



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0701706-5 B1



(22) Data do Depósito: 15/05/2007

(45) Data de Concessão: 26/03/2019

(54) Título: SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO PARA VEÍCULO FERROVIÁRIO, CONVERSOR ELÉTRICO, UNIDADE DE COMANDO, CLIMATIZADOR E PROCESSO DE ALIMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO

(51) Int.Cl.: B61D 27/00; B60L 1/00; H02M 5/02; H02M 7/42.

(30) Prioridade Unionista: 09/06/2006 FR 0605135.

(73) Titular(es): ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES.

(72) Inventor(es): JEAN-EMMANUEL MASSELUS.

(57) Resumo: SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO PARA VEÍCULO FERROVIÁRIO, CONVERSOR ELÉTRICO, UNIDADE DE COMANDO, CLIMATIZADOR E PROCESSO DE ALIMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO. Sistema de alimentação para veículo ferroviário que comporta: um conversor apto a receber informações de uma rede de transmissão entre uma unidade de alimentação e climatizadores e a deduzir dessas informações a demanda de potência elétrica de cada climatizador, demanda essa que indica a potência elétrica exigida por esse climatizador para resfriar e/ou desumidificar o ar no interior de um carro no qual ele está instalado sendo que o primeiro conversor elétrico (90) é dotado de um módulo (100) de regulação da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica em uma rede de alimentação, em função das demandas enviadas por cada climatizador.

**“SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO PARA VEÍCULO FERROVIÁRIO,
CONVERTOR ELÉTRICO, UNIDADE DE COMANDO, CLIMATIZADOR E
PROCESSO DE ALIMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO”**

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção tem por objeto um sistema e um processo de alimentação para veículo ferroviário, um conversor, uma unidade de comando, e um climatizador para esse sistema.

[002] Existem veículos ferroviários que comportam:

- um primeiro e um segundo conversores elétricos próprios para transformar cada um uma tensão elétrica monofásica ou contínua recebida por meio de uma catenária em tensão elétrica trifásica transmitida para, respectivamente, uma primeira e uma segunda redes de alimentação trifásica embarcadas cada uma delas própria para distribuir energia elétrica em vários carros do veículo ferroviário, sendo que as primeira e segunda redes são eletricamente isoladas uma da outra,

- diversos climatizadores instalados em cada carro, e cada climatizador comporta pelo menos um compressor a fim de produzir ar frio no interior do carro, sendo que esse compressor está ligado eletricamente à primeira rede para ser alimentados em tensão trifásica pelo primeiro conversor, e

- cargas elétricas auxiliares, diferentes dos compressores, ligadas eletricamente à segunda rede de alimentação para serem alimentadas em tensão trifásica pelo segundo conversor.

[003] Entende-se pelo termo “catenária” tanto um fio condutor suspenso no ar ao longo do qual desliza um pantógrafo para alimentar o veículo ferroviário, como um trilho adicional colocado no chão sobre a qual se apoia uma haste a fim de alimentar o veículo ferroviário. Essa última tecnologia é conhecida pelo nome de “terceiro trilho”.

[004] Chama-se aqui de "ar frio" o ar cuja temperatura é inferior à temperatura ambiente no interior de um carro.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[005] Classicamente, para equilibrar as cargas dos primeiro e segundo conversores, a metade dos compressores de climatizadores está ligada eletricamente ao primeiro conversor e a outra metade está ligada ao segundo conversor. Pelas mesmas razões, as cargas auxiliares estão divididas entre o primeiro e o segundo conversores.

[006] Uma vez que as cargas auxiliares precisam ser alimentadas por uma tensão e uma frequência fixa, geralmente de 50 Hz a 60 Hz, cada um dos primeiro e segundo conversores transmitem para sua respectiva rede essa tensão alternada de frequência fixa. Nessas condições, os compressores de cada climatizador são também alimentados por uma tensão e uma frequência fixas, e cada climatizador dispõe, portanto, de uma potência elétrica para alimentar seu ou seus respectivo(s) compressor(es)

[007] Nos climatizadores modernos, o compressor absorve sistematicamente a potência máxima disponível na rede elétrica na qual está ligado para poder conferir um grande conforto de climatização aos passageiros do carro.

[008] É preciso, portanto, prever em cada climatizador um mecanismo de ajuste da temperatura do ar frio, para uma mesma potência elétrica máxima disponível na primeira rede. Certos mecanismos de ajuste, na verdade, só deterioram mais ou menos o rendimento energético do climatizador. Por exemplo, para uma potência elétrica absorvida P pelo compressor, a temperatura do ar frio será de X graus se o rendimento energético for de Δ e a temperatura do ar frio será superior a X graus se o rendimento energético for menor que Δ .

[009] É, portanto, fácil de entender que nos veículos ferroviários existentes, a potência elétrica absorvida ou consumida por cada climatizador é a mesma, quaisquer que sejam as características, (em particular a temperatura e higrometria) do ar frio.

[010] Nesse contexto, a presente invenção visa propor um veículo ferroviário no qual a potência elétrica consumida pelos climatizadores pode ser regulada.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[011] A presente invenção tem, portanto, por objeto um veículo ferroviário no qual:

- o primeiro conversor está apto a receber informações de uma rede de transmissão de informações entre uma unidade de alimentação e os climatizadores e a deduzir dessas informações a demanda de potência elétrica de cada climatizador, e essa demanda indica a potência elétrica exigida por esse climatizador para resfriar e/ou desumidificar o ar no interior do carro no qual ele está instalado, e

- o primeiro conversor comporta um módulo de regulação da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica transmitida para a primeira rede de alimentação, em função das demandas enviadas por cada climatizador.

[012] No sistema acima, a amplitude e/ou a frequência da tensão trifásica transmitida pelo primeiro conversor não é constante, mas, pelo contrário, regulada em função das informações relativas às necessidades de potência elétrica de cada um dos climatizadores. Essas necessidades de potência podem, em particular, ser expressas na forma de demandas elétricas de potência enviadas por cada um dos climatizadores. Mais precisamente, é possível regular a tensão e/ou a frequência na primeira rede para que elas permitam que um climatizador absorva apenas a potência elétrica necessária para manter a temperatura ambiente no interior do carro próxima de uma referência de

temperatura. Nessas condições, esse climatizador funciona com seu rendimento energético máximo. Isso limita, portanto, a potência elétrica consumida por esse climatizador para atingir a temperatura de referência, uma vez que não é necessário para isso deteriorar seu rendimento energético.

