



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

**(11) PI 0819239-1 B1**



**(22) Data do Depósito:** 30/10/2008

**(45) Data de Concessão:** 21/05/2019

---

**(54) Título:** MÉTODO PARA REPARAR UMA LINHA DE TRANSMISSÃO EM UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**(51) Int.Cl.:** G01D 3/08.

**(30) Prioridade Unionista:** 02/11/2007 US 11/982,587; 02/11/2007 US 11/982,588.

**(73) Titular(es):** COOPER TECHNOLOGIES COMPANY.

**(72) Inventor(es):** FRANK JOHN MUENCH JR; JOHN FREDERICK BANTING.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2008081719 de 30/10/2008

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/058955 de 07/05/2009

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 03/05/2010

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA REPARAR UMA LINHA DE TRANSMISSÃO EM UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A invenção provê um equipamento indicador de circuito defeituoso com mostrador de estado de linha de transmissão, assim como métodos para uso do equipamento. O indicador de circuito defeituoso tem um sensor que pode ser acoplado eletricamente a um condutor elétrico para coletar os dados relacionados a um estado do condutor elétrico. O indicador de circuito defeituoso também tem um controlador que é acoplado logicamente ao sensor para receber os dados e determinar se uma condição de falha ocorreu no condutor elétrico. O indicador de circuito defeituoso também tem um ou mais indicadores que são acoplados logicamente ao controlador para indicar se uma condição de falha ocorreu assim como o estado do condutor elétrico. O estado do condutor pode ser a voltagem, a temperatura, ou a vibração presente no condutor.

MÉTODO PARA REPARAR UMA LINHA DE TRANSMISSÃO EM UM SISTEMA  
DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**Pedidos Correlatos**

Esse pedido é relacionado ao Pedido de Patente dos  
5 Estados Unidos 11/982.588, intitulado, "Communicating  
Faulted Circuit Indicator Apparatus and Method of Use  
Thereof"; depositado em 2 de novembro de 2007.

**Campo Técnico**

A presente invenção se refere geralmente aos  
10 indicadores de circuito defeituoso e mais particularmente à  
comunicação do estado de uma linha de transmissão,  
incluindo medições em tempo real ou medições em tempo quase  
real de corrente e tensão elétrica, assim como outra  
informação de estado atual, por intermédio do indicador do  
15 circuito defeituoso.

**Antecedentes da Invenção**

Indicadores de circuito defeituoso (FCIs) são bem  
conhecidos no campo de sistema de distribuição de energia  
elétrica. Geralmente, os FCIs são conectados eletricamente  
20 às linhas de transmissão em um sistema de distribuição de  
energia em vários locais por todo o sistema, frequentemente  
em proximidade estreita com as cargas de sistema. Quando  
ocorre uma falha em uma linha de transmissão, os FCIs entre  
a fonte de energia e a falha detectarão que uma falha  
25 ocorreu. Tipicamente, os FCIs que detectaram uma falha  
então exibem uma indicação de que a falha foi detectada.  
Uma técnica pode então identificar uma falha mediante  
localização da linha de transmissão entre um FCI que indica  
que detectou uma falha e um FCI que não exibe tal  
30 indicação.

A maior parte dos FCIs é capaz de exibir apenas um resultado binário: se o FCI detectou uma falha ou não. Os FCIs da técnica anterior não podem exibir para um técnico o estado atual das linhas de transmissão aos quais os FCIs estão anexados, a não ser exibir que uma falha passou através da linha.

Os sistemas de distribuição de energia, modernos, podem ter múltiplas fontes de eletricidade (ou "alimentações") para uma linha de transmissão específica.

10 Simplesmente desligar um único circuito de alimentação para uma porção específica de uma linha de transmissão pode não garantir que uma linha específica seja desenergizada. Além disso, em alguns sistemas de energia trifásicos, uma fase pode falhar e acionar um FCI, enquanto as outras fases permanecem energizadas. Assim, os técnicos devem carregar equipamento adicional para determinar se uma linha de transmissão específica está desenergizada, e não podem se basear seguramente apenas em uma indicação de falha a partir de um FCI da técnica anterior.

20 Adicionalmente, devido à sua natureza binária, os FCIs da técnica anterior proporcionam pouca assistência na localização de uma falha transitória ou intermitente. Geralmente, os FCIs da técnica anterior são reinicializados seja por um gatilho manual, em que um técnico manipula manualmente o FCI para remover a indicação de falha, ou por um gatilho de corrente, em que se o FCI determinar que as condições na linha de transmissão retornaram ao normal, o FCI automaticamente reinicia. Na técnica anterior, uma reinicialização automática é um recurso desejável porque ele garante que o FCI apenas indique falhas existentes, o

que reduz a probabilidade de que uma indicação falsa de falha aumente a quantidade de tempo necessário para que um técnico diagnostique e repare uma falha efetiva. O resultado de uma reinicialização automática, contudo, é que uma falha intermitente ou transitória acionaria um indicador do FCIs apenas por um curto espaço de tempo, seguido de uma reinicialização imediata do indicador, tornando a localização de um FCI defeituoso durante a presença de uma condição de falha quase impossível.

10 Além disso, os FCIs da técnica anterior não podem monitorar outras condições em uma linha de transmissão que pode apresentar riscos à vida ou ao desempenho da linha de transmissão e outro equipamento relacionado. Por exemplo, oscilações de energia em certos níveis podem não ser  
15 suficientes para resultar em uma condição de falha que seria indicada pelos FCIs presentes, mas pode encurtar a vida útil de uma linha de transmissão que experimenta essas oscilações e quaisquer transformadores ou outro equipamento ligado àquela linha. Adicionalmente, condições tais como  
20 excesso de calor, ou vibração, em uma linha, podem ser indicativas de um problema em uma linha de transmissão que, com o uso dos FCIs presentes, não podem ser detectados até que ocorra uma falha, resultando potencialmente em uma perda de serviço para os clientes o que poderia ter sido  
25 evitado se a condição tivesse sido diagnosticada mais cedo.

Finalmente, quando ocorre uma falha, a única forma de determinar qual porção da linha de transmissão que contém a falha é a de enviar os técnicos para as proximidades de uma falta de energia para procurar pelos FCIs que indicam uma  
30 falha. Como as linhas de transmissão frequentemente estão

localizadas sob o solo, isso pode exigir que os técnicos se desloquem de FCI para FCI a pé até que seja localizado o primeiro FCI com defeito. Assim, mesmo com ajuda dos FCIs, o processo de localizar um defeito pode ser demorado, resultando em custos aumentados para a companhia elétrica e utilidade pública atendendo ao defeito, assim como períodos prolongados de falta de energia para os seus clientes.

