REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102021001093-2

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

(21) Número do Depósito: BR 102021001093-2

Patente de trâmite prioritário

(22) Data do Depósito: 21/01/2021

(43) Data da Publicação Nacional: 02/08/2022

(51) Classificação Internacional: G06F 9/06; G06F 9/22; F25B 41/20; F25B 41/24.

(52) Classificação CPC: G06F 9/06; G06F 9/22; F25B 41/20; F25B 41/24.

(54) Título: CONTROLADOR DIGITAL PARA REFRIGERAÇÃO COM MÓDULO INTEGRADO DE ACIONAMENTO DE VÁLVULA DE EXPANSÃO ELETRÔNICA

(73) Titular: IVANIR ANTÔNIO GOBBI, Comerciante. CGC/CPF: 20667388087. Endereço: Rua Bagé, nº 613 Bairro Niterói, Niterói, Canoas, RS, BRASIL(BR), Brasileira; FLÁVIO PAULO PERGUER, Comerciante. CGC/CPF: 17592275015. Endereço: Rua Professor João de Souza Ribeiro, 859, Ap. 404, Parque Humaitá, Porto Alegre, RS, BRASIL(BR)

(72) Inventor: SAMUEL LESSINGER; CRISTIAN EDUARDO SAUL; EDSON RODRIGO DA SILVA PAZ; MAICON GIESCH.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 21/01/2021, observadas as condições legais

Expedida em: 01/08/2023

Assinado digitalmente por:
Alexandre Dantas Rodrigues
Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

CONTROLADOR DIGITAL PARA REFRIGERAÇÃO COM MÓDULO INTEGRADO DE ACIONAMENTO DE VÁLVULA DE EXPANSÃO ELETRÔNICA

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção pertence ao campo dos controladores eletrônicos digitais, mais especificamente, dispositivos digitais de controle para refrigeração e grau de superaquecimento do fluido refrigerante com retroalimentação proporcional integral derivativa (PID).

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] No ciclo de refrigeração estão presentes as etapas de compressão, condensação, expansão e evaporação. No contexto da expansão, os sistemas atuais utilizam válvulas termostáticas mecânicas que necessitam de ajustes frequentes e possuem baixa resolução no controle do grau de superaquecimento do fluido de refrigeração.

[003] O grau de superaquecimento é definido como o diferencial de temperatura saturada, convertido pela pressão do fluido e da temperatura no ponto de sucção, tradicionalmente no final do evaporador. É necessário que o superaquecimento seja suficientemente alto para que não ocorra a situação de retorno de fluido refrigerante em estado líquido para o compressor, caso contrário pode ocorrer a quebra deste. No entanto, um superaquecimento elevado prejudica a eficiência energética do sistema de refrigeração aliado ao aumento da dimensão física do evaporador.

[004] Neste contexto, um adequado controle do grau de superaquecimento é fundamental para uma elevada eficiência do ciclo de refrigeração melhorando o coeficiente de performance (COP = Potência de refrigeração/Potência de compressão), no entanto as válvulas termostáticas mecânicas possuem limitada exatidão neste controle.

[005] Este cenário fomenta o uso de válvulas de expansão eletrônicas que podem ser do tipo pulso ou motor de passo. Contudo é sabido pela literatura que as válvulas tipo pulso possuem limitada exatidão de controle, pois seu movimento cíclico de abertura e fechamento resulta em golpes de aríete na

tubulação, restringindo seu uso a capacidades de refrigeração da ordem de 64kW, vide <https://www.castel.it/wp-content/uploads/2018/01/Solenoid-expansion-valves.pdf> e <https://www.carel.com/documents/10191/0/%2B4000009EN/e2e45752-2e75-47d7-aed8-3a9865803c88>

[006] Para contornar essa limitação, as válvulas de expansão do tipo motor de passo são utilizadas, possuindo um desempenho superior na regulagem do fluido refrigerante ao possibilitar uma variação mais uniforme e contínua.

[007] As válvulas de expansão eletrônicas do tipo motor de passo tradicionalmente necessitam de um dispositivo de acionamento dedicado, incrementando o custo da implementação final e seu volume, pois além do controlador de refrigeração um dispositivo de acionamento deverá ser empregado.

[008] Uma inconveniência da válvula de expansão do tipo motor de passo se deve ao fato de a mesma permanecer aberta em caso de falta de energia elétrica durante seu funcionamento. A solução tradicional para contornar esse problema é utilizar baterias ou módulos externos ao dispositivo de acionamento para armazenar energia elétrica suficiente para o fechamento automático da válvula, o que implica em custo adicional de implementação e novo aumento de volume, além da complexidade de conexões elétricas e fixação mecânicas.

[009] Outra solução também encontrada atualmente é bloquear o fluxo de fluido refrigerante utilizando uma válvula adicional do tipo solenoide, desta forma, na ocorrência de queda de energia elétrica a solenoide é fechada interrompendo o fluxo. Nesta solução verifica-se a adição de elementos, resultando em maior custo de implementação pois existe necessidade de uma instalação mais complexa e aquisição de materiais.

[0010] Dentre os equipamentos existentes atualmente no mercado brasileiro e internacional estão o kit válvula de expansão RAC, disponível em https://www.racbrasil.com/product-page/valvulaexpeletronica e manual disponível em

https://drive.google.com/file/d/1654t09BGkdtMNZGxI1lhWy_nownPWFxr/view, também o produto MPXPRO da empresa Carel, disponível em https://www.carel.com.br/product/mpxpro e manual disponível em https://www.carel.com.br/documents/10191/0/+0300055PT/2ef2519c-4268-42b1-915a-db974c24814a?version=1.5, assim como o EKE 1A da empresa Danfoss, disponível em https://store.danfoss.com/br/pt_BR/Refrigera%C3%A7%C3%A3o-e-Ar-Condicionado/Controles-Eletr%C3%B4nicos/Controlador-eletr%C3%B4nico-de-superaquecimento/Controlador-de-superaquecimento%2C-EKE-1A/p/080G5300 não atendem plenamente às atribuições do produto aqui apresentado, pois necessitam de módulos adicionais de *Hardware* como interfaces Homem-Máquina ou elementos e módulos extras de acionamento e armazenamento de energia.

[0011] No “Beacon II refrigeration system”, equipamento da empresa Heatcraft Refrigeration Products, disponível em https://www.heatcraftrpd.com/PDF/Sales%20Brochures/SB-BEACONII.pdf, e referente à patente US5551248, além do grande volume, há necessidade de válvula solenoide para fechamento do circuito de refrigeração em caso de queda de energia elétrica.

