



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

(21) **PI0709134-6 A2**



\* B R P I 0 7 0 9 1 3 4 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 15/03/2007  
(43) Data da Publicação: 28/06/2011  
(RPI 2112)

(51) *Int.Cl.:*  
F01P 9/00 2006.01

(54) Título: **SISTEMA E MÉTODO DE MOTOR DE CICLO DIVIDIDO PARA RECUPERAÇÃO DE PERDA DE CALOR**

(30) Prioridade Unionista: 24/03/2006 US 60/785.435

(73) Titular(es): The Scuderi Group, Llc

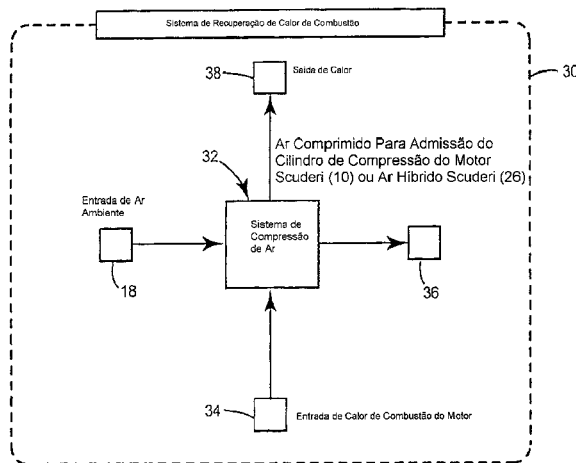
(72) Inventor(es): Charles K. Forner, Salvatore C. Scuderi, Stephen P. Scuderi

(74) Procurador(es): Orlando De Souza

(86) Pedido Internacional: PCT US2007006459 de 15/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/111839 de 04/10/2007

(57) **Resumo:** SISTEMA E MÉTODO DE MOTOR DE CICLO DIVIDIDO PARA RECUPERAÇÃO DE PERDA DE CALOR. Um sistema da recuperação de perda de calor para um motor do ciclo dividido inclui uma unidade da inversão térmica. Um dispositivo do compressor de ar está em uma comunicação com a unidade da inversão térmica. Uma entrada de perda de calor recebe a perda de calor do motor e está em uma comunicação fluida com a unidade da inversão térmica. Uma entrada de ar ambiental conectada ao dispositivo do compressor de ar extrai o ar no dispositivo do compressor de ar. Um membro da tomada de ar comprimido no dispositivo do compressor de ar em uma comunicação fluida com um cilindro da compressão do motor do racha-ciclo entrega ar comprimido do dispositivo do compressor de ar ao motor. A perda de calor do motor é comunicada à unidade da inversão térmica e a energia de perda de calor é usada para conduzir o dispositivo do compressor de ar, fazendo com que o dispositivo do compressor de ar extraia no ar ambiental através da entrada de ar ambiental, compressa o ar ambiental, e entrega ar comprimido ao motor através da tomada de ar comprimido.



SISTEMA E MÉTODO PARA RECUPERAÇÃO DE CALOR RESIDUAL DE  
MOTOR DE CICLO DIVIDIDO

CAMPO TÉCNICO

Esta invenção se refere aos motores de ciclo  
5 dividido e, mais especificamente, à recuperação de calor de  
combustão em tais motores.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

O termo motor de ciclo dividido conforme usado  
nesse pedido pode não ter recebido ainda um significado  
10 fixo comumente conhecido daqueles versados na técnica.  
Conseqüentemente, para fins de clareza, a definição a  
seguir é oferecida para o termo motor de ciclo dividido  
conforme pode ser aplicado aos motores revelados na técnica  
anterior e conforme referido no presente pedido.

15 Um motor de ciclo dividido conforme referido aqui  
compreende:

um eixo de manivelas rotativo em torno de um eixo  
geométrico do eixo de manivelas;

um pistão de força recebido de forma deslizante  
20 dentro de um cilindro de força e conectado operativamente  
ao eixo de manivelas de tal modo que o pistão de força se  
desloca alternadamente através de um tempo de força (ou  
expansão) e um tempo de descarga durante uma única rotação  
do eixo de manivelas;

25 um pistão de compressão recebido de forma  
deslizante dentro de um cilindro de compressão e conectado  
operativamente ao eixo de manivelas de tal modo que o  
pistão de compressão se desloca alternadamente através de  
um tempo de admissão e um tempo de compressão durante uma  
30 única rotação do eixo de manivelas; e

uma passagem de gás interconectando os cilindros de força e de compressão, a passagem de gás incluindo uma válvula de entrada e uma válvula de saída (ou transversal) definindo uma câmara de pressão entre as mesmas.

5           As Patentes dos Estados Unidos 6.543.225, 6.609.371 e 6.952.923, todas atribuídas ao cessionário da presente invenção, revelam exemplos de motores de combustão interna de ciclo dividido conforme aqui dividido. Essas patentes contêm uma lista extensa de patentes e publicações  
10 dos Estados Unidos e estrangeiras citadas como antecedentes na concessão dessas patentes. O termo "ciclo dividido" tem sido usado para esses motores porque eles literalmente dividem os quatro tempos de um ciclo Otto de pressão/volume convencional (isto é, admissão, compressão, força e  
15 descarga) através de dois cilindros dedicados; um cilindro dedicado para o tempo de compressão de alta pressão, e outro cilindro dedicado ao tempo de força de alta pressão.

Convencionalmente, os motores de combustão interna liberam a energia não utilizada na forma de calor  
20 para o meio ambiente. Parte dessa energia térmica, contudo, pode ser recapturada e utilizada. O uso dessa energia térmica por não só recuperar a energia que é liberada pelo motor como também reduzir o consumo de combustível, desse modo melhorando a eficiência do motor.

## 25 SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Exemplos de motores do tipo ciclo dividido são revelados nas Patentes dos Estados Unidos 6.543.225, 6.609.371 e 6.952.923 (patentes de Scuderi), aqui incorporadas integralmente mediante referência.

30           Um motor de ciclo dividido inclui geralmente um

bloco de motor tendo um primeiro cilindro e um segundo cilindro adjacente se estendendo através do mesmo. Um eixo de manivelas é articulado no bloco para rotação em torno de um eixo geométrico do eixo de manivelas. As extremidades superiores dos cilindros são fechadas por um cabeçote de cilindro.

O primeiro e o segundo cilindro definem superfícies de mancal, internas nas quais são recebidos, para movimento alternado, um pistão de força e um pistão de compressão, respectivamente. O cabeçote de cilindro, o pistão de força, e o primeiro cilindro definem uma câmara de combustão de volume variável no cilindro de força. O cabeçote de cilindro, o pistão de compressão, e o segundo cilindro definem uma câmara de compressão de volume variável no cilindro de compressão. O cabeçote de cilindro inclui também uma entrada de ar conectada ao cilindro de compressão para comunicar gás de admissão a partir de uma passagem de admissão para o cilindro de compressão.

