



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

(11) PI 1002645-2 B1

(22) Data do Depósito: 29/07/2010

(45) Data de Concessão: 17/12/2019



* B R P I 1 0 0 2 6 4 5 B 1 *

(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR UM CONJUNTO DE BOMBA DE COMBUSTÍVEL

(51) Int.Cl.: F02D 41/22; F02D 41/38; F02M 51/04.

(30) Prioridade Unionista: 18/08/2009 EP 09168037.1.

(73) Titular(es): DELPHI INTERNATIONAL OPERATIONS LUXEMBOURG S.À.R.L..

(72) Inventor(es): JAMES SINCLAIR.

(57) Resumo: MÉTODO PARA CONTROLAR UM CONJUNTO DE BOMBA DE COMBUSTÍVEL, E, CONJUNTO DE BOMBA DE COMBUSTÍVEL. Método e aparelho para controlar um conjunto de bomba de combustível incluindo uma pluralidade de elementos de bomba (10) para liberar combustível em alta pressão para um volume em rampa, cada um dos elementos de bomba (10) incluindo um pistão (12) o qual é acionado por um came associado para executar pelo menos um evento de bombeamento por revolução do motor e uma válvula de controle (20) para controlar o fluxo de combustível para dentro e/ou para fora da câmara de bomba (14). Cada evento de bombeamento correspondendo a um lóbulo de came associado do came associado. O método inclui para cada evento de bombeamento de cada elemento e bomba, controlar a válvula de controle (20) do dito elemento de bomba (10) em resposta a um sinal de controle de saída (52a-52f, 114) derivado de pelo menos um evento de bombeamento anterior. O sinal de controle de saída (52 a-52f, 114) é derivado a partir de pelo menos um evento de bombeamento anterior. O sinal de controle de saída (52 a-52f, 114) é derivado pela medição de pressão de combustível dentro do volume em rampa para derivar um valor de pressão em rampa (...).

“MÉTODO PARA CONTROLAR UM CONJUNTO DE BOMBA DE COMBUSTÍVEL”

CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção se refere a um método de controle para uma bomba de combustível em rampa comum para usar em um sistema de injeção de combustível de um motor de combustão interna. A invenção se refere também a um aparelho para implementar tal método em uma bomba de combustível em rampa comum.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] Em sistemas de combustível em rampa comuns para ignição por compressão em motores de combustão interna, o combustível é pressurizado por meio de uma bomba de combustível de alta pressão, a qual é suprida com combustível a partir de um tanque de combustível por uma bomba de transferência de baixa pressão. Geralmente a bomba de combustível de alta pressão inclui um alojamento de bomba principal suportando múltiplos elementos de bomba. Cada elemento de bomba inclui um pistão o qual é acionado em um movimento alternado por um eixo de came acionado a motor para gerar alta pressão de combustível. O combustível em alta pressão é em seguida armazenado em uma rampa de combustível comum para liberar para os injetores de combustível.

[003] Geralmente, uma única válvula de medição de entrada é usada para medir a entrada de combustível em todos os elementos da bomba. O combustível nos elementos da bomba se torna pressurizado durante o curso de bombeamento do pistão associado. A provisão da válvula de medição de entrada significa que ao longo da faixa operacional de motor, a atividade de bombeamento da bomba de combustível de alta pressão é distribuída igualmente entre os elementos de bomba, em relação ao fato de que se os elementos de bomba estão, ou não, sendo operados a menos do que sua capacidade de bombeamento máxima. Adequadamente, a frequência com a

qual cada elemento de bomba é exigido para executar um curso de bombeamento é uma máxima.

[004] O pedido de patente do requerente, EP 09157959.9 descreve uma bomba de combustível alternativa na qual, mais do que uma válvula de medição através de todos os elementos de bomba, cada elemento de bomba é provido com sua própria válvula de medição. O pistão de cada elemento de válvula é acionado por um came acionado por um motor associado que tem um ou mais lóbulos de came. A válvula de controle de cada elemento de bomba é operável durante uma janela de bombeamento entre o centro morto de fundo e o centro morto de topo, correspondendo ao flanco do lóbulo de came, para controlar a qualidade do combustível derivado para a rampa. A duração de cada evento de bombeamento dentro da janela de bombeamento determina a quantidade de combustível derivada pelo elemento de bomba para dentro da rampa comum. A fim de alcançar a duração de bombeamento exigida, a válvula deve ser acionada na posição correta na revolução do motor relativa ao came, durante a janela de bombeamento. Para alcançar a capacidade completa de bombeamento para um elemento de bomba, a válvula de medição daquele elemento é acionada sobre a janela de bombeamento completa, em que para demanda zero a válvula não é acionada sobre nenhuma janela de bombeamento.

[005] A invenção em EP 09157959.9 provê a vantagem de que a atividade de bombeamento de pelo menos um dos elementos de bomba (ou pelo menos um dos lóbulos de came associados a um elemento de bomba) pode ser removido facilmente pela válvula de medição não operante associada àquele elemento de bomba específico, significando que não está exposto a uma fase de pressurização do curso do bombeamento. A frequência com a qual aquele elemento de bomba está sujeito ao curso de bombeamento é, portanto, reduzida, junto com a possibilidade de falha por fadiga. Além do mais, foi reconhecido que devido a folgas entre componentes dos elementos

da bomba, os elementos de bomba estão sujeitos a vazamentos de combustível a alta pressão durante o curso de bombeamento. Os vazamentos de combustível a alta pressão representam uma redução na eficiência da bomba como o combustível pressurizado não é inteiramente deslocado para a rede de combustível comum. A invenção no Pedido de Patente 09157959.9 supera esse problema.

