



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

(21) **PI0903376-9 A2**



(22) Data de Depósito: 02/09/2009
(43) Data da Publicação: 10/05/2011
(RPI 2105)

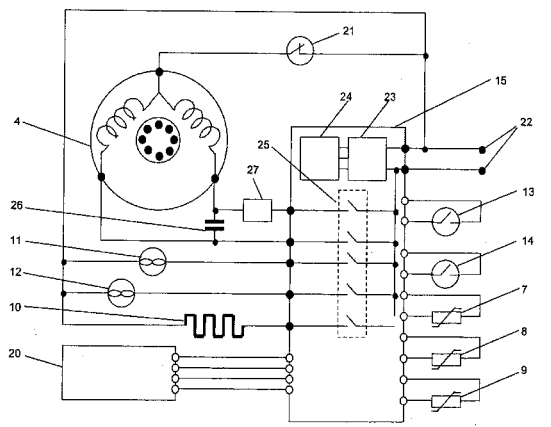
(51) *Int.Cl.:*
F25D 29/00
G05B 11/01

(54) Título: **CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES E MÉTODO DE REALIZAÇÃO DO MESMO**

(73) Titular(es): Tecumseh do Brasil Ltda.

(72) Inventor(es): EDUARDO AUGUSTO GOMES PEREIRA,
MÁRIO LUÍS BOTÊGA JUNIOR

(57) **Resumo:** CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES E MÉTODO DE REALIZAÇÃO DO MESMO. Compreendendo um módulo eletrônico (15), contido em uma caixa plástica, acoplada ou não aos terminais do compressor hermético (4), composto por uma primeira PCI de controle e uma segunda PCI para IHM (20). O módulo eletrônico (15) possui um programa que controla todo o refrigerador (1), compreendendo pelo menos os seguintes algoritmos: controle de partida e parada do compressor hermético (4), controle da temperatura dos compartimentos do freezer (2) e do refrigerador (3), de forma independente; controle de degelo (5); controle dos ventiladores do compartimento do freezer (11) e do refrigerador (12); método de redução do consumo de energia elétrica do refrigerador (1); medição de grandezas elétricas, tais como: tensão, corrente e freqUência; proteções elétricas, tais como: sub e sobre tensão, sub e sobre freqUência e sobre corrente; proteção mecânica, tal como: rotor travado; proteção térmica, tais como: sub e sobre temperatura dos compartimentos do freezer (2) e do refrigerador (3) e sobre carga térmica do compressor, monitoramento do estado da(s) porta(s) do refrigerador (1) e protocolo de comunicação entre (15) e (20).





"CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES E MÉTODO DE REALIZAÇÃO DO MESMO".

Relatório descritivo

A presente invenção refere-se a um dispositivo eletrônico multifuncional que, associado a um compressor hermético, presta-se ao controle da temperatura, proteção elétrica e redução do consumo de energia elétrica de refrigeradores de uso doméstico, tal dispositivo contando com lógica de funcionamento flexível (configurável) de acordo com as necessidades da aplicação.

O objeto da presente invenção não se limita a controlar a temperatura do refrigerador, mas sim comandar, controlar e proteger os dispositivos elétricos presentes no referido equipamento.

Como é bem conhecido na técnica atual dos equipamentos de refrigeração, em particular aqueles, utilizados em aplicações domésticas, tais como refrigeradores, estes possuem tipicamente dispositivos que podem compreender: um compartimento refrigerador; um compartimento congelador ou freezer; um compressor hermético; um evaporador; um condensador; um ventilador para circulação de ar entre os compartimentos do freezer e do refrigerador; um sensor para indicar o estado da porta; uma resistência elétrica para degelo e um dispositivo de controle, tipicamente denominado por termostato, para manter a temperatura interna do

otimização desta função não é importante apenas com relação ao consumo de energia elétrica, mas também interfere positivamente na qualidade da conservação dos produtos sob refrigeração, pois sempre que ocorre o
5 degelo existe um conseqüente aumento da temperatura no interior do refrigerador.

O estado da arte da técnica para refrigeradores explora o conceito de economia de energia elétrica utilizando basicamente compressores,
10 ventiladores e isolamento térmica mais eficientes, raras são as abordagens com relação ao sistema eletrônico de controle do refrigerador para otimizar o desempenho energético do mesmo.

Ainda na técnica atual, para evitar a
15 queima do principal componente do refrigerador, que é o compressor, utilizam-se protetores eletromecânicos de sobrecarga, do tipo bimetal, que o protegem apenas contra sobre-aquecimento e sobre-corrente, não o protegendo contra variações de tensão e frequência da rede elétrica.
20 Já os demais dispositivos elétricos e eletrônicos do gabinete normalmente permanecem sem nenhum tipo de proteção, o que implica em um maior número de falhas do refrigerador no campo. Para evitar que o refrigerador seja danificado em função de distúrbios provenientes da
25 rede elétrica, ou de um mau funcionamento interno, recursos mais sofisticados de proteção são necessários, os quais não são tradicionalmente contemplados pela

técnica atual.

Controles eletrônicos aplicados a sistemas de refrigeração passaram a considerar diversos níveis de "inteligência", de forma a executar lógicas de controle mais elaboradas, conforme descrito nos pedidos de patente PI 0402013-8 de 04 de Maio de 2004, PI 0403128-8 de 02 de Agosto de 2004, PI 0402012-0 de 04 de Maio de 2004, PI 0103786-2 de 29 de Agosto de 2001, PI 9405461-4 de 27 de Dezembro de 1994, os quais basicamente consideram o controle da temperatura do refrigerador; já os pedidos US 5,808,441 de 15 de Setembro de 1998, US 6,427,772 B1 de 06 de Agosto de 2002 e US 6,745,581 B2 de 08 de Junho de 2004 controlam uma multiplicidade de dispositivos e sensores de forma pré-determinada; os pedidos US 5,806,321 de 15 de Setembro de 1998 e US 2006/0218946 A1 de 05 de Outubro de 2006 exploram diferentes abordagens para a lógica de degelo; os pedidos PI 070082-0 de 04 de Janeiro de 2007, PI 9300415-0 de 17 de Fevereiro de 1993 e US 5,918,474 de 06 de Julho de 1999 abordam a operação dos ventiladores do evaporador e do condensador, com o objetivo de economia de energia elétrica. Já os pedidos US 6,501,629 B1 de 31 de Dezembro de 2002, US 5,995,347 de 30 de Novembro de 1999, US 5,488,834 de 06 de Fevereiro de 1996 e US 5,209,076 de 11 de Maio de 1993 preocupam-se com a prevenção de falhas do compressor. Os pedidos US 5,996,361 de 07 de Dezembro de 1999 e MU 7502051-3 de 22 de Setembro de 1995 tratam de

invenção proporcionar um controle eletrônico para refrigeradores, principalmente para aplicações domésticas, mas não limitado a estas, e que de alguma forma supera as desvantagens encontradas na técnica atual. O controlador eletrônico objeto desta invenção é construído a partir de um dispositivo microcontrolador, que possui um *software* embarcado em sua memória interna (*firmware*), o qual pode ser facilmente configurado em função das necessidades de cada aplicação, que por conseqüência propõe um conceito de "plataforma" para o referido controlador, possibilitando minimizar a função custo e maximizar a adaptação do controlador para diferentes aplicações.

