);

determinar um termo de erro de fluxo RGE (238) em resposta ao fluxo RGE alvo (218) e ao fluxo RGE atual (222);

determinar um comando de realimentação de pressão de exaustão (244) em resposta ao termo de erro de fluxo de carga (236) e ao termo de erro de fluxo RGE (238);

interpretar um comando de pressão de exaustão de alimentação direta (228);

determinar um comando de pressão de exaustão (250) em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta (228) e ao comando de realimentação de pressão de exaustão (244); e

fornecer um comando TGV (232) em resposta ao comando de pressão de exaustão (250).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente interpretar uma posição de válvula RGE (224), e em que a determinação do comando de realimentação de pressão de exaustão (244) é adicionalmente em resposta à posição de válvula RGE (224).

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente determinar um comando de realimentação de válvula RGE (246) em resposta ao termo de erro de fluxo de carga (236), ao termo de erro de fluxo RGE (238), e à posição de válvula RGE (224).

4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente fornecer uma resposta ao termo de erro de fluxo RGE (238) que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de pressão de exaustão (244) quando a posição de válvula RGE (224) está acima de 40% aberta, e que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de válvula

RGE (246) quando a posição de válvula RGE (224) está abaixo de 40% aberta.

5. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente fornecer uma resposta para o termo de erro de fluxo RGE (238) que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de pressão de exaustão (244) quando a posição de válvula RGE (224) está acima de 60% aberta, e que é primariamente ponderada para o comando de realimentação de válvula RGE (246) quando a posição de válvula RGE (224) está abaixo de 60% aberta.

6. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CHARACTERIZADO** pelo fato de ser no qual o comando de realimentação de pressão de exaustão (244) e o comando de realimentação de válvula RGE (246) são determinados a partir de uma matriz de ganho não linear (242) compreendendo uma função da posição de válvula RGE (224).

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CHARACTERIZADO** pelo fato de ser no qual a matriz de ganho não linear (242) favorece controle de válvula RGE do fluxo RGE atual (222) em baixas posições de válvula RGE e baixas pressões de exaustão, e controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual (222) em altas posições de válvula RGE e altas pressões de exaustão.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de ser no qual a matriz de ganho não linear (242) favorece o controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual (220).

9. Método, de acordo com a reivindicação 8, **CHARACTERIZADO** pelo fato de ser no qual a matriz de ganho não linear (242) favorece adicionalmente controle de válvula RGE do fluxo de carga atual (220) em altos valores $\Delta P/P$, em que ΔP é uma diferença entre a pressão de exaustão atual (226) e uma pressão de admissão atual, e em que P é a pressão de exaustão atual (226).

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente determinar um termo de erro de pressão de exaustão (240) em resposta ao comando de pressão de exaustão (250) e uma pressão de exaustão atual (226), em que fornecer um comando TGV (232) em resposta ao comando de pressão de exaustão (250) compreende adicionalmente determinar um comando de laço interno TGV (248) em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão (240).

11. Aparelho, **CHARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

um módulo de referência (202) estruturado para interpretar um fluxo de carga alvo (216), e um fluxo de recirculação de gás de exaustão RGE alvo (218);

um módulo de condições de operação (206) estruturado para interpretar um fluxo de carga atual (220) e um fluxo RGE atual (222);

um módulo de determinação de erro (204) estruturado para determinar um termo de erro de fluxo de carga (236) em resposta ao fluxo de carga atual (220) e ao fluxo de carga alvo (216), e para determinar um termo de erro de fluxo RGE (238) em resposta ao fluxo RGE alvo (218) e ao fluxo RGE atual (222);

um módulo de realimentação (210) estruturado para determinar um comando de realimentação de pressão de exaustão (244) em resposta ao termo de erro de fluxo de carga (236) e ao termo de erro de fluxo RGE (238);

um módulo de alimentação direta (208) estruturado para interpretar um comando de pressão de exaustão de alimentação direta (228); e

um módulo de controle de laço interno (212) estruturado para determinar um comando de pressão de exaustão (250) em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta (228) e ao comando de realimentação de pressão de exaustão (244) e para fornecer um comando TGV (232) em resposta ao comando de pressão de exaustão (250).

12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo de condições de operação (206) é adicionalmente estruturado para determinar uma posição de válvula RGE (224), e em que o módulo de realimentação (210) é adicionalmente estruturado para determinar o comando de realimentação de pressão de exaustão (244) em resposta à posição de válvula RGE (224).

