

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

(21) **PI1001489-6 A2**

(22) Data de Depósito: 26/05/2010
(43) Data da Publicação: 26/07/2011
(RPI 2116)



(51) *Int.Cl.*:
F02M 25/07 2006.01

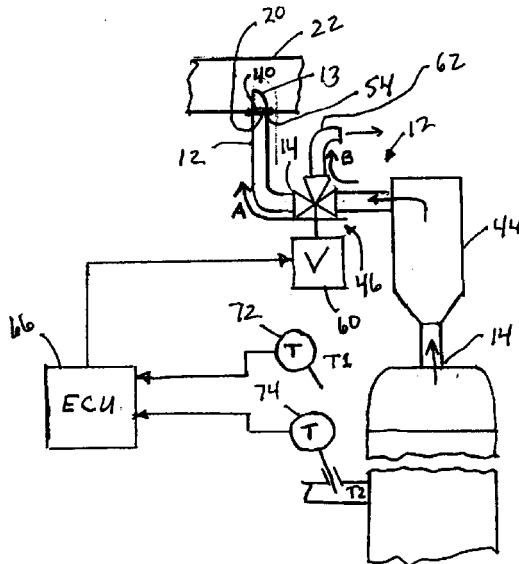
(54) Título: **REFRIGERAÇÃO DE EGR DE ESTÁGIO DUPLO FLEX**

(30) Prioridade Unionista: 12/10/2009 US 12/577,522,
27/05/2009 US 61/181,500

(73) Titular(es): International Engine Intellectual Property
Company, LLC

(72) Inventor(es): Bashar Melhem, Luis Carlos Cattani, Martin
Zielke, Robert Rowells

(57) Resumo: REFRIGERAÇÃO DE EGR DE ESTÁGIO DUPLO FLEX. A presente invenção refere-se a um circuito para refrigerar gás de exaustão sendo recirculado através de um sistema de EGR (36) de um motor (10) a partir de um sistema de exaustão (20) sucessivamente através dos primeiro e segundo permutadores de calor (38, 40) para um sistema de entrada (16) para arrasto com ar de entrada. Cada permutador de calor compreende uma entrada de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido entra, e uma saída de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido sai depois de ter absorvido calor do gás de exaustão sendo recirculado. O circuito tem um terceiro permutador de calor (32) no qual o refrigerante vindo da saída de um dos primeiro e segundo permutadores de calor rejeita calor, e ramificações paralelas (84, 86) através das quais o refrigerante entra na entrada do outro dos primeiro e segundo permutadores de calor. Uma das ramificações paralelas tem um quarto permutador de calor (34) no qual o refrigerante que flui através desta ramificação rejeita calor, e um ou mais dispositivos (50, 50A) para controlar a quantidade de refrigerante que flui através de cada ramificação.





PI1001489-6

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "REFRIGERAÇÃO DE EGR DE ESTÁGIO DUPLO FLEX".

CAMPO TÉCNICO

5 A presente invenção refere-se a motores de combustão interna, especialmente motores a diesel em veículos a motor, que usam recirculação de gás de exaustão (EGR) como um componente de estratégia de controle de emissão de cano de descarga.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

10 Um sistema de EGR típico de um motor inclui uma ou mais válvulas de EGR para controlar o fluxo de gás de exaustão de motor do sistema de exaustão do motor para o sistema de entrada do motor para medir uma quantidade apropriada de gás de exaustão em ar fresco passando através do sistema de entrada onde o ar suporta a combustão de combustível nos cilindros do motor. O gás de exaustão medido de fato dilui o ar de modo que
15 a subida de temperatura no cilindro resultante da combustão seja limitada daquela que ocorreria na ausência de tal diluição. Como uma consequência, a quantidade de óxidos de nitrogênio (NOx) no gás de exaustão que resulta da combustão é também limitada.

20 Alguns sistemas de EGR, especialmente aqueles designados para motores de ignição de compressão (isto é, diesel), têm um ou mais permutadores de calor para refrigerar o gás de exaustão recirculado. A refrigeração do gás de exaustão pode ainda limitar a geração de NOx.

É reconhecido na indústria que a refrigeração de gás de exaustão recirculado cria o potencial para condensação de certos constituintes gasosos do gás de exaustão. Com o tempo tais condensados podem se acumular suficientemente para ter um efeito prejudicial em desempenho e/ou componentes. Por exemplo, passagens de refrigerante em refrigeradores podem se tornar restritas, componentes podem se corroer e partes móveis podem grudar.
25

30 A condensação pode ser mais extrema e/ou talvez mesmo inevitável em certos momentos, tal como quando um motor embebido a frio está aquecendo depois da partida e partes de seu sistema de EGR não atingiram

ainda a temperatura de operação. Quando ocorre a condensação ao longo de uma trajetória de fluxo de EGR e a temperatura de partes circundantes é suficientemente baixa, o condensado pode congelar e consequentemente restringir, ou mesmo bloquear, o fluxo até que partes aquecem suficientemente para descongelar o condensado congelado.

Para tratar de tais situações, práticas conhecidas em estratégias de controle de EGR incluem retardar e/ou limitar EGR sob condições de partida fria. Embora tais medidas possam ser úteis em tornar mais lento o acúmulo de condensados na medida em que o motor envelhece, não impactam a quantidade de NOx em emissões de cano de descarga.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Esta descrição refere-se a um sistema e método para refrigeração em dois estágios do gás de exaustão de motor recirculado associando os primeiro e segundo permutadores de calor em um sistema de EGR (algumas vezes referido como refrigeradores de EGR) com um sistema de refrigeração de líquido do motor. Os circuitos completos de fluxo de refrigerante respectivos contêm os refrigerantes de EGR respectivos. Os refrigeradores fornecem para o gás de exaustão mais quente que flui através de cada um para transferir calor para o refrigerante líquido que circula no circuito completo respectivo. O calor do refrigerante é rejeitado em terceiro e quarto permutadores de calor (mais comumente referidos como radiadores quando o motor é a unidade de força de um veículo a motor).

