



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

(21) **PI 1105477-8 A2**



(22) **Data de Depósito:** 11/11/2011

(43) **Data da Publicação:** 07/07/2015
(RPI 2322)

(54) **Título:** MÉTODO DE CONTROLE DE UM
CONVERSOR DE POTÊNCIA

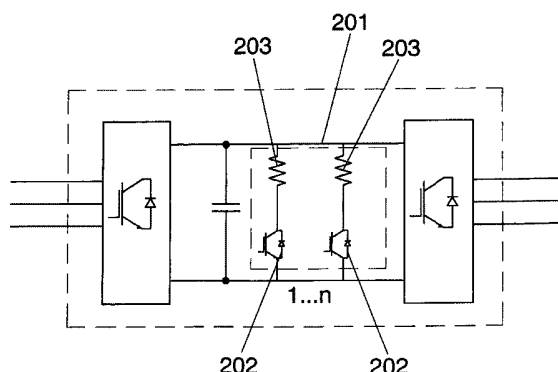
(51) **Int.Cl.:** H02M5/45; H02P9/44

(30) **Prioridade Unionista:** 11/11/2010 EP 10382294.6

(73) **Titular(es):** Ingeteam Energy, S.A

(72) **Inventor(es):** Ainhoa Carcar Mayor, David Sole
Lopez, Eneko Olea Oregui, Josu Elorriaga Llanos

(57) **Resumo:** MÉTODO DE CONTROLE DE UM
CONVERSOR DE POTÊNCIA. Otimiza o funcionamento
e o controle de geradores elétricos eventos produzidos na
rede elétrica, tais como buracos de tensão ou
sobtensões, compreendendo as seguintes etapas:
detectar que o nível de tensão do ônibus DC (Vônibus)
(301) supera o limite máximo estabelecido de
funcionamento em condições normais; habilitar
permissões de ativação do helicóptero (201); ativação
dos diferentes estados de funcionamento (304) do
helicóptero (201) em função do nível de tensão do ônibus
DC (Vônibus) (301) e da corrente de entrada do ônibus
DC (ino.ônibus) desde o gerador; detectar que o nível de
tensão do ônibus DC (Vônibus) (301) está dentro da
gama de funcionamento normal; habilitar permissão de
desativação do helicóptero (201); desativação dos
diferentes estados de funcionamento (304) do helicóptero
(201) em função do nível de tensão do ônibus DC
(Vônibus) (301) e da corrente de entrada do ônibus DC
(Ino.ônibus) desde o gerador.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para: **“MÉTODO DE CONTROLE DE UM CONVERSOR DE POTÊNCIA”.**

OBJETO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere a um método para operar um conversor de potência associado a um gerador, e mais concretamente a geradores de turbinas eólicas.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Atualmente, a energia eólica tem se consolidado como a mais firme alternativa as fontes de energia convencionais. Esta consolidação é devida a uma maturidade na tecnologia utilizada, o que tem possibilitado um crescimento espetacular no número de aerogeradores e parques eólicos instalados. Entretanto, este crescimento pode ser freado por problemas de integração a rede elétrica, devido ao alto grau de penetração da energia eólica na mesma.

Um dos principais problemas que apresentam os aerogeradores está relacionado com o seu comportamento diante de eventos produzidos na rede elétrica, tais como quedas de tensão. É por isso que hoje em dia a maioria dos países tem sido forçados a regular o compartimento dos aerogeradores diante destas quedas de tensão, cada vez de maneira mais estrita.

Grande parte das turbinas eólicas instaladas empregam sistemas duplamente alimentados (DFIG – *Doubly Fed Induction Generator*) e “full converter” (FC). Ambas tecnologias se baseiam em um gerador elétrico conectado a rede através de um conversor do tipo “back-to-back” ou conversor CA/CC/CA (corrente alternada – corrente contínua – corrente alternada). No caso dos sistemas DFIG, o conversor está conectado entre o rotor do gerador e a rede elétrica, enquanto que no caso dos sistemas FC o conversor está conectado entre o estator do gerador e a rede elétrica.