Uma passagem de gás (ou passagem transversal) interconecta os cilindros de força e de compressão. A passagem de gás inclui uma entrada e uma saída. A entrada da passagem de gás é conectada ao cilindro de compressão e a saída da passagem de gás é conectada ao cilindro de força.

O eixo de manivelas inclui primeiro e segundo cursos axialmente deslocados e angularmente descentrados, tendo um ângulo de fase entre os mesmos. O primeiro curso de manivela é unido de forma pivotante por intermédio de uma primeira haste de conexão ao pistão de força e o segundo curso de manivela é unido de forma pivotante por

intermédio de uma segunda haste de conexão ao pistão de compressão para reciprocitar os pistões em seus cilindros em relação sincronizada determinada pelo deslocamento angular de seus cursos de manivela e as relações geométricas dos cilindros, manivela, e pistões.

Mecanismos alternativos para relacionar o movimento e o sincronismo dos pistões podem ser utilizados se desejado. O sincronismo pode ser similar às revelações das patentes de Scuderi ou variada conforme desejado em relação a elas.

Um modo de operação do motor de combustão interna (ICE) é geralmente o modo de operação normal de um motor de ciclo dividido. Os tempos de admissão, compressão, força e descarga de um ciclo de motor de pistão convencional são divididos entre os cilindros de compressão e força do motor de ciclo dividido. No modo ICE, o pistão de compressão puxa para dentro e comprime o ar de entrada ambiente para uso no cilindro de força. O ar comprimido é admitido ao cilindro de força com combustível logo após o pistão de força atingir a sua posição de centro morto superior (TDC) no início de um tempo de expansão. A mistura de combustível/ar é então inflamada, queimada e expandida no mesmo tempo de expansão do pistão de força, transmitindo força ao eixo de manivelas. Os produtos da combustão são descarregados no tempo de descarga.

Um sistema de recuperação de calor de combustão para um motor de ciclo dividido tendo um cilindro de compressão, um cilindro de força, e uma passagem de gás interconectando os cilindros de compressão e de força de acordo com a invenção inclui uma unidade de troca de calor

e um dispositivo compressor de ar em comunicação de fluido com a unidade de troca de calor. O sistema também inclui uma entrada de calor de combustão em comunicação de fluido com a unidade de troca de calor que recebe e introduz o calor de combustão a partir do motor na unidade de troca de calor. Uma admissão de ar ambiente é conectada ao dispositivo compressor de ar para puxar o ar para dentro do dispositivo compressor de ar. Um elemento de saída de ar comprimido do dispositivo compressor de ar em comunicação de fluido com o cilindro de compressão do motor de ciclo dividido permite o fornecimento de ar comprimido a partir do dispositivo compressor de ar para o motor. O calor de combustão do motor é comunicado à unidade de troca de calor e a energia a partir do calor de combustão é usada para acionar o dispositivo compressor de ar, fazendo com que o dispositivo compressor de ar puxe para dentro o ar ambiente através da admissão de ar ambiente, comprima o ar ambiente, e forneça o ar comprimido ao motor através da saída de ar comprimido.

Em uma modalidade específica, um subsistema de refrigerante do motor pode estar em comunicação com a unidade de troca de calor, e o refrigerante do motor é circulado a partir do motor através da unidade de troca de calor. Adicionalmente, um subsistema de descarga do motor pode estar em comunicação com a unidade de troca de calor para passar o gás de descarga do motor através da unidade de troca de calor. O sistema pode também incluir uma linha de circulação para circular o meio de troca de calor entre a unidade de troca de calor e o dispositivo compressor de ar. O meio de troca de calor pode ser um entre um

refrigerante e água. O condensador pode ser conectado operativamente à linha de circulação. Uma bomba pode ser conectada operativamente à linha de circulação para bombear o meio de troca de calor através da linha de circulação.

5 O motor de ciclo dividido também pode incluir um tanque de armazenamento de ar, e o ar comprimido pode ser armazenado no tanque de armazenamento de ar. Uma primeira válvula pode controlar o fluxo para dentro do tanque de armazenamento, uma segunda válvula pode controlar o fluxo para fora do tanque de armazenamento, e uma terceira  
10 válvula pode controlar o fluxo através da passagem de gás, desse modo permitindo que o ar comprimido carregue simultaneamente o tanque de armazenamento e acione o cilindro de força quando a primeira e a segunda válvula controlando o fluxo para dentro e para fora do tanque de  
15 armazenamento estão abertas e a terceira válvula controlando o fluxo através da passagem de gás está fechada.

Em uma modalidade separada, um sistema de  
20 recuperação de calor de combustão para um motor de ciclo dividido tendo um cilindro de compressão e um cilindro de força inclui uma unidade de troca de calor para transferir energia térmica a partir do calor de combustão do motor para um meio de troca de calor. A unidade de troca de calor  
25 tem um lado de calor de combustão e um lado de meio de troca de calor. O lado de calor de combustão da unidade de troca de calor inclui uma entrada de calor de combustão que recebe o calor de combustão a partir do motor e introduz o calor de combustão recebido na unidade de troca de calor. O  
30 lado do meio de troca de calor da unidade de troca de calor

inclui uma entrada de meio de troca de calor para receber o meio de troca de calor. Uma saída de calor de combustão é conectada ao lado de calor de combustão da unidade de troca de calor, e uma saída do meio de troca de calor é conectada  
5 ao lado do meio de troca de calor da unidade de troca de calor. O sistema inclui também um dispositivo compressor de ar tendo uma entrada de meio de troca de calor em comunicação com a saída do meio de troca de calor da unidade de troca de calor, uma saída do meio de troca de  
10 calor conectada operativamente de uma forma em laço à entrada do meio de troca de calor da unidade de troca de calor, uma admissão de ar ambiente para puxar para dentro do ar ambiente, para dentro do dispositivo compressor de ar, e uma saída de ar comprimido conectada a uma admissão  
15 de ar do cilindro de compressão do motor de ciclo dividido para fornecer o ar comprimido ao motor. A energia extraída a partir do meio de troca de calor aciona o dispositivo compressor de ar para puxar para dentro o ar ambiente através da admissão de ar ambiente e para expelir o ar  
20 comprimido para o motor.

Um método de recuperar o calor de combustão a partir de um motor de ciclo dividido tendo um cilindro de compressão e um cilindro de força inclui as etapas de:  
prover um sistema de compressão de ar incluindo um  
25 dispositivo compressor de ar; fornecer o calor de combustão a partir do motor para o sistema de compressão de ar; utilizar a energia a partir do calor de combustão para acionar o dispositivo compressor de ar para produzir o ar comprimido; e fornecer o ar comprimido gerado pelo calor de  
30 combustão a partir do dispositivo compressor de ar para o

cilindro de compressão do motor de ciclo dividido.