Um dos circuitos completos contém uma válvula de controle que divide de modo proporcional o fluxo em ramificações paralelas respectivas do circuito completo, uma das quais contém um dos radiadores. A válvula de controle é controlada por temperaturas em localizações no sistema de EGR e o sistema de entrada para dividir de modo proporcional o fluxo do circuito em uma maneira que fornece controle de temperatura de gás de exaustão sendo recirculado. Um exemplo de controle de temperatura é refrigerar gás de exaustão sendo recirculado para uma temperatura apropriadamente baixa que minimiza ou evita inteiramente a condensação de certos produtos de combustão no gás de exaustão.

Um aspecto geral da invenção refere-se ao motor de combustão interna compreendendo uma estrutura de motor que compreende cilindros do motor dentro dos quais a combustão de combustível ocorre para operar o motor e passagens de refrigerante através das quais o refrigerante líquido circula para refrigerar a estrutura do motor, um sistema de entrada para transportar ar para os cilindros do motor para suportar a combustão de combustível, um sistema de exaustão para transportar o gás de exaustão criado por combustão dos cilindros, e um sistema de EGR para recircular algum gás de exaustão do sistema de exaustão sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para o sistema de entrada para arraste com ar sendo transportado para os cilindros.

Um circuito de refrigeração circula líquido refrigerante em um primeiro circuito que compreende um dos permutadores de calor através do qual o gás de exaustão recircula, um terceiro permutador de calor, e pelo menos alguma das passagens de refrigerante na estrutura do motor, e em um segundo circuito que compreende o outro dos permutadores de calor através do qual o gás de exaustão recircula, um quarto permutador de calor, e pelo menos algumas das passagens de refrigerante na estrutura do motor. O segundo circuito compreende ramificações paralelas, uma das quais inclui o quadro permutador de calor, e um ou mais dispositivos para controlar quanto do refrigerante que circula no segundo circuito flui através de cada ramificação.

Outro aspecto geral da invenção refere-se a um motor de combustão interna compreendendo a estrutura do motor que compreende cilindros do motor dentro dos quais a combustão de combustível ocorre para operar o motor, um sistema de entrada para transportar ar para os cilindros do motor para suportar a combustão de combustível, um sistema de exaustão para conduzir gás de exaustão criado por combustão dos cilindros, e um sistema de EGR para recircular algum gás de exaustão do sistema de exaustão sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para o sistema de entrada para arraste com ar sendo transportado para os cilindros.

Um circuito de refrigeração circula refrigerante líquido através de passagens de refrigerante na estrutura do motor e externamente da estrutura do motor em um primeiro circuito que compreende o primeiro permutador de calor, e uma válvula controlada por temperatura que retorna o fluxo de refrigerante do primeiro permutador de calor para a estrutura do motor quando a temperatura do motor está abaixo de alguma temperatura mínima, mas desvia o fluxo para um terceiro permutador de calor quando a temperatura do motor é maior que a mínima antes de retornar o fluxo para a estrutura do motor, e em um segundo circuito que compreende uma válvula de controle, ramificações paralelas separadas da válvula de controle para o segundo permutador de calor, e um retorno do segundo permutador de calor para a estrutura do motor. Uma das ramificações paralelas inclui o quarto permutador de calor, e a válvula de controle é controlada para dividir de modo proporcional o refrigerante entre uma ramificação e uma segunda ramificação como uma função de temperatura em uma ou mais localizações no motor.

Outro aspecto geral da invenção refere-se a um método de refrigerar gás de exaustão criado por combustão sendo recirculado a partir de um sistema de exaustão de motor de combustão interna que transporta gás de exaustão criado por combustão de combustível em cilindros do motor para operar o motor em um sistema de entrada do motor através do qual o ar para suportar a combustão de combustível é distribuído para os cilindros, desse modo arrastando o gás de exaustão recirculado no ar, o motor tendo estrutura do motor que contém ambos os cilindros e passagens de refrigerante através das quais o refrigerante líquido circula para resfriar a estrutura do motor.

O método compreende fluir o gás de exaustão recirculado sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor, circular o refrigerante líquido em um primeiro circuito que compreende um dos permutadores de calor através do qual o gás de exaustão recirculado flui, um terceiro permutador de calor, e pelo menos algumas das passagens de refrigerante na estrutura do motor, e em um segundo circuito que compreende o outro dos permutadores de calor através

dos quais o gás de exaustão recirculado flui, um quarto permutador de calor, e pelo menos alguma das passagens de refrigerante na estrutura do motor, incluindo fluir refrigerante através de ramificações paralelas no segundo circuito, um dos quais inclui o quarto permutador de calor, e controlar quanto
5 do refrigerante circular no segundo circuito flui através de cada ramificação.

Outro aspecto geral da descrição refere-se a um método de refrigerar o gás de exaustão criado por combustão sendo recirculado de um sistema de exaustão de motor de combustão interna que transporta o gás de exaustão criado por combustão de combustível em cilindros do motor para
10 operar o motor em um sistema de entrada do motor através do qual o ar para suportar a combustão de combustível é distribuído aos cilindros, desse modo arrastando o gás de exaustão recirculado no ar, o motor tendo uma estrutura de motor que contém ambos os cilindros e passagens de refrigerante através das quais o refrigerante líquido circula para resfriar a estrutura
15 do motor.

