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

(21) BR 112019020188-2 A2

(22) Data do Depósito: 31/03/2017

(43) Data da Publicação Nacional: 22/04/2020

(54) Título: SISTEMA, MÉTODO E PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA ANALISAR DADOS DE UM SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA

(51) Int. Cl.: H02J 3/00.

(71) Depositante(es): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT.

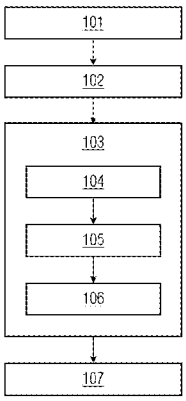
(72) Inventor(es): GANESH AYYAPPAN KRISHNAN; VIJAYAGANESH RAJASEKARAN; MURUGAN A.

(86) Pedido PCT: PCT EP2017057721 de 31/03/2017

(87) Publicação PCT: WO 2018/177540 de 04/10/2018

(85) Data da Fase Nacional: 26/09/2019

(57) Resumo: A presente invenção refere-se a sistema, método e produto de programa de computador para analisar dados de sistema de proteção de rede de alimentação. Método (100), sistema de análise de dados de rede de alimentação (200), e produto de programa de computador para analisar dados de rede de alimentação de sistema de energia elétrica (400). O sistema de análise de dados de rede de alimentação (200) obtém os dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica que é carregada no sistema de energia elétrica (400), detecta evento de potência no sistema de energia elétrica (400) a partir desses dados, determina causa do evento de potência empregando análise de dados de rede de alimentação, e os associa ao evento de potência do sistema de energia elétrica (400). A lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a determinação do tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação, a identificação do local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência, e a análise do evento de potência com base nos dados de rede de alimentação,(...).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA, MÉTODO E PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA ANALISAR DADOS DE UM SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA "**

[0001] A presente invenção refere-se à análise de falhas em um sistema de energia elétrica. Além disso, a presente invenção refere-se a um método, a um sistema de análise de dados de rede de alimentação, e a um produto de programa de computador para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica.

[0002] Uma instalação de geração de energia elétrica convencional fornece energia elétrica aos seus consumidores através de uma ampla e expansiva rede de distribuição de energia contendo muitas redes de eletricidade interligadas. As redes de eletricidade são de vários tamanhos e transmitem energia elétrica de baixa, média ou alta tensão aos seus consumidores. A qualidade de potência da energia elétrica transmitida é normalmente definida de acordo com a capacidade da rede de alimentação para o fornecimento de uma fonte de potência limpa e estável para as cargas relacionadas à mesma. Em outras palavras, a qualidade de potência provê, de maneira ideal, uma fonte de alimentação sempre disponível, livre de ruído, e sempre dentro de limites de tensão e tolerância de frequência aceitáveis. Além disso, a qualidade de potência determina o quociente de adequação da energia elétrica transmitida a equipamentos de consumo. Sem uma qualidade de potência suficiente, o equipamento de consumo poderá apresentar mau funcionamento, falha prematura ou parar de funcionar. Existem várias causas para a diminuição da qualidade de potência, por exemplo, o compartilhamento de uma infraestrutura entre clientes, o aumento de harmônicas devido à integração de microrredes e/ou a uma geração distribuída, etc.

[0003] Problemas de qualidade de potência incluem, em grande parte, qualquer desvio do funcionamento normal de uma fonte de ten-

são. Problemas de qualidade de potência incluem eventos de alta velocidade, tais como impulsos ou transientes de tensão, ruídos de alta frequência, ondas ou quedas de tensão, ou uma perda total de energia. Equipamentos elétricos de vários tipos que enfrentam problemas de qualidade de potência são tipicamente afetados de diversas maneiras. Ao se analisar a energia elétrica e ao avaliar o equipamento elétrico ou a carga do equipamento elétrico, será possível determinar se existe ou não um problema de qualidade de potência. Deste modo, um problema de qualidade de potência poderá também ser encarado como um problema de compatibilidade do equipamento elétrico com relação à rede, ou seja, a compatibilidade dos equipamentos elétricos com relação a eventos que acontecem na rede. Tais problemas são tipicamente resolvidos ao melhorar a qualidade da energia ou ao produzir equipamentos mais resistentes. No entanto, a produção de equipamentos mais resistentes, na maioria das vezes, resulta em um aumento de custo do equipamento. Sendo assim, a abordagem de problemas de qualidade da energia é uma alternativa preferida não só do ponto de vista da vida útil do equipamento, mas também do ponto de vista da saúde geral da rede elétrica.

[0004] A fim de manter níveis aceitáveis de qualidade de potência e de confiabilidade do sistema, é feita uma análise das falhas e dos problemas de qualidade da energia com base nos eventos. No entanto, tal análise tipicamente envolve o exame da enorme quantidade de dados gravados por dispositivos eletrônicos inteligentes (IED) colocados em várias subestações. Tais dados são tipicamente analisados por engenheiros elétricos através de várias ferramentas a fim de estabelecer correlação entre um evento e uma falha de equipamento. Ferramentas de análise de qualidade de potência convencionais automaticamente leem arquivos com problema e gravam os dados de qualidade de potência captados pelos dispositivos IED através da sonda-

gem periódica dos dispositivos IED. No entanto, os dispositivos IED tipicamente provêem um grande número de arquivos com problema por evento, os quais os engenheiros elétricos têm de pesquisar e identificar os apropriados arquivos com problema, o que, assim, torna o processo de análise tedioso e demorado. Além disso, a identificação de um arquivo com problema apropriado para análise se baseia, em grande parte, na competência dos engenheiros elétricos, o que poderá levar, por conseguinte, à possibilidade de falsas conclusões na análise devido a erros humanos. Além disso, a determinação se um problema de qualidade de potência ocorreu primeiro ou se uma falha ocorreu primeiro é um processo complicado que requer uma ampla análise da subestação. Deste modo, a análise convencional da qualidade de potência carece de eficiência e não consegue proporcionar uma análise completa e profunda dos problemas que ocorrem na rede elétrica.

[0005] Portanto, é um objetivo da presente invenção prover um método, um sistema e um produto de programa de computador para a análise dos dados da rede de alimentação de um sistema de energia elétrica com o máximo de precisão de maneira efetiva e econômica.

[0006] O método, o sistema e o produto de programa de computador de acordo com a presente invenção atingem o objetivo acima mencionado empregando uma lógica de análise de dados de rede de alimentação para a determinação de uma causa de um evento de potência que ocorre no sistema de energia elétrica. De acordo com a presente invenção, é provido um método de análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica. Tal como usado no presente documento, "sistema de energia elétrica " refere-se a uma rede de componentes elétricos compreendendo, por exemplo, um equipamento de geração de energia, um equipamento de distribuição de energia, um equipamento de proteção de rede de alimentação, tais como disjuntores, relés, desconectores, comutadores, etc., ligados

através de fios de alimentação para a geração, transmissão e distribuição de energia dentro dos mesmos a partir de uma instalação de geração de energia para uma instalação de consumo de energia. Ainda, tal como usado no presente documento, "dados de rede de alimentação" refere-se a dados obtidos em tempo real e/ou em tempo não real a partir de pontos geograficamente distintos distribuídos por uma vasta área de um sistema de energia elétrica. De acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, os dados de rede de alimentação são dados de rede de alimentação de subestação. De acordo com uma modalidade da presente invenção, os dados de rede de alimentação são dados com registro de data e hora compreendendo, por exemplo, medições fasoriais de fluxos de dados coletados a partir de vários pontos geograficamente distintos. Em uma modalidade preferida de acordo com a presente invenção, os dados de rede de alimentação são os dados medidos e/ou computados obtidos a partir de uma pluralidade de fontes de dados de sistema de energia elétrica que compreendem, por exemplo, áreas de controle, dispositivos de proteção, instalações de transmissão, serviços de utilidade pública, centros de controle de confiabilidade regional, sistemas EMS/SCADA (Sistema de Gestão de Energia / Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados), fontes de dados da rede sem energia, etc. De acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, os dados de rede de alimentação são armazenados em um banco de dados do sistema de potência. Os dados de rede de alimentação podem ser obtidos periódica ou continuamente.

[0007] Os dados de rede de alimentação compreendem dados de qualidade de potência, dados de dispositivo de proteção associados a uma pluralidade de dispositivos de proteção do sistema de energia elétrica , dados de evento de potência, e dados de topologia. Tal como usado no presente documento, "dados de qualidade de potência" refe-

re-se aos dados medidos pelos dispositivos de qualidade de potência no sistema de energia elétrica. Os dados de qualidade de potência compreendem, por exemplo, a distorção harmônica, a oscilação, o desequilíbrio de tensão, as harmônicas individuais, a tensão individual e os valores de corrente, etc., de um alimentador. Tal como usado no presente documento, "dados do dispositivo de proteção " refere-se à configuração dos dados associados aos dispositivos de proteção, por exemplo, definições de valor limite, tais como um nível de disparo para um relê de proteção. Tal como usado no presente documento, "dados de evento de potência" refere-se a dados associados a um evento de rede de alimentação, por exemplo, um momento da ocorrência do evento de potência, uma sequência de ocorrências de uma pluralidade de eventos de potência, etc. Os eventos de potência compreendem um desvio de uma operação de estado estacionário padrão que são significativos a partir de uma perspectiva de análise de falhas e compreendem, por exemplo, variações de carga, variações de qualidade de potência, falhas, tais como falhas de curto circuito, falhas de fase, falhas de terra, etc. Tal como usado no presente documento, "dados de topologia" refere-se a dados associados a uma ou mais subestações no sistema de energia elétrica. Os dados de topologia compreendem, por exemplo, detalhes sobre os componentes elétricos, tais como, fios de alimentação, barramentos, disjuntores, comutadores, relés, transformadores, bem como sobre as cargas, tais como, de motores, de transmissores, de capacitores, de quadros de distribuição, etc., que permitem monitorar a variação de carga do sistema de energia elétrica. Os dados de topologia são continuamente monitorados e são obtidos, por exemplo, a partir de arquivos de configuração, unidades controladoras de compartimentos, etc.

[0008] O método, de acordo com a presente invenção, compreende a obtenção dos dados de rede de alimentação que representam um

ou mais parâmetros da energia elétrica carregada no sistema de energia elétrica. Os parâmetros compreendem, por exemplo, os valores de tensão e de corrente medidos, por exemplo, por diversos dispositivos de medição ou de detecção elétricos, em vários pontos do sistema de energia elétrica. Os parâmetros se referem, por exemplo, à qualidade da energia elétrica, aos dados associados aos vários componentes elétricos que suportam a energia elétrica que está sendo carregada, aos dados associados à carga que está sendo suprida, etc. Os parâmetros compreendem, por exemplo, a tensão, a corrente, a potência, os ângulos de fase, a frequência, as harmônicas, aos valores de carga linear e não linear, etc., ou poderão ser medidos e/ou computados para cada alimentador e/ou para cada componente elétrico conectado no sistema de energia elétrica.

[0009] O método, de acordo com a presente invenção, compreende a detecção de um evento de potência no sistema de energia elétrica a partir dos dados de rede de alimentação. O evento de potência compreende um evento momentâneo que ocorre no sistema de energia elétrica. Tal como aqui usado, "evento momentâneo" refere-se a um desvio repentino de uma operação de estado estacionário que ocorre em um curto período de tempo, tal como, uma sobretensão momentânea, uma falha transitória, etc. O evento de potência é detectado por meio da definição de um limite para uma pluralidade de valores de dados de rede de alimentação obtidos. Por exemplo, quando uma corrente de valor quadrático médio (RMS) em uma ou mais fases de um sistema de energia elétrica excede um predeterminado nível limite, isso poderá indicar a presença de uma corrente de defeito que excede a carga normal do sistema, desta maneira qualificado como um evento de potência. Outros tipos de limites compreendem, por exemplo, um limite sobre o desvio permissível de uma quantidade medida a partir do seu valor nominal estimado, combinando os dados ob-

servados com os padrões representativos de certos tipos de falhas ou falhas incipientes. Em uma modalidade preferida, de acordo com a presente invenção, os dados de evento de potência são os dados associados ao evento de potência que são medidos ou calculados antes ou após a ocorrência do evento de potência por uma duração de tempo predefinido. Uma vez que o método, de acordo com a presente invenção, impede uma análise manual dos dados de rede de alimentação, com vantagem, a duração de tempo predefinido poderá ser estabelecida de tal maneira a capturar e detectar cada um dos eventos momentâneos.

[0010] O método, de acordo com a presente invenção, compreende a determinação da causa de um evento de potência com base nos dados de rede de alimentação. A causa do evento de potência compreende uma variação de carga ou uma ocorrência de falha no sistema de energia elétrica. A causa do evento de potência é determinada pelo emprego de uma lógica de análise de dados de rede de alimentação. A lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a determinação de um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação. O tipo do evento de potência compreende uma indicação de falha no sistema de energia elétrica e/ou uma aberração na qualidade da energia elétrica carregada no sistema de energia elétrica. A fim de determinar o tipo do evento de potência, um momento da ocorrência do evento de potência é obtido a partir dos dados de evento de potência. Ao usar o tempo da ocorrência do evento de potência, os dados de qualidade de potência e os dados de dispositivo de proteção associados ao tempo da ocorrência do evento de potência são extraídos do banco de dados de sistema de potência que armazena os dados de rede de alimentação. Ao usar os dados de qualidade de potência extraídos e os dados de dispositivo de

proteção, o tipo do evento de potência é determinado. Por exemplo, na ocorrência de uma onda de tensão ou de uma queda de tensão observada a partir dos dados de qualidade de potência e no disparo de um dispositivo de proteção observado a partir dos dados de dispositivo de proteção, um tipo de evento de potência será identificado como sendo um evento de potência do tipo combinado, que é uma indicação de falha ou uma aberração na qualidade de potência.