[006] Outra característica desejável de tais bombas de combustível em rampa comum consiste em que aquela pressão em rampa é controlada e mantida precisamente de forma a manter a pressão por injeção. É objetivo da presente invenção, prover um método de controlar a pressão em rampa em uma bomba de combustível em rampa comum do tipo acima mencionado, no qual esse objetivo é alcançado.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[007] De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é provido um método para controlar uma bomba de combustível incluindo uma pluralidade de elementos de bomba para liberar combustível a alta pressão a um volume em rampa, cada um dos elementos de bomba incluindo um pistão o qual é acionado por um came associado para executar pelo menos um evento de bombeamento por revolução de motor e uma válvula de controle para controlar o fluxo de combustível para dentro e/ou para fora da câmara de bomba, cada evento de bombeamento correspondendo a um lóbulo de came associado do came associado, o método incluindo para cada evento de bombeamento de cada elemento de bomba, controlando a válvula de controle do dito elemento de bomba em resposta a um sinal de controle de saída derivado de pelo menos um evento de bombeamento anterior. O sinal de controle de saída é derivado pela medição de pressão de combustível dentro do volume em rampa para derivar um valor de pressão em rampa medido e comparar o valor de pressão em rampa medido com o valor de pressão em rampa demandado para derivar um erro de pressão em rampa. Um cálculo

proporcional e integral é executado no erro de pressão em rampa para derivar um termo proporcional para o erro de pressão em rampa e um termo integral para o erro de pressão em rampa, e o termo proporcional e o termo integral estão combinados (por exemplo, somados) para derivar o sinal de controle de saída.

[008] O método provê a vantagem que a pressão em rampa dentro do volume em rampa pode ser mantida substancialmente no nível exigido, sem considerar o desempenho de qualquer um dos elementos de bomba.

[009] Em uma configuração preferida, o termo integral do erro de pressão em rampa é o termo integral cumulativo derivado de uma pluralidade de eventos de bombeamentos anteriores (por exemplo, os mais recentes) para o lóbulo de came associado do elemento de bomba associado.

[0010] Em uma configuração preferida, o termo integral pode ser restabelecido periodicamente. Por exemplo, em uma configuração preferida o termo integral pode ser restabelecido a cada vez que uma pressão em rampa zero for demandada (por exemplo, incluindo key off). Nesse caso o termo integral do erro de pressão em rampa é o termo integral cumulativo derivado dos eventos de bombeamento que ocorreram desde uma pressão em rampa zero ao lóbulo de came associado do elemento de bomba associado.

[0011] O fator de ganho proporcional pode ser um valor constante ou alternativamente, pode ser um valor mapeado dependendo de uma ou mais condições do motor, como velocidade, peso e pressão em rampa.

[0012] Em uma configuração preferida adicional, a etapa de medição de pressão do combustível dentro do volume em rampa inclui medição de pressão em rampa feita várias vezes e calculando uma média de valor de pressão em rampa, e em que a etapa de comparação inclui comparar o valor médio de pressão em rampa com o valor demandado de pressão em rampa.

[0013] Em uma configuração preferida, o método é aplicado a um conjunto de bomba que tem uma pluralidade de elementos de bomba, cada um

dos quais é acionado por um came associado que tem pelo menos dois lóbulos de came (isto é um multi-lóbulo de came) para executar pelo menos um evento de bombeamento por revolução de motor.

[0014] É uma vantagem adicional da invenção que, porque o termo integral para erro de pressão é calculado para cada lóbulo de came de cada elemento de bomba independentemente, pode ser monitorado para finalidades de diagnóstico, isto é para identificar e caracterizar a presença de uma condição de falta.

[0015] A título de exemplo, em uma bomba de combustível que tem elementos de bomba com múltiplos lóbulos de came, o termo integral de um primeiro dos lóbulos de came do mesmo elemento de bomba, e, baseado no fato de que nessa comparação, a natureza da condição de falta pode ser identificada. Se por exemplo, os termos integrais do erro de pressão em rampa dos lóbulos de came associados com os mesmos elementos de bomba são observados para trocar para uma extensão diferente da outra, então isso pode ser indicativo de um elemento que não está bombeando relatando erro, por exemplo, uma falha em um dos injetores.

[0016] Alternativamente, se os termos integrais dos lóbulos de came do mesmo elemento de bomba muda por substancialmente a mesma quantidade então isso pode ser indicativo de que existe um elemento de bomba relatando falha, por exemplo, um problema de vazamento naquele elemento de bomba.

[0017] De preferência, são comparados apenas os termos integrais correspondendo a substancialmente a mesma condição de motor.

[0018] Em outro método, o termo integral de um dado lóbulo de came de um dado elemento de bomba pode ser comparado com dados pré-armazenados para determinar se existe uma falha, e qual a natureza dessa falha.

[0019] Em um segundo aspecto da invenção, é provido um aparelho

para executar o método do primeiro aspecto da invenção. Tal aparelho pode incluir dispositivos para implementar qualquer um ou mais das etapas de métodos opcionais e/ou preferidas do primeiro aspecto da invenção.

[0020] Será apreciado que a invenção seja igualmente aplicável a uma bomba de combustível na qual o came para cada elemento de bomba seja um único lóbulo de came, como também para bombas nas quais os comes têm lóbulos múltiplos. A invenção é aplicável a uma bomba de combustível que tem qualquer numero múltiplo de elementos de bomba (por exemplo, dois, quatro, seis ou mais) alimentando uma ou mais rampas comuns.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0021] A invenção será descrita agora, a título de exemplo, com referencia aos desenhos anexos, nos quais:

Figura 1 é uma vista seccional de um dos elementos de bomba de uma bomba de combustível de alta pressão de um sistema de combustível em rampa comum para um motor, incluindo uma pluralidade de elementos de bomba cada um tendo sua própria válvula dedicada à medição.

Figuras 2 (a) a (e) mostram a cronometragem relativa dos eventos para um ciclo de bomba de um elemento de bomba de uma bomba de combustível na Figura 1 com um único came tendo dois lóbulos de came bombeando combustível para dentro de uma rampa comum conectada a dois cilindros, e consequentemente dois injetores, do motor sobre uma rotação do eixo do came girando a meia velocidade do eixo de came do motor, e em particular:

Figura 2 (a) mostra o status de uma válvula de controle de injeção de um dos injetores;

Figura 2 (b) mostra a pressão em rampa;

Figura 2 (c) mostra o pulso do acionador para a válvula de medição associada ao elemento de bomba.