O método compreende recircular algum gás de exaustão do sistema de exaustão sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para o sistema de entrada para arraste com ar sendo transportado para os cilindros, circular o refrigerante líquido através das passagens de refrigerante na estrutura do motor e então
20 externamente da estrutura do motor em um primeiro circuito que compreende o primeiro permutador de calor, e uma válvula controlada por temperatura que retorna o fluxo de refrigerante do primeiro permutador de calor para a estrutura do motor quando a temperatura do motor está abaixo de alguma
25 temperatura mínima, mas desvia o fluxo para um terceiro permutador e calor quando a temperatura do motor é maior que este mínimo antes de retornar o fluxo para a estrutura do motor, e em um segundo circuito que compreende uma válvula de controle, ramificações paralelas separadas, uma das quais
30 inclui o quarto permutador de calor, da válvula de controle para o segundo permutador de calor, e um retorno do segundo permutador de calor para a estrutura do motor, e controlar a válvula de controle para dividir de modo proporcional entre uma ramificação e uma segunda ramificação como uma

função de temperatura em uma ou mais localizações no motor.

Outro aspecto geral da invenção refere-se a um circuito para refrigerar gás de exaustão sendo recirculado através de um sistema de EGR de um motor de combustão interna a partir de um sistema de exaustão do motor sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para um sistema de entrada do motor para arrasto com ar sendo transportado para os cilindros do motor dentro dos quais a combustão do combustível é feita para criar o gás de exaustão. Cada permutador de calor compreende uma entrada de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido entra, e uma saída de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido sai depois de ter absorvido calor do gás de exaustão sendo recirculado. O circuito compreende um terceiro permutador de calor no qual o refrigerante vindo da saída de um dos primeiro e segundo permutadores de calor rejeita calor, e ramificações paralelas através das quais o refrigerante entra na entrada do outro dos primeiro e segundo permutadores de calor, uma das ramificações paralelas incluindo um quarto permutador de calor no qual o refrigerante que flui através desta ramificação rejeita calor, e um ou mais dispositivos para controlar a quantidade de refrigerante que flui através de cada ramificação.

Outro aspecto geral da invenção refere-se a um método para refrigerar gás de exaustão sendo recirculado através de um sistema de EGR de um motor de combustão interna de um sistema de exaustão do motor sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para um sistema de entrada do motor para arrasto com ar sendo transportado para cilindros do motor dentro do qual a combustão de combustível é feita para criar o gás de exaustão. Cada permutador de calor compreende uma entrada de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido sai depois de ter absorvido calor do gás de exaustão sendo recirculado. O método compreende fluir o refrigerante que vem da saída de um dos primeiro e segundo permutadores de calor através de um terceiro permutador de calor no qual o refrigerante rejeita calor, e fluir refrigerante através de ramificações paralelas antes de entrar na entrada do outro

dos primeiro e segundo permutadores de calor, incluindo fluir refrigerante através de um quarto permutador de calor em uma das ramificações paralelas na qual o refrigerante que passa através desta ramificação rejeita calor, e controlar a quantidade e refrigerante que flui através de cada ramificação.

- 5 O sumário precedente, acompanhado por detalhe adicional da invenção, será apresentado na descrição detalhada abaixo com referência aos desenhos seguintes que são parte desta invenção.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

- 10 A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema para refrigeração em dois estágios do gás de exaustão recirculado.

A figura 2 é um diagrama esquemático geral de uma estratégia de controle para o sistema mostrado na figura 1.

A figura 3 é um diagrama esquemático geral de uma estratégia de controle para uma forma modificada de sistema.

15 DESCRIÇÃO DETALHADA

- Um motor a diesel 10, como aquele mostrado na figura 1, compreende uma estrutura 12 contendo cilindros do motor 14, dentro dos quais ocorre a combustão de combustível para operar o motor, tal estrutura compreendendo tipicamente um bloco, uma caixa de eixo de manivela, e um ou mais cabeçotes de cilindro dependendo da configuração particular do motor.
- 20 O motor 10 também compreende um sistema de entrada e ar 16, que inclui uma tubulação de entrada 18, para transportar ar fresco para os cilindros 14 para suportar a combustão de combustível, e um sistema de exaustão 20, que inclui uma tubulação de exaustão 22 para transportar o gás de exaustão criado por combustão a partir dos cilindros.
- 25

- O motor 10 também compreende um turbocompressor 24 tendo uma turbina 24T operada por gás de exaustão que passa através do sistema de exaustão 20 para operar um compressor 24C que arrasta o ar fresco para dentro do sistema de entrada 16 para criar ar de carga para o motor. Porque
- 30 a compressão do ar eleva sua temperatura, o ar comprimido flui através de um refrigerador de ar de carga 26 onde algum do calor é rejeitado antes que o ar de carga entre nos cilindros 14.

O motor 10 compreende um sistema de refrigeração de líquido 27 que inclui um sistema de passagens de refrigerante 28 na estrutura 12 através da qual o refrigerante é circulado por uma bomba 30, que por meio de exemplo é uma bomba de refrigerante acionada por motor. O refrigerante circulante absorve calor do motor quando passa através do sistema de passagens e rejeita o calor absorvido em radiadores 32, 34. Quando o motor 10 é a unidade de força de um veículo a motor tal como um caminhão grande, os radiadores 32, 34 são tipicamente permutadores de calor de líquido para ar através dos quais o ar ambiente pode fluir por efeito de ar forçado e/ou por um ventilador ou ventiladores puxando ou empurrando ar através dos mesmos.

O motor 10 também compreende um sistema de EGR 36 para recircular algum gás de exaustão 20 sucessivamente através de um primeiro permutador de calor 38 e um segundo permutador de calor 40 para o sistema de entrada 16 para arrasto com o fluxo de ar de carga para os cilindros 14. Uma válvula de EGR 42 controla o fluxo de recirculação que entra no permutador de calor 38 a partir da tubulação de exaustão 22.

