

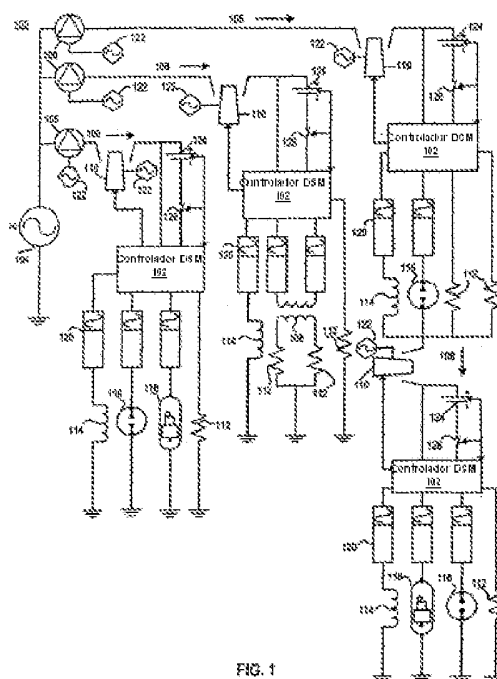
(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2006.11.07	(73) Titular(es): JD HOLDING INC SCOTIA CENTRE, 4TH FLOOR P.O. BOX 2804 GEORGE TOWN, GRAND CAYMAN KY
(30) Prioridade(s): 2006.03.16 US 377034	
(43) Data de publicação do pedido: 2008.11.26	(72) Inventor(es): TIMOTHY DAVID JOHN HENNESSY US BRADLEY R. WILLIAMS US
(45) Data e BPI da concessão: 2012.07.11 191/2012	(74) Mandatário: JOÃO PEREIRA DA CRUZ RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **SISTEMA E PROCESSOS PARA UMA REDE DE AUTOREPARAÇÃO UTILIZANDO TÉCNICAS DE GESTÃO DO LADO DA PROCURA E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA**

(57) Resumo:

A PRESENTE INVENÇÃO REFERE-SE A UM SISTEMA DE CONTROLO DE REDE ELÉCTRICA DE AUTO-REPARAÇÃO QUE INCLUI UMA REDE ELÉCTRICA QUE APRESENTA VÁRIAS ILHAS DA REDE COM VÁRIAS CARGAS LINEARES E NÃO-LINEARES. VÁRIOS SENSORES DE CONTROLO COMUNICAM COM A REDE ELÉCTRICA PARA MONITORIZAR AS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DA REDE ELÉCTRICA. VÁRIOS RELÉS CONTROLADOS ENCONTRAM-SE EM COMUNICAÇÃO ELÉCTRICA COM AS VÁRIAS CARGAS NÃO LINEARES. UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM BATERIA (ESS) ENCONTRA-SE EM COMUNICAÇÃO ELÉCTRICA COM UMA FONTE DE ENERGIA PRINCIPAL E UMA ILHA DA REDE. UM PRIMEIRO CONTROLADOR DE RESTABELECIMENTO ENCONTRASE EM COMUNICAÇÃO ELÉCTRICA COM OS SENSORES DE CONTROLO, OS RELÉS CONTROLADOS, E COM A BATERIA ESS. O PRIMEIRO CONTROLADOR DE RESTABELECIMENTO RECEBE SINAIS DE CONTROLO DOS SENSORES DE CONTROLO, E EM RESPOSTA À DETECÇÃO DE UMA IRREGULARIDADE NA REDE ELÉCTRICA, ACCIONA AUTOMATICAMENTE A BATERIA ESS PARA ESTABILIZAR A ENERGIA ÀS CARGAS LINEARES, DESLIGANDO OS RELÉS CONTROLADOS SELECIONADOS PARA DESLIGAR A ENERGIA NUMA PERCENTAGEM CALCULADA DE CARGAS NÃO-LINEARES.

RESUMO**"SISTEMA E PROCESSOS PARA UMA REDE DE AUTOREPARAÇÃO
UTILIZANDO TÉCNICAS DE GESTÃO DO LADO DA PROCURA E
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA"**

A presente invenção refere-se a um sistema de controlo de rede eléctrica de auto-reparação que inclui uma rede eléctrica que apresenta várias ilhas da rede com várias cargas lineares e não-lineares. Vários sensores de controlo comunicam com a rede eléctrica para monitorizar as características eléctricas da rede eléctrica. Vários relés controlados encontram-se em comunicação eléctrica com as várias cargas não lineares. Um sistema de armazenamento de energia em bateria (ESS) encontra-se em comunicação

eléctrica com uma fonte de energia principal e uma ilha da rede. Um primeiro controlador de restabelecimento encontra-se em comunicação eléctrica com os sensores de controlo, os relés controlados, e com a bateria *ESS*. O primeiro controlador de restabelecimento recebe sinais de controlo dos sensores de controlo, e em resposta à detecção de uma irregularidade na rede eléctrica, acciona automaticamente a bateria *ESS* para estabilizar a energia às cargas lineares, desligando os relés controlados seleccionados para desligar a energia numa percentagem calculada de cargas não-lineares.

DESCRIÇÃO

"SISTEMA E PROCESSOS PARA UMA REDE DE AUTOREPARAÇÃO UTILIZANDO TÉCNICAS DE GESTÃO DO LADO DA PROCURA E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA"

Campo técnico

A presente descrição refere-se a redes eléctricas de auto-reparação, e mais especificamente, à utilização de técnicas de gestão do lado da procura com armazenamento de energia da bateria para inteligentemente auto-reparar uma rede.

A US 2003/042794 A1 proporciona processos e dispositivos que operam para acoplar energia de reserva a certas cargas não críticas que implementam a redução de carga para auxiliar os serviços públicos a evitar falhas de energia e apagões daí resultantes. Um comutador de transferência secundário, designado como comutador de transferência de redução de carga (*LRTS*), encontra-se ligado entre uma fonte de energia de reserva ou secundária ou gerador, sendo que cargas não críticas seleccionadas podem ser facilmente alimentadas pela fonte de energia secundária ou gerador.

Breve descrição dos desenhos

As presentes formas de realização irão tornar-se mais evidentes a partir da seguinte descrição e reivindicações anexas, consideradas em conjunto com os desenhos anexos. Deverá ser compreendido que os desenhos anexos ilustram apenas formas de realização típicas e, portanto, não deverão ser considerados para limitar o âmbito da descrição, sendo que as formas de realização serão descritas e explicadas com a especificidade e pormenor tomando como referência os desenhos anexos. As figuras representam:

Figura 1 diagrama de circuito de uma forma de realização de uma rede de auto-reparação utilizando o controlo da gestão do lado da procura e armazenamento de energia;

Figura 2 diagrama de circuito de uma forma de realização das ilhas da rede de particionamento de uma rede de energia interligada;

Figura 3 diagrama de fluxo de uma forma de realização de um processo para decidir sobre acções correctivas eficazes para auto-reparar uma rede eléctrica a partir de uma irregularidade identificada, de modo a incluir a utilização de técnicas de gestão do lado da procura e de armazenamento de energia;
e

Figura 4 diagrama de fluxo que ilustra uma forma de realização de um processo para otimizar continuamente a energia eléctrica para uma rede.

