



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102012018917-8

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102012018917-8

(22) Data do Depósito: 30/07/2012

(43) Data da Publicação Nacional: 30/12/2014

(51) Classificação Internacional: F25B 49/02.

(54) Título: KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. CGC/CPF: 75095679000149. Endereço: PRPPG-Travessa Alfredo Bufren, 140, Curitiba, PR, BRASIL(BR), 80020-240

(72) Inventor: JOSE VIRIATO COELHO VARGAS; CARLOS FERNANDO PINNOLA; LUIZ OTÁVIO SORANÇO BUZELIN; MARCOS CARVALHO CAMPOS; JUAN CARLOS ORDONEZ; JOSÉ ALBERTO DOS REIS PARISE.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 30/07/2012, observadas as condições legais. Patente concedida conforme ADI 5.529/DF, que determina a alteração do prazo de concessão.

Expedida em: 16/11/2022

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



“KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO”

[001].A presente invenção se trata de um kit inteligente para refrigeração, ar condicionado e aquecimento para redução do consumo energia elétrica. O objetivo desta proposta não é o de apresentar uma concepção nova de equipamento de refrigeração, aquecimento e ar condicionado que consuma menos energia elétrica do que os equipamentos existentes. A idéia é a de manter os equipamentos existentes e com a instalação do kit inteligente fazer com que haja uma substancial redução de consumo energético. Desta maneira, o usuário não necessitaria adquirir um equipamento inteligente inteiramente novo em substituição ao que já tenha instalado no local, poupando assim altos investimentos.

[002].O kit inteligente é composto de um inversor de frequência para permitir a variação de velocidade do motor elétrico de acionamento de um compressor, no caso de sistemas de refrigeração ou de condicionamento de ar, de um controlador lógico programável (CLP) eletrônico, e de uma chave digital para ajustar o ponto de operação (*setpoint*) do ambiente refrigerado ou climatizado. No caso de sistemas de aquecimento o inversor de frequência é substituído por uma chave estática de potência.

[003].De acordo com o órgão Administração da Informação em Energia dos Estados Unidos (EIA), o consumo total de energia com sistemas de ar condicionado, ventilação, aquecimento, e refrigeração (HVAC&R) são responsáveis por cerca 30% da energia total consumida pelos setores residencial, comercial e industrial americanos, e com tendência a aumentar com o aquecimento global. Fato semelhante se verifica no Brasil e em outros países, possuindo o setor de HVAC&R um impacto muito grande no consumo de energia global.

[004].A necessidade de consumo racional de energia é uma

preocupação mundial sendo um desafio necessário, reduzir o desperdício de energia sem comprometer as vantagens trazidas pelo uso desta energia e sem afetar a eficiência e qualidade das instalações. Os sistemas de HVAC&R são amplamente utilizados em residências, instalações comerciais e industriais atuando no controle de temperatura de ambientes para conforto humano, condições de armazenamento de alimentos, processos industriais e outras utilidades. Dessa forma, uma melhoria na eficiência energética desses sistemas acarretaria uma melhoria substancial na economia de energia.

[005].Os sistemas HVAC&R tradicionais utilizam sistemas de controle do tipo liga-desliga onde o controle da temperatura é feito por um termostato, que liga o motor elétrico do compressor quando a temperatura ultrapassa o valor pré-ajustado do ponto de operação (*setpoint*) ou desliga quando a temperatura cai abaixo desse mesmo ponto. Analogamente, um bloco de resistências é ligado e desligado, no caso de sistemas de aquecimento elétrico.

[006].O inconveniente desse sistema é o de não se conseguir uma temperatura estável, e o consumo ser expressivo pois ocorrem muitas partidas do motor nos ciclos liga-desliga. Este fenômeno acarreta picos de demanda, uma vez que o motor elétrico sempre inicia o funcionamento com a potência nominal mesmo que a carga esteja reduzida e, em consequência, alto consumo energético.