Permutadores de calor 38 e 40 estão associados com ao sistema de refrigeração 27 da seguinte maneira.

A saída de refrigerante 44 na estrutura 12, que pode fisicamente compreender um ou mais orifícios ou pontos de conexão para condutos externos tais como os dois comumente marcados na figura 1, está em comunicação fluida com uma entrada 46 do permutador de calor 328 e em comunicação fluida com uma entrada 46 do permutador de calor 38 e em comunicação fluida com uma entrada 48 de uma válvula de controle de refrigerante 50.

O permutador de calor 38 tem uma saída 52 que está em comunicação fluida com uma entrada 54 de uma válvula controlada por temperatura 56, tal como um termostato. A válvula 56 compreende duas saídas 58, 60. A saída 58 está em comunicação fluida com uma entrada 62 da bomba 30, e a saída 60 está em comunicação fluida com uma entrada 64 do radiador 32. O radiador 32 tem uma saída 66 em comunicação fluida com a en-

trada da bomba 62.

A válvula de controle de refrigerante 48 compreende uma saída 68 que está em comunicação fluida com uma entrada 70 do radiador 34 e uma saída 72 que está em comunicação fluida com numa entrada 74 do permutador de calor 40. O radiador 34 tem uma saída 76 que está em comunicação fluida com a entrada 74. O permutador de calor 40 tem uma saída 78 que está em comunicação fluida com a entrada de bomba 62.

Quando o motor 10 está funcionando e tem a temperatura de operação alcançada, a bomba 30 está circulando refrigerante em um primeiro circuito 80 que compreende o permutador de calor 38, o permutador de calor 32, e pelo menos algumas das passagens de refrigerante 28 na estrutura do motor 12. A bomba 30 está também circulando refrigerante em um segundo circuito 82 que compreende o permutador de calor 34, o permutador de calor 40 e pelo menos algumas passagens de refrigerante 28. Antes de o motor atingir alguma temperatura mínima que pode ser ligeiramente menor que a temperatura de operação, a válvula 56 não permite o refrigerante que fluiu através do permutador de calor 38 fluir para o permutador de calor 32, mas uma vez que a temperatura foi excedida, a válvula 56 desvia o fluxo para o permutador de calor 32.

Entre a válvula de controle 50 e o permutador de calor 40, o circuito 82 tem duas ramificações paralelas 84, 86. A ramificação 84 contém o permutador de calor 34. A válvula de controle 50 divide de modo proporcional o refrigerante que circula no circuito 82 entre as duas ramificações, mas os fluxos divididos de modo proporcional se fundem de modo que o fluxo inteiro que entra na válvula 50, eventualmente entra no permutador de calor 40.

A válvula 50 é controlada para dividir de modo proporcional os fluxos através das ramificações respectivas como uma função de temperatura em uma ou mais localizações no motor. A figura 1 mostra duas de tais localizações, uma localização 88 sendo no sistema de EGR 36 entre o permutador de calor 40 e o sistema de entrada 16, e a outra localização 90 sendo no sistema de entrada 16 depois que o gás de exaustão recirculado

foi arrastado com o ar de carga.

A figura 2 mostra a estratégia de controle geral que foi descrita acima em detalhe. As temperaturas medidas, em geral designadas T1, T2 são entradas para um controlador 92 que controla um atuador de válvula 50 de acordo com uma estratégia de controle no controlador 92. A medição das temperaturas pode ser feita por sensores devotados e/ou deduzida ou estimada a partir de dados de outras fontes.

Qualquer uma das várias estratégias de controle pode ser usada. Estratégias diferentes podem ser usadas por condições de motores e ambiente diferentes. Qualquer estratégia de controle pode usar entradas adicionais para, ou mesmo diferentes, daquelas que foram especificamente mencionadas, porque qualquer estratégia de controle particular dependerá do motor particular e no objetivo particular a ser obtido pelo controle da válvula 50.

Uma estratégia representativa compreende dividir de modo proporcional os fluxos de ramificação para refrigerar o gás de exaustão sendo recirculado para uma temperatura apropriadamente baixa que minimiza ou evita inteiramente a condensação de certos produtos de combustão no gás de exaustão.

A figura 3 mostra outra estratégia de controle geral para um sistema como aquele na figura 1, mas tendo uma válvula de controle de refrigerante 50 substituída pela válvula 50A. A válvula 50A é como a válvula 50 em que pode dividir de modo proporcional o fluxo entre as ramificações 84, 86, mas difere em que pode também estrangular os fluxos. Uma modalidade exemplar da válvula 50A compreende dois atuadores, um para controlar um elemento de válvula de divisão proporcional para dividir de modo proporcional o fluxo entre as ramificações 84, 86, e outro para controlar um elemento de válvula de estrangulamento à montante do elemento de válvula de divisão proporcional para estrangular o fluxo antes de ser subsequentemente dividido de modo proporcional.

O atuador que controla o elemento de válvula de estrangulamento é controlado por uma parte do controlador 92 enquanto o elemento de

válvula de divisão proporcional é controlado por outra parte. Existem várias estratégias possíveis para controlar os elementos de válvula respectivos. As estratégias podem ser coordenadas dentro do controlador 92 usando as temperaturas T1 e T2. Alternativamente, podem ser coordenados dentro do controlador 92 ainda usando temperaturas T1, T2, mas com uma entrada de estrangulador adicional TH para controle de estrangulamento.