Os sistemas da técnica anterior tratam dos problemas acima através do uso de equipamento adicional, tais como medidores, que são carregados pela equipe de reparo e manutenção que trabalham para as companhias de utilidade pública. Infelizmente, essas soluções não tratam dos problemas de localização de defeito transitório, monitoração constante das linhas em relação às condições desfavoráveis, ou tempo de resposta aperfeiçoado quando uma falha tiver ocorrido. Além disso, devido à necessidade de equipamento portátil, um técnico deve ainda ter que se aproximar de uma linha de transmissão que foi indicada como defeituosa para determinar se a linha está energizada e, portanto, não segura para trabalho de reparo.

Consequentemente há a necessidade de superar as limitações da técnica anterior mediante desenvolvimento de um FCI que seja capaz de exibir o estado atual de uma linha de transmissão. Além da necessidade de exibir o estado atual de uma linha de transmissão, os FCIs também devem ser capazes de monitorar as condições de linha com a exceção do fluxo de corrente simples para auxiliar na determinação de condições desfavoráveis, armazenando informação de estado da linha e de falhas históricas para auxiliar no diagnóstico das falhas transitórias e intermitentes, e

comunicar a informação de estado da linha e de falha a um local remoto para reduzir o tempo necessário para recuperar a partir de um evento de falha.

### Sumário da Invenção

5       A presente invenção satisfaz as necessidades descritas acima mediante provisão de um indicador de circuito defeituoso que tem um indicador para indicar não apenas a ocorrência de um evento de falha como também o estado de um condutor elétrico. O indicador de circuito defeituoso  
10 inclui um sensor para coletar os dados relacionados ao estado de um condutor. O sensor é acoplado a um controlador para receber os dados do sensor e determinar se uma condição de falha ocorreu no condutor elétrico. O controlador é adicionalmente acoplado a um indicador que  
15 pode indicar se ocorreu uma falha, e pode adicionalmente exibir o estado do condutor elétrico.

O estado do condutor elétrico pode ser a corrente fluindo através do condutor. Alternativamente, o estado pode ser a voltagem presente no condutor, a temperatura do  
20 condutor, ou a vibração presente no condutor elétrico. O mostrador do indicador de circuito defeituoso pode ser uma representação numérica do estado do condutor elétrico, ou o mostrador pode ser uma representação não numérica do estado do condutor. O indicador pode exibir um ou mais estados em  
25 qualquer momento determinado.

O indicador de circuito defeituoso pode incluir uma memória para armazenar o estado do condutor elétrico, um registro do fato de que uma falha ocorreu, ou ambos. A memória pode ser reinicializada separadamente a partir de  
30 um indicador que indica que uma falha ocorreu. O indicador

de circuito defeituoso pode incluir também uma instalação de comunicação para prover o estado do condutor elétrico, a indicação de que uma falha ocorreu, ou ambos, a um local remoto a partir do indicador de circuito defeituoso.

5 Aspectos, características e vantagens adicionais da invenção se tornarão evidentes para aqueles versados na técnica a partir de consideração da descrição detalhada seguinte das modalidades ilustradas exemplificando o melhor modo para realização da invenção conforme atualmente  
10 percebido.

#### **Breve Descrição dos Desenhos**

A Figura 1 é um diagrama de blocos de um sistema FCI de acordo com modalidades exemplares da presente invenção.

A Figura 2 é um fluxograma descrevendo um método  
15 exemplar para determinar o estado de uma linha de transmissão utilizando o FCI da Figura 1.

A Figura 3 é um fluxograma descrevendo um método exemplar para reportar um evento de falha e o estado de uma linha de transmissão de acordo com a Figura 2.

20 A Figura 4 é um fluxograma descrevendo um método exemplar para esclarecer eventos de falha e histórico de estado de linha de acordo com a Figura 2.

A Figura 5 é um fluxograma descrevendo um método exemplar para uso de um indicador de circuito defeituoso  
25 com mostrador de estado de linha de transmissão para encontrar e reparar uma linha de transmissão que tem uma falha.

#### **Descrição Detalhada das Modalidades Exemplares**

A presente invenção provê um sistema de indicador de  
30 circuito defeituoso (FCI) capaz de determinar o estado de

uma linha de transmissão com relação a uma variedade de características; armazenar a informação de estado; e comunicar a informação de estado por intermédio de um indicador ligado ao FCI, mediante transmissão da informação para um local remoto, ou ambos. Os FCIs da técnica anterior não são capazes de exibir o estado atual de uma linha de transmissão, nem tampouco são os FCIs da técnica anterior capazes de transmitir informação de falha e informação de estado atual relacionadas a uma linha de transmissão para um local remoto.

O sistema FCI é constantemente ligado a uma linha de transmissão, o que permite que as companhias elétricas de utilidade pública aumentem a segurança para os técnicos de linha, e aperfeiçoem a capacidade de diagnosticar e reparar os problemas dentro de um sistema de distribuição. A exibição da informação de estado notifica um técnico se uma linha está energizada sem necessitar de contato estreito com a linha de transmissão. A monitoração constante da informação de estado provê informação das condições, tal como calor ou vibração excessiva, que poderão ser registrada como falha nos FCISs da técnica anterior, mas apesar disso apresentam situações que requerem atenção pela companhia de utilidade pública, permitindo o reparo antes que uma falha interrompa a energia para os clientes da companhia de utilidade pública. Finalmente, a comunicação de falha e informação de estado a um local remoto permite que uma companhia de utilidade pública localize com precisão uma falha antes de enviar os técnicos para reparar a linha, reduzindo assim drasticamente a quantidade de tempo exigida para reparar uma falha.

Conforme usado aqui, o termo "linha de transmissão" ou "linha" pretende abranger qualquer tipo de condutor que é usado para transmitir eletricidade de um local para outro, mas particularmente se refere aos cabos de energia elétrica, seja acima do solo, abaixo do solo, ou de outro modo, como são comumente usados nos sistemas de distribuição de eletricidade. O termo "sistema de distribuição" se refere a um sistema de distribuição de eletricidade em que a eletricidade gerada em um ou mais locais de geração de eletricidade, ou instalações de força, é transportada e distribuída para os consumidores de eletricidade. Os termos: "técnico" ou "técnico de linha" são usados permutavelmente para descrever indivíduos cujas responsabilidades incluem localizar, diagnosticar, e reparar falhas nas linhas de transmissão.

Com referência agora às figuras anexas, nas quais numerais semelhantes representam elementos semelhantes, certas modalidades exemplares da presente invenção em seguida serão descritas. A Figura 1 é um diagrama de blocos de um sistema FCI 100, exemplar. Preferivelmente, o FCI 100 é conectado eletricamente a uma linha de transmissão 116. Geralmente, a conexão entre o FCI 100 e a linha de transmissão 116 é provida por um mecanismo de fixação que garante uma conexão robusta entre o FCI 100 e a linha de transmissão 116. O FCI 100 pode ser alimentado de energia de diversas formas. Em uma modalidade preferida, o FCI 100 é alimentado com energia pelo campo magnético gerado pela linha de transmissão 116 ao qual o FCI 100 está conectado, junto com uma bateria que pode alimentar com energia o FCI 100 se a corrente na linha de transmissão anexada 116 for

interrompida. Fontes de energia alternativas incluem, mas não são limitadas à energia solar, corrente passando através da linha de transmissão 116, uma bateria recarregável que capta a energia a partir da corrente na  
5 linha de transmissão mediante uso de um transformador de corrente, ou mediante utilização da voltagem de referência a partir de um condutor energizado para uma massa adjacente.

