

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

(21) PI 0910049-0 A2



(22) Data do Depósito: 24/03/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 01/10/2009

(54) Título: CONVERSOR DE FREQUÊNCIA DE UPS E CONDICIONADOR DE LINHA

(51) Int. Cl.: H02M 1/42.

(30) Prioridade Unionista: 24/03/2008 US 12/054,109.

(71) Depositante(es): AMERICAN POWER CONVERSION CORPORATION.

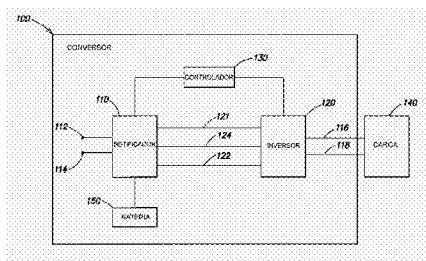
(72) Inventor(es): PYBOYINA PRASAD; RAJESH GHOSH; DAMIR KLIKIC.

(86) Pedido PCT: PCT US2009038009 de 24/03/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/120649 de 01/10/2009

(85) Data da Fase Nacional: 24/09/2010

(57) Resumo: CONVERSOR DE FREQUÊNCIA DE UPS E CONDICIONADOR DE LINHA Os sistemas e métodos revelados neste documento monitoram e controlam a entrada para um conversor em um ou mais dentre uma UPS, um conversor de frequência, ou um condicionador de linha. A distorção que se deve, pelo menos em parte, à tensão elétrica de ondulação, pode ser remo-vida de um sinal de controle que controla a corrente de entrada para o con-versor. Os sistemas e métodos descritos neste documento proporcionam um meio simples e eficaz para reduzir ou eliminar uma ou mais dentre a oscilação subarmônica e a distorção harmônica total a partir de uma corrente de entrada do conversor durante os modos de operação, síncrono e assíncrono. O conversor pode incluir um ou mais dentre um retificador e um inversor.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"CONVERSOR DE FREQUÊNCIA DE UPS E CONDICIONADOR DE LINHA"**.

Antecedentes da Invenção

1. Campo da Invenção

5 Pelo menos uma concretização da presente invenção se relaciona em geral com o controle de um conversor, e mais especificamente, com o controle de um conversor associado com pelo menos um dentre uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida, um conversor de frequência e um condicionador de linha.

10 2. Antecedentes da Invenção

 Conversores que formam pelo menos parte de fontes de alimentação que não podem ser interrompidas (UPS), de conversores de frequência, ou de condicionadores de linha são utilizados para proporcionar energia confiável para vários diferentes tipos de equipamentos eletrônicos. Frequentemente, este equipamento eletrônico requer entrada particular de tensão elétrica e/ou corrente a partir de um conversor. A distorção não desejada na corrente de entrada do conversor pode passar através da saída do conversor e ser aplicada no equipamento elétrico, o que resulta em operação ineficiente, em uma perda de produtividade, e pode exigir reparo oneroso ou substituição de componentes elétricos.

 A figura 1 proporciona um diagrama de blocos de um típico conversor 100 que faz parte de uma UPS que proporciona energia regulada bem como energia de apoio para uma carga 140. UPSs similares a esta apresentada na figura 1 são disponíveis a partir da American Power Conversion (APC) Corporation de West Kingston, RI. O conversor 100 pode incluir o retificador 110, o inversor 120, o controlador 130 e a bateria 150. O conversor 100 possui entradas 112 e 114 para acoplar respectivamente com a alinha e com o neutro de uma fonte de alimentação CA e possui saídas 116 e 118 para proporcionar uma linha de saída e o neutro para a carga 140.

30 No modo linha de operação, sob controle do controlador 130, o retificador 110 recebe a entrada de tensão elétrica CA e proporciona tensões elétricas CC de saída negativa nas linhas de saída 121 e 122 com respeito à

linha comum 124. No modo de operação de bateria, quando da perda da alimentação CA de entrada, o retificador 110 gera tensões elétricas CC a partir da bateria 150. A linha comum 124 pode ser acoplada com o neutro de entrada 114 e com o neutro de saída 118 para proporcionar um neutro contínuo através do conversor 100. O inversor 120 recebe as tensões elétricas CC a partir do retificador 110 e proporciona uma tensão CA de saída nas linhas 116 e 118.

Sumário da Invenção

Os sistemas e métodos descritos neste documento monitoram e controlam a entrada para um conversor em um ou mais dentre uma UPS, um conversor de frequência, ou um condicionador de linha. Para aumentar a eficiência, a distorção devida pelo menos em parte à tensão elétrica de ondulação pode ser removida a partir de um sinal de controle. Adicionalmente, a corrente de entrada para o conversor pode ser controlada. Isto melhora a operação do conversor e reduz ou elimina pelo menos um dentre a distorção harmônica e sinais de oscilação subarmônica a partir da entrada do conversor. Pelo menos um aspecto da invenção é direcionado para um método para controlar um conversor. O método recebe um sinal de tensão elétrica que inclui distorção tal como uma tensão elétrica de ondulação e determina um sinal de controle baseado em parte no sinal de tensão elétrica por comparar o sinal de tensão elétrica com um sinal de referência. O sinal de controle pode incluir uma distorção associada com a tensão elétrica de ondulação. O método produz um sinal médio de controle possuindo menos distorção do que o sinal de controle por filtrar pelo menos uma parte da tensão elétrica de ondulação a partir do sinal de controle. O método gera um valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte no sinal médio de controle e compele uma corrente de entrada do conversor em direção ao valor de corrente de referência.

Pelo menos outro aspecto da invenção é direcionado para um sistema para controlar um conversor. O sistema inclui um módulo de controle associado com o conversor e incluindo um filtro. O filtro é adaptado para receber um sinal de controle possuindo distorção associada com uma tensão

elétrica de ondulação, e o filtro é adaptado para produzir um sinal médio de controle substancialmente livre da tensão elétrica de ondulação. O módulo de controle é adaptado para gerar um valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte no sinal médio de controle, e o módulo de controle
5 é adicionalmente adaptado para compelir uma corrente de entrada do conversor para o valor de corrente de referência.

Pelo menos um outro aspecto da invenção é direcionado para um sistema para controlar uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida. O sistema inclui o dispositivo para filtrar um sinal de controle que
10 possui distorção associada com uma tensão elétrica de ondulação para produzir um sinal médio de controle substancialmente livre de distorção. Um módulo de controle está associado com a fonte de alimentação que não pode ser interrompida, e o módulo de controle é adaptado para gerar um valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte no sinal médio de
15 controle. O módulo de controle é adicionalmente adaptado para compelir uma corrente de entrada da fonte de alimentação que não pode ser interrompida para o valor de referência.

Pelo menos outro aspecto da invenção é direcionado para um meio legível por computador tendo armazenado no mesmo sequências de
20 instruções incluindo instruções que irão causar que um processador controle um conversor para receber um sinal de tensão elétrica incluindo uma tensão elétrica de ondulação. As instruções causam que o processador controle o conversor para determinar um sinal de controle baseado em parte no sinal de tensão elétrica, por comparar o sinal de tensão elétrica com um sinal de
25 referência, o sinal de controle incluindo distorção associada com a tensão elétrica de ondulação. As instruções causam que o processador controle o conversor para produzir um sinal médio de controle por filtrar pelo menos uma parte da tensão de ondulação a partir do sinal de controle, e para gerar um valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte no sinal
30 médio de controle. As instruções causam que o processador controle o conversor para compelir a corrente de entrada do conversor para um valor de corrente de referência, e para aplicar a corrente de entrada para um retifica-

dor associado com pelo menos um dentre uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida, um conversor de frequência e um condicionador de linha.

Várias concretizações destes aspectos podem incluir a correção de fator de potência para a corrente de entrada do conversor, ou deslocar uma fase do sinal médio de controle. Pelo menos uma concretização pode incluir proporcionar uma corrente de saída a partir do conversor para uma carga. Nas várias concretizações, a corrente de saída a partir do conversor para a carga pode possuir uma frequência que é síncrona ou assíncrona com a corrente de entrada do conversor. Em uma concretização, uma tensão elétrica de ondulação pode ser filtrada a partir do sinal de tensão elétrica, e o sinal de tensão elétrica pode ser compelido para um valor de tensão elétrica de referência. Uma concretização inclui amostrar o sinal de controle em várias instâncias de tempo de um período de tempo de um sinal de tensão elétrica para produzir um sinal médio de controle. Nas várias concretizações, pelo menos um dentre um retificador e um inversor pode estar associado com um conversor, e um filtro pode ser adaptado para remover pelo menos parte de um sinal de oscilação subarmônica, um sinal total de distorção harmônica, ou ambos, a partir de uma corrente de entrada do conversor. Em uma concretização, um compensador de atraso e avanço de fase ajusta uma fase de um sinal médio de controle. Nas várias concretizações, o ajuste de um ciclo de atividade do sinal de controle de modulação de largura de pulso compele uma corrente de entrada do conversor para um valor de corrente de referência.

Estes propósitos e objetivos são alcançados pelos métodos e sistemas de acordo com a reivindicação independente 1 e com quaisquer outras reivindicações independentes. Detalhes adicionais podem ser encontrados nas reivindicações dependentes restantes. Outros aspectos e vantagens dos sistemas e métodos descritos neste documento irão se tornar aparentes a partir da descrição detalhada seguinte feita em conjunto com os desenhos acompanhantes, ilustrando os princípios da invenção somente a título de exemplo.

Breve Descrição dos Desenhos

Os desenhos acompanhantes não são pretendidos para serem desenhados em escala. Nos desenhos, cada componente idêntico ou quase idêntico que é ilustrado nas várias figuras é representado por um número igual. Para propósito de clareza, nem todos os componentes podem ser rotulados em cada desenho. Nos desenhos:

A figura 1 é um diagrama de blocos funcional ilustrando um conversor de acordo com uma concretização da invenção;

A figura 2 é um diagrama de blocos ilustrando um sistema para controle de um conversor de acordo com uma concretização da invenção;

A figura 3 é um gráfico ilustrando a oscilação subarmônica da corrente de entrada do conversor de acordo com uma concretização da invenção;

A figura 4 é um gráfico ilustrando a distorção harmônica total da corrente de entrada do conversor de acordo com uma concretização da invenção;

A figura 5 é um gráfico ilustrando características de ganho de um filtro de média móvel de acordo com uma concretização da invenção;

A figura 6 é um diagrama de blocos ilustrando o controle de um conversor de acordo com uma concretização da invenção;

A figura 7 é um gráfico ilustrando a filtração de sinal por um filtro de média móvel de acordo com uma concretização da invenção;

A figura 8 é um gráfico representando a operação de um conversor de acordo com uma concretização da invenção; e

A figura 9 é um fluxograma representando um método para controlar um conversor de acordo com uma concretização da invenção.

Descrição Detalhada

Esta invenção não está limitada em sua aplicação aos detalhes de construção e à disposição dos componentes exposta na descrição seguinte ou ilustrada nos desenhos. A invenção é capaz de outras concretizações e de ser praticada ou de ser realizada de vários modos. Além disso, a fraseologia e a terminologia utilizadas neste documento são para propósito

de descrição e não devem ser consideradas como limitativas. O uso de “incluindo”, “compreendendo”, ou “possuindo”, “contendo”, “envolvendo”, e variações dos mesmos neste documento é pretendido para abranger os itens listados depois dos mesmos e dos equivalentes dos mesmos, bem como
5 itens adicionais.

Pelo menos uma concretização da presente invenção proporciona controle aperfeiçoado de um conversor, por exemplo, no conversor da figura 1. Entretanto, as concretizações da presente invenção não estão limitadas ao conversor da figura 1, e podem ser utilizadas com outros conversores, fontes de alimentação, conversores de frequência, condicionadores de
10 linha, ou outros sistemas, de um modo geral.

Como apresentado nos desenhos para propósito de ilustração, a invenção pode ser incorporada em sistemas e métodos para controlar um conversor. Estes sistemas e métodos podem compeler uma corrente de entrada de um conversor para um valor de corrente de referência possuindo
15 distorção reduzida. As concretizações dos sistemas e métodos descritas neste documento permitem a filtragem de oscilação subarmônica, de distorção harmônica, ou de ambas.

A figura 2 é um diagrama de blocos ilustrando um sistema
20 para controle de um conversor de acordo com uma concretização da invenção. O sistema 200 geralmente inclui pelo menos um conversor 205. O conversor 205 pode incluir conjunto de circuitos para converter um sinal de corrente alternada (CA) para de corrente contínua (CC), ou para converter um sinal CC para um sinal AC. Em uma concretização, o conversor 205
25 inclui conjunto de circuitos para converter um sinal CA para um sinal DC, e para converter o sinal CC para um sinal CA. O conversor 205 pode incluir uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida, o conversor de frequência, ou o condicionador de linha. Por exemplo, em uma concretização, o conversor 205 pode incluir uma fonte de alimentação que não pode
30 ser interrompida (UPS) que mantém uma alimentação contínua ou quase contínua de energia elétrica para várias cargas. Esta UPS pode ser de uma variedade de em linha ou fora de linha. Em uma concretização, o conversor

205 pode ser sujeito a estar de acordo com os padrões harmônicos como expostos nos padrões da indústria IEEE-519 e IEC 61000-3-2.

