



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

**(11) PI 1001711-9 B1**

**(22) Data do Depósito: 20/05/2010**

**(45) Data de Concessão: 17/04/2018**



---

**(54) Título: MÉTODO PARA OPERAR UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA EM UMA COLHEITADEIRA AGRÍCOLA, E, COLHEITADEIRA AGRÍCOLA**

**(51) Int.Cl.: A01D 45/00**

**(30) Prioridade Unionista: 21/05/2009 US 12/470198**

**(73) Titular(es): DEERE & COMPANY**

**(72) Inventor(es): RODNEY A. SCHINDLER; ALAN D. SHEIDLER; JOSEPH P. SCHMITZ**

“MÉTODO PARA OPERAR UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA EM UMA COLHEITADEIRA AGRÍCOLA, E, COLHEITADEIRA AGRÍCOLA”

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção diz respeito a motores de combustão interna usados para acionar colheitadeiras agrícolas e, mais particularmente, à operação de motores de combustão interna com uso de curvas de torque definidas.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[0002] Uma máquina de trabalho, tais como uma máquina de trabalho de construção, uma máquina de trabalho agrícola ou uma máquina de trabalho florestal, tipicamente inclui um motor principal, na forma de um motor de combustão interna (IC). O motor IC pode ser tanto na forma de um motor de ignição por compressão (isto é, motor a diesel) quanto de um motor de ignição por centelha (isto é, motor a gasolina). Para a maioria das máquinas de trabalho pesadas, o motor principal é na forma de um motor a diesel com melhores características de arrasto, empuxo e torque para operações funcionais associadas.

[0003] Motores IC são usados para acionar máquinas de trabalho em uma ampla variedade de condições de carga e têm que ser capazes de aceitar variações repentinas na carga. Quando o veículo está em um modo de transporte, são exigidos aumentos repentinos na potência e torque no motor durante a transposição de terreno entre campos. A cultura no campo também apresenta condições onde existem aumentos repentinos na carga por causa de alterações na condição do solo, onde a resistência da ferramenta de cultivo aumenta significativamente, ou o campo tem inclinações acentuadas. É de se esperar que motores deste tipo respondam a essas condições aumentando o torque de saída com apenas um pequeno aumento na carga do motor. Este aumento na saída do torque é tipicamente referido como elevação do torque.

Motores com elevação de torque significativa permitem que a curva de torque seja modelada de forma que a taxa de elevação seja muito acentuada, permitindo que o motor diminua a rpm muito pouco, ao mesmo tempo que o torque de saída aumenta significativamente. Motores que são governados usam a forma da curva do governador para tornar a inclinação extremamente acentuada para operação na rpm e torque menores ou iguais aos valores nominais. Em condições de torque mais alto, a forma da curva limite de torque determina a taxa de elevação do torque em função da diminuição da rpm do motor. Esforços significativos são aplicados no modelamento da curva limite de torque para operação a toda força com o objetivo de dar ao trator sua sensação de potência e resposta. Alguns sistemas de controle de motor tornam a curva significativamente acentuada nas primeiras 100-400 rpm em velocidade carregada abaixo da rpm nominal. Entretanto, isto se dá às custas de aumento do torque a menor regime de rpm até o torque de pico do motor. Aumentos repentinos no torque encorajam o operador a trabalhar nesta faixa, ou a velocidades mais altas, em virtude da sensação de potência. Em um veículo motriz típico equipado com um motor a diesel de trabalho pesado, o som geral e a qualidade do som ambos aumenta à medida que a rpm é reduzida pelo aumento da solicitação de carga. Isto reforça a sensação de potência e resposta. Além do mais, a mudança na taxa de aumento de torque que ocorre aproximadamente na rpm nominal dá um sinal ao operador de que o motor está aproximando de seu limite de rpm operacional escolhida.