[0012] Adicionalmente, é conhecido, como exemplo de produto atual, desenvolvido pela Requerente, o modelo VX950E Plus, disponível em https://www.fullgauge.com.br/produto-vx-950-plus. Há a necessidade de uma interface Homem-Máquina separada do controlador e a adição de um módulo extra de armazenamento de energia.

[0013] No caso do produto EKE 1A da empresa Danfoss, este possui apenas a função de acionamento de válvulas de expansão eletrônica do tipo motor de passo, também sendo reconhecido no mercado pelo termo *Driver*, se referindo a equipamentos que apenas acionam a válvula de expansão ou controlam o grau de superaquecimento.

[0014] Considerando o equipamento kit válvula de expansão RAC, sua aplicação se restringe a válvulas de expansão do tipo pulso, também conhecida como PWM, o que limita seu uso para potências de até 32kW.

[0015] As válvulas de expansão eletrônica do tipo motor de passo alcançam potências na ordem de 120kW para o chamado motor de passo unipolar, vide < https://cdn.sanhuaeurope.co.uk/new_content/static/uploads/files/products/en/ds-dpf-ts-s-en-r2007-1595836555.pdf#find-technical-info> e na ordem de até 2269kW para o chamado motor de passo bipolar, vide < https://cdn.sanhuaeurope.co.uk/new_content/static/uploads/files/products/en/ds-vpf-en-r2006-1591955358.pdf#find-technical-info> o que confere ampla aplicação em sistemas de refrigeração industrial e comercial. Alia-se o fato de válvulas de expansão eletrônicas do tipo motor de passo apresentarem menor consumo de energia elétrica quando comparadas com a do tipo pulso.

[0016] No que se refere a documentos de patente que refletem o estado da técnica para métodos e aparatos de controle do grau de superaquecimento, a literatura oferece as patentes norte-americanas US4067203, US4523435, US4617804, US4674292, US4787213, contudo os referidos aparatos não são compactos, não são dotados das características aqui presentes e não integram as mesmas funcionalidades.

[0017] Ainda outros documentos de patente que tratam do assunto estão comentados a seguir.

[0018] A patente US5551248 trata do controle integrado de um sistema de resfriamento de um dispositivo. O dispositivo recebe dados de sensores de temperatura, um desses sensores sendo destinado a medir o superaquecimento do evaporador. O dispositivo de controle ajusta de modo incremental a posição da válvula de expansão do sistema de resfriamento para regular o superaquecimento do evaporador e temperatura de descarga do compressor.

[0019] Na patente US7290402 é descrito um sistema de controle para válvula de expansão e o método de controle para a válvula de expansão. Em

uma modalidade, o sistema de controle inclui 1) um circuito de erro de superaquecimento configurado para derivar um erro de superaquecimento para um fluido associado à válvula de expansão e 2) um circuito para a posição da válvula associado ao circuito de erro do superaquecimento, configurado para reposicionar a válvula de expansão baseada proporcionalmente tanto na posição de corrente da mesma como no erro do superaquecimento. Na patente US7290402 apenas o método de controle da válvula eletrônica é implementado, os demais mecanismos de funcionamento de um sistema de refrigeração não sendo contemplados.

[0020] Na patente US 7788937 se o grau de abertura de uma válvula (14) de expansão eletrônica é mantido abaixo de um grau específico de abertura ou se o grau de superaquecimento de um refrigerante em um evaporador (15) é mantido acima de um certo grau de superaquecimento, a proporção de refrigerante circulante é considerada insuficiente. Deste modo, o volume de ar entregue por um ventilador (22) de refrigerador é reduzido. Na patente US 7788937 é implementado um método de controle da válvula (14) de expansão eletrônica acompanhado da descrição da topologia do sistema de refrigeração.

[0021] Na patente US9151526 é descrito um sistema para o ciclo de refrigeração por compressão a vapor que inclui um compressor e uma válvula de expansão eletrônica conectada entre as primeira e segunda portas do refrigerante de um compressor. Um controlador para a válvula de expansão eletrônica é configurado para controlar fluxo de refrigerante através da válvula de expansão em resposta a uma temperatura de superaquecimento do refrigerante. O controlador é configurado para executar um primeiro algoritmo de controle até que ocorra um máximo local de temperatura do superaquecimento, e então é executado um segundo algoritmo de controle. Neste documento de patente norte-americano um algoritmo de controle é implementado em um driver, controlando apenas o superaquecimento da válvula de expansão eletrônica, a abordagem focada na invenção, qual seja a de um equipamento compacto não sendo focada.

[0022] Todos os documentos do estado da técnica citados acima são dirigidos para métodos de controle de válvulas de expansão eletrônica mas sempre atendendo a uma configuração geral como ilustrada pela Figura 1 anexa e descrita a seguir no presente relatório.

[0023] Um sistema para o controle de refrigeração e grau de superaquecimento do fluido refrigerante em controladores de refrigeração do estado da técnica é geralmente disposto em módulos individuais, como visto na Figura 1 anexa ao presente relatório, onde o elemento de controle **(302)** é externo, ligando-se com fios ao driver **(303)** de acionamento da válvula **(301)** de expansão eletrônica que recebe energia elétrica de armazenador externo **(304)** atuando na válvula **(301)** eletrônica. O sistema do estado da técnica representado na Figura 1 apresenta módulos externos, requerendo diversas conexões elétricas adicionais, que contribuem para um elevado potencial de falhas na instalação, custo extra devido ao uso de fios e cabos, além de superdimensionamento de quadros e painéis de comando elétrico, tornando a instalação complexa e de difícil execução.

[0024] Portanto, os documentos de patente bem como catálogos e produtos disponíveis comercialmente, nem individualmente nem combinados entre si contemplam a configuração da invenção com módulo integrado para o controle do superaquecimento de uma válvula de expansão eletrônica em um controlador de temperatura.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0025] O controlador digital para refrigeração objeto da presente invenção integra em uma mesma configuração compacta em módulo único um controlador digital **(100)** para refrigeração realizando as funções de controle de temperatura com lógica de degelos por agendamento e de recolhimento de fluido refrigerante (*Pump-down*).

[0026] O controlador digital **(100)** para refrigeração, que compreende um sistema **(200),** é também dotado de funções e lógicas de controle para o compressor, ventilador, lâmpada e alarmes, além de função de economia de energia por agendamento e relógio **(209)** de tempo real, um sistema **(210)** de

acionamento de válvulas de expansão eletrônica do tipo motor de passo, um sistema **(212)** monitor de corrente elétrica consumida pela válvula de expansão eletrônica (não representada), um sistema **(208)** de armazenamento de energia de emergência (para fechamento da válvula em caso de falta de energia elétrica), um sistema **(204)** de controle de carga, uma fonte **(211)** de emergência e um sistema **(207)** de Detecção e Seleção de fonte.