O conversor 205 pode incluir pelo menos um retificador 210. O retificador 210 geralmente inclui um conjunto de circuitos que converte um sinal CA para um sinal CC. Em uma concretização, o retificador 210 inclui um retificador de correção de fator de potência (PFC). O retificador PFC geralmente ajusta um fator de potência do retificador 210 para diminuir a perda de potência devido às perdas reativas de potência que dissipam por todo o sistema 200, e pode aparecer, por exemplo, como distorção harmônica na corrente de entrada do retificador 210, em que não existe uma carga não linear. Um fator de potência de unidade é ideal e representa um sistema com perda mínima, e o sistema 200 em uma concretização onde o retificador 210 inclui um retificador PFC pode manter um fator de potência próximo de 1,0, tal como pelo menos 0,90, por exemplo. O retificador 210 pode, em várias concretizações, proporcionar retificação de meia onda ou de onda completa.

Em uma concretização, o retificador 210 do conversor 205 pode emitir a tensão elétrica V_{DC} e/ou a corrente I_{DC} para pelo menos uma carga 220. O inversor 215 em uma concretização pode ser incluído como parte do conversor 205. Em uma concretização, em que o inversor 215 está presente, o inversor 215 pode receber tensão elétrica CC V_{DC} a partir do retificador 210, e proporcionar um sinal de saída CA para a carga 220 que pode incluir uma carga não linear tal como uma carga computador ou outro equipamento eletrônico. Nas várias concretizações, o inversor 215 pode incluir um inversor trifásico ou um inversor monofásico. Em uma concretização, o inversor 215 pode incluir inversores, tal como estes descritos nas Patentes dos Estados Unidos 6.838.925 e 7.126.409, ambas para Nelson e designadas para o cessionário do presente pedido e ambas incorporadas neste documento por referência em sua totalidade.

A carga 220 pode incluir uma carga linear ou não linear. Por exemplo, a carga 220 pode incluir um computador, um servidor, equipamento de comunicação, equipamento de armazenamento de dados, módulos de

extensão, ou outro equipamento ou dispositivos eletrônicos requerendo energia de entrada. A carga 220 pode incluir uma carga CC ou uma carga CA, e em várias concretizações, a carga 220 pode receber como entrada pelo menos uma dentre saídas do retificador 210 e do inversor 215. O sistema 200 representa uma concretização onde o inversor 215 está presente e fornece saída para a carga 220. Em uma concretização, o sistema 200 pode não incluir o inversor 215. Por exemplo, o conversor 205 pode incluir um conversor de frequência, e a saída do retificador 210 pode ser aplicada como entrada para a carga 220.

Em uma concretização, o conversor 205 faz parte de um sistema conversor de energia com conversão dupla CA – CC – CA, tal como uma fonte de energia que não pode ser interrompida, um conversor de frequência, ou um condicionador de linha CA. Tal sistema de dupla conversão pode operar nos modos de operação síncrono ou assíncrono. Durante a operação síncrona, a corrente de saída do conversor 205 possui uma frequência que geralmente é síncrona com uma frequência da corrente de entrada do conversor 205. Durante a operação assíncrona, a saída do conversor 205 possui uma frequência que geralmente é assíncrona com uma frequência da corrente de entrada do conversor 205. Em uma concretização, a frequência de saída pode ser diferente da frequência de entrada. Sob a operação síncrona ou a operação assíncrona, a distorção na corrente de entrada do retificador 210 de um sistema de conversão dupla CA – CC – CA pode causar distorção harmônica total (THD) e um fator de potência de entrada inferior.

Em uma concretização de um sistema de dupla conversão, o conversor 205 inclui tanto o retificador 210 como o inversor 215, e o retificador 210 pode incluir um retificador frontal PFC. Geralmente, a corrente de entrada do retificador 210 pode ser distorcida tanto sob o modo de operação síncrono como sob o modo de operação assíncrona. Por exemplo, operar um sistema de dupla conversão CA – CC – CA em um modo de operação assíncrona pode introduzir oscilação subarmônica na corrente de entrada para o retificador 210 devido ao retificador 210 poder puxar correntes oscilantes a partir das linhas principais 112 e 114 da figura 1.

A figura 3 é um gráfico ilustrando a oscilação subarmônica da corrente de entrada do conversor de acordo com uma concretização. Como ilustrado na concretização da figura 3, uma tensão elétrica de ondulação $V_{DC(Ripple)}$ na tensão elétrica V_{DC} do barramento CC do retificador 210 causa oscilação subarmônica e distorce a corrente de entrada I_{IN} do retificador 210. A oscilação subarmônica como representada na figura 3 pode ocorrer, por exemplo, quando a corrente de entrada do retificador 210 transporta componentes em frequências que são menores do que a frequência de saída do retificador 210. Isto causa saturação de fluxo em um transformador de alimentação e em um indutor do retificador 210. A oscilação subarmônica também pode causar distorção da forma de onda da tensão elétrica em um ponto de acoplamento comum (PCC) no sistema 200, e causar cintilação de luz não desejada visualmente perceptível.

A figura 4 é um gráfico ilustrando a distorção harmônica total da corrente de entrada do conversor de acordo com uma concretização da invenção. Nas várias concretizações, a distorção harmônica pode ocorrer quando o conversor 205 opera sob os modos de operação síncrono e assíncrono. A distorção na corrente de entrada I_{IN} do conversor 205, isto é, a corrente de entrada do retificador 210, pode aumentar os níveis TDH I_{IN} e um fator de potência de entrada reduzido.

Retornando para a figura 2, em uma concretização, os sistemas e métodos descritos neste documento incluem controle digital de características de entrada para o conversor 205 tanto sob o modo de operação síncrono como sob o modo de operação assíncrono. Por exemplo, os sistemas e métodos de controle descritos neste documento podem eliminar oscilação subarmônica quando o conversor 205 de um sistema de dupla conversão Ca – CC – CA opera em um modo síncrono, e pode reduzir a distorção harmônica total da corrente de entrada de um sistema de dupla conversão CA – CC – CA durante tanto o modo de operação síncrono como assíncrono.

Com referência ao sistema 200 da figura 2, as características do conversor 205 podem ser controladas por pelo menos um módulo de controle 225. O módulo de controle 225 geralmente controlar a operação do con-

versor 205, e pode incluir pelo menos um processador. Por exemplo, o módulo de controle 225 pode controlar uma ou mais dentre a corrente de entrada I_{IN} e a tensão elétrica V_{DC} do retificador 210. Por exemplo, o retificador 210 pode alimentar uma ou mais dentre a I_{DC} e a V_{DC} ao longo de pelo menos uma linha do barramento, e o inversor 215 pode alimentar a carga 220 com uma ou mais dentre a tensão elétrica V_{out} e a corrente I_{OUT} . Nas várias concretizações deste exemplo, a frequência da tensão elétrica de saída do inversor 215 (isto é, V_{OUT}) pode ser a mesma ou diferente de uma frequência da tensão elétrica de entrada do retificador 210 para manter a tensão elétrica V_{DC} do barramento CC em uma tensão elétrica de referência V_{DC}^* , por exemplo, por regular a corrente de entrada do retificador 210 baseado pelo menos em parte na demanda de energia da carga 220.

Em uma concretização, o módulo de controle 225 inclui pelo menos um regulador de tensão elétrica 230. O regulador de tensão elétrica 230 mantém um nível de tensão elétrica de Aída geralmente constante e pode incluir, por exemplo, qualquer um dentre um regulador de tensão elétrica do tipo proporcional (P), do tipo proporcional – integral (PI), ou de um tipo proporcional – integral – diferencial (PID). A saída do regulador de tensão elétrica 230 pode, em uma concretização, se introduzida para pelo menos um filtro, tal como pelo menos um filtro de média móvel 235. O filtro de média móvel 235 geralmente opera por tirar a média de um número de pontos de amostragem a partir de um sinal de entrada para produzir cada ponto em um sinal de saída. O filtro de média móvel 235 pode filtrar a saída do regulador de tensão elétrica 230, e em várias concretizações, o filtro de média móvel 235 pode incluir um sistema de primeira ordem possuindo uma constante de tempo baixa para minimizar o impacto sobre a estabilidade do circuito de tensão elétrica do retificador 210. Em uma concretização, o filtro de média móvel inclui um filtro de resposta finita ao impulso (FIR).

Apesar de não apresentado na figura 2, deve ser apreciado que a saída do módulo de controle 225 pode ser recebida como entrada do conversor 205. Por exemplo, a corrente de referência I_{IN} do módulo de controle 225 pode ser aplicada para a entrada do conversor 205 no retificador 210.

Em uma concretização, o módulo de controle 225 compele a corrente de entrada I_{IN} do conversor 205 para um valor da corrente de referência I_{IN} do módulo de controle 225. Em uma concretização, o conversor 205 inclui o módulo de controle 225. Por exemplo, o módulo de controle 225 pode ser integrado ou ser parte do conversor 205.

A figura 5 é um gráfico ilustrando características de ganho do filtro de média móvel 235 de acordo com uma concretização da invenção. Como ilustrado na figura 5, o filtro de média móvel 235 pode oferecer ganho zero na frequência f_w e em seus múltiplos e ganho de unidade em um sinal CC. Por exemplo, se a entrada do filtro de média móvel 235 for um sinal CC, ela irá passar para a saída sem atenuação. Em uma concretização, se a entrada do filtro de média móvel 235 for um sinal de 60 Hz na janela de tempo $T_w = 1/f_w$ (isto é, 1/60 Hz, neste exemplo), então a saída do filtro de média móvel 235 pode ser zero. A saída do filtro de média móvel 235 também pode ser zero nos múltiplos da frequência de entrada $2f_w$, $3f_w$, etc. (isto é, 120 Hz, 180 Hz, 240 Hz, etc.). Em uma concretização, a frequência do sinal de entrada do filtro de média móvel 235 pode ser 50 Hz, em que $T_w = 1/60$ Hz. Neste exemplo, o ganho pode ser entre zero e um. Em uma concretização deste exemplo, o ganho pode ser menor ou igual a 0,25.

Com referência adicional à figura 2, o sistema 200 também pode incluir pelo menos um compensador de atraso e avanço de fase 240, o qual em uma concretização pode ajustar um atraso de fase que pode ser introduzido pelo filtro de média móvel 235. Por exemplo, o filtro de média móvel 235 pode introduzir um atraso de fase ao redor ou na frequência de cruzamento zero de um circuito de tensão elétrica. Nesta concretização, o compensador de atraso e avanço de fase 240 pode ser conectado em série com o filtro de média móvel 235 para ajustar este atraso na resposta de frequência.

Por exemplo, e com respeito à equação (1), em uma concretização, o filtro de media móvel 235 pode incluir um filtro passa-baixa de primeira ordem, em que $G_{MAF}(s)$ é uma função de transferência de domínio s equivalente (isto é, domínio de frequência) do filtro de média móvel 235 com τ_{MAF}

como sua constante de tempo e onde $1 + s\tau_{MAF}$ é o pólo eficaz do filtro de média móvel 235. Em uma concretização, o pólo eficaz do filtro de média móvel 235 pode ser suficientemente longe da frequência de cruzamento do circuito de tensão elétrica de modo que ele não perturba a estabilidade do

5 circuito de tensão elétrica que geralmente controla a distorção harmônica total na corrente de entrada I_{IN} do retificador 210. Por exemplo, o pólo eficaz do filtro de média móvel 235 pode estar em uma localização maior ou igual a 60 Hz, com a frequência de cruzamento do circuito de tensão elétrica localizada em cerca de 6 até 10 Hz.

$$(1) \quad G_{MAF}(s) = \frac{1}{1 + s\tau_{MAF}}$$

10 Em uma concretização onde o sistema 200 inclui o compensador de atraso e avanço de fase 240, um deslocamento de fase introduzido pelo filtro de média móvel 235 ao redor da frequência de cruzamento zero pode ser ajustado pela conexão do compensador de atraso e avanço de fase 240 em série com o filtro de média móvel 235, como apresentado na equação

15 (2), em que $G_{LEAD-LAG}(s)$ é a função de transferência no domínio s do compensador de atraso e avanço de fase 240, e T_Z e $0,1 T_Z$ são constantes de tempo do zero e do pólo do compensador de atraso e avanço de fase 240. Em uma concretização, a constante de tempo T_Z pode ser estabelecida em τ_{MAF} , (isto é, $T_Z = \tau_{MAF}$) para compensar o pólo no filtro de média móvel 235

20 na concretização da equação (1). Em outra concretização, a constante de tempo T_Z pode ser colocada ao redor de τ_{MAF} para reduzir o efeito do pólo do filtro de média móvel 235.

$$(2) \quad G_{LEAD-LAG}(s) = \frac{1 + sT_Z}{1 + (0,1 \times T_Z)s}$$

Em uma concretização, a tensão elétrica de entrada de carga efetiva de estado estacionário $V_{IN(RMS)}$ pode diminuir de um valor nominal,