[007].Mais recentemente, surgiram os sistemas HVAC&R com controle proporcional, integral, e derivativo (PID) que permite o controle contínuo do sistema de acordo com a demanda da câmara térmica ou ambiente climatizado (controle em malha fechada). Neste caso chega-se à temperatura definida pelo ponto de operação (*setpoint*) com um arranjo de parâmetros definidos por um algoritmo onde se programa um controlador lógico programável (CLP). O principal problema fica por conta da determinação dos parâmetros do controlador PID que pode ser

bastante trabalhoso, e suscetível a instabilidades.

[008].Como se pode observar nos dois casos anteriores, há problemas de alto consumo energético e instabilidade no primeiro caso, e complexidade no segundo caso. Além disso, não são encontrados no mercado controladores para serem adaptados a sistemas HVAC&R já instalados. Existem sim, patentes de equipamentos completos novos HVAC&R com controle contínuo do tipo PID e já comercializados.

[009].A invenção EP 1 562 280 A1 é dirigida (e restrita) a compressores automotivos eletricamente acionados, com aplicação em veículos elétricos, a bateria, a células de combustível ou híbridos, conforme apresentado no parágrafo [0002]. Diferentemente, a presente invenção, propondo um "kit", vislumbra finalidades mais abrangentes, e não restritas a compressores automotivos eletricamente acionados, isto é, para somente condicionadores de ar e bombas de calor de veículos elétricos. Muito embora ambas as invenções objetivem a operação do motor elétrico com um inversor de frequência, isto é, de frequência variável, a invenção EP 1 562 280 A1 foi desenvolvida para a proteção dos enrolamentos do motor elétrico, conforme descrito no parágrafo [0006]. Por sua vez, a presente invenção apresenta como objetivo a variação da frequência do motor elétrico para atender à carga de refrigeração com menor consumo de energia.

[010].O requerimento de patente europeia de número de publicação 0 539 163 A2 propõe um inversor para um condicionador de ar (57). Portanto, a presente invenção, ao propor um kit de igual aplicação em condicionadores de ar e sistemas de refrigeração, é mais abrangente. Além disso, componentes e algoritmo de cada invenção, inclusive para a prevenção do travamento do motor ("motor lock") são diferentes. Finalmente, o objeto da invenção 0 539 163 A2 é, de acordo com coluna 2 linhas 16-23, prover um inversor mais eficiente em função de proteção mais robusta contra bloqueio do compressor. Por outro lado, a presente

invenção visa um controle da frequência do motor que resulte em sistema termodinamicamente mais eficiente.

[011].O Sistema proposto pela patente número US 2010/0211224 A1, é muito mais complexo do que o da presente invenção, conforme pode ser observado na figura 6 da referida aplicação. Note que sua operação depende dos dados de um número considerável de sensores e até do acesso ao National Digital Forecast Database, dos Estados Unidos da América. Esses aspectos quando comparados ao sistema proposto na presente invenção demonstram claramente que são propostas distintas em termos de objetivos, abrangência e aplicabilidade.

[012].A patente US 2006/0004492 A1 apresenta características similares às da patente número US 2010/0211224 A1, isto é, trata-se de um sistema muito mais complexo do que o proposto na presente invenção, contando com um número significativo de sensores, como visto na figura 4 da referida aplicação. Além disso, os algoritmos dessa patente são inquestionavelmente distintos ao algoritmo que é proposto na presente invenção.

[013].Todas as patentes encontradas apresentam particularidades que as diferenciam conceitualmente do sistema proposto nesta patente. Adicionalmente, nenhuma das patentes encontradas relacionadas ao controle de capacidade de sistemas de HVAC&R contempla a modularidade, mobilidade, bem como a adaptabilidade a qualquer sistema de HVAC&R pré-existente.

[014].Portanto, a presente invenção tem como objetivo fazer com que sistemas de HVAC&R atinjam pontos de operação (*setpoints*) de temperaturas de forma mais estável, com reduzido consumo de energia e com simplicidade de obtenção parâmetros e fácil programação do sistema controlador lógico programável (CLP). Adicionalmente, que o sistema seja modular e possa ser adaptado a qualquer sistema de HVAC&R pré-existente.

[015].Essas ações são possíveis mediante a utilização de uma expressão matemática baseada em um conceito de lei potencial, que é aplicada ao algoritmo de comando do sistema CLP, que controla um inversor de frequência, que por sua vez altera a velocidade do motor elétrico de um compressor, de acordo com a carga térmica do ambiente climatizado, e com *setpoint* pré-estabelecido. No caso de sistemas de aquecimento, o controle do CLP é feito na chave estática.