13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo de realimentação (210) é adicionalmente estruturado para determinar um comando de realimentação de válvula RGE (246) em resposta ao termo de erro de fluxo de carga (236), ao termo de erro de fluxo RGE (238), e à posição de válvula RGE (224); em que o módulo de alimentação direta (208) é adicionalmente estruturado para determinar um comando de posição de válvula RGE de alimentação direta (230); o aparelho compreendendo adicionalmente um módulo de comando de válvula RGE (214) estruturado para determinar um comando de válvula RGE (234) em resposta ao comando de realimentação de válvula RGE (246) e ao comando de posição de válvula RGE de alimentação direta (230).

14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo de realimentação (210) é adicionalmente estruturado para determinar o comando de realimentação de pressão de exaustão (244) e comando de realimentação de válvula RGE (246) a partir de uma matriz de ganho não linear (242) compreendendo uma função da posição da válvula RGE (224).

15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a matriz de ganho não linear (242) favorece controle de válvula RGE do fluxo RGE atual (222) em baixas taxas de fluxo e baixas posições de válvula RGE, e controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual (222) em altas taxas de fluxo e altas posições de válvula RGE.

16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a matriz de ganho não linear (242) favorece controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual (220).

17. Aparelho, de acordo com a reivindicação 16, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a matriz de ganho não linear (242) favorece adicionalmente controle de válvula RGE do fluxo de carga atual (220) em altos valores $\Delta P/P$, em que ΔP é uma diferença entre a pressão de exaustão atual (226) e uma pressão de admissão atual, e em que P é a pressão de exaustão atual (226).

18. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo de determinação de erro (204) é adicionalmente estruturado para determinar um termo de erro de pressão de exaustão (240) em resposta ao comando de pressão de exaustão (250) e à uma pressão de exaustão atual (226), e em que o módulo de controle de laço interno (212) é adicionalmente estruturado para determinar um comando de laço interno TGV (248) em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão (240), e para fornecer o comando TGV (232) adicionalmente em resposta ao comando de laço interno TGV (248).

19. Sistema, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender:

um motor de combustão interna (102) possuindo um turbocompressor de geometria variável TGV (124);

um coletor de admissão (108) que fornece um fluxo de carga (110) para o motor de combustão interna (102), o fluxo de carga (110) compreendendo fluxo de ar fresco combinado com fluxo de recirculação de gás de exaustão RGE, o coletor de admissão (108) posicionado a jusante do TGV (124) em um lado de admissão;

um coletor de exaustão (118) posicionado a montante do TGV (124) em um

lado de exaustão;

um controlador (104), compreendendo:

um módulo de referência (202) estruturado para interpretar um fluxo de carga alvo (216), e um fluxo de recirculação de gás de exaustão RGE alvo (218);

um módulo de condições de operação (206) estruturado para interpretar um fluxo de carga atual (220) e um fluxo RGE atual (222);

um módulo de determinação de erro (204) estruturado para determinar um termo de erro de fluxo de carga (236) em resposta ao fluxo de carga atual (220) e ao fluxo de carga alvo (216), e para determinar um termo de erro de fluxo RGE (238) em resposta ao fluxo RGE alvo (218) e ao fluxo RGE atual (222);

um módulo de realimentação (210) estruturado para determinar um comando de realimentação de pressão de exaustão (244) em resposta ao termo de erro de fluxo de carga (236) e ao termo de erro de fluxo RGE (238);

um módulo de alimentação direta (208) estruturado para interpretar um comando de pressão de exaustão de alimentação direta (228); e

um módulo de controle de laço interno (212) estruturado para determinar um comando de pressão de exaustão (250) em resposta ao comando de pressão de exaustão de alimentação direta (228) e ao comando de realimentação de pressão de exaustão (244) e para fornecer um comando TGV (232) em resposta ao comando de pressão de exaustão (250); e

em que o TGV (124) é responsivo ao comando TGV (232).

20. Sistema, de acordo com a reivindicação 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender adicionalmente uma válvula RGE (114) disposta entre o TGV (124) e o coletor de admissão (108), em que o módulo de condições operacionais (206) é adicionalmente estruturado para determinar uma posição de válvula RGE (224), e em que o módulo de realimentação (210) é adicionalmente estruturado para determinar o comando de realimentação de pressão de exaustão (244) em resposta à posição de válvula RGE (224).

21. Sistema, de acordo com a reivindicação 20, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo de realimentação (210) é adicionalmente estruturado para determinar um comando de realimentação de válvula RGE (246) em resposta ao termo de erro de fluxo de carga (236), ao termo de erro de fluxo RGE (238), e à posição de válvula RGE (224); em que o módulo de alimentação direta (208) é adicionalmente estruturado para determinar um comando de posição de válvula RGE de alimenta-

ção direta (230); em que o controlador (104) compreende adicionalmente um módulo de comando de válvula RGE (214) estruturado para determinar um comando de válvula RGE (234) em resposta ao comando de realimentação de válvula RGE (246) e ao comando de posição de válvula RGE de alimentação direta (230); e em que a válvula RGE (114) é responsiva ao comando de válvula RGE (234).

