



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

(21) **PI0617829-4 A2**



(22) Data de Depósito: 03/10/2006
(43) Data da Publicação: 09/08/2011
(RPI 2118)

(51) *Int.Cl.:*
H02H 3/06 2006.01

(54) Título: **MÉTODO PARA FECHAR UM CIRCUITO DE DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA, E, FECHADOR TESTADOR DE CIRCUITO**

(30) Prioridade Unionista: 27/10/2005 US 60/730619, 26/04/2006 US 60/794970, 26/04/2006 US 60/794970, 27/10/2005 US 60/730619

(73) Titular(es): S & C Electric Co.

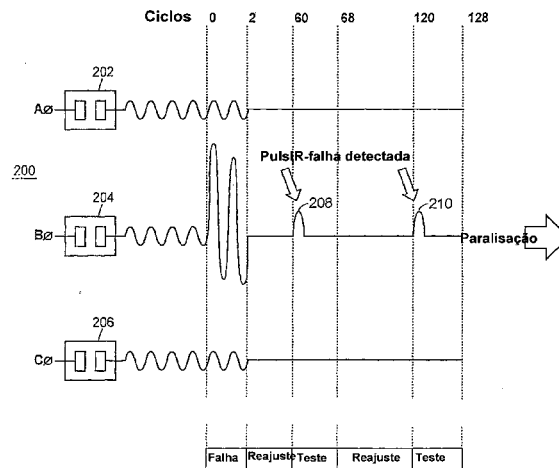
(72) Inventor(es): Alejandro Montenegro, Christopher R. Lettow, John C. Opfer, Raymond P. O'Leary

(74) Procurador(es): MOMSEN, LEONARDOS & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2006038472 de 03/10/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/050241 de 03/05/2007

(57) Resumo: MÉTODO PARA FECHAR UM CIRCUITO DE DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA, E, FECHADOR TESTADOR DE CIRCUITO. Um fechador testador de circuito é capaz de fechar um circuito de distribuição de potência e interromper a corrente resultante no próximo zero de corrente. Ao detectar uma falha, o fechador testador de circuito é operável para abrir contatos para isolar a falha. A seguir, o fechador testador de circuito testa as linhas falhadas para determinar se a falha foi removida. O fechador testador de circuito pode gerar um primeiro sinal de teste tendo uma primeira polaridade e um segundo sinal de teste tendo uma segunda polaridade oposta à primeira polaridade. Geração do segundo sinal de teste pode ser limitada a ocorrer quando o primeiro sinal de teste indica uma falha.



“MÉTODO PARA FECHAR UM CIRCUITO DE DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA, E, FECHADOR TESTADOR DE CIRCUITO”

Campo Técnico

Esta patente relaciona-se a aparelho e métodos provendo uma
5 função de teste de circuito antes de fechamento de circuito.

Fundamento

Dispositivos interruptores e refeitores de circuito
funcionam para isolar uma condição de falha em um sistema de
distribuição de potência e na remoção da condição de falha para re-fechar
10 o circuito. Falhas em um sistema de distribuição de potência podem
ocorrer por qualquer número de razões e são tipicamente passageiras.
Detecção e isolamento da falha diminuem dano ao sistema como resultado
da falha. Re-fechamento automático do circuito seguindo uma falha
retorna o sistema de distribuição de potência à operação normal
15 rapidamente e sem intervenção de operador.

Dispositivos de refeitador podem ser projetados para
operar depois de uma interrupção de falha para re-fechar a linha ou linhas
falhadas. Seguindo re-fechamento, se a falha não for removida, o
dispositivo de refeitador detectará a falha e operará novamente para abrir
20 e isolar a falha. Este processo de fechar, sentir falha e reabrir pode ocorrer
várias vezes antes que seja determinado que a falha é persistente, isto é, é
uma falha requerendo alguma intervenção reparadora, e o refeitador
tranca para isolar a falha.

O processo de re-fechamento em uma falha, porém, pode ter o
25 efeito prejudicial de sujeitar repetidamente o circuito de distribuição de
potência e qualquer carga conectada à corrente de falha e outras anomalias de
corrente potencialmente prejudiciais. Dada a natureza operacional de fechar,
sentir, reabrir do dispositivo de refeitador, isto pode ocorrer várias vezes
antes que a falha seja removida ou o refeitador seja trancado.

Breve Descrição dos Desenhos

Figura 1 é um diagrama de circuito ilustrando uma linha única de uma arquitetura de distribuição de potência e uma falha de única linha dentro da arquitetura de distribuição de potência.

5 Figura 2 é uma ilustração gráfica de uma forma de onda de corrente de falha e uma seqüência de pulso de teste correspondente determinando uma falha de linha persistente.

10 Figura 3 é uma ilustração gráfica de uma forma de onda de corrente de falha e uma seqüência de pulso de teste correspondente determinando uma falha de linha passageira e restauração de serviço.

Figura 4 descreve um fluxograma ilustrando um processo para teste de falha e restauração de serviço.

Figura 5 é uma ilustração gráfica de uma forma de onda de malha de tensão e corrente responsiva a um pulso de teste.

15 Figuras 6 e 7 são ilustrações gráficas adicionais de uma forma de onda de corrente responsiva a um pulso de teste indicando uma falha persistente e uma falha passageira para uma dada condição de carga.

20 Figura 8 é uma vista de seção transversal esquemática de um fechador testador de circuito adaptado para prover um pulso de teste de acordo com uma das concretizações descritas aqui.

Figura 9 é uma vista aumentada de uma porção de atuador do fechador testador de circuito ilustrado na Figura 8.

25 Figura 10 é uma vista aumentada de uma concretização alternada de uma porção de atuador adequada para uso no fechador testador de circuito ilustrado na Figura 8.

Figura 11 é uma vista de seção transversal esquemática de um fechador testador de circuito adaptado para prover um pulso de teste de acordo com outra das concretizações descritas aqui.

Figura 12 é uma vista de seção transversal esquemática do

fechador testador de circuito ilustrado na Figura 11 em um estado atuado.

Figura 13 é um diagrama de bloco de um fechador testador de circuito de acordo com outra das concretizações descritas aqui.

Figura 14 é uma representação esquemática de uma concretização de uma porção do fechador testador de circuito da Figura 13.

Descrição Detalhada

Um fechador testador de circuito é capaz de fechar um circuito de distribuição de potência de média tensão (MV) e interromper a corrente resultante no próximo zero de corrente. O fechador testador de circuito tem medições de corrente e tensão a sua disposição, tanto como elementos sensores integrais ou como provido por elementos sensores externos. Ao detectar uma falha de linha, o fechador testador de circuito é operável para abrir contatos para isolar a falha. A seguir, o fechador testador de circuito testa a linha falhada para determinar se a falha foi removida. Se a falha foi removida, o fechador testador de circuito re-fecha a linha restabelecendo serviço. Fechamento pode ser realizado de uma maneira para minimizar anomalias de corrente. Se a falha for persistente, depois que o protocolo de teste é completado, o fechador é trancado, isolando a falha até que consertos possam ser feitos.

Um fechador testador de circuito de acordo com uma ou mais das concretizações descritas aqui pode incorporar um controlador e um meio legível por máquina contendo um programa operacional, ou pode ser ligado apropriadamente a um controlador incluindo um meio legível por máquina contendo um programa operacional, por exemplo, através de comunicação sem fios.

O controlador permite ao fechador testador de circuito seguindo isolamento de falha testar sistematicamente o circuito de distribuição de potência antes de re-fechamento. Teste sistemático pode incluir uma seqüência de fechamentos breves gerando pulsos de teste de

corrente que podem ser avaliados para determinar o estado de falha da linha. Além disso, o controlador pode coordenar a temporização de pulso e re-
fechamento de linha subsequente para reduzir a possibilidade de anomalias de
corrente e assegurar extinção do arco resultando da malha de corrente de
5 teste.

Se referindo à Figura 1, um sistema de distribuição de potência
100 inclui uma energia elétrica de fonte de corrente alternada 102. Como
descrito na Figura 1, a fonte é um transformador abaixador 104 de uma fonte
de distribuição de alta tensão que é provida por uma fonte de geração (não
10 descrita) que alimenta uma rede de distribuição secundária 106. A rede de
distribuição secundária inclui um barramento de distribuição 108 acoplado ao
transformador 104 por um fusível ou dispositivo de disjuntor 110. O
barramento de distribuição 108 alimenta uma pluralidade de linhas de
distribuição 112, 114, 116 e 118, cada uma das quais está acoplada ao
15 barramento de distribuição por um fusível ou dispositivo de disjuntor, por
exemplo, dispositivos 120. Para propósitos de ilustração, uma pluralidade de
cargas indutivas/resistivas típicas, por exemplo, cargas, são acopladas à linha
de distribuição 112 por um fusível ou dispositivo de disjuntor, por exemplo,
dispositivos 122 como são cargas capacitivas 124. A linha 112 pode ser
20 segmentada em uma primeira porção 126 e uma segunda porção 128 por um
fechador testador de circuito 130. A linha 112 também pode se conectar a
uma segunda fonte de energia elétrica (não descrita) por um outro fechador
testador de circuito 132. Além disso, as linhas são mostradas como
condutores únicos, mas será apreciado que as linhas podem representar
25 múltiplas fases, por exemplo, três fases, de um sistema de distribuição de
potência de corrente alternada de múltiplas fases. Em tal arranjo, um fechador
testador de circuito é tipicamente provido para cada fase.

Se a linha 112, ou quaisquer das fases da linha 112, estiver
falhada, por exemplo por um acoplamento a terra 134, o fechador testador de

circuito 130 é operável para detectar a falha 134 e abrir para isolar a falha da fonte de energia. Se a falha fosse para ocorrer entre o fechador testador de circuito 130 e a fonte de energia, o fechador testador de circuito seria operável para isolar a segunda porção 128 da linha 112 da fonte de energia de forma que a segunda porção 128 possa ser acoplada à segunda fonte de energia fechando o fechador testador de circuito 132, por esse meio restabelecendo pelo menos serviço parcial dentro da rede de distribuição de potência 100.

O fechador testador de circuito 130 pode operar para detectar a falha de qualquer maneira adequada e conhecida, por exemplo, detectando corrente acima de um valor de limiar por um número predeterminado de ciclos. A maneira pela qual o fechador testador de circuito 130 detecta a falha inicial 134 não é importante para a operação global do fechador testador de circuito 130, e qualquer método de detecção de falha adequado pode ser empregado. Se referindo à Figura 2, em uma rede de distribuição de potência trifásica 200 há três fases 202, 204 e 206. Uma falha é descrita na fase 204 pelo corrente de excesso existindo por pelo menos dois ciclos. A falha resulta nos fechadores testadores de circuito, por exemplo fechadores testadores de circuito 130, associados a cada uma das três fases 202, 204 e 206 abrindo para isolar a falha. A seguir, os fechadores testadores de circuito começam um procedimento para determinar se a falha está removida antes de começar um processo de re-fechamento.

Enquanto o processo de teste poderia começar com quaisquer das três fases, pode ser possível prever em qual fase a falha ocorreu e começar o processo com essa fase. Sem tal conhecimento, um processo de tentativa e erro pode ser usado. Quer dizer, a primeira fase 202 pode ser testada, e se nenhuma falha achada, a segunda fase 204 pode ser testada e assim por diante até que tanto uma fase seja achada com uma falha persistente ou todas as três fases testam sem falha, indicando que a falha foi removida. Figura 2 ilustra teste de linha por meio de um pulso de corrente, malha de

corrente de teste ou "ping". O pulso de corrente é gerado fechando o fechador testador de circuito de uma maneira controlada e por um período breve de tempo, por exemplo, uma fração de ciclo. O pulso de corrente resultante é analisado, e a existência de uma falha na fase é confirmada. Como mostrado na Figura 2, a fase 204 é testada duas vezes através de um período de aproximadamente 60 ciclos, ou 1 segundo, com ambos os testes indicando uma falha. Como resultado, os fechadores testadores de circuito para cada uma das fases 202, 204 e 206 são trancados até que medidas reparadoras possam ser tomadas para remover a falha persistente.