Um outro objetivo da presente invenção é proporcionar um sistema de controle integrado para refrigeradores envolvendo o controle das cargas elétricas, tais como: o compressor hermético, resistência de degelo, ventilador do compartimento do *freezer* e o ventilador do compartimento do refrigerador.

Um outro objetivo da presente invenção é proporcionar um novo método de controle da temperatura do refrigerador acoplado a um algoritmo de redução do consumo de energia elétrica.

Um outro objetivo da presente invenção é proporcionar um novo método de controle para a função degelo, com o objetivo de minimizar o consumo de energia elétrica.

Um outro objetivo da presente invenção é proporcionar a capacidade de comunicação digital entre o referido controlador com uma interface homem-máquina (IHM), para permitir a interação do usuário com o controlador.

E finalmente, um outro objetivo da presente invenção é proporcionar um conjunto de proteções elétricas, térmicas e mecânica (detecção do rotor do compressor travado), as quais, operando em conjunto, aumentam a vida do refrigerador e evitam que o compressor falhe sob condições extremas de operação.

Em resumo, e num primeiro aspecto, a presente invenção consiste em um controlador eletrônico para refrigeradores que compreende, pelo menos:

- Uma placa de circuito impresso (PCI).

Em um aspecto adicional, a presente invenção consiste em uma PCI que contenha pelo menos:

- Um circuito de proteção e filtro, que faz interface com a rede elétrica;

- Uma fonte de alimentação de corrente contínua;

- Um dispositivo eletrônico do tipo processador digital, que pode ser implementado por um microcontrolador, o qual permite executar um programa de controle (*firmware*);

- Um circuito de medição de corrente alternada, que pode ser implementado por um sensor de efeito *Hall*, mas não limitado a este;

- Um circuito de medição de tensão alternada, para medir a tensão da rede elétrica;

- Circuitos analógicos de condicionamento das medidas de corrente e tensão alternada, que compatibilizam as correntes e tensões do sistema para valores adequados ao processador digital e permitem monitorar a magnitude e o ângulo de fase da corrente elétrica, bem como permitem monitorar a magnitude e o instante de cruzamento pelo zero da tensão da rede elétrica;

- Circuitos analógicos para monitoramento de porta do refrigerador;

- Circuitos analógicos para interface com sensores de temperatura do refrigerador;

- Circuitos contendo chaves de potência para acionamento das cargas elétricas do refrigerador, que podem ser implementadas por chaves de estado sólido, ou por chaves eletromecânicas do tipo relé, ou por uma combinação de ambas;

- Um circuito eletrônico para comunicação, que permite a comunicação do tipo ponto-a-ponto entre o controlador e uma IHM;

- Um sistema de interface, implementado por uma multiplicidade de conectores elétricos, que permite conectar o controlador objeto da presente invenção ao refrigerador;

- Uma caixa plástica acoplada, ou não, ao compressor

hermético, que abriga a PCI acima referenciada, o capacitor de marcha para o motor elétrico do compressor hermético, o protetor térmico para o compressor hermético, o relé de partida, seja ele do tipo PTC ou de corrente, bem como permite a entrada e a saída dos cabos elétricos de potência e sinal, responsáveis pela interface entre o controlador e o refrigerador.

Em um aspecto adicional, a presente invenção consiste em uma IHM para refrigeradores que compreende, pelo menos:

- Uma segunda PCI.

Em um aspecto adicional, a presente invenção consiste em uma segunda PCI que contenha, pelo menos:

- Um dispositivo eletrônico do tipo processador digital, que pode ser implementado por um microcontrolador, o qual permite executar um segundo programa de controle;

- Um circuito eletrônico para comunicação, o qual permite a comunicação do tipo ponto-a-ponto entre a IHM e o controlador.

- Um sistema de interface com o usuário, implementado por uma multiplicidade de chaves do tipo "tact", mas não limitado a esta, as quais permitem selecionar diferentes opções de funcionamento;

- Um sistema de interface com o usuário, implementado por uma multiplicidade de *displays* e/ou

diodos emissores de luz (LED), os quais permitem informar ao usuário das diferentes opções de funcionamento;

Em um aspecto adicional, a presente invenção consiste em um programa de controle que é executado pelo processador digital acima referenciado, que controla o funcionamento da presente invenção. Este programa de controle compreende, pelo menos:

- (a) algoritmo de controle de partida e parada do compressor;
- 10 (b) algoritmo de controle da temperatura do *freezer*;
- (c) algoritmo de controle da temperatura do refrigerador;
- (d) algoritmo de controle de degelo do
15 evaporador;
- (e) algoritmo de controle do ventilador do *freezer*;
- (f) algoritmo de controle do ventilador do refrigerador;
- 20 (g) algoritmo de redução do consumo de energia elétrica;
- (h) algoritmo de medição de grandezas elétricas, tais como: tensão, corrente e frequência;
- (i) algoritmos de proteções elétricas, tais
25 como: sub e sobre tensão, sub e sobre frequência e sobre corrente;
- (j) algoritmo de proteção mecânica, tal como:

rotor travado do motor do compressor;

(k) algoritmo de proteção térmica, tais como: sub e sobre temperatura do *freezer*, sub e sobre temperatura do refrigerador e sobre carga térmica do compressor;

(l) monitoramento do estado da(s) porta(s);

(m) limitadores e tabela de parâmetros configuráveis;

(n) protocolo de comunicação;

10 Finalmente, em um aspecto adicional, a presente invenção propõe um controlador para refrigeradores baseado em um conceito de plataforma de *hardware* e *software*, ou seja, circuitos eletrônicos e programa especialmente desenvolvidos, de forma a permitir
15 diferentes configurações dependendo da aplicação final. Esta flexibilidade implica em várias vantagens competitivas para o referido controlador.

