



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

(21) PI 1001407-1 A2



(22) Data de Depósito: 04/03/2010

(43) Data da Publicação: 09/06/2015
(RPI 2318)

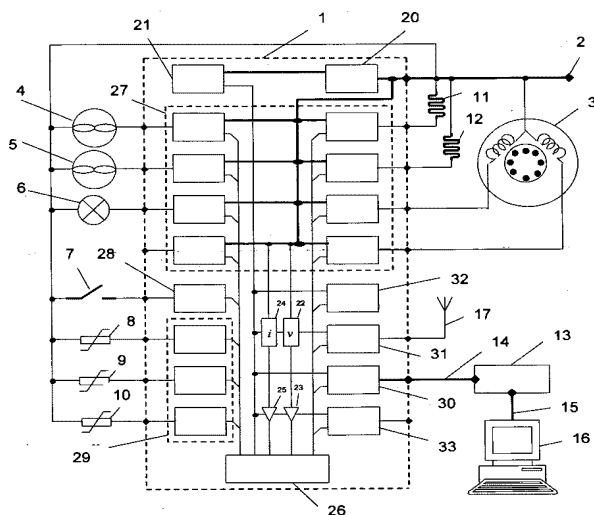
(54) **Título:** SISTEMA ELETRÔNICO PARA CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA PARA EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO E MÉTODO DE CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA EM EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO

(51) **Int.Cl.:** G05D27/02; G05B11/06

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

(72) **Inventor(es):** ALEX FABIANO FAISTING,
BÁRBARA CASTANHEIRA, Mário Luís Botêga Jr.

(57) **Resumo:** SISTEMA ELETRÔNICO PARA CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA PARA EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO E MÉTODO DE CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA EM EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO A presente invenção refere-se a um sistema eletrônico integrado para prover controle, proteção, comunicação e economia de energia em equipamentos de refrigeração, o qual é, preferencialmente, mas não somente, usado em refrigeradores, freezers, gôndolas refrigeradas, balcões frigoríficos e demais equipamentos de refrigeração. O invento é conectado a uma pluralidade de sensores elétricos e térmicos e atuadores do equipamento de refrigeração com o objetivo de controlar sua temperatura interna de acordo com as condições pré-programadas, realizar o descongelamento, proteger todos os dispositivos elétricos, economizar energia elétrica através de um algoritmo específico e possibilitar seu controle e monitoramento remoto. A presente invenção possui plataforma modular e reprogramável, de modo a ser configurada para diferentes aplicações e situações.



“SISTEMA ELETRÔNICO PARA CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA PARA EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO E MÉTODO DE CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA EM EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO”

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um sistema eletrônico integrado para prover controle, proteção, comunicação e economia de energia em equipamentos de refrigeração, o qual é, preferencialmente, mas não somente, usado em refrigeradores, freezers, gôndolas refrigeradas, balcões frigoríficos e demais equipamentos de refrigeração. O invento é conectado a uma pluralidade de sensores elétricos e térmicos e atuadores do equipamento de refrigeração com o objetivo de controlar sua temperatura interna de acordo com as condições pré-programadas, realizar o descongelamento, proteger todos os dispositivos elétricos, economizar energia elétrica através de um algoritmo específico e possibilitar a comunicação do referido equipamento com outros ou com uma central de monitoramento. A presente invenção possui plataforma modular e reprogramável, de modo a ser configurada para diferentes aplicações e situações.

DESCRIÇÃO DO ESTADO DA TÉCNICA

Como é bem conhecido da arte anterior, os equipamentos de refrigeração possuem diversos dispositivos eletromecânicos embarcados, tais como: compressor hermético, ventiladores, válvulas, resistências de aquecimento, termostatos, interruptores, lâmpadas, sensores de temperatura, dentre outros, interligados ao circuito de refrigeração que possui evaporador, condensador, gás refrigerante, filtro, tubo capilar, dentre outros, todos necessários para o perfeito funcionamento do equipamento.

O controle de temperatura dentro da câmara de refrigeração (doravante denominada somente por gabinete) é, geralmente, realizado

por um termostato eletromecânico ou eletrônico que, através da técnica de controle conhecida como ON-OFF (LIGA-DESLIGA), aciona o compressor toda vez que a temperatura estiver no limite superior de uma determinada faixa e o desliga quando estiver no limite inferior. Levando-se em
5 consideração os produtos no interior do gabinete, esta é uma técnica de controle ineficiente, pois a variação da temperatura tende a ser grande e a resposta a transientes de carga térmica tender a ser lenta. Além do mais, os ventiladores do condensador e do evaporador tem suas operações
comumente vinculadas ao termostato e, conseqüentemente, à operação do
10 compressor. Esta estratégia aumenta o desempenho do gabinete quando comparada aos que possuem evaporador sem ventilador, mas não proporciona a melhor eficiência energética, pois não permite o acionamento do ventilador do evaporador durante o período de desligamento do compressor, o que permitiria maior homogeneidade da
15 temperatura no gabinete.

Outro ponto importante a ser considerado é que a falta de sistemas inteligentes de descongelamento do evaporador leva os fabricantes à utilização de temporizadores ligados a resistências elétricas que realizam ciclos de descongelamento periódicos, pois o gelo acumulado
20 em tal peça atua como isolante térmico, prejudicando a troca de calor e, conseqüentemente, a eficiência do sistema. Esse procedimento é otimizado levando-se em consideração os fatores que contribuem para a formação de gelo, como a freqüência de abertura da porta e o tempo que esta permanece aberta, a umidade do ar, temperatura externa, dentre
25 outros, contribuindo assim para a economia de energia e conservação dos alimentos, uma vez que durante os ciclos de descongelamento há um aumento de temperatura interna do gabinete.

Outros dispositivos elétricos, tais como lâmpadas e resistências anti-condensação, consomem mais energia elétrica num gabinete sem um
30 sistema de controle inteligente, pois são mantidos ligados durante todo o tempo de operação do gabinete.

Com relação à proteção do sistema, é conhecido da técnica atual que durante uma condição de falha o compressor é desligado pela ação de um protetor térmico do tipo bimetálico. Contudo, os outros dispositivos elétricos dentro do gabinete geralmente não são protegidos, o que
5 aumenta as ocorrências de falhas e magnitude dos danos. A utilização de recursos mais sofisticados faz-se necessária para evitar danos ao gabinete devido a perturbações elétricas, ou mesmo uma operação deficiente do gabinete.

Controladores eletrônicos mais recentes para equipamentos de
10 refrigeração consideram vários níveis de “inteligência” a fim de executar funções lógicas mais sofisticadas. Invariavelmente, esses controladores usam microcontroladores para executar um software de controle e algoritmos de proteção, conforme descrito nas patentes: US 5.808.441, US 6.427.772, US 6.745.581 e a US 7.089.088, as quais abordam o controle
15 de vários dispositivos e sensores elétricos de um modo pré-definido. A PI 0505623-3 relata um invento para a comunicação remota com os equipamentos de refrigeração para fins de assistência técnica e a PI 0705268-5 aborda o controle de um ou mais dispositivos de equipamentos de refrigeração, técnica de economia de energia e proteção do sistema. As
20 patentes US 5.806.321 e US2006/0218946 A1 exploram diferentes abordagens para o descongelamento, ambas buscando economia de energia. A patente US 5.918.474 descreve especificamente a operação dos ventiladores do condensador e do evaporador, também visando à economia de energia. A patente US 5.209.076 refere-se à detecção de
25 falha e desligamento do compressor através de lógica específica. Ademais, as patentes US 2007/0012054 A1 e US 7.228.693 consideram o sistema de refrigeração do ponto de vista de capacidade de resfriamento variável, buscando também a economia de energia.

Mesmo considerando a grande variedade de sistemas eletro-
30 eletrônicos para controle de sistemas de refrigeração (doravante denominados apenas como controladores), as técnicas atuais possuem

várias deficiências que a presente invenção se propõe a solucionar, tais como: aumento da flexibilidade do hardware e do software do controlador, permitindo ajustá-lo para atender diferentes aplicações e situações, incluindo a utilização de diferentes dispositivos elétricos, sensores e recursos de entrada e saída (I/O); incorporação de um sistema integrado para proteção elétrica, térmica e mecânica, simultaneamente; utilização de um algoritmo robusto e de alto desempenho para economizar energia elétrica; aumento da flexibilidade e capacidade de comunicação do controlador, utilizando para isso modem com tecnologia GPRS (do inglês, *General Packet Radio Service*) com cartão do tipo SIM (do inglês, *Subscriber Identity Module*), permitindo acessar o equipamento remotamente via internet, ou através de uma rede de área local, conectando-se diversos gabinetes entre si e/ou a uma central de monitoramento.