O FCI 100 inclui um sensor 102 que mede as condições  
10 na linha de transmissão 116. Em uma modalidade preferida, o sensor 102 mede em tempo real a corrente e a voltagem na linha de transmissão 116. Em uma modalidade alternativa, outros tipos de sensores 102 podem ser usados os quais são capazes de medir qualquer outra condição que possa estar  
15 presente em uma linha de transmissão 116, incluindo, mas não limitada à temperatura, inclinação, velocidade do vento, níveis líquidos de componentes elétricos, teor de gás dissolvido e pressão associados a um transformador ou capacitor monitorado, e vibração. O sensor 102 pode ser  
20 configurado para medir uma ou mais condições. Em algumas modalidades, dois ou mais sensores 102 podem ser combinados para medir múltiplas condições. O sensor 102 comunica as medições ao controlador 104 como dados de sensor.

O controlador 104 analisa os dados de sensor e realiza  
25 as ações apropriadas. Em uma modalidade preferida, o controlador 104 é um microcontrolador programado para analisar os dados de sensor e responder apropriadamente. Em uma modalidade alternativa, o controlador 104 pode ser qualquer mecanismo de controle capaz de receber os dados de  
30 sensor e controlar os sistemas periféricos tal como a

memória 108, a instalação de comunicação 110, e um indicador 106. Por exemplo, o controlador 104 consistiria em qualquer combinação de meios eletrônicos analógicos e/ou digitais capazes de estabelecer a ocorrência de um evento  
5 de falha de acordo com a invenção descrita.

Em uma modalidade preferida, o controlador 104 é programado para reconhecer certas mudanças nos dados de sensor como eventos de falha. Por exemplo, o controlador 104 pode tratar uma queda em corrente em excesso de um  
10 limite programado como indicação da existência de falha. Contudo, o controlador 104 pode ser programado para identificar qualquer condição que ocorra na linha de transmissão 116 como uma indicação de uma falha. Por exemplo, o controlador 104 pode ser programado para  
15 identificar um surto em corrente ou voltagem em excesso de certo limite, uma leitura de temperatura em excesso de um limite predeterminado, ou vibração em excesso de um limite predefinido como uma falha. Essas e outras condições indicativas de falha são bem conhecidas daqueles versados  
20 na técnica pertinente. Os limites podem ser definidos pela companhia de utilidade pública empregando o FCI 100 em um sistema de distribuição elétrica, e pode variar com base nas condições em uma área específica. Se o controlador 104 determinar que ocorreu uma falha, ele pode comunicar o fato  
25 a um ou mais entre o indicador de FCIs 100 106, memória 108, ou instalação de comunicação 110. Em uma modalidade alternativa, o sensor 102 pode incluir conjunto de circuitos para determinar se uma condição de falha ocorreu e notificar o controlador 104 sobre o evento de falha.  
30 Naquela modalidade, o controlador 104 determina como

comunicar a informação de falha.

Nas modalidades onde o controlador 104 recebe os dados de sensor a partir do sensor 102, o controlador 104 pode ser programado adicionalmente para identificar certos  
5 outros dados que podem ser valiosos para uma companhia de utilidade pública no diagnóstico de problemas ou ineficiências em um sistema de distribuição. O controlador 104 pode ser configurado para registrar os dados na memória 108 para análise posterior pela companhia de utilidade pública, por um técnico de linha, ou outra parte  
10 interessada. Como exemplo, um aumento na temperatura em uma linha de transmissão 116 pode não resultar em um evento de falha, mas pode indicar que a linha de transmissão 116, ou algum de seu equipamento próximo, desenvolveu um defeito  
15 que está criando resistência adicional na linha de transmissão 116 e reduzindo a eficiência. Como o controlador 104 (e/ou sensor 102) identificou a condição antes de uma falha ter ocorrido, a companhia de utilidade pública pode determinar se ação corretiva é necessária para  
20 aperfeiçoar a performance do sistema de transmissão ou para prevenir uma falha que pode resultar em uma perda de energia para os clientes da companhia de utilidade pública.

O controlador 104 pode ser configurado adicionalmente para comunicar dados de sensor e determinações de falha a  
25 um ou mais indicadores 106 e, opcionalmente, a uma instalação de comunicação 110. Se, conforme descrito acima, o controlador 104 (e/ou sensor 102) determinar que ocorreu um evento de falha, então o controlador 104 pode comunicar essa informação a um indicador 106. Adicionalmente, sem  
30 considerar se um evento de falha foi estabelecido, o

controlador 104 pode comunicar os dados de sensor ao indicador 106, memória 108, ou a uma instalação de comunicação 110.

O indicador 106 pode ser um mostrador que é montado no FCI 100 e posicionado de tal modo que ele pode ser visto a partir de certa distância. O indicador 106 pode assim prover uma indicação visível de que uma falha ocorreu. Em uma modalidade preferida, o indicador é um dispositivo de exibição de alta visibilidade. Contudo, o indicador alternativamente pode ser um display de cristal líquido (LCD) ou outro dispositivo de display similar. Além disso, o indicador 106 pode emitir um som audível que pode alertar um técnico nas proximidades do FCI 100 de que o FCI 100 detectou uma condição de falha. O indicador audível 106 pode ser uma adição ao indicador visível 106 ou pode ser uma alternativa a ele.

O indicador 106 também pode prover uma indicação do estado da linha de transmissão 116. O estado da linha de transmissão 116 pode ser mostrado junto com a indicação da condição de falha em um único indicador 106, ou pode ser mostrado em um ou mais indicadores distintos 106. Um ou mais valores representando vários estados da linha de transmissão 116 podem ser mostrados no indicador 106, ou múltiplos indicadores 106 podem ser usados para mostrar os múltiplos estados de linha de transmissão 116.

Em uma modalidade preferida, o indicador 106 exibe valores numéricos correspondendo à quantidade de corrente e/ou voltagem que está presente na linha de transmissão 116. Esses valores numéricos são providos preferivelmente por intermédio de um display LCD. Em uma modalidade

alternativa, contudo, os valores podem ser exibidos em uma série de displays de sete segmentos ou outros dispositivos de display numérico. Em modalidades alternativas adicionais, o display pode usar uma representação visual  
5 alternativa dos valores, tal como: uma série de dispositivos de emissão de luz, tal como diodos de emissão de luz (LEDs), em que um grande número de LEDs iluminados representa uma corrente superior na linha de transmissão 116; um único LED, em que a intensidade da luz emanando do  
10 LED aumenta com a quantidade de corrente na linha de transmissão 116; ou outras representações visuais similares da magnitude de uma medição. Em uma modalidade alternativa adicional, a indicação do estado atual da linha 116 pode ser audível. Por exemplo, se nenhuma corrente estiver  
15 presente na linha de transmissão 116, o indicador 106 permaneceria silencioso, enquanto que o indicador 106 poderia emitir um som que aumentaria em frequência e/ou altura em relação à quantidade de corrente presente na linha de transmissão 116.