[0027] O controlador digital **(100)** para refrigeração compreende pois um sistema **(200)** de controle capaz de integrar os elementos citados acima em um sistema compacto, alterando o conceito funcional atualmente existente em produtos similares ao permitir simplificação do processo de instalação elétrica e mecânica e redução de insumos e matérias-primas. As conexões da Unidade **(206)** de Processamento com os demais elementos de sistema **(200)** possibilitam fluxo compacto de sinais de controle e dados de medida tornando-se relevantes para o propósito do controlador digital **(100)** para refrigeração**.**

[0028] Além disso, o sistema da invenção é dotado de um sistema retroalimentado com algoritmo de controle PID digitalmente implementado pela Unidade **(206)** de Processamento, que ajusta a abertura da válvula de expansão eletrônica do tipo motor de passo de acordo com as variáveis envolvidas no processo de refrigeração como tipo de fluido refrigerante, temperatura e pressão do sistema.

[0029] Assim, um objetivo da invenção é um controlador digital para refrigeração compacto, a configuração de sistema sendo de modo a integrar todos os elementos destinados ao controle de superaquecimento da válvula de expansão eletrônica em um único módulo.

[0030] Outro objetivo é um controlador digital para refrigeração onde a configuração do sistema de controle de superaquecimento da válvula de expansão eletrônica elimina não só módulos externos para fornecimento de energia quando esta falta como a adição de válvulas solenoides, o sistema de controle estando contido em módulo único.

[0031] Outro objetivo é um controlador digital para refrigeração onde a configuração do sistema de controle de superaquecimento do fluido de refrigeração e a interação das respectivas funções permite o controle aperfeiçoado do processo de refrigeração.

[0032] Ainda um objetivo é um controlador digital para refrigeração dotado de sistema de controle que mantenha a válvula de expansão eletrônica fechada em caso de falta de energia da fonte principal sem necessidade de módulos externos de fornecimento de energia.

[0033] Um objetivo adicional é a criação de uma função de recolhimento do fluído refrigerante (*Pump-down*) com auxílio do Sistema **(203)** de condicionamento de sinal de sensores ao medir a pressão do fluído refrigerante sem a necessidade de equipamentos externos ao controlador digital para refrigeração.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0034] A Figura 1 é um esquema simplificado para um sistema de controle de refrigeração do estado da técnica, com módulos individuais e separados.

[0035] A Figura 2 é uma ilustração esquemática da parte frontal do equipamento para controle de refrigeração que utiliza o sistema da invenção.

[0036] A Figura 3 é uma ilustração esquemática da parte posterior do equipamento para controle de refrigeração que utiliza o sistema da invenção.

[0037] A Figura 4 é um fluxograma simplificado do sistema compacto integrado em módulo único de controle de refrigeração conforme a invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0038] De acordo com a invenção, a expressão “módulo integrado” ou “módulo único” significa que todos os elementos que compõem o sistema de controle do presente controlador estão contidos em um único alojamento, por oposição a controladores do estado da técnica que empregam vários módulos acoplados através de conexões e ligações elétricas, plásticas e metálicas.

[0039] Ainda de acordo com a invenção, a expressão “válvula eletrônica de expansão tipo motor de passo“ contempla tanto o motor de passo unipolar como o motor de passo bipolar.

[0040] Também de acordo com a invenção, no presente relatório descritivo, reivindicações e resumo, a expressão “controlador” é equivalente às expressões “controlador digital para refrigeração” ou “controlador digital” ou ainda, “controlador para refrigeração”.

[0041] A invenção compreende pois um controlador digital para refrigeração onde, diferentemente dos controladores do estado da técnica que compreendem vários módulos, o controle do superaquecimento da válvula de expansão eletrônica é feito por um sistema contido em um único módulo.

[0042] A seguir a invenção será descrita por referência às Figuras anexas.

[0043] Assim, a Figura 2 mostra a vista frontal do controlador **(100)** com os elementos da interface **(205)** Homem-Máquina (vide Figura 4) , a saber, a tecla **(101)** para entrada no chamado menu facilitado, onde um conjunto de parâmetros de fácil acesso ao usuário está disponível. Ao pressionar a tecla **(101)** é possível navegar pelo menu facilitado e pressionando a tecla **(102)** é possível selecionar a opção de menu desejada, sendo que as teclas **(103)** e **(104)** permitem o incremento e decremento do valor do parâmetro visualizado no display frontal. O LED **(110)** indica o estado da saída do compressor **(132)**, o LED **(109)** indica o estado da saída do ventilador **(133),** o LED **(108)** indica o estado da saída de degelo **(134),** o LED **(107)** indica o estado da saída da lâmpada **(135)** ou auxiliar **(135),** o LED **(106)** indica o processo de modulação da válvula de expansão eletrônica do tipo motor de passo e o LED **(105)** indica a escala utilizada pelo controlador em graus Celsius ou Fahrenheit.

[0044] A Figura 3 mostra a vista posterior do controlador digital **(100)** para refrigeração onde o conector com numerais de **(111)** até **(130)** é destinado às conexões de sensores, fonte de alimentação, comunicação

serial e conexão com a válvula de expansão eletrônica do tipo motor de passo. O conector com numerais de **(131)** até **(135)** destina-se às conexões de potência.

[0045] O sensor para a temperatura da corrente medida no processo de refrigeração, referido como **S1** é conectado entre **(111)** e **(112),** o sensor para a temperatura corrente medida no evaporador, referido como **S2** é conectado entre **(113)** e **(114),** o sensor para temperatura corrente medida no ponto de sucção no compressor, referido como **S3** é conectado entre **(115)** e **(116),** e o sensor para pressão de sucção do fluido refrigerante no compressor, referido como **P1,** é conectado entre **(123)** e **(124).** Esses sensores são aqueles mencionados no elemento **(203),** Sistema de condicionamento de sinal de sensores da Figura 4.

[0046] A alimentação elétrica do controlador digital **(100)** para refrigeração é realizada entre **(121)** e **(122),** entre **(117)** e **(118)** uma entrada digital é presente, e entre **(119)** e **(120)** se encontra a comunicação serial.

[0047] A válvula de expansão eletrônica do tipo motor de passo (não representada) é conectada entre **(126)** até **(130).**

[0048] Ainda na Figura 3, observa-se a saída do compressor **(132),** a saída do ventilador **(133),** a saída de degelo **(134),** a saída da lâmpada **(135)** ou auxiliar **(135)** e em **(131)** o comum das saídas.