Para aqueles versados na técnica a qual esta invenção refere-se, muitas mudanças na
20 elaboração e construção dos circuitos, nas funções do programa e aplicações da invenção amplamente diferentes serão sugeridas, sem se afastar do escopo da invenção como definido nas reivindicações anexas. As divulgações e as descrições aqui são puramente ilustrativas e não são
25 planejadas para serem limitadoras em qualquer sentido.

A seguir, a presente invenção será resumidamente descrita com base em um exemplo de execução

representado nos desenhos, os quais mostram:

5 A Fig. 1 representa, de forma simplificada, um refrigerador hipotético, mostrando os diversos componentes que interagem com o controlador eletrônico, de acordo com os ensinamentos da presente invenção;

A Fig. 2 mostra, de forma simplificada, as interfaces do controlador com os diversos componentes que compõem o sistema;

10 A Fig. 3 mostra, de acordo com um exemplo de execução, o comportamento da temperatura interna do *freezer*, quando o algoritmo de redução do consumo de energia elétrica está ativo; e

15 A Fig. 4 mostra, de acordo com um exemplo de execução, o comportamento da variável do *software* que controla a função degelo.

A presente invenção será, a seguir, mais detalhadamente descrita com base em um exemplo de execução representado nos desenhos. Este exemplo considera um controlador eletrônico acoplado a um refrigerador hipotético de uso residencial, porém, tal como descrito nos ensinamentos anteriores, este exemplo de aplicação não deve ser tomado como limitador de espécie alguma para esta invenção.

20

25

A Fig. 1 define, de forma simplificada, o refrigerador hipotético 1, que contém

dois compartimentos refrigerados: o *freezer* 2 e o refrigerador 3 com temperatura superior à do *freezer*. O sistema de refrigeração deste refrigerador hipotético é composto por um compressor hermético 4, um evaporador 5 -
5 placa fria - montado no interior do compartimento do *freezer*, um condensador e um tubo capilar 6, montados na parte externa traseira do refrigerador, uma multiplicidade de sensores de temperatura 7, 8 e 9, uma resistência elétrica 10, montada nas proximidades do
10 evaporador 5, para realizar o degelo deste último, um ventilador 11, responsável pela circulação do ar no compartimento do *freezer*, um ventilador 12, responsável pela circulação do ar entre os compartimentos do *freezer* 2 e refrigerador 3, chaves 13 e 14 para detectar o estado
15 aberto/fechado das portas do *freezer* e do refrigerador. Por último, o controle eletrônico 15 que comanda todas as funções do referido refrigerador hipotético.

Como é bem conhecido da técnica, o sistema de refrigeração de um refrigerador é composto por
20 tubos, preenchidos com um fluido refrigerante (gás com características termodinâmicas especiais), o qual funciona como "veículo" de troca de calor entre o evaporador 5 e o condensador 6. O compressor 4, composto basicamente por um motor elétrico que aciona uma bomba a
25 pistão, comprime e impulsiona o fluido refrigerante através do condensador 6. O aumento da pressão provoca a condensação do fluido e a elevação da temperatura, e o

condensador 6 tem a capacidade de dissipar para o ambiente este calor gerado. Em seguida o fluido é impulsionado através de um tubo capilar, cujo diâmetro interno é bastante reduzido. Após atravessar este tubo
5 fino, o fluido se expande (evapora) na tubulação do evaporador 5. Devido à característica termodinâmica do fluido, na expansão ele absorve calor do ambiente, reduzindo a temperatura e esfriando a placa do evaporador. Ao sair do evaporador 5, o fluido entra
10 novamente no compressor 4, reiniciando o ciclo.

Em um aspecto adicional, tal como descrito nos ensinamentos anteriores, a presente invenção consiste em um dispositivo eletrônico 15 para controle de refrigeradores, representado de forma simplificada pela
15 Fig. 2, que compreende uma pluralidade de circuitos, entre eles: uma fonte de alimentação em corrente contínua 23, contendo pelo menos um filtro de linha para supressão de interferência eletromagnética, que faz interface com a rede elétrica 22; um protetor de sobre tensão; um
20 protetor de sobre corrente; um retificador; um regulador de tensão e um filtro. Um circuito de controle 24 constituído por um processador digital que de acordo com os ensinamentos anteriores, pode ser implementado por um microcontrolador, o qual executa o *firmware*. O circuito
25 de controle 24 possui ainda uma pluralidade de circuitos analógicos para medição de corrente alternada, implementado por um sensor de efeito *Hall*, mas não

limitado a este; um circuito de medição de tensão alternada, para medir a tensão da rede elétrica; circuitos analógicos de condicionamento das medidas de corrente e tensão alternada, que compatibilizam as correntes e tensões do sistema para valores adequados ao processador digital e permitem monitorar a magnitude e o ângulo de fase da corrente elétrica, bem como permitem monitorar a magnitude e o instante de cruzamento pelo zero da tensão da rede elétrica; circuitos para monitoramento das chaves de porta 13 e 14 do refrigerador; circuitos para interface com os sensores de temperatura 7, 8 e 9. Um circuito contendo chaves de potência 25, para acionamento das cargas elétricas do refrigerador que, de acordo com os ensinamentos anteriores, podem ser implementadas por chaves de estado sólido, ou por chaves eletromecânicas do tipo relé, ou ainda por uma combinação de ambas, estas chaves são responsáveis por acionar (ligar/desligar) o compressor 4; os ventiladores 11 e 12 e a resistência de degelo 10. Ainda de acordo com a Fig. 2, o circuito de controle 24 possui um circuito para comunicação, que permite a comunicação do tipo ponto-a-ponto entre o controlador 15 e uma IHM 20. Estes circuitos operando em conjunto permitem controlar o refrigerador.