20 A memória 108 pode ser qualquer dispositivo de armazenamento padrão, tal como memória flash ou memória de acesso aleatório, dinâmica (DRAM). Se o controlador 104 pode ser programado para determinar se os dados de sensor representam uma condição incomum ou uma falha, e se assim  
25 for, o controlador 104 pode registrar esses dados na memória 108, e pode opcionalmente registrar o tempo quando ocorreu a condição incomum ou falha. Além disso, o controlador 104 pode ser programado para gravar dados de sensor na memória 108 em resposta a outros eventos, tal  
30 como, mas não limitado à passagem de um período de tempo

designado.

A instalação de comunicação 110 provê um sistema que é capaz de transmitir os dados para um local remoto 114. A instalação de comunicação 110 pode incluir componentes para  
5 qualquer número de protocolos de comunicação cabeada ou sem fio, incluindo, mas não limitado a qualquer um dos padrões 802.11, Bluetooth, tecnologias celulares, ZigBee, comunicações de radiofrequência licenciada ou não licenciada, ou tecnologias de comunicação de linha de  
10 força. A instalação de comunicação 110 provê a comunicação dos dados de sensor a um local remoto 114. Em uma modalidade preferida, um local remoto 114 é um posto de utilidade pública central que tem a capacidade de monitorar as cargas de comunicação a partir de vários FCIs 100  
15 simultaneamente. Alternativamente, o local remoto 114 pode ser uma unidade móvel, tal como um assistente pessoal digital (PDA) ou computador móvel carregado por um técnico que é capaz de receber os dados de sensor a partir da instalação de comunicação 110 sem que o técnico faça  
20 contato físico direto com o FCI 100.

A interface de reinicialização 112 também pode ter duas instruções distintas de reinicialização: uma reinicialização de indicador e uma reinicialização de memória. A instrução de reinicialização de indicador remove  
25 a indicação de falha, enquanto que a instrução de reinicialização de memória apaga os dados de sensor da memória 108. Embora as instruções de reinicialização de indicador e de reinicialização de memória possam ser acionadas pelo mesmo exemplo, em alguns casos, pode ser  
30 preferível reinicializar um ou o outro isoladamente.

Por exemplo, em uma modalidade preferida, o controlador 104 pode ser programado para responder à retomada de fluxo de energia, apropriado após um evento de falha mediante emissão de uma instrução de reinicialização de indicador, mas não uma instrução de reinicialização de memória. Nesse modo de operação, um registro do evento de falha, e as condições que acompanharam o evento, permanecerão na memória 108 embora o indicador de falha 106 tenha sido liberado. A informação pode ser então baixada da memória 108 e analisada, e o FCI 100 não indicará uma situação de falha quando atualmente não existir nenhuma situação de falha. Assim, a presente invenção pode prover reinicialização automática quando o fluxo apropriado de corrente for retomado, enquanto armazenando também os dados que podem ser usados para diagnosticar e localizar as falhas transitórias ou intermitentes.

Adicionalmente, a interface de reinicialização 112 pode receber instruções de reinicialização a partir do local remoto 114 por intermédio da instalação de comunicação 110. Esse modo de operação permite que um técnico ou outro funcionário da companhia de utilidade pública reinicialize a indicação de falha, a memória 108, ou ambas, sem contatar diretamente o FCI 100. A interface de reinicialização 112 também pode receber instruções de reinicialização diretamente a partir de um técnico. Em uma modalidade preferida, o técnico provê as instruções de reinicialização mediante ativação de um ou mais botões no FCI 100. Em uma modalidade alternativa, as instruções de reinicialização podem ser providas por intermédio de comutadores ou outras técnicas comuns de entrada.

Em uma modalidade preferida, o sensor 102, controlador 104, a memória 108, a instalação de comunicação 110, e a interface de reinicialização 112 são todos providos dentro de um alojamento à prova de intempéries, enquanto que o  
5 indicador 106 está disposto na superfície externa do alojamento de tal modo que o indicador 106 pode ser visto a partir de certa distância. Em modalidades alternativas, contudo, cada componente pode estar disposto dentro ou fora do alojamento. O alojamento preferivelmente é ligado a uma  
10 linha de transmissão 116 com um mecanismo de fixação conforme descrito na Patente dos Estados Unidos 5.497.096, e o sensor 102 é acoplado logicamente a uma porção condutiva do mecanismo de fixação.

A Figura 2 é um fluxograma descrevendo um método para  
15 determinar o estado de uma linha de transmissão 116 com um FCI 100 de acordo com uma modalidade exemplar da invenção. O método 200 será descrito com relação à Figura 1.

O método 200 supõe que o sensor 102 do FCI 100 seja conectado a uma linha de transmissão 116. Na etapa 205, o  
20 sensor 102 coleta os dados a partir da linha de transmissão 116 e transmite os mesmos para o controlador 104. Na etapa 210, o controlador 104 determina o estado da linha de transmissão 116 em tempo real ou em tempo quase real, com base nos dados de sensor. Na etapa 215, o controlador 104  
25 determina se o sensor detectou uma falha na linha de transmissão 116. Se nenhuma condição de falha foi detectada o método deriva para a etapa 220, e opcionalmente registra o estado da linha de transmissão 116. Conforme descrito acima com relação à memória 108, o estado da linha de  
30 transmissão 116 pode ser gravado na realidade, ou com base

na ocorrência de uma condição, tal como quando o estado representa uma condição incomum, ou quando certo período de tempo tiver decorrido. O método retorna então à etapa 210 e o controlador 104 continua a determinar o estado da linha de transmissão 116.

Se o controlador 104, na etapa 215, determinar que ocorreu uma condição de falha, então o método 200 deriva para a etapa 225, em que o controlador 104 registra o evento de falha e o estado da linha de transmissão 116. Na etapa 230, o FCI 100 informa o evento de falha e o estado da linha de transmissão. O FCI 100 pode reportar o evento e o estado por intermédio tanto do indicador 106 como da instalação de comunicação 110, como será descrito em detalhe adicional com relação à figura 3.

Na etapa 235, o controlador 104 determina se uma reinicialização foi acionada. Se nenhuma reinicialização foi acionada, o método prossegue para a etapa 240, onde o controlador 104 continua a determinar o estado da linha de transmissão 116, e então retorna à etapa 230, em que o estado da linha de transmissão 116 e o evento de falha são reportados. O método continuará através das etapas 230, 235 e 240 até que uma reinicialização seja acionada. Se, na etapa 235, um evento de reinicialização for acionado, o método prossegue para a etapa 245 em que o controlador 104 pode apagar a indicação de falha, a memória 108, ou ambos. O procedimento de reinicialização é discutido em detalhe adicional com relação à Figura 4.