[0011] A lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a identificação de um local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência. O local do evento de potência compreende um evento de carga de energia e/ou um evento de fonte de potência. A fim de identificar o local do evento de potência, valores de tensão e de corrente são obtidos a partir dos dados de qualidade de potência. Com base nas alterações de tensão e de corrente, por exemplo, quando a tensão cai e a corrente aumenta ao mesmo tempo, ou quando a tensão aumenta e a corrente cai ao mesmo tempo, nesse caso o evento de potência é identificado como sendo um evento de carga de energia. Considerando que, se ambas a tensão e a corrente caem ao mesmo tempo, nesse caso, o evento de potência será identificado como sendo um evento de fonte de potência.

[0012] A lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a análise do evento de potência com base nos dados de rede de alimentação, no tipo de evento de potência, e/ou no local do evento de potência. A análise do evento de potência compreende a determinação da causa de um evento de potência, ou seja, uma variação de carga ou uma ocorrência de falha no sistema de energia elétrica. A fim de analisar o evento de potência, os dados de qualidade de potência, os dados do evento de potência, os dados de dispositivo de proteção e os dados de topologia são extraídos dos dados de rede de alimentação. Por exemplo, para um tipo de combinação de evento de potência

que compreende uma indicação de falha ou uma aberração da qualidade de potência, um momento da ocorrência de cada tipo de eventos de potência é obtido a partir dos dados de evento de potência e uma sequência de ocorrência de cada tipo de evento de potência é calculada. Se a aberração na qualidade de potência for considerada como tendo ocorrido antes da indicação de falha, nesse caso, é determinado o uso dos dados de qualidade de potência e dos dados de topologia, bem como o tipo do evento de potência, por exemplo, um evento de carga de energia ou uma causa de evento de potência. Em uma modalidade, os dados de dispositivo de proteção são também analisados após a análise dos dados de qualidade de potência a fim de determinar a causa do evento de potência. Se a indicação de falha for considerada com tendo ocorrido antes da aberração da qualidade de potência, nesse caso, é determinado o uso dos dados de dispositivo de proteção e dos dados de topologia, juntamente com o tipo do evento de potência e com a causa do evento de potência. Em uma modalidade, os dados de qualidade de potência são analisados após a análise dos dados de dispositivo de proteção para determinar a causa do evento de potência.

[0013] O método, de acordo com a presente invenção, compreende a geração de uma recomendação associada ao evento de potência para o sistema de energia elétrica com base na causa do evento de potência. A recomendação compreende um ou mais dentre uma indicação de estado de saúde de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica , uma indicação de substituição de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica , e uma indicação de calibração de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica. Tal como usado no presente documento, "estado de saúde" refere-se ao estado geral de precisão operacional de uma parte do sistema de energia elétrica. O estado de saúde compreende, por exemplo, se um componente elétrico, tal

como um dispositivo de proteção está funcionando ou não de acordo com o seu estado normal de funcionamento, e caso apresente um problema, se o mesmo sofreu um mau funcionamento, ou se a disponibilidade do mesmo foi afetada ou se é esperado que a sua disponibilidade seja afetada após um evento de qualidade de potência ou devido a um fator de envelhecimento. O estado de saúde é determinado com base na causa do evento de potência e poderá incluir o momento da primeira observação e a gravidade de qualquer tipo de erro ou contingência do dispositivo de proteção. Por exemplo, quando uma distorção harmônica total para um alimentador aumenta e o tipo de evento de potência é uma aberração na qualidade de potência só então o estado de saúde poderá indicar um alerta preventivo sobre um disjuntor no alimentador que potencialmente poderá disparar. Com vantagem, o estado de saúde é gerado com base no número de vezes que um evento de potência ocorreu em uma seção particular do sistema de energia elétrica , ou seja, se um evento de potência aconteceu uma série de vezes além de um ajuste de limite predefinido para um alimentador em particular, nesse caso, um estado de saúde é gerado indicando um alerta preventivo. A recomendação poderá ainda compreender uma indicação de substituição para uma parte do sistema de energia elétrica quando o estado de saúde de uma parte do sistema tenha sido afetado por um período de tempo específico. A recomendação poderá compreender ainda uma indicação de calibração para uma parte, tal como um sensor, quando o estado de saúde daquela parte compreende uma indicação de mau funcionamento.

[0014] De acordo com a presente invenção, é descrito também um sistema de análise de dados de rede de alimentação para a análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica. O sistema de análise de dados de rede de alimentação compreende um meio de armazenamento legível por computador não transitório que

armazena instruções de programa de computador definidas por módulos do sistema de análise de dados de rede de alimentação, e pelo menos um processador comunicativamente acoplado ao meio de armazenamento legível por computador não transitório que executa as instruções de programa de computador definidas. Os módulos do sistema de análise de dados de rede de alimentação compreendem um módulo de obtenção de dados, um módulo de detecção de evento, um módulo de determinação de causa, e um módulo de geração de recomendação. O módulo de obtenção de dados é configurado de modo a obter os dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica carregada no sistema de energia elétrica. O módulo de detecção de evento é configurado de modo a detectar um evento de potência no sistema de energia elétrica a partir dos dados de rede de alimentação. O módulo de determinação de causa é configurado de modo a determinar a causa de um evento de potência com base nos dados de rede de alimentação. O módulo de geração de recomendação é configurado de modo a gerar uma recomendação associada ao evento de potência para o sistema de energia elétrica com base na causa do evento de potência.

[0015] O módulo de determinação de causa compreende módulos configurados de modo a empregar uma lógica de análise de dados de rede de alimentação. Os módulos do módulo de determinação de causa compreendem um módulo de determinação de tipo configurado de modo a determinar um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação, um módulo de identificação de local configurado de modo a identificar um local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência, e um módulo de análise de evento configurado de modo a analisar um evento de potência com base em um ou mais dentre os dados de rede de alimen-

tação, o tipo de evento de potência, e o local do evento de potência.

[0016] De acordo com a presente invenção, é também descrito no presente documento um produto de programa de computador que compreende um meio de armazenamento legível por computador não transitório que armazena códigos de programa de computador que compreendem instruções executáveis por pelo menos um processador a fim de executar o método de análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica acima descrito.

[0017] As características acima mencionadas e ainda outras da presente invenção serão abordadas a seguir com referência aos desenhos em anexo da presente invenção. As modalidades ilustradas têm a intenção de ilustrar, mas não limitar a presente invenção.

[0018] A presente invenção será ainda descrita a seguir com referência às modalidades ilustradas mostradas nos desenhos em anexo, nos quais:

[0019] As Figuras 1A - 1D são fluxogramas de processo ilustrando um método de análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica.

[0020] A Figura 2 ilustra um sistema de análise de dados de rede de alimentação para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica.

[0021] A Figura 3 é um diagrama de blocos ilustrando a arquitetura de um sistema de computador usado pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação ilustrado na Figura 2 para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica.

[0022] As Figuras 4A - 4B ilustram um sistema de energia elétrica compreendendo cargas lineares e não lineares.

[0023] As Figuras 5A - 5B ilustram formas de onda gráficas durante a operação de um dispositivo de proteção do sistema de energia elétrica ilustrado nas Figuras 4A e 4B.

[0024] As Figuras 6 – 7 ilustram as imagens de uma interface gráfica de usuário provida pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação ilustrado na Figura 2 de modo a produzir as recomendações geradas pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação com base em uma causa de ocorrência de um evento de potência no sistema de energia elétrica ilustrado nas Figuras 4A e 4B.

[0025] Várias modalidades são descritas com referência aos desenhos, nos quais números de referência similares são usados de modo a se referir a elementos similares. Na descrição a seguir, com o propósito de explicação, inúmeros detalhes específicos são apresentados de modo a oferecer um total entendimento de uma ou mais modalidades da presente invenção. Poderá ser evidente que tais modalidades podem ser praticadas sem esses detalhes específicos.

[0026] As Figuras 1A a 1D são fluxogramas de processo que ilustram um método 100 de análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica. Em uma modalidade preferida, de acordo com a presente invenção, o método descrito no presente documento usa o sistema de análise de dados de rede de alimentação ilustrado na Figura 2, compreendendo pelo menos um processador configurado de modo a executar instruções de programa de computador para a análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica. Tal como ilustrado na Figura 1A, a etapa 101 do método descrito na presente invenção compreende a obtenção dos dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica carregada no sistema de energia elétrica. Os dados de rede de alimentação compreendem dados de qualidade de potência, dados de dispositivo de proteção associados a uma pluralidade de dispositivos de proteção do sistema de energia elétrica , dados de evento de potência, e dados de topologia. Os dados de rede de alimentação são um conjunto de dados de medição e/ou de dados com-

putados. Os dados de rede de alimentação são dados de rede de alimentação de subestação. Os dados de rede de alimentação são obtidos, por exemplo, a partir de cada um dos alimentadores de uma subestação através de vários dispositivos de detecção e de medição acoplados aos alimentadores, tais como, transdutores, dispositivos de proteção contra surtos, dispositivos de detecção de falha, analisadores de energia, etc. Os dados de rede de alimentação são armazenados em um banco de dados de sistema de potência.

[0027] A etapa 102 do método descrito no presente documento compreende a detecção de um evento de potência no sistema de energia elétrica a partir dos dados de rede de alimentação. O evento de potência compreende um evento momentâneo que ocorre no sistema de energia elétrica. Para a detecção do evento de potência, os dados de rede de alimentação são periodicamente filtrados e qualquer desvio de qualquer um dos parâmetros de sua operação em estado estacionário é detectado como sendo um evento de potência. Os eventos de potência são também armazenados no banco de dados do sistema de potência juntamente com os dados de rede de alimentação obtidos durante um período de tempo no qual ocorreu um evento de potência.

[0028] A etapa 103 do método descrito no presente documento compreende a determinação da causa de um evento de potência com base nos dados de rede de alimentação. A causa do evento de potência compreende uma variação de carga e/ou uma ocorrência de falha no sistema de energia elétrica. Para a determinação da causa de um evento de potência, o método descrito no presente documento utiliza a lógica de análise de dados de rede de alimentação. A etapa 104 do método descrito no presente documento compreende a lógica de análise de dados de rede de alimentação que determina um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos da-

dos de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação. O tipo do evento de potência compreende uma indicação de falha no sistema de energia elétrica e/ou uma aberração na qualidade da energia elétrica carregada no sistema de energia elétrica. Portanto, o tipo do evento de potência pode compreender uma combinação de eventos, nos quais o evento de potência compreende uma ocorrência de uma falha antes ou após a ocorrência de uma aberração da qualidade de potência da rede de alimentação. A etapa 105 do método descrito no presente documento compreende a lógica de análise de dados de rede de alimentação que identifica um local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência. O local do evento de potência compreende um evento de carga de energia e/ou um evento de fonte de potência. A etapa 106 do método descrito no presente documento compreende a lógica de análise de dados de rede de alimentação que analisa o evento de potência com base nos dados de rede de alimentação, no tipo do evento de potência, e/ou no local do evento de potência. Cada uma das etapas 104, 105 e 106 da lógica de análise de dados de rede de alimentação são descritas em detalhe nas descrições das Figuras 1B - 1D.

[0029] Na etapa 107, o método descrito no presente documento compreende a geração de uma recomendação associada ao evento de potência para o sistema de energia elétrica com base na causa do evento de potência. A recomendação compreende uma indicação de estado de saúde de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica , uma indicação de substituição de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica , e/ou uma indicação de calibração de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica.

[0030] A Figura 1B é um fluxograma de processo que ilustra a etapa 104 da lógica de análise de dados de rede de alimentação usada no método descrito na Figura 1A que compreende a determinação de

um tipo de evento de potência. Na etapa 104A, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a extração dos dados de evento de potência dos dados de rede de alimentação, por exemplo, por meio da recuperação dos dados de rede de alimentação do banco de dados de sistema de potência. De maneira alternativa, na etapa 104A, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a obtenção dos dados de evento de potência a partir do banco de dados de sistema de potência. Na etapa 104B, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a obtenção de um momento da ocorrência do evento de potência a partir dos dados de evento de potência extraídos. Na etapa 104C, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a extração de dados de qualidade de potência e dados de dispositivo de proteção dos dados de rede de alimentação com base no momento da ocorrência do evento de potência. Os dados de qualidade de potência e os dados de dispositivo de proteção são extraídos para uma janela de tempo predefinida no momento da ocorrência do evento de potência. A janela de tempo compreende, por exemplo, 50 segundos antes e depois de um momento no qual o evento de potência ocorreu de acordo com o momento de ocorrência obtido. Na etapa 104D, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a análise dos dados de qualidade de potência e dos dados de dispositivo de proteção. Os dados de qualidade de potência são analisados no sentido de determinar a presença de uma aberração na qualidade de potência com base em um desvio dos valores de parâmetro, tais como uma distorção harmônica total, uma oscilação, um desequilíbrio de tensão, um desequilíbrio de corrente, harmônicas individuais, etc., de seus valores de estado estacionário padrão. Da mesma forma, os dados de dispositivo de proteção são analisados de modo a determinar se foi disparado qualquer um dos dispositivos de proteção do sistema de energia elétrica durante o

momento de ocorrência do evento de potência com base em seus valores limite. Por conseguinte, a lógica de análise de dados de rede de alimentação oferece uma indicação se foi observada uma aberração na qualidade de potência e/ou se uma indicação de falha através do disparo de um dispositivo de proteção foi observada no sistema de energia elétrica correspondente ao evento de potência detectado.