O dito conversor CA/CC/CA compreende basicamente um conversor do lado do gerador e um conversor do lado da rede, ambos conectados por meio de um barramento DC (Direct Current – corrente contínua).

Um dos inconvenientes principais dos ditos geradores é seu comportamento diante dos eventos de rede, especialmente diante de quedas de tensão. No caso dos sistemas DFIG, as ditas quedas de tensão provocam o aparecimento de elevadas correntes transitórias no conversor do lado do gerador, as quais podem ocasionar graves danos no dito conversor, chegando inclusive a destruí-lo. No caso dos sistemas FC, o aparecimento de quedas de tensão limita a evacuação de potência à rede.

Uma das soluções convencionais mais utilizadas para fazer frente a este inconveniente é incluir um *chopper* no barramento DC. Operar uma carga de forma controlada para evacuar potência de um barramento de contínua de um conversor de potência tem sido feito há décadas, por exemplo, em variadores de velocidades. Na figura 1

se representa esta solução que forma parte do estado da técnica (Fonte: *Power electronics: converters, applications, and design*, Ned Mohan, Ed. John Wiley & Sons, 1989, Página 421, Figura 14-20 (a)).

Um exemplo de método de operação de um *chopper* se descreve na JP7194196. O dito *chopper* inclui vários ramos resistivos que se ativam e desativam em função de um nível de tensão no barramento DC.

Outros exemplos de funcionamento de um *chopper* se encontram na patente americana US 7015595, que descreve um método e um sistema de operação de um *chopper*. Igualmente, o pedido de patente US2009079193A1 descreve um método de controle de um *chopper* com dois ramos.

A maioria dos controles associados a um *chopper* implementam um controle de histerese. O controle de histerese é um controle simples que ativa ou desativa o *chopper* em função de dois níveis pré-estabelecidos de tensão do barramento DC do conversor de potência. No caso de que o conversor se utilize de uma aplicação de conexão a rede na qual se exige uma resposta rápida diante de redes transitórias, este controle não permite dinâmicas suficientemente rápidas, de forma que a tensão de barramento pode sair da gama de condições normais de funcionamento.

Outra solução que propõe o estado da técnica é controlar o *chopper* mediante uma modulação PWM (*Pulse-Width Modulation*). Mediante esta modulação se consegue ter um nível de tensão do barramento ao nível desejado, mas exige um *hardware* de controle mais complicado e custoso que a solução que se propõe nesta invenção.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

A invenção propõe um método de controle que resolve os inconvenientes anteriormente citados proporcionando um sistema de geração elétrica que otimiza o funcionamento e o controle de geradores elétricos, preferencialmente geradores de turbinas eólicas, diante de eventos produzidos na rede elétrica, tais como quedas de tensão ou sobretensões.

O método da presente invenção está destinado a controlar um *chopper* localizado no barramento DC do conversor de potência. Para isso, não somente se vigia a tensão do barramento DC (como nos controles por histerese do estado da técnica) mais também a corrente de entrada no barramento DC desde o gerador ou desde a rede. Deste modo, isso dá ao sistema uma maior observação que permite se antecipar a brusca variação da tensão do barramento DC no caso de que se produza um trânsito na rede ou no gerador.

Como consequência, se consegue reduzir o tempo de resposta do controle do *chopper*, o que permite manter a tensão do barramento DC dentro da gama de operação normal em todo o momento, evitando a parada ou desconexão do sistema.

Por exemplo, diante de uma queda de tensão na rede, em um sistema tipo DFIG se produz uma corrente transitória no rotor do gerador que, por sua vez, gera uma sobretensão de barramento. O fato de vigiar a corrente de entrada ao barramento DC desde o gerador permite prever a variação que vai usufruir a tensão do barramento DC de forma que o

5 *chopper* se ative sem esperar que a tensão do barramento DC supere um determinado limiar. De modo igual, se a corrente de entrada ao barramento DC decresce, o método de controle permite desativar o *chopper* sem esperar que a tensão do barramento DC seja inferior a um determinado limiar.