Em um aspecto adicional, o circuito de controle 24 cujo processador digital executa o *firmware*, o qual, de acordo com este exemplo de

aplicação, possui pelo menos um algoritmo de controle da temperatura do *freezer* que utiliza informações do sensor 7, um algoritmo de controle da temperatura do refrigerador, que utiliza informações do sensor 9, que
5 opera independente do algoritmo de controle da temperatura do *freezer*, estes dois algoritmos comandam as partidas e paradas do compressor hermético 4, do ventilador do *freezer* 11 e do ventilador do refrigerador 12, pois, como é bem conhecido da técnica, a operação
10 otimizada destes dispositivos influi na eficiência do sistema de refrigeração e, conseqüentemente, no consumo de energia elétrica. O processador digital do circuito de controle 24 ainda é responsável pela execução do algoritmo de medição de grandezas elétricas, tais como:
15 tensão e frequência da rede elétrica (22) e corrente do compressor 4; estas medidas são utilizadas por um outro algoritmo que é responsável pelas proteções elétricas, tais como: sub e sobre tensão, sub e sobre frequência e sobre corrente do compressor 4, bem como pela detecção de
20 rotor travado do motor do compressor e sobre carga térmica do compressor, também conhecido como algoritmo i^2t , este algoritmo emula a operação do protetor térmico bi-metálico 21 e é calibrado para operar antes da atuação deste. O processador digital do circuito de controle 24 é
25 ainda responsável pela execução do algoritmo de proteção térmica, que protege o refrigerador contra: sub e sobre temperatura do *freezer*, sub e sobre temperatura do

refrigerador. Todas estas proteções operando em conjunto protegem o refrigerador contra condições adversas. O processador digital do circuito de controle 24 é ainda responsável pela execução do protocolo de comunicação que
5 permite a comunicação digital entre o controlador 15 e a IHM 20, que, de acordo com este exemplo de aplicação, possui uma multiplicidade de chaves para que o usuário possa selecionar os níveis de temperatura desejados para o compartimento do *freezer* e para o compartimento do
10 refrigerador, bem como habilitar/desabilitar o algoritmo de redução do consumo de energia elétrica.

Em um aspecto adicional da presente invenção o programa de controle contempla outras funcionalidades, tais como: algoritmo de redução do
15 consumo de energia elétrica e algoritmo de controle de degelo do evaporador, que serão descritos pelos ensinamentos das Figs. 3 e 4.

A Fig. 3 exemplifica o funcionamento do algoritmo redução do consumo de energia elétrica, cujo
20 objetivo é verificar períodos de "inatividade" do refrigerador hipotético 1, evidenciado principalmente por ausências prolongadas de abertura das portas e, desta forma, aumentar o ajuste de temperatura do compartimento do *freezer* 2 e/ou do compartimento do refrigerador 3, de
25 forma independente, de tal maneira que, para uma determinada condição da carga térmica, aumentar o ajuste de temperatura significa aumentar o tempo entre dois

acionamentos consecutivos do compressor 4 e, com isso, reduzir o consumo de energia elétrica. De acordo com o exemplo de aplicação aqui considerado, esta estratégia pode ser representada pelos gráficos 30, que mostra uma
5 variação hipotética da temperatura do compartimento do *freezer*, e 40, que mostra um comportamento hipotético do estado da porta (aberta ou fechada) do *freezer*.

Quando o refrigerador 1 é ligado, é realizada a leitura dos controles da IHM 20 ajustados pelo usuário, a saber: temperatura do compartimento do
10 *freezer* 2, do compartimento do refrigerador 3 e a ativação do modo de economia de energia elétrica, cujos valores iniciais são pré-ajustados para: média, média e desligado, respectivamente, bem como é realizada a
15 leitura dos valores das temperaturas reais do *freezer* pelo sensor 7 e do refrigerador pelo sensor 9. Nesse instante, também é iniciado um contador de *software* que medirá a duração de tempo "td1" 32, cuja função é bloquear a ativação do modo de economia de energia
20 elétrica em condições desfavoráveis. O valor inicial atribuído a este contador é função das temperaturas medidas pelos sensores 7 e 9 e de um tempo mínimo estimado para o primeiro abaixamento da temperatura, que, para aqueles versados na técnica, é conhecido como *pull*
25 *down*. A variável "td1" decai com o passar do tempo a uma taxa previamente ajustada. Se ocorrer abertura das portas, "td1" aumenta durante este evento. A taxa de

acréscimo de "td1" é função da porta que estiver aberta (refrigerador, freezer ou ambas), identificadas pelos sensores 13 e 14.

O controle da temperatura do freezer 2 é obtido pelo acionamento do compressor 4, através de abordagem do tipo "liga/desliga" com banda morta (ΔT). É calculada uma variável auxiliar representativa da condição atual da temperatura do compartimento do freezer 2 em relação à temperatura ajustada pelo usuário na IHM 20. Essa variável, aqui denominada por "N_F", segue uma escala na qual o valor dez significa que a temperatura atual do freezer 2 é igual à temperatura de referência ajustada pelo usuário, mais a metade do valor da banda morta (ΔT). Quando a temperatura do freezer 2 é igual à temperatura desejada, menos a metade do valor da banda morta (ΔT), o valor de "N_F" é igual a zero.

O controle da temperatura do compartimento do refrigerador 3 é feito por intermédio do comando do ventilador 12, que força a circulação de ar frio entre os compartimentos do freezer 2 e do compartimento do refrigerador 3. É calculada uma variável auxiliar representativa da condição atual da temperatura do compartimento do refrigerador 3 em relação à temperatura de referência ajustada pelo usuário na IHM 20. Essa variável, aqui denominada por "N_G", segue uma escala na qual o valor dez significa que a temperatura do compartimento do refrigerador 3 é igual a temperatura

ajustada pelo usuário, mais a metade do valor da banda morta (ΔT). Quando a temperatura do compartimento do refrigerador 3 é igual à temperatura desejada, menos a metade do valor da banda morta (ΔT), o valor de "N_G" é
5 igual a zero. O ventilador 12 utilizado no controle da temperatura do compartimento do refrigerador 3 é acionado quando a diferença entre "N_F" e "N_G" está entre uma faixa pré-estabelecida, que é função dos valores de temperatura ajustados pelo usuário para o *freezer* 2 e o
10 refrigerador 3. Esta abordagem cria um sincronismo entre as duas referidas temperaturas, fazendo com que o tempo que o compressor 4 permanece desligado seja otimizado, reduzindo assim o consumo de energia.