Figura 2 (d) mostra a duração do evento de bombeamento; e

Figura 2 (e) mostra a elevação do came;

Figura 3 é um diagrama de bloco esquemático do sistema de controle para a bomba de combustível na Figura 1, incluindo uma Unidade de Controle de Motor (ECU Engine Control Unit); e

Figura 4 é um diagrama de controle de sistema para ilustrar as etapas do processo implementadas na Unidade de Controle de Motor (ECU) na Figura 3.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONFIGURAÇÕES PREFERIDAS

[0022] O método de controle da invenção é aplicável a um conjunto de bomba de combustível de alta pressão para um motor de combustão interna de ignição por compressão tendo elementos de bomba múltiplos os quais operam em uma maneira cíclica de fase.

[0023] Com referencia à Figura 1, cada elemento de bomba 10 é idêntico e inclui um pistão que é usado para pressurizar combustível dentro do elemento de bomba para liberar para um volume em rampa de combustível (não mostrado) comum a cada um dos elementos de bomba do conjunto de bomba. Com a finalidade de simplificar, apenas um dos elementos de bomba do conjunto será descrito em detalhe, mas, será apreciado que cada um dos outros elementos de bomba sejam construídos e operados de uma maneira similar.

[0024] Deveria ser apreciado, nesse ponto, que o “elemento de bomba” seja usado no sentido geral e cubra um arranjo de bomba que tem uma série de elementos de bomba alojados dentro de um elemento de alojamento comum, por exemplo, em uma bomba às vezes conhecida como uma bomba de rampa comum em linha. Alternativamente, cada elemento de bomba pode ser alojado dentro do s respectivos elemento de alojamento (individuais), formando assim módulos de bombeamento separados tal como referenciados na técnica como uma “bomba de unidade”, ou um “injetor de unidade” quando combinados com um módulo de injetor, vários dos quais

modulam bombas de unidade trabalhado juntas para suprir um dispositivo de rampa comum.

[0025] O pistão 12 é acionado por meio de um came (não mostrado) montado sobre um motor acionado por um eixo de came, cada came tendo geralmente pelo menos um lóbulo de came com um flanco ascendente e um flanco descendente. O elemento bomba 10 inclui uma câmara de bomba 14 e uma passagem de entrada 16 para a câmara de bomba 14. A passagem de entrada 16 está em comunicação com uma bomba de transferência de baixa pressão (não mostrada) através de uma passagem de suprimento 18. A passagem de entrada 16 pode ser isolada da câmara de bomba 14 por meio de uma válvula de engate solenóide (referenciada como válvula de controle) referenciada geralmente como 20.

[0026] A válvula de controle 20 inclui um membro de válvula 22 o qual é inclinado aberto por meio de uma mola de válvula de controle 24. Um atuador 26 para a válvula de controle é controlado por meio de uma Unidade de Controle de Motor (ECU) (não mostrada na Figura 1) e, quando atuada serve para urgir o membro válvula 22 para dentro de uma posição fechada, contra a força de mola, na qual a comunicação entre a câmara de bomba 14 e a passagem de entrada 16 é quebrada. A provisão da válvula de controle 20 capacita combustível que é deslocado pelo elemento bomba 10 para ser medido independentemente do movimento do pistão 12, isto é a válvula de controle não responde automaticamente ao movimento do pistão 12.

[0027] O pistão 12 está em uma posição de centro –morto -de fundo referenciada como centro –morto -de fundo quando em uma posição mais baixa na ilustração mostrada (isto é quando o volume / capacidade da câmara de bomba 14 está no máximo) e em uma posição de centro – morto de topo (referenciada como centro – morto - de topo) quando em uma posição superior (isto é quando o volume / capacidade da câmara de bomba 14 está no mínimo) Considera-se como ocorrido um ciclo de bomba quando o pistão se

moveu do centro morto de topo para o centro morto de fundo, e voltado para o centro morto de topo.

[0028] Uma passagem de saída 28 da câmara de bomba 14 pode ser isolada da câmara de bomba 14 por meio de uma válvula de saída de não-retorno operada hidráulicamente 30 (referenciada como válvula de saída). Tal válvula é muitas vezes também referenciada na técnica como “válvula de checagem”. A passagem de saída 28 está em comunicação direta com a rampa, de forma que a pressão em ambas é substancialmente igual. A rampa comum recebe combustível pressurizado da passagem de saída 28 a partir de cada elemento de bomba do conjunto de bomba quando a válvula de saída associada é aberta. A válvula de saída 30 é inclinada para uma posição fechada por combustível de alta pressão na rampa comum, agindo em combinação com uma mola de válvula de saída 32. Na prática, as forças de inclinação providas pela mola de válvula de entrada 24 e pela mola de válvula de saída 32 são relativamente baixas e provém uma força menos significativa do que a pressão do combustível à qual as válvulas são expostas.

[0029] Em uso, quando a válvula de controle 20 é aberta e o pistão 12 está se movendo entre o centro morto de topo e o centro morto de fundo (isto é correspondente ao flanco descendente do lóbulo de came), o combustível é derivado a partir da passagem de entrada 18 para a câmara de bomba 14. Essa parte do ciclo de bomba é referenciada como um curso de enchimento como essa é aquela parte do ciclo para a qual a câmara de bomba 14 se enche com combustível de baixa pressão. A válvula de saída 30 é inclinada para a posição fechada através do curso de enchimento devido à força do combustível de alta pressão na passagem de saída (e da rampa comum) e da força da mola de válvula de saída 32. A liberação de combustível para a câmara da bomba 14 termina com o fim do curso de enchimento, quando o pistão 12 alcança o centro morto de fundo.

[0030] A Figura 1 mostra o elemento bomba 10 durante o curso de

enchimento do pistão: quando a válvula de controle 20 é desativada, e o combustível é suprido, por meio da bomba de transferência, para a câmara de bomba 14 através da passagem de entrada 18.

[0031] O curso de bombeamento subsequente do pistão 12 é mais bem ilustrado com referencia à Figura 2, a qual mostra a cronometragem relativa aos eventos em um ciclo de bomba durante um ciclo de combustão do motor, o que quer dizer 720 graus de rotação do motor. Note que o eixo de came da bomba gira na metade da velocidade de rotação do motor, portanto executa uma rotação completa de 360 graus durante a rotação de 720 graus do motor.