Na medida em que a construção física é considerada, as duas funções de estrangulamento e divisão proporcional podem ser integradas em uma montagem única, como sugerido na figura 3, ou podem ser montagens separadas. Com a função de estrangulamento sendo realizada à montante da função de divisão proporcional, o estrangulamento afetará os fluxos em ambas as ramificações quando o fluxo está sendo dividido de modo proporcional. Em vez de estrangular o fluxo antes de dividi-lo de modo proporcional, em vez disto, o estrangulamento poderia ser realizado em cada uma ou em ambas as ramificações depois de ser dividido de modo proporcional.

REIVINDICAÇÕES

1. Motor de combustão interna compreendendo:

5 uma estrutura de motor que compreende cilindros do motor dentro dos quais a combustão de combustível ocorre para operar o motor e passagens de refrigerante através das quais o refrigerante líquido circula para refrigerar a estrutura do motor;

um sistema de entrada para transportar ar para os cilindros do motor para suportar a combustão de combustível;

10 um sistema de exaustão para transportar o gás de exaustão criado por combustão dos cilindros;

um sistema de EGR para recircular algum gás de exaustão do sistema de exaustão sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para o sistema de entrada para arraste com ar sendo transportado para os cilindros;

15 um circuito de refrigeração para circular refrigerante líquido em um primeiro circuito que compreende um dos permutadores de calor através do qual o gás de exaustão recircula, um terceiro permutador de calor, e pelo menos alguma das passagens de refrigerante na estrutura do motor, e em um segundo circuito que compreende o outro dos permutadores de calor
20 através do qual o gás de exaustão recircula, um quarto permutador de calor, e pelo menos algumas das passagens de refrigerante na estrutura do motor;

em que o segundo circuito compreende ramificações paralelas, uma das quais inclui o quadro permutador de calor, e um ou mais dispositivos para controlar quanto do refrigerante que circula no segundo circuito flui
25 através de cada ramificação.

2. Motor de acordo com a reivindicação 1, em que um permutador de calor é o primeiro permutador de calor e o outro permutador de calor é o segundo permutador de calor.

3. Motor de acordo com a reivindicação 2, em que o circuito de
30 refrigeração compreende uma bomba para circular o refrigerante no primeiro circuito através de pelo menos alguma das passagens de refrigerante para uma saída através da qual o refrigerante deixa a estrutura do motor, então

para fluir sucessivamente através do primeiro permutador de calor e o terceiro permutador de calor nesta ordem, a finalmente para uma entrada para pelo menos uma das passagens de refrigerante.

5 4. Motor de acordo com a reivindicação 2, em que o circuito de refrigeração compreende uma bomba para circular refrigerante no segundo circuito através de pelo menos algumas das passagens de refrigerante para uma saída através da qual o refrigerante deixa a estrutura do motor, então para fluir sucessivamente através do quarto permutador de calor e o segundo permutador de calor nesta ordem, e finalmente para uma entrada para
10 pelo menos algumas das passagens de refrigerante.

5. Motor de acordo com a reivindicação 2, em que o circuito de refrigerante compreende uma bomba para circular refrigerante no primeiro circuito para fluir sucessivamente através do primeiro permutador de calor e o terceiro permutador de calor nesta ordem, e para circular refrigerante no
15 segundo circuito para fluir sucessivamente através do quarto permutador de calor e o segundo permutador de calor nesta ordem, em que um dos dispositivos compreende uma válvula de controle que é operável para dividir de modo proporcional o refrigerante que circula no segundo circuito entre uma ramificação e uma segunda ramificação.

20 6. Motor de acordo com a reivindicação 5, em que o segundo circuito estabelece a confluência de fluxo que deixa a segunda ramificação com o fluxo que deixa a primeira ramificação e o fluxo dos fluxos confluentes daquelas ramificações através do segundo permutador de calor.

25 7. Motor de acordo com a reivindicação 6, em que a válvula de controle está em relação de fluxo à montante com a primeira ramificação e a segunda ramificação no segundo circuito.

8. Motor de acordo com a reivindicação 7, em que a válvula de controle é controlada para dividir de modo proporcional o refrigerante que circula no segundo circuito entre a primeira ramificação e a segunda ramifi-
30 cação como uma função de temperatura em uma ou mais localizações no motor.

9. Motor de acordo com a reivindicação 8, em que a temperatura

em uma ou mais localizações para controle da válvula de controle inclui a temperatura de gás de exaustão recirculado em uma localização entre o segundo permutador de calor e o sistema de entrada, e a temperatura dos fluxos de ar arrastado e gás de exaustão recirculado no sistema de entrada.

5 10. Motor de acordo com a reivindicação 5, em que o primeiro circuito compreende uma válvula controlada por temperatura para não permitir que o refrigerante que fluiu através do primeira permutador de calor fluir para o terceiro permutador de calor até que o motor atinja pelo menos alguma temperatura de motor mínima.

10 11. Motor de combustão interna compreendendo:
a estrutura do motor que compreende cilindros do motor dentro dos quais a combustão de combustível ocorre para operar o motor;
um sistema de entrada para transportar ar para os cilindros do motor para suportar a combustão de combustível;

15 um sistema de exaustão para conduzir gás de exaustão criado por combustão dos cilindros;

um sistema de EGR para recircular algum gás de exaustão do sistema de exaustão sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para o sistema de entrada para ar-
20 raste com ar sendo transportado para os cilindros;

um circuito de refrigeração para circular refrigerante líquido através de passagens de refrigerante na estrutura do motor e externamente da estrutura do motor em um primeiro circuito que compreende o primeiro permutador de calor, e uma válvula controlada por temperatura que retorna o
25 fluxo de refrigerante do primeiro permutador de calor para a estrutura do motor quando a temperatura do motor está abaixo de alguma temperatura mínima, mas desvia o fluxo para um terceiro permutador de calor quando a temperatura do motor é maior que mínima antes de retornar o fluxo para a estrutura do motor;

30 em que um segundo circuito que compreende uma válvula de controle, e ramificações paralelas separadas da válvula de controle para o segundo permutador de calor, e um retorno do segundo permutador de calor

para a estrutura do motor, como uma função de temperatura em uma ou mais localizações no motor.