[0004] Um problema operacional ocorre quando o motor é operado com menores ajustes de potência e menor rpm do motor. Em sistemas atuais, o governador reduz o aumento do torque à medida que o motor aproxima-se da rpm nominal. A mudança na resposta do motor sinaliza o operador de que o motor está aproximando de seu limite de torque para rpm operacional escolhida. Com menores ajustes de potência, quando o motor encontra um aumento acentuado na carga, o torque sobe repentinamente. Uma vez que o

torque atinge a curva limite de torque para esse ajuste de rpm do governador particular, um aumento adicional no torque faz com que o motor opere ao longo da curva limite do torque em uma região onde a taxa de aumento do torque por diminuição na rpm do motor é muito baixa. Isto ocorre em virtude de a operação nessas condições não permitir o benefício da parte modelada da curva de torque que provê um alerta de que o sistema está movendo da faixa do governador de controle para o limite de torque. Em termos de sensação do operador, parece que o veículo repentinamente perde potência (isto é, perde sua capacidade de responder a um aumento na carga).

[0005] Máquinas de trabalho tais como colheitadeiras combinadas atualmente têm uma curva de torque do motor básica para prover a potência nominal a um nível de potência aproximadamente 14 % abaixo do envelope da capacidade de potência do motor. A experiência tem mostrado que uma potência extra de 14 % (de 2.200 rpm de velocidade nominal para 2.000 rpm de potência de pico) provê boa capacidade de lidar com instabilidade e melhor dirigibilidade para o operador. Isto permite o uso de um intensificador de potência para descarregamento ou uma potência extra para potência adicional para lidar com aumentos graduais em uma carga, ou lidar com instabilidade ou outras sobrecargas operacionais sem perda excessiva de velocidade do motor funcional ou paralisação do motor. Curvas de torque de motor tradicionais para combinadas têm sido desenvolvidas para usar este alto nível de potência extra acima da potência nominal normal a fim de melhorar a capacidade do trem de potência e do sistema de debulhamento de lidar com instabilidades e sobrecargas transientes durante a operação de colheita. Uma sobrecarga como esta pode ocorrer quando torrões de material úmido repentinamente penetram no sistema de debulhamento, causando sobrecargas mais altas de curta duração.

[0006] Na extremidade de potência inferior do espectro operacional, máquinas de trabalho tais como combinadas também gastam tempo

significativo a cargas muito leves, tais como em marcha lenta ou ladeira abaixo. Nesses casos, as curvas de alto torque final que funcionam bem para desempenho, tal como aceitação de instabilidades, altas cargas de debulhamento, descarregamento de grãos durante operação, etc., não retornam tão boa quanto economia de combustível como uma curva de torque do motor otimizada para uma operação com menor nível de potência.

[0007] O que é necessário na tecnologia é uma colheitadeira agrícola com um motor IC que opere em uma curva de torque com maior desempenho e eficiência.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0008] A invenção em uma forma diz respeito a um método para operar um motor IC em uma colheitadeira agrícola, incluindo as etapas de: operar o motor IC em um modo normal com uma curva de torque base em função da velocidade operacional do motor e saída de potência do motor, a curva de torque base sendo no geral isócrona a uma velocidade operacional nominal em uma faixa de saída de potência que termina a uma saída de potência nominal; e operar o motor IC em um modo de intensificação com uma curva de torque de intensificação quando for necessário uma intensificação de potência acima da saída de potência nominal, a curva de torque de intensificação tendo uma saída de potência que é acima da curva de torque base em uma faixa pré-definida da velocidade operacional.

[0009] A invenção em uma outra forma está voltada para uma colheitadeira agrícola incluindo um motor IC com injetores de combustível. Um detector provê um sinal de saída representando uma saída de potência do motor IC. Um circuito de processamento elétrico é acoplado no detector e recebe o sinal de saída. O circuito de processamento elétrico opera seletivamente os injetores de combustível em um modo normal ou em um modo de intensificação, em que:

o modo normal utiliza uma curva de torque base em função da

velocidade operacional do motor e da saída de potência do motor, a curva de torque base sendo no geral isócrona a uma velocidade operacional nominal em uma faixa de saída de potência que termina em uma saída de potência nominal; e

o modo de intensificação utiliza uma curva de torque de intensificação quando é necessária uma intensificação de potência acima da saída de potência nominal, a curva de torque de intensificação tendo uma saída de potência que é acima da curva de torque base em uma faixa pré-definida de velocidades operacionais.

### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

[00010] A figura 1 é uma ilustração esquemática de uma modalidade de uma colheitadeira agrícola da presente invenção;

A figura 2 é uma ilustração gráfica de uma modalidade de uma curva de torque isócrona com potência extra da presente invenção; e

A figura 3 ilustra um fluxograma de uma modalidade do método de operação de uma colheitadeira agrícola da presente invenção.

### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[00011] Referindo-se agora à figura 1, está mostrada uma ilustração esquemática de uma modalidade de uma colheitadeira agrícola 10 da presente invenção. A colheitadeira agrícola 10 é considerada uma combinada agrícola John Deere, mas poderia ser um tipo diferente de colheitadeira agrícola.

[00012] A colheitadeira agrícola 10 inclui um motor IC 12 que é acoplado a um transformador continuamente variável (IVT) 14, tipicamente por meio de um eixo de manivela de saída 16 do motor IC 12. O motor IC 12 é considerado um motor a diesel na modalidade ilustrada, mas poderia também ser um motor a gasolina, motor a propano, etc. O motor IC 12 é dimensionado e configurado de acordo com a aplicação.

[00013] O IVT 14 inclui no geral um módulo hidráulico 18 e um módulo do trem de acionamento mecânico 20. O IVT 14 é considerado uma

transmissão hidrostática ou hidromecânica de desenho convencional e assim não está descrita com mais detalhes aqui. IVT 14 tem uma saída que é acoplada em pelo menos um outro componente do trem de acionamento à jusante 22, que, por sua vez, é acoplado a uma pluralidade de rodas de acionamento 24, uma das quais está mostrada na figura 1. Certamente, percebe-se que o componente do trem de acionamento 22 poderia também ser acoplado a uma esteira de tração no terreno.

[00014] O IVT 14 também provê potência de saída a uma ou mais cargas externas 26, que, por sua vez, provê uma carga adicional no motor IC 12. Cargas externas 26 tipicamente são na forma de cargas hidráulicas, tal como um sem-fim de descarregamento de grãos, etc. A carga total colocada sobre o motor IC 12 assim é função tanto de cargas tratoras quanto de cargas hidráulicas externas.

[00015] Um circuito de processamento elétrico 28 é configurado como um ou mais controladores. Na modalidade mostrada, o controlador 28 inclui uma unidade de controle do motor (ECU) 30 que controla eletronicamente a operação do motor IC 12, tal como a operação de injetores de combustível 38. Injetores de combustível 38 incluem injetores para cada cilindro do motor para injetar uma quantidade selecionada de combustível a um tempo predeterminado no ciclo do motor. Os injetores podem ser injetores unitários, trilhos comuns de alta pressão ou outros dispositivos. Injetores de combustível 38 recebem sinais de entrada de controle da ECU 30.

[00016] A ECU 30 é acoplada a uma pluralidade de sensores (não especificamente mostrados) associada com a operação do motor IC 12. Por exemplo, ECU 30 pode ser acoplada a um sensor que indica parâmetros de controle do motor tais como vazão de ar em um ou mais coletores de admissão, velocidade do motor, taxa e/ou sincronismo de injeção de combustível, taxa de recirculação de gás de exaustão (EGR), posição da pá do turbocarregador, etc. Adicionalmente, ECU 30 pode receber sinais de saída da

unidade de controle do veículo (VCU) 32 representando parâmetros de controle do veículo alimentados por um operador, tal como uma velocidade de terreno comandada (indicada por uma posição da alavanca de estrangulamento e/ou hidrostato) ou uma direção comandada da colheitadeira agrícola 10 (indicada por uma orientação angular da roda de direção). Como um outro exemplo, uma chave eletrônica 40 na estação do operador pode ser atuada por um operador para prover um sinal de saída à VCU 32 para atuar um sem-fim de descarregamento que define uma carga externa 26.

[00017] Similarmente, a unidade de controle de transmissão (TCU) 34 controla eletronicamente a operação de IVT 14, e é acoplada a uma pluralidade de sensores associada com a operação do IVT 14. ECU 30 e TCU 34 são acopladas uma na outra por meio de uma estrutura de barramento que provê fluxo de dados bidirecional, tal como um barramento de rede de área do controlador (CAM) 36.