Em uma modalidade específica do método, uma unidade de troca de calor pode ser provida para utilizar o calor de combustão para mudar um meio de troca de calor a partir de uma fase líquida para uma fase gasosa. A etapa de fornecer o calor de combustão a partir do motor para o sistema de compressão de ar pode incluir circular o refrigerante do motor através do motor e da unidade de troca de calor. Além disso, a etapa de fornecer o calor de combustão a partir do motor para o sistema de compressão de ar pode incluir passar os gases de combustão do motor a partir do motor através da unidade de troca de calor. Após a passagem dos gases de descarga através da unidade de troca de calor, os gases de descarga podem ser ventilados para atmosfera através de um sistema de descarga do motor.

O método pode incluir ainda a etapa de circular o meio de troca de calor através da unidade de troca de calor e do dispositivo compressor de ar. A etapa de circular o meio de troca de calor pode incluir bombear o meio de troca de calor. Um condensador pode ser provido a jusante do dispositivo compressor de ar para mudar o meio de troca de calor a partir da fase gasosa para a fase líquida. Calor em excesso a partir do condensador pode ser ventilado para atmosfera. O dispositivo compressor de ar pode puxar o ar ambiente através de uma admissão de ar ambiente. O ar comprimido gerado pelo calor de combustão pode ser fornecido ao motor através de uma saída de ar comprimido conectado operativamente a uma admissão de ar do motor. O ar comprimido gerado pelo calor de combustão também pode ser armazenado em um tanque de armazenamento de ar do motor

de ciclo dividido. Adicionalmente, um tanque de fornecimento de ar do motor de ciclo dividido pode ser carregado com ar comprimido gerado pelo calor de combustão a partir do cilindro de compressão enquanto o cilindro de força é simultaneamente acionado com o ar comprimido gerado pelo calor de combustão a partir do tanque de armazenamento de ar.

Essas e outras características e vantagens da invenção serão mais completamente entendidos a partir da descrição detalhada seguinte da invenção considerado em conjunto com os desenhos anexos.

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

Nos desenhos:

A Figura 1 é uma vista esquemática ilustrando geralmente um sistema de recuperação de calor de combustão para um motor de ciclo dividido;

A Figura 2 é uma vista esquemática do sistema de recuperação de calor de combustão da Figura 1 ilustrando um subsistema de compressão de ar e subsistema de calor de combustão do motor, em detalhe;

A Figura 3 é uma vista esquemática de um motor de ciclo dividido utilizando o sistema de recuperação de calor de combustão; e

A Figura 4 é uma vista esquemática alternativa de um motor de ciclo dividido utilizando o sistema de recuperação de calor de combustão.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Com referência agora aos desenhos, em detalhe, o numeral 10 geralmente indica um motor de ciclo dividido, tal como um motor de ciclo dividido Scuderi. Como mostrado

na Figura 3, o motor de ciclo dividido 10 inclui um bloco de motor tendo ao menos um cilindro de compressão 12 e um cilindro de força adjacente emparelhado 14. O motor 10 pode ter qualquer número de pares de cilindros de compressão e cilindros de força. Uma passagem de gás 16 (também referida como passagem transversal) interconecta o cilindro de compressão 12 e o cilindro de força 14 de cada par. A passagem de gás inclui uma entrada e uma saída definindo uma câmara de pressão entre as mesmas. A entrada da passagem de gás é conectada ao cilindro de compressão 12 e a saída da passagem de gás é conectada ao cilindro de força 14.

Um pistão de compressão 13 é recebido no cilindro de compressão 12. Similarmente, um pistão de força 15 é recebido no cilindro de força 14. Um eixo de manivelas giratório em torno de um eixo geométrico de um eixo de manivelas é conectado operativamente ao pistão de compressão 13 e pistão de força 15. O pistão de compressão 13 se desloca alternadamente através de um tempo de admissão e de um tempo de compressão durante uma única rotação do eixo de manivelas, e o pistão de força 15 se desloca alternadamente através de um tempo de força (ou expansão) e um tempo de descarga durante uma única rotação do eixo de manivelas.

O cilindro de compressão 12 inclui uma admissão de ar 17 para comunicar o gás de admissão tal como ar ambiente a partir de uma passagem de admissão 23 para dentro do cilindro de compressão 12. O cilindro de força 14 inclui um orifício de descarga 19 para liberar os gases de descarga 20 a partir do cilindro de força 14 para dentro de

uma passagem de descarga 25.

Um modo de operação do motor de combustão interna (ICE) é geralmente o modo de operação normal do motor de ciclo dividido 10. Os tempos de admissão, compressão, força e descarga de um ciclo do motor de pistão convencional são divididos entre os cilindros de compressão 12 e força 14 do motor de ciclo dividido 10. No modo ICE, o pistão de compressão 13 puxa para dentro e comprime o ar de entrada ambiente a partir da passagem de admissão 23 para uso no cilindro de força 14. O ar comprimido e o combustível comunicado por intermédio da linha de combustível 22 a partir do reservatório de combustível 27 são admitidos no cilindro de força 14 através da passagem de gás 16 logo após o pistão de força 15 atingir a sua posição de centro morto superior (TDC) no início de um tempo de expansão. Alternativamente, o combustível pode ser injetado diretamente no cilindro de força 14 por intermédio da linha de combustível 22. A mistura de combustível/ar é então inflamada, queimada e expandida no mesmo tempo de expansão do pistão de força 15, transmitindo força para o eixo de manivela. Os produtos de combustão são descarregados no tempo de descarga através da passagem de descarga 25.

Opcionalmente, o motor 10 pode incluir um tanque de armazenamento de ar 24 e geralmente pode ser referido como um motor de ciclo dividido híbrido de ar 26. O motor de ciclo dividido híbrido de ar 26 inclui todos os componentes do motor de ciclo dividido 10. Como híbrido de ar, o motor de ciclo dividido 26 pode armazenar o ar comprimido no tanque de armazenamento de ar 24 para uso posterior. O ar comprimido armazenado no tanque de

armazenamento de ar 24 pode ser usado como uma carga de ar de admissão a ser misturada com o combustível para combustão dentro do cilindro de força 12.

Alternativamente, o ar comprimido a partir do tanque de armazenamento de ar 24 pode ser fornecido ao cilindro de força 14 sem ser misturado com combustível de tal modo que nenhuma combustão ocorre no cilindro de força. Nesse modo de operação, ar comprimido armazenado no tanque de armazenamento de ar 24 pode ser usado para acionar o pistão de força 15 no cilindro de força 14. Esse modo de operação geralmente pode ser referido como um modo de acionamento de ar.