Com este método, se consegue um comportamento similar ao dos outros sistemas

10 que apresentam um *hardware* de controle mais complexo, e que empregam métodos de controle baseados em técnicas de modulação PWM.

O método de controle do sistema *chopper* compreende as seguintes etapas:

- detectar que o nível de tensão do barramento DC supera o limite máximo estabelecido de funcionamento em condições normais,
- 15 - habilitar permissões de ativação do *chopper*,
- ativação dos diferentes estados de funcionamento do *chopper* em função do nível de tensão do barramento DC e da corrente de entrada do barramento DC desde o gerador ou desde a rede,
- detectar que o nível de tensão do barramento DC está dentro da gama de
- 20 funcionamento normal,
- habilitar permissão de desativação do *chopper*,
- desativação dos diferentes estados de funcionamento do *chopper* em função do nível de tensão do barramento DC e da corrente de entrada no barramento DC desde o gerador ou desde a rede.

25 A corrente de entrada do barramento DC desde o gerador ou desde a rede se obtêm a partir algum dos seguintes valores:

- a corrente medida no gerador,
- a corrente medida no conversor do lado da rede,
- a corrente medida no conversor do lado do gerador, e
- 30 - a corrente medida no barramento DC.

Entende-se por condições normais aquelas em que a tensão do barramento DC toma valores dentro da gama de funcionamento estabelecido pelo controlador geral do conversor de potência.

Em uma modalidade preferencial da presente invenção, o *chopper* compreende

35 vários ramos. Com base ao nível de corrente medido, se determina se a desativação de ao menos um dos ramos do *chopper* pode provocar uma sobretensão perigosa para o correto funcionamento do barramento DC.

Segundo um exemplo da presente invenção, com base ao nível de corrente medido, se determina se a conexão de algum dos ramos do *chopper* pode fazer com que a tensão do barramento DC decresça abaixo do limiar mínimo para manter o controle (mínima tensão de operação). A mínima tensão de operação deverá ser tal que funcione dentro dos

5 limites de segurança, para o que deverá se ter em conta tanto a tensão da rede, como a imposta pelo gerador. Esta tensão, seja a do rotor em topologias duplamente alimentadas, seja a do estator em topologias de conversor total, está por sua vez imposta pela velocidade de giro.

Em uma modalidade preferida, a determinação da ativação do *chopper* se realiza

10 em função do nível de tensão do barramento DC e/ou nível de corrente de entrada no barramento DC.

De acordo com outra modalidade preferencial, o controle do sistema *chopper* se realiza através de um controlador dependente ou independente do controlador do conversor de potência.

15 DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

Para complementar a descrição que se está realizando e com o objetivo de ajudar em uma melhor compreensão das características da invenção, de acordo com um exemplo preferencial de uma modalidade prática da mesma, se acompanha como parte integrante da dita descrição, um jogo de figuras onde, com caráter ilustrativo e não limitativo, se

20 representa o seguinte:

Figura 1 – mostra uma representação geral do estado da técnica de um *chopper*.

Figura 2 – mostra um sistema geral do estado da técnica de um *chopper* com vários ramos.

Figura 3 – mostra um diagrama de controle segundo uma realização preferencial da

25 invenção.

Figura 4 – mostra um método de controle de uma realização preferencial da invenção aplicada a um *chopper* de “n” ramos.

MODALIDADE PREFERENCIAL DA INVENÇÃO

Descreve-se a seguir uma modalidade preferencial da presente invenção, tendo em

30 conta as figuras citadas anteriormente.

Na figura 1 se representa um *chopper* (101) dentro do conversor de potência (100), que forma parte do estado da técnica.

Por outro lado, na figura 2 se pode apreciar um sistema de *chopper* (201) composto por vários ramos (1...n). Cada um dos ramos (1...n) compreende por sua vez ao menos um

35 elemento de comunicação (202) em série, com ao menos um elemento resistivo (203). Na dita figura 2 se mostra que o elemento de comutação (202) é um transistor IGBT com um

diodo em antiparalelo. Igualmente, o elemento resistivo (203) pode ser uma resistência, ou uma resistência com um diodo em paralelo.