[0049] Já a Figura 4 é um fluxograma dos elementos internos do sistema **(200)** de controle de refrigeração e grau de superaquecimento do fluido refrigerante e suas interações lógicas e funcionais para criar o controlador digital **(100)** para refrigeração**.**

[0050] No sistema **(200),** uma Interface Homem-Máquina **(205)** é dotada de teclas de acesso para navegação na programação do controlador e incremento/decremento dos parâmetros programados em memória interna do tipo não volátil, bem como um visor tipo display de LEDs para indicação das grandezas de processo e mensagens ao usuário. Esses elementos foram descritos por referência à Figura 2.

[0051] Os elementos que compõem o sistema **(200)** do controlador digital **(100)** para refrigeração da invenção são disponíveis comercialmente e serão descritos em detalhe a seguir no presente relatório.

[0052] O sistema **(200)** de controle de superaquecimento do fluido refrigerante do controlador **(100)** digital para refrigeração compreende, em módulo único, os seguintes elementos:

[0053] Uma fonte **(201)** principal para fornecer níveis de tensão adequados os elementos internos do sistema **(200)**, conectada entre **(121)** e **(122)** (vide Figura 3) com tensão de 12V em corrente contínua. Uma fonte **(201)** útil para as finalidades da invenção é constituída de circuitos integrados semicondutores reguladores de tensão, estabelecendo-se níveis adequados de potencial elétrico para polarização dos elementos do sistema **(200).**

[0054] Uma interface **(202)** de Comunicação Serial por padrão de comunicação serial RS485 para interfaceamento e controle remoto de operação. Esse tipo de interface é útil para as finalidades da invenção por possibilitar recebimento de comandos de operação, recebimento de receitas e agendamento de eventos, leitura e escrita dos parâmetros das funções salvos em memória eletrônica não volátil, e monitoramento de medidas do Sistema **(203)** de Condicionamento do sinal de sensores.

[0055] Um Sistema **(203)** de Condicionamento do Sinal de Sensores para condicionar os sinais dos sensores para um padrão compatível com o padrão elétrico da Unidade **(206)** de Processamento. Um sistema **(203)** de Condicionamento do Sinal de Sensores útil para as finalidades da invenção é constituído por arranjo de resistores e capacitores dispostos em formato de redes de atenuação e filtragem de sinal fazendo-se o condicionamento de sinais de sensores em níveis elétricos adequados ao funcionamento da Unidade **(206)** de Processamento.

[0056] Um sistema **(204)** de Controle de Carga para manter o nível de carga elétrica adequado no sistema **(208)** de armazenamento de Energia de Emergência. O sistema **(204)** é útil para as finalidades da invenção pois garante através do uso de transistores semicondutores um nível mínimo de

energia armazenada, além de proteção contra sobrecargas, garantindo a segurança.

[0057] Uma interface **(205)** Homem-Máquina dotada de teclas e display tipo LED. A interface **(205)** é útil para as finalidades da invenção ao possibilitar ao usuário acesso facilitado ao menu de funções e visualização instantânea das medidas do processo de refrigeração.

[0058] Uma Unidade **(206)** de processamento, também chamada de unidade de processamento embarcada, que gerencia todo o controlador **(100).** A Unidade **(206)** é útil para as finalidades da invenção por ser capaz de executar instruções pré-programadas e armazenadas em memória eletrônica do tipo não volátil, possibilitando a criação de algoritmos de controle, supervisão e comunicação de dados.

[0059] Um Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte que permite ao controlador digital **(100)** para refrigeração continuar em operação na ocorrência de queda de energia elétrica. Um Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte útil para as finalidades da invenção é constituído de comparador eletrônico de tensão para sinalizar a ocorrência de falta de energia elétrica na fonte **(201)** principal garantindo rápida comutação para a fonte **(211)** de emergência.

[0060] Um Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência capaz de manter energia elétrica suficiente para o fechamento da válvula eletrônica (não representada) em caso de falta ou queda de energia. Um Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência útil para as finalidades da invenção é constituído de elemento de estado sólido, com propriedades elétricas de armazenador de energia eletrostática.

[0061] Um Relógio **(209)** de Tempo Real capaz de sincronizar o controlador digital **(100)** para refrigeração**.** Um Relógio **(209)** de Tempo Real útil para as finalidades da invenção é constituído de circuito integrado específico e por interface de dados com a Unidade **(206)** de processamento permitindo assim a criação de agendamento de eventos de degelo e entrada em modo econômico.

[0062] Um Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica do Tipo Motor de Passo que permite ao controlador digital **(100)** para refrigeração a função de controle do grau de superaquecimento. Um Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica do Tipo Motor de Passo útil para as finalidades da invenção é constituído de chaves estáticas semicondutoras e possibilita que o controlador digital **(100)** para refrigeração controle ao mesmo tempo as funções de refrigeração e grau de superaquecimento.

[0063] Uma Fonte **(211)** de Emergência capaz de manter o funcionamento do controlador digital **(100)** para refrigeração até o fechamento completo da válvula eletrônica (não representada). Uma Fonte **(211)** de Emergência útil para as finalidades da invenção é constituída de conversor chaveado de estado sólido do tipo elevador de tensão e garante o funcionamento do controlador digital **(100)** para refrigeração nos instantes em que um fechamento de emergência da válvula de expansão (não representada) é necessário por falta de energia elétrica.

[0064] Um Monitor **(212)** de Corrente retroalimenta o controlador digital **(100)** para refrigeração sobre o Status de operação da válvula de expansão (não representada). Um Monitor **(212)** de Corrente é útil para as finalidades da invenção pois retroalimenta, ou fornece FeedBack, o que permite ao controlador digital **(100)** para refrigeração conhecer o Status de operação da válvula de expansão (não representada) melhorando a segurança operacional do processo de refrigeração, pois alarmes de operação podem ser emitidos.

[0065] A seguir no presente relatório será descrito o funcionamento do sistema **(200)** do controlador digital **(100)** de refrigeração para o controle do superaquecimento do fluido de refrigeração.

[0066] A Unidade **(206)** de Processamento embarcada comunica-se com a Interface **(202)** de comunicação serial, com a Interface **(205)** Homem-Máquina, com o Relógio **(209)** de Tempo Real e com o Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica do tipo motor de passo.