10 Através de "pinging" das fases, só uma pequena malha de corrente de teste transiente é gerada, por exemplo, malhas de corrente de teste 208 e 210 na Figura 2. Estas pequenas malhas de corrente transientes não introduzem o esforço na rede de distribuição de potência 200 que fechando simplesmente a linha na falha causaria. As malhas de corrente de teste são
15 suficientes para determinar se a falha foi removida ou se é persistente. O primeiro 'ping' pode ocorrer logo após da falha inicial, com os 'pings' subsequentes sendo espaçados igualmente em tempo ou de acordo com um programa em que um período de resto entre 'pings' é encurtado ou estendido como o caso pode ser.

20 Figura 3 ilustra a mesma situação como na Figura 2, com a exceção que pelo tempo que o fechador testador de circuito gera a segunda malha de corrente de teste, descrita como malha de corrente de teste 210', a falha foi removida. Contudo que as fases restantes estejam livres de falha, assumido para este exemplo, os fechadores testadores de circuito fecham cada
25 fase para restabelecer serviço à rede de distribuição de potência 200. Os fechadores testadores de circuito podem re-fechar as fases em uma seqüência predeterminada e/ou de acordo com um protocolo adequado para reduzir anomalias de corrente durante o processo de fechamento.

 Como apreciado da discussão precedente, os fechadores

testadores de circuito empregam um algoritmo ou protocolo para, seguindo isolamento de falha, testar e fechar para restabelecer serviço ou teste e trancamento se a falha detectada for persistente. Figura 4 ilustra um método 400 que pode ser empregado. Com as três fases fechadas, 402, o fechador 5 testador de circuito pode monitorar por uma falha ou outros sistemas de diagnóstico podem monitorar por falhas. Quer dizer, o fechador testador de circuito, tal como o fechador testador de circuito 130 pode incluir capacidade sensora suficiente para sentir e determinar a existência de uma falha na linha/fase à qual está conectado. Alternativamente, outro elemento de controle 10 pode ser disposto no sistema para sentir falhas e tomar decisões de controle. Em tal arranjo, o fechador testador de circuito 130 pode incluir uma ligação de comunicação ao elemento de controle para receber comandos operacionais e instruções para efetuar a operação do fechador testador de circuito 130.

Em qualquer caso, cada fase é monitorada para uma falha, 404. 15 Ausente uma falha em uma das três fases, o sistema continua monitorando por uma falha. Na ocorrência de uma falha, 404, o fechador testador de circuito pode determinar se abrir as fases em resposta à falha, 406. Se as fases forem para permanecer fechadas, o sistema continua monitorando por uma falha, 404. Caso contrário, o fechador testador de circuito para cada fase abre para 20 isolar a falha resultando em todas as três fases sendo abertas, 408 (ou isolamento de fase única se selecionado pelo usuário). O fechador testador de circuito então inicia um processo de teste para determinar se a falha é passageira ou persistente, e se persistente, em qual fase a falha ocorreu.

Uma determinação é feita primeiro de qual fase testar, 410. 25 Esta determinação pode ser baseada em ter uma ou mais fases já testadas e achadas serem livres de falha, e assim uma fase restante das fases não testadas é selecionada para ser testada. Inicialmente, o fechador testador de circuito e/ou elemento de controle pode ter conhecimento baseado em características operacionais da fase antes da falha de fase qual é provável ter falhado. Nesse

caso, pode determinar para primeiro teste a fase suspeita. Seguindo determinação da fase de teste, 410, o procedimento de teste começa. Além disso, pode ser desejável verificar o zero de tensão por contatos a serem fechados, isto é, os contatos de fechador. Uma alternativa é sentir o zero de
5 tensão na tensão de lado de fonte. Sentir tensão de lado de fonte tem a vantagem de só requerer sentir em um lado do fechador; porém, é menos preciso. Seleção de sentir tensão de cruzamento de contato mais precisa ou sentir tensão de lado de fonte pode depender do aparelho usado para gerar o pulso de teste.

10 Para determinar se a fase está experimentando uma corrente de falha ou uma corrente de carga, o fechador testador de circuito é operável para pulsar perto da fase para gerar um malha de corrente de teste. A malha de corrente de teste é indicativa de se a fase está falhada ou limpa. Para gerar a malha de corrente de teste, tensão pela fase é medida para determinar um zero
15 de tensão (V_0), 412. Determinar o zero de tensão permite à malha de corrente ser gerada a um ponto na onda de tensão tal que a malha de corrente gerada seja suficiente para avaliação, mas não gera uma malha de corrente excessivamente grande, como pode acontecer se a fase for fechada em uma falha e/ou a um ponto menos vantajoso na onda de tensão. Um ponto
20 vantajoso no seguinte de onda de tensão seguindo o zero de tensão é um ponto com uma tensão suficiente para romper isolamento fraco e se aproximando a zero para prover um zero de corrente logo depois que a corrente de pulso começa. Enquanto é vantajoso e desejável selecionar o ponto da onda de tensão para gerar a malha de corrente para ajudar a controlar as características
25 da malha de corrente, não é necessário selecionar a temporização como descrito.

Tendo determinado o zero de tensão, a malha de corrente pode ser gerada a um tempo t_1 seguindo o zero de tensão. A onda de tensão 500 ilustrada de na Figura 5 mostra o ponto 502 em uma porção descendente da

onda de tensão 500a um tempo t_1 seguindo o zero de tensão. A malha de corrente é gerada por fechando por pulso os contatos do fechador testador de circuito. Quer dizer, os contatos dentro do fechador testador de circuito são trazidos juntos por um período breve de tempo, uma fração de um ciclo, mas
5 suficientemente longo que uma malha de corrente seja gerada na fase, e então são separados. A malha de corrente 504 responsiva a fechar por pulso a fase também é ilustrada na Figura 5. A malha de corrente resultante é analisada para determinar se é indicativa de carga ou falha, 416. Quer dizer, várias características, por exemplo, a magnitude da malha de corrente, forma da
10 malha de corrente, deslocamento da malha de corrente, pode ser analisada para determinar se a fase está falhada.

Se as características observadas da malha de corrente forem indicativas de carga, e nenhuma condição de falha, e todas as fases estiverem desimpedidas, 418, então as três fases podem ser fechadas novamente, 420.
15 Neste momento, serviço é restabelecido, e todas as três fases são fechadas novamente, 402.

Se uma falha for indicada, a fase testada permanece aberta até um próximo intervalo de teste, 422. Porém, se a contagem de teste exceder um valor predeterminado, 424, por exemplo um número prefixado de testes
20 foi administrado, então a falha pode ser julgada ser persistente, e a fase é trancada, 426. Caso contrário, na expiração do intervalo de re-fechamento, 428, o processo de geração de malha de corrente se repete.

Relativo ao intervalo de re-fechamento, o intervalo pode consistir em um tempo constante, por exemplo, um período de tempo
25 selecionado na faixa de 0,5 - 15 segundos entre testes. Alternativamente, o intervalo pode variar. Por exemplo, o primeiro teste pode ser conduzido seguindo relativamente depressa a falha, por exemplo, dentro de cerca de 0,5 segundos. Se uma falha for detectada, o próximo teste pode ocorrer a cerca de 1,5 segundos e um terceiro teste a cerca de 15 segundos, etc. Os intervalos

exatos e como apropriado a taxa de aumento de tempo entre intervalos pode ser selecionada baseado na habilidade do fechador testador de circuito para reiniciar e pode estar pronto para outro teste, baseado em dados históricos em tempo médio até que uma falha passageira seja removida, ou baseado em outros dados adequados diferentes de dados característicos de dispositivo e/ou dados estatísticos de sistema históricos. O número de testes antes que a contagem de teste seja excedida pode ser especificado, por exemplo, paralisar depois de n testes. Alternativamente, a contagem de teste pode ser baseada em tempo de falha, por exemplo, paralisar m segundos depois da falha. Se a falha persistir como identificado por uma falha sendo indicada seguindo vários testes, outros diagnósticos podem ser conduzidos para determinar o tipo e localização da falha.

Enquanto um processo seqüencial é descrito, isto é, testar uma fase e então passar para uma próxima fase, é possível testar simultaneamente as fases. Nesse caso, os fechadores testadores de circuito para cada fase podem ser substancialmente simultaneamente pulsados fechados para gerar malhas de corrente de teste para análise. Além disso, enquanto o método 400 descreve re-fechar cada uma das três fases só depois que cada é determinada estar livre de falha, pode ser possível a re-fechar individualmente as fases depois de determinar que a fase está desimpedida e antes de passar para testar outras das fases.

As malhas de corrente 210, 210' e 504 nas ilustrações referenciadas acima são típicas onde há pequena ou nenhuma carga capacitiva tanto a montante ou a jusante do fechador testador de circuito. Uma malha de corrente resultando do fechamento por pulso do fechador testador de circuito onde existe carga capacitiva pode aparecer substancialmente diferente. Figura 6 ilustra malhas de corrente 602 e 604 responsivas a fechamento por pulso, isto é, "pinging" pelo fechador testador de circuito. Figura 6 ademais ilustra malhas de teste de corrente 602 e 604 em relação a uma corrente de falha 600.

Em cada caso, há uma carga de capacitiva a montante. A malha de teste 602 de corrente em magnitude e forma é indicativa de uma falha. A malha de teste 604 de corrente, por outro lado, é indicativa de carga depois de liberação de uma falha temporária. Figura 7 ilustra malhas de corrente de teste 702 e 704
 5 responsivas a fechamento por pulso, isto é, "pinging" pelo fechador testador de circuito. Figura 7 ademais ilustra malhas de corrente 702 e 704 em relação a uma falha de corrente 700. Em cada caso, há carga capacitiva a montante e a jusante. A malha de corrente de teste 702 em magnitude e forma é indicativa de uma falha. A malha de corrente de teste 704, por outro lado, é indicativa de
 10 carga depois de liberação de uma falha temporária.

Será apreciado que malhas de corrente de falha e carga para várias condições de carga podem ser caracterizadas e utilizadas pelo fechador testador de circuito para determinar uma condição de carga de uma condição de falha de uma fase testada. Por exemplo, uma corrente média relativamente
 15 alta proporcional à magnitude de corrente de curto-circuito, isto é, média $I_{\text{malha de teste}} > \alpha * I_{\text{curto-circuito}}$ indica um segmento de linha permanentemente falhado. Alternativamente, uma corrente média relativamente baixa em proporção à corrente de curto-circuito, isto é, $I_{\text{malha de teste}} < \alpha * I_{\text{curto-circuito}}$ média indicou um segmento linha não falhado. Porém, pode não ser sempre possível conhecer a
 20 corrente de curto-circuito, e portanto, pode não ser possível comparar a corrente de malha de teste à corrente de curto-circuito. Em tais casos, é possível definir o teste em termos de valores relativos. Por exemplo, uma corrente de malha de teste que é alta em comparação a um valor de limiar, por exemplo, 800 A, e/ou uma corrente de malha de teste que é alta em
 25 comparação a um valor de limiar mais baixo, por exemplo, 100 A, mas para uma duração mais longa de tempo, por exemplo, 4 ms para um ângulo de fechamento de 120°, indica um segmento permanentemente falhado. Uma corrente de malha de teste média relativamente baixa, menos que 100 A, por exemplo, ou por uma duração relativamente curta, menos que 4 ms, por

exemplo, pode ser indicativa de uma linha não falhada.