[0031] A Figura 1C é um fluxograma de processo que ilustra a etapa 105 da lógica de análise de dados de rede de alimentação usada no método descrito na Figura 1A compreendendo a identificação de um local do evento de potência. Na etapa 105A, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a extração de valores de tensão dos dados de qualidade de potência associados ao momento da ocorrência de um evento de potência. Os valores de tensão são para um ou mais alimentadores de uma subestação do sistema de energia elétrica. Na etapa 105B, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a extração dos valores correntes dos dados de qualidade de potência associados ao momento da ocorrência de um evento de potência. Os valores correntes são para um ou mais alimentadores de uma subestação do sistema de energia elétrica. Na etapa 105C, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a verificação se os valores de tensão e os valores de corrente aumentam ou diminuem simultaneamente no mesmo instante de tempo. Caso positivo, na etapa 105D então, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreenderá a identificação do local do evento de potência como sendo um evento de fonte de potência ou, caso negativo, na etapa 105E então, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreenderá a identificação do local do evento de potência como sendo um evento de carga de energia. Cada uma das etapas 104A - 104D ilustradas na Figura 1B e cada uma das etapas 105A - 105E apresentadas na mesma são realizadas pela lógica

de análise de dados de rede de alimentação para cada evento de potência detectado pelo método descrito no presente documento no sistema de energia elétrica.

[0032] A Figura 1D é um fluxograma de processo que ilustra a etapa 106 da lógica de análise de dados de rede de alimentação usada no método descrito na Figura 1A compreendendo a análise do evento de potência. Na etapa 106A, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a verificação se o tipo do evento determinado é um evento de combinação ou não, ou seja, a verificação de uma indicação de falha antes ou após a ocorrência de uma aberração da qualidade de potência da energia elétrica. Caso negativo, ou seja, quando o evento de potência compreende uma aberração da qualidade de potência, mas não apresenta nenhuma indicação de ocorrência de falha, na etapa 106B, então, com base no local do evento de potência identificado, a causa do evento de potência será determinado como sendo um evento de carga, ou seja, uma variação na carga em uma instalação, tal como uma mudança repentina de carga ou de fonte de potência, ou seja, um evento de serviço de utilidade pública, tal como uma variação no fio de alimentação. Caso positivo, ou seja, quando o evento de potência compreende uma indicação de falha antes ou após a ocorrência de uma aberração da qualidade de potência da energia elétrica, na etapa 106C, então, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreenderá a extração dos dados de topologia dos dados de rede de alimentação. Na etapa 106D, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a obtenção de uma sequência de ocorrência de cada um dos eventos de potência com base no momento da ocorrência dos eventos de potência detectados. Na etapa 106E, a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a verificação se a aberração na qualidade de potência acontece antes da indicação de uma ocorrência da falha.

Caso positivo, na etapa 106F, então, os dados de topologia e os dados de qualidade de potência são analisados juntamente com a localização de um evento de potência a fim de determinar se a causa do evento de potência é uma variação de carga ou uma ocorrência de falha real. Após a análise dos dados de topologia e dos dados de qualidade de potência, os dados de dispositivo de proteção são também analisados para a determinação da causa do evento de potência. Caso negativo, na etapa 106G, então, os dados de topologia e os dados de dispositivo de proteção são analisados juntamente com a localização do evento de potência a fim de determinar se a causa do evento de potência é uma variação de carga ou não ou se é uma ocorrência de falha real ou não. Após a análise dos dados de topologia e dos dados de dispositivo de proteção, os dados de qualidade de potência serão também analisados no sentido de determinar a causa do evento de potência.

[0033] A Figura 2 ilustra um sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica. O sistema PNDAS 200, de acordo com a presente invenção, é instalado em e acessível por parte de um dispositivo de usuário, por exemplo, um dispositivo de computação pessoal, uma estação de trabalho, um dispositivo de cliente, um dispositivo de computação habilitado em rede, qualquer outro equipamento de computação adequado, e combinações de múltiplas peças de um equipamento de computação. Em uma modalidade preferida, de acordo com a presente invenção, o sistema PNDAS 200 é transferível e utilizável no dispositivo de usuário. Em outra modalidade de acordo com a presente invenção, o sistema PNDAS 200 é configurado como uma plataforma baseada na Web, por exemplo, um site da web hospedado em um servidor ou em uma rede de servidores. Em uma outra modalidade, de acordo com a presente invenção, o sistema PNDAS 200 é implementado no ambiente de computação em nuvem. O siste-

ma PNDAS 200 é desenvolvido, por exemplo, usando uma infraestrutura em nuvem de uma máquina Google App da empresa Google Inc., os serviços Amazon Web Services® da empresa Amazon Technologies, Inc., o serviço da web Amazon Elastic Compute Cloud EC2® da empresa Amazon Technologies, Inc., a plataforma Google® Cloud da empresa Google Inc., a plataforma Microsoft® Cloud da empresa Microsoft Corporation, etc. Em uma modalidade, o sistema PNDAS 200 é configurado como uma plataforma baseada em computação em nuvem implementada como um serviço para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica.

[0034] O sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 descrito no presente documento compreende um meio de armazenamento legível por computador não transitório e pelo menos um processador comunicativamente acoplado ao meio de armazenamento legível por computador não transitório. Tal como usado no presente documento, "meio de armazenamento legível por computador não transitório" refere-se a todos os meios legíveis por computador, por exemplo, meios não voláteis, meios voláteis, e meios de transmissão, exceto para um sinal de propagação transitório. O meio de armazenamento legível por computador não transitório é configurado de modo a armazenar instruções de programa de computador definidas pelos módulos, por exemplo, 201, 202, 203, 204, etc., do sistema PNDAS 200. O processador é configurado de modo a executar as instruções de programa de computador definidas. Tal como ilustrado na Figura 2, o sistema PNDAS 200 compreende uma interface gráfica de usuário (GUI) 205. Um usuário que usa o dispositivo de usuário pode acessar o sistema PNDAS 200 através da interface GUI 205. A interface GUI 205 é, por exemplo, uma interface da web online, uma interface de aplicação transferível baseada na web, tal como o aplicativo Windows® da empresa Microsoft®, etc. O sistema PNDAS 200 com-

preende ainda um módulo de obtenção de dados 201, um módulo de detecção de evento 202, um módulo de determinação de causa 203, e um módulo de geração de recomendação 204.

[0035] O módulo de obtenção de dados 201 obtém os dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da rede de energia elétrica que é carregada no sistema de energia elétrica. O módulo de obtenção de dados 201 fica em comunicação operável com uma pluralidade de dispositivos de medição e de detecção montados em vários pontos geográficos em uma subestação 207. O módulo de obtenção de dados 201 calcula os dados de rede de alimentação com base nos dados recebidos desses dispositivos da subestação 207. Em uma modalidade, de acordo com a presente invenção, o módulo de obtenção de dados 201 fica em comunicação operável com um banco de dados central 209 que compreende, por exemplo, um banco de dados que armazena dados em um centro de controle de subestação. Em uma modalidade, de acordo com a presente invenção, o módulo de obtenção de dados 201 fica em comunicação com os dispositivos de medição e/ou detecção da subestação 207 e o com o banco de dados central 209 através de uma rede de comunicação 208. A rede de comunicação é, por exemplo, uma rede com fio, uma rede sem fio, ou uma rede formada a partir de qualquer combinação dessas redes. A rede de comunicação é, por exemplo, um barramento de planta, um barramento de campo, um barramento de comunicação, etc., através do qual uma pluralidade de dispositivos de medição e/ou dispositivos de detecção da subestação 207 se comunicam com o módulo de obtenção de dados 201. O módulo de obtenção de dados 201 armazena os dados de rede de alimentação em um banco de dados de sistema de potência 206. O banco de dados de sistema de potência 206 são, por exemplo, um armazenador de dados de linguagem de consulta estruturada (SQL) ou um armazenador de dados não só SQL (NoSQL).

Em uma modalidade, de acordo com a presente invenção, o banco de dados de sistema de potência 202 pode ser também um local em um sistema de arquivos diretamente acessível pelo sistema PNDAS 200. Em uma outra modalidade, de acordo com a presente invenção, o banco de dados de sistema de potência 202 é configurado como um banco de dados baseado em nuvem implementado em um ambiente de computação em nuvem, no qual os recursos de computação são entregues como um serviço através da rede de comunicação 208. Tal como usado no presente documento, "ambiente de computação em nuvem" refere-se a um ambiente de processamento que compreende recursos físicos e lógicos de computação configuráveis, por exemplo, redes, servidores, armazenadores, aplicativos, serviços, etc., além de dados distribuídos através da rede de comunicação 208, por exemplo, a Internet. O ambiente de computação em nuvem oferece acesso à rede sob demanda para um pool compartilhado de recursos físicos e lógicos de computação configuráveis.

[0036] O módulo de detecção de evento 202 detecta um evento de potência no sistema de energia elétrica a partir dos dados de rede de alimentação. O módulo de determinação de causa 203 determina a causa de um evento de potência com base nos dados de rede de alimentação, sendo que a causa do evento de potência compreende um ou mais dentre uma variação de carga ou uma ocorrência de falha no sistema de energia elétrica. O módulo de determinação de causa compreende módulos 203A, 203B, e 203C que empregam a lógica de análise de dados de rede de alimentação apresentada na descrição detalhada das Figuras 1A a 1D. O módulo de determinação de causa 203 compreende ainda um módulo de determinação de tipo 203A, um módulo de identificação de local 203B e um módulo de análise de evento 203C. O módulo de determinação de tipo 203A determina um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de po-

tência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação. O módulo de identificação de local 203B identifica um local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência. O módulo de análise de evento 203C analisa o evento de potência com base nos dados de rede de alimentação, no tipo do evento de potência, e/ou no local do evento de potência. O módulo de geração de recomendação 204 gera uma recomendação associada ao evento de potência para o sistema de energia elétrica com base na causa do evento de potência.

[0037] A Figura 3 é um diagrama de blocos que ilustra a arquitetura de um sistema de computador 300 usado pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 ilustrado na Figura 2 para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica. O sistema PNDAS 200 utiliza a arquitetura do sistema de computador 300 ilustrado na Figura 3. O sistema de computador 300 pode ser programado usando uma linguagem de programação de computador de alto nível. O sistema de computador 300 pode ser implementado usando um hardware programado e intencional. Tal como ilustrado na Figura 3, o sistema de computador 300 compreende um processador 301, um meio de armazenamento legível por computador não transitório, tal como uma unidade de memória 302 para o armazenamento de programas e dados, um controlador de entrada / saída (I/O) 303, uma interface de rede 304, um barramento de dados 305, uma unidade de vídeo 306, dispositivos de entrada 307, uma unidade de mídia física 308, tais como um disco rígido, uma unidade de mídia removível 309 para o recebimento de mídias removíveis, dispositivos de saída 310, etc. O processador 301 se refere a qualquer um dentre microprocessadores, dispositivos de unidade de processamento central (CPU), máquinas de estados finitos, microcontroladores, processadores de sinais digitais, um circuito integrado de aplicação específi-

ca (ASIC), uma rede de portas de campo programável (FPGA), etc., ou qualquer combinação dos mesmos, e é capaz de executar programas de computador ou uma série de comandos, instruções, ou transições de estado. O processador 301 pode também ser implementado como um conjunto de processadores compreendendo, por exemplo, um microprocessador de uso geral ou um coprocessador gráfico ou matemático. O processador 301 é selecionado, por exemplo, dentre os processadores da Intel®, os processadores da Advanced Micro Devices (AMD®), os processadores da International Business Machines (IBM®), etc. O sistema PNDAS 200 descrito no presente documento não se limita a um sistema de computador 300 dotado com um processador 301. O sistema de computador 300 poderá também empregar um controlador ou um microcontrolador. O processador 301 executa os módulos, por exemplo, os módulos 201, 202, 203, 204, etc. do sistema PNDAS 200.