[013] Assim, globalmente, o consumo dos climatizadores do trem fica reduzido.

[014] Além disso, uma vez que o primeiro conversor é comum a vários climatizadores, o sistema de alimentação desses climatizadores fica simplificado e, portanto, menos oneroso que um sistema que prevê um conversor integrado em cada climatizador.

[015] Finalmente, o conforto dos passageiros aumenta em caso de funcionamento em carga baixa do compressor, em relação a um climatizador que funciona com o máximo de carga ou não funciona, por exemplo.

[016] Os modos de realização desse sistema podem comportar uma ou mais das seguintes características:

- um conjunto de contatos próprio:
- para ligar os compressores dos climatizadores unicamente ao primeiro conversor para que esses compressores sejam alimentados a partir desse primeiro conversor e para ligar as cargas auxiliares unicamente ao segundo conversor para que as cargas auxiliares sejam alimentadas a partir desse segundo conversor, e alternadamente;
- para ligar os compressores unicamente ao segundo conversor para que esses compressores sejam alimentados a partir desse segundo conversor;
- um detector de falha do primeiro conversor, e uma unidade de manobra do conjunto de contatos apta a desencadear automaticamente uma passagem da ligação dos compressores ao primeiro conversor para uma ligação desses mesmos compressores ao segundo conversor em resposta à detecção

de uma falha do primeiro conversor;

- um conjunto de contatos comandáveis próprio:

- para ligar as cargas elétricas auxiliares apenas ao unicamente ao conversor para que essas cargas sejam alimentadas a partir desse segundo conversor, e alternadamente;

- para ligar as cargas elétricas auxiliares unicamente ao primeiro conversor para que essas cargas sejam alimentadas a partir do primeiro conversor,

- um detector de falha do segundo conversor e uma unidade de manobra do conjunto de contatos aptos a desencadear automaticamente a passagem da ligação das cargas elétricas auxiliares ao segundo conversor para a ligação das cargas elétricas auxiliares ao primeiro conversor em resposta à detecção de uma falha do segundo conversor;

- um sensor de uma temperatura ambiente no interior de cada carro em que está instalado um climatizador, e um módulo de cálculo de um parâmetro de regulagem da tensão trifásica em função da temperatura medida no interior do carro em que está instalado esse climatizador e de uma referência de temperatura a ser atingida, e no qual o módulo de regulagem está apto a regular a tensão e/ou a frequência da tensão trifásica transmitida para a primeira rede em função desse parâmetro de regulagem para que, assim que for possível, o compressor que precise absorver a potência elétrica mais elevada tenha condições de absorvê-la;

- cada climatizador compreende ainda:

- um mecanismo de ajuste da temperatura do ar frio para uma mesma tensão trifásica transmitida a seu compressor; e

- uma unidade de comando desse mecanismo em função da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica transmitida ao seu compressor, de uma temperatura medida no interior do carro em que está instalado esse

climatizador e de uma referência de temperatura a ser atingida.

[017] A presente invenção tem também por objeto um conversor elétrico, uma unidade de comando e um climatizador aptos a ser utilizados no sistema de alimentação acima.

[018] Finalmente, a presente invenção tem ainda por objeto um processo de alimentação por meio do sistema de alimentação acima.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[019] A presente invenção será mais bem compreendida com a leitura da descrição a seguir, dada unicamente a título de exemplo não limitativo e feita em relação aos desenhos anexos, nos quais:

- a figura 1 é uma ilustração esquemática da arquitetura de um veículo ferroviário;
- a figura 2 é uma ilustração esquemática da arquitetura de um climatizador instalado no veículo ferroviário da figura 1;
- a figura 3 é uma ilustração esquemática de uma unidade de alimentação instalada no veículo ferroviário da figura 1; e
- a figura 4 é um fluxograma de um processo de alimentação dos climatizadores do veículo ferroviário da figura 1.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES PARTICULARES

[020] Na continuação dessa descrição, as características e funções bem conhecidas ao técnico no assunto não estão descritas em detalhes.

[021] A figura 1 representa um veículo ferroviário 2 tal como um trem. Esse veículo 2 é alimentado em tensão monofásica alternada por meio de uma catenária 4 e circula sobre trilhos 6.

[022] O veículo 2 compreende uma locomotiva 10 e diversos carros 12 a 14. Esses carros são, por exemplo, carros destinados a transportar passageiros.

[023] A locomotiva 10 comporta um transformador 16 ligado, sucessivamente por meio de um disjuntor 18 e de um pantógrafo 20 à catenária 4. A tensão monofásica alternada da catenária 4 é superior a 5.000 Vac e, por exemplo, igual a 25.000 Vac. O transformador 16 transmite na saída uma tensão alternada monofásica U_{ac} . A tensão U_{ac} é utilizada por um dispositivo 24 para alimentar motores 26 de tração da locomotiva 10 (na figura 1, apenas um motor 26 está representado).

[024] O veículo 2 é dotado de um sistema de alimentação de cargas auxiliares e de climatizadores. Mais precisamente, a tensão U_{ac} é também utilizada por uma unidade de alimentação 30 de cargas elétricas auxiliares e de climatizadores do veículo 2. Para esse fim, a unidade 30 está ligada a duas redes filiares 32 e 34 de distribuição de energia elétrica nos diferentes carros do trem. As redes 32 e 34 transmitem, respectivamente, potências elétricas P_1 e P_2 aos equipamentos elétricos que estão ligados nelas. Nesse modo de realização, as tensões trifásicas V_1 e V_2 nas redes 32 e 34 estão compreendidas entre 50 Vac e 450 Vac. A tensão V_1 é constante e igual a 400 Vac, por exemplo.

[025] Os climatizadores podem servir para resfriar e/ou desumidificar o ar dos carros 12 a 14.

[026] As cargas auxiliares instaladas no veículo 2 requerem, em sua maioria, uma tensão trifásica com amplitude e frequência fixas. Essas cargas auxiliares são, por exemplo, um compressor de ar comprimido do veículo, faróis do veículo 2, dispositivos de iluminação de cada um dos carros 12 a 14, ventiladores ou outros. Para simplificar a figura 1, apenas as lâmpadas 38 a 40 foram representadas para ilustrar um exemplo de carga auxiliar que requer tensão e frequência fixas. As lâmpadas 38 a 40 estão colocadas cada uma no respectivo carro e ligadas à rede 32. As lâmpadas 38 a 40 consomem sistematicamente a potência P_1 .