Outras características do pulso de corrente podem ser observadas para determinar a existência de uma falha permanente. Por exemplo, é possível observar a corrente de pico de pulso de corrente. Pico de corrente do pulso mais de 500 A pode indicar uma falha permanente. Alternativamente, a corrente de pulso pico, como uma porcentagem de corrente de falha de raiz quadrada média (RMS), mais de 33% pode indicar uma falha permanente. Pulsos com correntes de pico mais de $75 * \text{pulse_duration (ms)}$, e durações mais de 4 ms podem indicar uma falha permanente.

É possível observar a integral do pulso de corrente para indicar a existência de uma falha permanente. Por exemplo, um pulso com um carga mais de $2 \text{ A}^2\text{s}$ pode indicar uma falha permanente. Semelhantemente, um pulso com um carga mais de $0,001 \text{ vezes RMS_fault_current (A)}$ pode indicar uma falha permanente.

O número de mudanças no sinal da di/dt do pulso de corrente pode ser um indicador de uma falha temporária. A di/dt de um pulso tendo várias mudanças em sinal mais de 10 pode indicar uma falha temporária. Semelhantemente, a di/dt de um pulso tendo um número ímpar de mudanças em sinal também pode indicar uma falha temporária.

A tensão média no lado de carga durante o pulso de corrente pode ser um indicador de uma falha. Uma tensão de lado carga média durante o teste de circuito mais de 0,1 pu pode indicar uma falha temporária. Alternativamente, uma tensão média durante o teste de circuito mais de $0,033 * (\text{pulse_duration (ms)} - 4) + 0,05$ pode indicar uma falha temporária.

A energia do pulso de corrente pode ser um indicador de uma falha. Energia de pulso abaixo de $1333 * (\text{pulse_duration (ms)} - 4)$ e duração mais de 4 ms pode indicar uma falha permanente.

O pulso de corrente I^2t pode ser um indicador de uma falha.

Pulsos com um I^2t mais de 1000 A^2t podem indicar uma falha permanente. Pulsos com um I^2t mais de $0,5 \cdot (I_{\text{curto-circuito RMS-500}})$ também podem indicar uma falha permanente.

5 A corrente de carga de pré-falha contra corrente ou parâmetros de pulso de corrente e/ou a forma de onda do pulso de corrente pode indicar uma falha. Corrente de carga de pré-falha pode ser usada em combinação com outros parâmetros de pulso para aumentar precisão de detecção de falhas. Por exemplo, pulso com uma corrente média mais de 2·I carga de pré-falha RMS +100 pode indicar uma falha permanente. Relações semelhantes podem ser
10 achadas usando corrente e carga de pico.

A forma de onda de pulso e identificação de formas de onda particulares podem indicar uma falha permanente. Erros de sinal normalizados com um desvio-padrão mais de 0,1 indicam uma falha temporária. O erro de sinal pode ser definido como a diferença entre a
15 corrente de malha de teste de atual e a corrente de malha de teste ideal de um circuito indutivo puro. Semelhantemente, técnicas de identificação de forma de onda pulso podem ser usadas para estimar a magnitude de corrente de curto-circuito. Por exemplo, conhecendo o ângulo de pulso (θ) e a corrente média do pulso, é possível estimar a corrente de curto-circuito usando a
20 equação:

$$I_{RMS\text{curto-circuito}} = \frac{I_{\text{média}}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{(\pi - 2 \cdot \theta)}{\cos(\theta) - \cos(\pi - 2 \cdot \theta) \cdot \text{sen}(\theta)}$$

Baseado na magnitude estimada da corrente de curto-circuito é possível determinar se o alimentador está falhado ou não falhado para uma dada corrente de captação mínima. Alguém apreciará que várias combinações destas técnicas também podem ser empregadas.

25 O circuito desenergizado como resultado de isolamento de falha provavelmente conterà um ou mais transformadores de potência (por exemplo, Figura 1, 104). Em certas circunstâncias, os transformadores de potência podem conter um fluxo remanescente. Com reenergização inoportuna,

o núcleo de transformador pode ser levado a saturação, solicitando corrente como falha. Se isto ocorrer durante geração de uma malha de corrente para determinar persistência de falha, um fechador testador de falha pode indicar uma falha permanente onde nenhuma existe.

5 É possível evitar saturação de transformador durante geração do pulso de corrente configurando um fechador testador de falha, tais como quaisquer das concretizações descritas aqui de fechadores testadores de falha, para rastrear o fluxo em transformador. Fluxo de transformador pode ser determinado integrando a tensão de energização. Na desenergização, a
10 integral de tensão se torna invariável em tempo, e a magnitude e polaridade do integrando provêm uma indicação direta do fluxo remanescente. Escolher reenergizar quando a polaridade de tensão se opõe ao fluxo remanescente evita correntes transientes durante a energização inicial.

 Outro método para evitar interpretar mal corrente transiente de
15 transformador como corrente de falha é configurar o fechador testador de falha, tais como quaisquer das concretizações aqui descritas de fechadores testadores de falha, para pulsar duas vezes seqüencialmente, usando polaridades diferentes para cada pulso. Uma falha permitirá corrente de falha fluir durante ambos os pulsos, enquanto corrente transiente de transformador
20 não fluirá para ambas as polaridades. Porém, para evitar gerar dois pulsos durante cada ciclo de teste e limitar o número total de operações de pulso, pode ser possível usar uma única polaridade de pulso inicialmente e re-pulsar só se o primeiro pulso indicar uma possível falha. Um alternativa ainda ademais limitando o número total de pulsos é usar uma única polaridade de
25 pulso para todos menos o último pulso em uma seqüência de teste. Se uma falha ainda for indicada no último ou possivelmente próximo a último pulso de uma seqüência, o último pulso ou um re-pulso seguindo o último pulso pode ser então usado para confirmar uma possível falha.

 Como descrito, o fechador 130 pode incluir um controlador ou

ser acoplado a um controlador que incorpora um programa de controle para prover funcionalidade de teste de falha. Os vários testes descritos podem ser empregados com relação a estes controladores, ou com outros dispositivos de controle e técnicas de tomar decisão. Por exemplo, análise de transformação de ôndula e rede neural podem ser usadas para implementar estes ou outros algoritmos para determinar o estado de falha do segmento de linha testado. Em tal caso, o controlador é adaptado para discriminar efetivamente entre a forma de onda de pulso de corrente associada com linhas falhadas sob várias condições de falha e aquelas de linhas não falhadas. Precisão pode ser melhorada se saturação de transformadores a jusante for evitada durante o teste de circuito. A corrente transiente de transformador pode ter uma corrente de pico relativamente alta e pulsos de corrente de longa duração, tornando difícil discriminar falhas permanentes de falhas temporárias. Efeitos de saturação podem ser reduzidos selecionando o ângulo de fechamento inicial baseado na magnitude de fluxo. Assim, para um fluxo positivo, um ângulo de fechamento inicial aceitável está só antes da tensão zero seguindo a tensão de pico negativa, enquanto um fluxo negativo uma fechamento inicial só antes da tensão zero seguindo a tensão de pico positiva pode ser usada. Além disso, confusão se originando da corrente transiente de transformadores saturados pode ser reduzida testando com pulsos de corrente de ambas as polaridades. Linhas falhadas exibirão pulsos indicativos de uma falha com ambas as polaridades, enquanto uma indicação de uma falha devido a corrente transiente estará ausente de pelo menos uma polaridade.

Enquanto o antecedente descreve o algoritmo em uma base de fases únicas, para uso em sistemas aterrados, o algoritmo pode ser estendido para uso em sistemas não aterrados. Isto é realizado primeiro aplicando-o a duas fases (usando tensão de fase para fase - e fechando dois pólos simultaneamente) e então para o terceiro pólo - mas, só se os primeiros dois forem mostrados estarem não falhados (usando tensão de fase para terra).

O sistema de distribuição de potência 100 e o método descrito em conexão com isso e com relação às Figuras 2-4 empregam um fechador testador de circuito, por exemplo, fechador testador de circuito 130. O fechador testador de circuito pode ser um dispositivo mecânico, dispositivo eletromecânico ou um dispositivo elétrico de estado sólido. Figura 8 é uma vista de seção transversal de um fechador testador de circuito 800. O fechador testador de circuito 800 inclui um interruptor a vácuo 802 tendo um contato estacionário 804 e um contato móvel 806. Os contatos 804 e 806 estão dispostos dentro de uma garrafa a vácuo 808 como é bem conhecido na arte, e o contato móvel 806 acopla externamente da garrafa a vácuo 808 a uma haste atuadora isolada 810, um vácuo sendo mantido pelos foles 812. A haste atuadora 810 acopla a uma montagem de atuador 814 incluindo um atuador principal 816 e um atuador secundário 818. O interruptor a vácuo 802, haste atuadora isolada 810 e montagem de atuador 814 estão dispostos dentro de um alojamento adequado (não descrito) como é bem conhecido na arte. Um processador acoplado a um programa de controle adequado também pode ser provido para controlar a operação do fechador testador de circuito 800 como descrito aqui. Figura 9 é uma ilustração aumentada da montagem de atuador 814. Os elementos operativos são retidos entre um par de placas de extremidade 820 e 822, que são presas por hastes rosqueadas longitudinalmente 824 e porcas 826 e dentro de uma pluralidade de membros de estator de aço 828. Um êmbolo de atuador principal 830 é deslizável axialmente dentro da montagem de atuador 814 de uma posição aberta para uma posição fechada (a posição fechada ilustrada na Figura 9). O êmbolo de atuador principal 830 acopla a um retentor de mola 832 para reter uma mola de compressão de contato principal 834, que está disposta sobre uma ponteira de contato principal 836. O êmbolo de atuador principal 830 é retido aberto por um ímã de retenção aberto 838, e pode ser acionado à posição fechada por energização de uma bobina de êmbolo principal 840 para prover uma força

magnética para superar a força do ímã de retenção aberto 838 e movimento resistente de fricção interna do êmbolo de atuador principal 830. O êmbolo de atuador principal 830, o retentor de mola 832, a mola de compressão de contato principal 834 e a ponteira de contato principal 836 são arranjados para se moverem juntos da posição aberta à posição fechada até que contatos 804 e 806 se toquem, a qual momento a ponteira de contato principal 836 pára. Uma vez que os contatos 804 e 806 se toquem, o êmbolo de atuador principal 830 continua a se mover além da posição onde o contato móvel 806 engata no contato estacionário 804 do interruptor a vácuo 802, tal que a mola de compressão de contato principal 834 seja comprimida provendo a força de contato necessária nos contatos estacionário e móvel 804 e 806, respectivamente. O êmbolo de atuador principal 830 é retido na posição fechada por um ímã de retenção fechado de êmbolo de atuador principal 842.

Para abrir os contatos 804 e 806, a bobina de êmbolo principal 840 é pulsada com uma corrente elétrica de polaridade contrária suficiente em combinação com a mola de compressão de contato 834 forçam para superar a força do ímã de retenção fechado de êmbolo de atuador principal 842 e o êmbolo de atuador principal 830 se move à posição aberta. O êmbolo de atuador principal 830 continua se movendo à posição aberta, e o retentor de mola 832 impacta uma porca de passo elástica 844 rosqueada sobre uma extremidade da ponteira de contato principal 836, que puxa os contatos 804 e 806 abertos.