[016].Para melhor compreensão do presente dispositivo, é feita em seguida uma descrição detalhada do mesmo, fazendo-se referências aos desenhos anexos, onde a :

[017].FIGURA 1 mostra a montagem e distribuição dos componentes do kit no interior de um quadro elétrico metálico.

[018].FIGURA 2 mostra um diagrama esquemático de um típico sistema de refrigeração por compressão de vapor, detalhando as ligações do kit inteligente ao mesmo.

[019].De acordo com essas ilustrações e em seus pormenores, o dispositivo da presente Patente de Invenção, KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO, está dividido em duas partes: i) quadro elétrico acondicionador de componentes, mostrado na FIGURA 1, e ii) sensor remoto de temperatura, mostrado na FIGURA 2.

[020].O quadro elétrico acondicionador de componentes é caracterizado por conter um disjuntor elétrico (1), usado para proteger a instalação, um inversor de frequência (2), que tem a função de controlar a velocidade do motor, uma chave digital (3), que tem a função de ajustar o ponto de operação (*setpoint*) desejado para o sistema de HVAC&R ou de aquecimento, uma fonte de alimentação do sistema controlador lógico programável (CLP) (4), e o controlador lógico programável (CLP) propriamente dito (5), que tem a função controlar o inversor de frequência de acordo com algoritmo de comando baseado no conceito inovador de

lei potencial, uma vez que foi proposto mundialmente somente pelos autores desta patente para sistemas de HVAC-R.

[021].A fim de exercer a ação de controle, o erro atuante, $E_a = V_{\text{realimentação}} - V_{\text{setpoint}}$, é utilizado para gerar o sinal de controle para regular a velocidade do compressor (14). A tensão de realimentação corresponde à temperatura lida e a tensão de *setpoint* corresponde à temperatura desejada no espaço controlado, respectivamente. Assim, a diferença de temperatura entre o valor medido e desejado é obtida a cada instante por $\Delta T = f^{-1}(E_a)$.

[022].A equação para calcular a tensão do sinal de ajuste, V_s , deve identificar o ponto de início da ação de controle. Esta tarefa é realizada pela seguinte lei potencial, que é proposta somente pelos autores desta patente:

$$V_s = K_c^{(K_1 \Delta T + K_2)} + K_3 \quad (1)$$

onde K_c , K_1 , K_2 e K_3 são constantes que devem ser selecionadas apropriadamente (e.g., experimentalmente). Assim, o sinal de controle que é a entrada do inversor de frequência (2) (6) é dado por:

$$V_a = V_s, \text{ se } V_s < V_{\text{max}} \quad (2)$$

e

$$V_a = V_{\text{max}}, \text{ se } V_s \geq V_{\text{max}} \quad (3)$$

[023].O principal objetivo da ação de controle é garantir que a tensão atuante, V_a seja menor do que a tensão máxima, V_{max} somente quando próximo do *setpoint*. Quando $V_a = V_{\text{max}}$, o compressor (14) gira na velocidade máxima, e quando $V_a = V_s$, o compressor gira em velocidade reduzida regulada pelo inversor de frequência e pelo sinal de ajuste.

[024].O disjuntor (1) tem a função de proteger os equipamentos contra curtos na rede ou nos componentes. O inversor de frequência (2) (6) controla a velocidade do motor elétrico do compressor (7) (em sistemas HVAC&R) variando a frequência de alimentação de acordo com

o sinal de erro (V_a) (8), que resulta da diferença da temperatura (E_a) (9), definida pelo ponto de operação (*setpoint*) desejado (V_{ref}) (10) e a informação vinda de um sensor de temperatura (11) (V_{fb}) (12).

[025].A chave digital (3) tem a finalidade de definir os valores do ponto de operação (*setpoint*) desejado (V_{ref}) (10). A fonte de alimentação (4) fornece tensão e corrente para o funcionamento do circuito eletrônico do CLP (13).