[0038] A unidade de memória 302 é usada para armazenar programas, aplicativos e dados. Por exemplo, o módulo de obtenção de dados 201, o módulo de detecção de evento 202, o módulo de determinação de causa 203, o módulo de geração de recomendação 204, etc. do sistema PNDAS 200 são armazenados na unidade de memória 302 do sistema de computador 300. A unidade de memória 302 é, por exemplo, uma memória de acesso aleatório (RAM) ou outro tipo de dispositivo de armazenamento dinâmico que armazena informações e instruções para execução por parte do processador 301. A unidade de memória 302 também armazena variáveis temporárias além de outras informações intermediárias utilizadas durante a execução das instruções por parte do processador 301. O sistema de computador 300 compreende ainda uma memória somente de leitura (ROM) ou outro tipo de dispositivo de armazenamento estático que armazena informações e instruções estáticas para o processador 301. O controlador de

I/O 303 controla as ações de entrada e as ações de saída realizadas pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200.

[0039] A interface de rede 304 permite a ligação do sistema de computador 300 com a rede de comunicação 208. Por exemplo, o sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 se conecta à rede de comunicação 208 através da interface de rede 304. Em uma modalidade, a interface de rede 304 é provida como uma placa de interface também referida como uma placa de linha. A interface de rede 304 compreende, por exemplo, interfaces que usam protocolos seriais, interfaces que usam protocolos paralelos, e interfaces de comunicação via Ethernet, interfaces baseadas na tecnologia de comunicação sem fio, tal como uma tecnologia via satélite, uma tecnologia de radiofrequência (RF), uma comunicação de campo próximo, etc. O barramento de dados 305 permite comunicação entre os módulos, por exemplo, entre os módulos 201, 202, 203, 204, etc., do sistema PNDAS 200.

[0040] A unidade de vídeo 306, através da interface gráfica de usuário (GUI) 205, exibe informações, tais como um relatório de recomendação gerado pelo módulo de geração de recomendação 204, elementos de interface de usuário, tais como campos de texto, botões, janelas, etc. A unidade de vídeo 306 compreende, por exemplo, um monitor de cristal líquido, uma tela de plasma, um diodo emissor de luz orgânico (OLED) baseado no vídeo, etc. Os dispositivos de entrada 307 são usados para a entrada de dados no sistema de computador 300. Os dispositivos de entrada 307 são, por exemplo, um teclado, tal como um teclado alfanumérico, um dispositivo de vídeo sensível ao toque, e/ou qualquer dispositivo capaz de detectar uma entrada tátil.

[0041] Aplicativos e programas de computador são usados no sentido de operar o sistema de computador 300. Os programas são carre-

gados na unidade de mídia física 308 e para a unidade de memória 302 do sistema de computador 300 através da unidade de mídia removível 309. Em uma modalidade, os aplicativos e programas de computador podem ser carregados diretamente através da rede de comunicação 208. Os aplicativos e programas de computador são executados clicando duas vezes um ícone relacionado que é exibido na unidade de vídeo 306 usando um dos dispositivos de entrada 307. Os dispositivos de saída 310 emitem os resultados das operações executadas pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200. Por exemplo, o sistema PNDAS 200 provê uma representação gráfica dos relatórios de recomendação gerados pelo módulo de geração de recomendação 204 usando os dispositivos de saída 310. A representação gráfica compreende, por exemplo, uma visualização da topologia da subestação 207 e uma recomendação a fim de indicar o estado dos componentes elétricos ou para trocar ou calibrar os componentes elétricos da subestação 207.

[0042] O processador 301 executa um sistema operacional, por exemplo, o sistema operacional Linux®, o sistema operacional Unix®, qualquer versão do sistema operacional Microsoft® do Windows®, o sistema operacional Mac OS da Apple Inc., o sistema operacional IBM® OS/2, etc. O sistema de computador 300 utiliza o sistema operacional para a execução de várias tarefas. O sistema operacional é responsável pelo gerenciamento e coordenação das atividades e pelo compartilhamento dos recursos do sistema de computador 300. O sistema operacional gerencia ainda a segurança do sistema de computador 300, dos dispositivos periféricos conectados ao sistema de computador 300, e das conexões de rede. O sistema operacional utilizado no sistema de computador 300 reconhece, por exemplo, as entradas providas pelos usuários usando um dentre os dispositivos de entrada 307, o vídeo de saída, os arquivos, e os diretórios localmente armazenados

na unidade de mídia física 308. O sistema operacional do sistema de computador 300 executa diferentes programas usando o processador 301. O processador 301 e o sistema operacional em conjunto definem uma plataforma de computador para a qual são gravados programas aplicativos em linguagens de programação de alto nível.

[0043] O processador 301 do sistema de computador 300 usado pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 recupera as instruções definidas pelo módulo de obtenção de dados 201, pelo módulo de detecção de evento 202, pelo módulo de determinação de causa 203, pelo módulo de geração de recomendação 204, etc. do sistema PNDAS 200 para a execução das respectivas funções apresentadas na descrição detalhada da Figura 2. O processador 301 recupera as instruções para a execução dos módulos, por exemplo, os módulos 201, 202, 203, 204, etc., do sistema PNDAS 200 a partir da unidade de memória 302. Um contador de programa determina o local das instruções na unidade de memória 302. O contador de programa armazena um número que identifica a posição atual do programa em cada um dos módulos, por exemplo, os módulos 201, 202, 203, 204, etc., do sistema PNDAS 200. As instruções buscadas pelo processador 301 a partir da unidade de memória 302 após serem processadas são descodificadas. As instruções são armazenadas em um registrador de instrução no processador 301. Depois do processamento e da decodificação, o processador 301 executa as instruções, realizando, assim, um ou mais processos definidos por essas instruções.

[0044] No momento da execução, as instruções armazenadas no registrador de instrução são examinadas no sentido de determinar as operações a serem executadas. O processador 301, em seguida, realiza as operações especificadas. As operações compreendem operações aritméticas e operações lógicas. O sistema operacional executa

múltiplas rotinas a fim de realizar as inúmeras tarefas requeridas na atribuição, por parte dos dispositivos de entrada 307, dos dispositivos de saída 310, e da memória, da execução dos módulos, por exemplo, os módulos 201, 202, 203, 204, etc., do sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200. As tarefas realizadas pelo sistema operacional compreendem, por exemplo, a atribuição da memória para os módulos, por exemplo, os módulos 201, 202, 203, 204, etc., do sistema PNDAS 200, e para os dados utilizados pelo sistema PNDAS 200, movendo os dados entre a unidade de memória 302 e as unidades de disco, e tratando as operações de entrada / saída. O sistema operacional executa as tarefas sob demanda por meio das operações e após a execução das tarefas, o sistema operacional transfere o controle de execução de volta para o processador 301. O processador 301 continua a execução de modo a obter uma ou mais saídas. As saídas da execução dos módulos, por exemplo, os módulos 201, 202, 203, 204, etc., do sistema PNDAS 200 são mostradas ao usuário na interface GUI 205.

[0045] Para fins de ilustração, a descrição detalhada se refere ao sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 que é localmente executado no sistema de computador 300; no entanto, o âmbito de aplicação da presente invenção não se limita ao sistema PNDAS 200 localmente executado no sistema informático 300 através do sistema operacional e do processador 301, mas, sim, poderá ser estendido no sentido de ser executado remotamente ao longo da rede de comunicação 208 através do emprego de um navegador da web e um servidor remoto, um dispositivo portátil ou outros dispositivos eletrônicos. Uma ou mais partes do sistema de computador 300 poderá ser distribuída em um ou mais sistemas de computador (não mostrados) acoplados à rede de comunicações 208.

[0046] É também descrito no presente documento um produto de

programa de computador compreendendo um meio de armazenamento legível por computador não transitório que armazena códigos de programa de computador que compreendem instruções executáveis por pelo menos um processador 301 para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica , tal como descrito na presente invenção. O produto de programa de computador compreende um primeiro código de programa de computador para a obtenção dos dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica carregada no sistema de energia elétrica ; um segundo código de programa de computador para a detecção de um evento de potência no sistema de energia elétrica a partir dos dados de rede de alimentação; um terceiro código de programa de computador para a determinação da causa de um evento de potência com base nos dados de rede de alimentação; e um quarto código de programa de computador para a geração de uma recomendação associada com o evento de potência para o sistema de energia elétrica com base na causa do evento de potência.

[0047] O terceiro código de programa de computador compreende um quinto código de programa de computador, um sexto código de programa de computador, e um sétimo código de programa de computador a fim de empregar a lógica de análise de dados de rede de alimentação apresentada na descrição detalhada das Figuras 1A a 1D. O quinto código de programa de computador determina um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação. O sexto código de programa de computador identifica o local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência. O sétimo código de programa de computador analisa o evento de potência com base nos dados de rede de alimentação, no tipo do evento de potência, e/ou no local do evento de potência.

[0048] Em uma modalidade, uma única peça do código de programa de computador compreendendo instruções executáveis em computador realiza uma ou mais etapas do método de acordo com a presente invenção para a análise dos dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica. Os códigos de programa de computador compreendendo instruções executáveis em computador são incorporados no meio de armazenamento legível por computador não transitório. O processador 301 do sistema de computador 300 recupera essas instruções executáveis em computador e executa as mesmas. Quando as instruções executáveis em computador são realizadas pelo processador 301, as instruções executáveis em computador fazem com que o processador 301 realize as etapas do método para configurar um sistema de proteção de uma rede de alimentação.

[0049] As Figuras 4A - 7 ilustram um exemplo de um evento de potência que compreende uma ocorrência de falha, bem como uma aberração na qualidade de potência, sendo que a ocorrência de falha é desencadeada como o resultado de uma aberração na qualidade de potência.

[0050] As Figuras 4A - 4B ilustram um sistema de energia elétrica 400 que compreende cargas lineares e não lineares 405. O sistema de energia elétrica 400 compreende um fio de alimentação 401 ao qual um transformador 402 e um disjuntor 403 são conectados. O disjuntor 403 conecta e desconecta um barramento 404 ao / do fio de alimentação 401. São ainda conectadas ao barramento 404 as cargas lineares e não lineares 405 que compreendem, por exemplo, um motor, um dispositivo de iluminação, tal como um conjunto de lâmpadas, etc. Tal como ilustrado na Figura 4A, as harmônicas geradas devido às cargas não lineares tendem a se mover em direção à fonte, ou seja, em direção ao fio de alimentação 401 a partir da carga 405 devido a um caminho de baixa impedância oferecido pelo fio de alimentação. Tal como

ilustrado na Figura 4B, quando um capacitor 405A é conectado ao barramento 404, as harmônicas tendem a se mover em direção ao capacitor não somente por parte da carga, mas também por parte da fonte. Devido a esse fluxo de harmônicas, o disjuntor 403 tende a se sobrecarregar devido ao excesso de harmônicas.

[0051] As Figuras 5A - 5B ilustram formas de onda gráficas durante o funcionamento de um dispositivo de proteção, ou seja, o disjuntor 403, no sistema de energia elétrica 400 ilustrado nas Figuras 4A e 4B. A forma de onda da corrente de valor quadrático médio total (RMS) 501 representa uma corrente de distorção harmônica total, incluindo frequências fundamentais e harmônicas. A forma de onda 502 representa o componente fundamental da corrente. O disjuntor 403 é sobrecarregado devido a um excesso de fluxo de harmônicas, tal como apresentado na descrição detalhada das Figuras 4A e 4B. Devido a uma condição de sobrecarga, o disjuntor 403 terá mau funcionamento, ou seja, não conseguirá disparar mesmo quando o valor fundamental, tal como indicado pela forma de onda fundamental 502, for maior que o valor de disparo limite tal como definido na referência numérica 503, conforme ilustrado na Figura 5A, ou o disjuntor 403 irá disparar erroneamente apesar de o valor fundamental, tal como indicado pela forma de onda fundamental 502, ser mais baixo que o valor limite de disparo 503, conforme ilustrado na Figura 5B. Tal como ilustrado na Figura 5A, o disjuntor 403 terá mau funcionamento devido à presença de harmônicas, tal como indicado pela forma de onda da corrente de valor RMS total 501, e reduz o valor de pico da forma de onda fundamental 502. Tal como ilustrado na Figura 5B, o disjuntor 403 dispara erroneamente devido à presença de harmônicas, tal como indicado pela forma de onda de corrente de valor RMS total 501,aumento do valor de pico da forma de onda fundamental 502.