[0032] Logo após o ponto de referencia de 0 graus de rotação do motor, o pistão 12 está no centro morto de fundo. O período entre o centro morto de fundo e o centro morto de topo é referenciado como janela de bombeamento, como ilustrado na Figura 2(e), e representa que parte do ciclo de bomba durante o qual a pressurização de combustível pode ocorrer devido ao movimento do pistão 12, se a válvula de controle associada 20 está fechada. Um tempo pré-determinado após o centro morto de fundo, um sinal de controle é aplicado à válvula de controle 20 levando ao fato de que ela se feche de forma que o movimento continuado do pistão 12 em direção ao centro morto de topo cause a pressurização do combustível dentro da câmara de bomba 14.

[0033] Para o arranjo de lóbulo de came duplo. Existem dois eventos de bombeamento sobre uma rotação do eixo de came, de forma que o início dos dois eventos de bombeamento seja identificado na Figura 2 (c) como EVENTO DE BOMBEAMENTO 1 e EVENTO DE BOMBEAMENTO 2.

[0034] Uma vez ativada, a válvula de controle 20 permanece fechada ao longo do curso de bombeamento restante até que, quando a pressão do combustível na câmara da bomba 14 excede uma quantidade suficiente para superar a pressão de combustível na passagem de saída 28, a válvula de saída

30 é levada a abrir. O combustível pressurizado dentro da câmara de bomba 14 é, portanto, capaz de fluir através da passagem de saída 28 para dentro da rampa comum. Uma vez que a pressão do combustível na câmara de bomba 14 começa a diminuir, a válvula de controle 20 é levada a abrir-se novamente sob a pressão da ação da mola 24.

[0035] Controlando a posição na qual a válvula de controle 20 de cada elemento de bomba é fechada para um evento de bombeamento dado, a duração na qual a válvula de controle 20 é mantida fechada é controlada e consequentemente, a pressão em rampa (como ilustrado na Figura 2 (b)) pode ser mantida e o nível desejado para o próximo evento de injeção. Para eventos de bombeamento 1 e 2 na Figura 2, a válvula de controle é ativada para uma duração diferente de forma que cada evento resulte em um volume de combustível diferente sendo derivado para a rampa comum. Por exemplo, a fim de deslocar uma quantia máxima de combustível, a qual corresponde a uma capacidade / volume máximo da câmara de bomba 14, a válvula de controle 20 é fechada no começo da janela de bombeamento e permanece fechada até o centro morto de topo. Será apreciado que a capacidade máxima de bomba do conjunto de bomba é alcançada quando todos os elementos do conjunto são operados da maneira acima mencionada (isto é capacidade máxima) para todos os lóbulos de came. Em outros modos de operação, a válvula de controle 20 pode ser usada para medir a quantidade de combustível deslocada pelo pistão 12 durante o curso de bombeamento para cumprir, precisamente, as demandas do motor em qualquer tempo dado. Isso pode ser alcançado fechando-se a válvula de controle 20 mais tarde na janela de bombeamento, como ilustrado para o evento de bombeamento 2 na Figura 2 (c).

[0036] A título de exemplo, para um motor de seis cilindros, o conjunto de bomba pode ter três elementos de bomba, cada um tendo seu respectivo came e cada came sendo idêntico e tendo dois lóbulos de came: lóbulo de came numerado 1 e lóbulo de came 2, como na Figura 2. Lóbulo de

came 1 corresponde ao evento de bombeamento 1 para o primeiro elemento de bombeamento e será referenciado pelo termo “evento de bombeamento 1- 1’”. Da mesma forma, lóbulo de came 2 para o primeiro elemento de bomba, principalmente eventos de bombeamento 2 -1, 2 -2, e mais ainda para elementos de bomba mais altos. Num exemplo assim, seria apreciado que houvesse seis eventos de bombeamento para cada revolução do eixo de came de bomba, isto é, dois eventos de bombeamento para cada um dos três elementos de bomba. Outras combinações também são possíveis para dar seis eventos de bombeamento por revolução de eixo de came, por exemplo, seis elementos de bomba cada um tendo um único lóbulo de came, ou dois elementos de bombeamento, ou dois elementos de bombeamento cada um tendo um came de lóbulo triplo. Igualmente, enquanto existe a atração de se ter o mesmo numero de eventos de bombeamento por revolução de eixo de came como existem cilindros de motor, isso não é uma exigência essencial.

[0037] A presente invenção provê um método de controle para a bomba de combustível na Figura 1 na qual a pressão em rampa é avaliada, e eventos de bombeamento subseqüentes são ajustados de acordo com a resposta à avaliação, de forma a manter a pressão de injeção no valor desejado.

[0038] A Figura 3 é um diagrama esquemático do sistema de controle para o conjunto de bomba na Figura 1, em um sistema de combustível que tem três elementos de bomba. O sistema de controle indica uma Unidade de Controle de Motor (ECU) 40 a qual recebe um sinal de amostra 42 de um sensor de pressão em rampa 44 e processa esse sinal independentemente, para cada evento de bombeamento e cada um dos três elementos de bomba 10, usando o processo ilustrado mostrado na Figura 4. O sinal de amostra 42 da pressão em rampa é comparado com um valor de pressão em rampa demandado 46 e a diferença é calculada dentro de um comparador 48 da Unidade de Controle de Motor (ECU) 40. O (ECU) 40 também incorpora um

controlador integral proporcional (PI) 50 o qual recebe o sinal de diferença do comparador 48 e executa um cálculo integral proporcional no sinal de diferença para cada evento de bombeamento independentemente, como descrito abaixo em detalhes adicionais.

[0039] O ECU 40 gera uma pluralidade de sinais de saída 52 a– 52 f na base do cálculo de PI de forma a ajustar a válvula de controle do elemento de bomba associado para o próximo evento de bombeamento. Em outras palavras, um sinal de saída 52 a é gerado para a válvula de controle do elemento de bomba -1 para cada evento de bombeamento 1-1 a partir do primeiro lóbulo de came do elemento de bomba -1 e da mesma forma um sinal de saída 52b é gerado para a válvula de controle do elemento de bomba -1 para cada evento de bombeamento 1-2 a partir do segundo lóbulo de came do elemento de bomba -1. De forma semelhante, um sinal de saída 52c é gerado para a válvula de controle do elemento de bomba -2 para cada evento de bombeamento 2-1 a partir do primeiro lóbulo de came do elemento -2 e um sinal de saída 52 d é gerado para a válvula de controle do elemento de bomba -2 para cada evento de bombeamento 2-2 a partir do segundo lóbulo de came do elemento de bomba -2. Finalmente, um sinal de saída 52 e é gerado para a válvula de controle do elemento de bomba -3 para cada evento de bombeamento 3-1 a partir do primeiro lóbulo de came do elemento de bomba -3, e um sinal de saída 52f é gerado para uma válvula de controle do elemento de bomba -3 para cada evento de bombeamento 3-2 a partir do segundo lóbulo de came do elemento de bomba -3.