12. Motor de acordo com a reivindicação 11, em que a temperatura em uma ou mais localizações para controle da válvula de controle incluem temperatura de gás de exaustão recirculado em uma localização entre o segundo permutador de calor e o sistema de entrada, e a temperatura do ar arrastado e o gás de exaustão recirculado flui no sistema de entrada.

13. Método de refrigerar gás de exaustão criado por combustão sendo recirculado a partir de um sistema de exaustão de motor de combustão interna que transporta gás de exaustão criado por combustão de combustível em cilindros do motor para operar o motor em um sistema de entrada do motor através do qual o ar para suportar a combustão de combustível é distribuído para os cilindros, desse modo arrastando o gás de exaustão recirculado no ar, o motor tendo estrutura do motor que contém ambos os cilindros e passagens de refrigerante através das quais o refrigerante líquido circula para resfriar a estrutura do motor, o método compreendendo:

fluir o gás de exaustão recirculado sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor;

circular o refrigerante líquido em um primeiro circuito que compreende um dos permutadores de calor através do qual o gás de exaustão recirculado flui, um terceiro permutador de calor, e pelo menos algumas das passagens de refrigerante na estrutura do motor, e em um segundo circuito que compreende o outro dos permutadores de calor através dos quais o gás de exaustão recirculado flui, um quarto permutador de calor, e pelo menos alguma das passagens de refrigerante na estrutura do motor, incluindo fluir refrigerante através de ramificações paralelas no segundo circuito, um dos quais inclui o quarto permutador de calor, e controlar quanto do refrigerante circular no segundo circuito flui através de cada ramificação.

14. Método de acordo com a reivindicação 13, compreendendo circular refrigerante no primeiro circuito através de pelo menos algumas das passagens de refrigerante para uma saída através da qual o refrigerante deixa a estrutura do motor, então sucessivamente através do primeiro per-

mutador de calor e do terceiro permutador de calor nesta ordem, e finalmente para uma entrada de pelo menos algumas das passagens de refrigerante.

15. Método de acordo com a reivindicação 13, compreendendo circular refrigerante no segundo circuito através de pelo menos algumas das passagens de refrigerante para uma saída através da qual o refrigerante
5 deixa a estrutura do motor, então sucessivamente através do quarto permutador de calor e do segundo permutador de calor nesta ordem, e finalmente para uma entrada de pelo menos algumas das passagens de refrigerante.

16. Método de acordo com a reivindicação 13, compreendendo circular refrigerante no primeiro circuito sucessivamente através do primeiro permutador de calor e do terceiro permutador de calor nesta ordem, e no
10 segundo circuito sucessivamente através do quarto permutador de calor e do segundo permutador de calor nesta ordem, e controlar quanto do refrigerante que circula no segundo circuito flui através de cada ramificação operando
15 uma válvula de controle para dividir de modo proporcional o refrigerante que circula no segundo circuito entre uma primeira ramificação e uma segunda ramificação.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, incluindo fluir o fluxo que deixa a segunda ramificação e o fluxo que deixa a primeira ramifi-
20 cação de modo confluyente através do segundo permutador de calor.

18. Método de acordo com a reivindicação 16, em que a etapa de operar uma válvula de controle compreende operar a válvula de controle para dividir de modo proporcional o refrigerante que circula no segundo cir-
25 cuito entre uma ramificação e uma segunda ramificação como uma função da temperatura em uma ou mais localizações no motor.

19. Método de acordo com a reivindicação 18, incluindo medir a temperatura em uma ou mais localizações que incluem uma localização de
fluxo de gás de exaustão recirculado entre o segundo permutador de calor e o sistema de entrada e uma localização de fluxo de ar arrastado e gás de
30 exaustão recirculado através do sistema de entrada, e usar as temperaturas medidas para operar a válvula de controle.

20. Método de refrigerar o gás de exaustão criado por combus-

tão sendo recirculado de um sistema de exaustão de motor de combustão interna que transporta o gás de exaustão criado por combustão de combustível em cilindros do motor para operar o motor em um sistema de entrada do motor através do qual o ar para suportar a combustão de combustível é distribuído aos cilindros, desse modo arrastando o gás de exaustão recirculado no ar, o motor tendo uma estrutura de motor que contém ambos os cilindros e passagens de refrigerante através das quais o refrigerante líquido circula para resfriar a estrutura do motor, o método compreendendo:

10 recircular algum gás de exaustão do sistema de exaustão sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para o sistema de entrada para arraste com ar sendo transportado para os cilindros;

15 circular o refrigerante líquido através das passagens de refrigerante na estrutura do motor e então externamente da estrutura do motor em um primeiro circuito que compreende o primeiro permutador de calor, e uma válvula controlada por temperatura que retorna o fluxo de refrigerante do primeiro permutador de calor para a estrutura do motor quando a temperatura do motor está abaixo de alguma temperatura mínima, mas desvia o fluxo para um terceiro permutador e calor quando a temperatura do motor é maior que este mínimo antes de retornar o fluxo para a estrutura do motor, e em 20 um segundo circuito que compreende uma válvula de controle, ramificações paralelas separadas, uma das quais inclui o quarto permutador de calor, da válvula de controle para o segundo permutador de calor, e um retorno do segundo permutador de calor para a estrutura do motor; e

25 controlar a válvula de controle para dividir de modo proporcional entre uma ramificação e uma segunda ramificação como uma função de temperatura em uma ou mais localizações no motor.