A presente invenção provê um sistema de recuperação de calor de combustão 30 para o motor de ciclo dividido 10. O sistema de recuperação de calor de combustão 30 conforme visto na Figura 1 utiliza o calor de combustão gerado pelo motor de ciclo dividido 10 e coletado por uma ou mais entradas de calor de combustão 34 em comunicação de fluido com uma unidade de troca de calor 46. A entrada de calor de combustão 34 tipicamente recebe o calor de combustão do motor a partir de um fluido tal como gás de descarga ou refrigerante do motor. A energia convertida a partir do calor de combustão é usada para acionar um sistema de compressão de ar 32. O sistema de compressão de ar 32 inclui um dispositivo compressor de ar 48, tal como uma bomba, turbina, ou outro dispositivo de compressão, para comprimir o ar ambiente, o qual é puxado para dentro através de uma admissão de ar ambiente 18. O ar comprimido é comunicado através de uma saída de ar comprimido 36 no dispositivo compressor de ar 48 para o cilindro(s) de

compressão 12 do motor de ciclo dividido 10. O ar comprimido pode ser comprimido adicionalmente no cilindro de compressão 12 para uso imediato no acionamento do motor de ciclo dividido 10 quando o motor está operando em seu modo ICE. Alternativamente, o ar comprimido pode ser armazenado no tanque de armazenamento de ar 24 para posterior uso no processo de combustão o qual aciona o motor 10. O ar comprimido armazenado também pode ser usado para acionar o motor 10 sem a necessidade de combustão no cilindro de força 14 (por exemplo, no modo de acionamento de ar). O presente sistema de recuperação de calor de combustão 30 desse modo utiliza o calor do motor que de outro modo seria desperdiçado e melhora a eficiência do combustível do motor 10 mediante redução do consumo de combustível.

Com referência às Figuras 1 a 3, o sistema de recuperação de calor de combustão 30 geralmente inclui um sistema de compressão de ar 32. O calor de combustão do motor recebido a partir de uma ou mais entradas de calor de combustão 34 em comunicação com uma unidade de troca de calor 46, tal como um trocador de calor, recebe o calor de combustão do motor a partir de um fluido, tipicamente refrigerante do motor, gás de descarga, ou semelhante, e utiliza a energia do calor de combustão para acionar o sistema de compressão de ar 32, o qual comprime o ar ambiente. O ar comprimido e calor são os produtos a partir do sistema de compressão de ar 32. O ar comprimido pode ser introduzido no cilindro de compressão 12 do motor de ciclo dividido 10 a ser usado pelo motor ou armazenado no tanque de armazenamento 24 para uso posterior, conforme descrito

em mais detalhe abaixo.

O calor de combustão do motor gerado pelo motor 10 inclui não só o calor no refrigerante do motor como também o calor nos gases de descarga do motor. Em um 5 subsistema e refrigerante de motor 40, o refrigerante do motor puxa o calor a partir do bloco do motor para esfriar o bloco do motor como sabido na técnica. O refrigerante do motor no subsistema de refrigerante do motor 40 é comunicado ao sistema de compressão de ar 32 e retornado 10 para o motor 10 por intermédio do retorno do subsistema de refrigerante de motor 41. Especificamente, refrigerante de motor quente é submetido a ciclos através do sistema de compressão de ar 32 para transferir a energia térmica a partir do refrigerante do motor quente para um meio de 15 troca de calor, o qual por sua vez flui em um laço cíclico por intermédio da linha de circulação 44 dentro do sistema de compressão de ar 32 e esfria o refrigerante do motor. Similarmente, um subsistema de gás de descarga 20 recebe os gases de descarga gerados pelo processo de combustão no 20 motor 10. O subsistema de gás de descarga 20 comunica os gases de descarga com o sistema de compressão de ar 32. Mais especificamente, os gases de descarga quentes no subsistema de gás de descarga 20 são passados através do sistema de compressão de ar 32 para transferir a energia 25 térmica para o meio de troca de calor, e para recuperar a energia térmica nos gases de descarga antes de ventilar o gás de descarga para atmosfera por intermédio de uma saída de descarga 42.

O subsistema de refrigerante do motor 40 e o 30 subsistema de gás de descarga 20 estão em comunicação de

fluido com a entrada de calor de combustão 34 da unidade de troca de calor 46. O calor a partir do refrigerante do motor e dos gases de descarga do motor é transferido para o meio de troca de calor por intermédio da unidade de troca de calor 46. A unidade de troca de calor 46 é incluída no sistema de compressão de ar 32. A unidade de troca de calor 46 tem um lado de calor de combustão e um lado de meio de troca de calor. A entrada de calor de combustão 34 recebe os fluidos (por exemplo, refrigerante, gases de descarga) a partir do motor no lado de calor de combustão da unidade de troca de calor 46. As saídas de calor de combustão 47 são conectadas ao lado de calor de combustão da unidade de troca de calor 46 para comunicar os fluidos fora do lado de calor de combustão da unidade de troca de calor. O lado do meio de troca de calor da unidade de troca de calor 46 inclui uma entrada de meio de troca de calor 49 para receber o meio de troca de calor na unidade de troca de calor. Uma saída de meio de troca de calor 51 é conectada ao lado do meio de troca de calor para comunicar o meio de troca de calor fora da unidade de troca de calor 46.

A unidade de troca de calor 46 pode ser um evaporador, depósito de água quente; ou outro aparelho de troca de calor, adequado. O meio de troca de calor pode ser um refrigerante, água, ou outro meio de troca de calor similar adequado para o sistema de compressão de ar 32 da presente invenção. Na unidade de troca de calor 46, o meio de troca de calor é aquecido e muda da fase líquida para a fase gasosa.

Embora passando através da unidade de troca de calor 46, o meio de troca de calor absorve o calor de

combustão do motor e é evaporado e convertido para a fase gasosa. O meio de troca de calor gasoso, em expansão é então comunicado a partir da unidade de troca de calor 46 por intermédio da saída 51 para uma entrada de meio de troca de calor 53 do dispositivo compressor de ar 48. O meio de troca de calor gasoso é utilizado para acionar o dispositivo compressor de ar 48, o qual puxa para dentro o ar ambiente através da admissão 18 e expelle o ar comprimido através da saída 36.

10 O meio de troca de calor sai do dispositivo compressor de ar 48 através da saída de meio de troca de calor 55 e passa para um condensador 50 onde ele é condensado de volta para uma fase líquida. No condensador 50, qualquer calor em excesso retido pelo meio de troca de calor 44 é capturado e liberado para a atmosfera por intermédio de uma saída de calor 38 tal como um suspiro ou similar. O meio de troca de calor é então bombeado de volta para a unidade de troca de calor 46 por uma bomba 55 completando o laço de fluxo do fluido para começar outra vez o seu ciclo.