Uma maior e adicional economia de
15 energia elétrica pode ser obtida quando o usuário habilita, via IHM 20, a opção "modo de economia de energia elétrica". Se essa opção for acionada e se ela não estiver bloqueada pela temporização de "td1" 32, as temperaturas de referência do refrigerador 3 e do *freezer*
20 2 são alteradas automaticamente. Neste exemplo de aplicação, a Fig. 3 representa apenas a variação da temperatura do *freezer*, no gráfico 31, cujo ajuste inicial feito pelo usuário é indicado por "T2" 33. Após a temporização de "td1" 32, que ocorre no instante "t1" 34,
25 o usuário seleciona a qualquer instante a opção "modo de economia de energia", que ocorre no instante "t2" 35; a partir deste instante, as temperaturas aumentam segundo

taxas pré-definidas até valores pré-determinados, por exemplo "T3" 36 e, após um tempo mínimo de permanência nesta temperatura, vai para "T4" 37. O novo valor de referência de temperatura "T4" permanecerá constante até

5 a opção "modo de economia de energia elétrica" seja desligada pelo usuário, ou em função da abertura das portas do refrigerador e/ou *freezer*, de forma que o valor da variável "td1" atinja o valor mínimo de bloqueio. Neste exemplo de aplicação, a Fig. 3 representa apenas um

10 comportamento hipotético da porta do compartimento do *freezer* que, se for aberta muitas vezes e/ou por muito tempo, a variável "td1" é incrementada proporcionalmente para compensar a entrada de calor no refrigerador 1; este evento é representado no gráfico 40 por 41. Ao final

15 deste evento, instante 34, é atribuído o valor inicial à variável "td1"; a partir deste instante o comportamento da porta passa a ser continuamente monitorado, tal como em "td2" 42, que representa aberturas rápidas da porta, e por "td3" 43, que representa uma abertura prolongada. A

20 cada abertura da porta, o valor de "td1" decai com uma taxa previamente ajustada e, se o valor desta variável atingir o valor mínimo pré-ajustado, aqui representado pelo instante "t4" 39, a função "modo de economia de energia elétrica" é desabilitada automaticamente. Neste

25 caso, a temperatura de referência retoma automaticamente ao valor ajustado pelo usuário, neste exemplo "T2" 33. Se o "modo de economia de energia elétrica" é desabilitado,

apenas em função do bloqueio imposto pelo valor de "td1",
tão logo o seu valor atinja o nível de desbloqueio os
valores de referência das temperaturas retomam as rampas
de crescimento até atingirem os valores de máxima
5 economia. O bloqueio e desbloqueio dessa função podem
ocorrer indefinidamente em função do uso do refrigerador,
enquanto essa opção estiver acionada na IHM 20. No caso
de interrupção do fornecimento de energia elétrica, o
"modo de economia de energia elétrica" é desativado e só
10 será ativado novamente por uma intervenção do usuário,
pois o refrigerador volta a operar na configuração
original na qual esta função está desabilitada, tal como
explicado nos ensinamentos anteriores, bem como as
temperaturas de referência dos compartimentos do *freezer*
15 2 e do refrigerador 3 se reiniciam nos valores padrão
previamente definidos.

Uma variação na implementação deste
algoritmo permite executar uma lógica de abaixamento
periódico da temperatura, caso o refrigerador 1 esteja
20 operando com uma referência de temperatura elevada, por
exemplo "T4" 37, durante muito tempo.

A seguir, a função de degelo passará
a ser descrita com referência à Fig. 4. Esta função evita
o acúmulo de gelo sobre as placas do evaporador 5 pois,
25 como é bem conhecido da técnica, sabe-se que acúmulo de
gelo sobre as placas do evaporador funciona como um
isolante térmico, o que reduz a eficiência do sistema de

refrigeração e, conseqüentemente, aumenta o consumo de energia elétrica; desta forma é importante que ocorram operações de degelo toda vez que houver formação de gelo.

Na presente invenção a função degelo

5 é automática e não depende de ajuste do usuário. Quando o refrigerador 1 é ligado, independentemente se devido a uma ação do usuário, ou após uma interrupção no fornecimento de energia, uma variável de controle, aqui denominada por "Dg_b", é iniciada com o valor nulo.

10 "Dg_b" é incrementada a uma taxa constante e independe de abertura das portas 13 e/ou 14 ou do acionamento do compressor 4. Simultaneamente, outra variável, denominada por "t_dg", que representa a duração de tempo até o próximo evento de degelo, é iniciada com o valor máximo.

15 A Fig. 4 exemplifica o comportamento desta variável em função do tempo 50. "t_dg" decai com o passar do tempo, sendo que a taxa de decremento é calculada por uma função que depende do estado (aberto ou fechado) das portas do freezer 13 e do refrigerador 14. Adicionalmente, a cada

20 evento de abertura de porta, "t_dg" é subtraído de um valor fixo relacionado com as portas do freezer e do refrigerador, aqui exemplificado pelos instantes 51, 53, 55 e 56. Quando o limite inferior atribuído à variável "t_dg" é atingido, o degelo pode ser iniciado, ligando-se

25 a resistência 10. Contudo, para que esse evento ocorra, faz-se necessário que outras condições sejam simultaneamente respeitadas: (a) o compressor não pode

estar em funcionamento; (b) "Dg_b" tem que ser igual ao seu valor máximo previamente definido. Somente quando estas três condições são obedecidas ("t_dg" é igual a "t_dg_min", "Dg_b igual a "Dg_b_Max" e o compressor não
5 estiver acionado) o degelo é acionado. Um limitador de tempo de degelo monitora o tempo máximo de resistência ligada, mas esta função pode ser interrompida se o sensor de temperatura de degelo 8 indicar uma temperatura igual ou superior a um limite pré-estabelecido. Durante a
10 ocorrência do degelo, o acionamento do compressor 4 fica bloqueado, sendo liberado apenas ao final do evento. Após o final do degelo, independentemente se o mesmo ocorreu devido ao cumprimento do tempo ou por ter atingido a temperatura limite, as variáveis "t_dg" e "Dg_b" retornam
15 aos seus valores iniciais, bem como suas taxas de variações.

Ainda na Fig. 4 alguns eventos podem ser evidenciados, tais como: no instante indicado por 51, ocorre a abertura da porta do refrigerador, e no instante
20 52, ela é fechada, nota-se que a taxa de decaimento da variável "t_dg" aumentou durante este intervalo. Já no instante 53, a porta do freezer é aberta, e no 54, ela é fechada. Nota-se que a taxa de decaimento da variável "t_dg" também aumentou durante este intervalo, inclusive
25 com um valor maior, quando da abertura da porta do refrigerador; isso é feito para dar maior relevância ao evento de abertura da porta do freezer, pois a entrada de

umidade do ambiente (a qual irá formar o gelo) é mais significativa quando esta porta está aberta.

De acordo com os ensinamentos anteriores, os exemplos de aplicação sugerem uma possível aplicação do controlador eletrônico multifuncional para refrigeradores 15, e não devem ser tomados como limitadores de espécie alguma para esta invenção.