[0067] A comunicação da Unidade **(206)** de processamento embarcada com o Relógio **(209)** de Tempo Real permite criar uma estrutura de agenda eletrônica para degelo além da agenda do chamado modo econômico, referindo-se a eventos de alteração programada no *Set-Point* de ajuste da temperatura do processo de refrigeração em horários de baixa demanda, possibilitando economia de energia elétrica. A economia de energia obtida pelo sistema da invenção é superior àquela dos sistemas do estado da técnica, visto que o consumo de energia dos módulos adicionais foi suprimido.

[0068] A Unidade **(206)** de Processamento embarcada também se comunica com a Interface de Comunicação Serial **(202),** e com o Sistema **(203)** de Condicionamento de Sinal dos Sensores do processo. Esses sensores foram mencionados na descrição da Figura 3, sendo referidos como **S1** para a temperatura corrente medida no processo de refrigeração, **S2** para a temperatura corrente medida no evaporador, **S3** para temperatura corrente medida no ponto de sucção no compressor, e **P1** para pressão de sucção do fluído refrigerante no compressor. Esses sensores geram sinais de retroalimentação para o algoritmo PID, digitalmente implementado na Unidade **(206)** que por intermédio de suas conexões com a interface **(202)** de comunicação Serial, a interface **(205)** Homem-Máquina, o Relógio **(209)** e o Sistema **(210)** garante controle responsivo visto que sua conexão direta não está sujeita a tráfego em redes.

[0069] Conforme a invenção, o Sistema **(203)** de condicionamento de sinal de sensores ao medir a pressão do fluído refrigerante permite criar uma função de recolhimento do fluído refrigerante (*Pump-down*). Nos sistemas do estado da técnica essa função é usualmente realizada por equipamentos externos ao controlador, agregando volume à instalação e custo na aquisição de equipamentos adicionais. Adicionalmente, o ajuste dessa função torna-se mais complexo e pouco prático, pois o equipamento extra tradicionalmente não se comunica com o controlador do processo, requerendo ajuste manual sujeito a erro humano.

[0070] Ainda conforme a invenção, a medida de pressão, quando convertida em temperatura saturada, permite criar as funções de proteção de temperatura de evaporação baixa (LOP) e temperatura de evaporação alta (MOP). Tais proteções atuam em casos de operação extremos, tipicamente em eventos transitórios quando cargas térmicas de grandes intensidades são solicitadas. Tais situações podem comprometer a vida útil operacional do compressor no sistema de refrigeração, pois necessitará de maior esforço eletromecânico na condição transitória.

[0071] A Unidade **(206)** de processamento embarcada gera sinais de chaveamento digital em frequência e amplitude que quando aplicados ao Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica do Tipo motor de passo comandam a modulação necessária para manter o grau de superaquecimento. Vantajosamente, na invenção, a integração entre os ditos elementos **(206)** e **(210)** torna a resposta ao controle mais rápida ao facilitar a troca de informações de medidas e sinais de controle a altas taxas de dados, pois se encontram em um mesmo módulo, eliminando o conflito de tráfego em redes.

[0072] Ainda, a referida Unidade **(206)** de Processamento em conjunto com o monitor **(212)** de corrente permite obter o *Status* da válvula, sendo possível determinar se a mesma está operacional ou não. Vantajosamente, essa funcionalidade amplia a segurança do funcionamento da instalação frigorífica, pois cria alarmes de operação para os responsáveis técnicos da planta frigorífica, reduzindo a possibilidade de danos a equipamentos. Essa importante funcionalidade não é descrita nem sugerida nos sistemas do estado da técnica.

[0073] Como pode ser visto no diagrama da Figura 4, um Sistema **(207)** de Detecção ~~e~~ Seleção de fonte monitora constantemente a tensão elétrica fornecida pela Fonte **(201)** Principal; caso a mesma falhe por falta de energia elétrica a Fonte **(211)** de emergência é acionada recebendo a energia armazenada no Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência.

[0074] O Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência é gerenciado pelo Sistema **(204)** de Controle de Carga garantindo que a energia armazenada será suficiente para a necessidade de fechamento de emergência da válvula de expansão eletrônica do tipo motor de passo em caso de falta de energia elétrica, configurando vantagem competitiva da presente invenção em relação ao estado da técnica, já que é eliminada a necessidade de módulo externo para fornecimento de energia em caso de falta da mesma.

[0075] A conexão lógica e física entre a Fonte **(201)** principal, o Controle **(204)** de Carga, a Unidade **(206)** de Processamento, o Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte, o Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência, o Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica do tipo Motor de Passo, a Fonte **(211)** de Emergência e o Monitor **(212)** de Corrente do sistema **(200)** tornam o controlador digital **(100)** para refrigeração capaz de suportar eventos de falta de energia elétrica e ainda assim garantir o fechamento de emergência da Expansão Eletrônica do tipo Motor de Passo (não representada).

[0076] A seguir será descrita a interação entre os diversos elementos do sistema **(200),** quando em funcionamento, para atuar no controle do superaquecimento do fluido refrigerante ao ser detectada ocorrência de falta de energia.

[0077] O sistema **(200),** ao ser detectada ocorrência de falta de energia elétrica pelo Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte:

a) dito Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte gera sinalização à Unidade **(206)** de Processamento também comutando a Fonte **(211)** de Emergência;

b) o sinal recebido do dito Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte pela Unidade **(206)** de Processamento inicia o fechamento da válvula de expansão por intermédio do Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica onde o Monitor **(212)** de Corrente implementa o feedback de Status;

c) a Fonte **(211)** de Emergência comutada pelo Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte recebe energia armazenada no Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência previamente carregado pelo Sistema **(204)** de Controle de Carga; e

d) o Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte implementa a comutação da Fonte **(211)** de Emergência, enquanto a interação entre a Fonte **(201)** de energia principal, o Sistema **(204)** de Controle de Carga e o Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência garante que a Fonte **(211)** de Emergência funcione quando necessário.