22. Sistema, de acordo com a reivindicação 21, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo de realimentação (210) é adicionalmente estruturado para determinar o comando de realimentação de pressão de exaustão (244) e o comando de realimentação de válvula RGE (246) de uma matriz de ganho não linear (242) compreendendo uma função da posição de válvula RGE (224).

23. Sistema, de acordo com a reivindicação 22, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a matriz de ganho não linear (242) favorece controle de válvula RGE do fluxo RGE atual (222) em baixas taxas de fluxo e baixas posições de válvula RGE, e controle de pressão de exaustão do fluxo RGE atual (222) em altas taxas de fluxo e altas posições de válvula RGE.

24. Sistema, de acordo com a reivindicação 22, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a matriz de ganho não linear (242) favorece controle de pressão de exaustão do fluxo de carga atual (220).

25. Sistema, de acordo com a reivindicação 24, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a matriz de ganho não linear (242) favorece adicionalmente controle de válvula RGE do fluxo de carga atual (220) em altos valores $\Delta P/P$, em que ΔP é uma diferença entre a pressão de exaustão atual (226) e uma pressão de admissão atual, e em que P é a pressão de exaustão atual (226).

26. Sistema, de acordo com a reivindicação 19, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo de determinação de erro (204) é adicionalmente estruturado para determinar um termo de erro de pressão de exaustão (240) em resposta ao comando de pressão de exaustão (250) e a uma pressão de exaustão atual (226), e em que o módulo de controle de laço interno (212) é adicionalmente estruturado para determinar um comando de laço interno TGV (248) em resposta ao termo de erro de pressão de exaustão (240), e para fornecer o comando TGV (232) adicionalmente em resposta ao comando de laço interno TGV (248).

