



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

(21) BR 102014019379-0 A2

(22) Data do Depósito: 06/08/2014

(43) Data da Publicação: 01/12/2015

(RPI 2343)



(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

(51) Int. Cl.: G01R 31/08

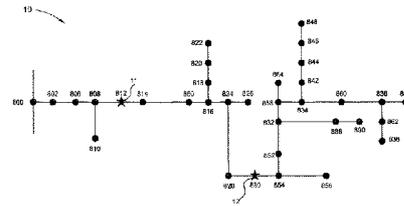
(30) Prioridade Unionista: 15/08/2013 CN 201310356104.1

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY

(72) Inventor(es): ZHILIN WU, ILIA VOLOH, LIHAN HE, ZHIHAN XU

(74) Procurador(es): JULIANO RYOTA MURAKAMI

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO. Trata-se de um sistema de localização de falha para uma rede de distribuição. O sistema de localização de falha inclui pelo menos um sensor e um aparelho de avaliação de localização de falha. O pelo menos um sensor é localizado na rede de distribuição, para captar a corrente e dividir a rede de distribuição em pelo menos duas regiões. O aparelho de avaliação de localização de falha inclui uma unidade de determinação da região de falha para determinar qual dentre as pelo menos duas regiões é uma região de falha em que uma falha ocorre na mesma através do cálculo da corrente captada do pelo menos um sensor.



“SISTEMA E MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO”

ANTECEDENTES

[001] As realizações da presente invenção referem-se geralmente a sistemas e métodos para localização de falhas em sistemas de energia elétrica e, em particular, a um sistema e um método para determinar as localizações de falha em uma rede de distribuição.

[002] Localização de falha precisa é uma tecnologia essencial que permite que as empresas de utilidade pública mantenham a confiança do serviço para reduzir o índice de duração de interrupção média de sistema (SAIDI). Quando uma falha tal como, por exemplo, uma falha de curto-circuito, ocorre, ações imediatas têm que ser tomadas para reduzir as áreas impactadas. Entretanto, em uma rede de distribuição, um desafio maior é que a rede de distribuição tem um grande número de cargas distribuídas e laterais/ramificações de linha de distribuição. Em tal enredo, a aplicação de métodos de localização de falhas tradicionais, tal como métodos à base de impedância, não conseguem alcançar uma precisão similar para a rede de distribuição como para a rede de transmissão.

[003] Portanto, é desejável fornecer sistemas e métodos para tratar os problemas supracitados.

BREVE DESCRIÇÃO

[004] De acordo com uma realização revelada no presente documento, um sistema de localização de falha para uma rede de distribuição é fornecido. O sistema de localização de falha inclui pelo menos um sensor e um aparelho de avaliação de localização de falha. O pelo menos um sensor é localizado na rede de distribuição para captação de corrente e divisão da rede de distribuição em pelo menos duas regiões. O aparelho de avaliação de localização de falha inclui uma unidade de determinação da região de falha

para determinar qual dentre as pelo menos duas regiões é uma região de falha em que uma falha ocorre na mesma através do cálculo da corrente captada do pelo menos um sensor.

[005] De acordo com outra realização revelada no presente documento, é fornecido um sistema de localização de falha para uma rede de distribuição. O sistema de localização de falha inclui pelo menos um sensor e um aparelho de avaliação de localização de falha que inclui uma unidade de seleção de seção de linha, uma unidade de classificação de seção de linha, uma unidade de cálculo de parâmetro de localização de falha, e uma unidade de registro de candidato de localização de falha. O pelo menos um sensor é localizado na rede de distribuição, na corrente e tensão captadas. A unidade de seleção de seção de linha é para selecionar seções de linha uma a uma na rede de distribuição. A unidade de classificação de seção de linha é para classificar cada uma das seções de linha selecionadas em um modelo de falha equivalente correspondente. A unidade de cálculo de parâmetro de localização de falha é para calcular uma distância de falha "D" e uma resistência de falha " R_F " de um ponto de falha presumido de cada uma das seções de linha selecionadas com base no modelo de falha equivalente correspondente. A unidade de registro de candidato de localização de falha é para registrar os pontos de falha presumidos como candidatos de localização de falha se $R_F \geq 0$ e $0 \leq D \leq D_T$, em que " D_T " é o comprimento total da seção de linha correspondente.

[006] De acordo com outra realização revelada no presente documento, é fornecido um método de localização de falha para uma rede de distribuição. O método de localização de falha inclui a corrente de captação em pelo menos uma posição da rede de distribuição; com divisão da rede de distribuição em pelo menos duas regiões com base na pelo menos uma posição; e determina qual dentre as pelo menos duas regiões seja uma região de falha em que uma falha ocorre na mesma através do cálculo da corrente

captada na pelo menos uma posição.