[0078] A descrição precedente relativa ao controlador **(100)** digital para refrigeração e as relações entre os diversos elementos que compreendem o sistema **(200)** de controle embarcado é adicionalmente detalhada a seguir:

a) Uma Unidade **(206)** de Processamento para gerenciamento do controlador **(100)** de refrigeração através da execução de instruções pré-programadas e armazenadas em memória eletrônica do tipo não volátil, dita Unidade sendo conectada aos seguintes elementos:

a1) uma Interface **(202)** de Comunicação Serial para interfaceamento e controle remoto de operação;

a2) um Sistema **(203)** de Condicionamento de Sinal de Sensores para condicionar os sinais dos sensores para um padrão compatível com o padrão elétrico da dita Unidade **(206)** de Processamento;

a3) um sistema **(204)** de Controle de Carga para manter nível de carga elétrica adequado no Sistema **(208)** de armazenamento de Energia de Emergência.

a4) uma Interface **(205)** Homem-Máquina;

a5) um Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte para que o controlador **(100)** de refrigeração continue em operação mesmo na queda de energia elétrica;

a6) um Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência para manter energia elétrica suficiente para o fechamento da válvula eletrônica em caso de falta ou queda de energia;

a7) um Relógio **(209)** de Tempo Real para a criação de agendamento de eventos de degelo e entrada em modo econômico; e

a8) um Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica tipo Motor de Passo;

b) Uma fonte **(201)** de energia principal, dita fonte **(201)** sendo conectada ao Sistema **(204)** de Controle de Carga, ao Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte e ao Sistema **(203)** de Condicionamento de Sinal de Sensores;

c) Uma Fonte **(211)** de Emergência para manter o funcionamento do controlador **(100)** de refrigeração até o fechamento completo da válvula eletrônica, e conectada ao Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte e ao Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência; e

d) Um Monitor **(212)** de Corrente para retroalimentar dito controlador **(100)** de refrigeração sobre o Status de operação da válvula de expansão eletrônica.

[0079] Adicionalmente, o controlador digital **(100)** para refrigeração da invenção tem a possibilidade de ser configurado para operar apenas na função *Driver*, onde desabilita as funções e lógicas de refrigeração e atua apenas no acionamento da válvula de expansão eletrônica do tipo motor de passo e controle do grau de superaquecimento com retroalimentação PID.

[0080] Ainda, o controlador digital **(100)** para refrigeração é dotado de funções de proteção integradas para preservar o compressor de eventos de superaquecimento baixo (LoSH), temperatura de evaporação baixa (LOP) e temperatura de evaporação alta (MOP), adicionando parâmetros para estabelecer as condições de alarmes e reações aos mesmos. Tal proteção de superaquecimento baixo (LoSH) atua em eventos transitórios com grande

alteração da carga térmica, agindo para impedir o retorno de fluido refrigerante em estado líquido para o compressor.

[0081] Assim, a inovação tecnológica apresentada é um avanço em relação ao estado da técnica pois consiste em controlador digital **(100)** para refrigeração completo e integrado para montagem em porta de quadro ou painel elétrico de comando, facilitando a instalação e operação de plantas e processos de refrigeração industrial e comercial ao integrar um grande conjunto de sistemas em um único controlador compacto, instalado em módulo único.

[0082] Tais sistemas atualmente estão dispostos em módulos individuais, como visto esquematicamente no diagrama de blocos da Figura 1, onde o elemento de controle **(302)** é externo, ligando-se com fios ao driver **(303)** de acionamento da válvula de expansão eletrônica **(301)** que recebe energia elétrica de armazenador externo **(304)** atuando na válvula eletrônica **(301).** Esses sistemas do estado da técnica dificultam o processo de ajuste e parametrização das funções, uma vez que seus elementos estão fisicamente separados, não havendo comunicação lógica entre os mesmos. Neste sentido a invenção traz vantagens operacionais e competitivas novas ao possibilitar que a Unidade **(206)** de processamento controle as diversas funções supracitadas ao mesmo tempo em que a interação entre os elementos do sistema **(200)** integrados no controlador digital **(100)** para refrigeração resulta em redução da complexidade de instalação.

[0083] Assim, apesar de os elementos que compõem o arranjo do sistema **(200)** de controle do controlador digital **(100)** para refrigeração serem disponíveis comercialmente, a presente invenção é dotada não somente de novidade, por não serem conhecidos equipamentos similares em módulo único para desempenhar a função de controle desejada, e dotada igualmente de atividade inventiva, já que incorpora a comunicação lógica entre os diversos elementos de modo a obter resultados não descritos e não previstos no estado da técnica, facilitando o processo de ajuste e parametrização das

funções, enquanto ao mesmo tempo é obtida redução da complexidade da instalação.

[0084] Vantajosamente, a invenção, ao considerar a redução de insumos e matérias-primas como plásticos, também se estendendo a metais nas etapas de instalação e produção, objetivamente reduz tais necessidades em concordância com as preocupações ambientais atuais. Tal preocupação é fundamental nos dias atuais, visto que o Brasil é o 4º país que mais produz resíduos plásticos, vide <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>.

REIVINDICAÇÕES

1. Controlador digital para refrigeração com módulo integrado de acionamento de Válvula de Expansão Eletrônica, dito controlador digital **(100)** sendo dotado de memória não volátil e caracterizado por ser dotado de um sistema **(200)** embarcado compreendendo os seguintes elementos:

a) Uma Unidade **(206)** de Processamento para gerenciamento do dito controlador digital **(100)** para refrigeração através da execução de instruções pré-programadas e armazenadas em memória eletrônica do tipo não volátil, dita Unidade sendo conectada aos seguintes elementos:

a1) uma Interface **(202)** de Comunicação Serial para interfaceamento e controle remoto de operação;

a2) um Sistema **(203)** de Condicionamento de Sinal de Sensores para condicionar os sinais dos sensores para um padrão compatível com o padrão elétrico da dita Unidade **(206)** de Processamento;

a3) um Sistema **(204)** de Controle de Carga para manter nível de carga elétrica adequado no Sistema **(208)** de armazenamento de Energia de Emergência;

a4) uma Interface **(205)** Homem-Máquina;

a5) um Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte para que o controlador **(100)** de refrigeração continue em operação mesmo na queda de energia elétrica;

a6) um Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência para manter energia elétrica suficiente para o fechamento da válvula eletrônica em caso de falta ou queda de energia;

a7) um Relógio **(209)** de Tempo Real para a criação de agendamento de eventos de degelo e entrada em modo econômico; e

a8) um Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica tipo Motor de Passo;

b) Uma fonte **(201)** de energia principal, dita fonte **(201)** sendo conectada ao Sistema **(204)** de Controle de Carga, ao Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte e ao Sistema **(203)** de Condicionamento de Sinal de Sensores;

c) Uma Fonte **(211)** de Emergência para manter o funcionamento do controlador **(100)** de refrigeração até o fechamento completo da válvula eletrônica, e conectada ao Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte e ao Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência; e

d) Um Monitor **(212)** de Corrente para retroalimentar dito controlador **(100)** de refrigeração sobre o Status de operação da válvula de expansão eletrônica.

2. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o Sistema **(203)** de condicionamento de sinal de sensores criar uma função de recolhimento do fluído refrigerante (*Pump-down*).

3. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte ser adicionalmente conectado à Fonte **(201)** Principal de energia, ao Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica do Tipo Motor de Passo, à Fonte **(211)** de Emergência e ao Monitor **(212)** de Corrente.

4. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, em funcionamento, ao ser detectada ocorrência de falta de energia elétrica pelo Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte:

a) dito Sistema **(207)** gerar sinalização à Unidade **(206)** de Processamento também comutando a Fonte **(211)** de Emergência;

b) o sinal recebido do dito Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte pela Unidade **(206)** de Processamento iniciar o fechamento da Válvula de Expansão Eletrônica do Tipo Motor de Passo por intermédio do Sistema **(210)** de Acionamento da Válvula de Expansão Eletrônica

do tipo Motor de Passo onde o Monitor **(212)** de Corrente implementa o feedback de Status;

c) a Fonte **(211)** de Emergência comutada pelo Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte receber energia armazenada no Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência previamente carregado pelo Sistema **(204)** de Controle de Carga; e

d) o Sistema **(207)** de Detecção e Seleção de Fonte implementar a comutação da Fonte **(211)** de Emergência, enquanto a interação entre a Fonte **(201)** de energia principal, o Sistema **(204)** de Controle de Carga e o Sistema **(208)** de Armazenamento de Energia de Emergência garante que a Fonte **(211)** de Emergência funcione quando necessário.

5. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a parte externa posterior do dito módulo integrado compreender o sensor **S1** conectado entre **(111)** e **(112),** o sensor **S2** conectado entre **(113)** e **(114),** o sensor **S3** conectado entre **(115)** e **(116),** e o sensor **P1** conectado entre **(123)** e **(124).**

6. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por a parte externa posterior do referido módulo compreender adicionalmente a alimentação elétrica do controlador digital **(100),** realizada entre **(121)** e **(122),** entre **(117)** e **(118)** uma entrada digital estar presente, e entre **(119)** e **(120)** estar a entrada para a Interface **(202)** de comunicação serial.

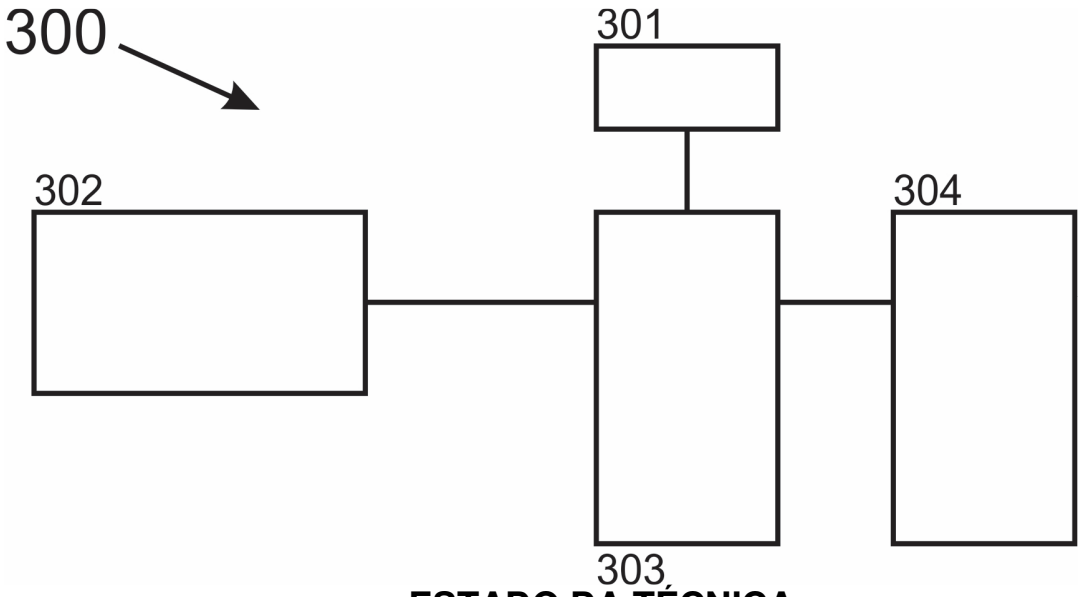
7. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por a parte externa posterior do referido módulo compreender adicionalmente conexão entre **(126)** até **(130)** para a Válvula de Expansão Eletrônica do tipo Motor de Passo.

8. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por a parte externa posterior do dito módulo integrado compreender adicionalmente a saída do compressor **(132),** a saída do

ventilador **(133),** a saída de degelo **(134),** a saída da lâmpada **(135)** ou auxiliar **(135)** e em **(131)** o comum das saídas.

9. Controlador digital para refrigeração de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por operar na função *Driver*.