A Figura 3 é um fluxograma descrevendo um método para reportar um evento de falha ou o estado de uma linha de transmissão 116 de acordo com uma modalidade exemplar da

invenção, conforme referido na etapa 230 da Figura 2. O método exemplar 230 será descrito com relação às Figuras 1 e 2.

Na etapa 305, o indicador 106 exibe uma notificação de que uma falha ocorreu. Conforme descrito acima, a notificação pode ser visual, audível, ou ambos. Na etapa 310 o indicador 106 exibe o estado atual da linha de transmissão 116, conforme determinado na etapa 240.

Na etapa 315, o controlador 104 determina se comunicações remotas são desejadas. Em uma modalidade exemplar, o controlador 104 determina se uma instalação de comunicação 110 está presente no FCI 100. O controlador 104 então determina com base em sua programação se comunica o evento de falha ou o estado da linha de transmissão por intermédio da instalação de comunicação 110. Em algumas situações, pode ser desejável sempre transmitir um evento de falha, mas nunca transmitir o estado de linha. Em outras situações, pode ser desejável transmitir ambos, o estado de linha e o evento de falha. Se o controlador 104 determinar a não comunicação do evento de falha ou o estado de linha de transmissão, o método para reportar um evento de falha termina e retorna à etapa 235 da Figura 2.

Se, contudo, o controlador 104 na etapa 315 determinar que uma instalação de comunicação 110 está presente e que comunicações remotas são desejadas, o método deriva para a etapa 320, em que a instalação de comunicação 110 transmite a informação para o local remoto 114. Conforme descrito acima com relação à Figura 1, a transmissão pode usar um ou mais métodos de comunicação. Por exemplo, se o controlador 104 deve transmitir não apenas a informação de falha como

também a informação de estado de linha, em uma modalidade exemplar, a instalação de comunicação 110 pode transmitir a informação de falha utilizando um ou mais protocolos de comunicação apropriados para comunicação de longo alcance para uma estação base remota, tal como, mas não limitada ao posto central de uma companhia de utilidade pública. Simultaneamente, o controlador 104 pode transmitir informação de falha e o estado de linha através de um protocolo mais apropriado para comunicações de curto alcance, tal como Bluetooth. Assim, o posto central receberia aviso da falha e informação que identificaria a localização da falha, o que reduziria o tempo exigido para identificar uma linha de transmissão defeituosa 116. Simultaneamente, os técnicos poderiam receber a informação de estado de linha e de falha em dispositivos portáteis que permitiriam que os técnicos verificassem se um FCI 100 registrou uma falha, e se a linha de transmissão 116 estava energizada, tudo isso a partir de um dispositivo portátil conveniente sem entrar em contato direto com a linha de transmissão 116. Após o FCI 100 ter informado a condição de falha e o estado da linha de transmissão 116, o método prossegue para a etapa 235 da Figura 2.

A Figura 4 é um fluxograma descrevendo um método para apagar eventos de falha e histórico de estado de linha de acordo com uma modalidade exemplar da invenção, conforme referido na etapa 245 da Figura 2. O método 245 será descrito com relação às Figuras 1 e 2.

Na etapa 405, o controlador 104 determina, com base em sua programação, se o sinal de reinicialização deve apagar o histórico do FCIs 100. Conforme descrito acima, diversos

eventos podem acionar uma reinicialização, e uma companhia de utilidade pública pode desejar ter alguns eventos reiniciando o histórico do FCI 100, enquanto outros reinicializam apenas a indicação de falha. Se o controlador 104 determinar que o sinal de reinicialização recebido não deva reinicializar a memória do FCIs 100 108, então o método prossegue para a etapa 415.

Se, contudo, o controlador 104 determinar que o sinal de reinicialização recebido deva reinicializar a memória do FCIs 100 108, então o método prossegue para a etapa 410, em que o controlador 104 apaga os dados históricos da memória do FCIs 100 108. Após apagar a memória 108, o método deriva para a etapa 415. Na etapa 415, o controlador 104 determina se o sinal de reinicialização deve apagar o indicador de falha do FCI 100 106. Se o controlador 104 determinar que o sinal de reinicialização recebido não deva reinicializar o indicador de falha FCIs 100 106, então o método termina. Se o controlador 104 determinar que o sinal de reinicialização recebido deva reinicializar o indicador de falha 106, o método deriva para a etapa 420, em que o controlador 104 apaga qualquer indicação de que uma falha ocorreu a partir do indicador de falha de FCI 100 106. Após apagar a indicação de falha, o método termina.

A Figura 5 é um fluxograma descrevendo um método para usar um indicador de circuito defeituoso com mostrador de estado de linha de transmissão para encontrar e reparar uma linha de transmissão 116 que tem uma falha. O método 500 será descrito com relação à Figura 1.

O método exemplar 500 supõe que o sensor 102 do FCI 100 está conectado a uma linha de transmissão 116. Em uma

modalidade preferida, o sensor 102 é conectado à linha de transmissão 116 por intermédio do mecanismo de fixação que liga o FCI 100 à linha de transmissão 116. Na etapa 505, o controlador 104 determina se ocorreu um evento de falha. Em  
5 uma modalidade preferida, o controlador 104, de acordo com o método descrito na Figura 2, proporcionará notificação de que um evento de falha foi detectado, seja por intermédio do indicador 106, da instalação de comunicação 110, ou ambos.

10 Na etapa 510, a notificação da ocorrência do evento de falha é recebida pela companhia de utilidade pública ou outra entidade responsável por manter a integridade da linha de transmissão 116 ao qual o FCI 100 está ligado. Em uma modalidade preferida, conforme descrito acima, a  
15 notificação é recebida por intermédio do indicador 106 ou da instalação de comunicação 110. Alternativamente, contudo, a notificação pode ser recebida de diversas outras formas. Por exemplo, o aviso do evento de falha pode ser recebido a partir de um cliente da companhia de utilidade  
20 elétrica que chama para reclamar sobre a interrupção de serviço.

Quando aviso do evento de falha for recebido, na etapa 515 a companhia elétrica de utilidade pública determina a porção da linha de transmissão 116 que contém a falha.  
25 Conforme descrito acima, a porção defeituosa da linha de transmissão 116 tipicamente estará localizada entre o primeiro FCI 100 que indica uma falha e o último FCI 100 que não indica uma falha. Em uma modalidade preferida, a porção defeituosa da linha de transmissão 116 é determinada  
30 no posto central mediante identificação dos FCIs 100 por

todo o sistema que estão transmitindo por intermédio de suas instalações de comunicação, respectivas 110 de que ocorreu um evento de falha. Alternativamente, a determinação da porção defeituosa da linha de transmissão 5 116 pode ser feita pelos técnicos de linha, os quais, com base em um informe de uma interrupção em energia elétrica, examinam as linhas de transmissão 116 servindo a área interrompida para encontrar o primeiro FCI 100 exibindo uma indicação de que uma falha ocorreu em seu indicador 106. 10 Quando a porção defeituosa da linha de transmissão 116 tiver sido determinada, se um reparo deve ser realizado, os técnicos de linha prosseguem para a porção defeituosa da linha de transmissão 116.