Reivindicações

1.- "CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", caracterizado pelo fato de compreender: um módulo eletrônico (15), acoplado
5 ou não aos terminais do compressor hermético (4), e composto por uma placa de circuito impresso (PCI), que contém pelo menos um filtro de linha que faz interface com a rede elétrica e limita a interferência eletromagnética; uma fonte de alimentação, que fornece
10 corrente contínua para todo o módulo eletrônico; um dispositivo eletrônico do tipo processador digital, que pode ser implementado por um microcontrolador, o qual permite executar um primeiro programa de controle; um circuito de medição de corrente alternada, que pode ser
15 implementado por um sensor de efeito *Hall*, mas não limitado a este; um circuito de medição de tensão alternada; circuitos analógicos de condicionamento das medidas de corrente e tensão alternada, que compatibilizam as correntes e tensões do sistema para
20 valores adequados ao processador digital, e permitem monitorar a magnitude e o ângulo de fase da corrente elétrica, bem como permitem monitorar a magnitude e o instante de cruzamento pelo zero da tensão da rede elétrica; circuitos para monitoramento das portas do
25 refrigerador; circuitos analógicos para interface com sensores de temperatura do refrigerador; circuitos contendo chaves de potência para acionamento das cargas

elétricas do refrigerador, que podem ser implementadas por chaves de estado sólido, ou por chaves eletromecânicas do tipo relé, ou por uma combinação de ambas; um circuito eletrônico para comunicação com uma interface homem-máquina (IHM) e um sistema de interface implementado por uma multiplicidade de conectores elétricos, que permite conectar o módulo de controle ao equipamento de refrigeração.

2.- "CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de compreender: uma caixa ou invólucro plástico, acoplada ou não aos terminais do compressor hermético (4), que abriga a PCI; quando aplicável abriga o protetor de sobre-carga (21); quando aplicável abriga o capacitor de marcha (26); quando aplicável abriga o relé de partida (27); bem como permite a entrada e a saída dos cabos elétricos de potência e de sinal, responsáveis pela interface entre o módulo de controle e o sistema de refrigeração.

3.- "CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 1, caracterizado pelo fato de compreender: uma IHM (20), composta por uma PCI, que contém pelo menos um dispositivo eletrônico do tipo processador digital, que pode ser implementado por um microcontrolador, o qual permite executar um segundo programa de controle; um circuito eletrônico para comunicação, que permite a

condições extremas de operação; e ainda através destes algoritmos sendo possível proteger o refrigerador contra variações elétricas, tais como: sub e sobre tensão, sobre corrente, sub e sobre frequência e sobre carga térmica do compressor (4), também conhecido como algoritmo i^2t .

7.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 4, caracterizado por compreender um método (ou algoritmo do programa de controle) especialmente desenvolvido para redução do consumo de energia elétrica do refrigerador (1), e que, num primeiro momento, cria um sincronismo entre os ciclos térmicos dos compartimentos do *freezer* (2) e do refrigerador (3), de forma a otimizar (reduzir) o tempo no qual o compressor (4) e os ventiladores (11) e (12) estão ligados; e num segundo momento, verifica períodos de "inatividade" do refrigerador, evidenciado principalmente por ausências prolongadas de abertura das portas e desta forma aumentar o ajuste da temperatura do compartimento do *freezer* (2) e/ou do compartimento do refrigerador (3), de forma independente, de tal maneira que, para uma determinada condição da carga térmica do refrigerador (1), aumentar o ajuste de temperatura significa aumentar o tempo entre dois acionamentos consecutivos do compressor (4) e ventiladores (11) e (12), e com isso reduzir o consumo de energia elétrica.

8.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM

CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 7, caracterizado pelo fato de proporcionar um método para redução do consumo de energia elétrica do refrigerador (1) que, quando habilitado pelo usuário, permite que as temperaturas de referência dos compartimentos do freezer (2) e do refrigerador (3) sejam alteradas (elevadas) automaticamente, desde que vencido um tempo mínimo de permanência nas temperaturas de referência selecionadas pelo usuário, tempo este monitorado pela variável "td1" (32), mas não limitada a esta.

9.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 8, caracterizado pelo fato de proporcionar um método para redução do consumo de energia elétrica cujo valor inicial atribuído à variável "td1", mas não limitada a esta, é função das temperaturas reais dos compartimentos do freezer (2) e do refrigerador (3), medidas pelos sensores (7) e (9) e de um tempo mínimo estimado para o primeiro abaixamento da temperatura (*pull down*).

10.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 9, caracterizado pelo fato de proporcionar um método para redução do consumo de energia elétrica que monitora o comportamento das portas do refrigerador (1), de forma a incrementar ou

decrementar a variável "td1", mas não limitada a esta, e de modo que, durante o tempo do primeiro abaixamento da temperatura, se ocorrer abertura das portas, "td1" aumenta durante este evento, a taxa de acréscimo de "td1" sendo função da porta que estiver aberta (refrigerador, freezer ou ambas), identificadas pelos sensores (13) e (14), e uma vez vencido o tempo do primeiro abaixamento da temperatura, esta variável decai com o passar do tempo a uma taxa previamente ajustada.

10 11.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 10, caracterizado pelo fato de proporcionar um método para redução do consumo de energia elétrica, que desabilita automaticamente o "modo de economia de energia elétrica", sempre que houver excessivas e/ou prolongadas aberturas das portas do refrigerador (1), forçando o decremento da variável "td1", mas não limitada a esta, ao seu valor mínimo, e neste caso as temperaturas de referências retornam automaticamente aos valores previamente ajustados pelo usuário e a variável "td1" é reajustada com seu valor inicial.

25 12.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 11, caracterizado pelo fato de proporcionar um método para redução do consumo de energia elétrica, que habilita automaticamente

o "modo de economia de energia elétrica", tão logo ocorra uma nova temporização cuja duração coincide com o valor da variável "td1", mas não limitada a esta, e após este evento, os valores de referência das temperaturas dos 5 compartimentos do *freezer* (2) e do refrigerador (3) retomam as rampas de crescimento até atingirem os valores de máxima economia de energia elétrica, sendo que o bloqueio e desbloqueio dessa função pode ocorrer indefinidamente em função do uso do refrigerador (1), 10 enquanto essa opção estiver acionada na IHM (20); e no caso de interrupção do fornecimento de energia elétrica, o "modo de economia de energia elétrica" sendo desativado e só sendo ativado novamente por uma intervenção do usuário.