25 por exemplo, de 120 V à medida que a potência de saída do conversor 205 aumenta ou devido à regulação da alimentação. Isto pode ocorrer nas concretizações incluindo uma carga não linear 220 tal como um computador. Em uma concretização, a correção de tensão elétrica RMS pode ser aplicada para o módulo de controle 225 para compensar esta diminuição para rea-

lizar o controle de força constante, (isto é, para manter a saída do regulador de tensão elétrica 230 P^* geralmente inalterada durante as flutuações da tensão elétrica V_{IN} da linha principal de entrada). Em outra concretização, a correção da tensão elétrica RMS pode ser utilizada para melhorar a resposta

5 dinâmica do sistema 200 em relação às perturbações de linha tal como alterações (por exemplo, ondulação ou queda) na tensão elétrica de entrada V_{IN} . Por exemplo, o módulo de controle 225 pode incluir o circuito de alimentação de tensão elétrica de entrada de carga eficaz (RMS) 245. Geralmente, uma queda na $V_{IN(RMS)}$ pode ser compensada por empregar o circuito de alimentação

10 de tensão elétrica RMS 245, o qual em uma concretização ajusta a corrente de referência I_{IN}^* de modo que a V_{DC} permanece em V_{DC}^* em carga completa. Em uma concretização, o circuito de alimentação de tensão elétrica de entrada RMS 245 pode incluir pelo menos um controlador de correção de tensão elétrica RMS, o qual, por exemplo, pode incluir um controlador

15 do tipo integral ou uma rede de filtro passa-baixa associada com operações matemáticas ou um algoritmo de controle incluindo, por exemplo, código de processamento de sinal digital (DSP) para compensar uma queda de estado estacionário na tensão elétrica V_{IN} da linha principal de entrada e manter a V_{DC} próxima ou na V_{DC}^* em qualquer condição da carga 220, incluindo a

20 condição de carga completa para uma carga não linear 220.

O circuito de alimentação de tensão elétrica de entrada RMS 245 geralmente realiza o controle de potência constante, por exemplo, em aplicações envolvendo inversores multifásicos com compartilhamento de carga entre as fases de entrada. O circuito de alimentação de tensão elétrica

25 de entrada RMS 245 também pode melhorar a resposta dinâmica do conversor 205, tal como a resposta da tensão elétrica V_{DC} do barramento CC e as correntes de entrada durante perturbações da linha, tal como alterações na tensão elétrica de entrada V_{IN} .

Em uma concretização onde o módulo de controle 225 não inclui

30 o circuito de alimentação de tensão elétrica de entrada RMS 245, a saída do regulador de tensão elétrica 230 pode incluir uma corrente de referência de amplitude para a corrente de entrada I_{IN} . A figura 6, a qual é um diagrama

de blocos ilustrando o controle do conversor 205, inclui um exemplo desta concretização. Como ilustrado na figura 6, a saída do regulador de tensão elétrica 230 pode ser conectada com o filtro de média móvel 235 (não apresentado na figura 6) para filtrar uma ondulação a partir da corrente de saída I_m^* do regulador de tensão elétrica.

Com referência adicional à figura 2, a $V_{IN(RMS)}$ é o valor de carga eficaz da tensão elétrica de entrada V_{IN} , P^* é o valor de referência de potência de entrada, I_{IN}^* é o valor de corrente de entrada de referência utilizado para controlar o retificador 210. Em uma concretização, a corrente de entrada I_{IN} pode estar em fase com V_{IN} , e as correntes I_{DC_REC} (corrente de saída do retificador 210) e I_{DC_INV} (corrente de entrada do inversor 215) do barramento CC podem incluir pelo menos um dentre um termo CC, um termo de frequência de comutação, e um termo CA de baixa frequência. O termo CA em uma ou mais dentre I_{DC_REC} e I_{DC_INV} pode causar componentes de ondulação correspondente na tensão elétrica V_{DC} do barramento CC. Em uma concretização, quando comparada com a tensão elétrica de ondulação e baixa frequência, a tensão elétrica de ondulação de frequência de comutação na V_{DC} pode ser ignorada devido a sua baixa amplitude. Portanto, a tensão elétrica V_{DC} do barramento de estado estacionário pode incluir uma tensão elétrica de ondulação de baixa frequência $V_{DC(Ripple)}$ em adição à tensão elétrica de referência V_{DC}^* como apresentado na equação (3)

$$(3) \quad V_{DC} = V_{DC}^* + V_{DC(Ripple)}$$

Em uma concretização que inclui o inversor 215, $V_{DC(Ripple)}$ pode ser dividida nos componentes apresentados na equação (4), em que $V_{DC_REC(Ripple)}$ e $V_{DC_INV(Ripple)}$ incluem as tensões elétricas de ondulação contribuídas pelo retificador 210 e pelo inversor 215, respectivamente.

$$(4) \quad V_{DC(Ripple)} = V_{DC_REC(Ripple)} + V_{DC_INV(Ripple)}$$

Em uma concretização onde o conversor 205 inclui um único barramento CC, a tensão elétrica de ondulação $V_{DC_REC(Ripple)}$ pode conter componentes em $2 \times f_{IN}$ e seus múltiplos, em que f_{IN} é a frequência de linha do conversor 205. Em uma concretização alternativa onde o conversor 205 inclui um barramento CC dividido, a tensão elétrica de ondulação

$V_{DC_REC(Ripple)}$ pode conter componentes em f_{IN} e em seus múltiplos. De forma análoga, em uma concretização onde o inversor 215 está presente, a tensão elétrica de ondulação $V_{DC_REC(Ripple)}$ pode conter componentes na frequência de saída do inversor 215 f_{OUT} e em seus múltiplos, em que o inversor 215 inclui um inversor com múltiplos níveis, e em $2 \times f_{OUT}$ onde o inversor 215 inclui um inversor de dois níveis, por exemplo.

Em uma concretização no estado estacionário, o regulador de tensão elétrica 230 processa as tensões elétricas de ondulação $V_{DC_REC(Ripple)}$ e $V_{DC_INV(Ripple)}$ e introduz os termos de ondulação correspondentes no sinal de potência de saída correspondentes P^* . Nesta concretização, a não ser que estes termos de ondulação sejam filtrados a partir de P^* , por exemplo, pelo filtro de média móvel 235, eles podem ser passados para o valor de corrente de referência I_{IN}^* . Em uma concretização, a ondulação no valor de corrente de referência I_{IN}^* que é introduzida pela $V_{DC_REC(Ripple)}$, a não ser que seja filtrada, pode causar distorção harmônica na corrente de entrada I_{IN} do retificador 210 à medida que o módulo de controle 225 compele I_{IN} em direção ao valor de I_{IN}^* . Adicionalmente, em uma concretização, a ondulação que é introduzida por $V_{DC_REC(Ripple)}$ pode causar oscilação subarmônica e distorção harmônica em I_{IN} quando, por exemplo, o conversor 205 está operando em um modo de operação assíncrono, (por exemplo, em que a corrente de saída I_{OUT} possui uma frequência f_{OUT} que é assíncrona com a frequência f_{IN} da corrente de entrada I_{IN}). Em uma concretização alternativa, a ondulação que é introduzida por $V_{DC_INV(Ripple)}$ pode causar distorção harmônica em I_{IN} quando, por exemplo, o conversor 205 está operando em um modo de operação síncrono, (por exemplo, em que a corrente de saída I_{OUT} possui uma frequência f_{OUT} que é síncrona com a frequência f_{IN} da corrente de entrada I_{IN}).

Em uma concretização, o conversor 205 pode incluir um sistema de conversão única CA – CC. Isto pode ocorrer, por exemplo, quando o inversor 215 está ausente e a carga 220 inclui uma carga CC conectada através de uma linha do barramento CC com o retificador 210. Em uma concretização deste exemplo, V_{DC} pode incluir somente a tensão elétrica de ondu-

lação $V_{DC_REC(Ripple)}$, a qual pode aumentar a distorção harmônica total na corrente de entrada I_{IN} do retificador 210. Neste exemplo, a tensão elétrica de ondulação $V_{DC_REC(Ripple)}$ pode ser sincronizada com V_{IN} , e como resultado neta concretização, a corrente de entrada I_{IN} do retificador pode não incluir oscilação subarmônica. Continuando com este exemplo, a corrente de entrada I_{IN} pode incluir os componentes de corrente em f_{IN} e em seus múltiplos. Geralmente, a corrente de entrada I_{IN} pode possuir uma frequência fundamental, (por exemplo, frequência da linha) bem como o componente de corrente e os componentes de corrente harmônica em várias frequências que podem incluir múltiplos da frequência da linha. A distorção harmônica total da corrente de entrada I_{IN} neste exemplo pode ser controlada por um circuito de tensão elétrica com pouca largura de banda (por exemplo, 6 até 10 Hz) de acordo com os padrões harmônicos IEEE-519 e IEC 61000-3-2.

Em uma concretização, o conversor 205 pode incluir um sistema de dupla conversão CA – CC – CA possuindo o retificador 210 e o inversor 215. Nesta concretização, quando o inversor 215 está operando no modo sincronizado (isto é, quando a corrente de saída I_{OUT} inclui uma frequência que é síncrona com a frequência da corrente de entrada I_{IN}) as tensões elétricas de ondulação $V_{DC_REC(Ripple)}$ e $V_{DC_INV(Ripple)}$ podem ser sincronizadas com a frequência da corrente de entrada I_{IN} . Neste exemplo, a oscilação subarmônica geralmente não é perceptível na corrente de entrada I_{IN} , e as tensões elétricas de ondulação geralmente somente causam distorção harmônica. Em uma concretização deste exemplo, em que o inversor 215 fornece uma carga resistiva 220, as tensões elétricas de ondulação $V_{DC_REC(Ripple)}$ e $V_{DC_INV(Ripple)}$ podem pelo menos em parte cancelarem uma à outra, assim reduzindo os níveis de distorção harmônica. Entretanto, em uma concretização onde o inversor 215 fornece uma carga não linear 220 ou uma carga reativa 220, as tensões elétricas de ondulação $V_{DC_REC(Ripple)}$ e $V_{DC_INV(Ripple)}$ tipicamente não cancelam uma à outra, e como resultado, a distorção harmônica associada com estas tensões elétricas de ondulação, a não ser que filtrada, pode aparecer na corrente de entrada I_{IN} .

Em outra concretização, quando o inversor 215 opera em um

modo assíncrono de operação, de modo que a frequência (f_{OUT}) da I_{OUT} é diferente da frequência (f_{IN}) da I_{IN} , a tensão elétrica de ondulação $V_{DC_INV(Ripple)}$ pode não ser sincronizada com a $V_{DC_REC(Ripple)}$ ou com a V_{IN} . Neste exemplo, a oscilação subarmônica em uma frequência que é o valor absoluto da diferença entre f_{IN} e f_{OUT} (isto é, $|f_{IN} - f_{OUT}|$) pode ocorrer em referência à corrente de entrada I_{IN}^* . Em uma concretização deste exemplo, o filtro de média móvel 235 filtra esta oscilação subarmônica que pode estar presente na saída do regulador de tensão elétrica 230 P* de modo que o módulo de controle 225 compele a corrente de entrada I_{IN} para um valor de corrente de referência I_{IN}^* que inclui um nível reduzido de oscilação subarmônica.

Nas várias concretizações, o módulo de controle 225 pode filtrar as tensões elétricas de ondulação a partir do sinal de potência de referência P*. Por exemplo, o módulo de controle 225 pode implementar a filtragem digital utilizando o filtro de média móvel 235. A figura 7 é um gráfico ilustrando a filtragem de sinal da saída do regulador de tensão elétrica 230 pelo filtro de média móvel 235 de acordo com uma concretização. O filtro de média móvel 235 tipicamente inclui uma janela móvel T_W , a qual, em uma concretização, pode ser a duração de tempo através da qual o cálculo da média dos pontos de amostragem é executado. Por exemplo, e como ilustrado na figura 7, a janela móvel T_W pode ser o inverso da frequência de saída f_{OUT} da tensão elétrica de saída do regulador de tensão elétrica 230 (isto é, $1/f_{OUT}$).

Em uma concretização, a janela móvel T_W do filtro de média móvel 235 pode corresponder à periodicidade da ondulação no sinal de potência de referência P*. Por exemplo, quando o conversor 205 inclui as linhas de barramento CC divididas e quando o inversor 215 inclui um inversor com múltiplos níveis, a tensão elétrica de ondulação na V_{DC} e por consequência, em P*, pode possuir uma periodicidade de $1/(|f_{IN} - f_{OUT}|)$ durante a operação assíncrona e $1/f_{IN}$ durante a operação síncrona. Por exemplo, em uma concretização onde $f_{IN} = 50$ Hz e $f_{OUT} = 60$ Hz (isto é, operação assíncrona), a janela móvel T_W é igual a 10 ms. Esta concretização é ilustrada na figura 8, a qual é um gráfico representando a operação de um conversor de acordo

com uma concretização da invenção. A figura 8 representa um exemplo da tensão elétrica do barramento CC de um sistema de dupla conversão CA – CC – CA durante a operação assíncrona incluindo uma carga resistiva 220, uma frequência de entrada f_{IN} de 50 Hz e uma frequência de saída f_{OUT} de 60 Hz de acordo com uma concretização da invenção. Esta concretização ilustrativa, enquanto funcional, pode introduzir atraso no circuito de tensão elétrica e pode requerer capacidade significativa de armazenamento em memória para armazenar todas as amostras do sinal de potência de referência P^* em uma janela de 100 ms.