FIGURAS

[007] Essas e outras características, aspectos e vantagens da presente revelação serão mais bem entendidas quando a descrição detalhada a seguir for lida com referência aos desenhos anexos em que caracteres semelhantes representam partes semelhantes ao longo das figuras, em que:

A Figura 1 é um diagrama esquemático de uma rede de distribuição de acordo com uma realização exemplificativa da presente revelação.

A Figura 2 é um diagrama de blocos de uma localização de falha sistema da rede de distribuição da Figura 1, de acordo com uma realização exemplificativa da presente revelação.

A Figura 3 é um diagrama esquemático da exibição de uma região de falha da rede de distribuição da Figura 1.

A Figura 4 é um diagrama de blocos de um aparelho de avaliação de localização de falha do sistema de localização de falha da Figura 2, de acordo com uma realização exemplificativa da presente revelação.

A Figura 5 é um fluxograma de um método de localização de falha da rede de distribuição da Figura 1, de acordo com uma realização exemplificativa da presente revelação.

A Figura 6 é um diagrama esquemático da exibição de três PFFPs na região de falha da Figura 3.

As Figuras 7 a 14 são diagramas equivalentes de oito modelos de falha equivalentes.

A Figura 15 é um diagrama esquemático da exibição de uma seção de linha da região de falha da rede de distribuição da Figura 6.

A Figura 16 é um diagrama esquemático da exibição um processo de classificação de classificar uma seção de linha em um modelo de falha

equivalente correspondente.

A Figura 17 é um diagrama esquemático da exibição de dois candidatos de localização de falha da região de falha da rede de distribuição da Figura 6.

A Figura 18 é um diagrama de simulação de exibição da precisão de distância do sistema de localização de falha da Figura 2 sob quatro diferentes resistências de falha.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[008] As realizações reveladas aqui se referem geralmente a um sistema de localização de falha e um método de localização de falha que tem funções de avaliar o candidato de localização de falha para avaliar possibilidades de falha em cada seção de linha, que pode reduzir as possíveis localizações de falha para somente alguns candidatos de localização de falha na rede de distribuição. Assim, os operadores podem facilmente determinar a localização de falha atual de alguns candidatos de localização de falha, ou podem manter a rede de distribuição com base em só alguns candidatos de localização de falha. Esse sistema de localização de falha e o método de localização de falha podem aumentar a eficiência na detecção dos pontos de falha em uma rede de distribuição ou outras redes de energia similares.

[009] O termo “trajetória de fluxo de energia possível (PPFP)” como usado aqui se refere a uma possibilidade de trajetória através de que a corrente pode fluir de um sensor a montante para a extremidade de uma lateral ou um sensor a jusante em uma região de falha de uma rede de distribuição. O sensor em uma realização compreende um sensor de corrente de tensão usado para captar a corrente e a tensão em que o sensor de localização. O termo “seção de linha” é definido como uma seção entre dois nós adjacentes em uma PPFP. Os nós em uma PPFP são com base em estrutura de rede. Por exemplo, os nós podem representar alguns aparelhos ou elementos elétricos

projetados na PFP, tais como subestações, transformadores, elementos de resistor, elementos de capacitor, elementos de transistor, ou algo a mais. Cada PFP pode incluir várias seções de linha que depende do número de nós predeterminado. O número das seções de linha também é determinado com base na estrutura de rede.

[010] Uma ou mais realizações específicas da presente revelação serão descritas abaixo. Em uma tentativa de fornecer uma descrição concisa dessas realizações, nem todas as características de uma implantação atual são descritas neste relatório descritivo. Deve ser apreciado que no desenvolvimento de qualquer das tais implantações atuais, como em qualquer planejamento ou projeto de design, decisões específicas de implantações numerosas precisam ser feitas para alcançar os objetivos específicos dos desenvolvedores, tais como o cumprimento com restrições de negócios e sistemas relacionados, que podem variar de uma implantação para outra. Além do mais, deve ser apreciado que tal tentativa de desenvolvimento talvez seja complexa e demorada, mas, todavia seja uma rotina de absorção de projeto, fabricar, e manufaturar para aquele de conhecimentos comuns que têm o benefício dessa revelação.

[011] A menos que se defina de outra forma, os termos técnicos e científicos usados aqui têm o mesmo significado como é comumente entendido por um elemento de habilidade comum na técnica à qual pertence esta revelação. Os termos “primeiro”, “segundo” e seus similares, como usados aqui não denotam qualquer ordem, quantidade, ou importância, mas são usados especialmente para distinguir um elemento do outro. Além disso, os termos “um” e “uma” não denotam uma limitação de quantidade, mas denotam especialmente a presença de pelo menos um dos itens referidos. O termo “ou” destina-se a ser inclusivo e significa tanto um ou todos dos itens listados. O uso de “incluir”, “compreender” ou “ter” e variações dos mesmos aqui são

destinados a circundar os itens listados desde então e os equivalentes dos mesmos e também como itens adicionais. Os termos “conectar” e “acoplar” não são restritos às conexões físicas ou mecânicas ou acoplamentos, e podem incluir conexões ou acoplamentos elétricos, se diretos ou indiretos. Além do mais, os termos “circuito” e “conjunto de circuitos” e “controlador” podem incluir um componente único ou uma pluralidade de componentes, que são ativos e/ou passivos e podem ser opcionalmente conectados ou por outro lado acoplados em conjunto para fornecer a função descrita.