[0040] É uma característica importante da invenção que o controle dos eventos de bombeamento em cada lóbulo de came seja concebido independentemente do controle de cada um dos lóbulos de came no mesmo elemento de bombeamento, e independentemente de cada um dos elementos de bomba.

[0041] A Figura 4 ilustra o método de controle concebido pelo ECU

em maiores detalhes. Usando o controle de PI da pressão em rampa, o sinal de erro da pressão em rampa é avaliado para calcular um termo integral e um termo proporcional os quais são então usados para derivar o sinal de controle apropriado para o evento de bombeamento subsequente.

[0042] A título de fundamento convencional da invenção, o controle PI convencional é usado para controlar a saída que pode ser mensurada de um processo que tem um valor ideal desejado daquela saída e entrada de controle para aquele processo. Um método de controle PI trabalha comparando o valor ideal com a saída medida e calculando um sinal de erro, e em seguida analisando esse sinal de erro para derivar um termo proporcional e um termo integral os quais são usados para modificar a entrada de controle subsequente de forma que a saída medida seja apropriadamente ajustada para convergir sobre o seu valor ideal.

[0043] O termo proporcional faz uma mudança para a saída do controlador que é proporcional ao valor de erro atual. A resposta proporcional pode ser ajustada multiplicando-se o erro por um fator de ganho proporcional. Um fator de ganho proporcional alto resulta em uma grande mudança na saída do controlador para uma mudança dada no erro na entrada para o controlador. Se o fator de ganho proporcional é alto demais, o sistema pode se tornar instável. Em contraste, um fator de ganho pequeno resulta em uma resposta de saída pequena para um erro grande na entrada, e um controlador menos responsivo (ou sensível). Se o fator de ganho proporcional for muito baixo, a ação de controle pode ser pequena demais ao responder aos distúrbios do sistema.

[0044] Na ausência de distúrbios, o controle proporcional puro não irá se estabelecer em seu valor alvo, mas irá reter um erro de estado fixo que é uma função do ganho proporcional e do ganho do processo. A contribuição a partir do termo integral é proporcional tanto à magnitude do erro como à duração do erro. Somando o erro instantâneo, através do tempo (integrando o

erro) dá a compensação acumulada que é então multiplicada pelo ganho integral e adicionada à saída do controlador. A magnitude da contribuição do termo integral para a saída do controlador global é determinada pelo ganho integral.

[0045] Quando adicionado ao termo proporcional, o termo integral acelera o movimento do processo em direção a seu valor ideal e elimina o erro de estado fixo residual que ocorre com um controlador apenas proporcional.

[0046] Com referência em maiores detalhes à Figura 4, no exemplo específico da presente invenção cada evento de bombeamento recebe um número de tarefa na entrada 1 para o ECU. Por exemplo, os eventos de bombeamento para o elemento bomba 1 são denominados 1 e 2 (para um lóbulo de came duplo). Para cada evento de bombeamento, a pressão em rampa é mostrada e recebida pelo ECU na entrada 2 (sinal 42 na Figura 3). Na entrada 3, o ECU recebe um sinal de demanda (sinal 46 na Figura 3), que é o valor demandado da pressão em rampa correspondente às condições de operação do motor atual (por exemplo, velocidade e carga). Geralmente, para cada evento de bombeamento, a pressão em rampa é medida varias vezes em alta frequência de forma a gerar uma “amostra de ruptura “de uma maneira convencional. Tirando uma média das leituras de pressão em rampa múltiplas para retornar uma leitura única, é possível reduzir os efeitos do barulho no sinal e melhorar a resolução do sensor 44 e a subsequente conversão analógica ou digital do sinal dentro do ECU.

[0047] Para cada evento de bombeamento para cada elemento de bomba 10 a pressão em rampa demandada é comparada com a pressão em rampa de amostra no comparador (etapa 100) para derivar um erro de pressão em rampa 102. O termo proporcional 104 para o erro de pressão em rampa 102 é calculado em seguida na etapa 106 multiplicando-se o erro de pressão em rampa 102 por um fator de ganho proporcional 108. O termo proporcional 104 para o evento de bombeamento atual é derivado do fator de ganho

proporcional 108 e o sinal de erro de pressão em rampa tomado antes do evento de bombeamento imediatamente precedente. Para esse cálculo o evento de bombeamento imediatamente precisa não ser um evento correspondente ao mesmo lóbulo de came do mesmo elemento de bomba, mas um evento de bombeamento para um dos outros elementos de bomba. O fator ganho proporcional 108 pode ser um valor constante, ou pode, alternativamente ser traçado contra condições do motor, tais como velocidade e pressão em rampa.

[0048] Esse termo proporcional 104 é então somado na etapa 112 a um termo correspondente integral 110 para o sinal de erro de pressão em rampa. A saída somada (o sinal de saída combinado) 114 é então alimentada de volta à válvula de controle 20 do elemento de bomba associado 10 para controlar seu evento de bombeamento subsequente para o mesmo lóbulo de came no próximo ciclo de bomba.

[0049] Para calcular o termo integral 110 do sinal de erro de pressão em rampa, um ganho integral 116 é aplicado ao sinal de erro da pressão em rampa 102 na etapa 118 para derivar uma saída de ganho integral 120. A saída de ganho integral 120 é em seguida integrada em uma função integradora, como indicado nas linhas tracejadas 122, as quais também recebem um sinal 130 indicando o número de tarefa atual. Como para uma função de integrador convencional, a saída de ganho integral 120 é somada à saída de ganho integral existente (isto é o termo de saída de ganho integral no numero da tarefa anterior) para produzir um termo integral somado 110.