15 13.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 8, caracterizado pelo fato de proporcionar um método para redução do consumo de energia elétrica do refrigerador (1) que, 20 quando habilitado pelo usuário, permite executar uma lógica de abaixamento periódico das temperaturas dos compartimentos do *freezer* (2) e do refrigerador (3), caso o refrigerador (1) esteja operando na máxima referência de temperatura durante muito tempo.

25 14.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 4, caracterizado

pelo fato de proporcionar um outro método para a função degelo, com o objetivo de minimizar o consumo de energia elétrica e preservar a qualidade do produto refrigerado.

15.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM
5 CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 14, caracterizado pelo fato de proporcionar um outro método para a função degelo, o qual possui uma variável denominada por "Dg_b", mas não limitada a esta, que, no primeiro momento, é
10 iniciada com o valor zero, e em um segundo momento "Dg_b" é incrementada com uma taxa constante e independe das aberturas das portas (13) e/ou (14) ou do acionamento do compressor (4); e ainda simultaneamente, outra variável, denominada por "t_dg", mas não limitada a esta, que
15 representa a duração de tempo até o próximo evento de degelo, sendo iniciada com o valor máximo previamente escolhido, dita variável "t_dg" decaindo com o passar do tempo, sendo que a taxa de decremento é calculada por uma função que depende do estado (aberto ou fechado) das
20 portas do *freezer* e do refrigerador, as quais são monitoradas pelo estado das chaves (13) e (14) respectivamente; e adicionalmente, a cada evento de abertura de uma das portas, "t_dg" sendo subtraído de um valor fixo relacionado com as portas do *freezer* e do
25 refrigerador, as quais possuem pesos diferentes, sendo que a abertura da porta do *freezer* é mais significativa; e quando o limite inferior atribuído à variável "t_dg"

for atingido, o degelo podendo ser iniciado, ligando-se a resistência (10), desde que o compressor (4) esteja desligado.

16.- "MÉTODO DE REALIZAÇÃO DE UM
5 CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado em 15, caracterizado pelo fato de proporcionar um outro método para a função degelo, cuja variável "t_dg", mas não limitada a esta, que define o tempo entre dois eventos de degelo, possui
10 quatro taxas de decaimento pré-ajustadas em função do estado das portas do refrigerador (1), monitoradas pelo estado das chaves (13) e (14), a saber (da menor para a maior): (a) (13) e (14) fechadas; (b) (13) fechada e (14) aberta; (c) (13) aberta e (14) fechada e; (d) (13) e (14)
15 abertas; e após o evento do degelo, a taxa de variação da variável "t_dg" voltando ao seu valor inicial, definido pela condição (a).

17.- "CONTROLADOR ELETRÔNICO
MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES", como reivindicado
20 nas reivindicações anteriores, caracterizado por compreender um controlador eletrônico (15) para refrigeradores baseado em um conceito de plataforma flexível de *hardware* e de *software*, ou seja, circuitos eletrônicos e programas de controle, especialmente
25 desenvolvidos de forma a permitir diferentes configurações, dependendo da aplicação final.