O sistema de compressão de ar 32 é acoplado a um cilindro(s) de compressão, dedicado 12 do motor de ciclo dividido 10. O ar comprimido a partir do sistema de compressão de ar 32 é alimentado ao cilindro de compressão 12 através da passagem de admissão 23 do cilindro de compressão. O ar ambiente também pode ser puxado para dentro do cilindro de compressão 12 através da admissão de ar 17 para compressão no cilindro de compressão. O ar comprimido pode então se deslocar para o cilindro de força 14 através da passagem de gás 16. Alternativamente, o ar

comprimido pode ser armazenado no tanque de armazenamento de ar 24 para uso posterior pelo motor 10. O ar comprimido pode entrar no tanque de armazenamento de ar 24 através de um orifício 54 que ramifica a passagem de gás 16.

5 O combustível pode ser injetado diretamente no cilindro de força 14 para mistura com o ar comprimido 36 para formar uma mistura combustível que é inflamada no cilindro de força para criar força. Alternativamente, o combustível pode ser combustível de orifício injetado na  
10 passagem de gás 16 a jusante do orifício de ramificação 54 para se misturar com o ar comprimido antes de entrar no cilindro de força 14.

A combustão no cilindro de força 14 gera gases de descarga quentes que são alimentados ao sistema de  
15 compressão de ar 32 por intermédio do subsistema de gás de descarga 20 conforme descrito acima. Adicionalmente, a combustão no motor 10 aquece o bloco do motor. Refrigerante do motor no subsistema de refrigerante de motor 40 é passado em ciclos através do bloco do motor para o sistema  
20 de compressão de ar 32 e a partir do mesmo por uma bomba 56 para esfriar o bloco do motor conforme descrito acima.

No modo de operação de acionamento de ar, o motor de ciclo dividido 10 pode usar o ar comprimido gerado pelo sistema de compressão de ar 32 e armazenado no tanque de  
25 armazenamento de ar 24 para acionar o pistão de força 15 no cilindro de força 14. Após o ar comprimido ter se expandido no cilindro de força 14, o ar pode ser descarregado através da passagem de descarga 25. Nesse modo, o cilindro de compressão 12 está inativo e nenhuma combustão ocorre no  
30 cilindro de força 14.

Com referência agora à Figura 4, em uma modalidade alternativa do motor de ciclo dividido de ar híbrido 126, o ar ambiente comprimido a partir do cilindro de compressão 112 entra no tanque de armazenamento 124 através da passagem de entrada 158, a qual é conectada ao orifício 154. O ar armazenado sai do tanque de armazenamento de ar 124 através da passagem de saída 160, a qual é conectada ao orifício 162. As válvulas 164 e 166 controlam o fluxo para dentro e para fora do tanque 124, enquanto que a válvula 168 controla o fluxo através da passagem de gás 116. Com as válvulas de controle 164 e 166 abertas e a válvula 168 fechada, o ar comprimido gerado pelo calor de combustão pode carregar simultaneamente o tanque 124 através da passagem de entrada 158 enquanto acionando o cilindro de força 114 por intermédio da passagem de saída 160. Além disso, nessa configuração, as válvulas 164, 166, e 168 podem ser utilizadas para prover controle de fluxo adicional entre o tanque de ar 124 e o cilindro de compressão 112 ou o cilindro de força 114. Em outros aspectos restantes, o motor de ar híbrido de ciclo dividido 126 tem as mesmas características que o ar híbrido de ciclo dividido 26, e numerais de referência semelhantes indicam características similares.

Embora a invenção tenha sido descrita mediante referência a uma modalidade específica, deve ser entendido que várias alterações podem ser feitas dentro do espírito e escopo dos conceitos inventivos descritos. Conseqüentemente, pretende-se que a invenção não seja limitada à modalidade descrita, mas que ela tenha o escopo pleno definido pela linguagem das reivindicações a seguir.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Sistema de recuperação de calor de combustão para um motor de ciclo dividido incluindo um cilindro de compressão, um cilindro de força, e uma passagem de gás interconectando o cilindro de compressão e o cilindro de força, o sistema de recuperação de calor de combustão caracterizado por compreender:

uma unidade de troca de calor;

um dispositivo compressor de ar em comunicação de fluido com a unidade de troca de calor;

uma entrada de calor de combustão para receber o calor de combustão a partir do motor em comunicação de fluido com a unidade de troca de calor;

uma admissão de ar ambiente conectada ao dispositivo compressor de ar para puxar o ar para dentro do dispositivo compressor de ar; e

um elemento de saída de ar comprimido no dispositivo compressor de ar em comunicação de fluido com o cilindro de compressão do motor de ciclo dividido para fornecimento do ar comprimido a partir do dispositivo compressor de ar para o motor;

em que o calor de combustão do motor é comunicado à unidade de troca de calor e a energia a partir do calor de combustão é usada para acionar o dispositivo compressor de ar.

2. Sistema de recuperação de calor de combustão, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um subsistema de refrigerante do motor está em comunicação com a unidade de troca de calor, e o refrigerante do motor é circulado a partir do motor através

da unidade de troca de calor.

3. Sistema de recuperação de calor de combustão, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um subsistema de descarga do motor está em comunicação  
5 com a unidade de troca de calor para passar o gás de descarga do motor através da unidade de troca de calor.

4. Sistema de recuperação de calor de combustão, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por incluir uma linha de circulação para circular o meio de troca de  
10 calor entre a unidade de troca de calor e o dispositivo compressor de ar.

5. Sistema de recuperação de calor de combustão, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o meio de troca de calor é um entre um refrigerante e  
15 água.

6. Sistema de recuperação de calor de combustão, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por incluir um condensador conectado operativamente à linha de  
circulação.

7. Sistema de recuperação de calor de combustão, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado por incluir uma bomba conectada operativamente à linha de circulação  
20 para bombear o meio de troca de calor através da linha de circulação.

8. Sistema de recuperação de calor de combustão, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o motor de ciclo dividido inclui um tanque de  
25 armazenamento de ar, e o ar comprimido é armazenado no tanque de armazenamento de ar.

9. Sistema de recuperação de calor de combustão,

30

de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por incluir uma primeira válvula para controlar o fluxo para dentro do tanque de armazenamento, uma segunda válvula para controlar o fluxo para fora do tanque de armazenamento, e uma  
5 terceira válvula para controlar o fluxo através da passagem de gás, em que o ar comprimido simultaneamente carrega o tanque de armazenamento e aciona o cilindro de força quando a primeira e a segunda válvula controlando o fluxo para dentro e para fora do tanque de armazenamento estão abertas  
10 e a terceira válvula controlando o fluxo através da passagem de gás está fechada.