O atuador secundário 818 inclui um êmbolo de atuador secundário 846 disposto para movimento correção sobre a ponteira de contato principal 836 e a mola de compressão de contato principal 834. O êmbolo de atuador secundário 846 é retido em uma posição fechada por um ímã de retenção fechado de atuador secundário 848. Na posição fechada retida, o êmbolo de atuador secundário 846 comprime uma mola de compressão de atuador secundário 850 entre uma porção de ombro 852 do

êmbolo de atuador secundário 846 e um retentor de mola 854 preso a uma extremidade da montagem de atuador 814. Na operação normal aberta e fechada do fechador testador de circuito 800, o êmbolo de atuador secundário 846 é retido na posição fechada.

5 Seguindo uma falha fazendo o êmbolo de atuador principal 830 se mover à posição aberta, e assim abrir os contatos 804 e 806, uma operação de teste de circuito é colocada para começar. O atuador principal 816 é pulsado e uma força magnética é desenvolvida na bobina de êmbolo de atuador principal 840 superando o imã de retenção aberto de êmbolo de
10 atuador principal 838. O êmbolo de atuador principal 830 se move para a posição fechada junto com a ponteira de contato principal 836 e o contato móvel 806 acoplado pela haste conectora isolada 810. Logo após, o êmbolo de atuador principal 830 começa a se mover para a posição fechada, o atuador secundário 818 é pulsado desenvolvendo uma força magnética na bobina de
15 êmbolo de atuador secundário 858 destravando o êmbolo de atuador secundário 846 de sua posição fechada retida. O êmbolo de atuador secundário 846 começa a se mover acionado pela mola de compressão de atuador secundário 850 em uma direção oposta ao êmbolo de atuador principal 830. A pulsação do atuador principal 816 é para afetar fechamento
20 dos contatos 804 e 806 para gerar uma malha de corrente breve. Como descrito acima, a pulsação do atuador principal 816 pode ser temporizada de forma que os contatos 804 e 806 fechem a um ponto específico na onda de tensão seguindo um zero de tensão.

25 Temporização também é controlada entre a pulsação do atuador principal 816 e do atuador secundário 818 para assegurar um impacto entre o êmbolo de atuador principal 830 e o atuador secundário 846 quase instantaneamente com a fechamento dos contatos 804 e 806. No ponto de contato, o êmbolo de atuador principal 830 continua viajando à posição fechada para carregar a mola de compressão de contato principal 834. Os

contatos 804 e 806 permanecem em contato. O êmbolo de atuador secundário 846 está viajando agora muito mais rápido do que o êmbolo de atuador principal 830, e, no impacto, aciona o êmbolo de atuador principal 830 para a posição aberta ademais energizado pela mola de compressão de contato principal pelo menos parcialmente carregada 834. Quando o êmbolo de atuador principal 830 viaja para a posição aberta, impacto é feito com a porca de passo elástico 844 rosqueada à extremidade da ponteira de contato principal 836 puxando os contatos abertos, como em operação normal. O impacto entre o êmbolo de atuador principal 830 e o êmbolo de atuador secundário 846 cria força de impacto suficiente no êmbolo de atuador principal 830 para acioná-lo de volta para aberto e impactar a porca de passo elástico 844 alcançar separação dos contatos 804 e 806 e um espaço aberto suficiente para extinguir o arco. A temporização da pulsação do atuador secundário 818, o tempo de viagem do êmbolo de atuador secundário se retraindo 846 para o êmbolo de atuador principal avançado 830, a reversão de viagem do êmbolo de atuador principal 830 e o impacto do êmbolo de atuador principal 830 com a porca de passo elástico 844 pode ser feito suficientemente preciso que os contatos 804 e 806 sejam feitos abrir a substancialmente a zero de malha de corrente (veja malhas de corrente 210, 201' e 504, acima, por exemplo). Uma vez que os contatos 804 e 806 estejam abertos e o êmbolo de atuador principal 830 esteja retido em sua posição aberta retida pelo ímã de retenção aberto de êmbolo de atuador principal 838, o atuador secundário 818 pode ser pulsado para retornar o êmbolo de atuador secundário 846 a sua posição fechada retida.

25 Figura 10 ilustra uma concretizações alternativa de uma montagem de atuador 1014 operável dentro do fechador testador de circuito 800. A montagem de atuador 1014 inclui um atuador principal 1016 e um atuador secundário 1018. A montagem de atuador 1014 opera sob os mesmos princípios como a montagem de atuador 814 que é para prover um

fechamento coordenado dos contatos 804 e 806 relativo à onda de tensão e uma abertura quase instantânea dos contatos 804 e 806 depois de geração de uma malha de corrente de teste e substancialmente em tempo com o zero de malha de corrente. Neste conceito, seguindo uma falha, o atuador principal

5 1014 é retido aberto em que o êmbolo de atuador principal 1030 é retido por um ímã de retenção aberto de êmbolo de atuador principal 1038. O atuador secundário 1018 está na posição fechada com o êmbolo de atuador secundário 1046 retido fechado pelo ímã de retenção fechado de êmbolo de atuador secundário 1048. O atuador principal 1016 é pulsado para acionar o êmbolo

10 de atuador principal 1030 para a posição fechada, movendo a ponteira de contato principal 1036 e o contato móvel 806 para a posição fechada. A bobina de atuador secundário 1058 é pulsado para destravar o êmbolo de atuador secundário 1046. A temporização da pulsação da bobina de atuador secundário 1058 é tal que o impacto do êmbolo de atuador secundário 1046

15 com o atuador principal 1016 seja quase instantâneo com o estabelecimento de contato dos contatos 804 e 806, como descrito acima para o atuador 814. O atuador 1014 é diferente, porém, visto que o atuador secundário é formado com um rebaixo 1060 dentro de qual a ponteira de contato principal 1036 desliza longitudinalmente e uma superfície de contato 1062. A ponteira de

20 contato principal é ademais formada com um ombro 1064. O êmbolo de atuador secundário 1046 impacta diretamente a ponteira de contato principal 1036 com a superfície de contato 1062 engatando no ombro 1064. Este impacto aciona os contatos 804 e 806 abertos. Mas, no impacto, o êmbolo de atuador principal 1030 ainda está se movendo para a posição fechada. Logo

25 depois do impacto inicial pelo êmbolo de atuador secundário 1046 na ponteira 1036, o êmbolo de atuador secundário 1046 impacta o êmbolo de atuador principal 1030 acionando-o de volta para a posição aberta. A combinação dos dois impactos aciona o êmbolo de atuador principal 1030, a ponteira de contato principal 1036 e o contato móvel 806 para a posição aberta criando

uma abertura suficiente para extinguir o arco quase instantaneamente com o zero de malha de corrente. Com o êmbolo de atuador principal 1030 e ponteira de contato principal 1036 retidos na posição aberta, o êmbolo de atuador secundário 1046 pode ser pulsado de volta a sua posição normalmente fechada.

Fechamento e abertura de contato consistentes é necessário para assegurar que uma abertura suficiente seja criada entre os contatos 804 e 806 para extinguir o arco de malha de corrente de teste. A malha de corrente de teste, até mesmo na falha, é pequena em magnitude e também é pequena em duração, particularmente quando comparada à corrente de falha total. Assim, uma abertura menor que é necessário para extinguir uma arco de corrente de falha total extinguirá satisfatoriamente o arco de malha de corrente de teste, por exemplo cerca de 3 - 4 mm pode ser suficiente. Porém, se estabelecimento de contato ocorrer até mesmo alguns milissegundos muito cedo ou muito tarde, a malha secundária induzida será tanto pequeno demais para alcançar uma abertura suficiente para desimpedir, grande demais em magnitude assim sujeitando o sistema de potência a montante a correntes de falha significantes. O arranjo de ímã retido aberto do fechador testador de circuito 800 é empregado como um mecanismo de trava de abertura. O arranjo magnético retido aberto provê uma força de abertura consistente através do curso da vida do dispositivo. Além disso, o fechador 800 permite ao êmbolo de atuador principal viajar fechado desimpedido até que contato seja feito. Empregar um arranjo magnético retido aberto como mostrado para o fechador 800 permite um projeto onde tempos de estabelecimento de contatos dentro de uma tolerância de +/-1 ms podem ser alcançados. Malhas de corrente de teste induzidas nesta gama de estabelecimento de contato são todas pequenas bastante em magnitude para alcançar a meta do teste de circuito, mas grandes bastante em duração para permitir tempo adequado para separação de contato ocorrer.

Figuras 11 e 12 ilustram um fechador testador de circuito 1100. O fechador testador de circuito inclui um contato principal 1102 e um contato auxiliar 1104, cada um sendo acoplado a atuador principal 1106 e atuador auxiliar 1108, respectivamente. Como mostrado na Figura 11, ambos os contatos 1102 e 1104 estão em uma posição aberta total. Os contatos 1102 e 1104 podem ser trazidos em contato para operação normal, Figura 12, em que uma mola impulsora 1110 no atuador de contato principal 1106 provê uma força de contato. A mola impulsora 1110 também provê complacência que minimiza forças de impacto sendo transmitidas no atuador principal 1106.

Cada um do atuador principal 1106 e do atuador auxiliar 1108 inclui uma bobina eletromagnética 1112 e 1114, para acionar uma montagem de armadura 1116 e 1118 relativa a uma base 1120 e 1122, respectivamente. Movimento das montagens de armadura 1116 e 1118 respectivas causa movimento correspondente dos contatos 1102 e 1104 para ou longe um do outro. Como tal, os contatos 1102 e 1104 que podem ser feitos para causar um contato breve a fim de gerar uma malha de corrente de teste.

Depois de uma falha, ambos os contatos 1102 e 1104 estão nas suas posições completamente abertas respectivas. Para gerar uma malha de corrente de teste, o atuador auxiliar é energizado a sua posição fechada, por assim reduzindo a abertura 1124 entre o contato principal 1102 e o contato auxiliar 1104 por metade. O atuador principal 1106 é energizado para fazer o contato principal 1102 fechar e tocar o contato auxiliar 1104. A temporização do atuador principal 1106 é tal que o contato principal 1102 e contato auxiliar façam contato logo antes de um zero de tensão na onda de tensão. O contato principal 1102 impacta o contato auxiliar 1104. O impacto desaloja a montagem de armadura auxiliar 1118, e abre o contato auxiliar 1104 suficientemente que uma mola de abertura 1124 no atuador auxiliar 1108 abra completamente o contato auxiliar 1104, dentro de cerca de 2 ms. O atuador auxiliar 1108 pode ademais ser pulsado à posição aberta só antes de contato

para reduzir a força de retenção de forma que mais da energia de impacto dos contratos 1102 e 1104 vindo juntos possa estar disponível para acelerar o contato auxiliar 1104 longe do contato principal 1102.

5 Depois de impacto, o contato principal 1102 continua viajando a sua posição completamente fechada. O contato auxiliar 1104 está agora a posição completamente aberta. A abertura não é uma abertura total, mas é suficiente para extinguir o arco de malha de corrente de teste. Para propósitos de paralisação, o atuador principal 1106 retrai o contato principal a sua posição aberta total com a ajuda de uma mola de abertura 1128.

10 Se referindo à Figura 13, um fechador 1300 inclui um dispositivo comutador eletromecânico 1302, por exemplo, uma montagem de interruptor a vácuo e um gerador de pulso de corrente 1304 acoplado entre um lado de provisão 1306 e um lado de carga 1307 de um sistema de distribuição de potência 1306. O dispositivo comutador 1302 é operável para levar cargas

15 de corrente relativa altas, na detecção de falha para isolar a falha, e no desimpedimento da falha, para re-fechar o segmento de linha restabelecendo serviço. O gerador de pulso de corrente 1304 pode ser um par de retificadores controlados de silício (SCRs) ou um triac (Figura 14). Depois de detecção e isolamento de falha, para testar o circuito, isto é, gerar um pulso de corrente,

20 qualquer um do par de SCRs, Q1 ou Q2, é ativado entre 90 e 150 graus na onda de tensão de frequência de potência. O sinal de porta pode ser removido a qualquer ponto depois disso, mas antes do primeiro zero de corrente de frequência de potência. Atrasar a remoção do sinal de porta pode vantajosamente prevenir liberação de circuito cedo não desejada que poderia

25 enganar algoritmos de detecção. Quando a malha secundária resultante de corrente passa por zero, o SCR não comandado se desativa e a malha secundária resultante de corrente é analisada para determinar se o circuito está falhado ou não.