Em outra concretização, a janela móvel T_w pode ser estabelecida para o inverso da frequência de saída como apresentado na equação (5) quando o inversor inclui o inversor com múltiplos níveis e o inverso de duas vezes a frequência de saída como apresentado na equação (6) quando o inversor 215 inclui um inversor de dois níveis.

$$(5) \quad T_w = \frac{1}{f_{OUT}}$$

$$(6) \quad T_w = \frac{1}{(2 \times f_{OUT})}$$

Em uma concretização, a tensão elétrica de ondulação do inversor $V_{DC_INV(Ripple)}$ pode causar oscilação subarmônica no valor da corrente de referência I_{IN}^* durante a operação assíncrona. Nesta concretização, por exemplo, pode ser suficiente para o filtro de média móvel 235 filtrar a ondulação no sinal de potência de referência P^* causada pela $V_{DC_INV(Ripple)}$. Entretanto, em uma concretização relacionada, o filtro de média móvel 235 também pode atenuar a ondulação no sinal de potência de referência P^* causada pela $V_{DC_REC(Ripple)}$, o que reduz a distorção na corrente de entrada de referência I_{IN}^* , e assim, também na corrente de entrada I_{IN} .

Nas várias concretizações, quando o conversor 205 está em um modo síncrono de operação, o inversor 215 pode abastecer pelo menos uma carga 220 que pode incluir pelo menos uma carga não linear ou uma carga reativa. Em tal concretização, a tensão elétrica de ondulação do inversor

$V_{DC_INV(Ripple)}$ e a tensão elétrica de ondulação do retificador $V_{DC_REC(Ripple)}$ geralmente não cancelam uma à outra, e o filtro de média móvel 235 pode atenuar a ondulação no sinal de potência de referência P^* devido, pelo menos em parte, a uma ou mais dentre a $V_{DC_INV(Ripple)}$ e a $V_{DC_REC(Ripple)}$ para obter distorção harmônica total (THD) baixa na corrente de entrada I_{IN} . Apesar dos níveis de THD poderem variar muito, em uma concretização, os níveis THD podem ser, por exemplo, menores do que 5%. Em uma concretização, os níveis THD na corrente de entrada I_{IN} podem ser, por exemplo, menores ou iguais a 3,5%. Concretizações onde o nível THD na corrente de entrada I_{IN} é maior do que 5% são possíveis.

O filtro de média móvel 235 pode, por exemplo, incluir um filtro de média móvel digital de ponto de amostragem 235 $20 \times m$, em que o número $20 \times m$ de localizações de memória armazena amostras de sinal de potência de referência P^* através da janela móvel T_W . Neste exemplo, $20 \times m$ é o número de amostras disponíveis de P^* na janela móvel T_W . Continuando com esta concretização ilustrativa, um filtro de média móvel de ponto de amostragem $20 \times m$ pode ser utilizado para obter a média do sinal de potência de referência P_{AVG}^* através da janela móvel T_W como apresentado na equação (7), em que T_W pode ser atualizado na frequência de amostragem.

$$(7) \quad P_{AVG}^* = \frac{\sum_{n=1}^{20 \times m} P_n}{20 \times m}$$

Entretanto, a concretização ilustrada acima pode requerer capacidade significativa de armazenamento em memória para armazenar todos os pontos de dados amostrados do sinal de potência de referência P^* , isto é, $20 \times m$ números.

A figura 7, como descrito acima, ilustra uma concretização operável com requerimentos reduzidos de armazenamento em memória. Na figura 7, um ciclo de um período da tensão elétrica de saída V_{OUT} do conversor 205, a qual em várias concretizações pode corresponder à frequência de entrada do retificador 210 ou à frequência de saída do inversor 215, é representado neste exemplo com a janela móvel T_W igual a $1/f_{OUT}$. Na concretiza-

ção da figura 7, a janela móvel T_W é dividida em vinte intervalos iguais do período de tempo $T_W/20$, em que T_1 é o primeiro intervalo. Nesta concretização ilustrativa, as amostras de P^* (isto é, m amostras) dentro do intervalo T_1 podem ter a média calculada e armazenada como P_1 . Este processo se repete para determinar os valores médios de potência de referência P_{AVG}^* através de cada um dos 20 intervalos (isto é, $T_W/20$ neste exemplo) que podem ser obtidos e armazenados na memória como $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{19}, P_{20}$. Neste exemplo, o filtro de média móvel 235 inclui um filtro de média móvel de vinte pontos para obter o valor médio de potência de referência P_{AVG}^* . É apreciado que neste exemplo a janela móvel T_W é atualizada a cada intervalo de $T_W/20$ segundos e que neste exemplo 20 localizações de armazenamento podem ser utilizadas para obter o valor médio de potência de referência P_{AVG}^* do número 20 x m de pontos de amostra, como apresentado na equação (8).

$$(8) \quad P_{AVG}^* = \frac{\sum_{n=1}^{20} P_n}{20}$$

Em uma concretização, o sinal de entrada do conversor 205 pode incluir uma mistura de um componente de tensão elétrica CC, um componente de tensão elétrica de 50 Hz, e um componente de tensão elétrica de ondulação de 60 Hz, em que $T_W = 1/60$ Hz. Neste exemplo, o sinal CC pode passar através da saída do filtro de média móvel 235 sem atenuação, o componente de 60 Hz pode ser atenuado (por exemplo, substancialmente para zero), de modo que ele não passa através da saída do filtro de média móvel 235, e o componente de 50 Hz pode ser pelo menos parcialmente atenuado. Neste exemplo, o componente de 60 Hz pode ser mais completamente atenuado do que o componente de 50 Hz. Nesta concretização ilustrada, a saída do filtro de média móvel pode incluir um sinal CC completo, nenhum componente de 60 Hz, e um componente de 50 Hz substancialmente atenuado, como ilustrado por P_{AVG}^* da figura 7.

Em uma concretização, o módulo de controle 225 compele a corrente de entrada I_{IN} para o valor da corrente de referência I_{IN}^* . Por exemplo, o módulo de controle 225 pode controlar a corrente de entrada I_{IN} por ajustar

um ciclo de atividade de um sinal de controle de modulação de largura de pulso (PWM). Em outra concretização, o módulo de controle 225 pode compelir a tensão elétrica V_{DC} para a tensão elétrica de referência V_{DC}^* por ajustar o ciclo de atividade do sinal de controle PWM. Apesar de não representado na figura 2, o módulo de controle 225 em uma concretização inclui pelo menos um gerador de sinal de controle. O gerador de sinal de controle pode ser integral ou estar associado com o módulo de controle 225, e em uma concretização, o gerador de sinal de controle pode gerar pelo menos um sinal portador.

10 Geralmente, o gerador de sinal de controle pode criar, formar, propagar ou de outro modo emitir um sinal de controle tal como um sinal de controle de modulação de largura de pulso (PWM). Nas várias concretizações, o gerador de sinal de controle ou o módulo de controle 225 pode ajustar um ciclo de atividade de um sinal de controle PWM no retificador 210 para compelir a corrente de entrada I_{IN} para o valor da corrente de entrada de referência I_{IN}^* . Em uma concretização, o gerador de sinal de controle pode incluir pelo menos um circuito digital adaptado para emitir um sinal de largura de pulso. O gerador de sinal de controle também pode incluir, por exemplo, circuitos ou outros geradores para produzir um sinal de controle PWM por qualquer um dentre um método de cruzamento, um método delta, um método sigma delta, ou outras formas de geração e manipulação de forma de onda.

É apreciado que em pelo menos uma concretização os elementos do sistema 200 podem incluir os elementos do conversor 100. Por exemplo, nas várias concretizações, o módulo de controle 225 inclui o controlador 130, o retificador 110 inclui o retificador 210, o inversor 215 inclui o inversor 120, e a carga 220 inclui a carga 140, etc. É adicionalmente evidente que em uma concretização o sistema 200 inclui elementos não apresentados na figura 2 que correspondem aos elementos da figura 1, tal como a bateria 150, ou múltiplas entradas, saídas, barramentos ou linhas principais, por exemplo.

A figura 9 é um fluxograma representando um método 900 para

controlar um conversor de acordo com uma concretização da invenção. Em uma concretização, o método 900 inclui o ato de receber um sinal de tensão elétrica (ATO 905). Por exemplo, receber um sinal de tensão elétrica (ATO 905) pode incluir receber uma tensão elétrica CC do retificador V_{DC} , por exemplo, de uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida, de um conversor de frequência, ou de um condicionador de linha. Uma tensão elétrica CC do retificador também pode ser referida como uma tensão elétrica CC, tensão elétrica de saída do retificador, tensão elétrica do barramento CC, ou tensão elétrica de entrada do inversor. Em uma concretização, receber um sinal de tensão elétrica (ATO 905) inclui receber um sinal de tensão elétrica que inclui pelo menos uma tensão elétrica de ondulação ou outra forma de distorção. Receber um sinal de tensão elétrica (ATO 905) também pode incluir, por exemplo, receber, por um ou mais dentre um controlador, módulo de controle, receptor, ou um regulador de tensão elétrica, um sinal de tensão elétrica. Nas várias concretizações, um regulador de tensão elétrica que recebe ou é configurado para receber um sinal de tensão elétrica pode incluir qualquer um dentre um regulador de tensão elétrica proporcional, proporcional integral, ou proporcional integral derivativo.

O método 900 pode incluir o ato de determinar um sinal de controle (ATO 910). Determinar um sinal de controle (ATO 910) pode incluir avaliar o sinal de tensão elétrica recebido. Por exemplo, determinar um sinal de controle pode incluir determinar um sinal de controle baseado pelo menos em parte em um sinal de tensão elétrica por comparar o sinal de tensão elétrica com um sinal de referência. Em uma concretização, o sinal de controle pode incluir distorção associada com pelo menos uma tensão elétrica de ondulação.

Em uma concretização ilustrativa, um sinal de tensão elétrica recebido (ATO 905) pode incluir distorção. O método 900 pode avaliar o sinal de tensão elétrica recebido para determinar ou gerar um sinal de controle. Por exemplo, um regulador de tensão elétrica pode receber como entrada o sinal de tensão elétrica e produzir como saída um sinal de controle de potência. Em uma concretização deste exemplo, o sinal de controle de potên-

cia pode incluir a tensão elétrica de ondulação ou outra distorção que também está presente no sinal de tensão elétrica recebido. Determinar o sinal de controle (ATO 910) também inclui avaliar o sinal de tensão elétrica recebido junto com um sinal de tensão elétrica de referência para produzir um

5 sinal de potência de referência P^* . O sinal de potência de referência pode incluir uma ou mais tensões elétricas de ondulação associadas com qualquer um dentre um retificador ($V_{DC_REC(Ripple)}$) e um inversor ($V_{DC_INV(Ripple)}$). Em uma concretização, um regulador de tensão elétrica pode compelir a tensão elétrica em direção a um sinal de tensão elétrica de referência.

10 O método 900 pode avaliar o sinal de controle, tal como um sinal de potência de referência que inclui distorção associada com uma ou mais tensões elétricas de ondulação, por exemplo, para produzir um sinal de controle médio (ATO 915). Produzir um sinal de controle médio (ATO 915) em uma concretização inclui receber um sinal de controle que inclui distorção e

15 filtrar a distorção do sinal de controle para produzir um sinal de controle médio. Por exemplo, um ou mais filtros de média móvel pode receber um sinal de potência de referência que inclui a distorção de tensão elétrica de ondulação, filtrar a distorção da tensão elétrica de ondulação do sinal de potência de referência P^* , e produzir como saída um sinal de controle de potência

20 média de referência P_{AVG}^* . O sinal de controle de potência média de referência P_{AVG}^* pode ser substancialmente livre de tensão elétrica de ondulação ou pode incluir tensão elétrica de ondulação que é menor do que uma amplitude da tensão elétrica de ondulação do sinal de potência de referência P^* . Nas várias concretizações, outros tipos de filtro, tal como filtros de res-

25 posta finita ao impulso (FIR) podem ser utilizados para produzir um sinal de controle médio (ATO 915).