FIG. 1



ESTADO DA TÉCNICA

FIG. 2

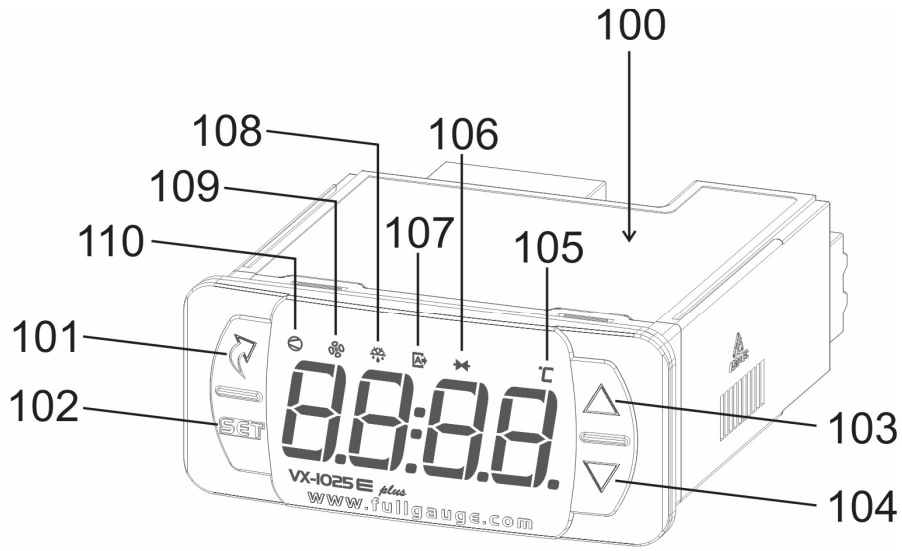


FIG. 3

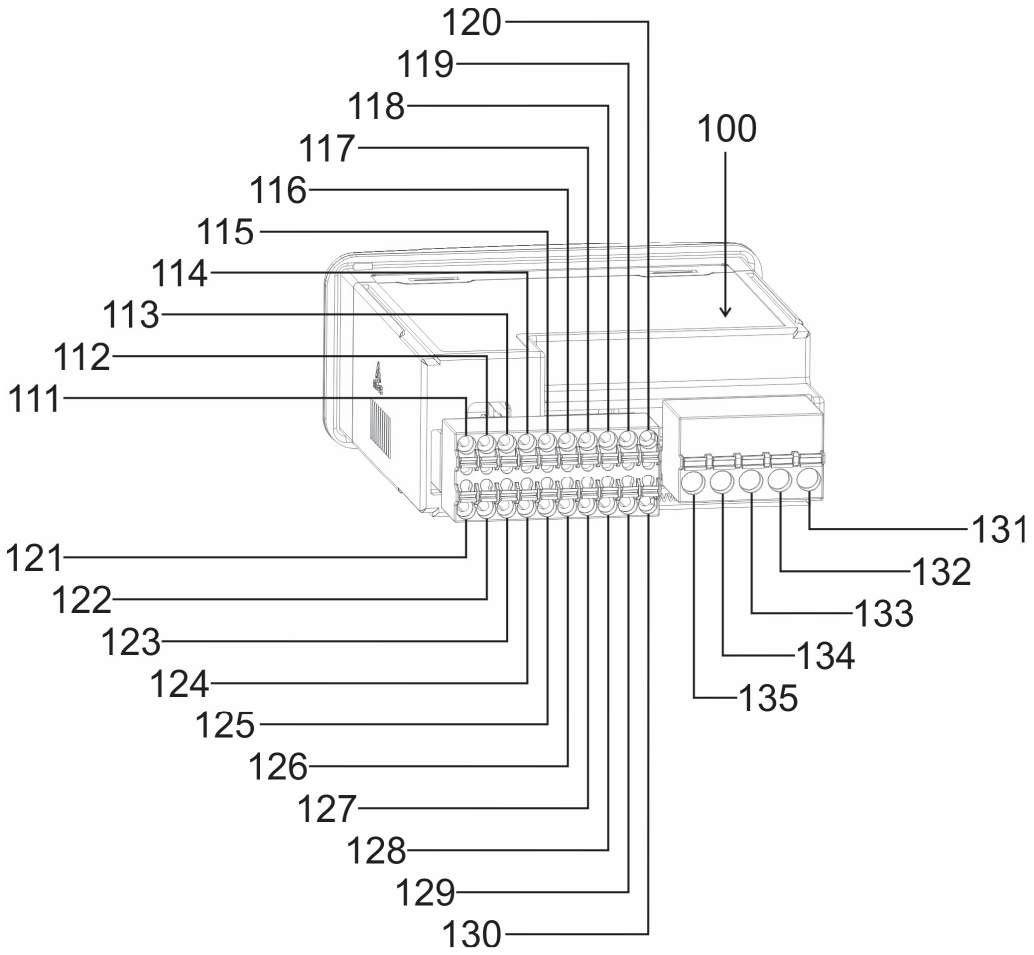
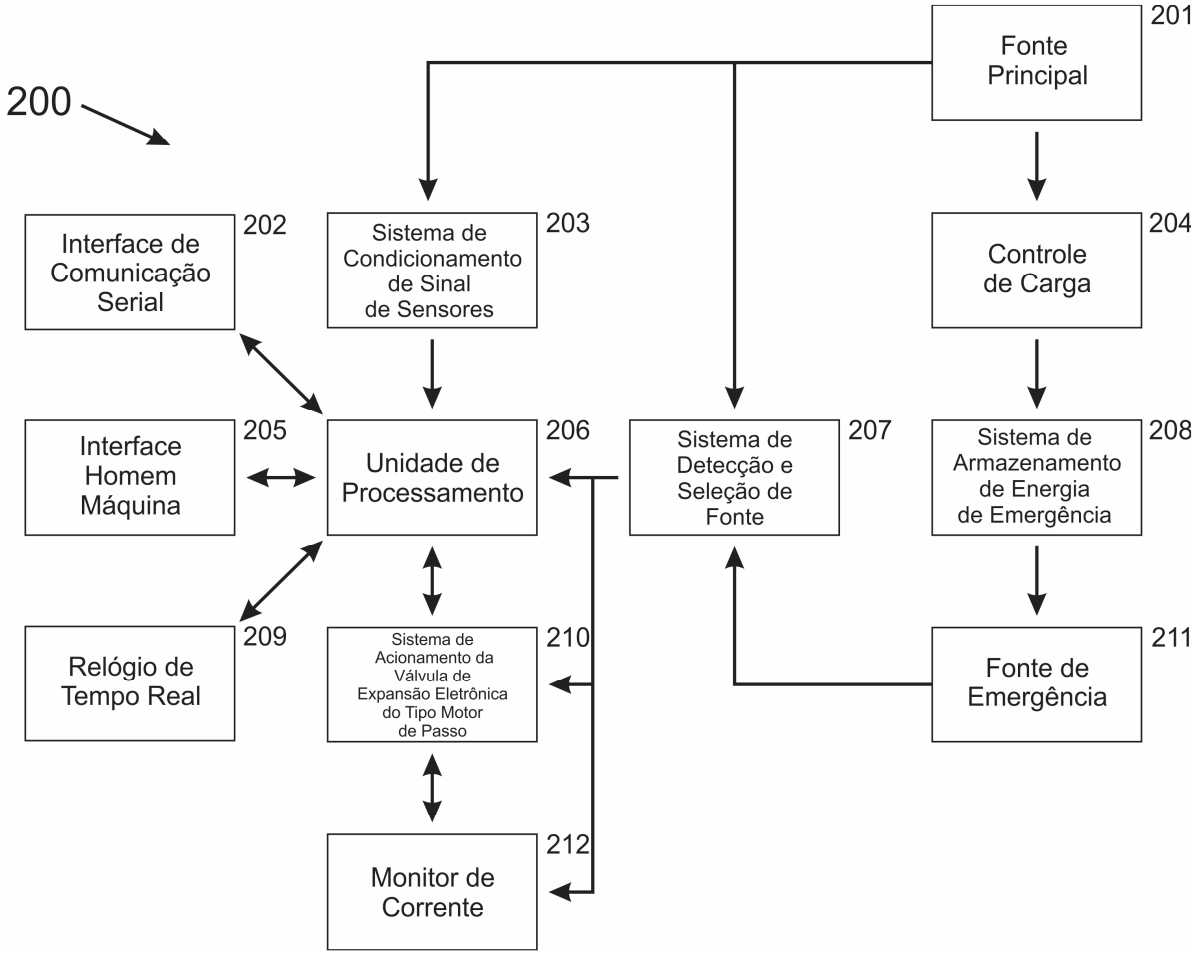

120
119
118
117
116
115
114
113
112
111
100
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135

FIG. 4



INVENÇÃO