[027] Cada carro comporta ainda um climatizador 42 a 44. Nesse modo de realização, os climatizadores 42 a 44 estão ligados ao mesmo tempo às redes 32 e 34.

[028] Cada climatizador 42 a 44 está também ligado a uma rede 46 de transmissão de informações que liga a unidade 30 a cada um dos climatizadores. Aqui, essa rede 46 é uma rede bidirecional de transmissão de informações embarcada no veículo 2.

[029] Na continuação desta descrição, supõe-se que os climatizadores sejam todos idênticos.

[030] A título de ilustração, a figura 2 representa mais detalhadamente a arquitetura do climatizador 42.

[031] O climatizador 42 compreende um tubo 50 de entrada de um fluido refrigerante no interior de um compressor 52. O compressor 52 está ligado eletricamente à rede 34 para ser alimentado em tensão trifásica. Esse compressor 52 absorve sistematicamente sua potência elétrica máxima na rede 34. O compressor de um climatizador consome geralmente, sozinho, mais de 50 % e, tipicamente, mais de 80 % da potência elétrica total necessária ao funcionamento do climatizador.

[032] O fluido refrigerante comprimido pelo compressor 52 é injetado a seguir em um tubo 54. Depois da operação de compressão, a temperatura do fluido no tubo 54 é superior à do fluido no tubo 50.

[033] Um trocador térmico ou condensador 60 está ligado a uma extremidade do tubo 54. Esse condensador se destina a abaixar a temperatura do fluido comprimido. Por exemplo, o condensador 60 é resfriado por ar. O fluido comprimido em contato com as paredes do condensador se resfria e condensa.

[034] O fluido comprimido resfriado pelo condensador 60 é injetado em um tubo de saída 64 para ser transmitido a um evaporador 66. Entre o condensador e o evaporador, o fluido é expandido em um regulador. O

evaporador 66 resfria o ar ambiente misturado ao ar externo captado por meio de um tubo 67. O ar ambiente resfriado é injetado por meio de um tubo 68 em direção a um ventilador 70 que expulsa o ar frio no interior do carro.

[035] O fluido refrigerante utilizado pelo evaporador 66 para resfriar o ar ambiente é reenviado em seguida para o tubo 50 a fim de ser reciclado.

[036] Os meios de desumidificação do ar que fazem eventualmente parte de cada climatizador são conhecidos em si e não estão, portanto, descritos.

[037] Com exceção do compressor 52, os outros equipamentos elétricos do climatizador 42, tais como um ventilador do evaporador 66 ou o ventilador 70 dos condensadores, estão ligados eletricamente à rede 32, por exemplo.

[038] O climatizador 42 compreende ainda um mecanismo 72 de ajuste da temperatura do ar frio para uma tensão trifásica constante que alimenta o compressor 52. O mecanismo 72 é, por exemplo, um mecanismo de derivação do fluido quente conhecido com o nome inglês "hot gas bypass". Esse mecanismo 72 está ligado fluidicamente, de um lado, ao tubo 54 por meio de um tubo 74 e, de outro lado, ao tubo 64 por meio de um tubo 76 sem passar através do condensador 60. Uma válvula comandável 80 está fluidicamente ligada entre os tubos 74 e 76 de modo a controlar a vazão de fluido enviado diretamente do tubo 54 ao tubo 50 sem passar pelo condensador 60.

[039] O climatizador 42 compreende também uma unidade local 82 de comando do climatizador. Essa unidade 82 está ligada:

- a um sensor 84 da temperatura ambiente T_m , situado no interior do carro 12, por exemplo;

- a uma unidade 86 de determinação de uma referência de temperatura T_c ;

- ao mecanismo 72 de ajuste da temperatura; e
- à rede 46.

[040] Considera-se aqui que o sensor 84 e a unidade 86 fazem parte do climatizador 42.

[041] A unidade 86 é, por exemplo, uma interface homem-máquina, tal como um teclado que permite adquirir um valor para a referência T_c . A unidade 86 pode também determinar automaticamente da referência T_c em função de uma medida da temperatura exterior ao carro.

[042] A unidade 82 está apta a comandar válvula 80 em função da temperatura T_m , da referência T_c e da tensão trifásica disponível na rede 34.

[043] A unidade 82 comporta também um módulo 88 de cálculo de um parâmetro de regulagem da tensão trifásica que alimenta o compressor 52. Esse parâmetro indica a tensão trifásica exigida na rede 34 para que o compressor 52 possa absorver uma potência elétrica mínima $P_{\min-i}$ necessária para manter a temperatura ambiente no interior do carro próxima da referência T_c . Aqui, esse parâmetro de regulagem é uma referência de frequência $f_{\min-i}$ para a tensão trifásica que alimenta o compressor 52. A unidade 82 está também apta a enviar para a rede 46 uma demanda de potência elétrica que indica a potência elétrica requerida por seu compressor 52. Para esse fim, a demanda enviada contém a frequência $f_{\min-i}$ que corresponde à potência elétrica $P_{\min-i}$.

[044] A figura 3 representa mais detalhadamente a unidade de alimentação 30.

[045] A unidade 30 compreende dois conversores 90 e 92 alimentados cada um pela tensão monofásica U_{ac} . Cada um desses conversores está apto a converter a tensão U_{ac} na tensão trifásica V_{ac} transmitida por meio, respectivamente, de saídas 94 e 96 de tensão trifásica.

[046] O conversor 92 é, por exemplo, um conversor que transmite uma tensão trifásica de amplitude e frequência fixas.

[047] Ao contrário, o conversor 90 é um conversor apto a fazer variar a tensão trifásica transmitida na saída 94 para que a potência elétrica P_2 absorvida pelos climatizadores corresponda a sua demanda. Aqui, o conversor 90 está apto a fazer variar a potência elétrica P_2 absorvida na rede 34, fazendo variar ao mesmo tempo a amplitude e a frequência e a tensão trifásica transmitida. De preferência, a tensão trifásica é modificada de modo a preservar uma relação constante entre a tensão e a frequência.