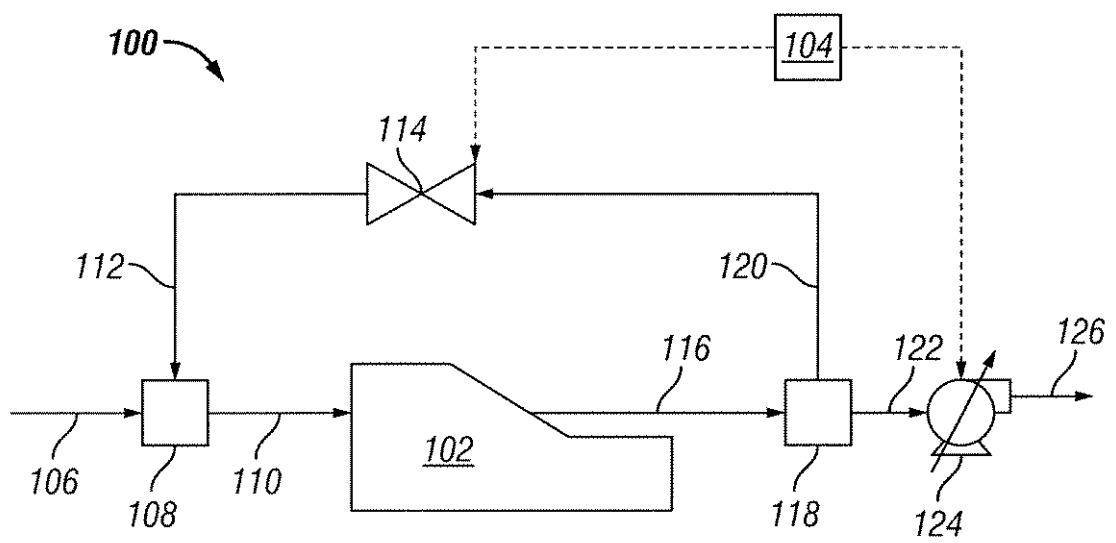


FIG. 1

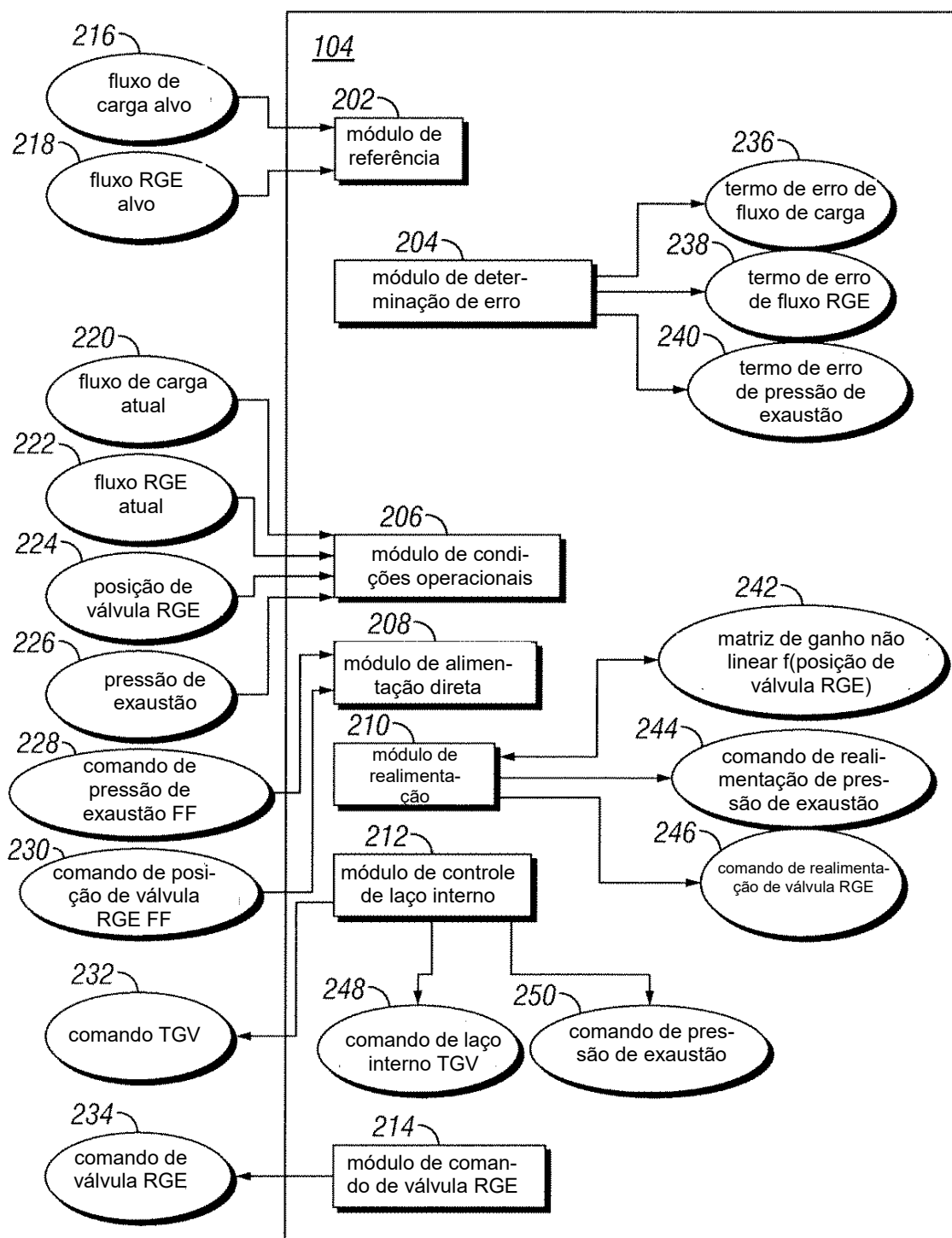