[0050] Em contraste ao termo proporcional 104 o qual é derivado da leitura da pressão em rampa tomada antes do evento de bombeamento anterior (o qual não está necessariamente associado ao mesmo lóbulo de came do mesmo elemento de bombeamento), o termo integral 110 é baseado nas leituras de pressão em rampa mais recentes para o mesmo lóbulo de came do mesmo elemento de bomba e é o termo integral envolvendo derivado dos

eventos de bombeamento anteriores para o mesmo lóbulo de came do mesmo elemento de bomba. O termo integral 110 do erro de pressão em rampa é, portanto o termo integral cumulativo derivado dos eventos de bombeamento anteriores para o lóbulo de came associado do elemento de bomba associado. Geralmente o termo integral 110 pode ser restabelecido periodicamente cada vez que uma pressão em rampa zero é demandada. Nesse caso, o termo integral do erro de pressão em rampa é o termo integral cumulativo derivado dos eventos de bombeamento mais recentes que ocorreram desde uma demanda de pressão em rampa zero para o lóbulo de came associado do elemento de bomba associado.

[0051] Um armazenamento de dados de termo integral é atualizado na etapa 126 atribuindo o número de tarefa relevante 130 ao termo integral 110 o qual sai da função de integrador 122. A saída somada 110 da função de integrador 122 é somada na etapa 112 ao termo proporcional 104, como mencionado anteriormente, para derivar um sinal de saída 114 para a válvula de controle 20 para o próximo evento de bombeamento para o lóbulo de came relevante daquele elemento de bomba. Quando adicionado ao termo proporcional, o termo integral acelera o movimento do sinal de erro de pressão em rampa em direção a zero e elimina o erro de estado fixo residual que ocorre com um controlador apenas proporcional. O termo integral é responsável por dar uma resposta rápida ao erro de pressão em rampa.

[0052] O sinal de saída combinado controla a duração para a qual a válvula de controle é mantida fechada, e, portanto controla a duração do evento de bombeamento subsequente para o lóbulo de came associado do elemento de bomba associado. Se a válvula de controle é uma válvula de engate, como o exemplo mostrado na Figura 1, a duração para a qual a válvula de controle é mantida fechada é determinada pelo ponto no qual a válvula de controle é fechada na medida em que o pistão se move entre o centro morto de fundo e o centro morto de topo, a válvula de controle

permanecendo engatada em sua posição fechada até que o pistão alcance o centro morto de topo e comece a saltar sobre o flanco descendente do lóbulo do came. A duração para a qual a válvula de controle é mantida fechada determina a quantidade de combustível medida para a rampa comum durante o evento de bombeamento subsequente, e consequentemente mantêm a pressão do combustível na rampa dentro do nível desejado.

[0053] Usando o método de controle da invenção, o sinal de saída para a válvula de controle de cada elemento de bomba é controlado independentemente para cada lóbulo de came. O termo integral reage ao mais recente erro de pressão em rampa medido depois do evento de bombeamento anterior para o evento de lóbulo de came relevante (isto é uma revolução de came anterior) para compensar o déficit ou o excesso de pressão. É uma característica importante da invenção que cada lóbulo de came de cada elemento de bomba seja monitorado independentemente por amostragem de pressão em rampa para cada lóbulo de came de cada elemento de bomba independentemente e calculando termos integrais e proporcionais independentes para cada evento de bombeamento. O termo proporcional sendo derivado do evento de bombeamento anterior (isto é para cada evento de bombeamento imediatamente precedido pelo evento de bombeamento atual em relação ao lóbulo de came ao qual ele se refere) e o termo integral sendo derivado apenas dos eventos de bombeamento anteriores correspondendo ao mesmo lóbulo de came do mesmo elemento de bomba.

[0054] Um benefício adicional da invenção é que o termo integral 110 para cada lóbulo de came de cada elemento de bomba (isto é o termo integral somado derivado do integrador) pode ser usado para finalidades de diagnóstico uma vez que carrega a única informação sobre o elemento de bomba relevante. Por exemplo, se um elemento de bomba particular experimenta um vazamento de bomba, ou tem uma troca de desempenho, cada evento de bombeamento para aquele elemento de bomba será afetado

substancialmente da mesma maneira de forma que o termo integral 110 para cada lóbulo de came daquele elemento de bomba deveria mudar de uma maneira semelhante. Entretanto, a mudança não seria esperada no termo integral 110 para qualquer dos outros elementos de bomba. Em contraste, um vazamento externo no sistema que não é atribuído a um elemento de bomba específico resultaria no termo integral 110 para cada lóbulo de came de cada elemento de bomba mudando na mesma maneira, porque, nesse caso, cada evento de bombeamento será afetado de uma maneira similar. Em outro exemplo, uma falha de um injetor pode ser identificada no termo integral 110 por um lóbulo de came de um elemento de bomba é visto para mudar em uma taxa diferente daquela associada aos outros lóbulos de came para o mesmo elemento de bomba. Ainda em um exemplo adicional, o termo integral pode ser monitorado para uma dada condição de motor (por exemplo, velocidade, carga, pressão em rampa) e comparado a valores ideais ou anteriores para determinar degradação do sistema ou erros.

[0055] O Pedido de Patente EP 09157959.9 do requerente descreve um método de seletividade incapacitando alguns elementos de bombeamento para um elemento de bomba, ou para incapacitar seletivamente alguns elementos de bomba completamente, de forma a criar uma distribuição desigual na capacidade de bombeamento através dos elementos de bomba. Geralmente, é desejável para sistemas de bomba que sejam estruturados para terem bombeamentos sincronizados e eventos de injeção, de forma que uma desvantagem potencial desse método seja que ele resulta em bombeamento não sincronizado e eventos de injeção. Entretanto, implementando o método de controle da presente invenção em um conjunto de bomba operando apenas com elementos de bomba /eventos de bombeamento seletivos, a duração dos eventos de bombeamento selecionados será adaptada de forma a manter a pressão do combustível substancialmente constante na rampa comum, mesmo permitindo injeção/ bombeamento não sincronizado.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar um conjunto de bomba de combustível incluindo uma pluralidade de elementos de bomba (10) para liberar combustível em alta pressão para um volume em rampa, cada um dos elementos de bomba (10) incluindo: um pistão (12) acionado por um came associado para executar pelo menos um evento de bombeamento por revolução do motor; e, uma válvula de controle (20) para controlar o fluxo de combustível dentro e/ou fora da câmara de bomba (14), cada evento de bombeamento correspondendo a um lóbulo de came associado do came associado, o método incluindo, para cada evento de bombeamento de cada elemento de bomba, controlar a válvula de controle (20) do elemento de bomba (10) em resposta a um sinal de controle de saída (52a-52f, 114) derivado de pelo menos um evento de bombeamento anterior, em que o sinal de controle de saída (52a-52f, 114) é derivado por:

medir a pressão de combustível dentro do volume em rampa para derivar um valor de pressão de volume em rampa medido (42);

comparar o valor de pressão em rampa medido (42) com um valor de pressão em rampa demandado (46) para derivar um erro de pressão em rampa (102);

executar um cálculo integral e proporcional de um erro de pressão em rampa (102) para derivar um termo proporcional (104) para o erro de pressão em rampa (102) e um termo integral (110) para o erro de pressão em rampa (102); e

combinar o termo proporcional (104) e o termo integral (110) para derivar o sinal de controle de saída (52a-52f, 114); em que o termo integral (110) de erro de pressão em rampa (102) é o termo integral cumulativo derivado de uma pluralidade de eventos de bombeamento recentes para o lóbulo de came associado do elemento de bomba associado (10), caracterizado por:

monitorar o termo integral (110) para o erro de pressão em rampa (102) correspondendo a cada lóbulo de came de cada elemento de bomba para

identificar a presença de uma condição de falha; com a etapa de monitorar compreendendo:

comparar o termo integral (110) para o erro de pressão em rampa (102) de um primeiro entre os lóbulos de came de um elemento de bomba com o termo integral (110) para o erro de pressão em rampa para o ou para cada um dos outros lóbulos de came do mesmo elemento de bomba; e,

com base na comparação, identificar a natureza da condição de falha.

2. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o termo integral (110) é restabelecido periodicamente.

3. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o termo proporcional (104) é calculado como o erro de pressão em rampa (102) multiplicado por um fator de ganho proporcional, o erro de pressão em rampa (102) sendo aquele erro medido pelo evento de bombeamento imediatamente precedente, em relação a cujo elemento de bomba o evento de bombeamento imediatamente precedente é associado.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o fator de ganho proporcional é uma constante.

5. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o fator de ganho proporcional é um valor mapeado dependente de duas ou mais condições do motor.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o sinal de controle de saída (52a-52f, 114) controla a duração para que cada válvula de controle (20) do elemento de bomba seja fechada.

7. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de ser para controlar um conjunto de bomba de combustível incluindo uma pluralidade de elementos de bomba (10), cada um dos quais é acionado por um came associado tendo pelo menos dois lóbulos de came

para executar pelo menos um evento de bombeamento por revolução do motor.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir adicionalmente:

determinar que existe um elemento de não bomba relacionado a falha no evento que os termos integrais (110) mudam com o passar do tempo para uma extensão diferente.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir adicionalmente:

determinar que existe um elemento de bomba relacionado a falha no evento que os termos integrais (110) mudam com o passar do tempo por uma mesma extensão.

10. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que apenas termos integrais correspondentes às mesmas condições de motor são comparados.