Na etapa 520, os técnicos de linha prosseguem para 15 interromper a energia para a porção da linha de transmissão 116 a ser reparada, tipicamente mediante desconexão de quaisquer circuitos alimentadores. Contudo, devido ao fato de que; conforme descrito acima; múltiplos circuitos podem alimentar uma linha de transmissão específica 116, 20 simplesmente desligar os circuitos alimentadores próximos pode não interromper o fluxo de corrente para a porção da linha de transmissão 116 a ser reparada.

Na etapa 525, o técnico de linha pode ler o mostrador no indicador de circuito defeituoso para determinar se a 25 corrente está presente na linha de transmissão 116. Na etapa 530, se um mostrador indicar que a linha de transmissão 116 ainda está energizada, o técnico de linha tomará conhecimento de que o trabalho pode não ser realizado na linha 116 no momento, e o método deriva para a 30 etapa 520, e o técnico continua a desconectar os circuitos

alimentadores.

Se, contudo, na etapa 530, o indicador 106 indicar que a linha de transmissão 116 não mais está energizada, o método deriva para a etapa 535, em que o técnico de linha  
5 repara ou desvia a porção da linha 116 determinada na etapa 515 como contendo a falha. Na etapa 540, o técnico de linha então reconecta quaisquer circuitos que previamente forneceram energia à porção defeituosa da linha de transmissão 116. Após reconectar os circuitos, o método  
10 termina.

Com base no precedente, pode ser visto que a presente invenção provê um equipamento indicador de circuito defeituoso tendo um indicador que pode exibir o estado atual de uma linha de transmissão. A presente invenção  
15 também provê um método para determinar o estado de uma linha de transmissão com um indicador de circuito defeituoso, assim como um método para usar um indicador de circuito defeituoso com mostrador de estado de linha de transmissão para reparar de forma segura as linhas de  
20 transmissão defeituosas. Muitas outras modificações, aspectos e modalidades da invenção serão evidentes para aqueles versados na técnica. Deve ser considerado, portanto, que muitos aspectos da presente invenção foram descritos acima apenas como exemplo e não pretendem ser  
25 elementos exigidos ou essenciais da invenção a menos que explicitamente de outro modo declarado. Consequentemente deve-se entender que o precedente se refere apenas a certas modalidades da invenção e que diversas alterações podem ser feitas nas mesmas sem se afastar do espírito e escopo da  
30 invenção conforme definidos pelas reivindicações a seguir.

Deve-se entender que a invenção não é limitada às modalidades ilustradas e que diversas modificações podem ser feitas dentro do escopo das reivindicações seguintes.

### **REIVINDICAÇÕES**

1. Método (500) para reparar uma linha de transmissão em um sistema de distribuição de energia elétrica compreendendo uma linha de transmissão tendo ao menos uma  
5 linha de alimentadora e uma pluralidade de indicadores de circuito defeituoso conectados à linha de transmissão, em que cada um dos indicadores de circuito defeituoso compreende um indicador de falha para indicar se uma condição de falha ocorreu na linha de transmissão e um  
10 mostrador para indicar um estado da linha de transmissão, o método **caracterizado** por compreender as etapas de:

determinar (505) a partir de um primeiro indicador de circuito defeituoso se a condição de falha ocorreu;

determinar (515) a partir do primeiro indicador de  
15 circuito defeituoso e pelo menos um segundo indicador de circuito defeituoso uma porção da linha de transmissão na qual ocorreu a condição de falha;

desconectar (520) a linha de transmissão a partir de uma primeira linha alimentadora;

20 determinar (525) o estado da linha de transmissão a partir do mostrador do primeiro indicador de circuito defeituoso; e

reparar (535) a linha de transmissão se o mostrador do primeiro indicador de circuito defeituoso indicar que o  
25 estado do condutor elétrico é tal que é seguro assim proceder.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o estado da linha de transmissão compreende um nível de corrente presente no  
30 condutor elétrico.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender ainda a etapa de desconectar a linha de transmissão a partir das linhas alimentadoras adicionais, se o mostrador do primeiro indicador de  
5 circuito defeituoso indicar que o estado do condutor elétrico é tal que não é seguro reparar a linha de transmissão.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a etapa de determinar (525)  
10 o estado da linha de transmissão a partir do mostrador do primeiro indicador de circuito defeituoso compreender ler uma representação numérica do estado da linha de transmissão a partir do mostrador.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1,  
15 **caracterizado** pelo fato de que cada um dos indicadores de circuito defeituoso compreende ainda uma instalação de comunicação para comunicar indicações de se a condição de falha ocorreu a um local remoto; e

em que a etapa de determinar (505) a partir do  
20 primeiro indicador de circuito defeituoso se a condição de falha ocorreu compreende receber (510) no local remoto uma indicação a partir do primeiro indicador de circuito defeituoso de que ocorreu uma condição de falha.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5,  
25 **caracterizado** pelo fato de que a etapa de determinar (515) a partir do primeiro indicador de circuito defeituoso e do pelo menos segundo indicador de circuito defeituoso a porção da linha de transmissão na qual ocorreu a condição de falha compreende receber (510) adicionalmente no local  
30 remoto uma indicação a partir do pelo menos segundo

indicador de circuito defeituoso de que a falha não ocorreu.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que cada um dos indicadores de  
5 circuito defeituoso compreende ainda uma instalação de comunicação para comunicar os dados relacionados ao estado da linha de transmissão a um local remoto; e

em que a etapa de determinar (525) o estado da linha de transmissão compreende ainda receber os dados  
10 relacionados ao estado da linha de transmissão no local remoto.