OBJETIVOS DA INVENÇÃO

É, portanto, o propósito da atual invenção prover um sistema eletrônico integrado e flexível para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, o qual é, numa concepção preferencial, mas não obrigatória, usado em refrigeradores, freezers, gôndolas refrigeradas, balcões frigoríficos e demais equipamentos de refrigeração. O invento possui condições pré-programadas para efetuar o descongelamento, proteger todos os dispositivos elétricos, além de possibilitar a comunicação entre equipamentos de refrigeração.

Em consonância com o primeiro objetivo, é um segundo objetivo prover um método que inclui um algoritmo de “economia de energia”. Tal método leva em conta diversos parâmetros do equipamento como: frequência de abertura da porta do gabinete e tempo de permanência nesta condição, ociosidade do gabinete, temperatura interna do gabinete, do evaporador e do condensador, horário de funcionamento do estabelecimento onde o refrigerador está instalado, dentre outros.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Os objetivos da atual invenção são alcançados através de um sistema eletro-eletrônico inteligente (1) aplicado no controle, proteção, comunicação e economia de energia de refrigeradores, contendo um ou mais gabinetes (câmaras de refrigeração), possuindo pelo menos um controlador (1) equipado com um microprocessador digital que executa programas de controle para controlar e proteger todos os componentes do equipamento, além de economizar energia elétrica através da execução de um algoritmo que leva em conta a frequência de abertura das portas e tempo de permanência nessa condição, o acionamento dos ventiladores do condensador e do evaporador, independente do estado de funcionamento do compressor, o acionamento das resistências anti-condensação e de descongelamento do condensador, dias e horários comerciais. O controlador (1) possui duas configurações, denominadas "BASIC" e "FULL". No modo "FULL" o mesmo é acoplado a um modem sem fio (GPRS, por exemplo) para se comunicar com uma central que realiza o ajuste das condições de operação do equipamento de acordo com sua demanda e no modo "BASIC" o controlador (1) opera de forma independente, porém pode ser conectado a uma rede de área local a qual permite a troca de informações entre gabinetes e/ou com uma central de monitoramento.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

Figura 1: Diagrama de blocos do controlador.

Figura 2: Comportamento da temperatura interna do gabinete para o modo "BASIC", com economizador de energia ativo.

Figura 3: Diagrama de blocos do economizador de energia no modo "BASIC".

Figura 4: Rede de comunicação com tecnologia sem fio via rede de telefonia móvel.

Figura 5: O comportamento do consumo elétrico do gabinete e sua temperatura interna para o modo “FULL”, com economizador de energia ativo.

Figura 6: Diagrama de blocos do economizador de energia no modo “FULL”.

Figura 7: Exemplo de operação da função de descongelamento.

Figura 8: Sistema de multi-compressor conectado em uma rede de área local.

DESCRIÇÃO DETALHADA DO INVENTO

10 A presente invenção será descrita em detalhes através das Figuras de 1 a 8, as quais ilustram algumas concepções preferenciais, mas não obrigatórias, para implementação da presente invenção.

15 A Figura 1 ilustra o diagrama de blocos do controlador (1) com todos os circuitos necessários para implementá-lo em equipamentos de refrigeração, incluindo todas as cargas elétricas do gabinete. O controlador (1) é conectado à rede elétrica (2) e possui interfaces com o sistema de refrigeração pelo compressor hermético (3), ventilador do evaporador (4), ventilador do condensador (5), lâmpadas (6), interruptor da porta (7), sensor de temperatura do condensador (8), sensor de temperatura do evaporador (9), sensor de temperatura do gabinete (10), resistência de descongelamento (11) e resistência anti-condensação (12). Os outros componentes do equipamento que fazem parte do circuito de refrigeração, tais como: evaporador, condensador, filtro e tubo capilar não são demonstrados nas figuras.

25 Na concepção ilustrada através da Figura 1, o controlador (1) é composto por uma placa de circuito impresso (PCI), por um filtro de linha (20), conectado à rede elétrica para filtrar interferências eletromagnéticas conduzidas, por uma fonte de alimentação chaveada (21), que converte a corrente alternada (CA) da rede elétrica para corrente contínua (CC), para alimentar os circuitos que utilizam baixa tensão CC, por um circuito (22) que verifica a tensão da rede elétrica CA e envia o sinal para um circuito

30

analógico (23) que converte seu nível e transmite para o microcontrolador (MCU) (26) uma amostra da magnitude da tensão CA e o instante do seu cruzamento pelo zero, por um conjunto de TRIACs (27) controlado pelo MCU (26), responsável por ligar e desligar todas as cargas elétricas no equipamento, por um sensor de corrente CA (24) que mede a corrente do compressor e envia o sinal para um circuito analógico (25) que faz a conversão de nível e envia para o MCU (26) uma amostra da magnitude da corrente CA e o instante do seu cruzamento pelo zero, por um circuito (28) que monitora a abertura da porta do gabinete por meio da chave (7), por três circuitos analógicos (29) idênticos, que são configurados como entradas para um ou mais sensores de temperatura (termistores do tipo NTC, por exemplo) (8), (9) e (10) e/ou entradas analógicas de propósitos gerais. A placa do controlador (1) tem vários recursos de comunicação digital entre equipamentos. O primeiro deles é um driver serial (30) adequado para conectar a placa do controlador (1) a outros dispositivos digitais através de uma interface-homem-máquina (IHM) (13), usando um cabo serial (14). O segundo recurso de comunicação é um driver do tipo RS-485 (33) usado para construir uma rede de área local com até 32 nós, conectando entre si vários controladores de um equipamento de refrigeração de múltiplos compressores, ou vários equipamentos de refrigeração diferentes, onde cada nó da rede tem um controlador (1) ou outro dispositivo de comunicação que suporte o padrão RS-485 (33). Uma importante característica da presente invenção é a sua capacidade de comunicação sem fio, feita por meio de, mas não limitada a, um modem sem fio com tecnologia GPRS (do inglês, *General Packet Radio Service*) (31), por exemplo, mas não limitado a este, e um cartão do tipo SIM (do inglês, *Subscriber Identity Module*) (32), análogo àqueles usados em telefones celulares com tecnologia GSM (do inglês, *Global System for Mobile Communications*), contendo uma antena (17) montada fora da carcaça do controlador, sendo utilizada a denominação "FULL" para tal idealização. Em uma concepção alternativa, a presente invenção possui

uma IHM (13) com porta USB (do inglês, *Universal Serial Bus*) que permite a conexão do controlador a um computador pessoal (PC) (16), ou outro dispositivo que suporte o padrão USB, para acesso local no sistema. A denominação "BASIC" refere-se ao controlador na ausência da interface para comunicação sem fio.

A presente invenção tem a capacidade de controlar as cargas elétricas (liga/desliga) comumente encontradas em equipamentos de refrigeração de aplicação comercial, tais como: resistência de descongelamento (11), resistência anti-condensação (12), ventilador do evaporador (4), ventilador do condensador (5), lâmpadas (6) e, naturalmente, o compressor hermético (3). Uma das vantagens da presente invenção é a flexibilidade do hardware para se adequar ao conjunto de TRIACs (27), visando atender diferentes cargas, com diferentes classes de potência, a flexibilidade em adequar as entradas analógicas (29), para atender diferentes sensores e também a flexibilidade na configuração do sistema de comunicação, bem como do software, para atender às diferentes demandas.

O MCU (26) administra todas as operações do gabinete através da execução do software instalado em sua memória, protegendo o equipamento e reportando falhas e condições anormais de funcionamento, tais como: sobre e sub tensão da rede elétrica, sobre e sub frequência da rede elétrica, sobre corrente do compressor, sobrecarga do compressor, rotor do compressor travado, sobre aquecimento do condensador, sobre aquecimento do evaporador, sobre e sub temperatura do gabinete e falha dos sensores de temperatura (curto circuito ou circuito aberto).

O software instalado no MCU (26) executa um controlador digital para ajuste da temperatura interna do gabinete. Tal ajuste de temperatura (doravante denominado ponto de ajuste de temperatura) é feito por meio da IHM (13), e/ou por um dispositivo móvel conectado na porta USB da IHM (13), e/ou por uma rede de área local padrão RS-485, e/ou remotamente com a utilização de um modem sem fio. Em uma concepção

particular da presente invenção, o ponto de ajuste de temperatura é calculado pelo controlador (1) usando um algoritmo de “economia de energia” que será descrito subsequentemente.

A presente invenção possui dois algoritmos de “economia de energia”: um para o modo “BASIC” e outro para o modo “FULL”, exemplificados através do comportamento da temperatura de um gabinete nas Figuras 2 e 4, respectivamente, em função do tempo.