[026].Um típico sistema de HVAC&R é mostrado também na FIGURA 2, com o objetivo de ilustrar como o kit inteligente é conectado a qualquer sistema de HVAC&R pré-existente. Um sistema de HVAC&R típico é composto de um compressor (14), um trocador de calor condensador (15), um acumulador de líquido (16), uma válvula solenóide (17), uma válvula de expansão (18), e um trocador de calor evaporador (19). Um fluido refrigerante circula no interior dos componentes mencionados e de tubos (20) que os conectam. O inversor é conectado entre o motor elétrico (7) e a rede elétrica (21), modulando assim a velocidade de operação do motor elétrico (7).

[027].O kit inteligente propicia uma economia de energia elétrica em sistemas de HVAC&R de no mínimo 30% em relação ao sistema liga-desliga, que é usado atualmente na maioria dos sistemas de refrigeração. A economia se dá pelo fato de que ao controlar a velocidade do motor do compressor de acordo com a carga térmica, com menor carga o sistema de HVAC&R passa a operar em menor velocidade, e se mantém nesta velocidade até que haja nova solicitação de carga, apenas aumentando a velocidade quando aumentar a carga. Além disso, ocorre uma economia adicional com o kit inteligente, que evita os picos de energia que acontecem toda vez que o motor é ligado em máxima velocidade no caso do controle liga-desliga. Ao reduzir o consumo energético, o kit inteligente também tem o potencial de permitir a redução do contrato de demanda energética em instalações industriais e

comerciais.

[028].O kit inteligente para refrigeração, ar condicionado e aquecimento pode ser dimensionado para qualquer potência de sistema de HVAC&R pré-existente na aplicação desejada, apenas adequando o componente inversor de frequência (2) (6) à potência do sistema de HVAC&R. Em função disso, o quadro elétrico acondicionador de componentes, mostrado na FIGURA 1, deve ser apropriadamente dimensionado e selecionado.

[029].Com base na descrição apresentada, fica claro como a presente invenção atinge os objetivos propostos. O quadro elétrico acondicionador de componentes, mostrado na FIGURA 1, de características compactas confere ao sistema modularidade para acoplamento a qualquer sistema de HVAC&R ou de aquecimento, de modo a atingir a potência requerida pela aplicação, proteção contra intempéries, permitindo o uso em ambientes externos.

REIVINDICAÇÕES

1. KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO, caracterizado por módulo em forma de quadro elétrico contendo um disjuntor elétrico (1), um inversor de frequência (2), uma chave digital (3), uma fonte de alimentação do sistema controlador lógico programável (CLP) (4), e um controlador lógico programável (CLP) propriamente dito (5) para controle e regulação da frequência do compressor do ciclo de compressão de vapor em sistemas de HVAC&R, que permite o uso em ambientes internos e externos.
2. KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por módulo em forma de quadro elétrico que permite o acoplamento a qualquer sistema de HVAC&R pré-existente.
3. KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado por controlador lógico programável (CLP) (4) contendo circuito analógico baseado em um conceito de lei potencial.
4. KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO, de acordo com as reivindicações 1 a 3, caracterizado por um quadro elétrico acondicionador de componentes, e um sensor remoto de temperatura (11).
5. KIT INTELIGENTE PARA REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO E AQUECIMENTO, de acordo com as reivindicações 1 a 4, caracterizado por um inversor de frequência adaptável (2) à potência de qualquer sistema de HVAC&R pré-existente.