Na concretização ilustrada na Figura 13, o gerador de pulso de

corrente 1304 não leva corrente contínua. Controle do interruptor a vácuo 1302 e do gerador de pulso de corrente 1304 pode ser provido pelo controlador 1308, ou por outros meios de controle adequados. Porém, SCRs podem levar corrente contínua, carga de chave, e interromper falhas. Assim, para certas aplicações, e particularmente a tensões de utilização tais como 120V-600V, seria possível eliminar o dispositivo comutador 1302 e utilizar só o gerador de pulso de corrente 1304 para prover funcionalidade de transporte de corrente, comutação de carga, interrupção de falha e geração de pulso de corrente de teste. Enquanto a Figura 14 ilustra um único par de SCRs, uma carreira em série e/ou carreiras em série/paralelo podem ser usadas.

Um único SCR pode ser usado no lugar do arranjo de triac descrito na Figura 14. Em tal arranjo, o dispositivo de chave 1302 é usado para toda a comutação normal, e o SCR não é ativado. O dispositivo comutador 1302 pode ser usado para interrupção de falha, em qual caso durante interrupção de falha, o SCR não é ativado. Se o SCR for usado para interrupção de falha, a operação de abertura deveria ser temporizada de forma que o dispositivo comutador 1302 abra logo após um zero de corrente em uma corrente indo para positivo. Então, o SCR seria ativado e corrente transferiria no SCR. Os contatos de dispositivo comutador 1302 teriam que se mover rápido bastante para resistir à tensão de recuperação transiente quando o SCR interrompe a corrente no próximo zero de corrente de frequência de potência. Para teste de circuito, o SCR é ativado e desativado como descrito acima, exceto que com só um SCR só uma polaridade pode ser verificada.

Quando usado em combinação com um dispositivo comutador eletromecânico tal como um interruptor a vácuo acionado por um atuador magnético convencional, dispositivos comutadores de estado sólido, tais como SCRs, podem prover fechamento de ponto em onda preciso e interrupção a um zero de corrente sem mecanismos. Uma concretização que só usa SCRs para conduzir em uma direção pode se provar mais econômica e

ser viável a tensões médias ou mais baixas tal como a ou abaixo de 4 kV. Além disso, componentes comutadores de estado sólido permitem muitos mais testes de circuito antes de fechar ou trancar que um dispositivo comutador eletromecânico porque não há nenhuma preocupação sobre
5 desgaste mecânico.

Enquanto a exposição presente é suscetível a várias modificações e formas alternativas, certas concretizações são mostradas por meio de exemplo nos desenhos e as concretizações descritas aqui. Porém, será entendido que esta exposição não é pretendida limitar a invenção às formas
10 particulares descritas, mas pelo contrário, a invenção é pretendida cobrir todas as modificações, alternativas, e equivalentes definidos pelas reivindicações anexas.

Também deveria ser entendido que, a menos que um termo seja expressamente definido nesta patente usando a sentença "Como usado
15 aqui, o termo '----' é definido por este meio significar..." ou uma sentença semelhante, não há nenhuma intenção para limitar o significado desse termo, tanto expressamente ou implicitamente, além de seu significado claro ou ordinário, e tal termo não deveria ser interpretado ser limitado em extensão baseado em qualquer declaração feita em qualquer seção desta patente
20 (diferente da linguagem das reivindicações). À extensão que qualquer termo recitado nas reivindicações ao término desta patente é referido nesta patente de uma maneira consistente com um único significado, que só é feito por causa de clareza para não confundir o leitor, e não é planejado que tal termo de reivindicação seja limitado, implicitamente ou caso contrário, a esse único
25 significado. A menos que um elemento de reivindicação seja definido recitando a palavra "significa" e uma função sem o recital de qualquer estrutura, não é planejado que a extensão de qualquer elemento de reivindicação seja interpretada baseado na aplicação de 35 U.S.C. §112, sexto parágrafo.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para fechar um circuito de distribuição de potência, caracterizado pelo fato de compreender:

5 gerar dentro do circuito um sinal de teste fechando momentaneamente o circuito;

determinar do sinal de teste a existência da falha; e
re-fechar o circuito na ausência da falha.

10 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de gerar um sinal de teste inclui gerar uma malha de corrente de teste no circuito.

15 3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de gerar um sinal de teste inclui prover um fechador incluindo um primeiro contato e um segundo contato, fazer contato entre o primeiro contato e o segundo contato e impactar um do primeiro contato ou do segundo contato para separar o primeiro contato e o segundo contato substancialmente simultaneamente com o estabelecimento de contato entre o primeiro contato e o segundo contato.

20 4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de impactar um do primeiro contato ou do segundo contato inclui impactar uma porção de um atuador associado com o um do primeiro contato e do segundo contato.

25 5. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de impactar inclui impactar uma porção de um atuador associado a um do primeiro contato ou do segundo contato com uma porção de um atuador do outro dentre o primeiro contato e o segundo contato.

6. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de impactar inclui impactar um do primeiro contato ou do segundo contato para separar o primeiro contato e o segundo contato substancialmente simultaneamente com um zero de corrente de uma malha de corrente teste

induzida.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de gerar o sinal de teste inclui determinar um zero de tensão da onda de tensão, e fechar momentaneamente o circuito relativo ao zero de tensão.

5 8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de determinar um zero de tensão inclui determinar um zero de tensão para contatos provendo a abertura de falha.

10 9. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de determinar um zero de tensão inclui determinar um zero de tensão em um lado de fonte de contatos provendo a abertura de falha.

10. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de gerar o sinal de teste inclui fechar momentaneamente o circuito antes do zero de tensão.

15 11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender:

gerar dentro do circuito um segundo sinal de teste fechando momentaneamente o circuito;

determinar do segundo sinal de teste a existência da falha; e re-fechar o circuito na ausência da falha.

20 12. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de avaliar o sinal de teste inclui avaliar uma magnitude ou uma duração do sinal de teste.

25 13. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de avaliar o sinal de teste inclui comparar uma corrente de sinal teste média a uma corrente de curto-circuito.

14. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de avaliar o sinal de teste inclui comparar uma corrente de sinal de teste média a um limiar de corrente.

15. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de avaliar o sinal de teste inclui comparar uma corrente de duração de sinal de teste média a um limiar de duração.

5 16. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de avaliar o sinal de teste inclui avaliar uma característica do sinal de teste selecionada do grupo de características de sinal consistindo em: uma corrente de pico de pulso de corrente de sinal de teste, uma integral de um pulso de corrente de sinal de teste, o número de mudanças no sinal da di/dt de um pulso de corrente de sinal de teste, uma tensão média no lado de carga durante um pulso de corrente de sinal de teste, uma energia de um pulso de corrente de sinal de teste, um pulso de corrente de sinal de teste I^2t , uma corrente de carga de pré-falha contra corrente de pulso de corrente de sinal de teste e uma forma de onda de um pulso de corrente de sinal de teste.

17. Fechador testador de circuito, caracterizado pelo fato de compreender:

15 um dispositivo comutador isolador de falha acoplado entre um lado de provisão e um lado de carga de um sistema de distribuição de potência; e

20 um gerador de pulso de corrente acoplado à chave para gerar um pulso de corrente dentro do sistema de distribuição de potência subsequente a um isolamento de falha para testar o sistema de distribuição de potência.

18. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o gerador de pulso de corrente inclui uma chave de estado sólido.

25 19. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que cada um do gerador de pulso de corrente e do dispositivo comutador isolador de falha inclui uma chave de estado sólido.

20. Fechador testador de circuito de acordo com a

reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o gerador de pulso de corrente inclui um retificador controlado por silício.

21. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de que o dispositivo comutador isolador de falha compreende um primeiro contato elétrico sendo móvel em relação a um segundo contato elétrico; e

o gerador de pulso de corrente compreende uma montagem de atuador acoplada ao primeiro contato para mover o primeiro contato relativo ao segundo contato de uma primeira posição, em que o primeiro contato e o segundo contato se tocam a uma segunda posição, em que o primeiro contato e o segundo contato não se tocam; e

o atuador sendo operável para mover o primeiro contato da segunda posição à primeira posição para gerar uma malha de corrente de teste no sistema de distribuição de potência.

22. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de compreender um segundo atuador, o segundo atuador móvel relativo ao primeiro atuador para engatar o primeiro atuador com o primeiro atuador em sua primeira posição para conferir uma força de impacto no primeiro atuador para acionar o primeiro atuador a sua segunda posição; e

o segundo atuador sendo temporizado para operação relativa ao primeiro atuador para conferir a força de impacto substancialmente simultaneamente com o primeiro atuador alcançando sua primeira posição.

23. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato dos primeiro e segundo atuadores serem atuáveis eletromagneticamente.

24. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de compreender um primeiro membro impulsor para reter o primeiro atuador na primeira posição e um

segundo membro impulsor para reter o primeiro atuador na segunda posição.

5 25. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o primeiro membro impulsor e o segundo membro impulsor incluem um primeiro ímã e um segundo ímã, respectivamente.

26. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que o primeiro membro impulsor e o segundo membro impulsor incluem uma primeira mola e uma segunda mola, respectivamente.

10 27. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de compreender um interruptor a vácuo acoplado ao primeiro e segundo atuadores, o interruptor a vácuo incluindo o primeiro contato elétrico e o segundo contato elétrico.

15 28. Fechador testador de circuito de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato do primeiro atuador ser temporizado para operação relativa a um zero de tensão.