A Figura 2 exemplifica, através de gráfico, a atuação do algoritmo de “economia de energia” no comportamento da temperatura do gabinete em função do tempo, no modo “BASIC”, levando-se em consideração a frequência de abertura da porta e o tempo em que esta permanece aberta. O objetivo é avaliar os períodos de ociosidade do gabinete, evidenciados principalmente por longas ausências de abertura da porta e, desta forma, aumentar o ponto de ajuste de temperatura automaticamente, de tal forma que o tempo entre as atuações consecutivas do compressor (3) seja aumentado, reduzindo assim o consumo de energia. Esta estratégia é representada pelo gráfico (50), que mostra uma variação hipotética da temperatura no interior do gabinete, e pelo gráfico (60), que mostra um comportamento hipotético da condição da porta do gabinete (0=aberta ou 1=fechada).

Quando o gabinete é ligado pela primeira vez (ou após um longo período que permaneceu desligado), o MCU (26) realiza a leitura do ponto de ajuste de temperatura, previamente programada pelo usuário, e a compara com o valor real fornecido pelo sensor (10). Neste momento, um contador de software é iniciado, cuja função é bloquear a ativação do modo de “economia de energia” elétrica sob condições desfavoráveis, levando em consideração a duração de tempo definido como “td1” (52). O valor inicial atribuído ao contador é função do tempo mínimo estimado para o primeiro abaixamento de temperatura (doravante denominado “*pull down*”), usualmente o valor de “td1” é ajustado na faixa de uma a três horas. O controle de temperatura do gabinete é realizado atuando-se sobre

o compressor (3) com a técnica liga/desliga com uma banda morta (ΔT). Durante a contagem do tempo “td1” (52) o comportamento da porta é irrelevante (61); após a contagem do tempo “td1” (52), a temperatura de referência do gabinete é alterada automaticamente em função do comportamento da porta, exemplificada pelo gráfico (60) na Figura 2. A Figura 2 exemplifica a variação da temperatura do gabinete (51), cujo ajuste inicial é feito pelo usuário, denominado por “T2” (53). Ao término da contagem de tempo “td1” (52), no instante “t1” (54), o sistema está apto a economizar energia e, com isso, o controlador (1) inicia o monitoramento da porta através do circuito (28). Se esta é aberta raramente e/ou por curtos intervalos de tempo (62), o “modo de economia de energia” é ativado e, a partir deste momento, a temperatura aumenta a uma taxa pré-ajustada, para valores pré-programados. Como exemplo, no instante “t2” (55) o gabinete atinge a temperatura “T3” (56) e, após um tempo mínimo de permanência nesta, alcança a temperatura “T4” (57), permanecendo nesta condição até que o modo de “economia de energia” seja automaticamente desabilitado em função de um longo período de abertura da porta do gabinete (70), por exemplo, ou outra condição pré-estabelecida. Desta forma, no instante “t4” (59), a função “economia de energia” é desabilitada. Neste caso, a temperatura de referência retorna automaticamente ao valor “T2” (53), ajustado pelo usuário. Uma nova contagem de tempo “td1” (52) é iniciada e, assim que seu valor atinge o nível de desbloqueio, ele reassume a rampa até atingir o valor de economia máxima, repetindo o ciclo. O bloqueio ou desbloqueio desta função ocorre indefinidamente em função do uso do gabinete.

Para maior clareza, a Figura 3 ilustra o diagrama de blocos simplificado do algoritmo do economizador de energia no modo “BASIC”.

A Figura 4 exemplifica o funcionamento da comunicação via modem sem fio. Os gabinetes (70) distribuídos no campo se comunicam via modem sem fio (31) com as estações rádio base (ERB) (71) pertencentes à rede de telefonia móvel (72). Um servidor (73) da

operadora de telefonia móvel comuta as informações do gabinete (70) para a internet (74) e uma central de dados (75) os armazena em uma base de dados (76), permitindo ao usuário/cliente conectado na internet (74), através de seu computador pessoal (77), acessar um website para receber e/ou enviar informações aos gabinetes.

A Figura 5 exemplifica, através de gráfico, a atuação do algoritmo de “economia de energia” no comportamento da temperatura interna do gabinete de um refrigerador de garrafas em função do tempo, no modo “FULL”. Numa concepção preferencial, mas não obrigatória, a técnica usada é baseada em uma programação transmitida a partir de uma central de dados (75) para os gabinetes (70), uma vez por semana, num dia pré-estabelecido. Assim sendo, cada gabinete recebe seu perfil de trabalho semanal que consiste em dois “tipos de dia”: “dia útil” (81) e “dia de descanso” (86), para os equipamentos em estabelecimentos comerciais em funcionamento ou fechados, respectivamente. Nessa concepção, o “dia útil” (81) é dividido em três períodos: “*pull down*” (diminuição da temperatura) (83), “tempo de trabalho” (funcionamento normal) (84) e “*stand-by*” (85). Nos “dias úteis” (81) são definidos, para cada gabinete (70), os horários em que o ponto de venda é aberto e fechado, levando-se em consideração os feriados para as diferentes localidades. O gráfico (80) da Figura 4 ilustra a energia consumida pelos refrigeradores enquanto o gráfico (90) demonstra a variação de temperatura interna do gabinete (70), considerando a transição de um “dia de útil” (81) para um “dia de descanso” (86) (de sábado para domingo, por exemplo). As curvas (91) e (92) do gráfico (90) são, respectivamente, a temperatura do sensor (10) e a temperatura média do líquido das garrafas dentro do gabinete. De acordo com a técnica abordada, o gabinete deve estar com as garrafas na temperatura adequada para venda (-5°C , por exemplo) às 8:00 horas do primeiro dia útil. Uma vez que o equipamento permanece em “*stand-by*” após às 18:00 horas, por exemplo, a temperatura média das garrafas sobe para $+5^{\circ}\text{C}$, por exemplo, nessa condição. Com isso, o controlador executa

ações antecipadas e inicia o “pull-down” (83) para que, no instante de abertura do estabelecimento comercial, as garrafas estejam na temperatura adequada. Às 8:00 hs o estabelecimento entra em “tempo de trabalho” (84), permanecendo nesse estado até as 18:00 horas do mesmo dia, quando o gabinete retorna ao estado de “stand-by” (85) após o fechamento do estabelecimento. Com isso, o controlador desliga totalmente o compressor que é ligado somente após a temperatura do gabinete atingir um limite superior pré-definido, entrando novamente nos ciclos de liga/desliga para manter o gabinete à +5 °C, por exemplo, que é a temperatura de “stand-by” (87). Pode-se observar no gráfico (80) períodos de ociosidade, bem como diferentes ciclos de liga/desliga do compressor entre “tempo de trabalho” (84) e de “stand-by” (85/87). Essas duas condições proporcionam uma significativa redução no consumo de energia elétrica, que é uma função da programação do perfil de uso.

Para maior clareza, a Figura 6 ilustra o diagrama de blocos simplificado do algoritmo do economizador de energia no modo “FULL”.

Conforme outro aspecto da presente invenção, o software instalado no MCU (26) controla o descongelamento do evaporador, uma vez que o acúmulo de gelo nesta peça atua como um isolante térmico, reduzindo a eficiência do sistema de refrigeração e, conseqüentemente, aumentando o consumo de energia elétrica. Em uma concepção da presente invenção, o processo de descongelamento será descrito com referência ao gráfico (100) da Figura 7. Na presente invenção as operações de descongelamento ocorrem automaticamente toda vez que ocorre formação de gelo no condensador, sem a necessidade do usuário ajustá-la.

Quando o gabinete é ligado pela primeira vez (ou após um longo período que permaneceu desligado), inicia-se a contagem de uma variável do software de controle denominada “t_dg”, do gráfico (100), que representa a duração de tempo até o próximo evento de descongelamento e é iniciada a partir de seu valor máximo “t_dg_max” (101), decaindo com

o tempo a uma taxa constante (102) e, adicionalmente a cada evento de abertura de porta, “t_dg” é subtraído de um valor, exemplificado no gráfico (100) pelos instantes (103) e (104). Quando o limite inferior “t_dg_min” (105) é atingido, o procedimento de degelo inicia-se através do acionamento da resistência (11). Porém, para este evento ocorrer, é necessário que duas condições ocorram simultaneamente: o compressor (3) deve estar desligado e “t_dg” deve possuir valor mínimo, conforme previamente definido. Um limitador monitora o tempo máximo da resistência ligada, mas a contagem do tempo de resistência ligada pode ser interrompida se o sensor de temperatura do evaporador (9) mostrar uma temperatura igual ou maior do que um limite pré-ajustado. Durante o descongelamento, a atuação do compressor (3) fica bloqueada, sendo liberada somente ao final deste evento. A variável “t_dg” retorna ao seu valor original ao término deste evento.