FIG. 2

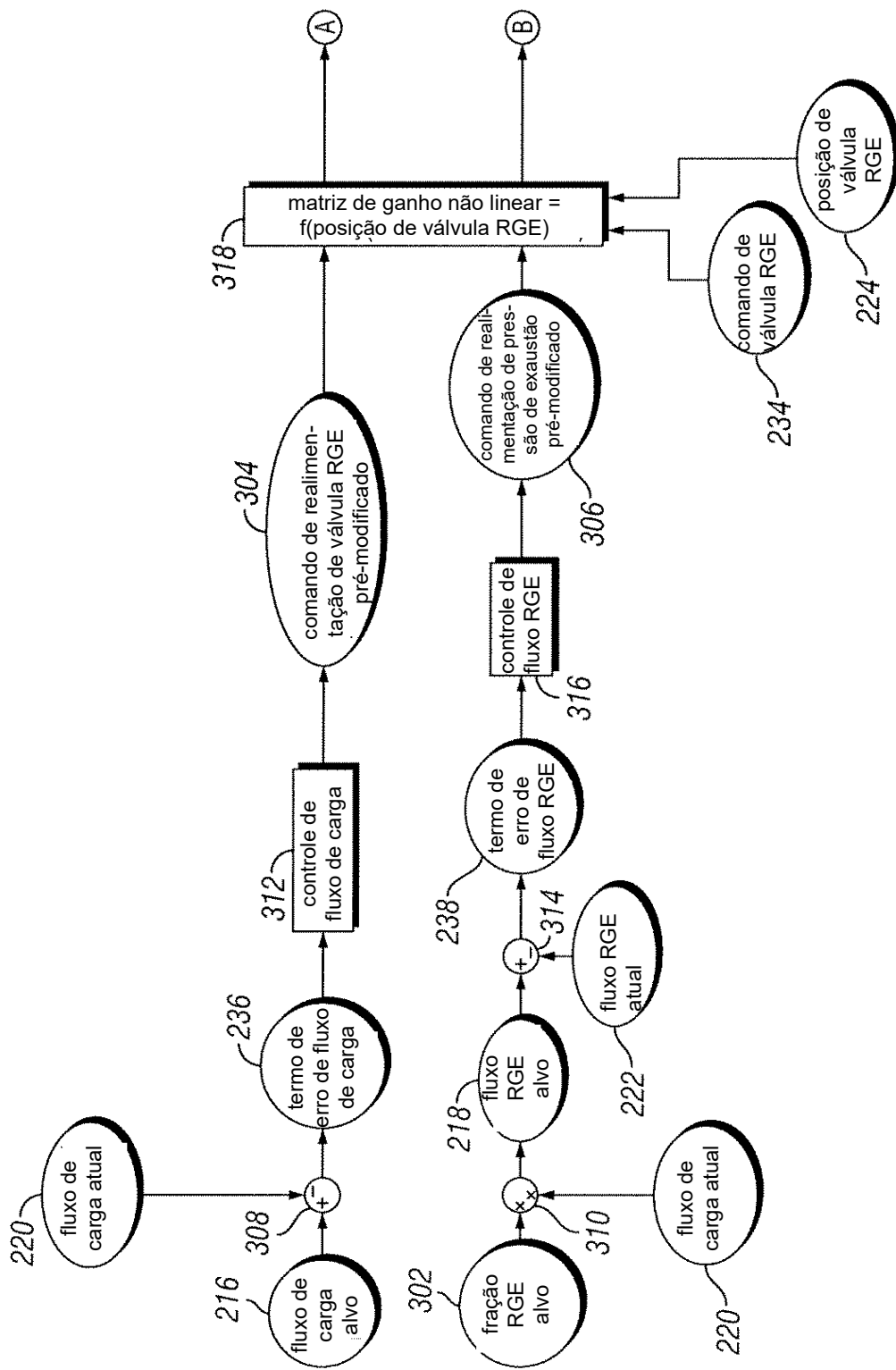


FIG. 3A