Descrição pormenorizada das formas de realização preferidas

Será facilmente entendido que os componentes das formas de realização como geralmente descritos e ilustrados nas figuras aqui podem ser dispostos e concebidos numa grande variedade de configurações diferentes.

Deste modo, a descrição seguinte mais pormenorizada de várias formas de realização, tal como representado nas figuras, não pretende limitar o âmbito da invenção, tal como reivindicado, mas é meramente representativa de várias formas de realização. Embora estejam apresentados nos desenhos os vários aspectos das formas de realização, os desenhos não se encontram necessariamente desenhados à escala a menos que especificamente indicados.

As frases "ligados a", "acoplados a", e "em comunicação com" referem-se a qualquer forma de interacção entre duas ou mais entidades, incluindo a interacção mecânica, eléctrica, magnética, electromagnética, e térmica. Dois componentes podem estar acoplados um ao outro mesmo que não estejam em contacto directo um com o outro.

O termo "adjacente" refere-se a elementos de rede que estão em comunicação eléctrica um com o outro, e de uma secção próxima de uma rede eléctrica. O termo "em comunicação eléctrica com" não deve ser interpretado no

sentido de exigir acoplamento ou ligação física, mas apenas coordenação de sinal eléctrico ou a capacidade para "falar" electricamente entre os componentes através de um circuito ou rede.

De acordo com o roteiro de tecnologia de electricidade do *Electric Power Research Institute (EPRI)* (instituto dos EUA de investigação sobre a energia eléctrica) "em 2020, a procura por energia de valor acrescentado - agora apenas em desenvolvimento - será penetrante em todos os sectores da economia". As estimativas preliminares do *EPRI* indicam que a proporção da electricidade dos EUA que exige 9 vezes a fiabilidade (energia disponível 99,9999999% do tempo) irá crescer de 0,6% do consumo actual de quase 10% em 2020, e que a proporção que exige 6 vezes a fiabilidade vai crescer de cerca de 8-10% para cerca de 60%. Pelo contrário, a fiabilidade média da energia actual "na tomada" é de apenas cerca de 3 vezes. Por isso, as redes eléctricas dos EUA precisam de melhorar muito na próxima década para corresponder à procura elevada de fiabilidade.

Na eventualidade de uma avaria da rede do sistema, quer de condições baseadas na carga ou de forças externas, tais como raios, vento ou de neve, os trajectos de rede e clientes são sujeitos a períodos de interrupção de diferentes durações, dependendo de onde ocorre a avaria e da dificuldade de reparação. Em sistemas radiais, todas as cargas a jusante de uma avaria são igualmente afectadas.

Para reduzir a duração de um período de interrupção, pode ser empregue alguma forma de geração ou fornecimento de energia de uma fonte de energia armazenada depois de se assegurar que a rede se encontra em primeiro lugar isolada. Esta última impede a geração ou fornecimento de realimentação para a rede total. No entanto, poderia também ser útil prever uma irregularidade antes de ela ocorrer, e proporcionar uma correcção na rede para impedir uma avaria no sistema.

Uma rede inteligente, de auto-reparação, pode automatizar o processo acima, de efectivamente restabelecer ou estabilizar a energia para uma rede ou parte da rede. A automatização do processo permite um fluxo de energia mais eficaz e reactivo. Pode-se também aumentar a fiabilidade proporcionando o serviço ao cliente durante os períodos de interrupção, bem como reduzir os custos operacionais e de manutenção aumentando o débito em linhas existentes. Uma rede de auto-reparação pode também aumentar a segurança da rede em resposta à ameaça do terrorismo porque eliminaria a necessidade de intervenção humana para restabelecer a estabilidade de uma rede eléctrica.

Para atingir estas vantagens, a rede de auto-reparação pode procurar, entre outras coisas, optimizar de forma dinâmica e continuamente o desempenho e robustez do sistema, reagir rapidamente a alterações ou irregularidades de modo a minimizar o impacto, e rapidamente restabelecer o sistema a uma região de operação estável, tal como para

manter a tensão nominal e níveis de frequência. Os efeitos da presente invenção são conseguidos pelo sistema de controlo da rede eléctrica de acordo com a reivindicação 1.

A figura 1 mostra uma forma de realização para exemplificar um sistema de rede de auto-reparação 100 da descrição, incluindo uma pluralidade de controladores de restauro da rede 102 (ou "controlador de restauro"). Cada controlador de restauro 102 pode controlar o fornecimento de energia a partir de uma fonte de energia principal eléctrica 104 para uma rede separada de ilhas interligadas 106 que apresenta vários tipos de carga, incluindo linear e não-linear. Os controladores de restabelecimento de rede 102 podem implementar técnicas de gestão da procura (*Demand Side Management - DSM*), o que será explicado. Uma ilha electricamente definida de uma rede eléctrica pode ser aqui variavelmente designada como "uma ilha", uma "ilha interligada", ou como uma "ilha da rede" 106. A configuração das ilhas da rede 106 será abordada tomando como referência a figura 2.

Uma ilha pode estar localizada directamente à saída de uma fonte de energia principal 104, tal como as três ilhas principais 106 na figura 1. Uma ilha também pode estar ligada em cadeia quando localizada numa secção distante de uma rede, tal como na ilha 106 inferior direita da figura 1. A energia eléctrica pode inicialmente passar, para cada ilha 106 ou secção de ilhas 106, através de um transformador de energia principal 108 para garantir a

tensão adequada e os níveis actuais de fornecimento de energia suficiente para cada ilha 106 ou secção de ilhas 106.

A energia eléctrica pode então viajar através de um seccionador de isolamento 110 antes de passar para um controlador de restabelecimento de rede 102, sendo o seccionador de isolamento 110 controlável pelo controlador de restabelecimento 102, além de ser disparado em resposta a picos de energia e semelhantes. A utilização do controlador de restabelecimento 102 pode automatizar o controlo de cada ilha 106, e facilitar o autorestabelecimento em tempo real em resposta a irregularidades eléctricas, incluindo avarias da rede eléctrica ou perturbações, ou em antecipação das mesmas.