[00018] Referindo-se agora à figura 2, está mostrada uma ilustração gráfica de uma modalidade de uma curva de torque isócrona com potência extra da presente invenção. A velocidade operacional do motor (em revoluções por minuto (RPM)) é exibida no eixo das ordenadas (X) e a saída de potência do motor (em kW) é exibida no eixo da abscissa (Y). O torque disponível pelo motor IC 12 está mostrado como curva de torque base 42 em que a saída de potência de pico (ou torque) ocorre a RPMs intermediárias significativamente menores que a rpm do motor nominal máxima. Na modalidade ilustrada, a saída de potência de pico de aproximadamente 317 kW ocorre a aproximadamente 2.000 RPM, e a saída de potência nominal de aproximadamente 278 kW ocorre na velocidade do motor nominal de aproximadamente 2.200 RPM. A parte isócrona 44 da curva de torque base 42 é na velocidade do motor nominal do motor IC 12, aproximadamente 2.200 RPM. Quando o motor IC é ajustado na velocidade operacional nominal, ou próximo a ela, a curva de torque base 42 é no geral isócrona, em que ela tem

uma inclinação muito acentuada aproximando-se de uma inclinação vertical. O motor IC 12 é assim governado para prover uma potência de saída que varia de zero até a potência de saída nominal na velocidade operacional nominal.

[00019] No topo da parte isócrona 44 da curva de torque base 42, a potência de saída nominal coincide com a potência de saída nominal em uma curva de torque típica com queda linear entre a potência de saída nominal e a potência de saída de pico a 2.000 RPM. Para operação em um modo normal, a curva de torque então segue a curva de torque típica com enfraquecimento linear até que a saída de potência de pico seja atingida. A saída de potência então cai à medida que a velocidade do motor diminui do ponto da saída de potência de pico. Isto provê um enfraquecimento linear 46 sobre e acima da saída de potência nominal no topo da parte isócrona 44 da curva de torque base 42.

[00020] Percebe-se que o enfraquecimento linear 46 provê um aumento no torque de saída à medida que a velocidade do motor cai da velocidade nominal de 2.200 para 2.000. Entretanto, em algumas condições operacionais, o enfraquecimento linear 46 pode não ser suficiente para permitir que uma solicitação de cultura ou outra carga transiente seja "acionada" sem o sentimento de perda de potência pelo operador. Nesses casos, uma curva de torque de intensificação 48 provê uma potência extra com uma extensão da parte isócrona 44 até uma saída de potência de intensificação nominal mais alta 50. A partir da saída de potência de intensificação nominal 50, a curva de torque de intensificação 48 então tem um enfraquecimento linear 52 até que a saída de potência de pico a 2.000 RPM seja atingida. O enfraquecimento linear 52 tem uma menor inclinação do que o enfraquecimento linear 46 de forma que a saída de potência permanece mais próxima da saída de potência de pico à medida que a velocidade do motor diminui a partir da velocidade do motor nominal.

[00021] Para utilizar a potência extra associada com a curva de torque de intensificação 48, circuito de processamento elétrico 28 pode receber um sinal de entrada indicando o uso de uma alta carga externa, tal como um sinal de saída da chave 40 indicando o uso de um sem-fim de descarga. O circuito de processamento elétrico 28 então considera que a intensificação de potência em um modo de intensificação será desejável, e usa a curva de torque de intensificação de potência 48 para estender a parte isócrona da curva de torque base 42.

[00022] Como uma outra opção, é também possível detectar a saída de potência do motor IC 12. Se a velocidade operacional do motor estiver ainda ajustada na velocidade operacional nominal, mas a saída de potência do motor estiver movendo no sentido de ficar igual ou ligeiramente acima da saída de potência nominal, então isto poderia inferir que não existe mais potência suficiente disponível na velocidade do motor nominal. Nesse caso, a potência extra pode ser implementada usando a curva de torque de intensificação 48.