[0052] As Figuras 6 - 7 ilustram imagens de uma interface gráfica

de usuário (GUI) 205 provida pelo sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200, tal como apresentado na descrição detalhada da Figura 2, no sentido de produzir as recomendações geradas pelo sistema PNDAS 200 com base em uma causa de ocorrência de um evento de potência no sistema de energia elétrica 400 ilustrado nas Figuras 4A - 4B. A fim de gerar as recomendações, o sistema PNDAS 200 obtém os dados da rede de alimentação e detecta o evento de potência, ou seja, a aberração na qualidade de potência devido a um aumento na quantidade de distorção harmônica bem como uma indicação de ocorrência de falha, por exemplo, devido a um disparo errôneo do disjuntor 403. O tipo de tal evento de potência é identificado como sendo uma combinação de evento de potência incluindo uma indicação de ocorrência de falha após uma aberração na qualidade de potência. Com base no tipo do evento de potência identificado, o sistema PNDAS 200 determina se o evento de potência ocorreu por parte da carga ou por parte da fonte. Neste exemplo, é observado a partir dos dados de qualidade de potência que os valores de corrente e tensão seguem uma tendência inversa um com relação ao outro em um determinado instante no tempo, ou seja, a tensão aumenta enquanto a corrente cai. Deste modo, o sistema PNDAS 200 identifica o evento de potência como sendo por parte da carga. A fim de determinar a causa de um evento de potência, o sistema PNDAS 200 analisa ainda o evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de topologia quando a aberração na qualidade de potência acontece antes de uma indicação de ocorrência de falha. O sistema PNDAS 200 obtém os dados de qualidade de potência. Os dados de qualidade de potência gravados durante uma ocorrência de falha compreendem uma comparação de uma corrente medida pelo dispositivo de qualidade de potência, por exemplo, o disjuntor 403, como um valor fundamental e o valor quadrático médio total (RMS)

incluindo as harmônicas e a frequência fundamental. O sistema PNDAS 200 obtém ainda, a partir dos dados de dispositivo de proteção, os níveis de disparo limite do disjuntor 403 e compara o valor de pico da frequência fundamental com os níveis de disparo limite e determina a causa como sendo um disparo errôneo do disjuntor 403 devido ao aumento das harmônicas que faz com que o valor de pico da frequência fundamental ultrapasse o nível de disparo limite. Deste modo, a causa do evento de potência é determinada para ser uma aberração presente em qualidade de potência devido à variação de carga no sistema de energia elétrica 400.

[0053] Tal como ilustrado na Figura 6, o sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 gera uma representação gráfica 600 de uma indicação de estado de saúde como uma recomendação que indica o estado operacional de cada um dos componentes elétricos do sistema de energia elétrica 400. Como resultado do contínuo aumento das harmônicas e do valor quadrático médio (RMS) associado, o sistema PNDAS 200 poderá gerar um alerta ou uma indicação de estado não saudável do fio de alimentação 401 ou do barramento 404 no sentido de prover uma indicação preventiva de uma falha que poderá ocorrer. O estado de saúde pode também ser indicado através de uma visualização da topologia.

[0054] Tal como ilustrado na Figura 7, o sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 gera uma representação gráfica 700 ilustrando um relatório de recomendação compreendendo a causa do evento de potência determinado como sendo uma distorção harmônica, seguido de uma recomendação indicando a substituição do capacitor 403 por um filtro passivo ou por um filtro ativo ou a necessidade de calibrar a carga linear e a carga não linear 405 de uma maneira a aumentar o percentual da carga linear sobre o barramento 404. O relatório de recomendação poderá também incluir a idade do

capacitor 405A indicando a deterioração da sua potência nominal reativa com base nos dados de qualidade de potência obtida, ou seja, o valor de potência reativa do capacitor 405A e com base nos dados de topologia, ou seja, na posição do capacitor 405A no sistema de energia elétrica 400. O relatório de recomendação pode também incluir indicação de uma vida de um dispositivo de proteção, ou seja, o disjuntor 403, com base nos dados do dispositivo de proteção que indica o número máximo de comutação disponível de acordo com a folha de dados dos fabricantes e o número real de comutação obtido como uma parte dos dados de dispositivo de proteção. Sendo assim, o sistema PNDAS 200 gera recomendações compreendendo uma indicação do estado de saúde geral, uma indicação de substituição, e uma indicação de calibração dos componentes elétricos do sistema de energia elétrica 400.

[0055] Considere-se um exemplo no qual um evento de potência detectado em um sistema de energia elétrica é de um tipo de evento de combinação incluindo uma aberração na qualidade de potência após uma indicação de ocorrência de falha. A indicação de ocorrência de falha compreende um fio para a terra defeituoso seguido de uma onda de tensão em duas das fases e uma queda de tensão em uma das fases que ocorrem em diferentes instantes de tempo em um sistema de energia elétrica com um equilíbrio de carga trifásica. O sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 analisa tal evento de potência em um nível de fase individual. Uma vez que a indicação de ocorrência de falha ocorre antes da aberração na qualidade de potência, o sistema PNDAS analisa os dados de dispositivo de proteção associados a cada uma das fases e os dados de topologia do sistema de energia elétrica a fim de determinar se a causa principal do evento de potência é a variação de carga ou uma falha de carga. Com base nos dados de dispositivo de proteção e nos dados de

topologia, o sistema PNDAS 200 determina a falha como sendo uma falha do fio para a terra que ocorre em uma das fases e, ainda com base nos dados de qualidade de potência, o sistema PNDAS 200 determina que, devido a uma falha do fio para a terra em uma das fases, a queda de tensão nessa fase devida, por outro lado, a uma condição de equilíbrio nas demais fases, uma onda de tensão será observada em cada uma dessas demais fases. Sendo assim, o sistema PNDAS 200 determina a causa do evento de potência como sendo uma ocorrência de falha real por parte da fonte devido a uma queda simultânea da corrente seguida da tensão em um determinado instante de tempo, e a aberração na qualidade de potência é considerada como não sendo resultante de uma variação de carga. Neste caso, o sistema PNDAS 200 gera uma recomendação que atesta que a aberração na qualidade de potência é devido a uma falha que poderá ser transitória ou permanente na natureza. Por conseguinte, deve-se corrigir a falha para voltar a conectar a carga.

[0056] Considere-se um outro exemplo no qual um evento de potência detectado em um sistema de energia elétrica é uma completa aberração na qualidade de potência sem qualquer indicação de uma ocorrência de falha. Nesse exemplo, a aberração na qualidade de potência será uma onda de tensão devido ao funcionamento de um banco de capacitores em uma seção de carga com uma carga indutiva mínima. Nesse exemplo, o sistema de análise de dados de rede de alimentação (PNDAS) 200 identifica o local do evento de potência como sendo de um evento por parte da carga contanto que uma onda de tensão da corrente seja observada como uma queda por parte dos dados de qualidade de potência. O sistema PNDAS 200, deste modo, determinará a causa do evento de potência como sendo uma variação da carga por parte da carga do sistema de energia elétrica e irá gerar uma recomendação no sentido de desligar o banco de capacitores,

trocar o banco de capacitores por um capacitor que facilite a correção automática do fator de potência, ou ativar uma carga indutiva que equilibre a carga capacitiva no sistema de energia elétrica.

[0057] Torna-se prontamente aparente que os vários métodos, algoritmos e programas de computador descritos no presente documento podem ser implementados em meios legíveis por computador adequadamente programados para dispositivos de computação. Tal como usado no presente documento, "meio legível por computador" refere-se a meios legíveis por computador não transitórios que participam na provisão de dados, por exemplo, instruções, que podem ser lidos por um computador, um processador ou dispositivo similar. Os meios legíveis por computador não transitórios compreendem todos os meios legíveis por computador, por exemplo, meios não voláteis, meios voláteis e meios de transmissão, exceto um sinal de propagação transitório.

[0058] Os programas de computador que implementam os métodos e os algoritmos descritos no presente documento podem ser armazenados e transmitidos mediante o uso de uma variedade de meios, por exemplo, os meios legíveis por computador, de diversas maneiras. Em uma modalidade, um circuito com fio ou um hardware personalizado poderá ser usado no lugar de, ou em combinação com, instruções de software para a implementação dos processos de diversas modalidades. Por conseguinte, as modalidades não estão limitadas a qualquer combinação específica de hardware e software. Em geral, os códigos de programa de computador que compreendem instruções executáveis podem ser implementados em qualquer linguagem de programação. Os códigos de programa de computador ou de programa de software podem ser armazenados no ou em um ou mais meios como um código objeto. Vários aspectos do método e sistema descritos no presente documento podem ser implementados em um ambien-

te não programado compreendendo documentos criados, por exemplo, em uma linguagem de marcação de hipertexto (HTML), uma linguagem de marcação extensível (XML), ou outro formato que produza aspectos de uma interface gráfica de usuário (GUI) ou execute outras funções quando vistas em uma área visual ou em uma janela de um programa navegador. Vários aspectos do método e sistema descritos no presente documento podem ser implementados como elementos programados ou elementos não programados, ou qualquer combinação apropriada dos mesmos. O produto de programa de computador descrito no presente documento compreende um ou mais códigos de programa de computador para a implementação dos processos de várias modalidades.

[0059] Quando os bancos de dados são descritos como o banco de dados do sistema de potência 206, uma pessoa com conhecimento simples na técnica deverá entender que (i) estruturas de banco de dados alternativas às estruturas descritas podem ser facilmente empregadas, e que (ii) outras estruturas de memória além dos bancos de dados podem ser prontamente empregadas. Quaisquer ilustrações ou descrições de quaisquer bancos de dados de amostra descritos no presente documento são disposições ilustrativas para as representações de informação armazenadas. Qualquer número de outros mecanismos poderá ser usado além dos sugeridos pelas tabelas ilustradas nos desenhos ou em qualquer outra parte do presente documento. Da mesma maneira, quaisquer entradas ilustradas dos bancos de dados representam tão somente informações exemplares; uma pessoa com conhecimento simples na técnica poderá entender que o número e o conteúdo dessas entradas poderão ser diferentes das descritas no presente documento. Além disso, apesar de qualquer ilustração dos bancos de dados como tabelas, outros formatos, incluindo bancos de dados relacionais, modelos baseados em objetos, e/ou bancos de da-

dos distribuídos poderão ser usados no sentido de armazenar e manipular os tipos de dados descritos no presente documento. Da mesma forma, métodos de objeto ou comportamentos de um banco de dados poderão ser usados no sentido de implementar vários processos, tais como os descritos no presente documento. Além disso, os bancos de dados podem, de uma maneira conhecida, ser armazenados localmente em ou remotamente de um dispositivo que acessa os dados de tal banco de dados. Nas modalidades em que existem vários bancos de dados no sistema, os bancos de dados poderão ser integrados de modo a se comunicarem uns com os outros a fim de permitir atualizações simultâneas dos dados enlaçados através dos bancos de dados, quando existem quaisquer atualizações nos dados de um dos bancos de dados.

[0060] A presente invenção pode ser configurada de modo a funcionar em um ambiente de rede que compreende um ou mais computadores que ficam em comunicação com um ou mais dispositivos através de uma rede. Os computadores podem se comunicar diretamente ou indiretamente com dispositivos através de um meio com fio ou de um meio sem fio, como a Internet, uma rede local (LAN), uma rede remota (WAN) ou a Ethernet, um protocolo de redes token ring, ou através de quaisquer meios de comunicação apropriados ou de uma combinação de meios de comunicação. Cada um dos dispositivos compreende processadores, alguns exemplos dos quais são descritos acima, que são adaptados de modo a se comunicarem com os computadores. Em uma modalidade, cada um dos computadores é equipado com um dispositivo de comunicação em rede, por exemplo, um cartão de interface de rede, um modem, ou outro dispositivo de conexão de redes adequado para conexão com uma rede. Cada um dos computadores e dos dispositivos executa um sistema operacional, alguns exemplos dos quais são descritos acima. Embora o sistema operacio-

nal possa variar dependendo do tipo de computador, o sistema operacional continuará a prover os protocolos de comunicação apropriados ao estabelecimento de enlaces de comunicação com a rede. Qualquer número e tipo de máquina poderão ficar em comunicação com os computadores.

[0061] A presente invenção não se limita a uma plataforma de sistema de computador, ou a um processador, sistema operacional, ou rede em particular. Um ou mais aspectos da presente invenção poderão ser distribuídos entre um ou mais sistemas de computador, por exemplo, servidores configurados de modo a prover um ou mais serviços a um ou mais computadores de cliente, ou realizar uma tarefa completa em um sistema distribuído. Por exemplo, um ou mais aspectos da presente invenção poderão ser realizados em um sistema cliente - servidor que compreende componentes distribuídos entre um ou mais sistemas de servidor que executam múltiplas funções de acordo com várias modalidades. Esses componentes compreendem, por exemplo, um código executável, intermediário, ou interpretado, e se comunicam através de uma rede com o uso de um protocolo de comunicação. A presente invenção não se limita a ser executada em qualquer sistema ou grupo de sistemas em particular, como também não se limita a qualquer arquitetura distribuída, rede distribuída, ou protocolo de comunicação em particular.

[0062] Os exemplos acima foram apresentados tão somente com uma finalidade de explicação e não devem, de maneira alguma, ser interpretados como uma limitação da presente invenção aqui divulgada. Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência a várias modalidades, deve-se entender que as palavras usadas no presente documento são palavras de descrição e ilustração, ao invés de palavras de limitação. Além disso, embora a presente invenção tenha sido aqui descrita com referência a meios, materiais e modalidades

particulares, a presente invenção não tem a intenção de ficar limitada aos pormenores aqui descritos; ao contrário, a presente invenção se estende a todas as estruturas, a todos os métodos e usos funcionalmente equivalentes, tais como dentro do âmbito de aplicação das reivindicações em anexo. Os versados na técnica, tendo o benefício dos ensinamentos do presente relatório descritivo, poderão realizar inúmeras modificações, como também inúmeras alterações, ao mesmo, sem se afastar do âmbito de aplicação e espírito da presente invenção em seus aspectos.