10. Sistema de recuperação de calor de combustão para um motor de ciclo dividido incluindo um cilindro de compressão e um cilindro de força, o sistema de recuperação  
15 de calor de combustão caracterizado por compreender:

uma unidade de troca de calor para transferir energia térmica a partir do calor de combustão do motor para um meio de troca de calor, a unidade de troca de calor tendo um lado de calor de combustão e um lado de meio de  
20 troca de calor;

o lado de calor de combustão da unidade de troca de calor incluindo uma entrada de calor de combustão para receber o calor de combustão a partir do motor;

o lado do meio de troca de calor da unidade de  
25 troca de calor incluindo uma entrada de meio de troca de calor para receber o meio de troca de calor;

uma saída de calor de combustão conectada ao lado de calor de combustão da unidade de troca de calor;

uma saída de meio de troca de calor conectada ao  
30 lado do meio de troca de calor da unidade de troca de

calor; e

um dispositivo compressor de ar incluindo:

5 uma entrada de meio de troca de calor em  
comunicação com a saída do meio de troca de calor da  
unidade de troca de calor;

uma saída de meio de troca de calor  
conectada operativamente em uma forma de laço à entrada de  
meio de troca de calor da unidade de troca de calor;

10 uma admissão de ar ambiente para puxar para  
dentro o ar ambiente, para dentro do dispositivo compressor  
de ar;

uma saída de ar comprimido conectada a uma  
admissão de ar do cilindro de compressão do motor e ciclo  
dividido para fornecer ar comprimido ao motor;

15 em que a energia extraída do meio de troca de  
calor aciona o dispositivo compressor de ar.

11. Método de recuperar calor de combustão a  
partir de um motor de ciclo dividido incluindo um cilindro  
de compressão e um cilindro de força, o método  
20 caracterizado por compreender:

prover um sistema de compressão de ar incluindo  
um dispositivo compressor de ar;

fornecer o calor de combustão a partir do motor  
para o sistema de compressão de ar;

25 utilizar a energia a partir do calor de combustão  
para acionar o dispositivo compressor de ar; e

fornecer o ar comprimido gerado pelo calor de  
combustão a partir do dispositivo compressor de ar para o  
cilindro de compressão do motor de ciclo dividido.

30 12. Método, de acordo com a reivindicação 11,

caracterizador por incluir a etapa de:

prover uma unidade de troca de calor para utilizar o calor de combustão para mudar um meio de troca de calor a partir de uma fase líquida para uma fase gasosa.

5 13. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a etapa de fornecer calor de combustão a partir do motor para o sistema de compressão de ar inclui:

10 circular o refrigerante do motor através do motor e da unidade de troca de calor.

14. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a etapa de fornecer o calor de combustão a partir do motor para o sistema de compressão de ar inclui:

15 passar os gases de descarga do motor a partir do motor através da unidade de troca de calor.

15. Método, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado por incluir a etapa de:

20 ventilar os gases de descarga para a atmosfera através de um sistema de descarga do motor após a passagem dos gases de descarga através da unidade de troca de calor.

16. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado por incluir as etapas de:

25 circular o meio de troca de calor através da unidade de troca de calor e do dispositivo compressor de ar.

17. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a etapa de circular o meio de troca de calor inclui:

30 bombear o meio de troca de calor.

18. Método, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por incluir a etapa de:

5 prover um condensador a jusante do dispositivo compressor de ar para mudar o meio de troca de calor a partir da fase gasosa para a fase líquida.

19. Método, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por incluir a etapa de:

ventilar o calor em excesso a partir do condensador para atmosfera.

10 20. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por incluir a etapa de:

puxar o ar ambiente para dentro do dispositivo compressor de ar através de uma admissão de ar ambiente.

15 21. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por incluir a etapa de:

fornecer o ar comprimido gerado pelo calor de combustão para o motor através de uma saída de ar comprimido conectada operativamente a uma admissão de ar do motor.

20 22. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por incluir a etapa de:

armazenar o ar comprimido gerado pelo calor de combustão a partir do cilindro de compressão em um tanque de armazenamento de ar do motor de ciclo dividido.

25 23. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado por incluir as etapas de:

carregar um tanque de armazenamento do motor de ciclo dividido com ar comprimido gerado pelo calor de combustão a partir do cilindro de compressão; e

30 acionar simultaneamente o cilindro de força com o

ar comprimido gerado pelo calor de combustão a partir do tanque de armazenamento de ar.