[00023] Referindo-se agora à figura 3, está mostrado um fluxograma de uma modalidade do método de operação da colheitadeira agrícola 10. Depois que a colheitadeira 10 é ligada, o motor IC 12 é operado em um modo normal usando a curva de torque base 42 na maioria das condições operacionais (bloco 60). A lógica de controle permanece em um estado de espera (bloco de decisão 62, linha 64) até que um operador atue uma carga tal como um sem-fim de descarga, que é uma alta carga em um motor IC 12. O circuito de processamento elétrico 28 então opera o motor IC 12 em um modo de intensificação com a curva de torque de intensificação 48 (bloco 66). Isto essencialmente estende a parte isócrona da curva de torque efetiva na velocidade operacional do motor nominal. Alternativamente, o circuito de processamento elétrico 28 pode comutar para o modo de intensificação detectando a potência de saída do motor e velocidade operacional estabelecida, como anteriormente descrito. Se as condições operacionais

retornarem para as condições normais, não exigindo intensificação extra (bloco de decisão 68, linha 70), então a lógica de controle retorna para o bloco 60 e o motor IC 12 é novamente operado em um modo normal. Por outro lado, se as condições de alta carga persistirem, então a lógica de controle retorna para o bloco 66 e o motor IC continua operar em um modo de intensificação.

[00024] Pelo exposto, fica aparente que a presente invenção combina as vantagens de uma curva de torque de enfraquecimento com as vantagens de uma curva de torque isócrona. A colheitadeira agrícola 10 usa a operação isócrona na maioria das condições na velocidade operacional nominal que resulta em uma velocidade da sapata e velocidade do ventilador de limpeza consistentes. A velocidade da sapata pode ter um ajuste fino em uma velocidade operacional de 300 RPM a 2.200 RPM sem medo de supervelocidade. As configurações e ajustes iniciais da combinada no campo são consistentes. Adicionalmente, a presente invenção resulta em menos perdas parasitas em decorrência da menor velocidade do motor. A menor velocidade do motor por sua vez aumenta a vida do motor.

[00025] Tendo sido descritas as modalidades preferidas, fica aparente que várias modificações podem ser feitas sem fugir do escopo da invenção definido nas reivindicações anexas.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para operar um motor de combustão interna (IC) (12) em uma colheitadeira agrícola (10), caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

operar o dito motor IC (12) em um modo normal com uma curva de torque base (42) em função da velocidade operacional do motor e saída de potência do motor, a dita curva de torque base (42) sendo no geral isócrona a uma velocidade operacional nominal em uma faixa de saída de potência que termina a uma saída de potência nominal; e

operar o dito motor IC (12) em um modo de intensificação com uma curva de torque de intensificação (48) quando é necessária uma intensificação de potência acima da dita saída de potência nominal, a curva de torque de intensificação (48) tendo uma saída de potência que é acima da dita curva de torque base (42) em uma faixa pré-definida da dita velocidade operacional.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita curva de torque base (42) tem uma saída de potência de pico a uma velocidade operacional do motor menor que a dita velocidade operacional nominal, e a dita curva de torque base (42) é no geral linear entre a dita saída de potência nominal na dita velocidade operacional nominal e a dita saída de potência de pico na dita menor velocidade operacional.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que, quando o dito motor IC (12) está operando no dito modo de intensificação, a dita potência de saída aumenta no geral de forma isócrona entre a dita saída de potência nominal e a dita curva de torque de intensificação (48) para uma saída de potência de intensificação nominal.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a dita curva de torque de intensificação (48) é no geral linear entre a dita saída de potência de intensificação nominal na dita velocidade

operacional nominal e a dita saída de potência de pico na dita menor velocidade operacional.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita curva de torque de intensificação (48) é usada quando um operador engata pelo menos uma chave eletrônica (40) na colheitadeira agrícola (10).

6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a dita pelo menos uma chave eletrônica (40) corresponde a uma carga externa atuada pelo usuário.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita velocidade operacional nominal é aproximadamente 2.200 rotações por minuto (RPM) e a dita menor velocidade operacional é aproximadamente 2.000 RPM.

8. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita curva de torque base (42) é no geral isócrona na dita velocidade operacional nominal entre zero e a dita saída de potência nominal.