Na figura 3 se representa o diagrama geral de controle do *chopper* (201) segundo uma modalidade preferencial da invenção, que compreende as seguintes etapas a partir da

5 leitura da tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301):

- se o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) supera o limite máximo ($V_{\text{barramento}} > V_{\text{barramentomáximo}}$) estabelecido de funcionamento em condições normais, se habilita a permissão de ativação do *chopper* (*chopper_execução=on*) (303) mediante um bloqueio de histerese (302),

10 - ativação dos diferentes estados de funcionamento (304) ($c_1 \dots c_m$) do *chopper* (201) em função do nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) e da corrente de entrada no barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) desde o gerador (I_{gerador}) ou desde a rede (I_{rede}). Se entende por estados de funcionamento (304) ($c_1 \dots c_m$) os diferentes níveis de resistência equivalente ($Req_1 \dots Req_m$) que se podem conseguir mediante a ativação ou desativação

15 ($p_1 \dots p_n$) dos diferentes ramos ($1 \dots n$) do *chopper* (201). Por exemplo, quando o número de ramos é 4 ($n=4$) se podem conseguir até 16 valores de resistência equivalente diferentes ($m=16$), ou seja, 16 estados de funcionamento (304),

- em função do estado de funcionamento (304) ($c_1 \dots c_m$) obtidos se determinam a partir da tabela (305) as ativações ou desativações ($p_1 \dots p_n$) dos ramos ($1 \dots n$) do *chopper*

20 (201) necessárias,

- se o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) está abaixo do nível de tensão de barramento mínimo ($V_{\text{barramento}} < V_{\text{barramentominimo}}$), se habilita a permissão de desativação do *chopper* (201) (*chopper_execução=off*) (303) mediante o bloqueio de histerese (302).

25 Em uma modalidade preferencial, a determinação da ativação do *chopper* (201) se realiza em função do nível de corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$).

Na presente modalidade deve se entender por condições normais aquelas em que a tensão de barramento ($V_{\text{barramento}}$) está dentro da gama estabelecida pela tensão de barramento mínima ($V_{\text{barramento}}$) e a tensão de barramento máxima ($V_{\text{barramentomáximo}}$).

30 Na figura 4 se detalha o método de controle de outra realização preferencial da invenção. Se o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) supera o limite máximo ($V_{\text{barramento}} > V_{\text{barramentomáximo}}$) estabelecido de funcionamento em condições normais, se habilita a permissão de ativação do *chopper* (*chopper_execução=on*) (303) mediante um bloqueio de histerese (302). Dependendo do nível de corrente de entrada do barramento DC

35 ($I_{\text{in.barramento}}$) medida, se distinguem duas seqüência de controle diferentes:

- se a corrente de entrada no barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) supera uma porcentagem determinada da corrente nominal, se determina o valor de resistência equivalente

(Req₁...Req_m) a conectar com base ao nível de tensão de barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) alcançado segundo a tabela de estados de funcionamento (304).

- se a corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) está abaixo de uma porcentagem determinada da corrente nominal, se determina o valor de resistência equivalente (Req₁...Req_m) a conectar com base ao nível de tensão de barramento ($V_{\text{barramento}}$) (301) alcançado segundo a tabela de estados de funcionamento (304), mas se limita o estado a um estado mínimo (401), (no exemplo, para o estado 5).

Desta forma não se conectará uma resistência inferior a um valor de resistência mínimo (no exemplo, 1Ω), que provocaria um consumo de corrente excessivo e uma queda de tensão de barramento DC (301) por baixo da gama de funcionamento normal.

Uma vez determinado o valor de resistência equivalente que é necessário conectar, se determina a partir da tabela (305) a ativação ou desativação (p₁...p_n) dos diferentes ramos (1...n) do *chopper* (201).