[048] Para esse fim, o conversor 90 comporta um módulo 100 de regulação da amplitude e da frequência da tensão trifásica disponível na saída 94. Aqui, esse módulo 100 está ligado à rede 46 de modo a receber as demandas de potência elétrica e, mais precisamente, as frequências $f_{\min-i}$ enviadas por cada um dos climatizadores 42 a 44. Tipicamente, o módulo 100 é um módulo de software.

[049] Nesse modo de realização, a potência máxima que pode ser transmitida por cada um dos conversores 90 e 92 é suficiente para permitir a alimentação por apenas um desses conversores de cargas prioritárias. As cargas prioritárias são, por exemplo, compostas pela metade dos compressores 52 e pela metade das cargas auxiliares.

[050] As saídas 94 e 96 estão ligadas eletricamente às redes 34 e 32 por meio de um conjunto 102 de contatos.

[051] A título de ilustração, esse conjunto 102 comporta três contatos 104 a 106.

[052] O contato 104 está apto a conectar a saída 94 à rede 34 e, alternadamente, a isolar eletricamente a saída 94 da rede 34.

[053] O contato 105 está apto a conectar eletricamente, uma à outra, as redes 32 e 34 e, alternadamente, a isolar eletricamente a rede 32 da rede 34.

[054] O contato 106 está apto a conectar a saída 96 à rede 32 e, alternadamente, a isolar eletricamente a saída 96 da rede 32.

[055] Para simplificar a figura 3, os contatos 104 a 106 estão representados por meio do símbolo de um contato monofásico. Trata-se, porém, de contatos trifásicos aptos a conectar e, alternadamente, a desconectar os condutores que correspondem a cada uma das fases.

[056] A unidade 30 compreende ainda uma unidade 110 de manobra dos contatos do conjunto 102. A unidade 110 está ligada a dois detectores 112 e 114 de falha, respectivamente, dos conversores 90 e 92. A unidade 110 está apta a comandar a comutação dos contatos 104 a 106 em função das indicações de falha transmitidas pelos detectores 112 e 114.

[057] Na figura 3, dois conjuntos 116 e 118 de contatos comandáveis de chaveamento estão também representados. Os contatos do conjunto 116 permitem isolar elétrica e seletivamente um ou mais compressores 52 da rede 34. De modo similar, os contatos do conjunto 118 estão aptos a isolar elétrica e seletivamente uma ou mais cargas auxiliares da rede 32.

[058] O funcionamento do veículo 2 vai agora ser descrito em relação ao processo da figura 4.

[059] Inicialmente, quando os conversores 90 e 92 funcionam normalmente, o veículo 2 funciona em um modo 120 de funcionamento normal. Quando da entrada nesse modo, durante uma etapa 122, a unidade de manobra comanda o fechamento dos interruptores 104 e 106 e a abertura do interruptor 105. Assim, a saída 94 está unicamente ligada à rede 34, a saída 96 está unicamente ligada à rede 32 e as redes 32 e 34 estão eletricamente isoladas uma da outra.

[060] Observa-se, portanto, que em funcionamento normal, todos os compressores 52 do veículo 2 são alimentados a partir do conversor 90, ao passo que quaisquer cargas auxiliares, diferentes compressores 52, são alimentadas a partir do conversor 92. Além disso, no modo 120, o conversor 90 é exclusivamente utilizado para alimentar compressores, ao passo que o conversor 92 é

exclusivamente utilizado para alimentar as cargas auxiliares diferentes dos compressores.

[061] Paralelamente, durante uma etapa 124, o conversor 92 transmite uma tensão trifásica que possui uma amplitude e uma frequência constantes na rede 32. Isso corresponde a uma potência elétrica P_1 transmitida à rede 32.

[062] Paralelamente, ainda, durante uma etapa 126, cada sensor 84 instalado em um carro mede a temperatura T_m . Eventualmente, durante a etapa 126, a unidade 86 determina uma nova referência T_c de temperatura para um carro dado, a fim de atualizar a antiga referência T_c memorizada.

[063] A seguir, durante uma etapa 128, a unidade 82 de cada climatizador calcula o parâmetro de regulação $f_{\min-i}$ que corresponde à potência $P_{\min-i}$ necessária a seu compressor 52 para abaixar a temperatura ambiente no interior do carro até a referência T_c de temperatura. Por exemplo, esse cálculo é função apenas da temperatura medida T_m e da referência T_c . Mais precisamente, a unidade 82 estabelece a frequência $f_{\min-i}$ que a tensão de alimentação deve ter na rede 34 para que a potência elétrica absorvida pelo seu compressor nessa rede seja a potência $P_{\min-i}$. Depois de terminada a etapa 128, durante uma etapa 130, o módulo 88 de cada climatizador envia para a rede 46 uma demanda de potência elétrica ao módulo de regulação 100 que contém a frequência $f_{\min-i}$. Essa demanda de potência elétrica indica ao módulo 100 qual é a potência elétrica exigida pelo compressor desse climatizador para manter a temperatura do ar no interior do carro próxima da referência T_c . De fato, aqui a frequência $f_{\min-i}$ é utilizada para indicar a potência elétrica exigida pelo compressor 52.

[064] O módulo 100 recebe, pela rede 46, as informações relativas às demandas de potência e, em resposta, durante uma etapa 132, esse módulo seleciona a maior frequência $f_{\min-i}$ recebida e regula a frequência da tensão trifásica V_{ac} para que esta seja igual à maior das frequências $f_{\min-i}$

recebidas. Durante a etapa 132, o módulo 100 adapta ainda a tensão proporcionalmente a maior frequências $f_{\min-i}$ recebida de modo a manter constante a relação entre a tensão e a frequência transmitida para rede 34.

[065] A seguir, durante uma etapa 134, o conversor 90 fornece, na saída 94, a tensão trifásica que corresponde à regulação efetuada durante a etapa 132. Essa tensão trifásica corresponde a uma potência elétrica P_2 consumida ou absorvida pelos compressores. Em seguida, a frequência da tensão trifásica na rede 34 é identificada pela referência f_2 .

[066] Paralelamente à etapa 134, durante uma etapa 136, o módulo 100 transmite também o valor da frequência f_2 a cada um dos climatizadores 42 a 44 por meio da rede 46.

[067] Em resposta à recepção da frequência f_2 por meio da rede 46, durante uma etapa 138, cada unidade 82 de climatizador determina se a potência absorvida a partir da rede 34 é superior ou igual à potência $P_{\min-i}$ calculada na etapa 128. Por exemplo, durante a etapa 138, a unidade 82 compara a frequência $f_{\min-i}$ que ela calculou na etapa 128 com a frequência f_2 disponível.