9. Colheitadeira agrícola (10), compreendendo:

um motor de combustão interna (IC) (12) incluindo um sistema de injeção de combustível;

um detector que provê um sinal de saída representando uma saída de potência do dito motor IC (12); e

um circuito de processamento elétrico acoplado no dito detector e que recebe o dito sinal de saída;

a colheitadeira agrícola (10) caracterizada pelo fato de que o dito circuito de processamento elétrico opera seletivamente o dito sistema de injeção de combustível em um de um modo normal e de um modo de intensificação; em que

o dito modo normal utiliza uma curva de torque base (42) em função da velocidade operacional do motor e saída de potência do motor, a

dita curva de torque base (42) sendo no geral isócrona a uma velocidade operacional nominal em uma faixa de saída de potência que termina a uma saída de potência nominal; e

o dito modo de intensificação utiliza uma curva de torque de intensificação (48) quando é necessária uma intensificação de potência acima da dita saída de potência nominal, a dita curva de torque de intensificação (48) tendo uma saída de potência que é acima da dita curva de torque base (42) em uma faixa pré-definida da dita velocidade operacional.

10. Colheitadeira agrícola (10) de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que o dito sinal de saída do dito detector corresponde a uma da dita saída de potência do dito motor IC (12) e de uma carga total no dito motor IC (12).

11. Colheitadeira agrícola (10) de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que a dita curva de torque base (42) tem uma saída de potência de pico a uma velocidade operacional do motor menor que a dita velocidade operacional nominal, e a dita curva de torque base (42) é no geral linear entre a dita saída de potência nominal na dita velocidade operacional nominal e a dita saída de potência de pico na dita menor velocidade operacional.

12. Colheitadeira agrícola (10) de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que, quando o dito motor IC (12) está operando no dito modo de intensificação, a dita potência de saída aumenta de forma no geral isócrona entre a dita saída de potência nominal e a dita curva de torque de intensificação (48) até uma saída de potência de intensificação nominal.

13. Colheitadeira agrícola (10) de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que a dita curva de torque de intensificação (48) é no geral linear entre a dita saída de potência de intensificação nominal na dita velocidade operacional nominal e a dita saída de potência de pico na dita menor velocidade operacional.

14. Colheitadeira agrícola (10) de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que a dita velocidade operacional nominal é aproximadamente 2.200 rotações por minuto (RPM) e a dita menor velocidade operacional é aproximadamente 2.000 RPM.

15. Colheitadeira agrícola de acordo com a reivindicação 9, caracterizada pelo fato de que a dita curva de torque base é no geral isócrona na dita velocidade operacional nominal entre zero e a dita saída de potência nominal.