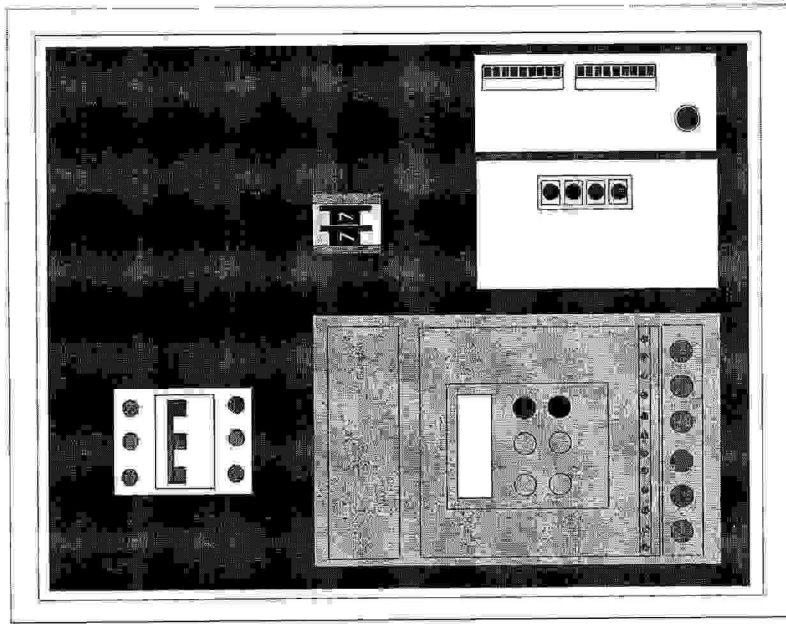


FIG. 1

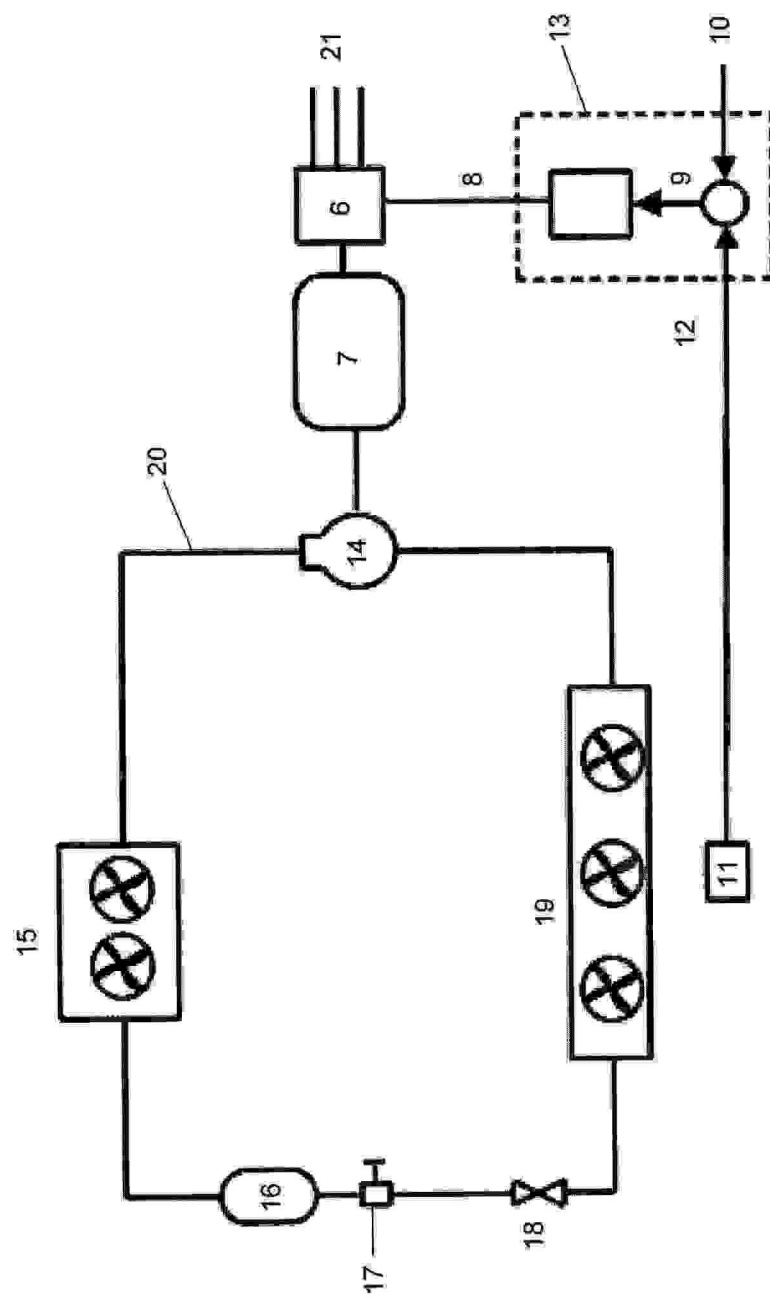


FIG. 2