Com o *chopper* (201) conectado, conforme a tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) vai decrescendo, se desativam os ramos (1...n) do *chopper* (201) que corresponda segundo os estados determinados na tabela (305). Dependendo do nível de corrente de entrada no barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) medido, se distinguem duas seqüências de controles diferentes:

- se a corrente de entrada no barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) supera uma porcentagem determinada da corrente nominal se obriga a passar de um estado de resistência equivalente ao seguinte maior seqüencialmente (402). Este aumento de resistência progressivo evita que um corte repentino da corrente provoque sobretensões que poderão danificar o sistema. Não se habilitará a permissão de desconexão alterando entre estados não consecutivos (R_{controle}).

- se a corrente de entrada no barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) está abaixo de uma porcentagem determinada da corrente nominal, ou o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) é suficientemente baixo (403), o processo seqüencial de desconexão do *chopper* (201) pode provocar que a tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) decresça por baixo do nível mínimo permitido dentro da gama de funcionamento. Neste caso, se permitirá o salto de uma resistência equivalente a outra não consecutiva. Se habilitará a permissão de desconexão alterando entre estados consecutivos (R_{controle}).

Uma vez o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) esteja abaixo do nível de tensão do barramento mínimo ($V_{\text{barramento}} < V_{\text{barramentomínimo}}$), e todos os ramos (1...n) do *chopper* (201) tenham sido desativados, se habilita a permissão de desativação do *chopper* (201) (*chopper_execução*=off) (303) mediante um bloqueio de histerese (302).

Na tabela 1 seguinte se mostram os diferentes estados de funcionamento (304) em função dos valores de resistência equivalentes.

Estado	Req (Ω)	V _{barramento}
1	0,50	1,125<=V
2	0,57	1,08<=V<1,125
3	0,67	1,07<=V<1,08
4	0,80	1,06<=V<1,07
5	1,00	1,05<=V<1,06
6	1,33	1,04<=V<1,05
7	2,00	1,03<=V<1,04
8	4,00	1,02<=V<1,01

Tabela 1

No exemplo foi considerado um *chopper* (201) com quatro ramos (n=4) com os seguintes valores de resistência R1=1 Ω , R2=2 Ω , R3=R4=4 Ω . A partir destes valores de resistências, se obtêm 8 valores de resistências equivalentes distintos (Req):

$$Req = \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

5

Por outro lado, na tabela 2 mostrada a seguir, se representam as ativações ou desativações (305) dos ramos (1...n) de um *chopper* (201), onde 1 é o ramo ativado e 0 é o ramo desativado. Na dita tabela 2 são mostrados os diferentes estados obtidos para quatro ramos (n=4), com os valores de resistência indicados anteriormente. O estado 9 se corresponde com a desativação de todos os ramos (1...n) do *chopper* (201).

10

R1 (1 Ω)	R2 (2 Ω)	R3 (4 Ω)	R4 (4 Ω)	ESTADO
1	1	1	1	1
1	1	1	0	2
1	1	0	1	2
1	1	0	0	3
1	0	1	1	3
1	0	1	0	4
1	0	0	1	4
1	0	0	0	5
0	1	1	1	5
0	1	1	0	6
0	1	0	1	6
0	1	0	0	7
0	0	1	1	7
0	0	1	0	8

0	0	0	1	8
0	0	0	0	9

Tabela 2

- Em outra modalidade preferencial, além do nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301), se levará em conta também a corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) para determinar a ativação do *chopper* (201). Deste modo, se fornece ao sistema
- 5 uma maior observação que permite se antecipar a brusca variação da tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) no caso de um trânsito na rede ou no gerador.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de controle de um conversor de potência associado a um gerador, apresentando o dito conversor um *chopper* (201) em um barramento de DC **caracterizado** pelo fato de que compreende as seguintes etapas:

- 5 - detectar que o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) supera o limiar que determina a ativação do *chopper* (201)
 - habilitar permissão de ativação do *chopper* (201),
 - ativação dos diferentes estados de funcionamento (304) do *chopper* (201) em função do nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) e a corrente de entrada do
 - 10 barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) desde o gerador ou desde a rede,
 - detectar que o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) é inferior ao limiar que determina a desativação do barramento (201),
 - habilitar permissão de desativação do barramento (201),
 - desativação dos diferentes estados de funcionamento (304) do barramento (201)
 - 15 em função do nível de tensão do ônibus DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) e da corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) desde o gerador ou desde a rede.