[068] Se a frequência f_2 disponível for igual à frequência $f_{\min-i}$ anteriormente calculada durante a etapa 128, a unidade 82 comanda, durante uma etapa 140, o fechamento total da válvula 80, a fim de que o rendimento energético do climatizador seja máximo. Nesse estado, o fluido injetado no tubo 54 não pode atingir o tubo 64 sem passar através do condensador 60.

[069] No caso inverso, ou seja, se a potência P_2 absorvida for superior à potência $P_{\min-i}$ que a unidade 82 calculou na etapa 128, então, durante uma etapa 142, a unidade 82 comanda a abertura da válvula 80 em função, ao mesmo tempo, da temperatura medida T_m , da referência T_c de temperatura para o interior do carro no qual esse climatizador está instalado e da característica da tensão trifásica disponível na rede 34. Por exemplo, a característica da tensão

trifásica levada em conta pela unidade 82 é a frequência f_2 . Graças a isso, o climatizador pode gerar um ar frio que possui uma temperatura inferior à dos outros climatizadores, enquanto a potência elétrica absorvida por seu compressor é a mesma que a absorvida pelos compressores dos outros climatizadores.

[070] Enquanto nenhum dos conversores apresentar falhas, as etapas 122 a 140 são repetidas.

[071] Se durante uma etapa 148, o detector 112 detectar que o conversor 90 apresenta falhas, o veículo sai do modo de funcionamento normal e entra em um primeiro modo 150 de funcionamento degradado. Na entrada, nesse primeiro modo de funcionamento degradado, durante uma etapa 152, a unidade 110 comanda a abertura do contato 104 e o fechamento dos contatos 105 e 106. Assim, no final da etapa 152, as redes 34 e 32 estão ao mesmo tempo eletricamente conectadas com a saída 96 do conversor 92 e eletricamente isoladas do conversor 90.

[072] Eventualmente, paralelamente à etapa 152, os contatos dos conjuntos 116 e 118 são comandados de modo a ligar eletricamente somente a metade dos compressores 52 com a rede 34 e somente a metade das cargas auxiliares com rede 32. De preferência, os compressores e as cargas auxiliares ligados com as redes 32 ou 34 são os considerados indispensáveis ao funcionamento do veículo 2.

[073] A seguir, durante uma etapa 154, o conversor 92 transmite para sua saída 96 uma tensão trifásica de uma amplitude e uma frequência fixas quaisquer que sejam as demandas de potência elétrica enviadas pelos climatizadores.

[074] Assim, o primeiro modo de funcionamento degradado permite continuar a alimentar uma parte dos compressores 52 mesmo se o conversor 90 estiver com falhas.

[075] Se, durante uma etapa 160, o detector 114 detectar uma falha do conversor 92, o modo de funcionamento normal é interrompido e o processo continua através de um segundo modo 162 de funcionamento degradado.

[076] No início do modo 162, a unidade 110 comanda, durante uma etapa 164, a abertura do contato 106 e o fechamento dos contatos 104 e 105. Assim, no final da etapa 164, as redes 32 e 34 estão eletricamente ligadas com a saída 94 e eletricamente isoladas da saída 96.

[077] Simultaneamente, os conjuntos 116 e 118 de contatos são comandados para ligar unicamente a metade dos compressores com a rede 34 e unicamente a metade das cargas auxiliares com a rede 32.

[078] A seguir, durante uma etapa 166, a unidade 110 age sobre o conversor 90 para que ele transmita uma tensão trifásica com amplitude e frequência fixas para a saída 94, quaisquer que sejam as demandas de potência elétrica dos climatizadores. Essa tensão trifásica é idêntica à tensão trifásica que teria transmitido o conversor 92.

[079] A seguir, durante uma etapa 168, o conversor 90 transmite a tensão trifásica que corresponde à regulação da etapa 166 ao mesmo tempo nas redes 32 e 34. Assim, esse segundo modo de funcionamento degradado permite continuar a alimentar uma parte das cargas auxiliares enquanto o conversor 92 apresentar falhas.

[080] Aqui, por conversor com falhas, entende-se um conversor que não está mais apto a transmitir a potência elétrica exigida em sua saída trifásica.

[081] Muitos outros modos de realização são possíveis. Por exemplo, a frequência f_2 na rede 34 não é, como variante, transmitida à unidade de comando de cada climatizador por meio da rede 46. Essa informação sobre a frequência elétrica transmitida na rede 34 é então deduzida localmente pela

unidade de comando. Para esse fim, a potência elétrica recebida pelo compressor 52, a temperatura do fluido comprimido na saída do compressor 52 ou a temperatura do ar na saída do evaporador podem ser medidas.

[082] Como variante, o veículo 2 está adaptado para ser ligado a uma catenária que distribui uma tensão contínua. Nessa variante, tipicamente, o transformador 16 é eliminado.

[083] Para um veículo ferroviário que possui um grande número de carros, pode ser necessário utilizar diversas unidades de alimentação tais como a unidade 30. Nessas condições, a unidade 30 e as redes de alimentação 32 e 34 são duplicadas o número de vezes necessárias para alimentar o climatizador e as cargas auxiliares de cada um dos carros.

[084] É também possível fazer variar a potência elétrica absorvida pelos compressores fazendo variar apenas a amplitude, ou apenas a frequência, da tensão trifásica aplicada pelo conversor 90.

[085] Finalmente, o módulo 88 de cálculo pode, como variante, ser integrado ao módulo 100 de regulação. Nessa variante, as demandas de potência elétrica enviadas, ao módulo de regulação 100 por meio da rede 46, contêm a temperatura medida T_m e a referência T_c atribuídas a cada climatizador.

[086] Como variante, as informações transmitidas na rede a respeito das necessidades de potência dos climatizadores podem ter como origem elementos diferentes dos climatizadores, em particular sensores de temperatura ou de umidade dispostos nos carros independentemente dos climatizadores. O primeiro conversor tem então condições de deduzir a demanda de potência de cada climatizador a partir dessas informações.