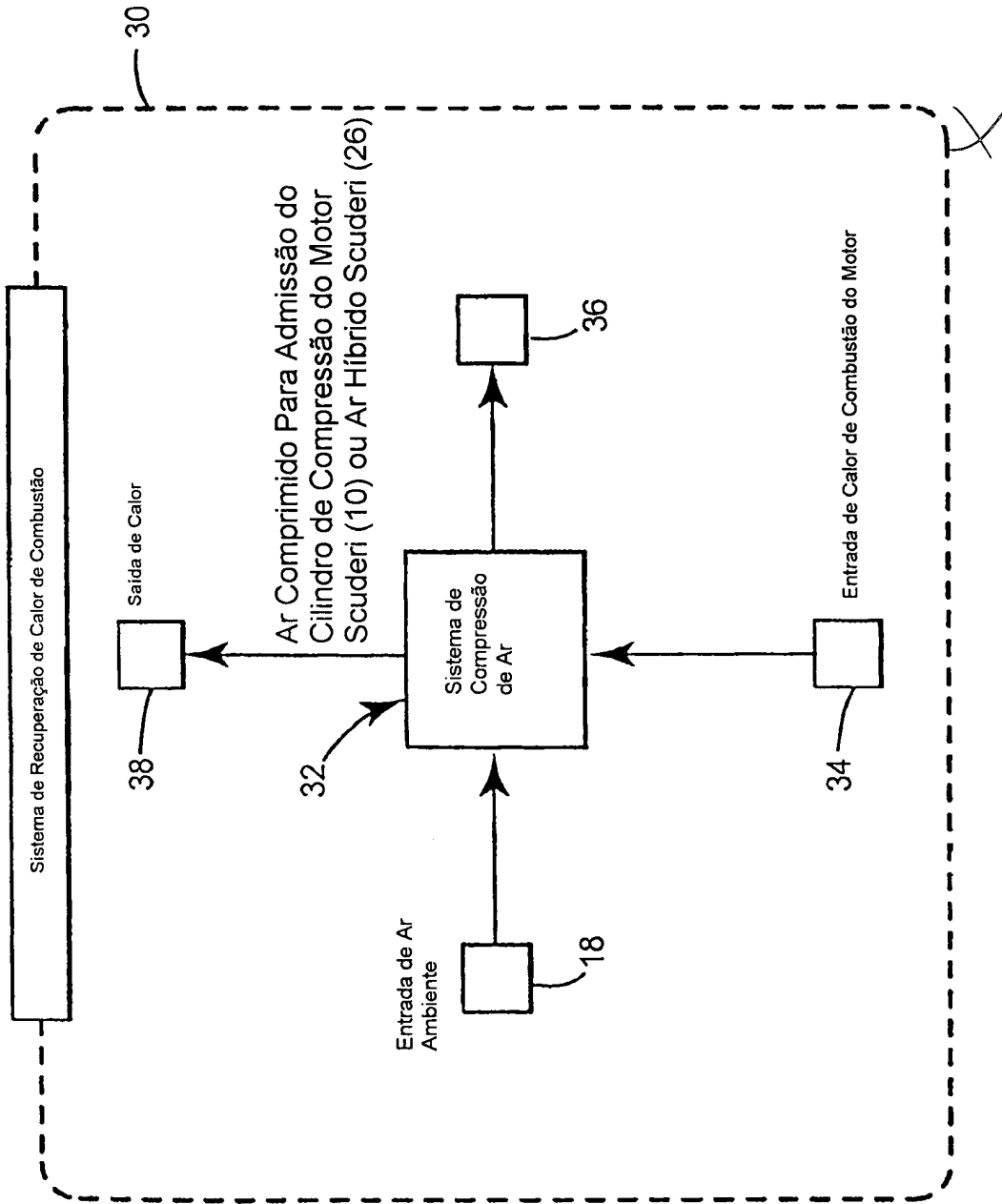


FIGURA 1

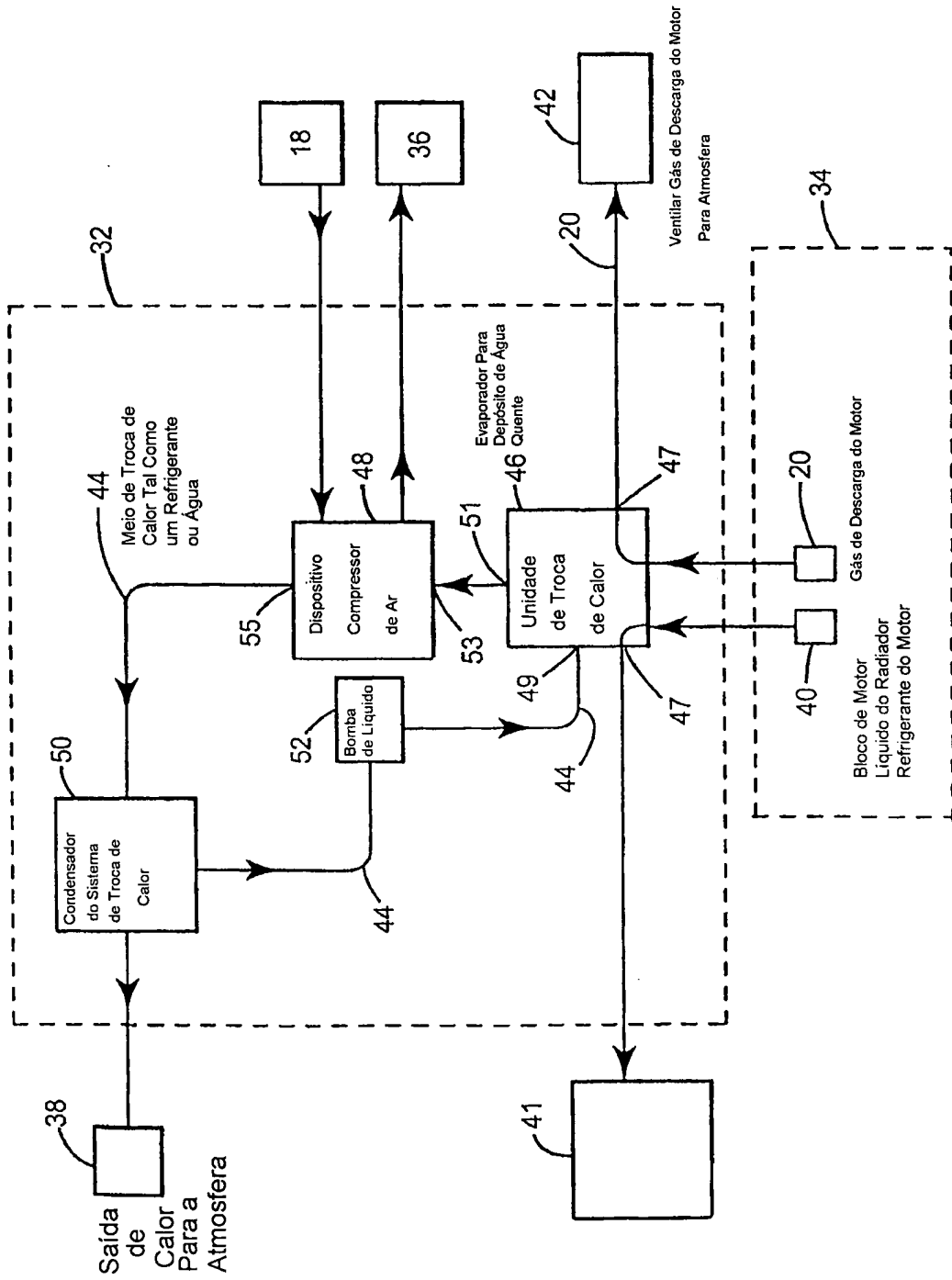


FIGURA 2

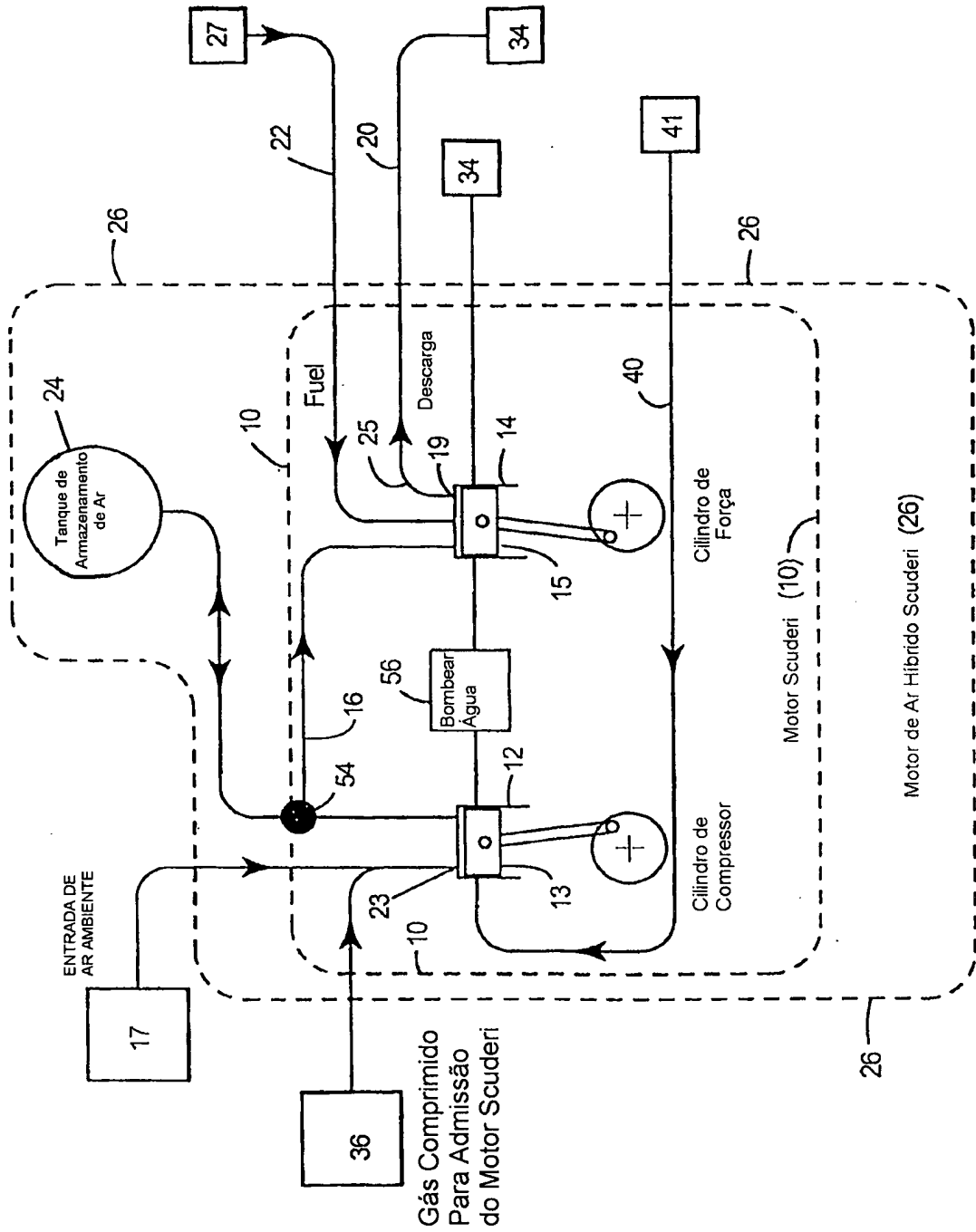


FIGURA 3

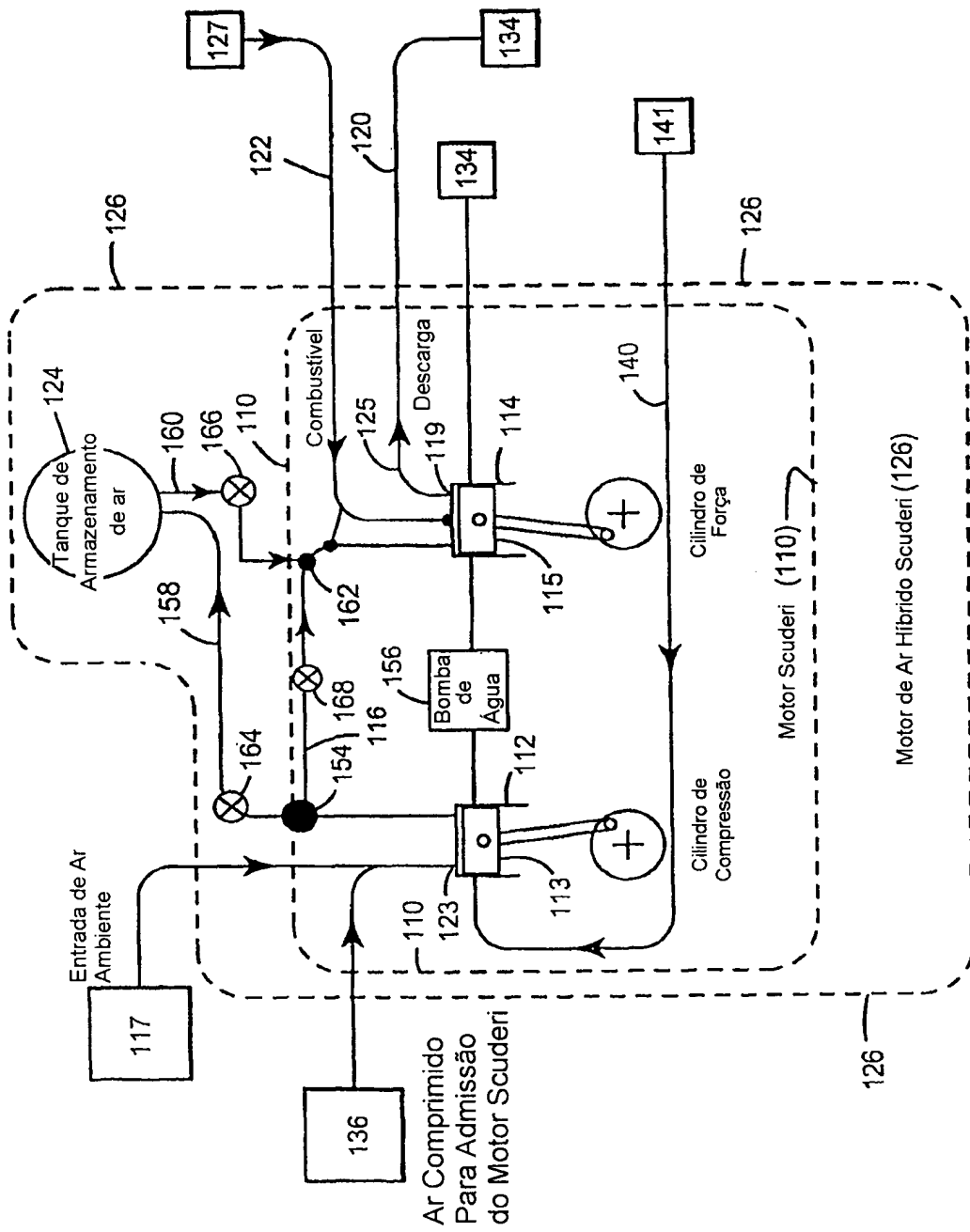


FIGURA 4

**SISTEMA E MÉTODO DE MOTOR DE CICLO DIVIDIDO PARA  
RECUPERAÇÃO DE PERDA DE CALOR**

Um sistema da recuperação de perda de calor para um motor do ciclo dividido inclui uma unidade da inversão 5 térmica. Um dispositivo do compressor de ar está em uma comunicação com a unidade da inversão térmica. Uma entrada de perda de calor recebe a perda de calor do motor e está em uma comunicação fluida com a unidade da inversão térmica. Uma entrada de ar ambiental conectada ao 10 dispositivo do compressor de ar extrai o ar no dispositivo do compressor de ar. Um membro da tomada de ar comprimido no dispositivo do compressor de ar em uma comunicação fluida com um cilindro da compressão do motor do racha-ciclo entrega ar comprimido do dispositivo do compressor de 15 ar ao motor. A perda de calor do motor é comunicado à unidade da inversão térmica e a energia de perda de calor é usada para conduzir o dispositivo do compressor de ar, fazendo com que o dispositivo do compressor de ar extraia no ar ambiental através da entrada de ar ambiental, 20 compressa o ar ambiental, e entrega ar comprimido ao motor através da tomada de ar comprimido.