Adicionalmente, o MCU (26) do controlador (1) executa um programa de controle que realiza as seguintes operações: controle de partida e parada do compressor (3) através da análise de condições pré-estabelecidas, tais como: tensão da rede elétrica dentro da faixa de operação, desequilíbrios entre as pressões de sucção e de descarga e existência de falhas elétricas. Um algoritmo de controle comanda, independentemente, o ventilador do evaporador (4) e o ventilador do condensador (5), uma vez que é bem conhecido da técnica atual que a operação otimizada desses dispositivos influencia na eficiência do sistema de refrigeração e, conseqüentemente, no consumo de energia. O monitoramento da condição da porta, através do interruptor (7), fornece informação para a rotina do algoritmo de “economia de energia”. Outra tarefa do controlador (1) é comandar o acionamento da resistência anti-condensação (12), geralmente instalada na porta ou na lateral do gabinete, para impedir a condensação de água na parte externa, devido às deficiências da isolamento térmica. Ademais, o controlador (1) desliga a

iluminação do gabinete (6) quando o sistema encontra-se no modo “stand-by”.

A Figura 8 ilustra a comunicação entre vários controladores (1), conectados numa configuração de rede de área local do tipo barramento (110), com até 32 nós, padrão RS-485 (33). Cada nó consiste de um controlador (1) e um equipamento de refrigeração (112), compreendendo um sistema de múltiplos compressores (113). Numa concepção adicional, um computador (115), com um adaptador de rede RS-485 isolado (114), é conectado à rede para atuar como mestre da mesma e/ou “gateway” (máquina intermediária destinada a interligar redes), para uma rede de nível hierárquico mais elevado. Esta estrutura de rede é interessante quando se deseja administrar uma planta inteira, por exemplo, o parque de refrigeração de um grande supermercado, composto por uma série de freezers, displays, ilhas de refrigeração, gôndolas refrigeradas, câmaras frias, balcões frigoríficos, dentre outros.

Numa outra concepção, o controlador (1) é conectado a uma IHM (13) do gabinete através de um cabo de comunicação serial (14), tendo um display que permite a visualização de parâmetros como temperatura e mensagens de falha. Esta IHM (13) possui porta de comunicação USB que permite a conexão de um computador (16) através de um cabo USB (15), possibilitando assim monitorar e ajustar o equipamento localmente.

De acordo com os ensinamentos já descritos na presente invenção, o MCU (26) executa algoritmos de proteções elétricas, térmicas e mecânicas que protegem o equipamento de refrigeração contra condições extremas de operação, contribuindo para aumentar a sua vida útil. Os parâmetros monitorados para realizar a proteção do equipamento são os seguintes: sub e sobre tensão da rede elétrica, sub e sobre frequência da rede elétrica, sobre corrente do compressor, sub e sobre temperatura no gabinete (70), sobre temperatura para o descongelamento do evaporador, sobre temperatura no condensador, falha e/ou inversão

dos sensores de temperatura (8), (9) e (10), sobrecarga térmica do compressor (3), sub e sobre pressões de sucção e/ou descarga do compressor (3) (quando da utilização de sensores para tal finalidade), rotor do compressor (3) travado. Todos os limites de proteção são definidos pelo usuário em função da aplicação e os alarmes são transmitidos para a IHM (13) e/ou para um equipamento remoto.

A presente invenção propõe um controlador (1) do sistema de refrigeração baseado num conceito de plataforma flexível de hardware e software, ou seja, circuitos eletrônicos e programas especialmente projetados para permitir diferentes configurações dependendo da aplicação final, implicando em diversas vantagens competitivas para o mencionado controlador (1).

Os exemplos e descrições mencionados na atual invenção são meramente ilustrativos e não devem ser entendidos como limitadores de qualquer forma, dentro do escopo do invento, de acordo com as reivindicações.

VARIANTES CONSTRUTIVAS

Numa concepção alternativa, mas não obrigatória, a presente invenção consiste de uma IHM (13), composta por pelo menos outra PCI, com pelo menos um microcontrolador, que executa um segundo programa de controle, um circuito eletrônico de comunicação ponto-a-ponto, que permite a comunicação entre a IHM (13) e o controlador (1) (conectados por um cabo de comunicação serial (14)), um sistema de interface com o usuário, implementado por uma pluralidade de chaves do tipo "tact", mas não limitado a estas, para a seleção de diferentes opções de funcionamento, um sistema de interface com o usuário, implementado por uma pluralidade de displays e/ou diodos emissores de luz (LED), para informar ao usuário os diferentes estados de funcionamento, bem como indicar a temperatura do gabinete e os alarmes de falha. Esta IHM (13) possui porta de comunicação do tipo USB, mas não limitada a esta, que

permite a conexão de um computador (16) através de um cabo USB (15), possibilitando assim monitorar e ajustar o equipamento localmente.

Num outro aspecto adicional, o algoritmo de “economia de energia” executa uma lógica de abaixamento periódico de temperatura caso o gabinete esteja operando em um ponto de ajuste de temperatura alta “T4” (57) por um longo período.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema eletrônico para controle, proteção, comunicação e economia de energia para equipamentos de refrigeração, caracterizado por possuir um módulo eletrônico, dito controlador (1), com pelo menos uma placa de circuito impresso (PCI), contendo um microcontrolador digital (MCU) (26), com um programa de controle instalado em sua memória, um circuito de medição de corrente (24) e tensão alternadas (22), um circuito de condicionamento analógico para medição de corrente (25) e tensão alternadas (23), um circuito para monitoramento da abertura da porta do gabinete (28), um circuito analógico de interface dos sensores de temperatura do gabinete (29), um circuito com chaves estáticas de potência (27), de estado sólido e/ou eletromecânicas do tipo relé, um sistema de comunicação sem fio (31), com uma antena (17), um circuito eletrônico padrão RS-485 (33), um circuito eletrônico para comunicação (30) com uma interface-homem-máquina (IHM) (13) e um sistema com múltiplos conectores elétricos para a conexão do módulo de controle (1) com o sistema de refrigeração.

2. Sistema eletrônico para controle, proteção, comunicação e economia de energia para equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 1, caracterizado por possuir pelo menos uma IHM (13), constituída por uma PCI, com microcontrolador, que executa um programa de controle, um circuito eletrônico para conexão tipo ponto-a-ponto entre a IHM (13) e o controlador (1), outro circuito eletrônico para comunicação tipo ponto-a-ponto entre a IHM (13) e o computador pessoal (PC) (16) via interface USB, uma multiplicidade de chaves do tipo "tact", uma multiplicidade de displays e/ou diodos emissores de luz (LED) e alarmes sonoros.

3. Sistema eletrônico para controle, proteção, comunicação e economia de energia para equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 1, caracterizado por possuir um módulo eletrônico para

comunicação através de modem sem fio, com tecnologia GPRS (31), ou superior (EDGE ou 3G por exemplo).

4. Sistema eletrônico para controle, proteção, comunicação e economia de energia para equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 3, caracterizado por possuir um módulo eletrônico para comunicação através de modem sem fio por meio da rede de telefonia móvel, sendo que cada controlador (1) utiliza um cartão SIM (32).

5. Sistema eletrônico para controle, proteção, comunicação e economia de energia para equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 1, caracterizado por possuir um sistema de comunicação sem do tipo *wifi* padrão IEEE 802.11.

6. Sistema eletrônico para controle, proteção, comunicação e economia de energia para equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 3 e 5, caracterizado por enviar e/ou receber dados do equipamento através da internet.

7. Sistema eletrônico para controle, proteção, comunicação e economia de energia para equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 1, caracterizado por possuir protocolo de comunicação via RS-485 para rede local.

8. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, caracterizado por compreender um programa instalado no MCU (26), desenvolvido para controlar todas as operações do equipamento de refrigeração, envolvendo o controle do compressor hermético (3), resistência de descongelamento (11), resistência anti-condensação (12), ventilador do evaporador (4), ventilador do condensador (5), iluminação (6), a leitura dos sensores de temperatura (8), (9), (10) e do status da porta (7), o controle do consumo de energia elétrica e uma multiplicidade de interfaces de comunicação (30), (31) e (33).

9. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 8,

caracterizado por executar algoritmo de proteção elétrica, mecânica e térmica do refrigerador através da medição e processamento digital de parâmetros de tensão, corrente e frequência da rede elétrica, temperatura interna do gabinete, do evaporador e do condensador, sobre temperatura ou travamento do rotor do compressor e condição da porta do gabinete.

10. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 8, caracterizado por executar algoritmo de “economia de energia” através da medição e processamento digital de parâmetros de frequência de abertura da porta do gabinete e tempo de permanência nesta condição, ociosidade do gabinete, temperatura interna do gabinete, do evaporador e do condensador, horário de funcionamento do estabelecimento onde o refrigerador está instalado.

11. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 10, caracterizado por um algoritmo de “economia de energia” na versão “BASIC”, sem módulo para comunicação sem fio, que em um primeiro momento verifica os períodos de “ociosidade” do gabinete, evidenciado principalmente por longas ausências de abertura de porta e desta forma, para aumentar o ponto de ajuste da temperatura do gabinete automaticamente, de tal forma que uma determinada condição de carga térmica, aumentar o ajuste de temperatura significa aumentar o tempo entre dois acionamentos consecutivos do compressor (3) e ventiladores (4) e (5), portanto, reduzindo o consumo de energia, conforme Figura 3.

12. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 11, caracterizado por aumentar a temperatura de referência do gabinete (10) automaticamente quando o tempo mínimo de permanência na dita temperatura, monitorado pela variável “td1” (52), conforme selecionado pelo usuário, esteja vencido.

13. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 12, caracterizado por fornecer um valor inicial à variável "td1" (52) em função da temperatura do gabinete, medida pelo sensor (10) e de um tempo mínimo estimado para o primeiro abaixamento de temperatura (pull down).

14. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 13, caracterizado por monitorar o comportamento da porta do gabinete (10) para aumentar ou diminuir a variável "td1" (52) de modo que, durante o tempo de "pull-down", se a porta abrir, "td1" (52) aumenta; uma vez que o tempo de "pull-down" esteja vencido, esta variável diminui com o aumento do tempo a uma taxa previamente ajustada.

15. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 14, caracterizado por desabilitar automaticamente o "modo de economia de energia elétrica" sempre que houver aberturas excessivas e/ou extensivas da porta do gabinete, forçando o decréscimo da variável "td1" a seu valor mínimo e, neste caso, o ponto de ajuste de temperatura retorna automaticamente ao valor anteriormente ajustado pelo usuário e a variável "td1" é reajustada conforme seu valor inicial.

16. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 14, caracterizado por habilitar automaticamente o "modo de economia de energia elétrica" assim que uma nova contagem de tempo ocorrer, cuja duração coincide com o valor da variável "td1" e, após este evento, o valor do ponto de ajuste da temperatura do compartimento refrigerado do gabinete reassume a rampa até ele atingir o valor máximo de economia de energia e a ativação e desativação desta função pode ocorrer indefinidamente devido ao uso do gabinete.

17. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 16, caracterizado por executar a lógica de abaixamento periódico da temperatura do compartimento refrigerado do gabinete caso ele esteja operando no ponto de ajuste de temperatura máxima por muito tempo.

18. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 10, caracterizado por um algoritmo de “economia de energia” na versão “FULL”, com módulo para comunicação sem fio visando a transmissão da programação do centro de dados para os gabinetes (70), num dia pré-estabelecido, objetivando aumentar a temperatura do gabinete (70) sempre que o ponto de venda estiver fechado ou fora das horas de serviço, conforme Figura 6.

19. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 18, caracterizado por enviar para os gabinetes (70) suas respectivas programações de funcionamento semanal, em função da aplicação e tempo de trabalho onde os gabinetes estão instalados.

20. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 19, caracterizado por considerar a programação semanal consistindo de dois “tipos de dia”: “dia de trabalho” (81) e “dia de descanso” (86), onde o “dia de trabalho” é dividido em três períodos: “pull down” (83), “tempo de trabalho” (84) e “stand-by” (85), sendo que para cada “dia de trabalho” é definido o início da operação do ponto de venda (início do tempo de trabalho) (82) e, depois deste tempo, o tempo de trabalho (84) em si.

21. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 20, caracterizado por prover uma rotina para economizar

energia, na qual toda vez que o gabinete (10) estiver operando em um “dia de trabalho” (81) e antes do “início do tempo de trabalho” (82), o algoritmo executa um abaixamento de temperatura chamado de “pull-down” (83) até o ponto de ajuste definido pelo usuário, de tal forma que no “início do tempo de trabalho” (82) o produto refrigerado estará na temperatura ideal para venda, sendo que durante o “pull-down” (83) a iluminação do gabinete fica desativada e a resistência anti-condensação é ativada.

22. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 20, caracterizado por prover uma rotina para economizar energia de modo que, toda vez que o gabinete estiver operando em um “dia de trabalho” (81) e durante as “horas de trabalho” (84), o algoritmo executa o controle de temperatura interna do gabinete para mantê-lo no ponto de ajuste definido pelo usuário, por meio de uma técnica de liga/desliga com banda morta (ΔT), sendo que durante o “tempo de trabalho” (84) a iluminação do gabinete e a resistência anti-condensação ficam ativados e o contador de tempo de descongelamento permanece habilitado.

23. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 20, caracterizado por prover uma rotina para economizar energia, através da qual toda vez que o gabinete (10) estiver operando em um “dia de trabalho” (81) e após as “horas de trabalho” (84), o equipamento entra em “stand-by” (85), ficando neste estado até um novo “pull-down” (83), sendo que, durante o “stand-by” (85), o ponto de ajuste da temperatura interna do gabinete é aumentada e tanto a iluminação do gabinete, quanto o procedimento de descongelamento e a resistência anti-condensação são desativadas.

24. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 20, caracterizado por prover uma rotina para economizar

energia, segundo a qual toda vez que o gabinete estiver em operação num “dia de descanso” (86), o algoritmo manterá o gabinete (10) o dia todo em “stand-by” (87), o ponto de ajuste da temperatura interna do gabinete é aumentada e tanto a iluminação do gabinete, quanto o procedimento de descongelamento e a resistência anti-condensação são desativadas.

25. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 8, caracterizado por um sistema de controle integrado que controla todas as cargas elétricas do refrigerador, através de dados provenientes de sensores (7), (8), (9), (10), (22) e (24) e das interfaces de comunicação (30), (31) e (33).

26. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 8, caracterizado por executar algoritmo para descongelamento do evaporador.

27. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a reivindicação 26, caracterizado por possuir uma função de descongelamento, contendo uma variável denominada “Dg_b”, mas não limitada a esta, iniciada com o valor zero e, num segundo momento, incrementada a uma taxa constante independente da abertura da porta do gabinete, ou da atuação do compressor (3) e simultaneamente outra variável denominada “t_dg”, mas não limitada a esta, que representa a duração de tempo até o próximo evento de descongelamento, é iniciada com um valor máximo previamente escolhido (101), decrescendo com o passar do tempo (102) e, adicionalmente, em cada evento de abertura da porta, “t_dg” é subtraída de um valor fixo (103) e (104) e o descongelamento é iniciado quando o limite inferior atribuído à variável “t_dg” é alcançado (105).

28. Método para controlar, proteger, comunicar e economizar energia em equipamentos de refrigeração, conforme a

reivindicação 27, caracterizado por ativar o método de descongelamento do evaporador quando ocorrerem duas condições simultâneas: compressor (3) desligado e a variável “t_dg” apresentar valor mínimo.