Em uma concretização, o sinal de controle médio pode ser substancialmente livre de distorção associada com a tensão elétrica de ondulação. O grau com o qual as tensões elétricas de ondulação são removidas de

30 um sinal de controle quando produzindo um sinal de controle médio (ATO 915) geralmente varia. Por exemplo, em uma concretização, a amplitude da tensão elétrica de ondulação em um sinal de controle médio é menor do que

metade da amplitude da tensão elétrica de ondulação no sinal de controle. Nas várias concretizações, a amplitude da tensão elétrica de ondulação no sinal de controle médio que, por exemplo, foi processado por um filtro de média móvel, pode ser menor do que 20% da amplitude do sinal de controle antes do processamento do filtro de média móvel. Em uma concretização, um filtro de média móvel pode eliminar 90% ou mais de tensão elétrica de ondulação do sinal de controle quando produzindo o sinal de controle médio (ATO 915).

O método 900 pode incluir o ato de deslocar uma fase do sinal de controle médio (ATO 920). Por exemplo, um filtro de média móvel associado com produzir um sinal de controle médio (ATO 915) tal como um sinal de controle de potência média de referência P_{AVG}^* , um filtro de média móvel pode introduzir um atraso de fase no sinal de controle de potência média de referência P_{AVG}^* . Neste exemplo, um compensador de atraso e avanço de fase pode processar o sinal de controle de potência média de referência por deslocar sua fase (ATO 920) para corrigir o atraso de fase introduzido pelo filtro de média móvel.

Em uma concretização, o método 900 pode incluir o ato de gerar pelo menos um valor de corrente de referência I_{IN}^* (ATO 925). Em uma concretização, gerar pelo menos um valor de corrente de referência (ATO 925) inclui gerar um valor de corrente de referência em um primeiro tempo de amostragem baseado em parte na tensão elétrica de entrada do conversor e na tensão elétrica do barramento CC (por exemplo, retificador ou tensão elétrica do capacitor V_{DC}). Por exemplo, o valor de corrente de referência pode ser determinado baseado em parte por avaliar a tensão elétrica do barramento CC amostrada V_{DC} e uma ou mais dentre a tensão elétrica de entrada do conversor V_{IN} , a corrente da carga I_{OUT} , a corrente do retificador I_{DC_REC} , e a corrente do inversor I_{DC_INV} .

O método 900 pode incluir o ato de compelir a corrente de entrada do conversor I_{IN} para o valor de corrente de entrada de referência I_{IN}^* (ATO 930). Em uma concretização, compelir a corrente de entrada para o valor de corrente de entrada de referência (ATO 930) inclui ajustar o ciclo de

atividade do sinal de controle de modulação de largura de pulso (PWM). Geralmente, ajustar um ciclo de atividade causar que a corrente de entrada do conversor I_{IN} , tal como a corrente de entrada do retificador se ajuste para um valor próximo ou substancialmente igual ao valor da corrente de entrada de referência I_{IN}^* . Em uma concretização, compeler a corrente de entrada I_{IN} para o valor de corrente de entrada de referência I_{IN}^* (ATO 930) pode incluir ajustar o ciclo de atividade do sinal de controle PWM para levar a corrente de entrada $I_{IN(n+1)}$ em um $(n+1)^{ésimo}$ tempo de amostragem para um valor de corrente de referência $I_{IN(n)}^*$ em um instante de um n -ésimo tempo de amostragem. Como tal, é apreciado que nas várias concretizações, a corrente de entrada I_{IN} pode seguir o valor da corrente de entrada de referência I_{IN}^* por um ou mais períodos de amostragem, isto é, um atraso de um ou mais ciclos de comutação. Em uma concretização, ajustar o ciclo de atividade do sinal de controle PWM inclui compeler a tensão elétrica V_{DC} para um valor de tensão elétrica de referência V_{DC}^* .

Em uma concretização, compeler a corrente de entrada I_{IN} para a corrente de entrada de referência I_{IN}^* (ATO 930) inclui ajustar um ciclo de atividade de um sinal de controle PWM. Isto faz com que a corrente de entrada I_{IN} ajuste para um valor substancialmente igual à corrente de referência do indutor I_{IN}^* em, por exemplo, um ponto no tempo após um primeiro tempo de amostragem e antes de um tempo de amostragem (por exemplo, segundo) subsequente. Por exemplo, em um segundo tempo de amostragem $(n+1)$, a corrente de entrada de referência $I_{IN(n+1)}^*$ pode ter um valor diferente deste da corrente de entrada de referência no primeiro $(n^{ésimo})$ tempo de amostragem $I_{IN(n)}^*$ devido, por exemplo, aos requerimentos de potência de uma carga não linear. Entretanto, ajustar o ciclo de atividade do sinal de controle PWM em uma concretização faz com que a corrente de entrada $I_{IN(n+1)}$ em um $(n+1)^{ésimo}$ tempo de amostra fique substancialmente igual à corrente de referência do indutor $I_{IN(n)}^*$ no $n^{ésimo}$ tempo de amostragem. Como tal, na várias concretizações, a corrente de entrada I_{IN} pode ser direcionada ou seguir, respectivamente, a corrente de entrada de referência I_{IN}^* (ATO 930) por um ou mais períodos de amostragem, isto é, um atraso de um ou

mais ciclos de comutação. Em uma concretização, compelir a corrente de entrada I_{IN} para um valor de corrente de entrada de referência I_{IN}^* pode incluir o ato de proporcionar uma correção de fator de potência para a corrente de entrada I_{IN} . Por exemplo, um retificador pode incluir um retificador de correção de fator de potência (PFC) que proporciona correção do fator de potência.

Em algumas concretizações, a diferença no $n^{\text{ésimo}}$ tempo de amostragem entre a corrente de entrada $I_{IN(a)}$ e a corrente de entrada de referência $I_{IN(n)}^*$ pode ser referida como um erro de corrente $e_{IN(a)}$. Devido ao fato de que em várias concretizações várias cargas operam de um modo não linear com respeito ao consumo de corrente ou de energia, a corrente de saída do conversor I_{OUT} requerida por uma carga pode se alterar frequentemente. Como resultado, a corrente de entrada I_{IN} tipicamente pode ser controlada e ajustada para regular a potência de saída enviada para uma carga.

Em geral, quando o erro de corrente $e_{IN(a)}$ é zero, a corrente de entrada I_{IN} está em um valor apropriado para um conversor funcionar. Devido à corrente de entrada de referência $I_{IN(a)}^*$ poder ser expressa relativa ao ciclo de atividade D_n , o ciclo de atividade D_n do sinal de controle PWM pode ser ajustado para compelir o erro de corrente $e_{IN(n)}$ para zero no $n^{\text{ésimo}}$ tempo de amostragem, antes da $(n+1)^{\text{ésima}}$ amostra (por exemplo, uma amostra em um segundo tempo de amostragem) ser pega.

Alterando o ciclo de atividade D_n desta maneira geralmente compele a corrente de entrada I_{IN} no primeiro tempo de amostragem para um nível substancialmente igual ao da corrente de entrada de referência $I_{IN(a)}^*$ após o primeiro tempo de amostragem e antes do segundo ou de outro tempo de amostragem subsequente. Geralmente, um novo erro de corrente $e_{IN(n)}$ pode ocorrer no segundo ou no tempo de amostragem subsequente. Entretanto, continuando com esta concretização ilustrativa, neste tempo de amostragem subsequente, a corrente de entrada $I_{IN(n)}$ foi controlada ou compelida para um valor próximo do nível da corrente de referência do indutor $I_{IN(a)}^*$ em um tempo de amostragem anterior. Assim, é apreciado que ajustar um ciclo de atividade do sinal de controle PWM, em uma concretização, faz

com que a corrente de entrada I_{IN} geralmente rastreie a corrente de entrada de referência I_{IN}^* por pelo menos um atraso de amostragem.

É apreciado que nas várias concretizações, a corrente de entrada I_{IN} em um tempo de amostragem subsequente não pode ser exatamente igual à corrente de entrada de referência I_{IN}^* em um primeiro tempo de amostragem. Nas várias concretizações, estes dois valores podem ser substancialmente iguais. Por exemplo, em uma concretização, a corrente de entrada I_{IN} no segundo, no terceiro, ou no tempo de amostragem subsequente, pode ser compelida para um valor dentro de 10% da corrente de entrada de referência I_{IN}^* no primeiro tempo de amostragem (isto é, mais ou menos 10%). Nas várias outras concretizações, estes valores podem se desviar um do outro por mais do que $\pm 10\%$ e ainda serem substancialmente iguais.

Em uma concretização, o método 900 pode incluir o ato de proporcionar a corrente de saída do conversor I_{OUT} para uma carga (ATO 935). Em várias concretizações, a corrente de saída I_{OUT} pode incluir uma frequência que é síncrona ou assíncrona com uma frequência da corrente de entrada I_{IN} . Aplicar a corrente de saída I_{OUT} (ATO 935) pode não precisar incluir aplicar a corrente de saída de um filtro, tal como um filtro LC, para a carga. Em várias concretizações, aplicar a corrente de saída I_{OUT} para a carga (ATO 935) inclui passar a corrente de saída através de uma ponte de diodo ou por outro circuito retificador. Em uma concretização, proporcionar a corrente de saída I_{OUT} (ATO 935) inclui tornar a corrente de saída I_{OUT} disponível para uma carga esteja ou não a carga realmente presente. É apreciado que na várias concretizações, o método 900 também pode incluir o ato de aplicar uma tensão elétrica de saída convertida, tal como a tensão elétrica de saída do retificador ou a tensão elétrica de saída de um inversor para uma carga.

Observe que nas figuras 1 até 9 os itens numerados são apresentados como elementos individuais. Nas implementações reais dos sistemas e métodos descritos neste documento, entretanto, eles podem ser componentes inseparáveis de outros dispositivos eletrônicos, tal como um computador digital. Assim, ações descritas acima podem ser implementadas em software que pode ser incorporado em um artigo de manufatura que in-

clui um meio de armazenamento de programa. O meio de armazenamento de programa inclui sinais de dados incorporados em um ou mais dentre uma onda portadora, um disco do computador (magnético, ou ótico (por exemplo, CD ou DVD, ou ambos)), memória não volátil, fita, uma memória do sistema, e uma unidade de disco rígido.

A partir do dito anteriormente, será apreciado que os sistemas e métodos de controle digital direcionado para as características de entrada, por exemplo, de um conversor PWM CA – CC ou CA – CC que foram proporcionadas pelos sistemas e métodos descritos neste documento proporcionam um modo simples e eficaz de reduzir ou eliminar oscilação subarmônica e distorção harmônica total na corrente de entrada I_{IN} durante um modo assíncrono de operação, isto é, quando uma frequência de saída do conversor não está sincronizada com a frequência de entrada do conversor. Eliminar ou reduzir a oscilação subarmônica da corrente de entrada I_{IN} pode reduzir a distorção em um ponto de tensão elétrica do conversor de conexão comum (PCC), e pode evitar saturação de fluxo nos componentes do conversor (por exemplo, transformadores e indutores).

Os sistemas e métodos de acordo com as várias concretizações estão aptos a reduzir a distorção harmônica total da corrente de entrada da corrente de entrada I_{IN} para um retificador tal como um retificador PFC durante o modo síncrono de operação, isto é, quando uma frequência de saída do conversor é síncrona com a frequência de entrada do conversor. Adicionalmente, o conversor pode incluir um ou mais dentre um retificador e um inversor, e o conversor pode incluir ou estar associado com um ou mais de uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida, um conversor de frequência e um condicionador de linha. Isto aumenta a eficiência e a compatibilidade, e diminui custos.

Quaisquer referências à frente e trás, esquerda e direita, em cima e em baixo, e superior e inferior, são pretendidas para conveniência de descrição, não para limitar os presentes sistemas e métodos ou seus componentes a qualquer orientação de posição ou espacial.

Quaisquer referências às concretizações ou elementos ou atos

dos sistemas e métodos neste documento referidas no singular também podem abranger concretizações incluindo vários destes elementos, quaisquer referências no plural para qualquer concretização ou elemento ou ato neste documento também pode abranger concretizações incluindo somente um
5 único elemento. Referências na forma singular ou plural não são pretendidas para limitar os sistemas e métodos presentemente descritos, seus componentes, atos ou elementos.

Qualquer concretização descrita neste documento pode ser combinada com qualquer outra concretização, e referência tal como “uma
10 concretização”, “algumas concretizações”, “uma concretização alternativa”, “várias concretizações”, “a concretização” e assim por diante, não são necessariamente mutuamente exclusivas e são pretendidas para indicar que um aspecto, estrutura ou característica particular descrita em conexão com a concretização pode estar incluída em pelo menos uma concretização. As
15 aparições de tais termos neste documento não estão todos necessariamente se referindo à mesma concretização. Qualquer concretização pode ser combinada com qualquer outra concretização de qualquer maneira consistente com os objetivos, metas e necessidades descritas neste documento.

Referências à “ou” podem ser construídas como inclusivas de
20 modo que quaisquer termos descritos utilizando “ou” podem indicar qualquer um dentre um único, mais do que um, e todos os termos descritos.

Onde aspectos técnicos mencionados em qualquer reivindicação são seguidos por sinais de referência, os sinais de referência foram incluídos para o único propósito de aumentar a inteligibilidade das reivindicações e por
25 consequência, nem os sinais de referência nem sua ausência possuem qualquer efeito limitativo sobre o escopo de quaisquer elementos da reivindicação.