2. Método de controle, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) se obtém a partir de um valor selecionado entre:

- 20 - a corrente medida no gerador
- a corrente medida no conversor do lado da rede,
- a corrente medida no conversor do lado do gerador, e
- a corrente medida no barramento DC.

3. Método de controle, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato

25 que se ativa e desativa um *chopper* (201) que compreende vários ramos (1...n).

4. Método de controle, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que os diferentes níveis de resistência equivalente ($Req_1...Req_m$) se conseguem a partir da ativação ou desativação ($p_1...p_n$) dos ramos (1...n) do *chopper* (201).

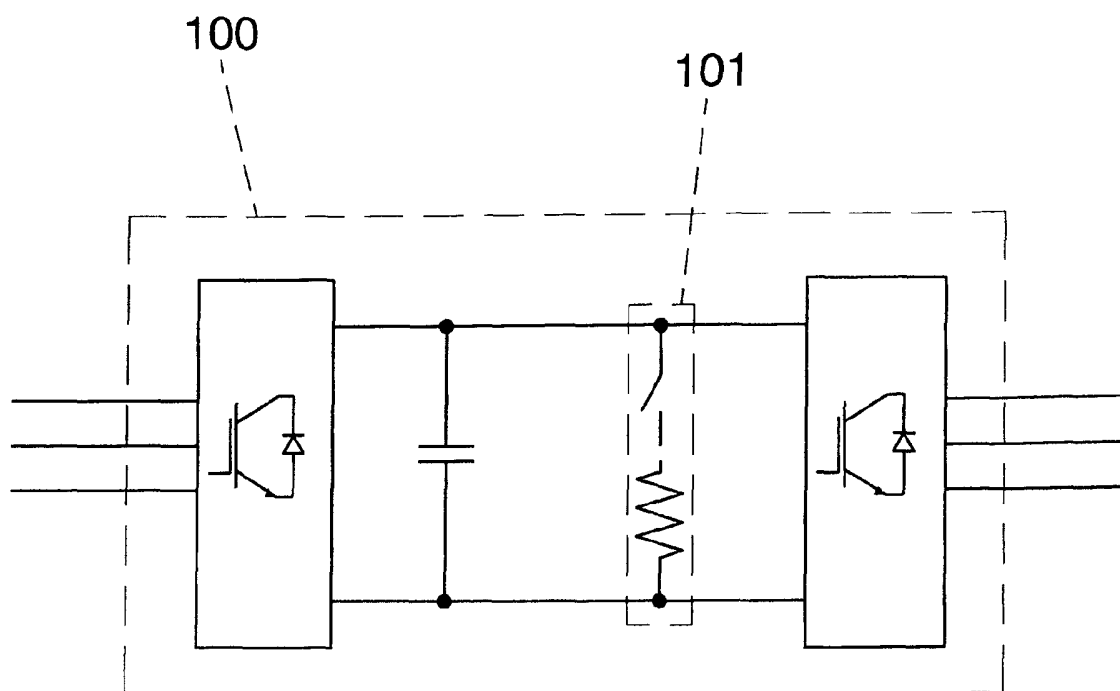
5. Método de controle, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de

30 que a determinação da ativação do *chopper* (201) se realiza em função do nível de corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$).