FIG. 1

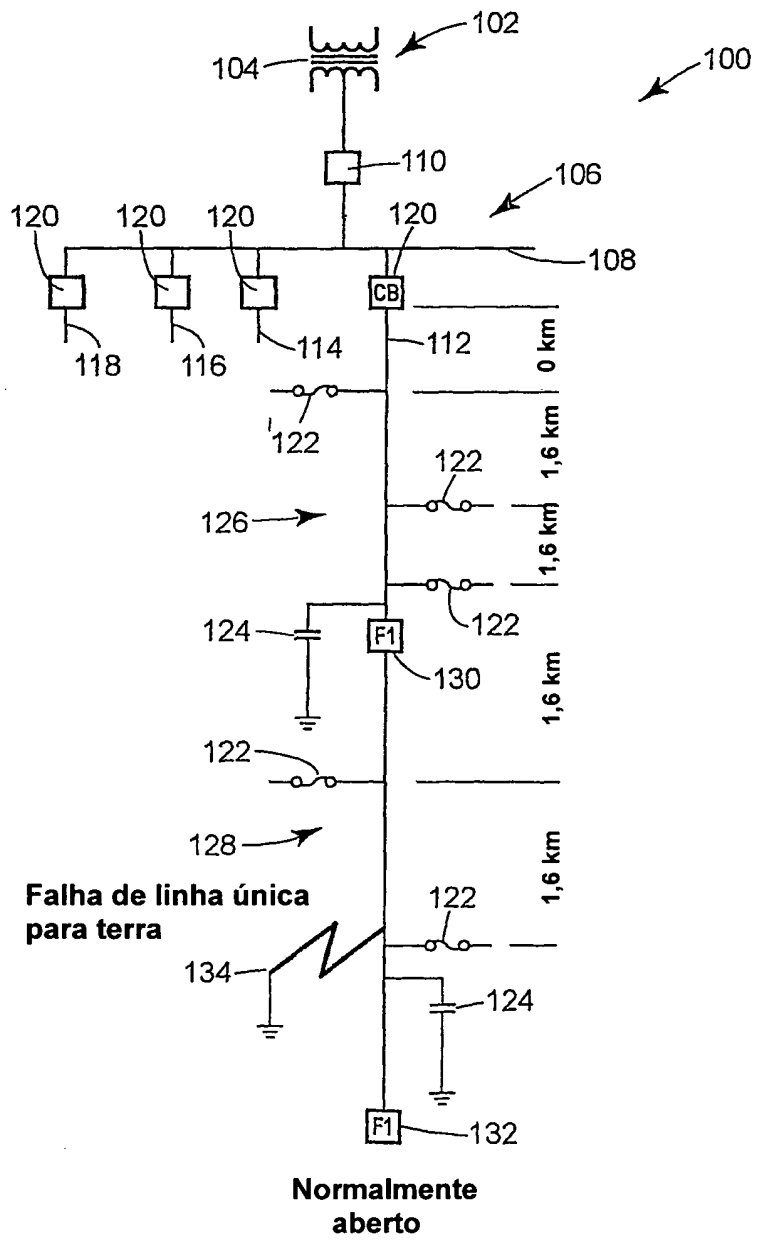


FIG. 2

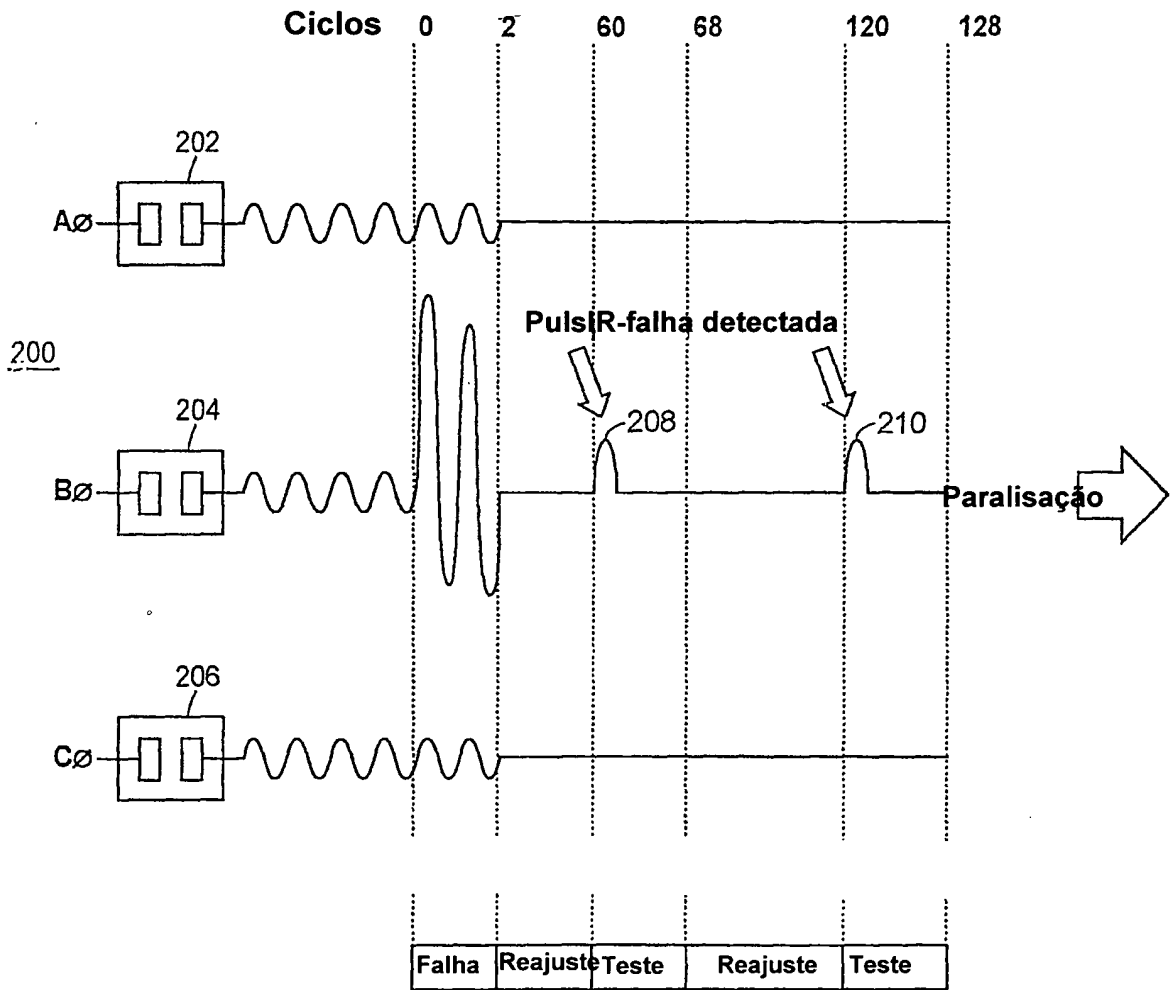


FIG. 3

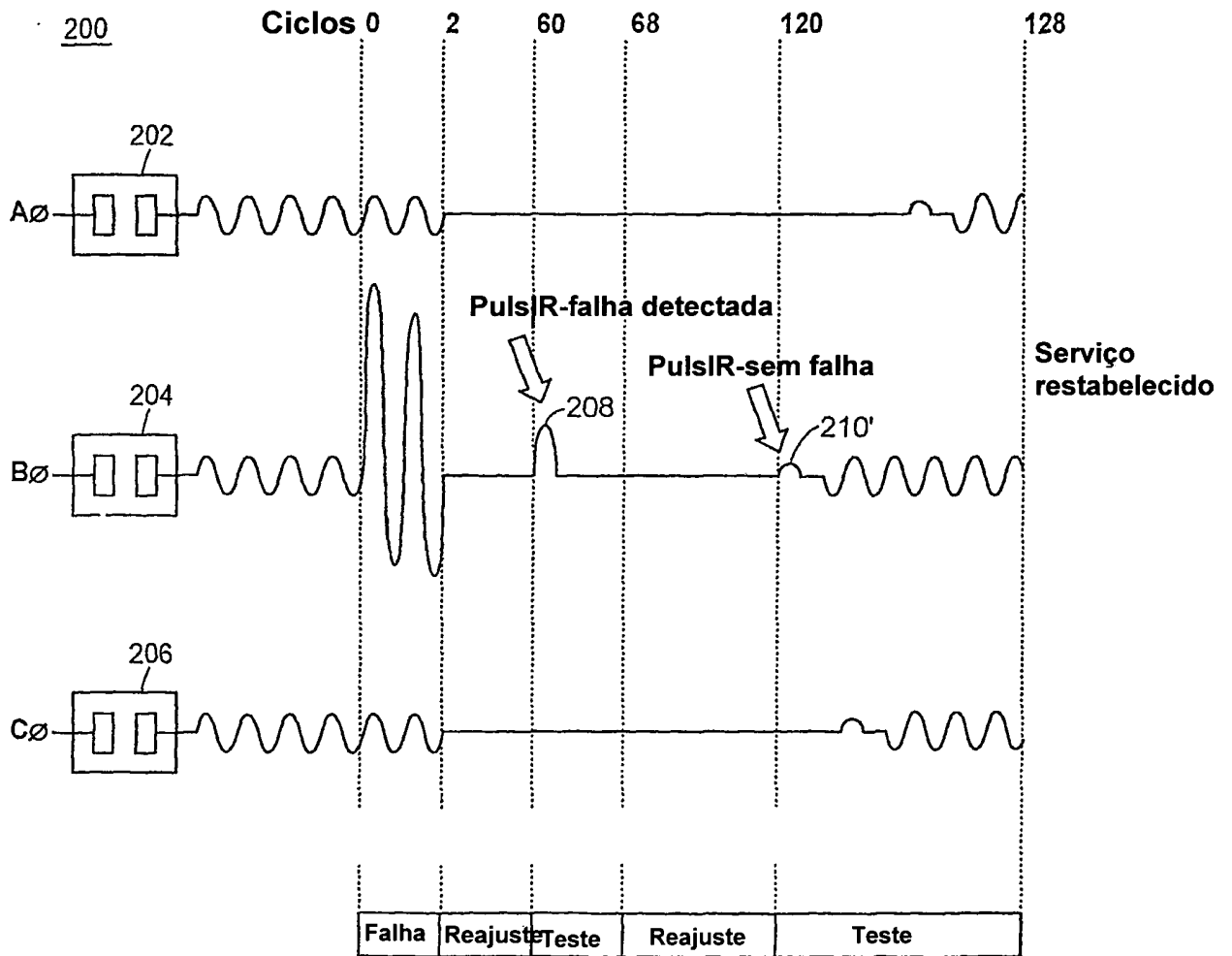


FIG. 4

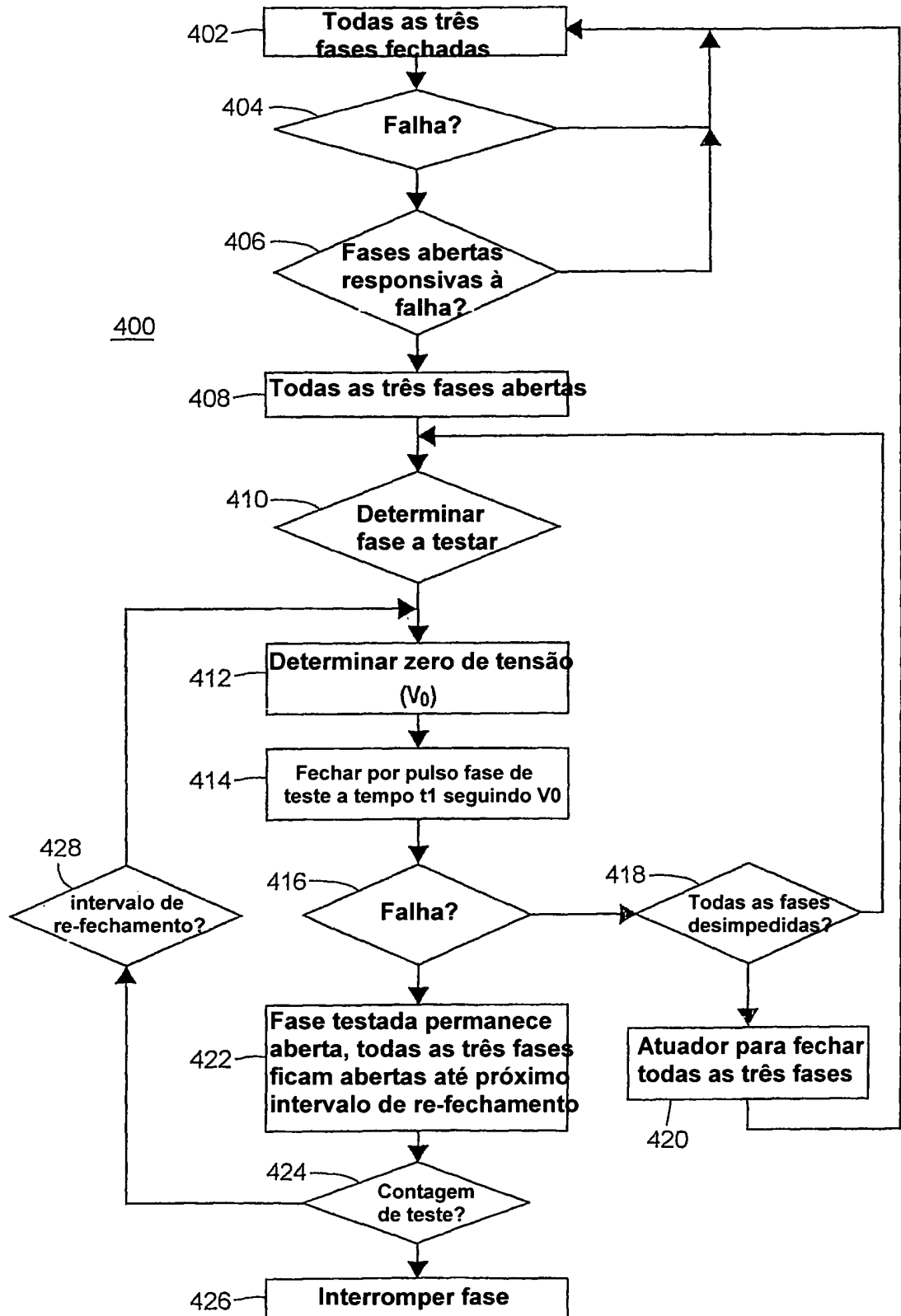