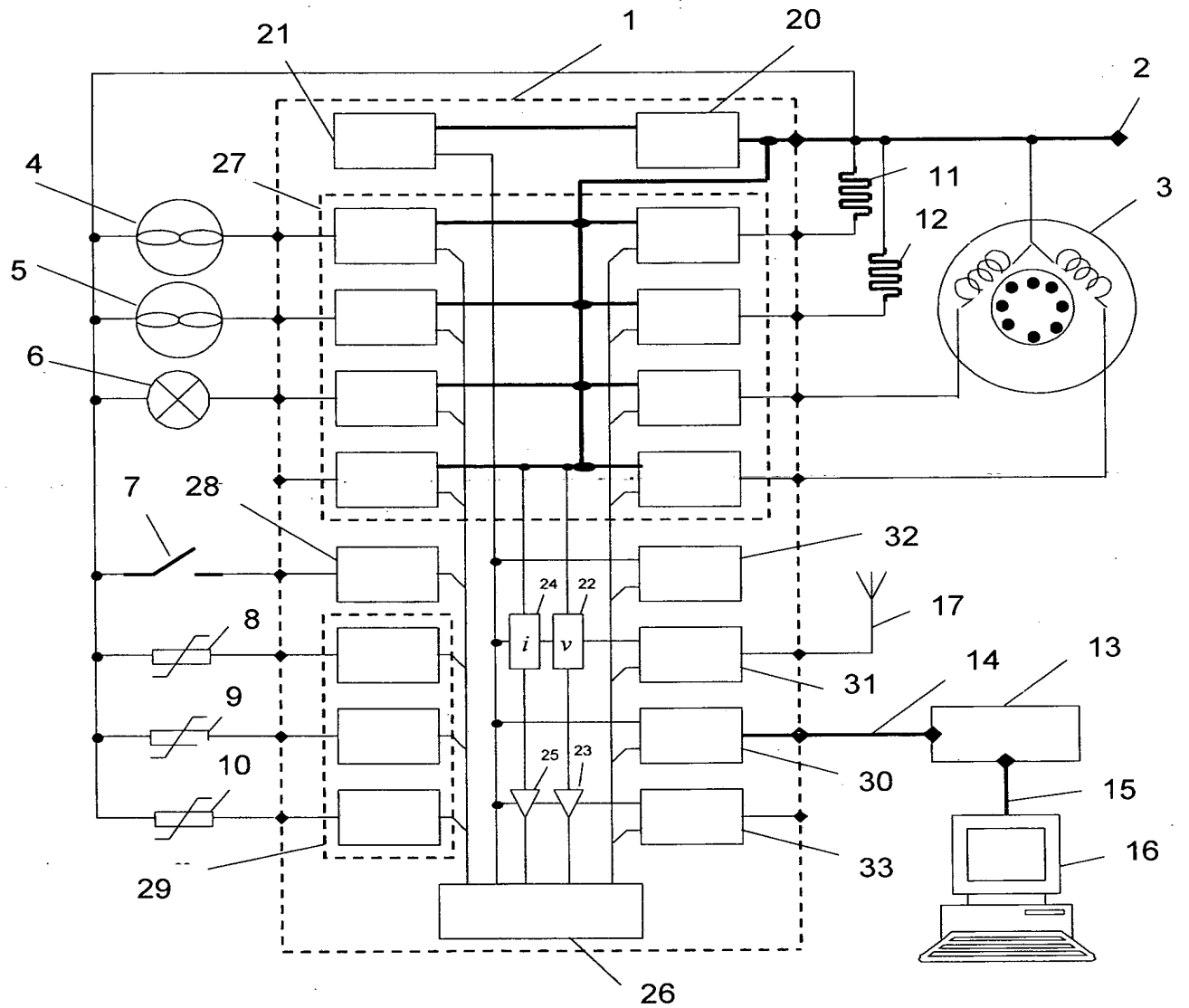


FIG. 1

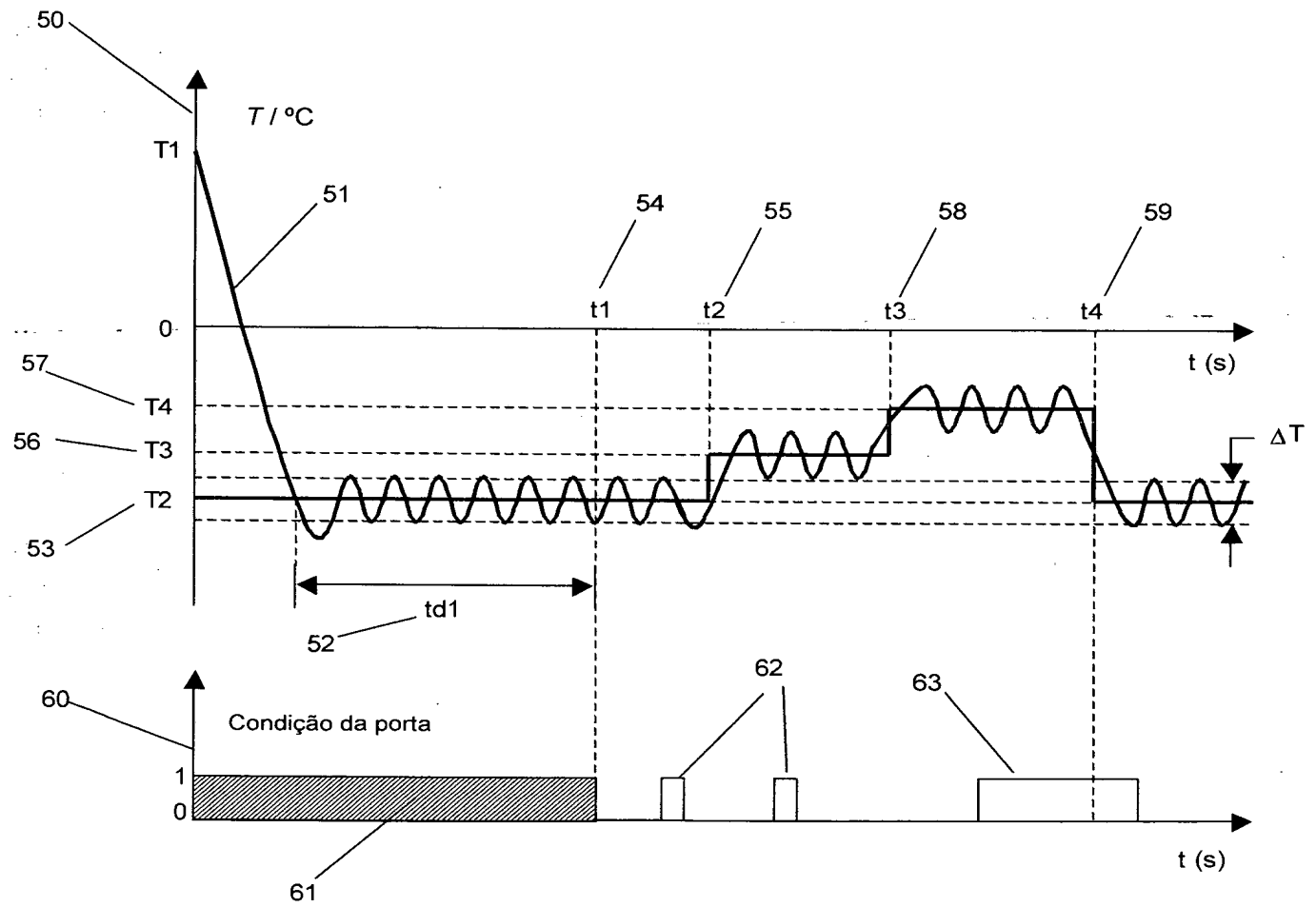


FIG. 2