A energia eléctrica pode depois passar para uma pluralidade de cargas no interior do circuito, tal como será descrito. Estas cargas podem incluir cargas lineares 112, de tal forma que o factor de potência (a fase entre a tensão e corrente) através da carga 112 permanece em ou perto de um. As restantes cargas são não-lineares, tendo factores de potência diferentes de um de modo que a corrente induz ou atrasa a tensão. Tais cargas de particular interesse incluem cargas indutivas 114, motores de bomba 116, compressores 118, e outros que, sob baixa tensão ou condições de reinício, iriam exigir da rede correntes muito grandes. A última pode incluir outras cargas de curto prazo, não-críticas, mesmo assim comparativamente altas. A

energia eléctrica pode passar, antes de passar por uma carga não-linear, através de um relé controlado 120 para que o controlador de restabelecimento 102 possa ligar e desligar a energia para essas cargas como uma forma de estabilizar a energia para a ilha em face de uma irregularidade, incluindo uma avaria eléctrica.

Ter um factor de potência mais próximo de um dentro da ilha como um todo durante um período de interrupção vai ajudar uma fonte de energia auxiliar a fornecer energia estabilizada para uma ilha de rede 106 por um período mais longo. Isto é porque o desligar de grandes cargas indutivas menos críticas, tais como aquelas usadas para fins comerciais, irá reduzir os picos de carga durante o funcionamento de uma forma isolada. Isto permite que a energia auxiliar (incluindo o armazenamento de bateria) forneça as restantes cargas mais lineares de um modo mais amplo e consistente do que seria possível de outra forma. Para obter isto, o controlador de restabelecimento 102 pode calcular o número percentual de cargas não-lineares que têm de ser desligadas por meio de relés controlados 120, até cem por cento, para assegurar uma acção eficaz no que diz respeito ao factor de potência e aos pedidos de pico de energia possíveis vindos da ilha da rede 106.

Podem também ser utilizados vários sensores 122 em toda a rede eléctrica para monitorizar as características eléctricas de cada ilha 106, tais como tensão, corrente, frequência, harmónicas, etc., e também para

monitorizar a condição de componentes eléctricos críticos, e transmitir essa informação para um ou mais controladores de restabelecimento 102. Deste modo, cada controlador de restabelecimento 102 encontra-se em comunicação eléctrica com um ou mais sensores 122. Os sensores 122 podem estar em comunicação eléctrica com componentes eléctricos críticos, tais como transformadores 108, seccionador de isolamento 110, e alimentadores, entre outros. Além disso, o controlador de restabelecimento 102 pode ter sensores de tensão e linha (não mostrados) internamente para monitorizar a rede a jusante de cada ilha 106, detectando assim dinamicamente alterações nos requisitos de carga.

O controlador de restabelecimento da rede 102 pode então realizar uma resposta de auto-reparação, positiva, para uma ilha afectada 106 recebendo continuamente sinais de monitorização dos sensores 122, e permitindo uma resposta em tempo real, até mesmo a menor irregularidade. Isso permite que o sistema da rede 100 compense também, ou corrija, distúrbios menores numa rede eléctrica antes que eles provoquem maior perturbação, incluindo uma avaria que pode desligar a alimentação principal 104 para uma ilha da rede completa 106. Os potenciais distúrbios podem ser um transformador 108 com a actividade de gasificação incomum ou uma terminação de cabo com descarga parcial superior à normal. O sistema de auto-reparação 100 pode também continuamente sintonizar-se para alcançar um estado ideal com base em critérios predeterminados, independentemente de quaisquer irregularidades que estejam presentes. Para

auxiliar o sistema 100 neste auto-ajuste e de auto-reparação, pode ser empregue um sistema de armazenamento de energia ("ESS") em bateria 124 para uma fonte de energia de reserva.

Em conjugação com cada uma das ilhas interligadas 106, uma bateria ESS 124 pode estar localizada geralmente entre um seccionador de isolamento 110 e um controlador de restabelecimento 102. Além disso, um interruptor 126 pode estar posicionado entre a bateria ESS 124 e o controlador de restabelecimento 102 para permitir que o controlador de restabelecimento 102 accione a bateria ESS 124, ou para a desligar. O controlador de restabelecimento 102 pode também controlar a bateria ESS 124 para permitir uma compensação automática na ilha 106 para distúrbios, variações de tensão, desequilíbrio de carga, e semelhantes, que possam ocorrer.

O interruptor 126 e o controlo do controlador de restabelecimento 102 da bateria ESS 124 pode ser, no entanto, opcional porque algumas baterias ESS têm sistemas de controlo de energia integrados que continuamente compensam distúrbios, variações de tensão, e os desequilíbrios de carga com base na tensão e sensores de linha integrados dentro da bateria ESS 124. Um tal sistema é um sistema de armazenamento de energia em bateria de redox de vanádio 124 ("VRB-ESS"). Uma VRB-ESS 124 pode incluir um conversor de energia de quatro quadrantes (PCS), programável, inteligente, que é passível de monitorizar continuamente os

parâmetros da rede eléctrica 100 contra pontos de controlo de operação, e para ajustar continuamente as suas saídas de potência reactiva e potência real. Isto proporciona compensação da qualidade da energia às quedas de tensão, harmónicas, e flutuações de tensão de, por exemplo, arranques do motor, e proporciona suporte de tensão mesmo quando está a carregar o elemento de armazenamento do VRB-ESS 124. Nestes aspectos, a VRB-ESS 124 pode agir como um dispositivo *FACTS* (*Flexible AC Transmission System*) sistema de transmissão de CA flexível. Um dispositivo *FACTS* permite que os serviços públicos reduzam o congestionamento de transmissão sem comprometer a fiabilidade e segurança do sistema.

Assim, a utilização de um VRB-ESS 124 pode evitar a necessidade de um interruptor 126, ou a necessidade de integrar com o controlador de restabelecimento 102, dos sensores de tensão e linha, e do circuito de controlo de compensação. No entanto, mesmo com um VRB-ESS 124 empregue numa ilha da rede 106, pode ser ainda necessária a capacidade de um controlador de restabelecimento 102 para controlar o VRB-ESS 124 externamente a fim de ajudar a compensar, num esforço coordenado, uma irregularidade numa ilha da rede 106 contígua. Este aspecto de uma rede de auto-reparação 100 será descrito posteriormente em relação à figura 4.

Os sistemas de armazenamento de energia 124, tais como as baterias recarregáveis, são benéficos para sistemas

de energia remotos que são alimentados, por exemplo, geradores de turbinas eólicas ou matrizes fotovoltaicas. Os VRB-ESSs 124 têm recebido atenção favorável porque eles prometem ser económicos e possuem muitas características que proporcionam vida longa, desenho flexível, elevada fiabilidade, e baixos custos de operação e manutenção. O VRB-ESS 124 apoia-se num sistema de fluxo de bombeamento para passar soluções anólicas e católicas através das suas células. Na operação de um VRB-SEE 124, as taxas de fluxo, a temperatura interna, a pressão, os tempos de carga e descarga são todos factores que influenciam a potência de saída.