REIVINDICAÇÕES

1. Método (100) de análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica (400), o dito método compreendendo:

- obter os ditos dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica sendo carregada no sistema de energia elétrica (400);

- detectar um evento de potência no sistema de energia elétrica (400) a partir dos ditos dados de rede de alimentação, em que o evento de potência compreende um evento momentâneo ocorrendo no sistema de energia elétrica (400);

- determinar uma causa de um evento de potência com base nos ditos dados de rede de alimentação; e

- gerar uma recomendação associada ao evento de potência para o sistema de energia elétrica (400) com base na causa do evento de potência;

caracterizado pelo fato de que:

- a causa do evento de potência é determinada empregando uma lógica de análise de dados de rede de alimentação.

2. Método (100), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que os ditos dados de rede de alimentação compreendem dados de qualidade de potência, dados de dispositivo de proteção associados com uma pluralidade de dispositivos de proteção (402, 403) no sistema de energia elétrica (400), dados de evento de potência, e dados de topologia, em que dados de qualidade de energia são dados medidos pelos dispositivos de qualidade de energia no sistema de energia elétrica , em que dados de dispositivo de proteção são dados de configuração associados com os dispositivos de proteção, em que dados de evento de energia são dados associados com o evento de energia, em que dados de topologia são dados associados

com uma ou mais subestações no sistema de energia elétrica, e em que os ditos dados de rede de alimentação são um ou mais dados medidos ou dados computados.

3. Método (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que os ditos dados de rede de alimentação são dados de rede de alimentação da subestação (207).

4. Método (100), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a causa do evento de potência compreende um ou mais dentre uma variação de carga ou uma ocorrência de falha no sistema de energia elétrica (400).

5. Método (100), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende:

- determinar um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação;

- identificar um local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência; e

- analisar o evento de potência com base em um ou mais dentre os dados de rede de alimentação, o tipo do evento de potência, e o local do evento de potência.

6. Método (100), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a determinação de um tipo de evento de energia inclui determinar se uma aberração na qualidade de energia é observada e / ou uma indicação de falha por disparo de um dispositivo de proteção foi observada no sistema de energia elétrica correspondente ao evento de energia detectado.

7. Método (100), de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizado pelo fato de que o tipo do evento de potência compreende

um ou mais dentre uma indicação de falha no sistema de energia elétrica (400) ou uma aberração na qualidade da energia elétrica sendo carregada no sistema de energia elétrica (400).

8. Método (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 7, caracterizado pelo fato de que o local do evento de potência compreende um ou mais dentre um evento de energia do lado da carga ou um evento de energia do lado da fonte.

9. Método (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, caracterizado pelo fato de que ao identificar uma localização do evento de potência inclui identificar se a localização do evento de potência está no lado de carga ou no lado de fonte.

10. Método (100), de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a identificação de uma localização do evento de potência inclui extrair valores de tensão dos dados de qualidade de energia associados com o horário de ocorrência do evento de potência, extrair valores atuais dos dados de qualidade de energia associados com o horário de ocorrência do evento de potência e verificar se os valores de tensão e os valores atuais estão aumentando ou diminuindo simultaneamente no mesmo instante, indicando assim que o local do evento de potência como um evento de potência do lado da fonte ou que o local do evento de potência como um evento de energia do lado da carga se os valores de tensão e os valores de corrente não estão aumentando ou diminuindo simultaneamente no mesmo instante.

11. Método (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 10, caracterizado pelo fato de que a lógica de análise de dados da rede de energia compreende extrair dados de topologia dos dados da rede de energia e em que os dados de topologia e os dados de qualidade de energia são analisados junto com o local do evento de potência, a fim de determinar se a causa do evento de potência é uma

variação de carga ou uma ocorrência de falha real.

12. Método (100), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a recomendação compreende um ou mais dentre uma indicação de estado de saúde de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400), uma indicação de substituição de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400), e uma indicação de calibração de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400).

13. Sistema de análise de dados de rede de alimentação (200) para a análise de dados de rede de alimentação de um sistema de energia elétrica (400), o dito sistema de análise de dados de rede de alimentação (400) compreendendo:

- um meio de armazenamento legível por computador não transitório (302) que armazena as instruções de programa de computador definidas pelos módulos (201, 202, 203, e 204) do dito sistema de análise de dados de rede de alimentação (400);

- pelo menos um processador (301) comunicativamente acoplado ao dito meio de armazenamento legível por computador não transitório (302), o dito pelo menos um processador (301) executando as ditas instruções de programa de computador definidas; e

- os ditos módulos (201, 202, 203, e 204) do sistema de análise de dados de rede de alimentação (400) compreendendo:

- um módulo de obtenção de dados (201) configurado de modo a obter os ditos dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica sendo carregada no sistema de energia elétrica (400), sendo que os ditos dados de rede de alimentação compreendem dados de qualidade de potência, dados de dispositivo de proteção associados com uma pluralidade de dispositivos de proteção do sistema de energia elétrica (400), dados de evento de potência, e dados de topologia, e sendo que os ditos dados de rede

de alimentação são um ou mais

-dados medidos ou dados computados, e sendo que os ditos dados de rede de alimentação são dados de rede de alimentação da subestação (207);

- um módulo de detecção de evento (202) configurado de modo a detectar um evento de potência no sistema de energia elétrica (400) a partir dos ditos dados de rede de alimentação, sendo que o evento de potência compreende um evento momentâneo que ocorre no sistema de energia elétrica (400);

- um módulo de determinação de causa (203) configurado de modo a determinar uma causa de um evento de potência com base nos ditos dados de rede de alimentação, sendo que a causa do evento de potência compreende um ou mais dentre uma variação de carga ou uma ocorrência de falha no sistema de energia elétrica (400); e

um módulo de geração de recomendação (204) configurado de modo a gerar uma recomendação associada ao evento de potência para o sistema de energia elétrica (400) com base na causa do evento de potência, sendo que a recomendação compreende um ou mais dentre uma indicação de estado de saúde de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400), uma indicação de substituição de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400), e uma indicação de calibração de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400);

caracterizado pelo fato de que:

- o módulo de determinação de causa (203) compreende módulos (203A, 203B, e 203C) configurados de modo a empregar uma lógica de análise de dados de rede de alimentação.

14. Sistema de análise de dados de rede de alimentação (201), de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que os ditos módulos (203A, 203B, e 203C) do dito módulo de deter-

minação de causa (203) compreendem:

- um módulo de determinação de tipo (203A) configurado de modo a determinar um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação, sendo que o tipo do evento de potência compreende um ou mais dentre uma indicação de falha no sistema de energia elétrica (400) ou uma aberração na qualidade da energia elétrica sendo carregada no sistema de energia elétrica (400);

- um módulo de identificação de local (203B) configurado de modo a identificar um local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência, sendo que o local do evento de potência compreende um ou mais dentre um evento de energia do lado da carga ou um evento de energia do lado da fonte; e

- um módulo de análise de evento (203C) configurado de modo a analisar o evento de potência com base em um ou mais dentre os dados de rede de alimentação, o tipo do evento de potência, e o local do evento de potência.

15. Produto de programa de computador compreendendo um meio de armazenamento legível por computador não transitório (302), o dito meio de armazenamento legível por computador não transitório (302) armazenando os códigos de programa de computador que compreendem instruções executáveis por pelo menos um processador (301), os ditos códigos de programa de computador compreendendo:

- um primeiro código de programa de computador para a obtenção de dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica sendo carregada no sistema de energia elétrica (400), sendo que os ditos dados de rede de alimentação compreendem dados de qualidade de potência, dados de dispositivo de proteção associados a uma pluralidade de dispositivos de pro-

teção no sistema de energia elétrica (400), dados de evento de potência, e dados de topologia, e sendo que os ditos dados de rede de alimentação são um ou mais dados medidos ou dados computados, e sendo que os ditos dados de rede de alimentação são dados de rede de alimentação da subestação (207);

- um segundo código de programa de computador para a detecção de um evento de potência no sistema de energia elétrica (400) a partir dos ditos dados de rede de alimentação, sendo que o evento de potência compreende um evento momentâneo que ocorre no sistema de energia elétrica (400);

- um terceiro código de programa de computador para a determinação da causa de um evento de potência com base nos ditos dados de rede de alimentação, sendo que a causa do evento de potência compreende um ou mais dentre uma variação de carga ou uma ocorrência de falha no sistema de energia elétrica (400); e

- um quarto código de programa de computador para a geração de uma recomendação associada ao evento de potência para o sistema de energia elétrica (400) com base na causa do evento de potência, sendo que a recomendação compreende um ou mais dentre uma indicação de estado de saúde de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400), uma indicação de substituição de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400), e uma indicação de calibração de uma ou mais partes do sistema de energia elétrica (400);

caracterizado pelo fato de que:

- o dito terceiro código de programa de computador compreende códigos de programas de computador para o emprego de uma lógica de análise de dados de rede de alimentação.

16. Produto de programa de computador, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que os ditos códigos de

programa de computador do dito terceiro código de programa de computador compreendem:

- um quinto código de programa de computador para a determinação de um tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação, sendo que o tipo do evento de potência compreende um ou mais dentre uma indicação de falha no sistema de energia elétrica (400) ou uma aberração na qualidade da energia elétrica sendo carregada no sistema de energia elétrica (400);

- um sexto código de programa de computador para a identificação de um local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência, sendo que o local do evento de potência compreende um ou mais dentre um evento de energia do lado da carga ou um evento de energia do lado da fonte; e

- um sétimo código de programa de computador para a análise do evento de potência com base em um ou mais dentre os dados de rede de alimentação, o tipo do evento de potência, e o local do evento de potência.