Os versados na técnica irão perceber que os sistemas e métodos descritos neste documento podem ser incorporados em outras formas
30 específicas sem afastamento do espírito ou das características gerais dos mesmos. Por exemplo, um filtro de média móvel pode ser integrado nos esquemas existentes de controle de conversor digital. Portanto, as concretiza-

ções anteriores são para serem consideradas em todos os respeitos como ilustrativas ao invés do que como limitativas dos sistemas e métodos descritos. Assim, o escopo dos sistemas e dos métodos descritos neste documento é indicado pelas reivindicações anexas ao invés do que pela descrição anterior, e, portanto, é pretendido que todas as alterações que surjam dentro do significado e da faixa de equivalência das reivindicações sejam abrangidas neste documento.

-

-

-

- -

-

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar um conversor, compreendendo:
receber um sinal de tensão elétrica incluindo uma tensão elétrica de ondulação;
5 determinar um sinal de controle baseado em parte no sinal de tensão elétrica por comparar o sinal de tensão elétrica com um sinal de referência, o sinal de controle incluindo uma distorção associada com a tensão elétrica de ondulação;
 produzir um sinal médio de controle por filtrar pelo menos uma
10 parte da tensão elétrica de ondulação a partir do sinal de controle;
 gerar um valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte no sinal médio de controle; e
 compelir uma corrente de entrada do conversor em direção ao valor de corrente de referência.
15 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que compelir uma corrente de entrada inclui proporcionar uma correção do fator de potência para a corrente de entrada do conversor.
 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo:
 comutar uma fase do sinal médio de controle.
20 4. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo:
 proporcionar uma corrente de saída a partir do conversor para uma carga, em que a corrente de saída possui uma frequência que é assíncrona com uma frequência da corrente de entrada.
 5. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo:
25 proporcionar uma corrente de saída a partir do conversor para uma carga, em que a corrente de saída possui uma frequência que é assíncrona com uma frequência da corrente de entrada.
 6. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo:
 filtrar a tensão elétrica de ondulação a partir do sinal de tensão
30 elétrica; e
 compelir o sinal de tensão elétrica em direção a um valor de tensão elétrica de referência.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, compreendendo:
aplicar o sinal de tensão elétrica para um inversor associado com o conversor.

5 8. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que gerar o valor de corrente de referência compreende:
receber um sinal de entrada de carga eficaz a partir do conversor.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que compelir a corrente de entrada compreende:
10 ajustar um ciclo de atividade de um sinal de controle de modulação de largura de pulso associado com a corrente de entrada.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a tensão elétrica de ondulação inclui uma tensão elétrica de ondulação retificadora e uma tensão elétrica de ondulação inversora.

15 11. Método, de acordo com a reivindicação 1, compreendendo:
controlar o conversor para operar em um dentre um modo de operação síncrono e um modo de operação assíncrono.

12. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o conversor compreende pelo menos um dentre uma fonte de alimentação que não
20 pode ser interrompida, um conversor de frequência e um condicionador de linha.

13. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que produzir o sinal médio de controle compreende:

25 fazer a amostragem do sinal de controle em várias instâncias de tempo de um período de tempo do sinal de tensão elétrica.

14. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que a recepção do sinal de tensão elétrica, a determinação do sinal de controle, a produção do sinal médio de controle, a geração do valor de corrente de referência e a indução da corrente de entrada do conversor em direção ao valor da
30 corrente de referência são executadas pelo menos em parte por um processador, e onde o método é implementado pelo menos em parte por um programa armazenado em um meio legível por computador e executado pelo

processador.

15. Conversor, compreendendo:

uma entrada configurada para receber a corrente de entrada;

uma saída configurada para proporcionar a corrente de saída;

5 um módulo de controle incluindo um filtro;

o filtro adaptado para receber um sinal de controle possuindo distorções associadas com uma tensão elétrica de ondulação e para produzir um sinal médio de controle substancialmente livre da tensão elétrica de ondulação; e

10 o módulo de controle adaptado para compelir a corrente de entrada do conversor em direção ao valor de corrente de referência.

16. Conversor, de acordo com a reivindicação 15, compreendendo:

um retificador adaptado para receber a corrente de entrada.

15 17. Conversor, de acordo com a reivindicação 16, compreendendo:

um inversor associado com o retificador, em que a corrente de entrada está em fase com uma corrente de saída do inversor.

20 18. Conversor, de acordo com a reivindicação 16, compreendendo:

um inversor; e

o filtro adaptado para remover pelo menos parte de um sinal de oscilação subarmônica a partir da corrente de entrada.

25 19. Conversor, de acordo com a reivindicação 16, em que a tensão elétrica de ondulação inclui pelo menos uma dentre uma tensão elétrica de ondulação retificadora e uma tensão elétrica de ondulação inversora.

20. Conversor, de acordo com a reivindicação 16, compreendendo:

30 um compensador de atraso e avanço de fase ("lead-lag") adaptado para ajustar uma fase do sinal médio de controle.

21. Conversor, de acordo com a reivindicação 16, compreendendo:

um retificador associado com um inversor; e
o filtro adaptado para remover pelo menos uma parte da distorção harmônica da corrente de entrada.

22. Conversor, de acordo com a reivindicação 21, em que a distorção harmônica é menor ou igual a 3,5% da corrente de entrada.

23. Conversor, de acordo com a reivindicação 16, em que o módulo de controle é adaptado para ajustar o sinal de controle para compelir a tensão elétrica retificadora em direção a um valor de tensão elétrica de referência.

24. Conversor, de acordo com a reivindicação 23, em que o módulo de controle é adaptado para gerar o valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte em um valor de carga eficaz da tensão elétrica retificadora.

25. Conversor, de acordo com a reivindicação 15, em que o filtro é adaptado para remover pelo menos uma parte da distorção harmônica da corrente de entrada.

26. Conversor, de acordo com a reivindicação 15, compreendendo:

um gerador de sinal de controle associado com o módulo de controle, o gerador de sinal de controle adaptado para ajustar um ciclo de atividade de um sinal de controle de modulação de largura de pulso para compelir a corrente de entrada em direção ao valor de corrente de referência.

27. Conversor, de acordo com a reivindicação 15, compreendendo pelo menos um dentre um conversor de modulação de largura de pulso CA – CC possuindo um retificador e um conversor de modulação de largura de pulso CA – CC – CA possuindo um retificador e um inversor.

28. Conversor, de acordo com a reivindicação 15, compreendendo pelo menos um dentre uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida, um conversor de frequência e um condicionador de linha.

29. Conversor, de acordo com a reivindicação 15, compreendendo:

uma corrente de saída do conversor possuindo uma frequência

entre 55 Hz e 65 Hz.

30. Conversor, de acordo com a reivindicação 29, em que a corrente de entrada inclui uma frequência dentre 45 Hz e 55 Hz.

5 31. Sistema para controlar uma fonte de alimentação que não pode ser interrompida, compreendendo:

dispositivo para filtrar um sinal de controle possuindo distorção associada com uma tensão elétrica de ondulação para produzir um sinal médio de controle substancialmente livre de distorção;

10 um módulo de controle associado com a fonte de alimentação que não pode ser interrompida e, adaptado para gerar um valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte no sinal médio de controle; e

o módulo de controle adaptado para compelir uma corrente de entrada da fonte de alimentação que não pode ser interrompida em direção ao valor de corrente de referência.

15 32. Sistema, de acordo com a reivindicação 31, em que a fonte de alimentação que não pode ser interrompida inclui pelo menos um dentre um conversor de frequência e um condicionador de linha.

33. Meio legível por computador possuindo, armazenado no mesmo, sequências de instruções incluindo instruções que irão causar que
20 um processador controle um conversor para:

receber informação relacionada com um sinal de tensão elétrica incluindo uma tensão elétrica de ondulação;

produzir um sinal médio de controle por filtrar pelo menos uma parte da tensão elétrica de ondulação a partir de um sinal de controle;

25 determinar o sinal de controle baseado em parte no sinal de tensão elétrica por comparar o sinal de tensão elétrica com um sinal de referência, o sinal de controle incluindo distorção associada com a tensão elétrica de ondulação;

30 gerar um valor de corrente de referência baseado pelo menos em parte no sinal médio de controle;

compelir uma corrente de entrada do conversor em direção ao valor de referência; e

aplicar a corrente de entrada para um retificador associado com pelo menos um dentre uma forma de alimentação que não pode ser interrompida, um conversor de frequência e um condicionador de linha.

-

-

-

- -

.