Uma vantagem significativa de um VRB-ESS 124 é que ele só leva o mesmo período de tempo para recarregar o VRB-ESS 124 que leva para descarregar. As baterias de chumbo-ácido convencionais podem demorar mais de cinco vezes a sua avaliação de descarga para recarregar. Deste modo, uma bateria de chumbo-ácido avaliada para quatro horas pode exigir 20 horas ou mais para recarregar. Num período de 24 horas, um VRB-ESS 124 avaliado para quatro horas será passível de descarregar totalmente e carregar três vezes contra apenas uma carga com uma bateria de chumbo-ácido. Num período de 24 horas, uma bateria de chumbo-ácido pode ser passível de fornecer energia apenas por quatro horas com alguma certeza. Uma bateria de chumbo-ácido arisca o fornecimento de energia, se ocorrerem avarias repetidas numa rede após uma descarga inicial. Com um VRB-ESS 124, o fornecimento de energia encontra-se mais disponível.

Repetidas descargas pesadas reduzem também a vida útil da bateria de chumbo-ácido. Um VRB-ESS 124 não degrada como uma bateria de chumbo-ácido após várias utilizações. Além disso, determinar o estado de carga (*state-of-charge SOC*) disponível de uma bateria de chumbo-ácido requer que seja descarregada sob carga. Um VRB-ESS 124 é passível de proporcionar um *SOC* absoluto de sua energia disponível a qualquer momento além de ser mais eficiente do que as baterias de chumbo-ácido. Para mais informações sobre o VRB-ESS 124, consulte o pedido de patente com o número de série U.S 11/234.778, depositado a 23 de Setembro de 2005 que é aqui incorporado como referência.

A figura 2 mostra uma rede eléctrica, a qual pode compreender duas ou mais ilhas de rede 106. Por exemplo, uma ilha geograficamente grande 202 pode ser seccionada porque abrange mais áreas rurais, sendo que assim menos energia será necessária por milha quadrada. Pelo contrário, uma ilha geograficamente pequena 204 pode ser seccionada como uma ilha 106 porque cobre uma região mais urbana, densamente povoada. Isto é designado como divisão ou seccionamento inteligente da rede que pode ser usado para separar automaticamente o sistema de rede 100 em partes auto-sustentáveis, ou ilhas 106, para manter o fornecimento de electricidade para os clientes de acordo com prioridades especificadas, e para evitar que se espalhem apagões. Onde as ilhas 106 intersectam 206 são locais susceptíveis de ter seccionadores de isolamento previamente localizados 110

(não mostrados), ou interruptores automáticos de ilhas (não mostrados) com o qual se proporcionam meios para isolar as ilhas da rede adjacentes, tais como 202 e 204 na figura 2, no caso de irregularidade da rede ou um apagão de uma das redes 202 ou 204.

Para determinar onde desenhar as linhas de cada ilha, pode ser executado um conjunto de simulações para determinar a melhor configuração de sistema com base nas condições reais do sistema. Estas simulações podem incluir prioridades de entrega de potência, tais como determinar que cargas não-lineares são mais dispensáveis durante uma irregularidade, incluindo uma falha que exige comutar, no todo ou em parte, para uma bateria *ESS* 124 para alimentação da ilha 106. A simulação pode ser realizada através do uso de programas de computador em que os conjuntos de dados de carga criam perfis de carga através dos quais o fluxo de energia pode ser modelado.

A figura 3 é um diagrama de fluxo de uma forma de realização de um processo 300 para decidir sobre acções correctivas eficazes em resposta a uma irregularidade. O processo 300 inclui técnicas *DSM* e armazenamento de energia para restabelecer rapidamente uma rede de auto-reparação 100 para uma região de operação estável. O processo 300 monitoriza 302 as características eléctricas das ilhas de redes eléctricas 106, incluindo os componentes eléctricos críticos. As características monitorizadas podem incluir a tensão, corrente, frequência, harmónicas, etc. em dife-

rentes pontos da rede eléctrica. Numa forma de realização do processo 300, pode ser definida 304 uma pluralidade de ilhas da rede de energia 106 de acordo com as prioridades de alimentação de energia simuladas com base nas condições rede eléctrica 100, tal como descrito acima em relação às figuras 1 e 2. Esta divisão da rede adaptativa, inteligente, garante que o sistema da rede 100 é seccionado em partes auto-sustentadas, ou ilhas 106, que podem ser alimentadas por bateria *ESS* 124 (ou outra energia auxiliar) enquanto fornece energia eléctrica a cargas prioritárias e impedindo que os apagões se espalhem.

O processo 300 pode estimar 306 o estado e topologia com as características eléctricas monitorizadas em tempo real da rede eléctrica 100, que pode incluir o estado individual e topologia de cada ilha da rede configurada 106. Uma vez que tenha sido detectada 308 uma irregularidade, tal como um distúrbio da rede ou avaria, a rede eléctrica de auto-reparação 100 pode identificar 310 a irregularidade. A detecção 308 de uma irregularidade pode incluir antecipar que pode surgir uma irregularidade, ou que uma perturbação menor pode crescer para uma condição pior, que pode potencialmente provocar avarias. Assim, uma vez identificada 310, a gravidade e as consequências resultantes da irregularidade identificada podem ser avaliadas 312 para determinar a rapidez de resposta necessária para devolver a estabilidade à rede 100, ou para evitar uma instabilidade inaceitável. Esta avaliação 312 pode ser obtida com a utilização de simulações antecipadas

de computador do fluxo de energia através da rede de auto-reparação 100 em tempo real, nas condições actuais.

O processo 300 pode incluir ainda identificar 314 acção correctiva com o uso de simulações de computador semelhantes para extrapolar a irregularidade em todas as várias ilhas 106 da rede eléctrica. Se esta acção correctiva tiver sido predeterminada como a acção de correcção mais eficaz para uma dada irregularidade o controlador de restabelecimento 102 relevante pode implementar automaticamente 316 as acções correctivas uma vez identificadas 314. Além disso, certas irregularidades podem desencadear a implementação automática 316 uma vez que a irregularidade tiver sido identificada 310. Na ausência de uma tal acção correctiva bem definida para uma dada irregularidade, o operador ou controlador de restabelecimento 102 pode decidir 318 sobre a acção de correcção mais eficaz. Esta tomada de decisão, dado o estado e topologia da rede 100 e a irregularidade presente, podem incluir interagir 320 com consumidores. Os consumidores podem participar na implementação de cenários operacionais de auto-reparação para melhor servir os consumidores que possam ser afectados por qualquer acção correctiva.