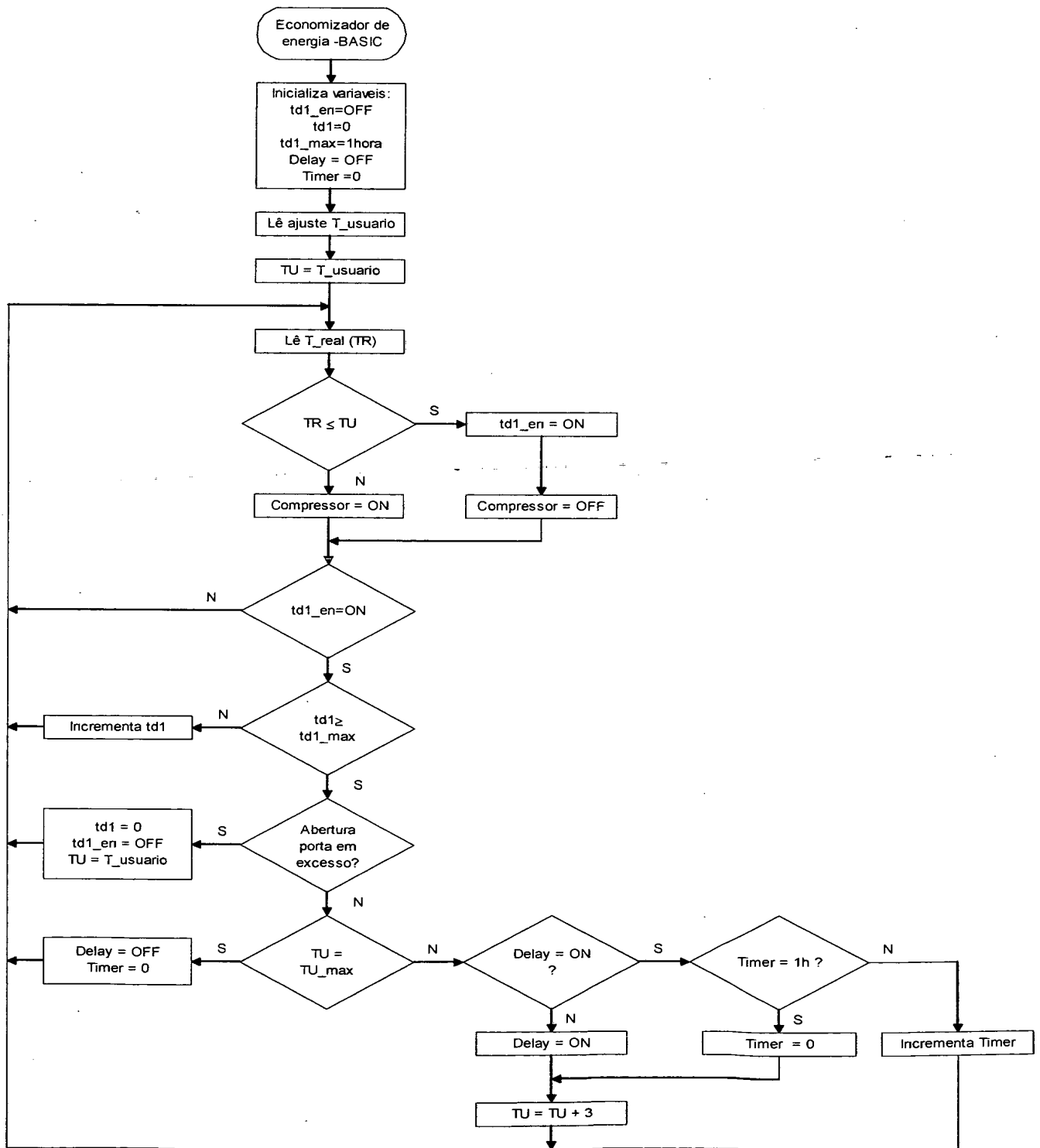
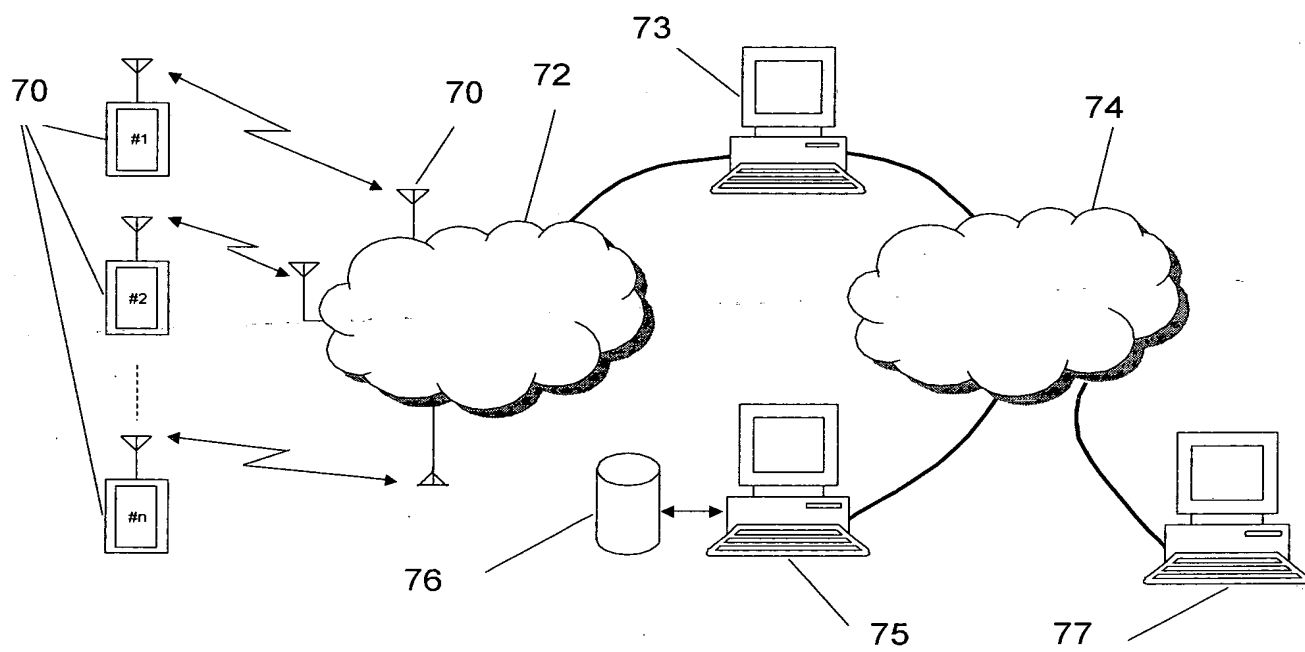
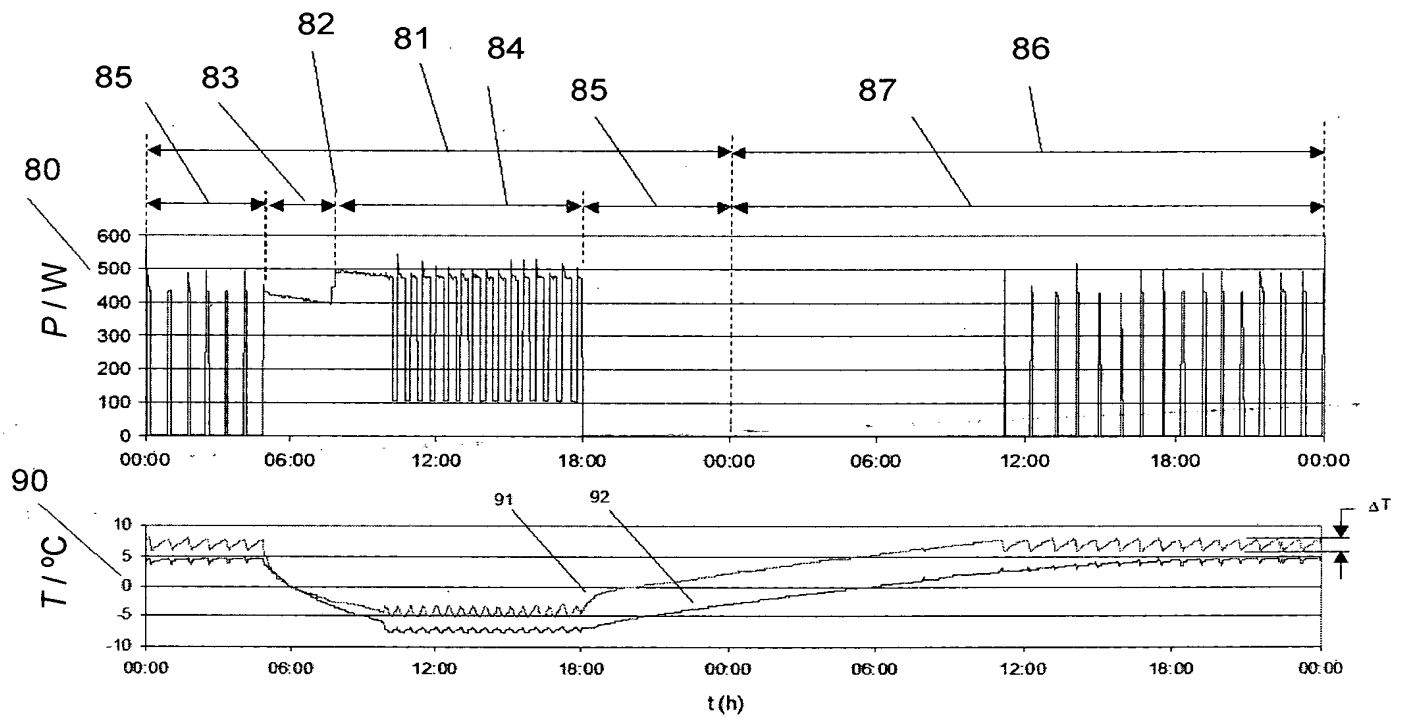