[087] Os diferentes modos de realização do veículo 2 descrito aqui apresentam as seguintes vantagens:

- o conjunto 102 de contatos permite, em caso de falha do conversor 90 alimentar os compressores a partir do conversor 92 e permite

também em caso de falha do conversor 92 alimentar as cargas auxiliares a partir do conversor 90;

- os conjuntos 116 e 118 de contatos permitem evitar que cada conversor 90, 92 seja dimensionado para alimentar ao mesmo tempo os compressores 52 e todas as cargas auxiliares;

- os detectores de falha e a unidade de manobra permitem comandar automaticamente a passagem do modo de funcionamento normal para um modo de funcionamento degradado;

- regular a tensão e a frequência na saída do conversor 90 de modo que permitam que climatizador que precisa de mais potência absorva essa potência para regular a temperatura em torno da referência de temperatura T_c ;

- o mecanismo de ajuste incorporado a cada um dos climatizadores permite por sua vez ajustar individualmente a temperatura em cada carro enquanto a potência elétrica recebida por cada compressor é idêntica, em particular em modo degradado.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO PARA VEÍCULO FERROVIÁRIO, que compreende:

- um primeiro e um segundo conversores elétricos (90, 92) próprios para transformar cada um uma tensão elétrica monofásica ou contínua recebida por meio de uma catenária (4) em tensão elétrica trifásica transmitida em, respectivamente, uma primeira e uma segunda redes (32, 34) de alimentação trifásica embarcadas próprias cada uma a distribuir energia elétrica em vários carros do veículo ferroviário, sendo que a primeira e segunda redes são eletricamente isoladas uma da outra;

- uma pluralidade de climatizadores (42 a 44) instalados em diversos carros respectivos, sendo que cada climatizador comporta pelo menos um compressor (52) a fim de produzir ar frio no interior do carro, compressor esse que está ligado eletricamente à primeira rede para ser alimentado em tensão trifásica pelo primeiro conversor;

- cargas elétricas auxiliares (38, 40), diferentes da dos compressores, ligadas eletricamente à segunda rede de alimentação para ser alimentadas em tensão trifásica pelo segundo conversor;

caracterizado pelo fato do primeiro conversor (90) estar apto a receber informações de uma rede (46) de transmissão de informações entre uma unidade de alimentação (30) e os climatizadores (42 a 44) e a deduzir dessas informações a demanda de potência elétrica de cada climatizador, e essa demanda indica a potência elétrica exigida pelo compressor desse climatizador para resfriar e/ou desumidificar o ar no interior do carro na qual ele está instalado; e pelo fato de que o primeiro conversor comporta um módulo (100) de regulação da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica transmitida para a primeira rede de alimentação, em função das demandas enviadas por cada climatizador.

2. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que o sistema comporta um conjunto (102) de contatos comandáveis próprio para ligar os compressores (52) dos climatizadores unicamente ao primeiro conversor para que esses compressores sejam alimentados a partir desse primeiro conversor e para ligar as cargas auxiliares, diferentes da dos compressores, unicamente ao segundo conversor para que essas cargas auxiliares sejam alimentadas a partir desse segundo conversor e, alternadamente, para ligar os compressores apenas ao segundo conversor para que esses mesmos compressores sejam alimentados a partir desse segundo conversor.

3. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o sistema comporta um detector (12) de falha do primeiro conversor (90) e uma unidade (110) de manobra do conjunto (102) de contatos apta a desencadear automaticamente uma passagem da ligação dos compressores ao primeiro conversor para uma ligação desses mesmos compressores ao segundo conversor em resposta à detecção de uma falha do primeiro conversor.

4. SISTEMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o sistema comporta um conjunto (102) de contatos comandáveis próprio para ligar as cargas elétricas auxiliares, diferentes da dos compressores, unicamente ao segundo conversor para que essas cargas sejam alimentadas a partir desse segundo conversor e, alternadamente, para ligar as mesmas cargas elétricas auxiliares unicamente ao primeiro conversor para que essas cargas sejam alimentadas a partir do primeiro conversor.

5. SISTEMA, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o sistema compreende ainda um detector (114) de falha do segundo conversor e uma unidade (110) de manobra do conjunto de contatos aptos a desencadear automaticamente a passagem da ligação das cargas

elétricas auxiliares ao segundo conversor para a ligação das cargas elétricas auxiliares ao primeiro conversor em resposta à detecção de uma falha do segundo conversor.

6. SISTEMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um sensor (84) de uma temperatura ambiente no interior de cada carro em que está instalado um climatizador e um módulo (88) de cálculo de um parâmetro de regulagem da tensão trifásica em função da temperatura medida no interior do carro em que está instalado esse climatizador e de uma referência de temperatura a ser atingida, em que o módulo (100) de regulagem está apto a regular a amplitude e/ou a frequência da tensão trifásica na primeira rede em função desse parâmetro de regulagem para que, assim que for possível, o compressor que tiver necessidade de absorver a potência elétrica mais elevada tenha condições de absorvê-la.

7. SISTEMA, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que cada climatizador compreende ainda um mecanismo (72) de ajuste da temperatura do ar frio para uma mesma tensão trifásica aplicada a seu compressor e uma unidade (82) de comando desse mecanismo em função da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica transmitida a seu compressor, de uma temperatura medida no interior do carro em que está instalado esse climatizador e de uma referência de temperatura a ser atingida.

8. CONVERSOR ELÉTRICO (90) apto a ser utilizado em um sistema de alimentação conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, conversor esse que é próprio para transformar a tensão elétrica monofásica ou contínua recebida por meio de uma catenária (4) em tensão elétrica trifásica transmitida à primeira rede (34) de alimentação trifásica embarcada no veículo ferroviário, caracterizado pelo fato de comportar um módulo (100) de regulagem apto a regular da amplitude e/ou da frequência da

tensão trifásica transmitida à primeira rede de alimentação em função das demandas de potência elétrica enviadas por cada climatizador.

9. UNIDADE (82) DE COMANDO de um climatizador de um sistema de alimentação conforme definido na reivindicação 7, caracterizada pelo fato da unidade (82) de comando estar apta a comandar o mecanismo de ajuste em função da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica transmitida a seu compressor, da temperatura medida no interior do carro em que está instalado esse climatizador e da referência de temperatura.

10. CLIMATIZADOR (42) comportando uma unidade (82) de comando tal como definida na reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a unidade (82) de comando estar apta a comandar o mecanismo de ajuste em função da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica transmitida a pelo menos um compressor do ar condicionado, da temperatura medida no interior do carro em que está instalado esse climatizador e da referência de temperatura.