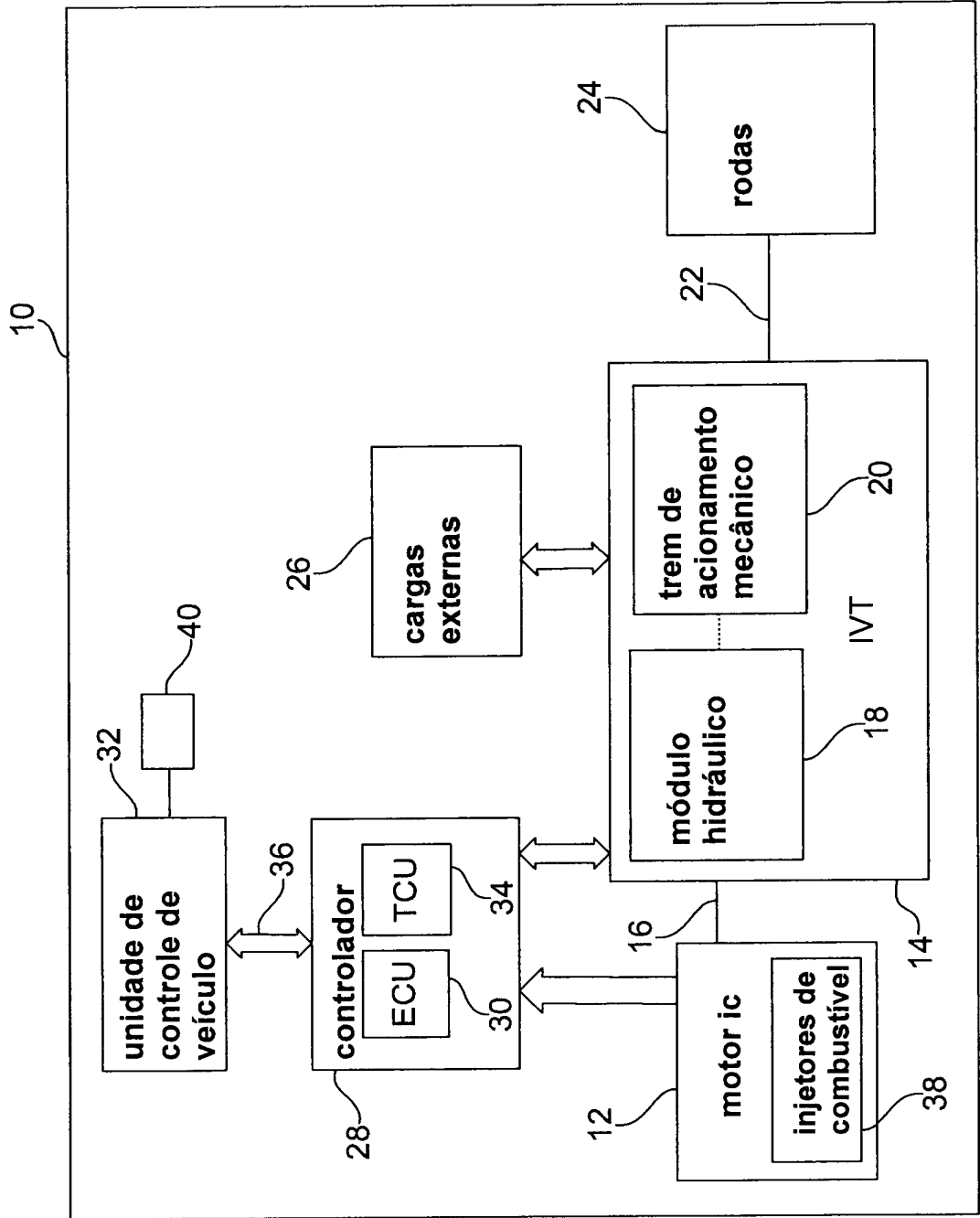
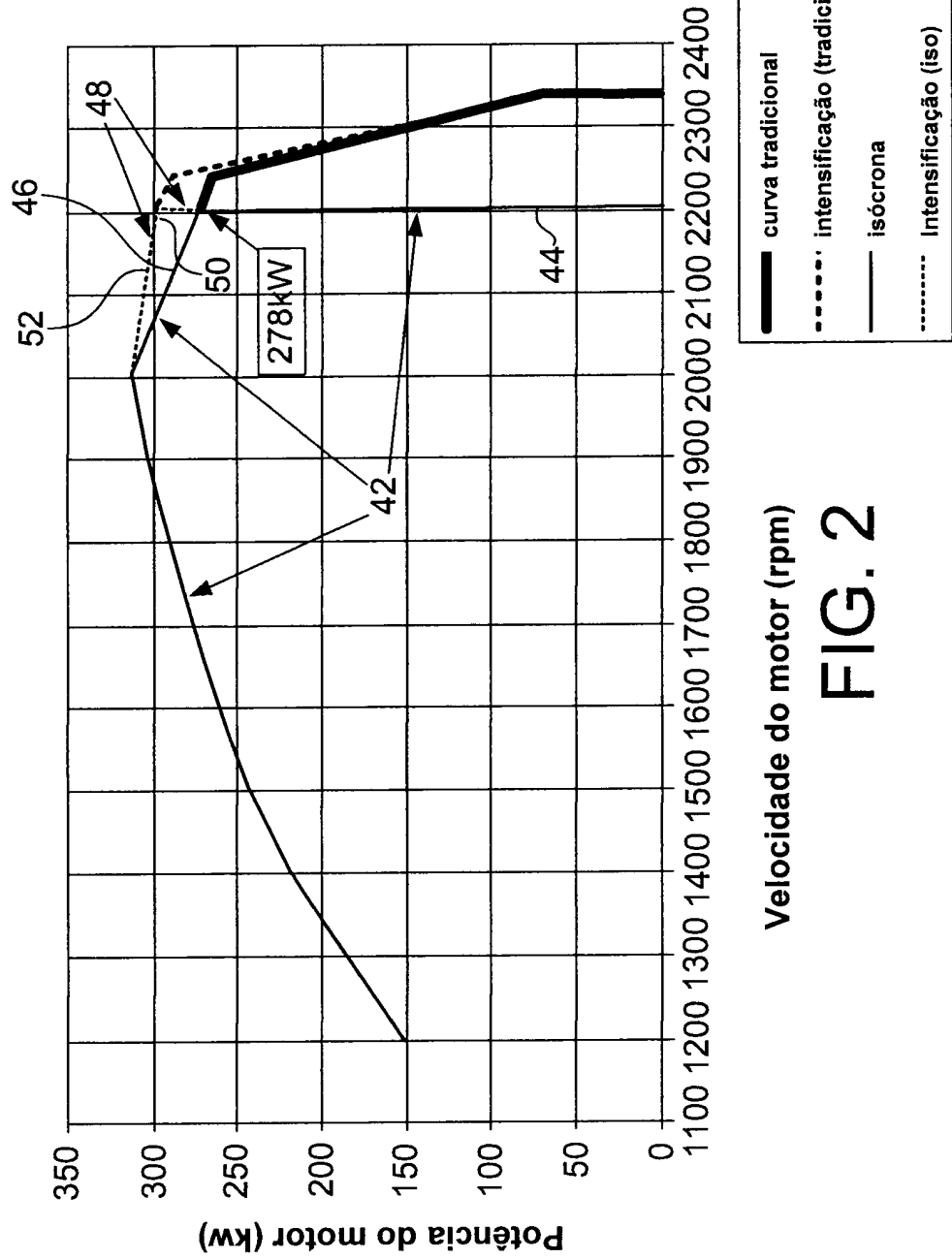