As acções correctivas escolhidas por um operador ou um controlador de restabelecimento 102 pode incluir empregar 322 técnicas automatizadas de controlo *DSM* e possivelmente accionar 324 uma bateria *ESS* para propor-

cionar uma resposta sem descontinuidade de auto-reparação. As técnicas *DSM* podem ainda incluir, para além daqueles bem conhecidos na técnica, desligar 326 a alimentação a uma percentagem calculada de cargas não-lineares, pelas razões descritas em relação à figura 1. Uma vez que o controlador de restabelecimento 102 ou outro regulador na ilha da rede 106 detecte 328 estabilização, o controlador de restabelecimento pode utilizar 330 o controlo da sincronização para fechar qualquer seccionador de isolamento disparado 110. Isso teria o efeito de colocar a ilha de rede 106 novamente em linha para ser alimentada por uma fonte de energia principal 104, que tornaria a ilha de rede 106 passível de funcionar à ou próximo da capacidade, incluindo o fornecimento de cargas não-lineares durante a formação de picos de potência. Desta forma, o controlador de restabelecimento 102 pode religar 332 a energia a cargas não lineares previamente desligadas uma vez que a ilha da rede 106 tiver deste modo estabilizada.

Finalmente, a bateria *ESS* 124 pode ser recarregada 334 se tiver sido anteriormente utilizada, para retornar a ilha da rede 106 para uma condição de operação estável. No entanto, note que a bateria *ESS* 124 pode também ser utilizada durante condições de não avaria para proporcionar optimização contínua do sistema de rede 100, podendo assim também ser recarregada numa base contínua.

A figura 4 é um diagrama de fluxo que ilustra um processo 400 para otimizar continuamente a energia

eléctrica para uma rede. Uma vez que o estado e a topologia de uma rede de auto-reparação 100 tiverem sido estimados 306, tal como descrito em relação à figura 3 uma rede de auto-reparação 100 pode também otimizar a energia eléctrica 402. Para isso, um controlador de restabelecimento 102 (ou um *VRB-ESS*) pode ajustar automaticamente 404 uma bateria *ESS* 124 na rede parcialmente interligada 100, especificamente para o fornecimento de energia necessária para cada ilha da rede 106, para manter a estabilidade dentro da mesma. Isso vai aumentar a fiabilidade e disponibilidade para o maior número de consumidores de energia eléctrica numa base contínua.

O controlo pode ser implementado de forma a coordenar a compensação rápida proporcionada por uma *VRB-ESS* 124 a fim de satisfazer as normas *IEEE/ANSI* necessárias. Isto pode tipicamente envolver o cálculo dos atrasos de tempo, pontos de controlo e controlo coordenado dos comutadores de regulação das baterias *ESS* 124 através de um controlo da linha de energia, que podem ser os *PCS* incorporados na *VRB-ESS* 124 tal como descrito anteriormente. Tal coordenação pode ser efectuada por vários controladores de restabelecimento 102 que retêm comunicação eléctrica entre si. Deste modo, uma ilha da rede 106 pode ajudar outra ilha da rede 106 a compensar, especialmente quando uma das ilhas da rede 106 não é afectada por uma irregularidade e se encontra contígua a uma ilha de rede 106 afectada. Assim, pode ser implementado um circuito de controlo de duas fases para executar a optimização contínua, tal como se segue.

Pode ser implementado 406 um algoritmo de controlo de acção rápida, ou dinâmico, o que permitirá que o VRB-ESS 124 compense a tensão 408 contra pontos de controlo da rede de auto-reparação 100. A tensão detectada e/ou os níveis de corrente são alimentados para a VRB-ESS 124 de vários pontos dentro de uma ilha da rede 106 através de ondas de rádio. Por isso, será injectada uma compensação dinâmica de ambas a potência e energia reactiva na rede de auto-reparação para controlar a jusante e a montante tensões semelhantes, para permitir uma acção rápida para as irregularidades existentes ou previstas e para reter a estabilidade das múltiplas ilhas da rede 106.

Um algoritmo de controlo de actuação mais lenta, ou iterativa, pode ser simultaneamente implementado 410 em que os controladores de restabelecimento a jusante 102 são autorizados, após atrasos de tempo definidos, ajustar continuamente 412 as baterias ESS 124 a fim de trazer à linha as tensões do sistema com regulações. O retorno para a bateria ou VRB-ESS 124 irá permitir que os controladores de restabelecimento 102 ajustem a tensão imperativamente utilizando um *slew rate*, ou uma função de suavização, a qual pode ser aplicada para assegurar que uma tensão média é alcançada e para impedir a caça à tensão. Como uma saída adicional, o algoritmo de optimização da carga pode ser desenvolvido para uma rede de auto-reparação 100, que determinará 414 os tempos ideais e durações para carregar e descarregar a VRB-ESS 124 para produzir ambas a optimização

técnica e económica favoráveis. Para isso, uma rede de auto-reparação 100 pode ser medida ao longo do período de um ano ou mais, para ver o progresso dos algoritmos utilizados, e para ajustar os algoritmos para uma maior optimização.

Embora tenham sido ilustradas e descritas formas de realização e aplicações da descrição, deverá ser entendido que a descrição não se encontra limitada à configuração específica e componentes aqui descritos. Podem ser feitas na forma de realização, operação e pormenores dos processos e sistemas da descrição várias modificações, alterações, e variações visíveis aos técnicos, sem fugir do âmbito da descrição.

Lisboa, 26 de Setembro de 2012

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de controlo de rede eléctrica (100), caracterizado por compreender:

uma rede de transmissão e distribuição de energia eléctrica que apresenta várias ilhas da rede (106), apresentando as ilhas da rede várias cargas lineares (112) e não-lineares (114, 116, 118);

vários sensores de controlo (122) em comunicação com a rede eléctrica para monitorizar as características eléctricas da rede eléctrica;

vários relés controlados (120) em comunicação eléctrica com as várias cargas não lineares;

sistema de armazenamento de energia da bateria (124) em comunicação eléctrica com uma fonte de energia principal (104) e uma ilha da rede; e

um primeiro controlador de restabelecimento (102) em comunicação eléctrica com os vários sensores de controlo, relés controlados, e com o sistema de armazenamento de energia de bateria, sendo que o primeiro controlador de restabelecimento para receber sinais de controlo dos vários sensores de controlo, em resposta à detecção de uma irregularidade na rede eléctrica, acciona automaticamente o sistema de armazenamento de energia da bateria para manter a tensão nominal e frequência para as cargas lineares, e desliga os relés controlados seleccionados para desligar a energia a uma percentagem calculada de cargas não-lineares.

2. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o primeiro controlador de restabelecimento (102) retornar a rede eléctrica (100) para uma configuração normal após a irregularidade ter sido tratada.

3. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado por a irregularidade ser um disjuntor de isolamento disparado (110) ou interruptor, e em que o primeiro controlador de restabelecimento (102) detecta a estabilização da rede e depois utiliza o controlo de sincronização para fechar o disjuntor de isolamento disparado.

4. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado por o primeiro controlador de restabelecimento (102), após o restabelecimento do disjuntor de isolamento disparado (110), tornar a ligar os relés seleccionados controlados desligados (120) para voltarem a ligar a energia para as cargas não lineares desligadas.

5. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o sistema de armazenamento de energia da bateria (124) ser uma bateria redox de vanádio.

6. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender adicionalmente um segundo controlador de restabelecimento em comunicação

eléctrica com o primeiro controlador de restabelecimento (102) para coordenar a resposta à irregularidade entre duas ilhas da rede (106).

7. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por as várias ilhas da rede (106) estarem definidas de acordo com uma simulação em computador de dados de carga da rede eléctrica (100) que corresponde a um conjunto de prioridades específicas de fornecimento de energia.

8. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o primeiro controlador de restabelecimento (102) detectar a estabilização da rede e depois recarregar o sistema de armazenamento de energia de bateria (124).

9. Sistema de controlo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por as cargas não lineares incluírem motores de bomba (116), um condicionador de ar, um compressor (118), ou uma carga de potência de curta duração, não crítica, contudo comparativamente elevada.

10. Processo para o controlo da rede eléctrica, caracterizado por compreender:

monitorizar (302) características eléctricas, incluindo componentes críticos, de ilhas de uma rede eléctrica, apresentando as ilhas várias cargas lineares e não-lineares;

estimar (306) o estado e a topologia das ilhas com as características eléctricas monitorizadas através de simulação em computador de fluxo de potência através da rede eléctrica;

detectar (308) uma irregularidade numa ilha afectada;

e

fornecer (402) energia eléctrica a cada ilha com base no estado estimado e topologia, ou em resposta à irregularidade detectada, através do ajuste automático (404) da quantidade de energia adicional disponível através de um sistema de armazenamento de energia em bateria em comunicação eléctrica com a ilha afectada para manter a tensão nominal e frequência para as cargas lineares e desligar a alimentação a uma percentagem calculada de cargas não lineares.

11. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por o sistema de armazenamento de energia da bateria ser uma bateria redox de vanádio.

12. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por as várias ilhas estarem definidas (304) de acordo com uma simulação em computador de dados de carga da rede eléctrica que corresponde a um conjunto de prioridades específicas de fornecimento de energia.

13. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por compreender adicionalmente implementar (406) um algoritmo dinâmico que utiliza o sistema de

armazenamento de energia em bateria para compensar a tensão (408) contra vários pontos de controlo transmitidos para o algoritmo de uma correspondente pluralidade de localizações na ilha da rede.

14. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por compreender adicionalmente implementar (410) um algoritmo iterativo para ajustar continuamente (412) a saída do sistema de armazenamento de energia em bateria determinando um tempo e uma duração para carregar e descarregar o sistema de armazenamento de energia em bateria.

15. Processo de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por compreender adicionalmente:

- identificar (310) a natureza da irregularidade;
- avaliar (312) a gravidade e consequências potenciais da irregularidade;
- identificar (314) acções correctivas com simulações da irregularidade extrapolada ao longo da rede eléctrica;
- decidir (318) uma acção correctiva efectiva;
- e empregar (322) técnicas automatizadas de controlo de gestão da procura para desligar a energia numa percentagem calculada de cargas não-lineares da ilha afectada e para estabilizar o fornecimento de energia para as restantes cargas ligadas, estendendo assim a duração da operação na ilha.

16. Processo de acordo com a reivindicação 15,

caracterizado por compreender adicionalmente implementar automaticamente (316) a acção correctiva eficaz ao identificar a acção correctiva.

17. Processo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por a irregularidade detectada (310) ser um seccionador de isolamento disparado, que isola a ilha de uma fonte de energia principal, e em que o emprego (322) de técnicas automatizadas de controlo de gestão da procura inclui ainda ligar automaticamente (324) o sistema de armazenamento de energia em bateria para substituir temporariamente a fonte de energia principal.

18. Processo de acordo com a reivindicação 17, caracterizado por compreender adicionalmente detectar (328) a estabilização da ilha afectada e empregar o controlo de sincronização (330) para fechar o seccionador de isolamento disparado.

19. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado por compreender adicionalmente voltar a ligar (332) a energia às cargas não lineares desligadas.

20. Processo de acordo com a reivindicação 15, caracterizado por compreender adicionalmente, em resposta à detecção (328), restabelecimento e estabilização da ilha afectada com uma fonte de energia principal, recarregar (334) o sistema de armazenamento de energia em bateria.

21. Processo de acordo com a reivindicação 10, para o controlo da rede eléctrica de uma rede eléctrica que tem cargas lineares e não lineares, caracterizado por compreender:

em resposta à detecção (308) de uma irregularidade na rede eléctrica, automaticamente:

- identificar (310) a natureza da irregularidade;
- avaliar (312) a gravidade e consequências potenciais da irregularidade;
- identificar (316) as acções correctivas com simulações da irregularidade extrapolada dentro de uma parte afectada da rede eléctrica;
- decidir (318) uma acção correctiva efectiva; e
- ligar (324) um sistema de armazenamento de energia em bateria para substituir uma fonte de energia principal desligada ou aumentar uma fonte de energia principal interrompida.

22. Processo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por a detecção (308) de uma irregularidade de rede eléctrica incluir antecipar uma irregularidade da rede eléctrica antes de a irregularidade ocorrer.

23. Processo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por compreender adicionalmente empregar (322) técnicas automatizadas de controlo de gestão da procura para desligar (326) a energia numa percentagem calculada de cargas não-lineares da parte ilha afectada e estabilizar o fornecimento de energia para as restantes cargas ligadas.

24. Processo de acordo com a reivindicação 23, caracterizado por em resposta a detectar a estabilização da rede eléctrica, o processo compreender adicionalmente voltar a ligar (332) a energia às cargas não lineares desligadas.

25. Processo de acordo com a reivindicação 21, caracterizado por a irregularidade ser um seccionador de isolamento disparado, compreendendo o processo adicionalmente detectar (328) a estabilização da rede eléctrica e empregar o controlo de sincronização (330) para fechar o seccionador de isolamento disparado.

26. Programa de computador, caracterizado por quando executado num computador efectuar os passos de qualquer uma das reivindicações 10 a 25.

27. Programa de computador de acordo com a reivindicação 26, caracterizado por estar armazenado num suporte legível em computador.