11. PROCESSO DE ALIMENTAÇÃO DE UM VEÍCULO FERROVIÁRIO, por meio de um sistema de alimentação tal como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de compreender uma etapa (132) de regulagem da amplitude e/ou da frequência da tensão trifásica transmitida à primeira rede de alimentação em função das demandas de potência elétrica enviadas por cada climatizador.

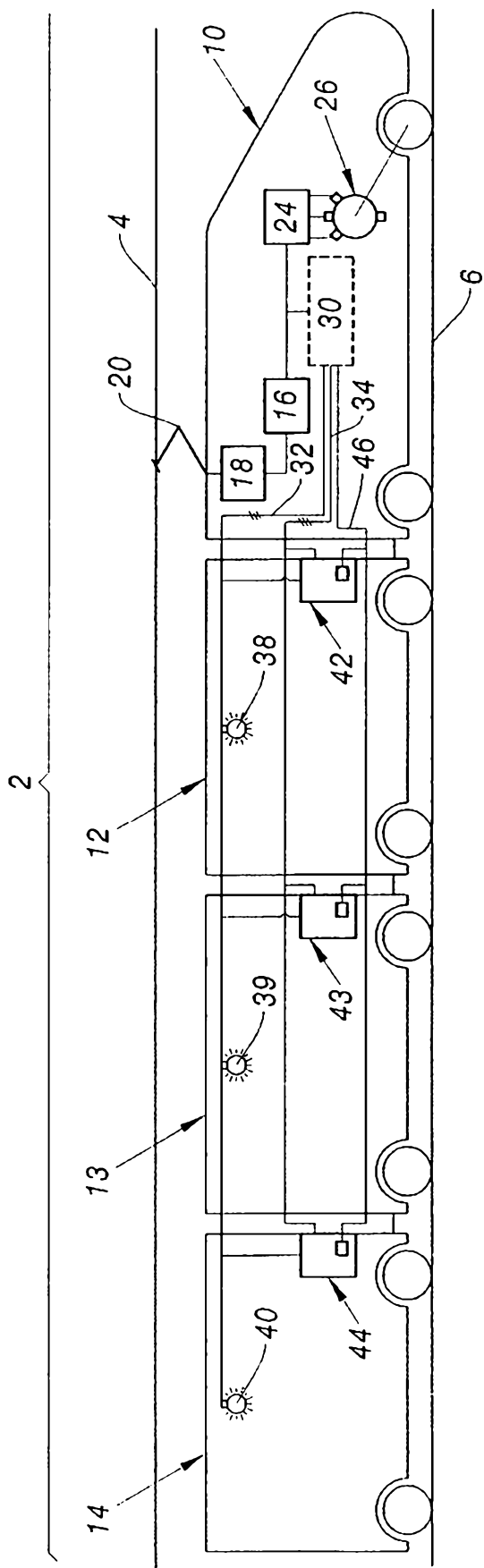


Fig. 1

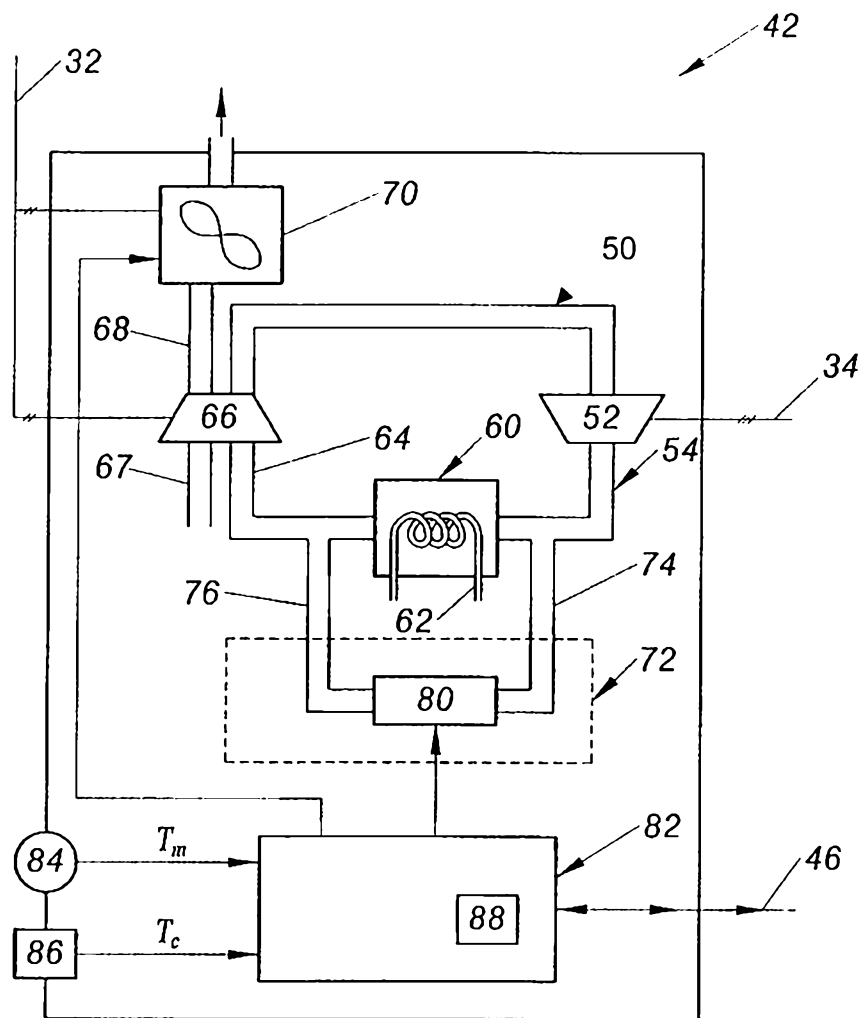


Fig. 2

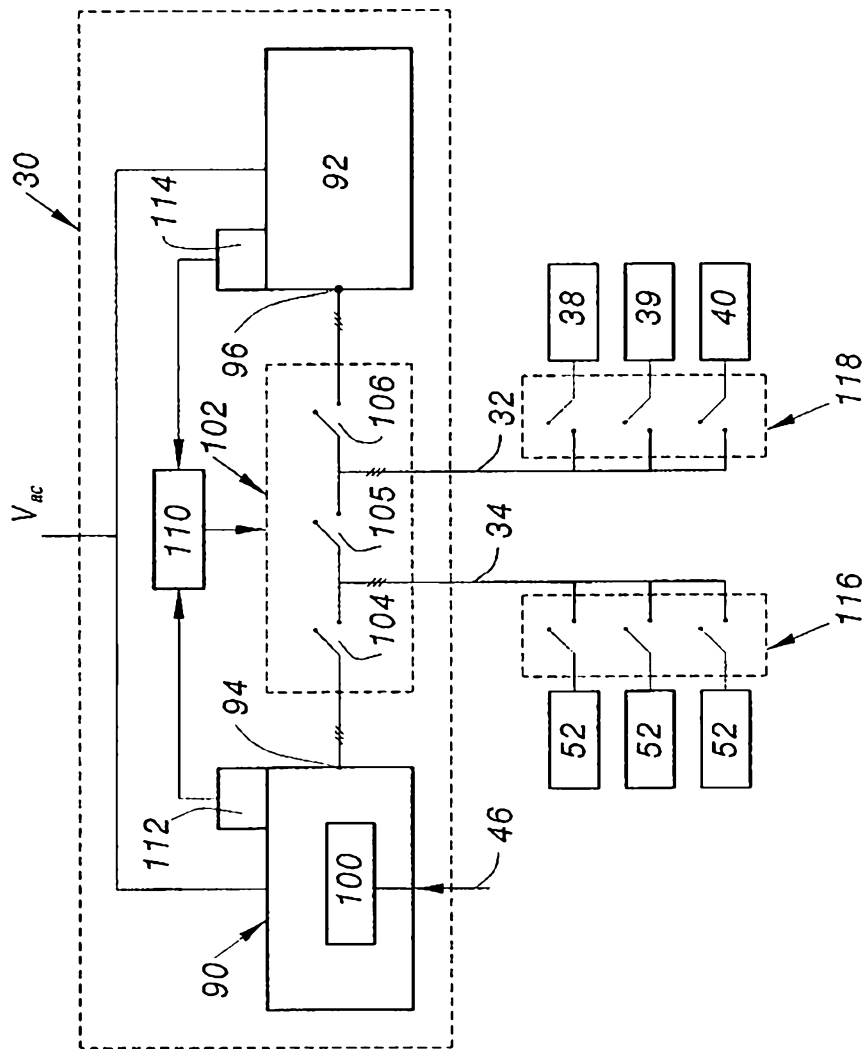


Fig. 3

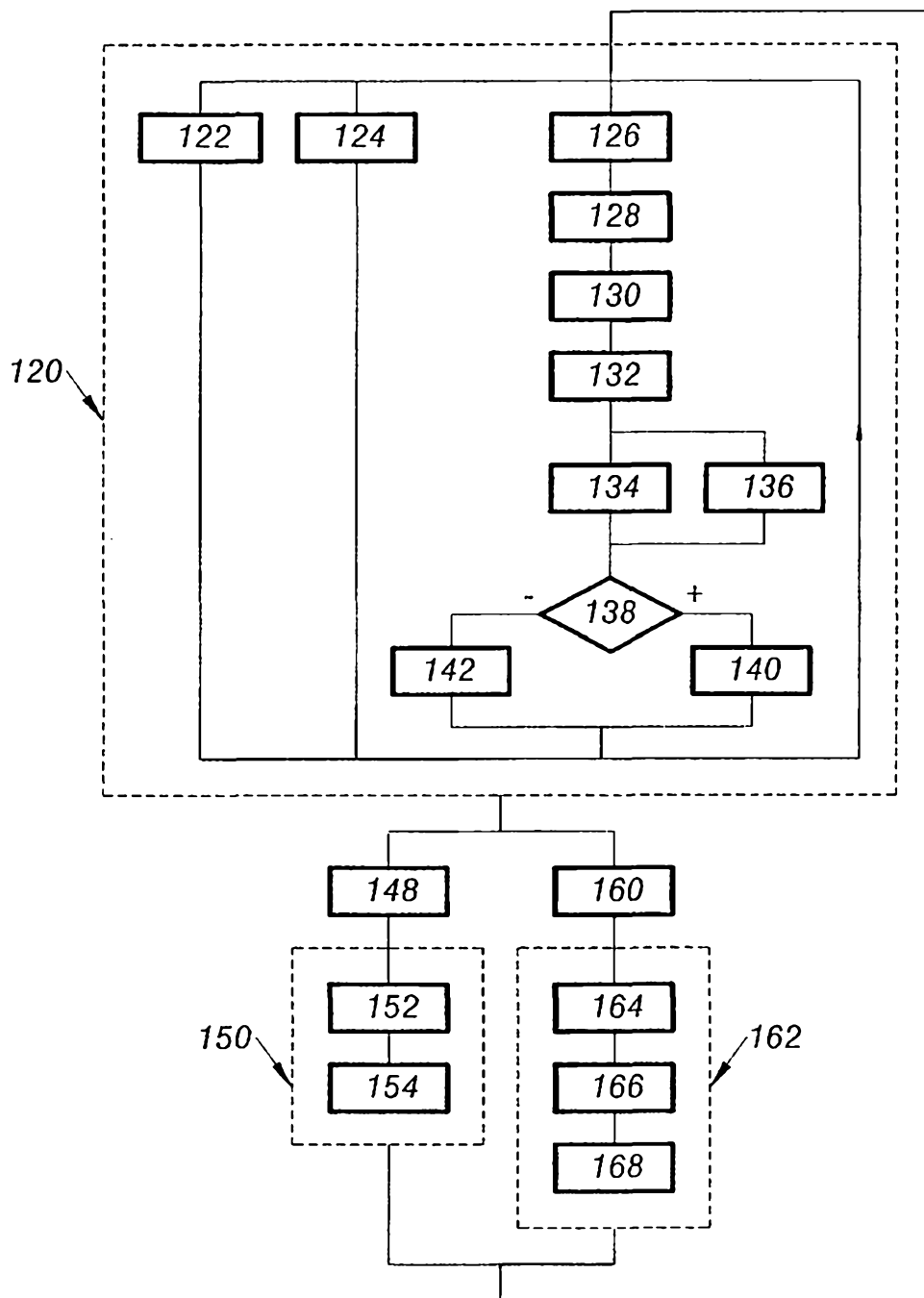


Fig. 4