FIG. 1



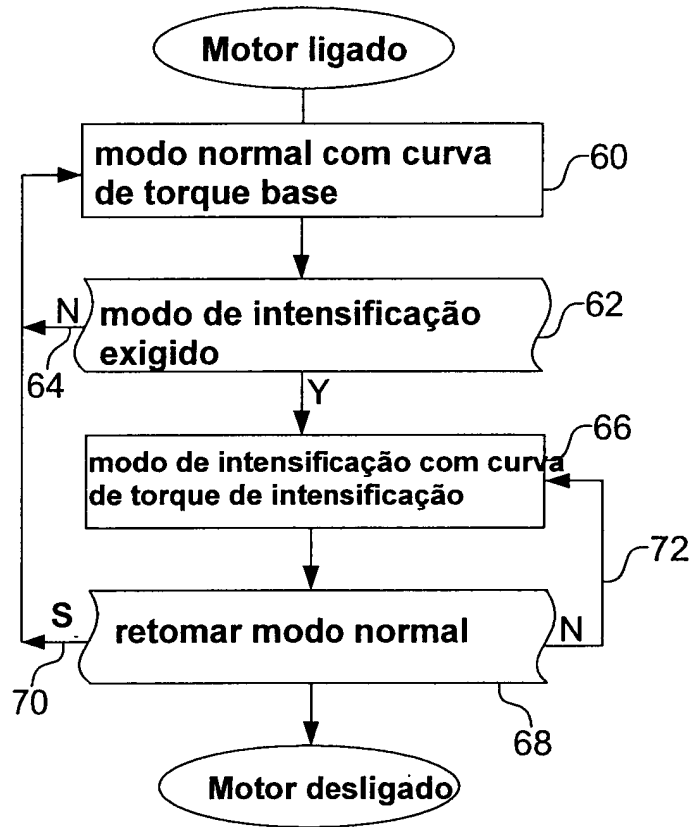


FIG. 3