Lisboa, 26 de Setembro de 2012

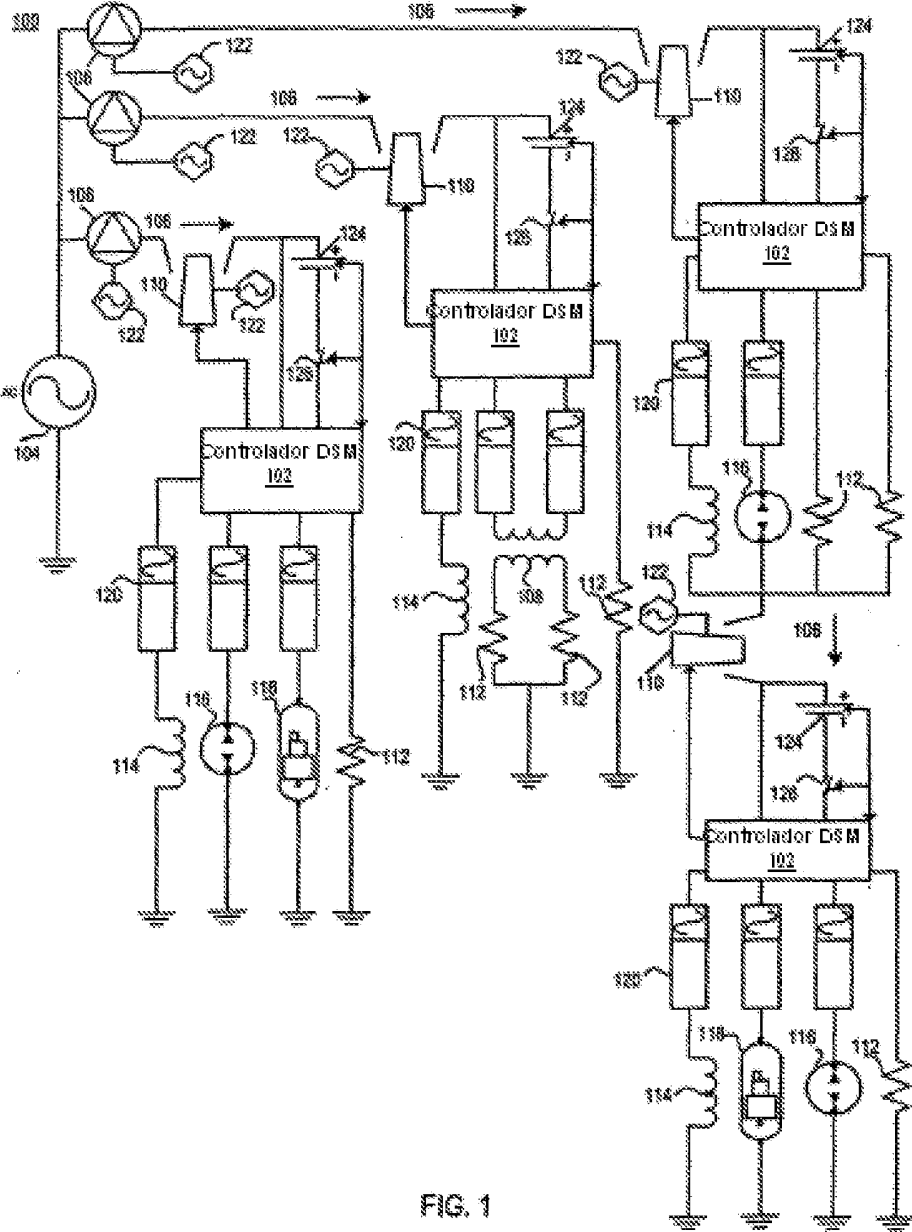


FIG. 1

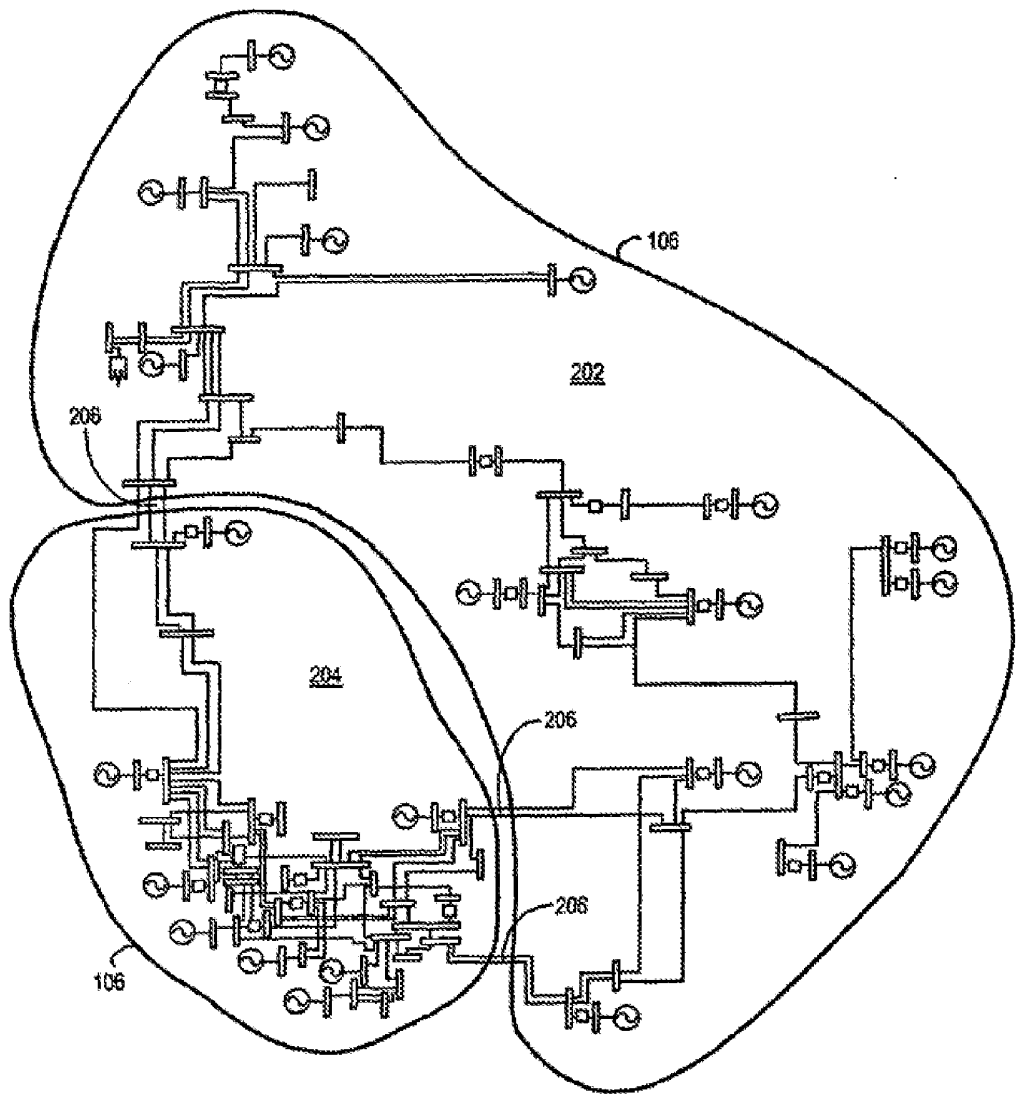


FIG. 2

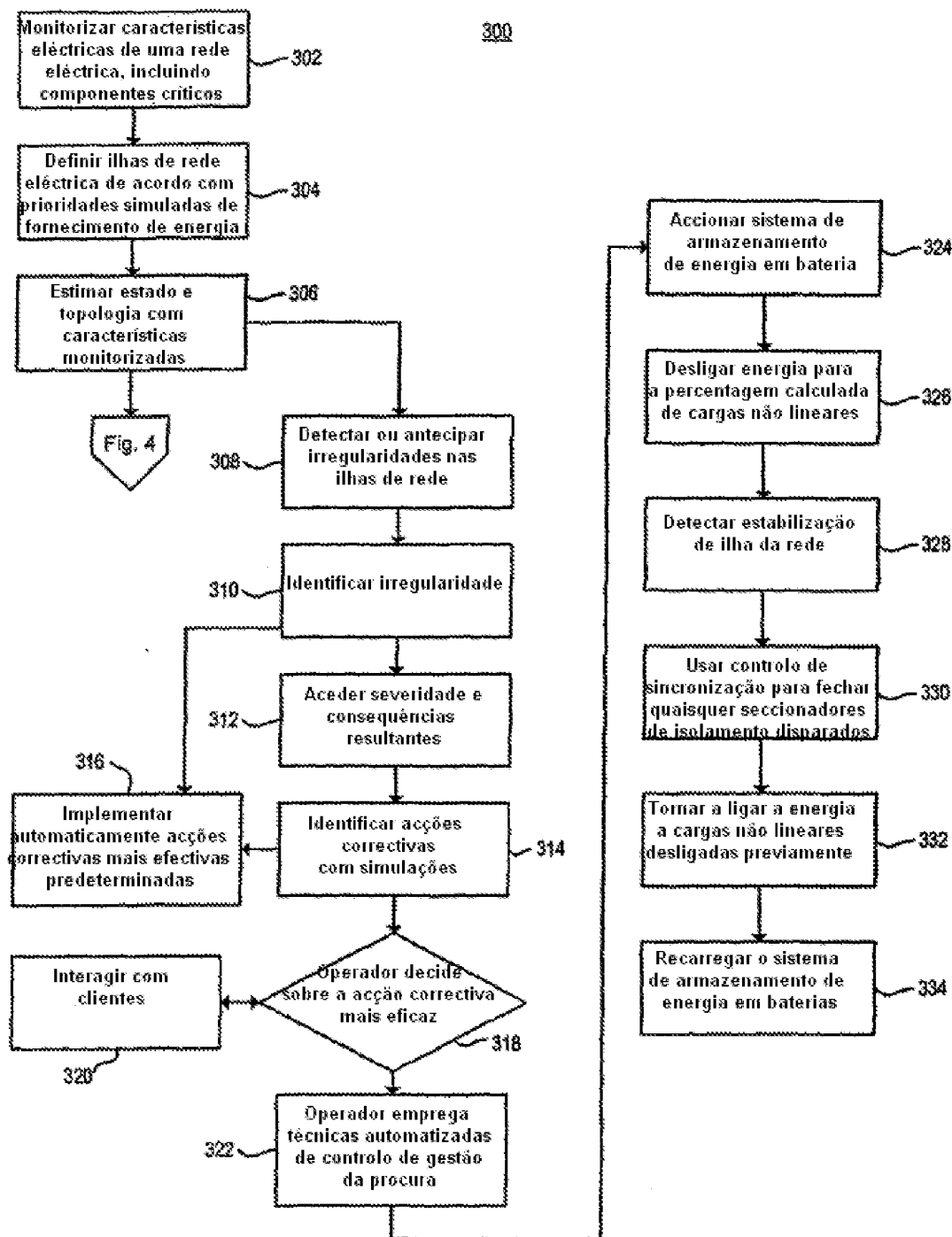
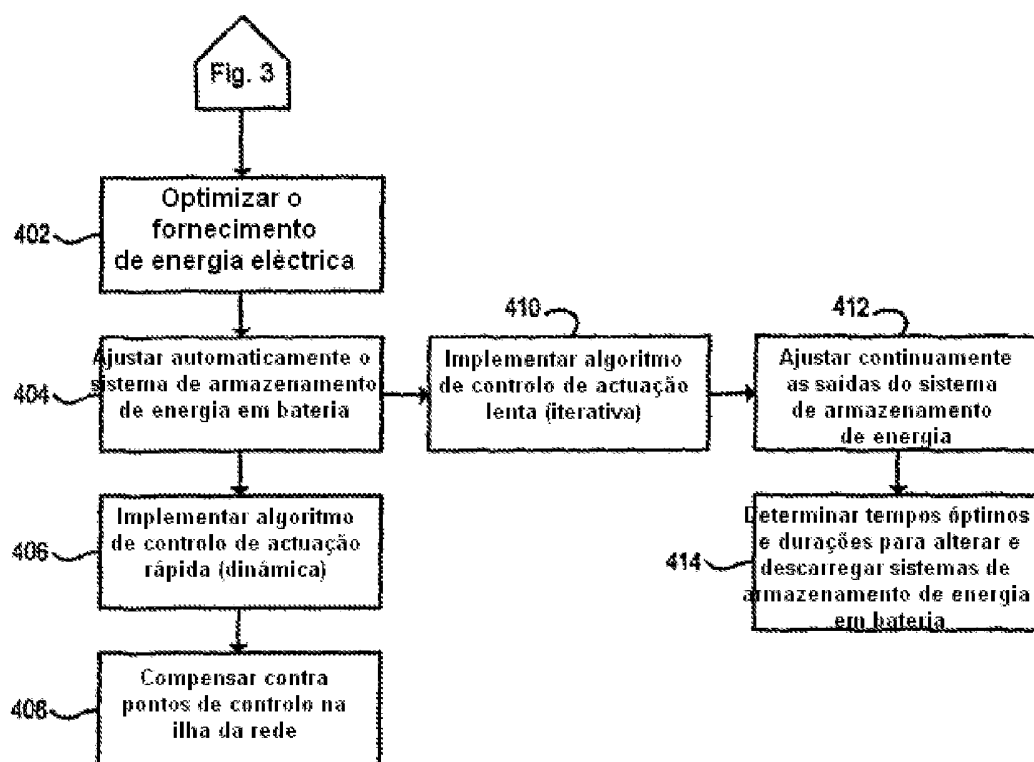


FIG. 3

400



REFERÊNCIAS CITADAS NA DESCRIÇÃO

Esta lista de referências citadas pelo requerente é apenas para conveniência do leitor. A mesma não faz parte do documento da patente Europeia. Ainda que tenha sido tomado o devido cuidado ao compilar as referências, podem não estar excluídos erros ou omissões e o IEP declina quaisquer responsabilidades a esse respeito.

Documentos de patentes citadas na Descrição

• US 2003042794 A1

• US 23477805 A