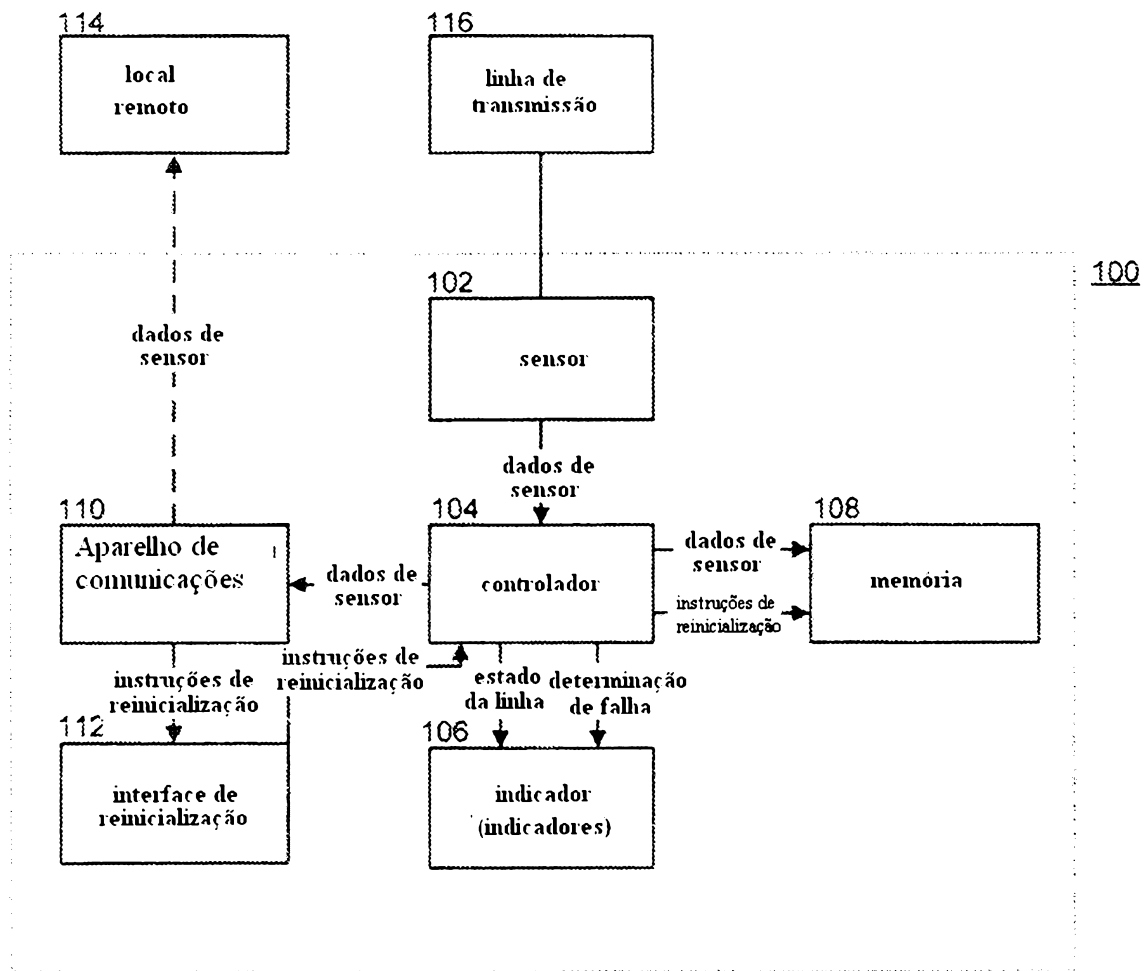


Figura 1

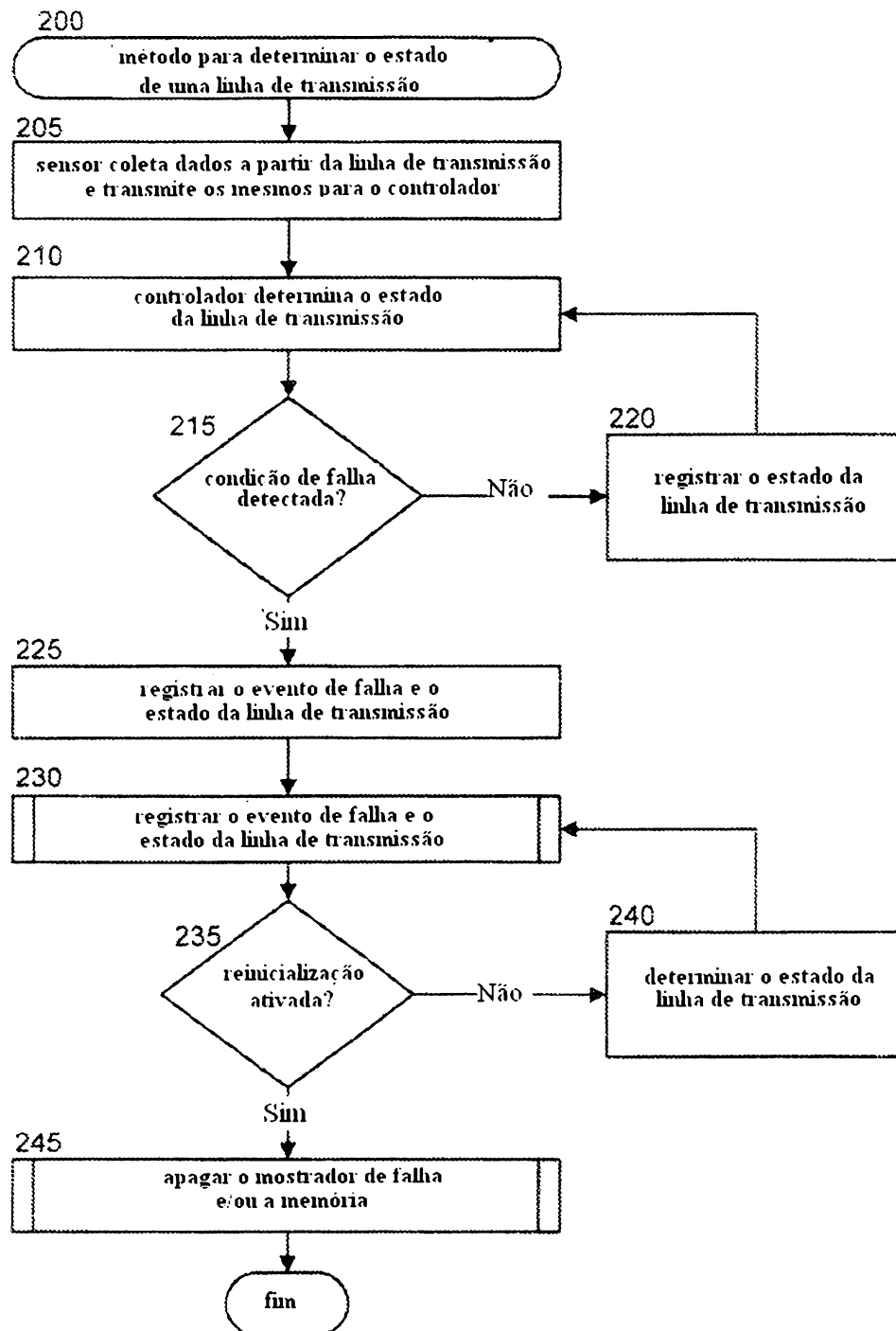


Figura 2

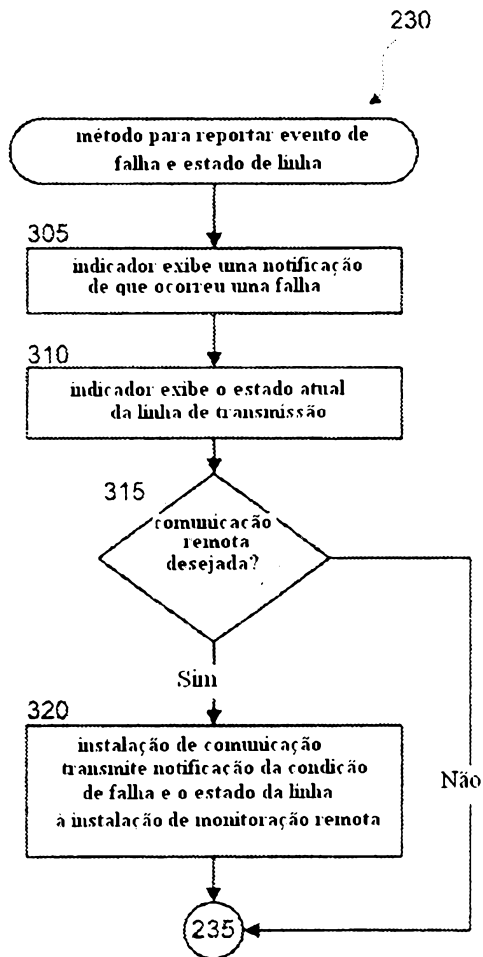