FIG. 3

**FIG. 4**

**FIG. 5**

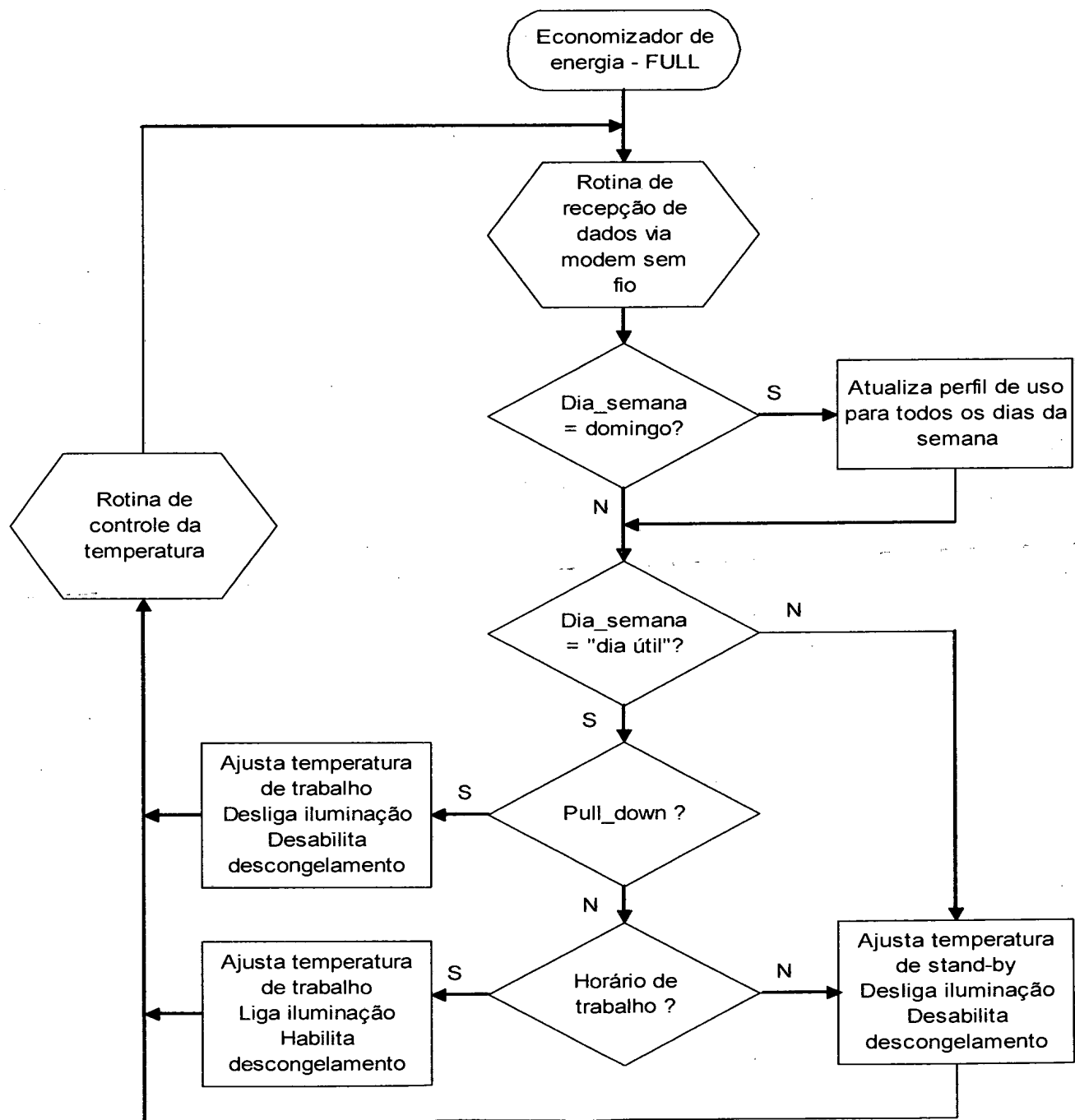
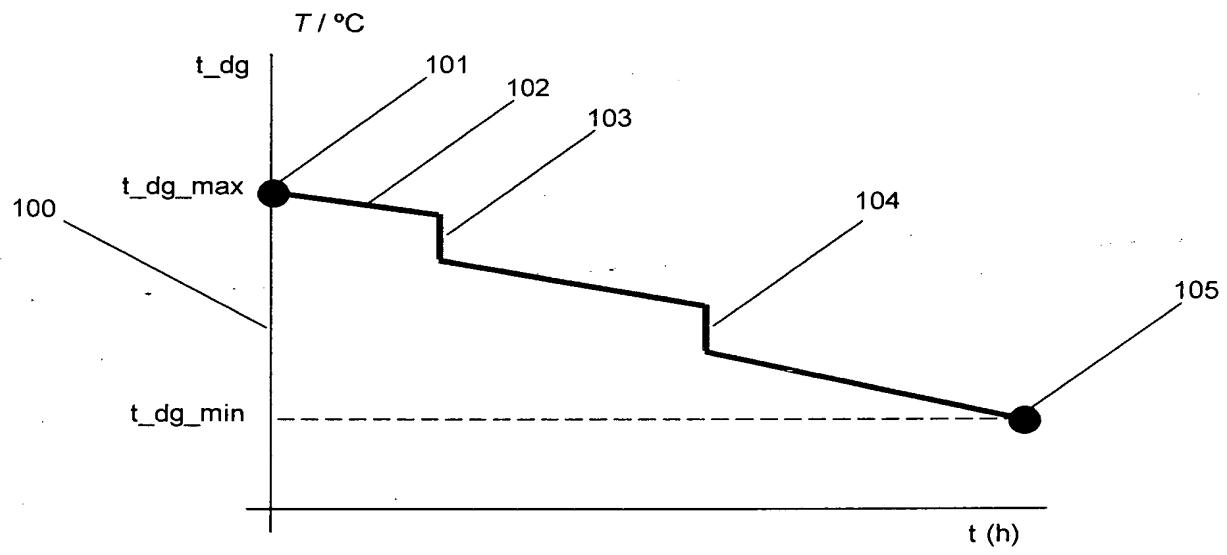
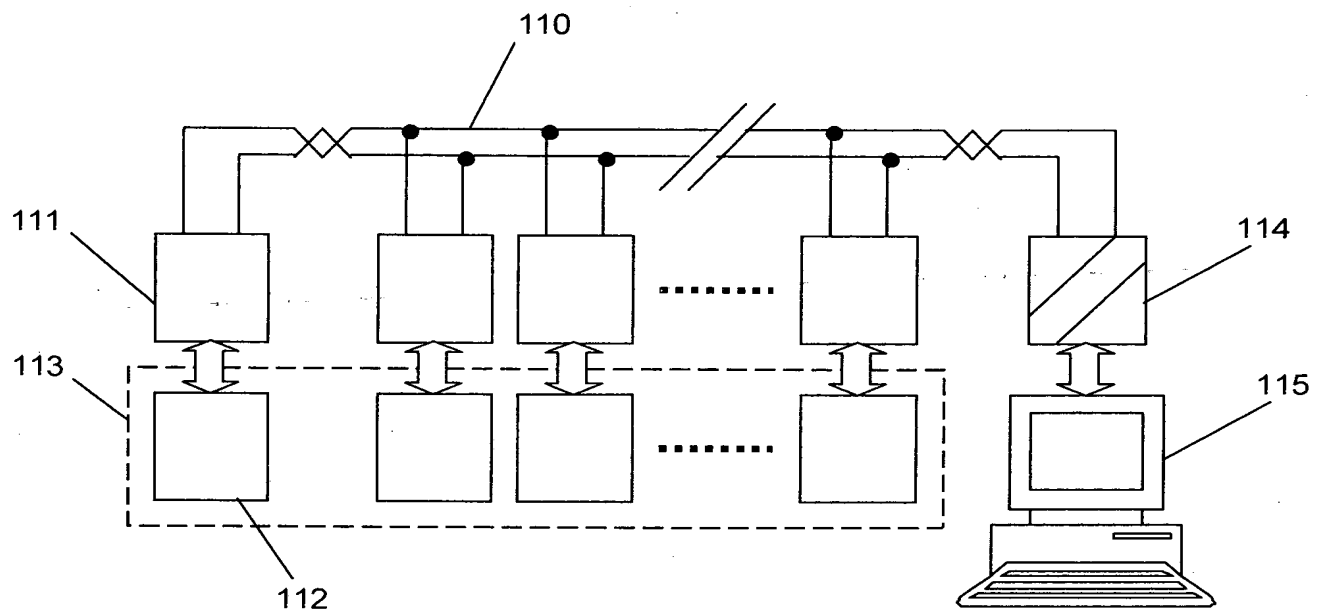


FIG. 6

**FIG. 7**

**FIG. 8**

RESUMO

Patente de invenção: **“SISTEMA ELETRÔNICO PARA CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA PARA EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO E MÉTODO DE CONTROLE, PROTEÇÃO, COMUNICAÇÃO E ECONOMIA DE ENERGIA EM EQUIPAMENTOS DE REFRIGERAÇÃO”**

A presente invenção refere-se a um sistema eletrônico integrado para prover controle, proteção, comunicação e economia de energia em equipamentos de refrigeração, o qual é, preferencialmente, mas não somente, usado em refrigeradores, freezers, gôndolas refrigeradas, balcões frigoríficos e demais equipamentos de refrigeração. O invento é conectado a uma pluralidade de sensores elétricos e térmicos e atuadores do equipamento de refrigeração com o objetivo de controlar sua temperatura interna de acordo com as condições pré-programadas, realizar o descongelamento, proteger todos os dispositivos elétricos, economizar energia elétrica através de um algoritmo específico e possibilitar seu controle e monitoramento remoto. A presente invenção possui plataforma modular e reprogramável, de modo a ser configurada para diferentes aplicações e situações.