30 21. Método de acordo com a reivindicação 20, incluindo medir a temperatura em uma ou mais localizações que incluem uma localização de fluxo de gás recirculado entre o segundo permutador de calor e o sistema de entrada e uma localização de fluxo de ar arrastado e gás de exaustão através do sistema de entrada, e usar as temperaturas medidas para controlar a

válvula de controle.

22. Circuito para refrigerar gás de exaustão sendo recirculado através de um sistema de EGR de um motor de combustão interna a partir de um sistema de exaustão do motor sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para um sistema de entrada do motor para arrasto com ar sendo transportado para os cilindros do motor dentro dos quais a combustão do combustível é feita para criar o gás de exaustão. Cada permutador de calor compreende uma entrada de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido entra, e uma saída de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido sai depois de ter absorvido calor do gás de exaustão sendo recirculado. O circuito compreende um terceiro permutador de calor no qual o refrigerante vindo da saída de um dos primeiro e segundo permutadores de calor rejeita calor, e ramificações paralelas através das quais o refrigerante entra na entrada do outro dos primeiro e segundo permutadores de calor, uma das ramificações paralelas incluindo um quarto permutador de calor no qual o refrigerante que flui através desta ramificação rejeita calor, e um ou mais dispositivos para controlar a quantidade de refrigerante que flui através de cada ramificação.

23. Circuito de acordo com a reivindicação 21, em que um permutador de calor é o primeiro permutador de calor, e o outro permutador de calor é o segundo permutador de calor.

24. Circuito de acordo com a reivindicação 21, em que o refrigerante que entra no primeiro permutador de calor contém calor absorvido durante a passagem do refrigerante através das passagens de refrigerante na estrutura do motor que contém os cilindros.

25. Circuito de acordo com a reivindicação 24, em que o refrigerante que entra nas passagens paralelas contém calor absorvido durante a passagem do refrigerante através das passagens de refrigerante na estrutura do motor.

26. Circuito de acordo com a reivindicação 25, em que um dos dispositivos compreende uma válvula de controle que é operável para dividir de modo proporcional o fluxo de refrigerante entre uma ramificação e uma

segunda ramificação.

27. Circuito de acordo com a reivindicação 26, em que a válvula de controle está em relação de fluxo à montante com a primeira ramificação e a segunda ramificação.

5 28. Circuito de acordo com a reivindicação 27, em que a válvula de controle é controlada para dividir de modo proporcional o fluxo de refrigerante entre a primeira ramificação e a segunda ramificação como uma função da temperatura em uma ou mais localizações no motor.

10 29. Circuito de acordo com a reivindicação 28, em que a temperatura em uma ou mais localizações inclui a temperatura do gás de exaustão recirculado em uma localização entre o segundo permutador de calor e o sistema de entrada, e a temperatura dos fluxos de ar arrastado e gás de exaustão recirculado no sistema de entrada.

15 30. Circuito de acordo com a reivindicação 23, incluindo uma válvula controlada por temperatura para não permitir que o refrigerante que fluiu através do primeiro permutador de calor flua para o terceiro permutador de calor até que o motor atinja pelo menos alguma temperatura de motor mínima.

20 31. Circuito de acordo com a reivindicação 22, em que um ou mais dispositivos compreendem um elemento de válvula de controle que é operável para dividir de modo proporcional o fluxo de refrigerante entre na primeira ramificação e a segunda ramificação.

25 32. Circuito de acordo com a reivindicação 22, em que um ou mais dispositivos compreendem um elemento de válvula de controle que é operável para dividir de modo proporcional o fluxo de refrigerante entre a primeira ramificação e a segunda ramificação e um elemento de válvula de estrangulamento que é operável para estrangular o fluxo em uma ou ambas as primeira e segunda ramificações.

30 33. Método para refrigerar gás de exaustão sendo recirculado através de um sistema de EGR de um motor de combustão interna de um sistema de exaustão do motor sucessivamente através de um primeiro permutador de calor e um segundo permutador de calor para um sistema de

entrada do motor para arrasto com ar sendo transportado para cilindros do motor dentro do qual a combustão de combustível é feita para criar o gás de exaustão, cada permutador de calor compreende uma entrada de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido sai depois de ter absorvido calor do gás de exaustão sendo recirculado, o método compreendendo fluir o refrigerante que vem da saída de um dos primeiro e segundo permutadores de calor através de um terceiro permutador de calor no qual o refrigerante rejeita calor, e fluir refrigerante através de ramificações paralelas antes de entrar na entrada do outro dos primeiro e segundo permutadores de calor, incluindo fluir refrigerante através de um quarto permutador de calor em uma das ramificações paralelas na qual o refrigerante que passa através desta ramificação rejeita calor, e controlar a quantidade e refrigerante que flui através de cada ramificação.

34. Método de acordo com a reivindicação 33, em que a etapa de fluir refrigerante que vem da saída de um dos primeiro e segundo permutadores de calor através de um terceiro permutador de calor, em que o refrigerante rejeita calor, compreende fluir refrigerante que vem da saída do primeiro permutador de calor através do terceiro permutador de calor.

35. Método de acordo com a reivindicação 33, em que a etapa de controlar a quantidade de refrigerante que flui através de cada ramificação compreende controlar a operação de uma válvula de controle para dividir de modo proporcional o fluxo de refrigerante entre a primeira ramificação e uma segunda ramificação.