FIG 1A

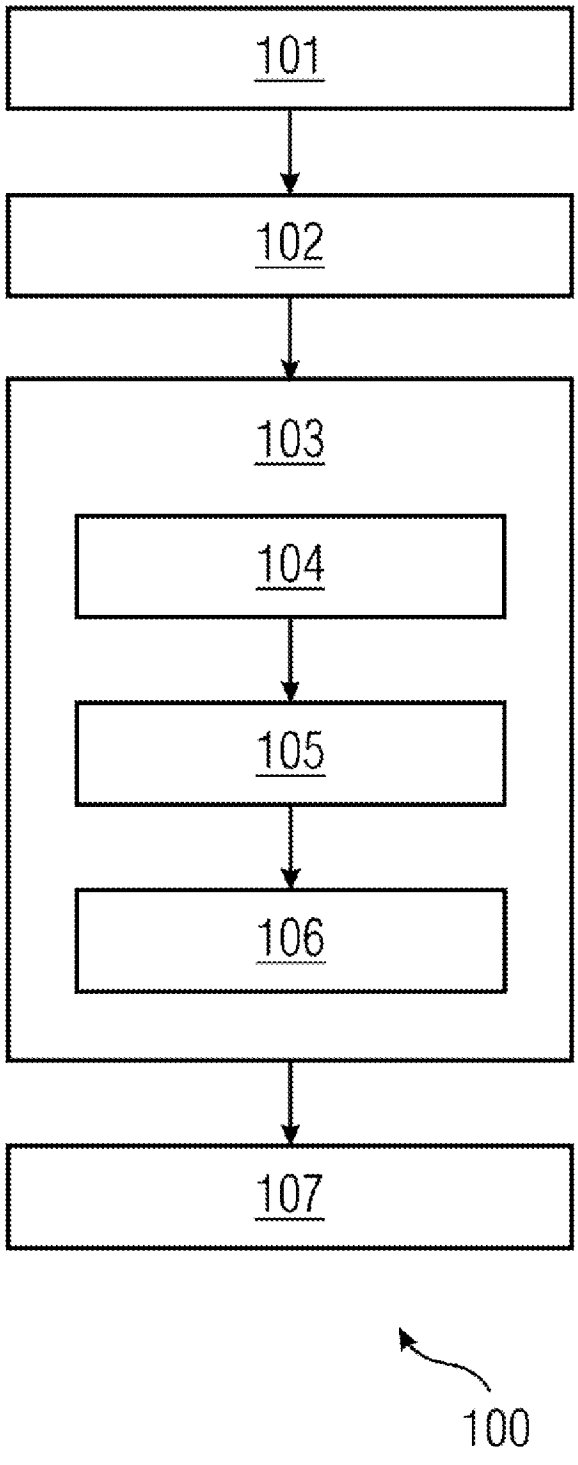


FIG 1B

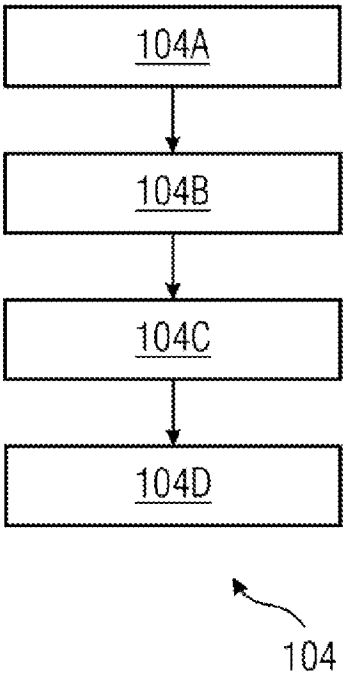


FIG 1C

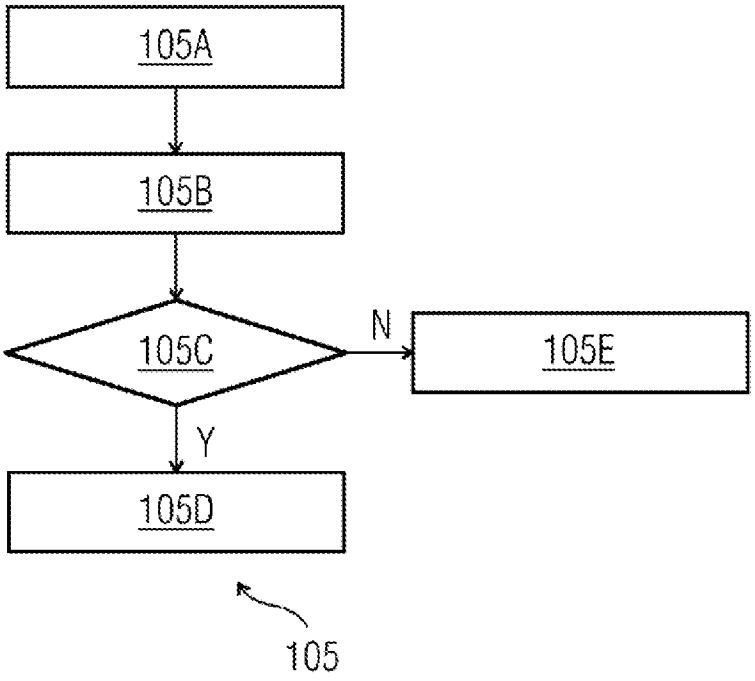


FIG 1D

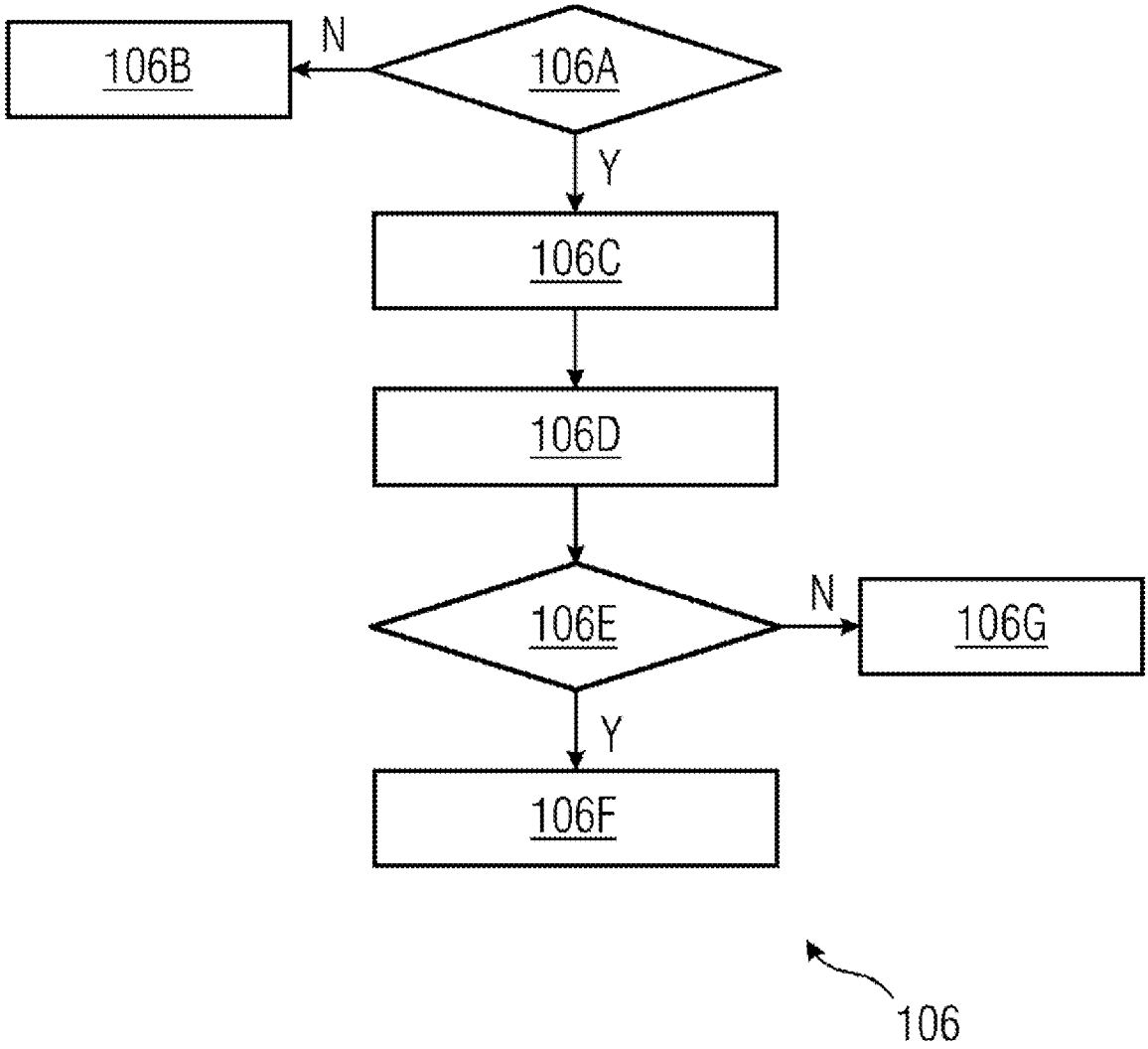


FIG 2

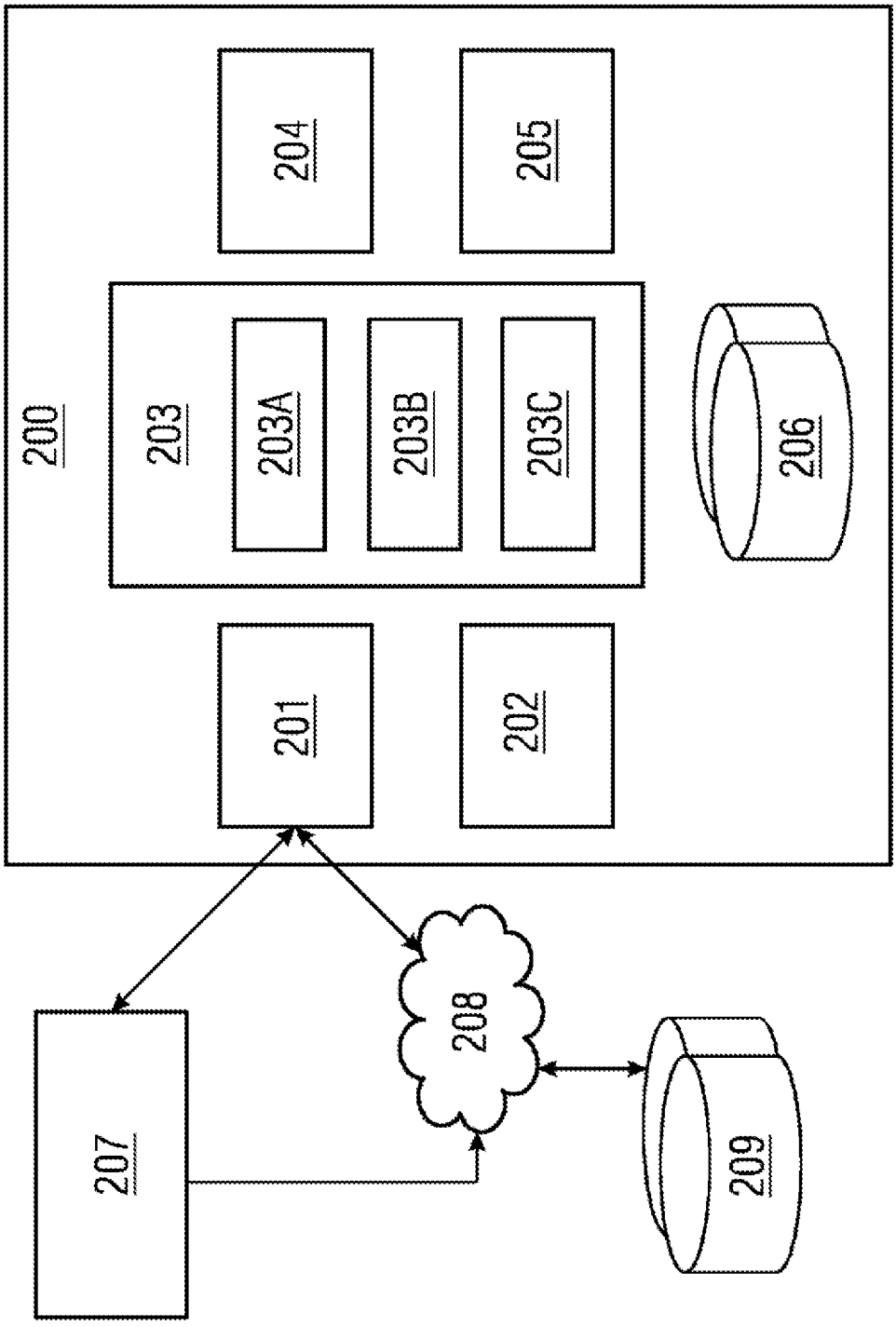


FIG 3

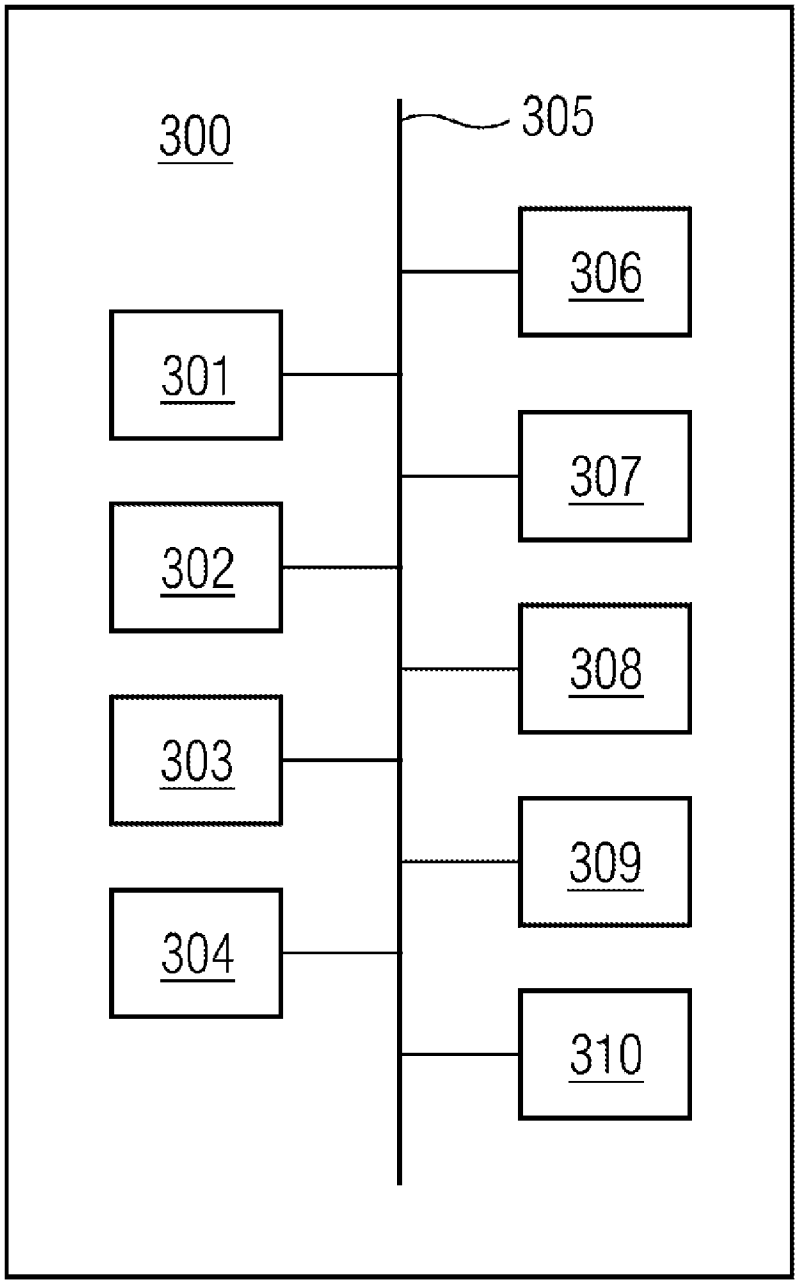


FIG 4A

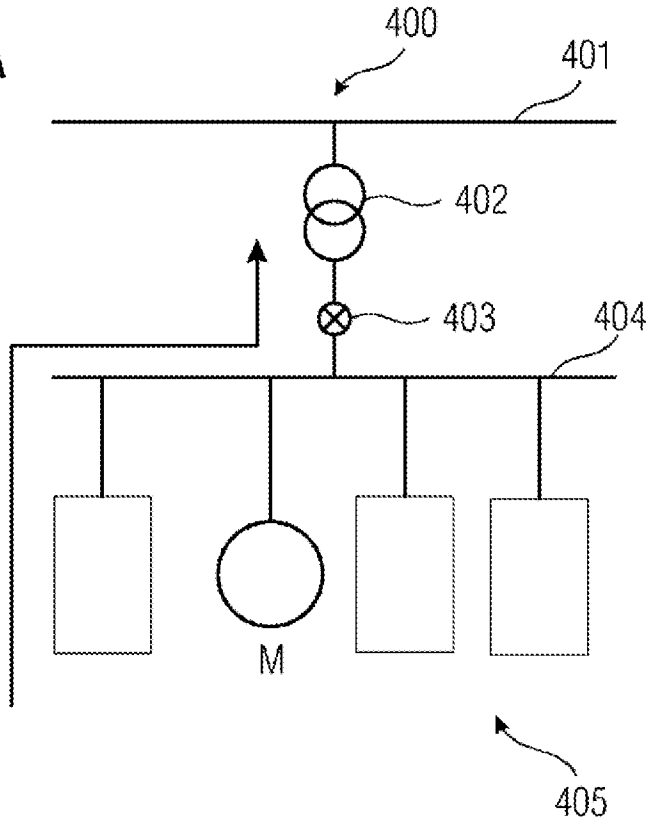


FIG 4B

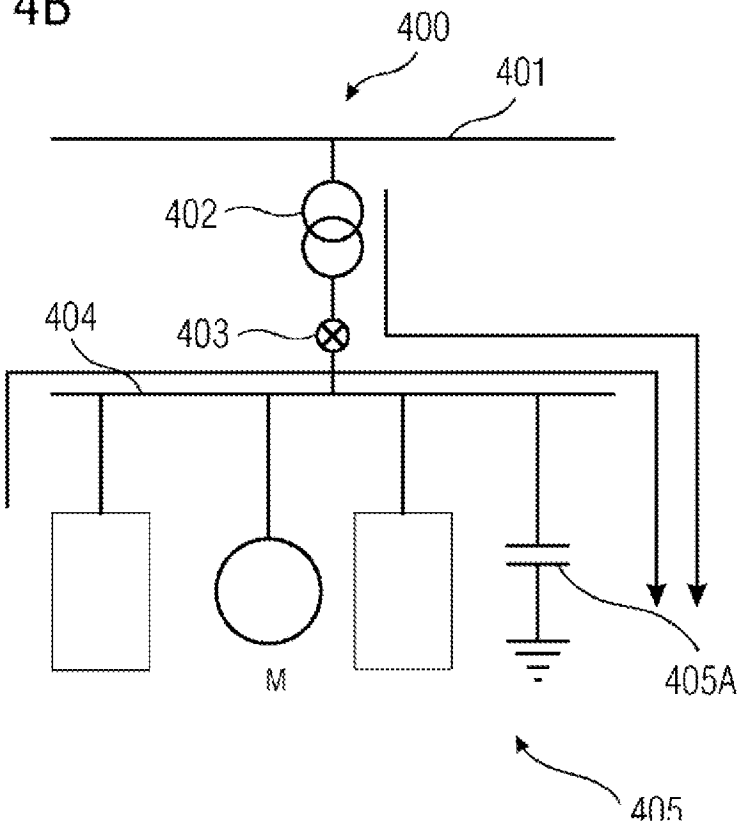


FIG 5A

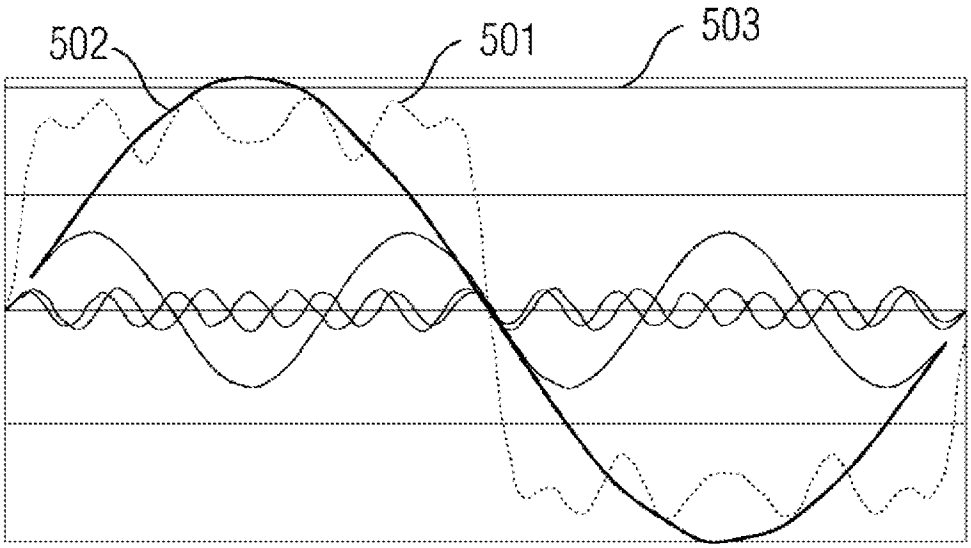


FIG 5B

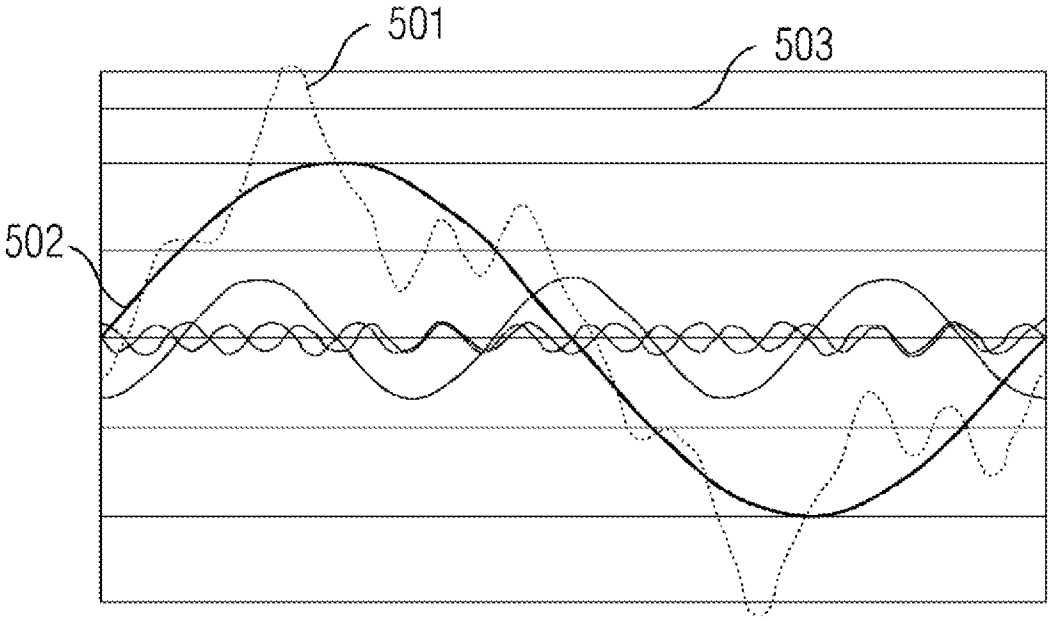


FIG 6

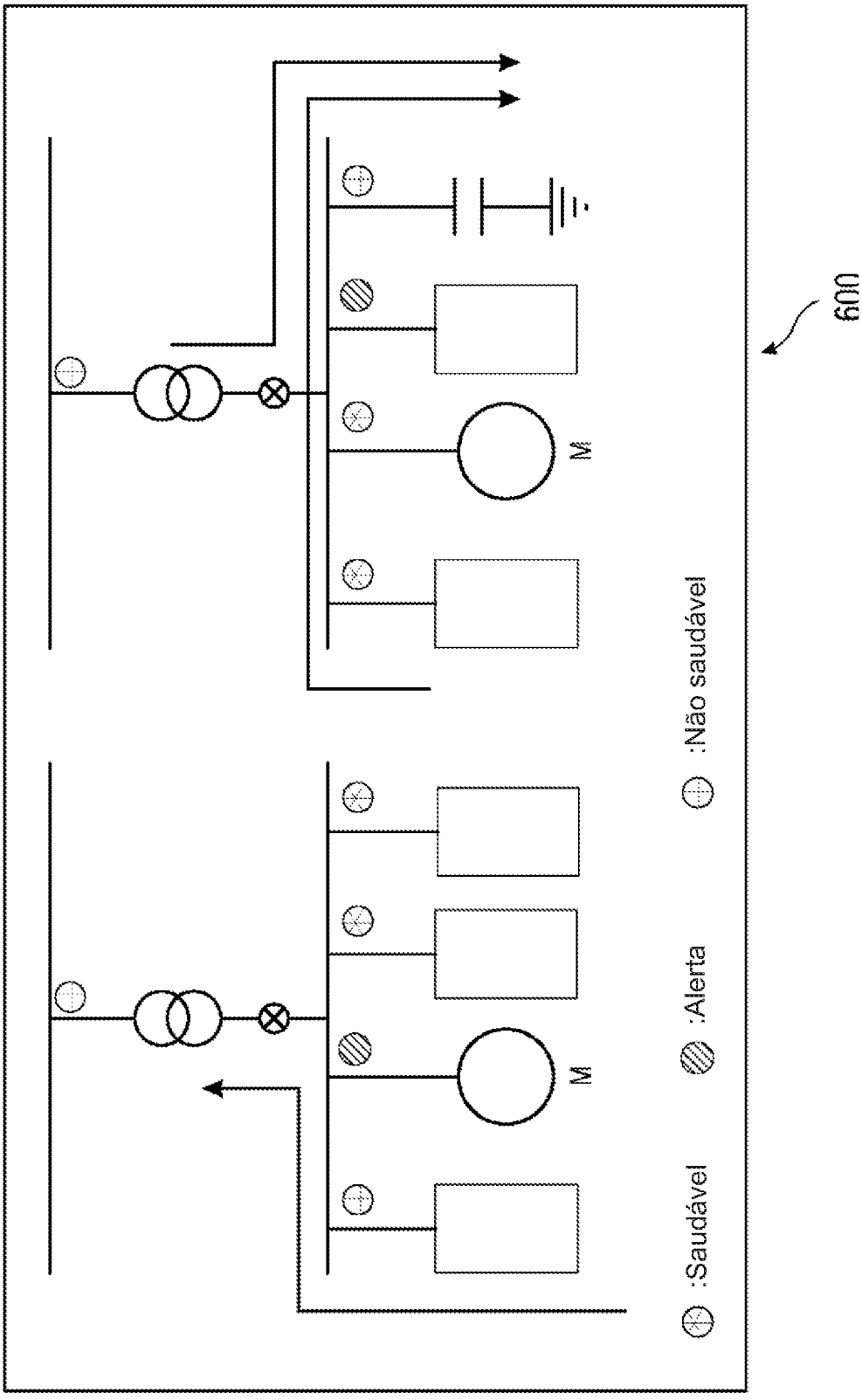
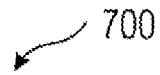


FIG 7



RELATÓRIO DE RECOMENDAÇÃO

Grid Code: XXXXXXXX
Trigger: xxxxxxxxxxx
Topology path: xxxxxxxxxxx

Begin: 09/06/2016 10:30:02.020
Duration: 00:00:10.000
Extreme value: 97.4%
Limit: <98.0%
Involved Phases: XXX
Classification: FR with PQ violation (FR triggered by PQ violation)

SOE: <List of SOE detail_Pre and post PQ event list_based on the configuration>

1	10:30 :20.020 09-06-2016_THD Violation
2	10:30 :20.020 09-06-2016_PQ Event
3	10:30 :20.021 09-06-2016_Fault Record_Current
4	10:30 :20.022 09-06-2016_Fault Record_Current

Cause: THD I

Description:

THDI exceeds threshold limit (violated) in the feeder xxxNo.xxx.
-Due to Non linear load on load side caused the sudden increase in THD I
-Bare Capacitor is connected in the adjacent feeder, and it may boost up the harmonics further due to the resonance condition.

Solution:

1. Change the bare capacitor to passive filter (detuned or tuned)or active filter
(or)