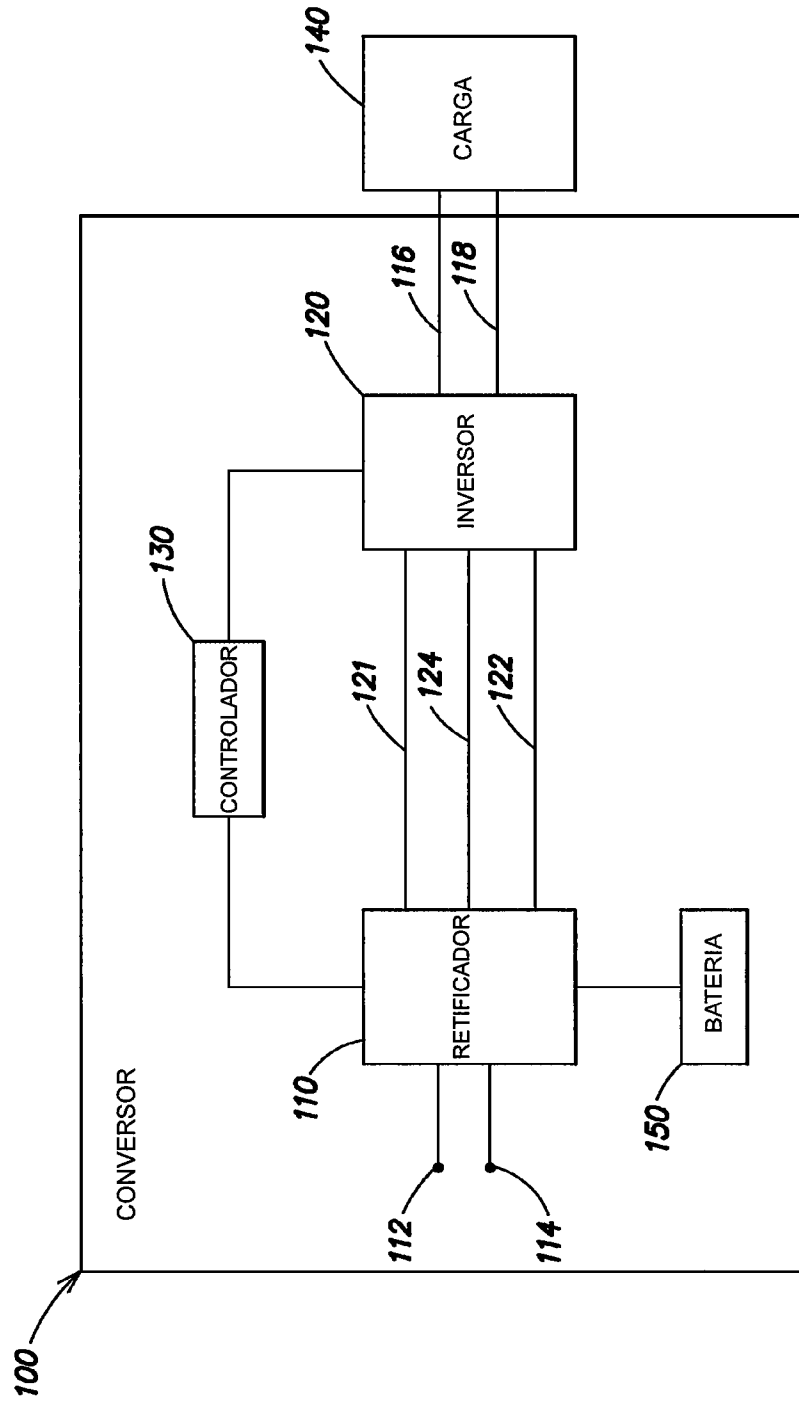


FIG. 1

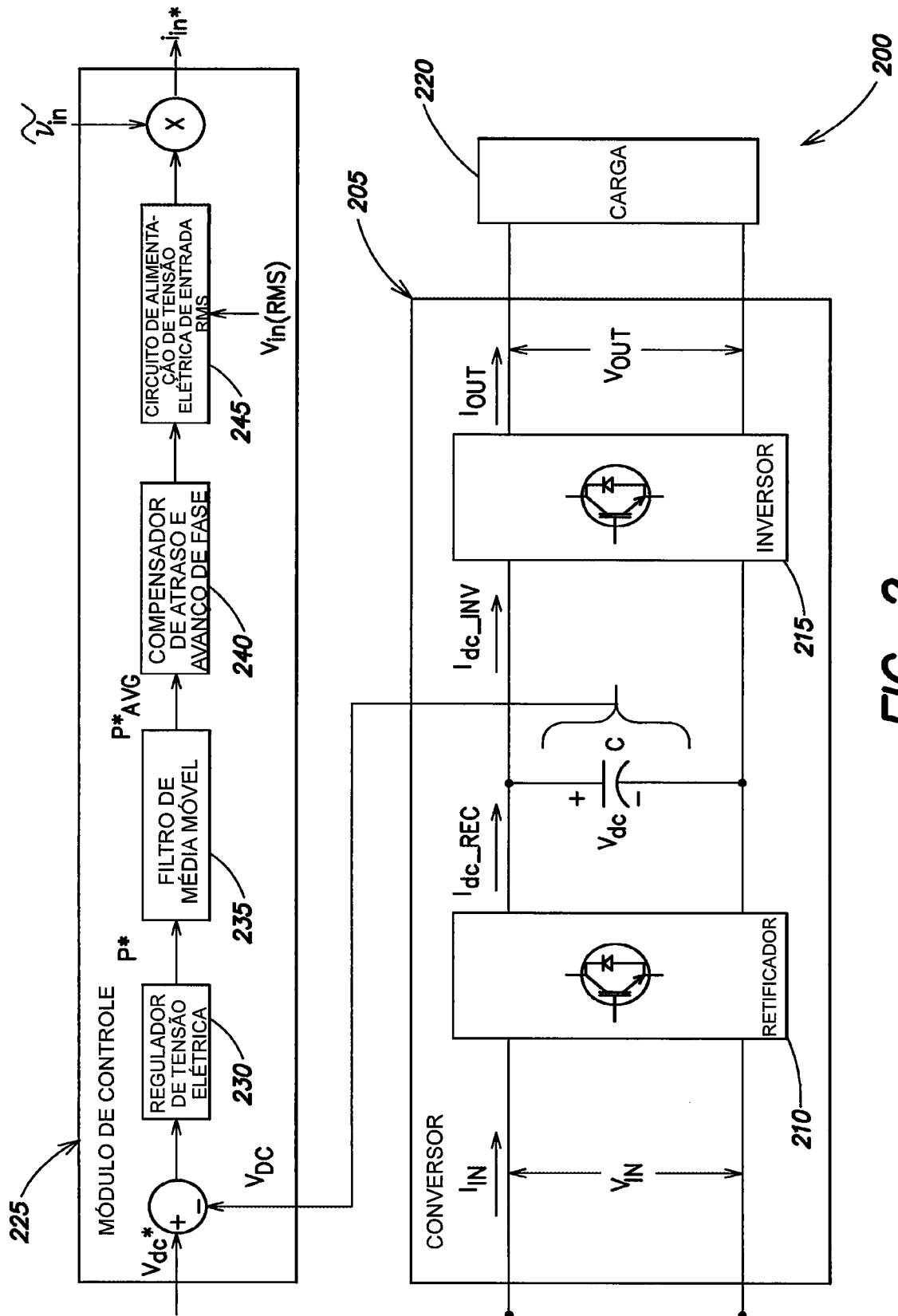


FIG. 2

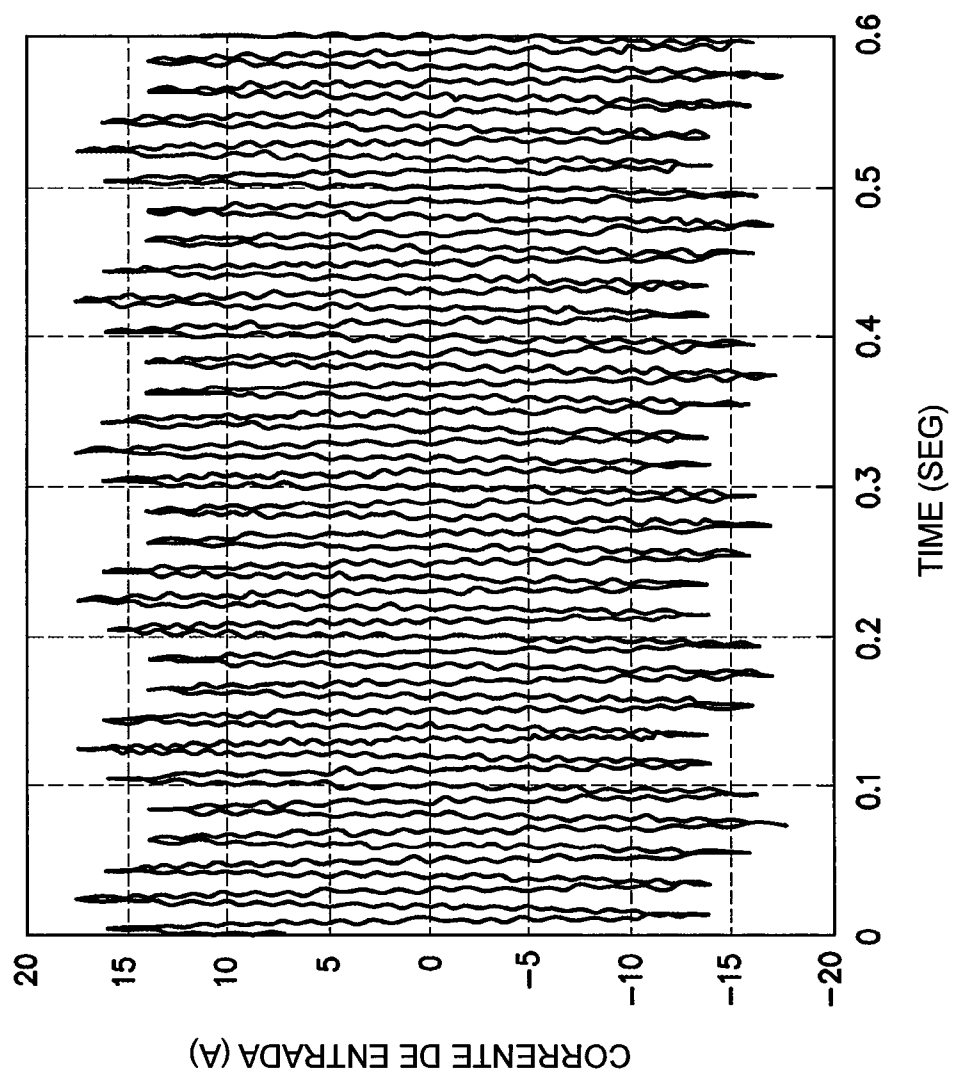


FIG. 3

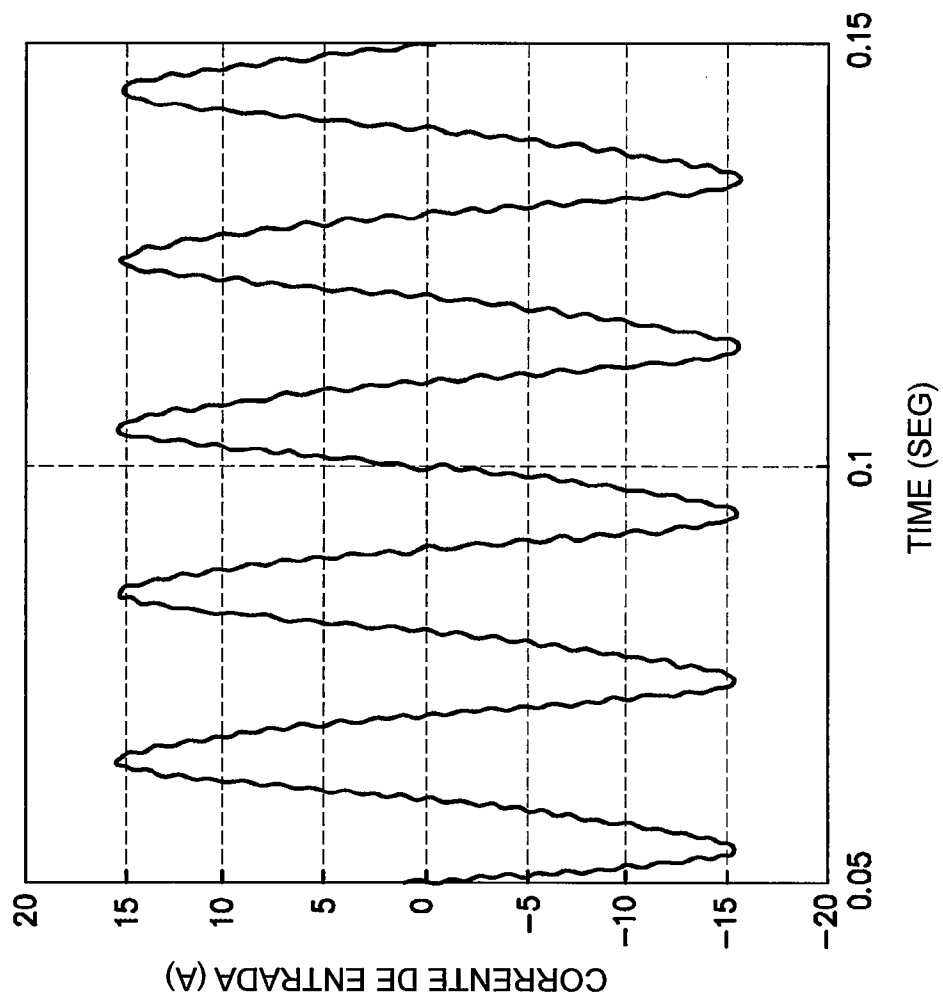


FIG. 4

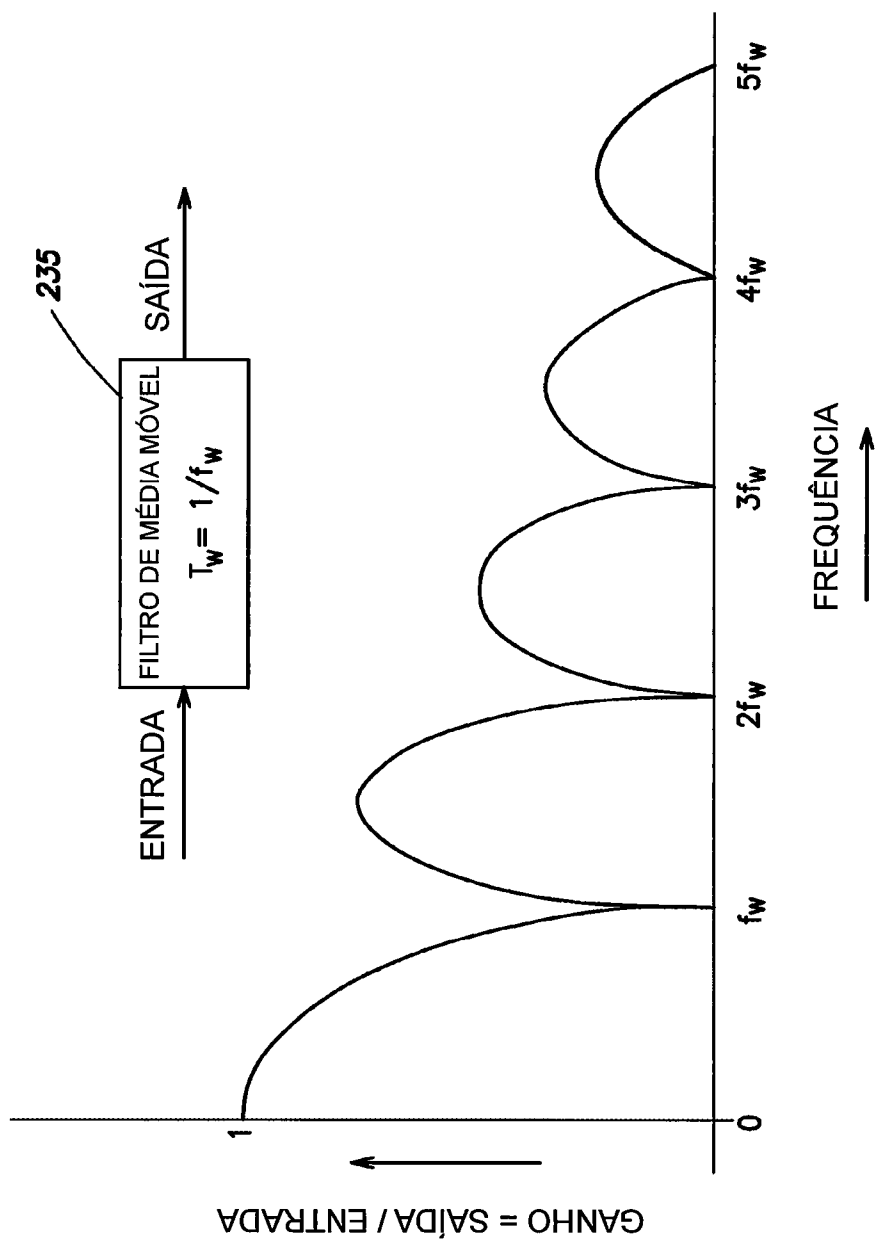


FIG. 5

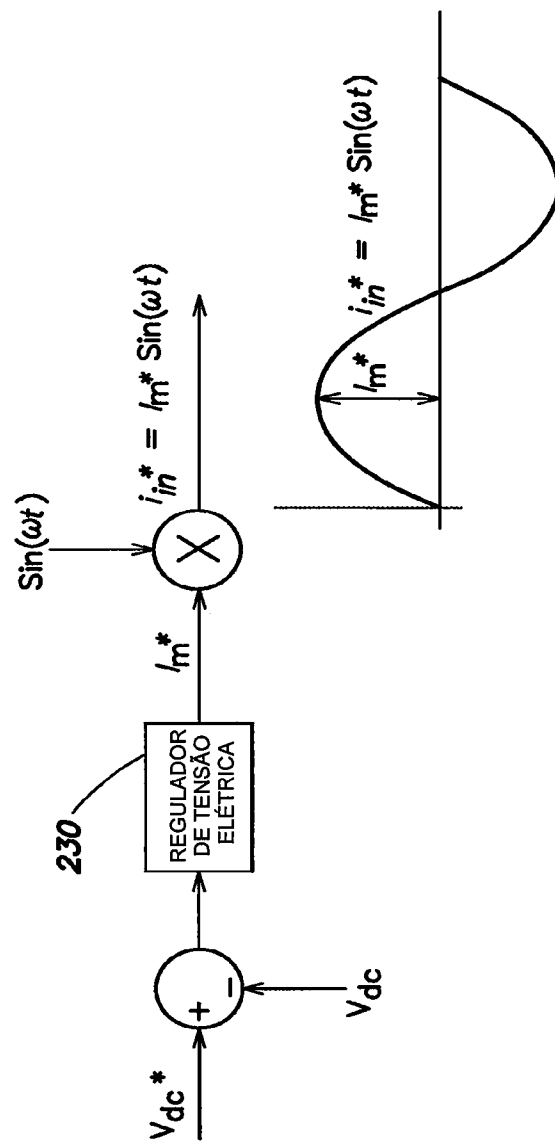
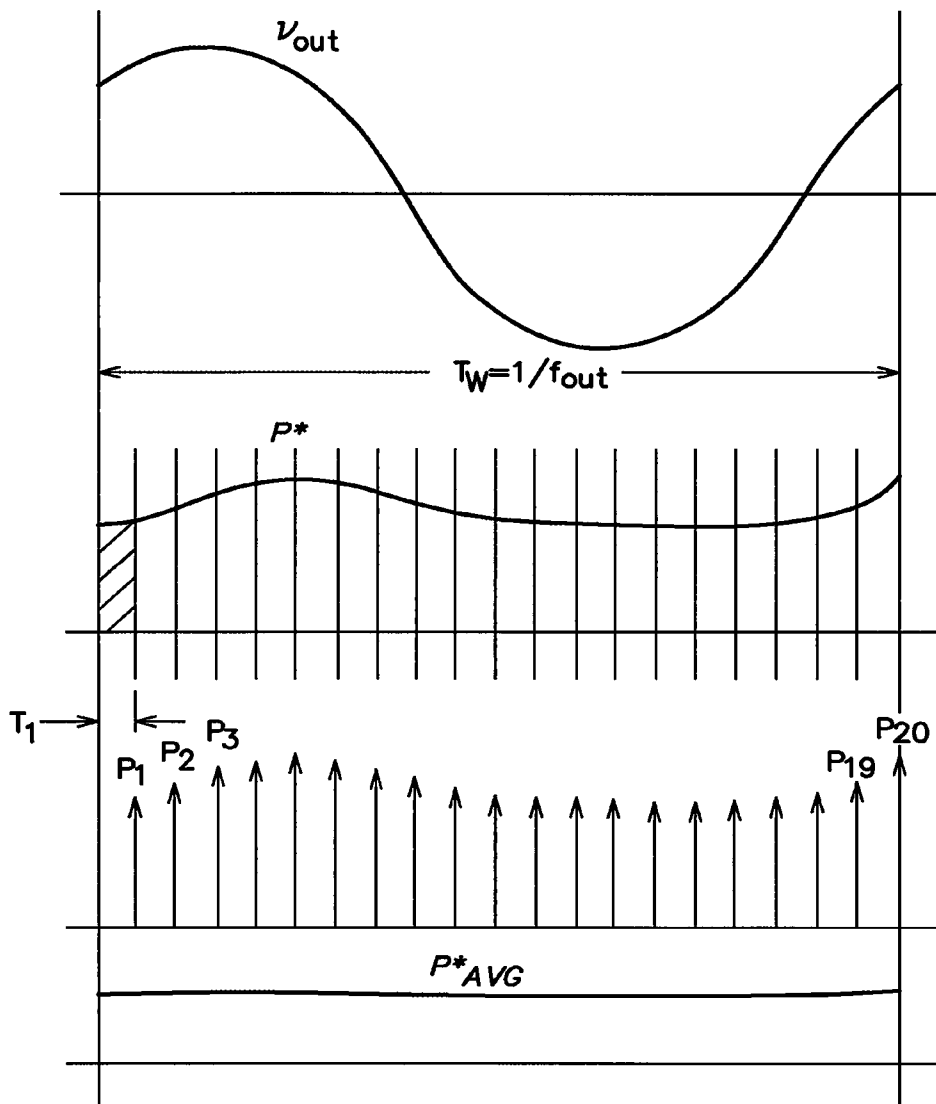


FIG. 6

**FIG. 7**

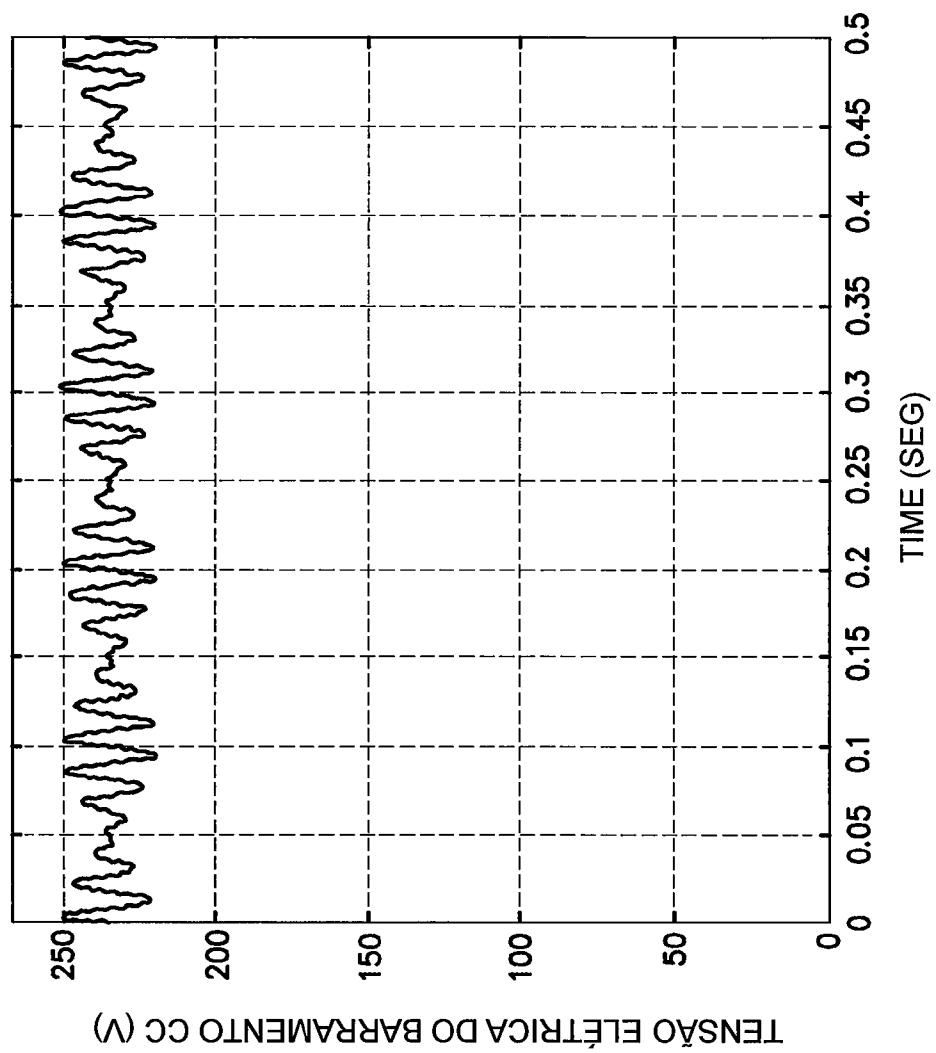
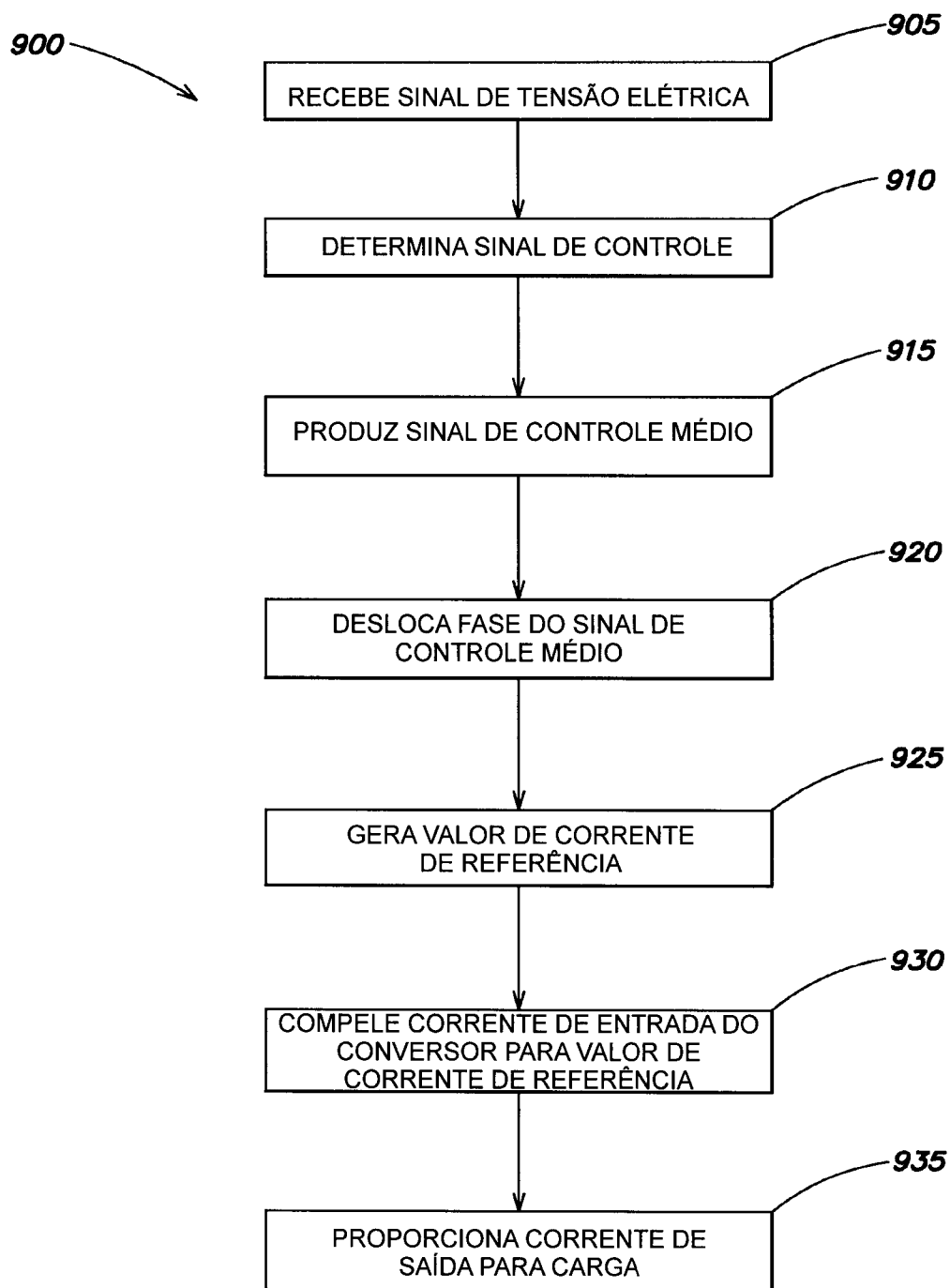


FIG. 8

**FIG. 9**

RESUMO

Patente de Invenção: **"CONVERSOR DE FREQUÊNCIA DE UPS E CONDICIONADOR DE LINHA"**.

A presente invenção refere-se aos sistemas e métodos descritos neste documento, que monitoram e controlam a entrada para um conversor em um ou mais dentre uma UPS, um conversor de frequência, ou um condicionador de linha. A distorção que se deve, pelo menos em parte, à tensão elétrica de ondulação, pode ser removida de um sinal de controle que controla a corrente de entrada para o conversor. Os sistemas e métodos descritos neste documento proporcionam um meio simples e eficaz para reduzir ou eliminar uma ou mais dentre a oscilação subarmônica e a distorção harmônica total a partir de uma corrente de entrada do conversor durante os modos de operação, síncrono e assíncrono. O conversor pode incluir um ou mais dentre um retificador e um inversor.