Figura 3

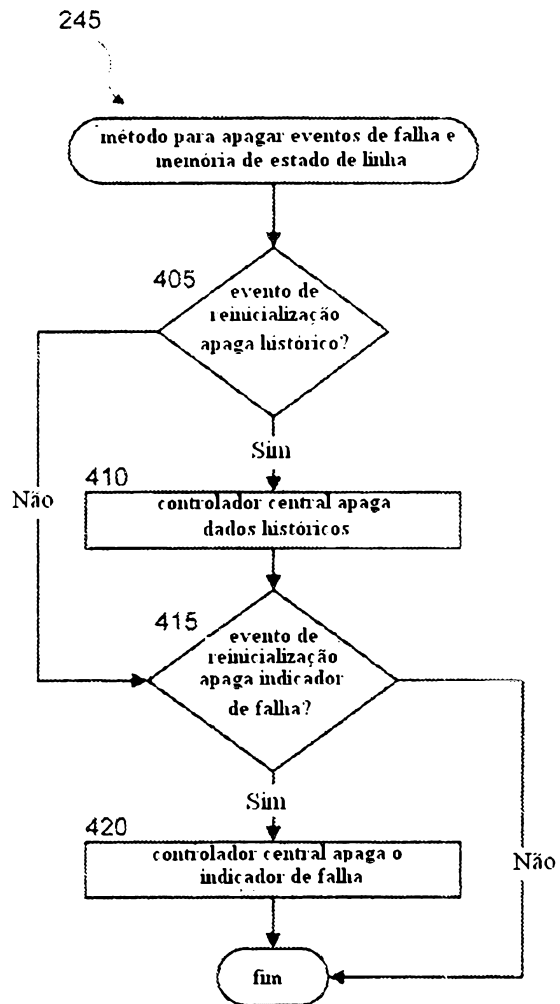


Figura 4

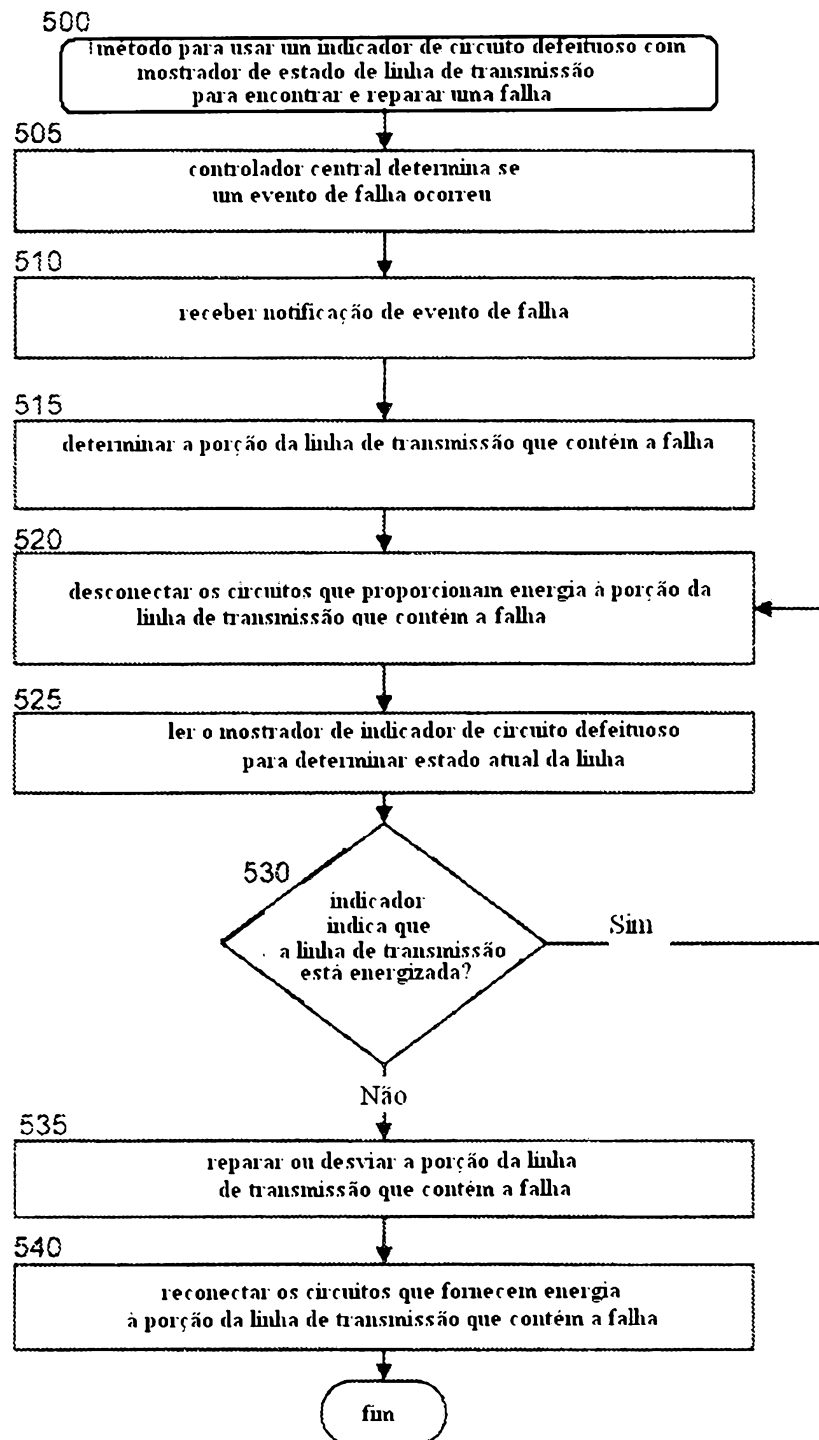


Figura 5