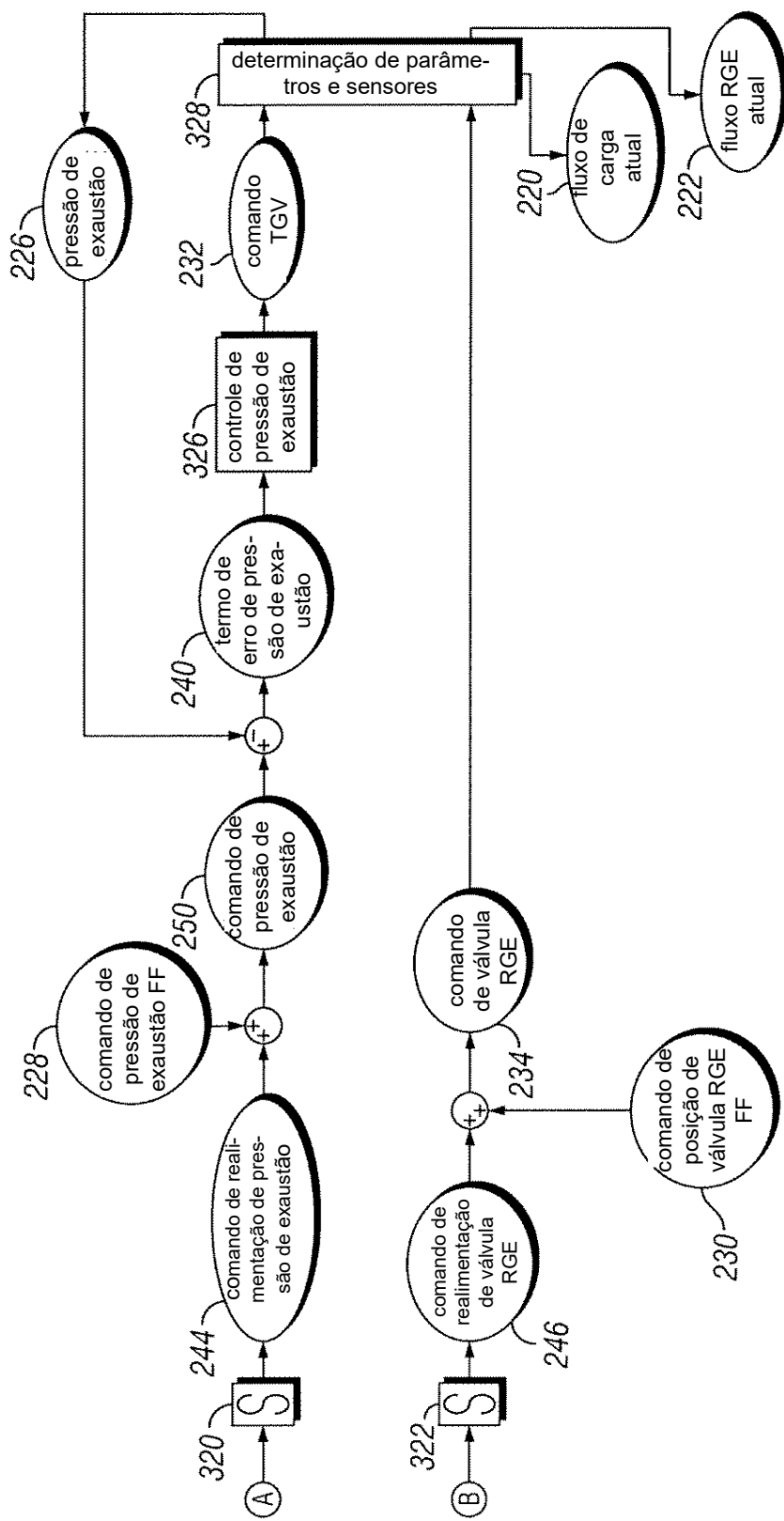


FIG. 3B

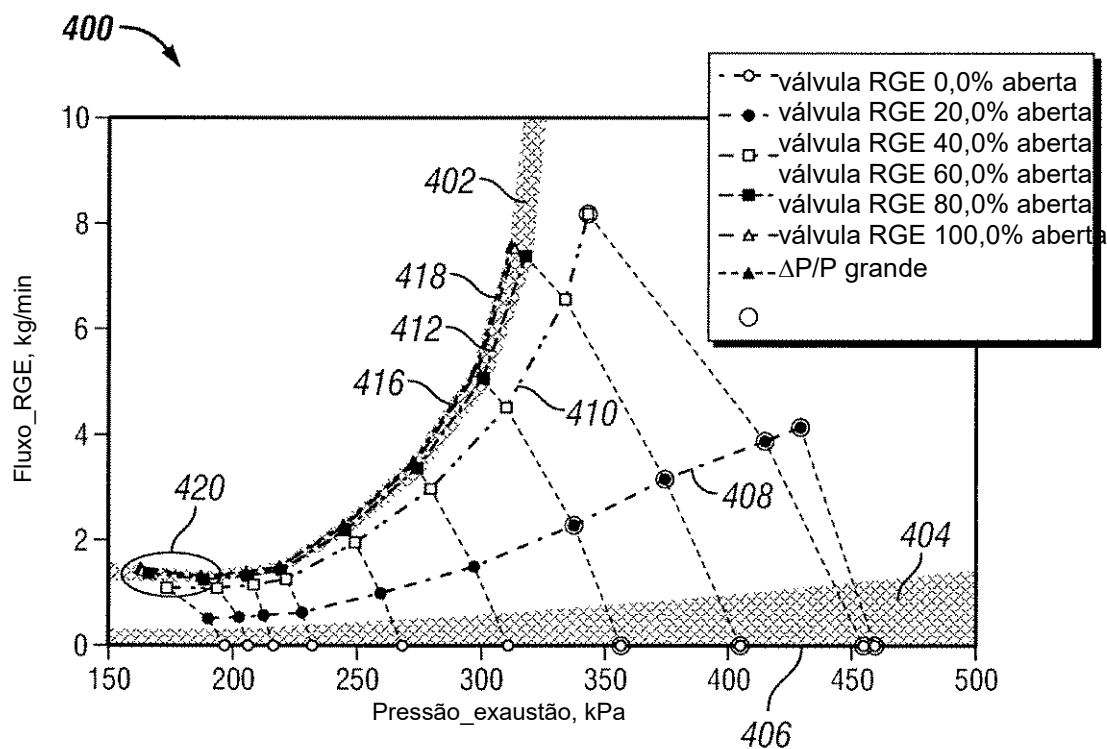