1/4

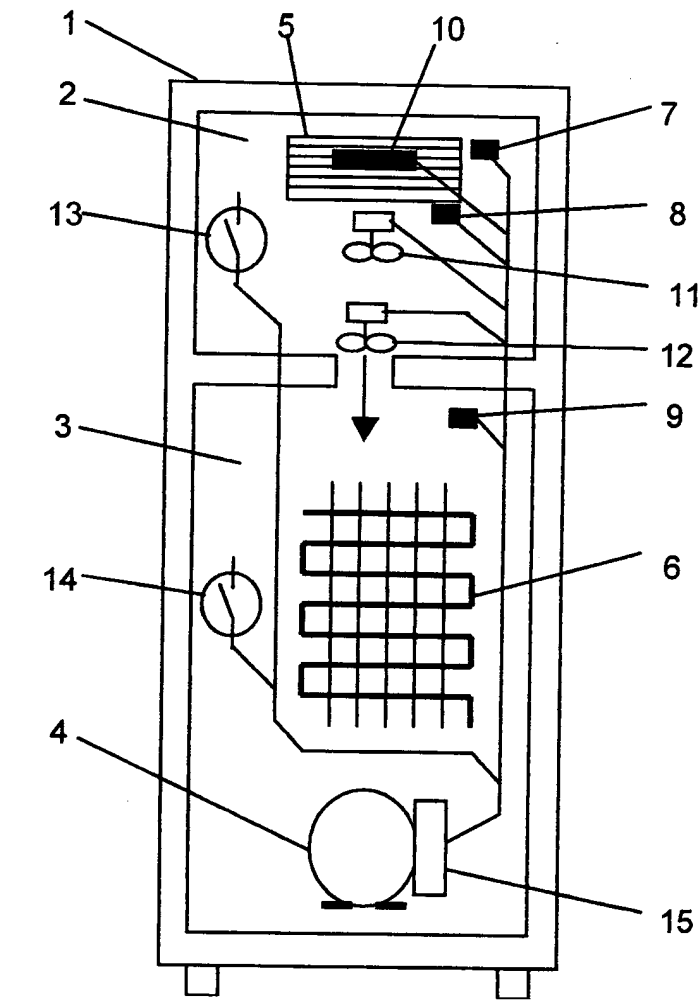


FIG. 1

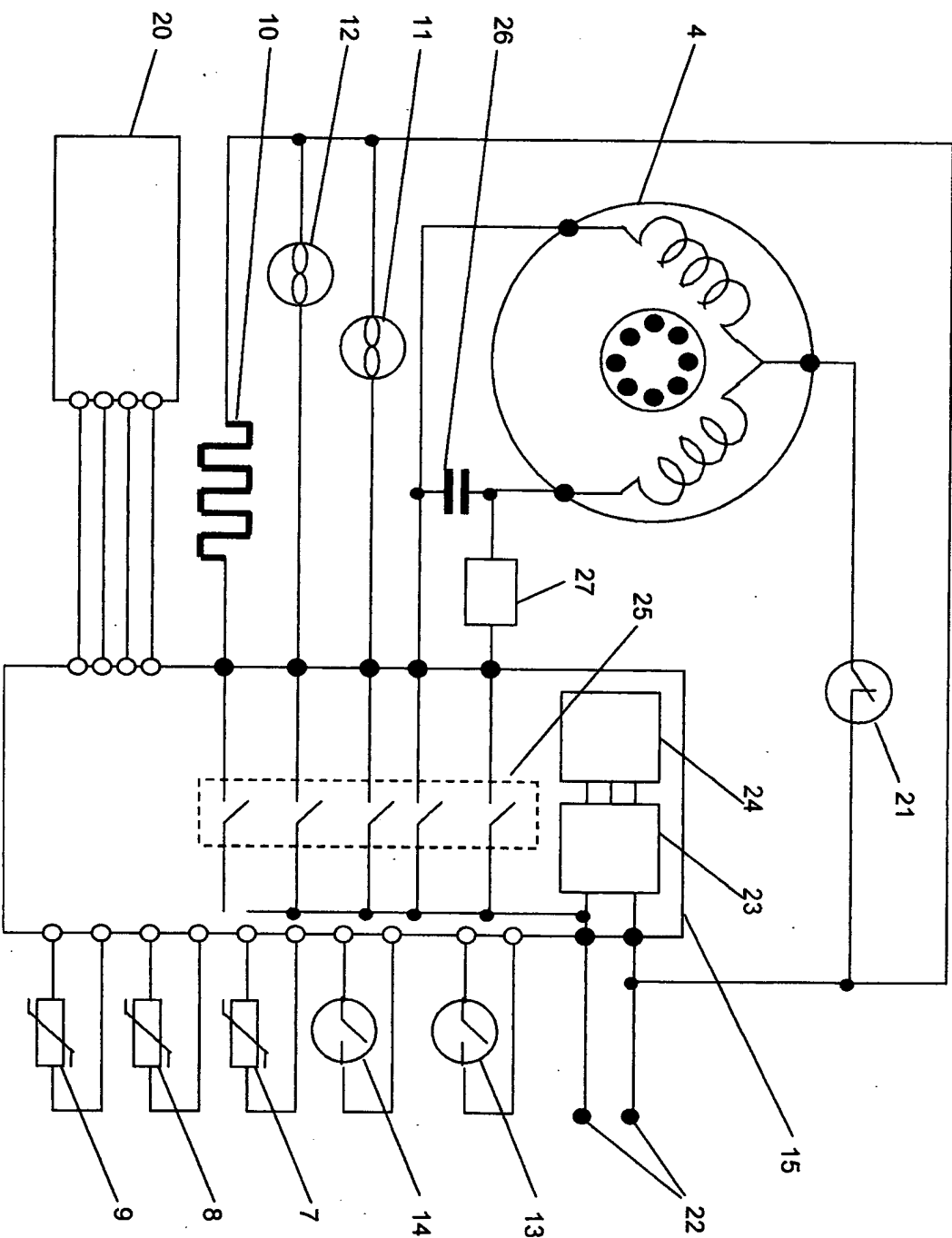


FIG. 2

4/4

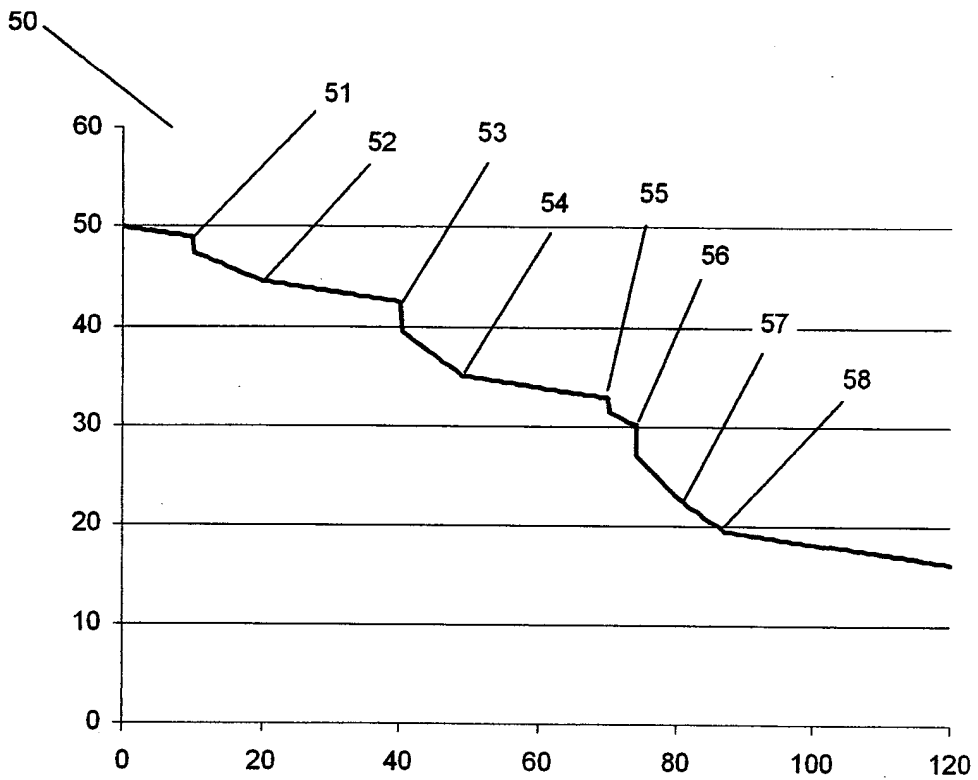


FIG. 4

Resumo

"CONTROLADOR ELETRÔNICO MULTIFUNCIONAL PARA REFRIGERADORES E MÉTODO DE REALIZAÇÃO DO MESMO", compreendendo um módulo eletrônico (15), contido em uma caixa plástica, acoplada ou não aos terminais do compressor hermético (4), composto por uma primeira PCI de controle e uma segunda PCI para IHM (20). O módulo eletrônico (15) possui um programa que controla todo o refrigerador (1), compreendendo pelo menos os seguintes algoritmos: controle de partida e parada do compressor hermético (4), controle da temperatura dos compartimentos do freezer (2) e do refrigerador (3), de forma independente; controle de degelo (5); controle dos ventiladores do compartimento do freezer (11) e do refrigerador (12); método de redução do consumo de energia elétrica do refrigerador (1); medição de grandezas elétricas, tais como: tensão, corrente e frequência; proteções elétricas, tais como: sub e sobre tensão, sub e sobre frequência e sobre corrente; proteção mecânica, tal como: rotor travado; proteção térmica, tais como: sub e sobre temperatura dos compartimentos do freezer (2) e do refrigerador (3) e sobre carga térmica do compressor, monitoramento do estado da(s) porta(s) do refrigerador (1) e protocolo de comunicação entre (15) e (20).