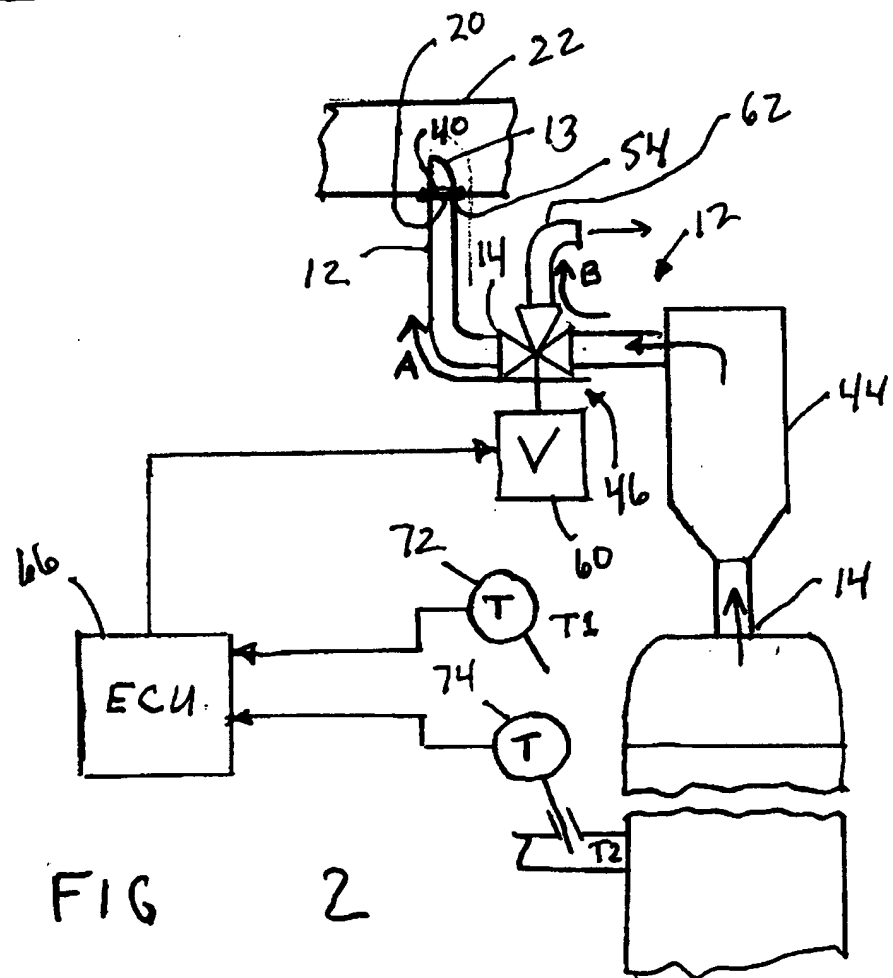
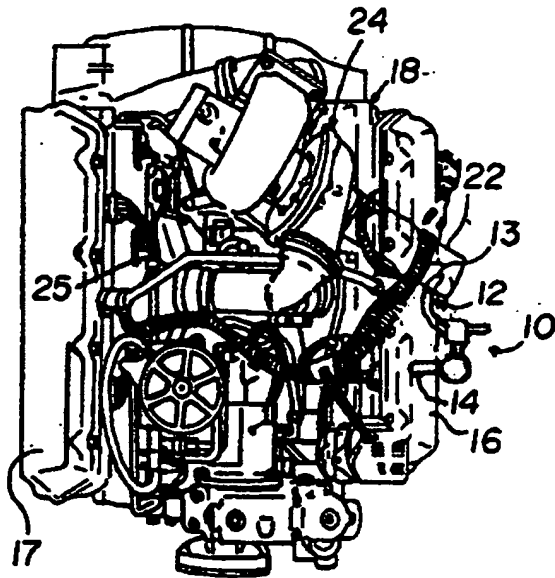
36. Método de acordo com a reivindicação 35, incluindo controlar a operação da válvula de controle para dividir de modo proporcional o fluxo de refrigerante entre a primeira ramificação e a segunda ramificação como uma função da temperatura em uma das localizações no motor.

37. Método de acordo com a reivindicação 36, incluindo medir a temperatura em uma ou mais localizações que incluem uma localização de fluxo de gás de exaustão recirculado entre o segundo permutador de calor e o sistema de entrada e uma localização de fluxo de ar arrastado e gás de exaustão recirculado através do sistema de entrada, e usar as temperaturas

medidas para operar a válvula de controle.

38. Método de acordo com a reivindicação 33, em que a etapa de controlar a quantidade de refrigerante que flui através de cada ramificação compreende controlar a operação de uma válvula de controle para dividir de modo proporcional o fluxo de refrigerante entre a primeira ramificação e uma segunda ramificação e estrangular no fluxo através de uma ou ambas as primeira ramificação e segunda ramificação.
- 5

FIG 1



R 1001V39-6

RESUMO

Patente de Invenção: **"REFRIGERAÇÃO DE EGR DE ESTÁGIO DUPLO FLEX"**.

A presente invenção refere-se a um circuito para refrigerar gás de exaustão sendo recirculado através de um sistema de EGR (36) de um motor (10) a partir de um sistema de exaustão (20) sucessivamente através dos primeiro e segundo permutadores de calor (38, 40) para um sistema de entrada (16) para arrasto com ar de entrada. Cada permutador de calor compreende uma entrada de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido entra, e uma saída de refrigerante respectiva através da qual o refrigerante líquido sai depois de ter absorvido calor do gás de exaustão sendo recirculado. O circuito tem um terceiro permutador de calor (32) no qual o refrigerante vindo da saída de um dos primeiro e segundo permutadores de calor rejeita calor, e ramificações paralelas (84, 86) através das quais o refrigerante entra na entrada do outro dos primeiro e segundo permutadores de calor. Uma das ramificações paralelas tem um quarto permutador de calor (34) no qual o refrigerante que flui através desta ramificação rejeita calor, e um ou mais dispositivos (50, 50A) para controlar a quantidade de refrigerante que flui através de cada ramificação.