FIG. 4

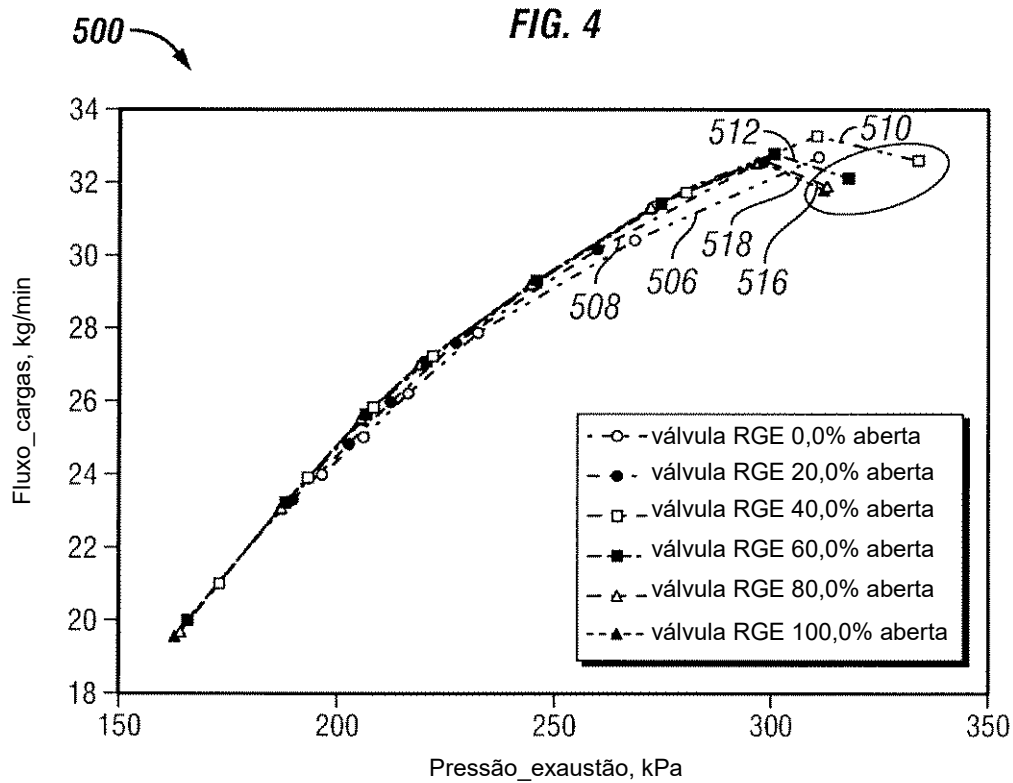


FIG. 5