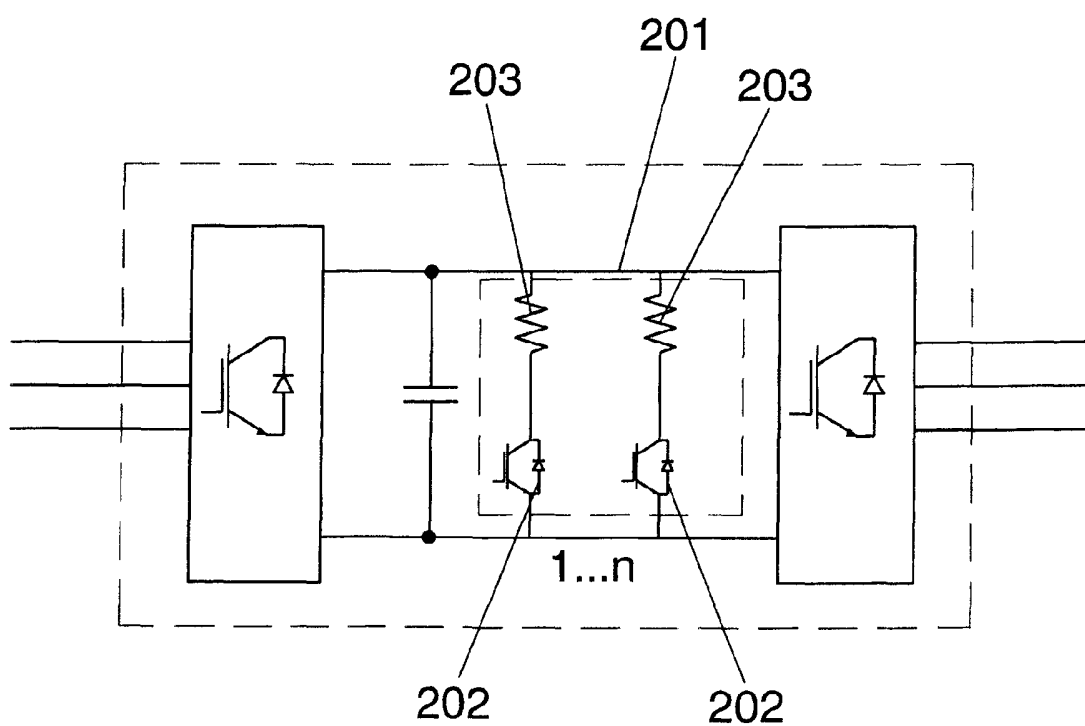
6. Método de controle, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que se a corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) supera uma porcentagem determinada da corrente nominal, se determina o valor de resistência equivalente

35 ($Req_1...Req_m$) a conectar com base ao nível de tensão do barramento ($V_{\text{barramento}}$) (301) alcançado.

7. Método de controle, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que se a corrente de entrada do barramento DC ($I_{in.barramento}$) está abaixo de uma porcentagem determinada da corrente nominal, se determina o valor de resistência equivalente ($Req_1...Req_m$) a conectar com base no nível de tensão do barramento DC ($V_{barramento}$) (301) alcançado e se estabelece um valor de resistência mínimo.
8. Método de controle, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que se a corrente de entrada do barramento DC ($I_{in.barramento}$) supera uma porcentagem determinada da corrente nominal que se obriga a passar de um estado de resistência equivalente ao seguinte maior sequencialmente.
9. Método de controle, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que se a corrente de entrada do barramento DC ($I_{in.barramento}$) está abaixo de uma porcentagem determinada da corrente nominal, ou o nível de tensão do barramento DC ($V_{barramento}$) (301) é suficientemente baixo, que se permita o salto de uma resistência equivalente ($Req_1...Req_m$) a outra não consecutiva.