2. Change the Feeder arrangement in the bus (in such a way that Linear load percentage will be more than Non linear loads)

RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA, MÉTODO E PRODUTO DE PROGRAMA DE COMPUTADOR PARA ANALISAR DADOS DE UM SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA".**

A presente invenção refere-se a sistema, método e produto de programa de computador para analisar dados de sistema de proteção de rede de alimentação. Método (100), sistema de análise de dados de rede de alimentação (200), e produto de programa de computador para analisar dados de rede de alimentação de sistema de energia elétrica (400). O sistema de análise de dados de rede de alimentação (200) obtém os dados de rede de alimentação que representam um ou mais parâmetros da energia elétrica que é carregada no sistema de energia elétrica (400), detecta evento de potência no sistema de energia elétrica (400) a partir desses dados, determina causa do evento de potência empregando análise de dados de rede de alimentação, e os associa ao evento de potência do sistema de energia elétrica (400). A lógica de análise de dados de rede de alimentação compreende a determinação do tipo de evento de potência com base nos dados de qualidade de potência e nos dados de dispositivo de proteção obtidos a partir dos dados de rede de alimentação, a identificação do local do evento de potência com base nos dados de qualidade de potência, e a análise do evento de potência com base nos dados de rede de alimentação, no tipo de evento de potência, e/ou no local do evento de potência.