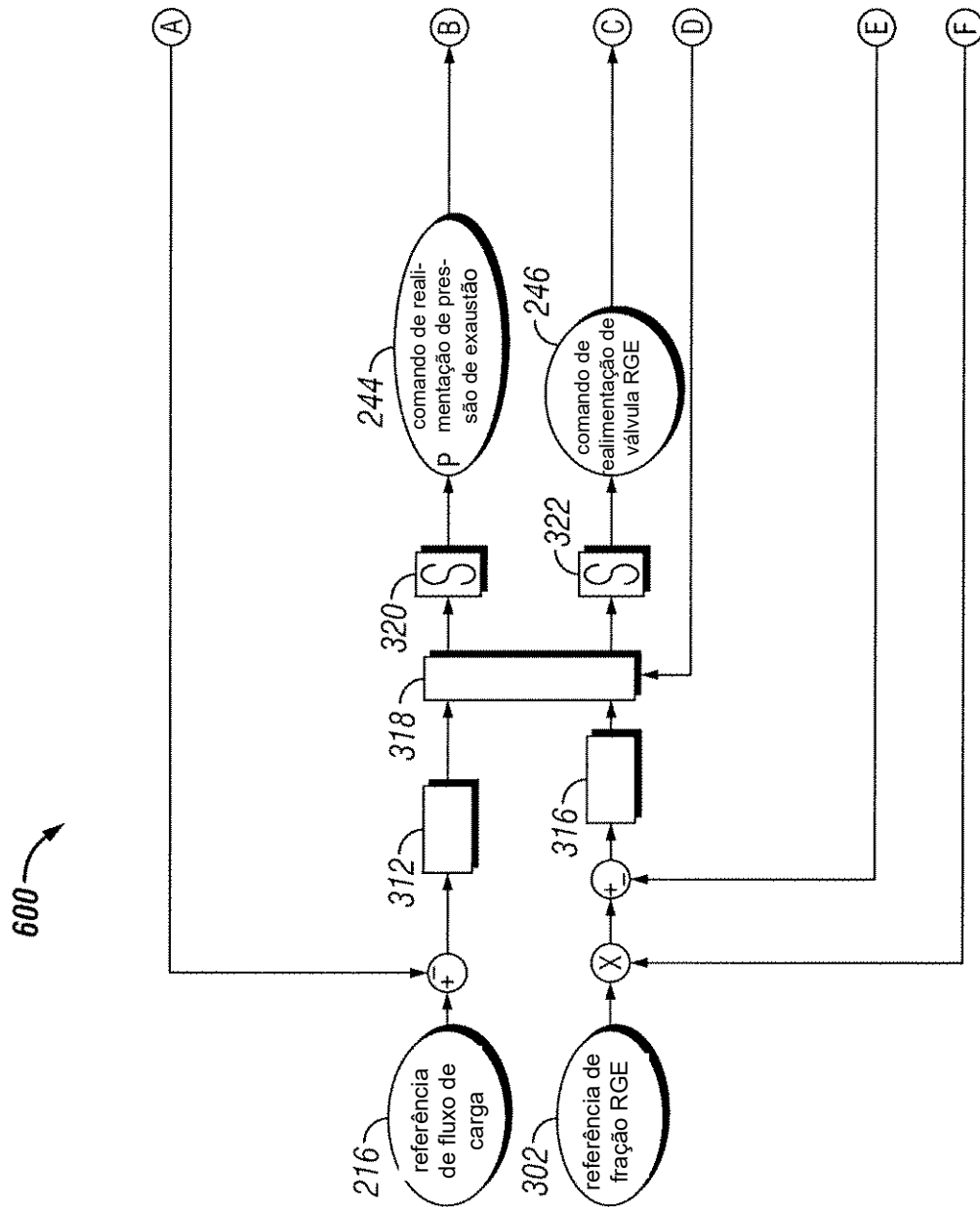


FIG. 6A

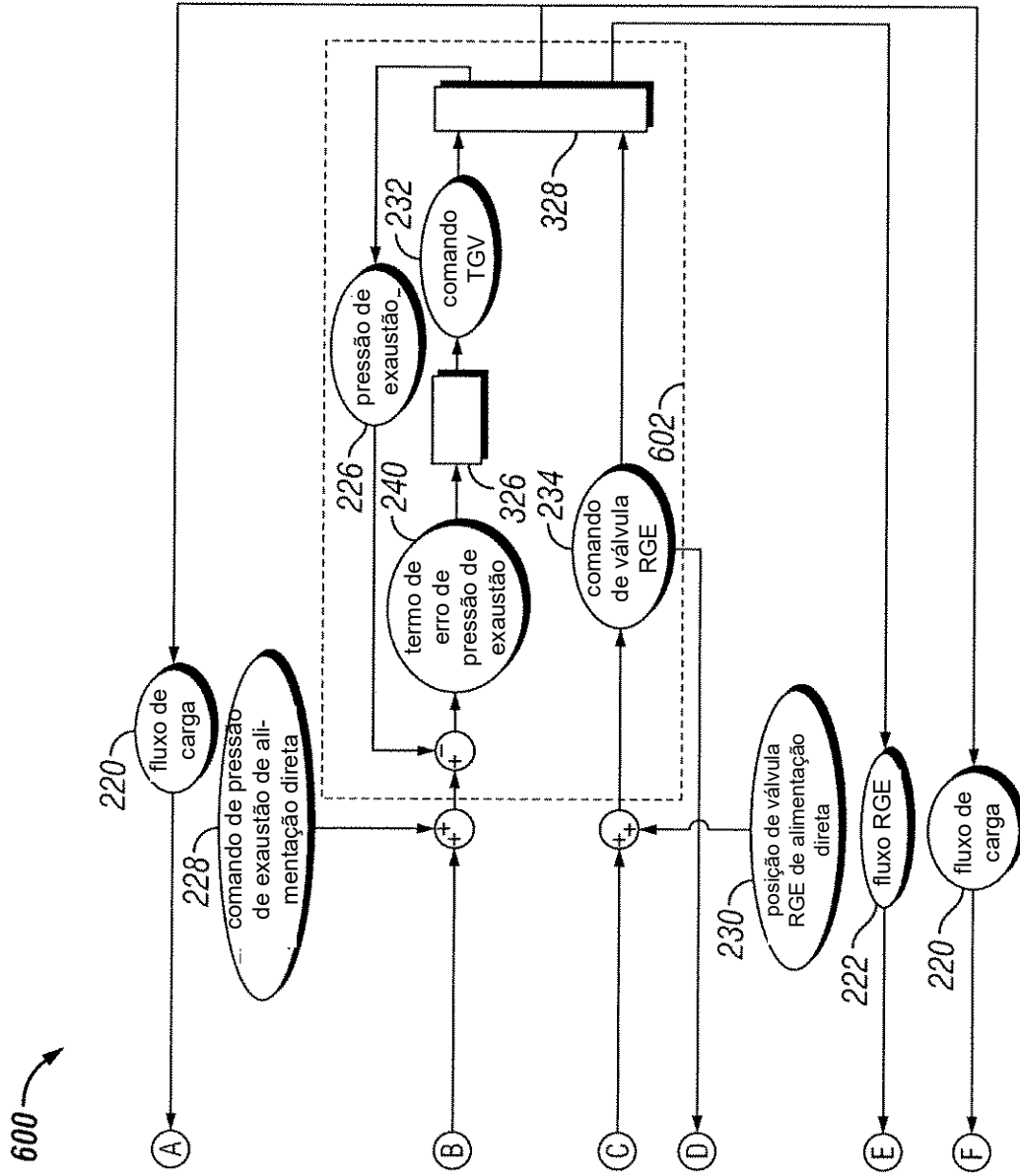


FIG. 6B