FIG. 5

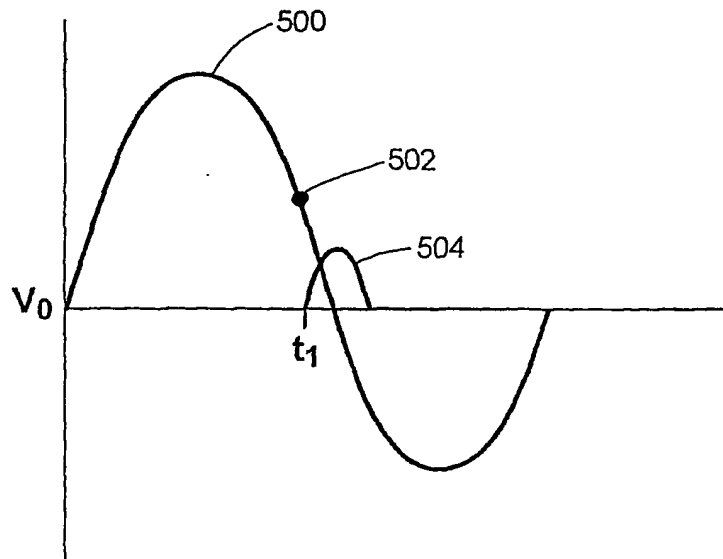


FIG. 6

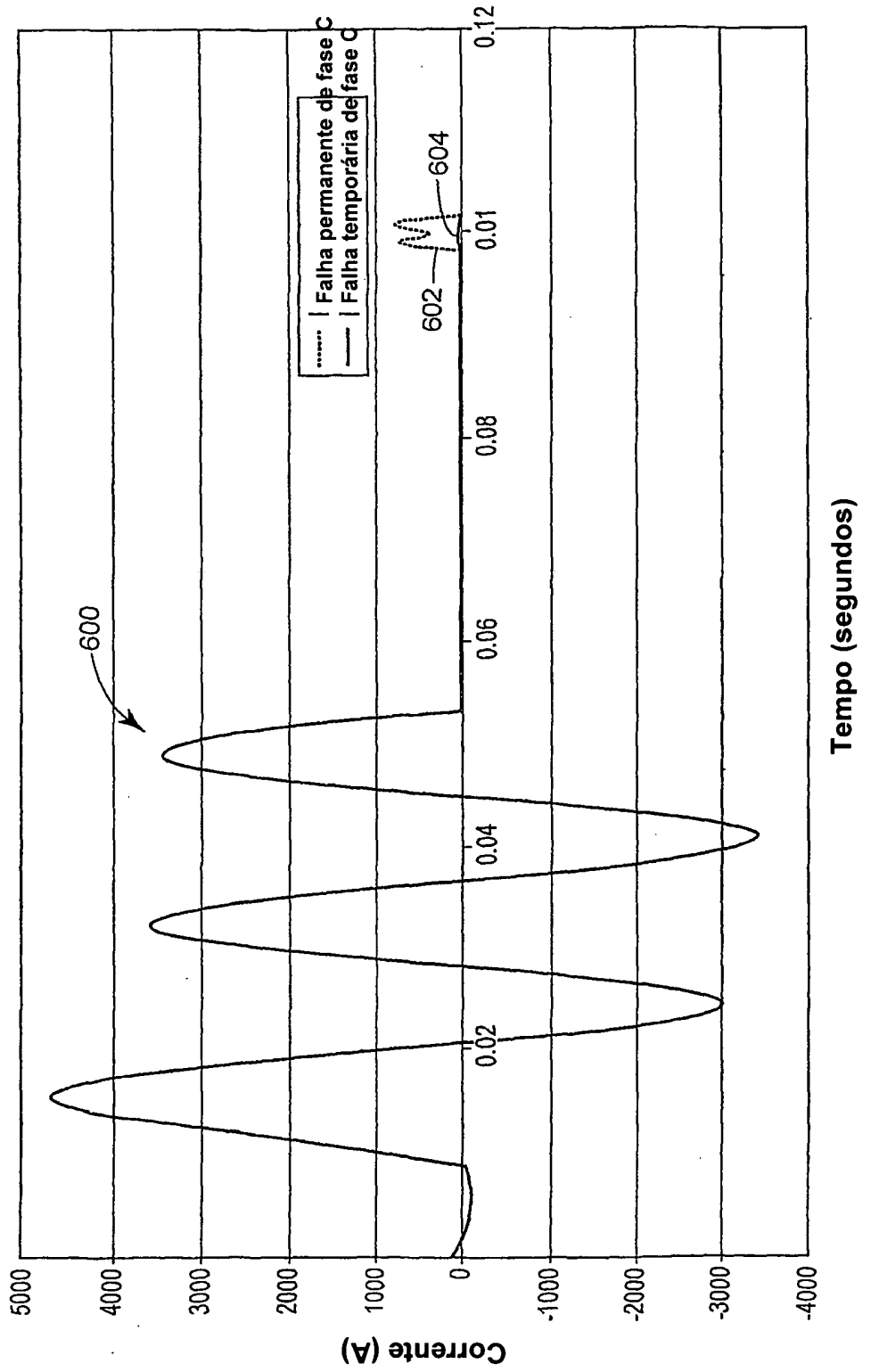
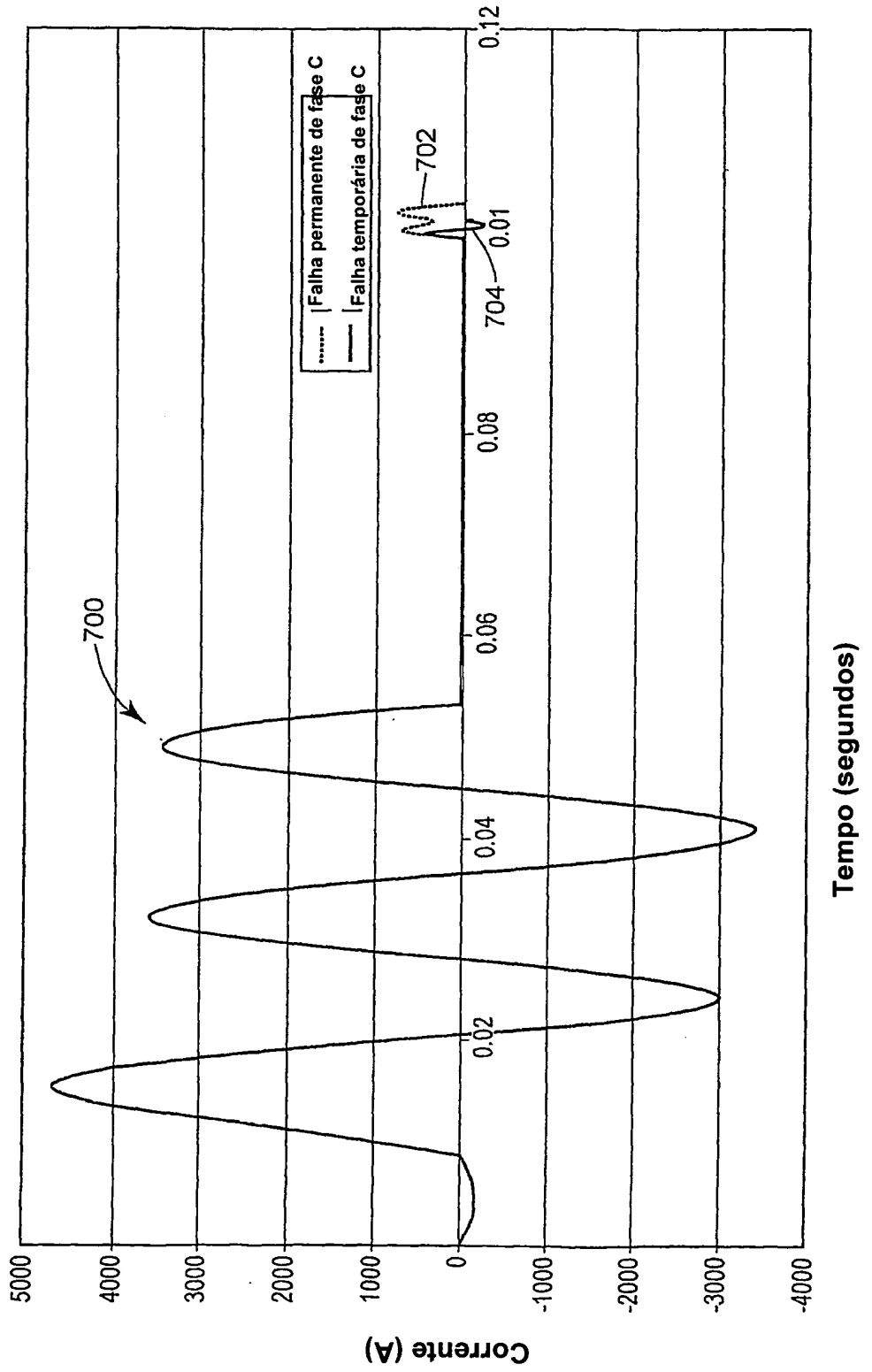


FIG. 7



Tempo (segundos)

Corrente (A)