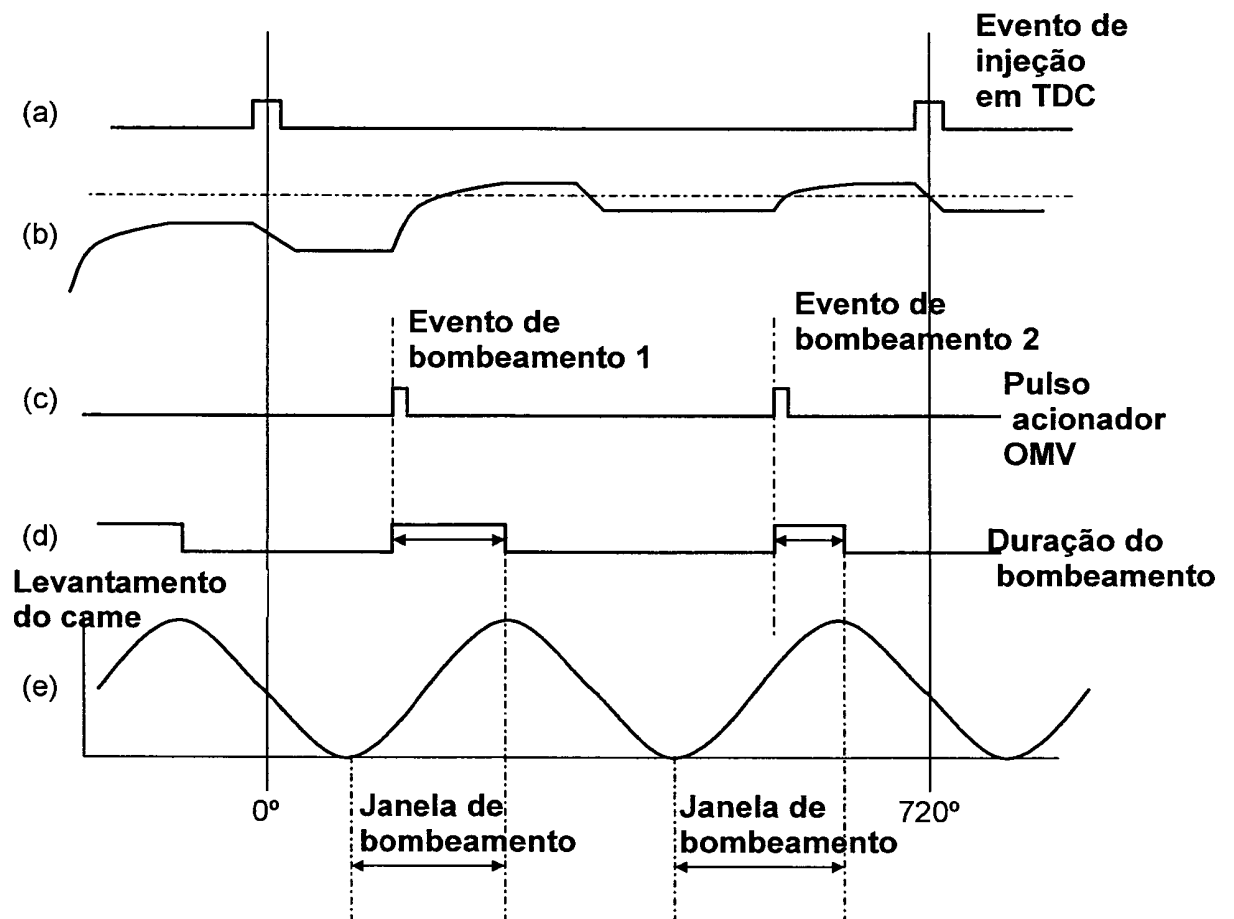


FIG. 2

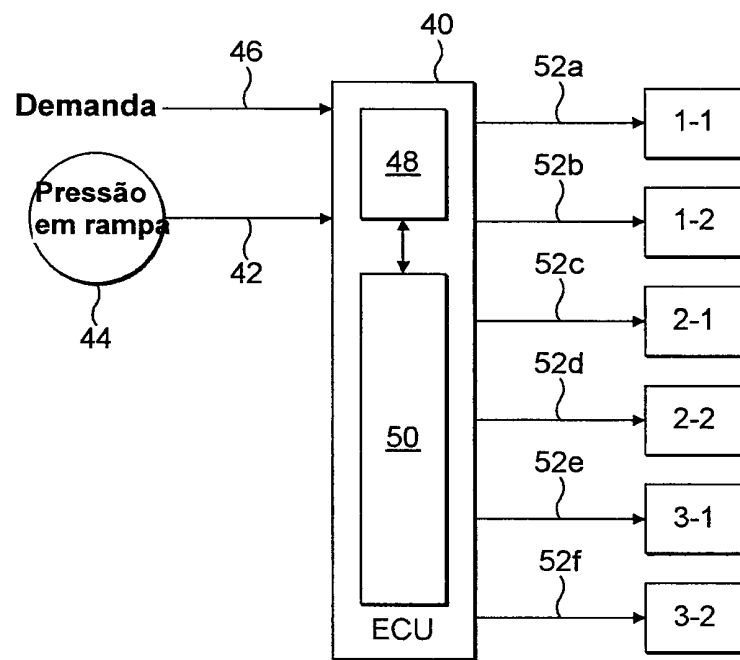


FIG. 3

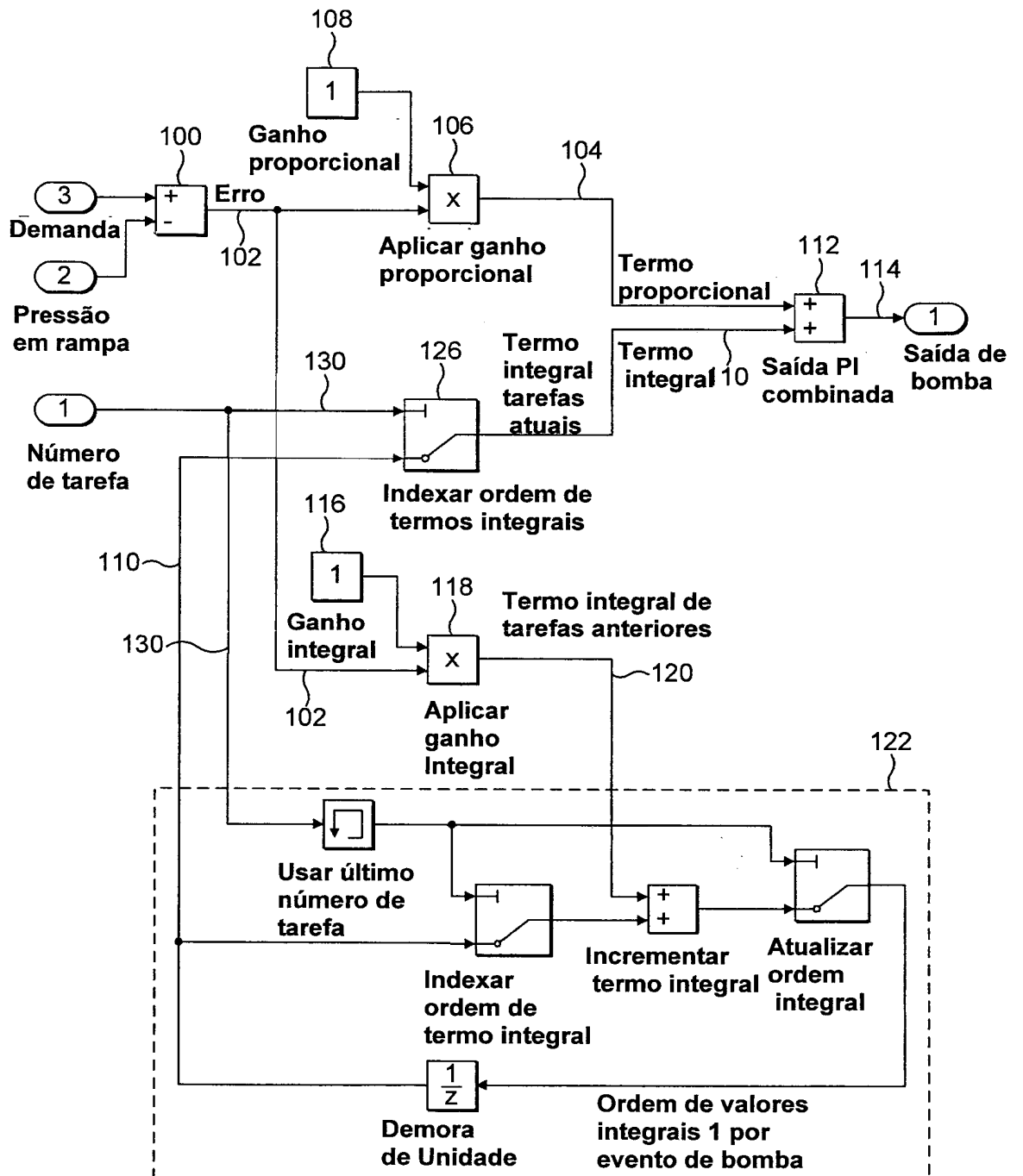


FIG. 4