ESTADO DA TÉCNICA
FIGURA 1



ESTADO DA TÉCNICA
FIGURA 2

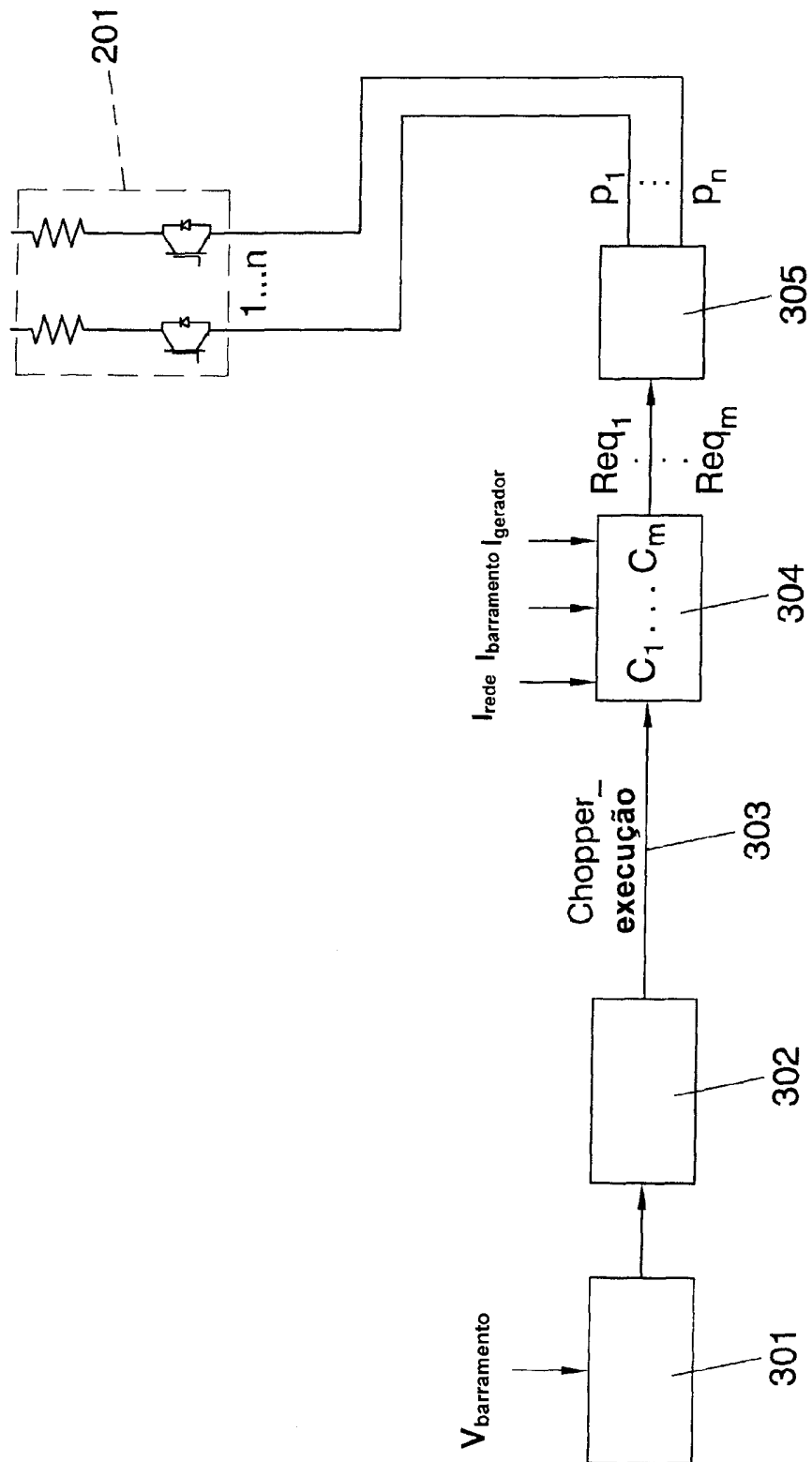


FIGURA 3

Resumo da Patente de Invenção para: **“MÉTODO DE CONTROLE DE UM CONVERSOR DE POTÊNCIA”**.

Otimiza o funcionamento e o controle de geradores elétricos perante eventos produzidos na rede elétrica, tais como quedas de tensão ou sobretensões, compreendendo

5 as seguintes etapas: detectar que o nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) supera o limite máximo estabelecido de funcionamento em condições normais; habilitar permissão de ativação do *chopper* (201); ativação dos diferentes estados de funcionamento (304) do *chopper* (201) em função do nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) e da corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) desde o gerador; detectar que o nível

10 de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) está dentro da gama de funcionamento normal; habilitar permissão de desativação do *chopper* (201); desativação dos diferentes estados de funcionamento (304) do *chopper* (201) em função do nível de tensão do barramento DC ($V_{\text{barramento}}$) (301) e da corrente de entrada do barramento DC ($I_{\text{in.barramento}}$) desde o gerador.