FIG. 8

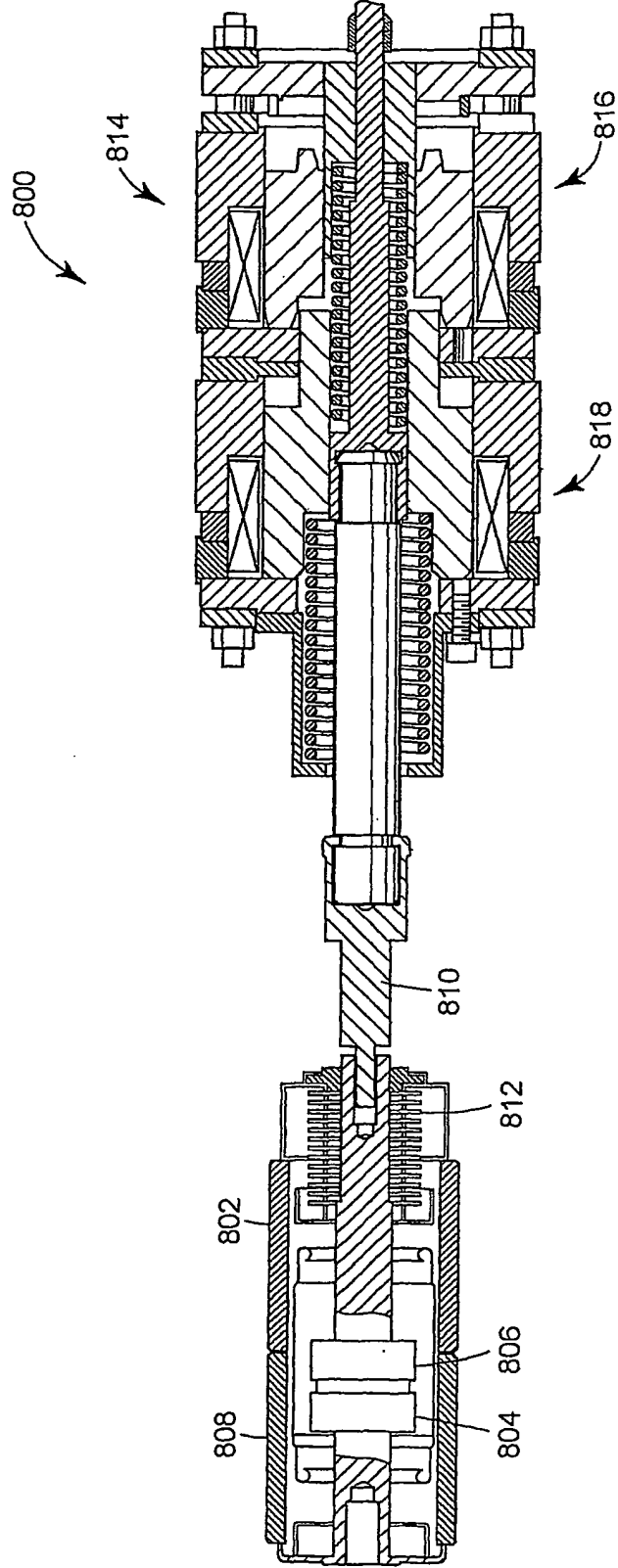


FIG. 10

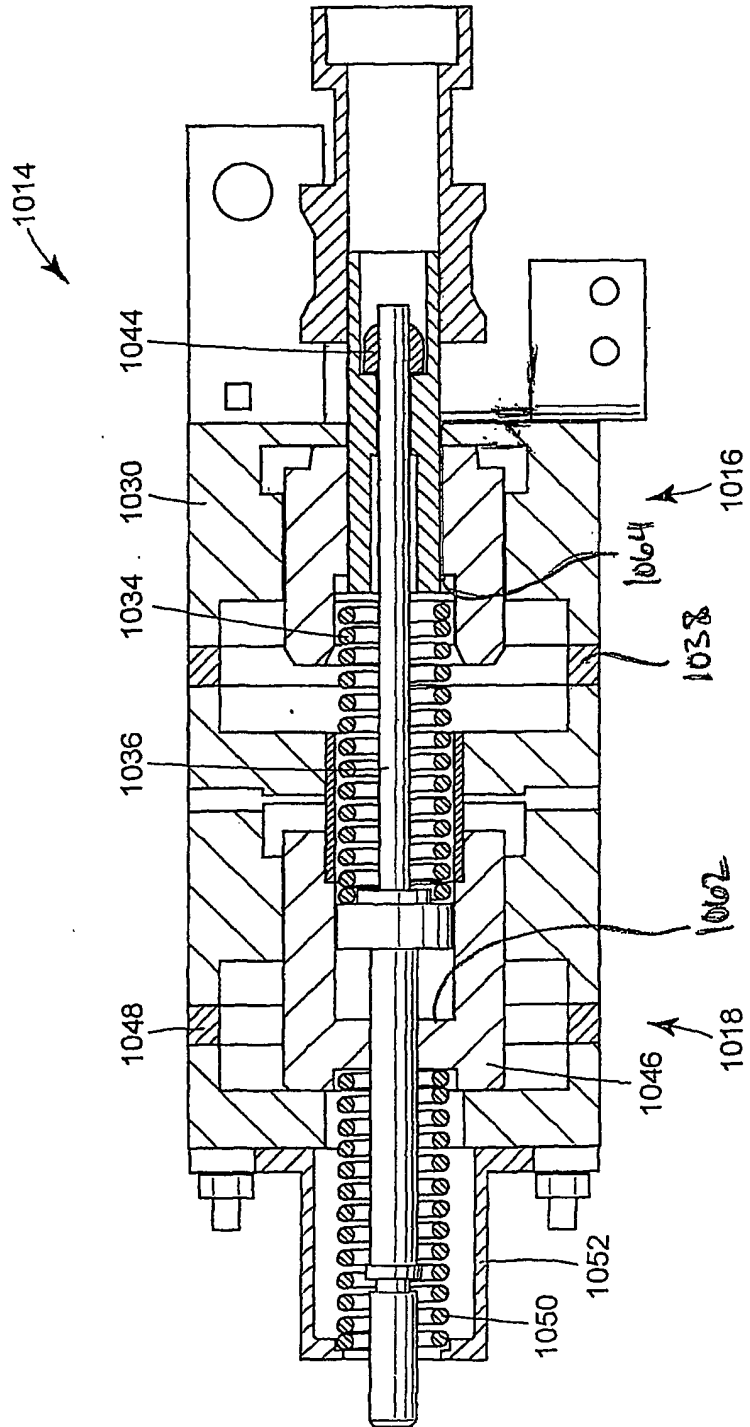


FIG. 11

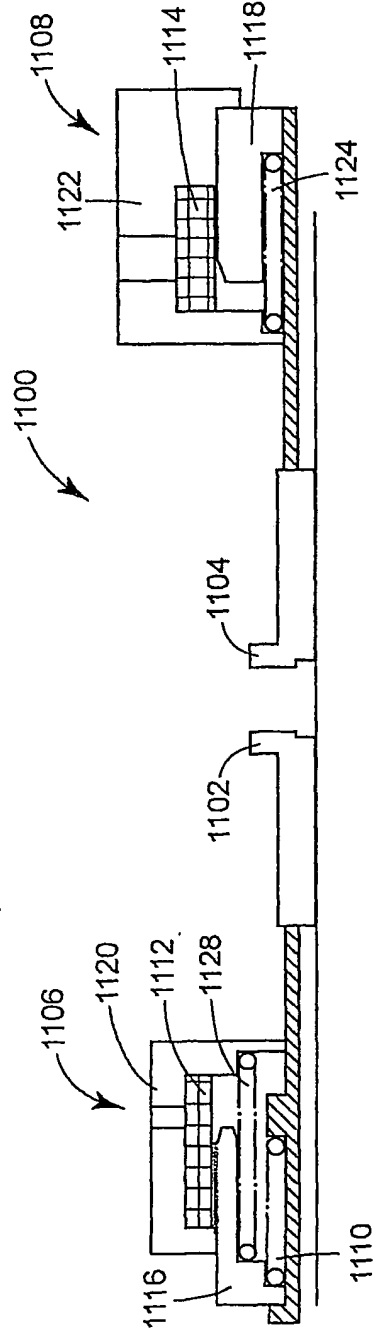
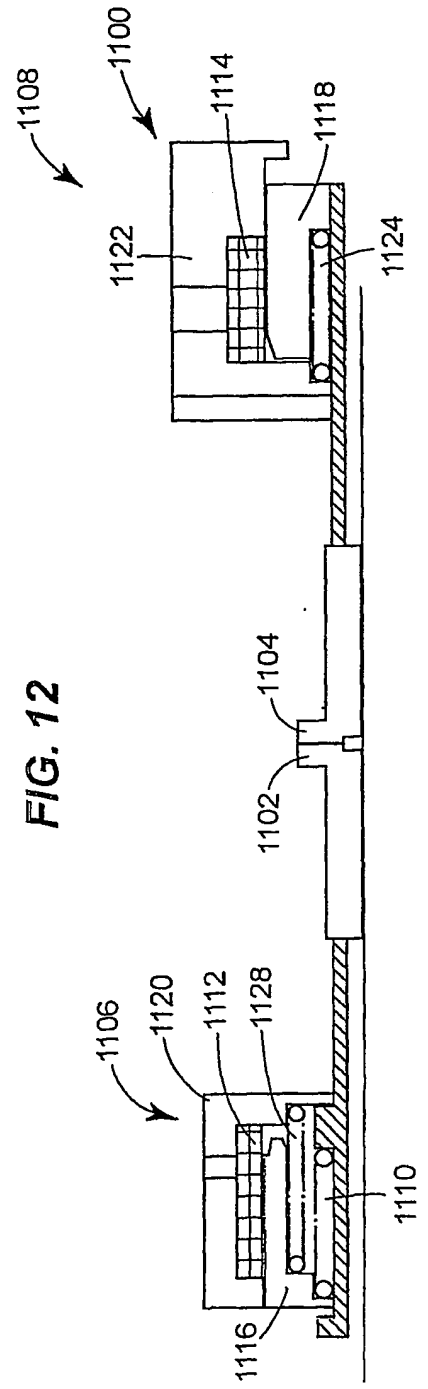


FIG. 12



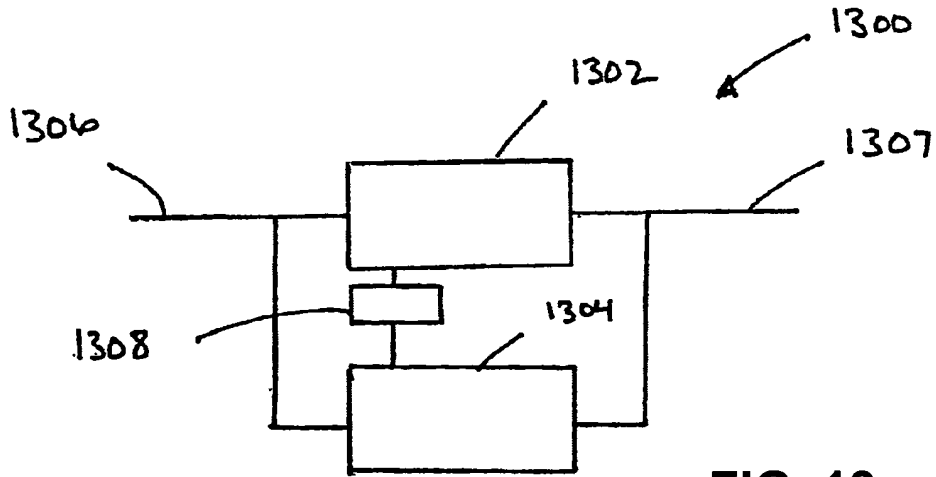


FIG. 13

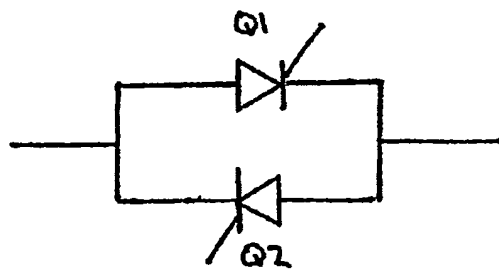


FIG. 14

RESUMO

“MÉTODO PARA FECHAR UM CIRCUITO DE DISTRIBUIÇÃO DE POTÊNCIA, E, FECHADOR TESTADOR DE CIRCUITO”

Um fechador testador de circuito é capaz de fechar um circuito de distribuição de potência e interromper a corrente resultante no próximo zero de corrente. Ao detectar uma falha, o fechador testador de circuito é operável para abrir contatos para isolar a falha. A seguir, o fechador testador de circuito testa as linhas falhadas para determinar se a falha foi removida. O fechador testador de circuito pode gerar um primeiro sinal de teste tendo uma primeira polaridade e um segundo sinal de teste tendo uma segunda polaridade oposta à primeira polaridade. Geração do segundo sinal de teste pode ser limitada a ocorrer quando o primeiro sinal de teste indica uma falha.