[012] A Figura 1 ilustra diagrama esquemático de uma rede de distribuição 10 de acordo com uma realização exemplificativa da presente revelação. Para a facilitação da ilustração, as configurações detalhadas da rede de distribuição 10 não são mostradas na Figura 1. A rede de distribuição 10 pode ser usada em uma rede de energia elétrica urbana e rede de energia rural, também como outros tipos de sistemas elétricos.

[013] Na realização ilustrada da Figura 1, a rede de distribuição 10 pode incluir um fluxo principal (nós 800, 802, 806, 808, 812, 814, 850, 816, 824, 828, 830, 854, 852, 832, 858, 834, 860, 836, 840), e vários laterais (tal como uma lateral do nó 808 para o nó 810, uma lateral dos nós 816, 818, 820, 822, uma lateral do nó 824 para o nó 826, uma lateral do nó 854 para o 856, uma lateral dos nós 832, 888, 890, uma lateral do nó 858 para o nó 864, uma lateral dos nós 834, 842, 844, 846, 848, e uma lateral dos nós 836, 862, e 838). Referem-se à Figura 1 e a Figura 2 juntas, a rede de distribuição 10 que ainda inclui uma localização de falha sistema 18 que tem dois sensores de corrente e tensão 11, 12, e um aparelho de avaliação de localização de falha 19. O aparelho de avaliação de localização de falha 19 pode ser qualquer tipo de aparelho de processamento de dados, tal como um computador, uma unidade de controle micro (MCU), um processador de sinal digital (DSP), ou qualquer outro dispositivo programável ou controlador apropriado, etc. O aparelho de

avaliação de localização de falha 19 pode compreender um aparelho individual disposto em uma posição apropriada da rede de distribuição 10 ou pode compreender uma unidade de cálculo embutido em um aparelho de controle relacionado da rede de distribuição 10, por exemplo.

[014] Nessa realização ilustrada da Figura 1, o sensor de corrente e tensão 11 é instalado no nó 812 do fluxo principal, e o sensor de corrente e tensão 12 é instalado no nó 830 do fluxo principal como em um exemplo. Em outras realizações, os sensores 11 e 12 podem ser instalados em qualquer posição apropriada na rede de distribuição 10. Por exemplo, o sensor 11 pode ser instalado entre o nó 812 e o nó 814 e o sensor 12 pode ser instalado entre o nó 828 e o nó 830. O número e posições dos sensores de corrente e tensão podem ser ajustados de acordo com as necessidades para a corrente de captação e tensão que flui através da rede de distribuição.

[015] A rede de distribuição 10 pode, dessa forma, ser dividida em várias regiões através dos sensores de corrente e tensão. Por exemplo, a rede de distribuição 10 na Figura 1 é dividida em três regiões através de dois sensores de corrente e tensão 11 e 12. Em outras palavras, uma região é do nó 800 até o sensor de corrente e tensão 11 (nó 812), uma região é do sensor de corrente e tensão 11 até o sensor de corrente e tensão 12 (nó 830), e uma região é do sensor de corrente e tensão 12 até o nó 840. Em algumas realizações, a rede de distribuição 11 é de maneira uniforme dividida em várias regiões de modo que cada região dividida tem o mesmo ou um comprimento similar entre dois terminais. Em outras realizações, a rede de distribuição 11 pode não ser dividida em várias regiões de maneira uniforme. Como mencionado acima, o número de sensores pode ser mudado. Para outros exemplos, se o número de sensores é somente um, a rede de distribuição 10 é dividida em duas regiões consequentemente. Se o número de sensores for mais que dois, a rede de distribuição 10 é dividida em mais que três regiões

consequentemente.

[016] Referindo-se à Figura 2, o aparelho de avaliação de localização de falha 19 inclui uma unidade de determinação da região de falha 191 usada para determinar qual região é uma região de falha quando uma falha ocorre na mesma. Os sensores de corrente e tensão 11 e 12 são usados para captar a corrente e a tensão em que estão localizadas. O aparelho de avaliação de localização de falha 19 calcula as amplitudes das correntes captadas de todos os sensores de corrente e tensão 11 e 12, para determinar a região de falha de acordo com as correntes captadas com base na teoria elétrica.

[017] Referindo-se à Figura 3, por exemplo, presume-se que uma falha ocorre em um ponto de falha 819 na região 13 entre o sensor de corrente e tensão 11 e o sensor de corrente e tensão 12, a corrente que flui através do sensor de corrente e tensão 11 será significativamente aumentada depois que a falha ocorrer, e a corrente que flui através do sensor de corrente e tensão 12 será significativamente diminuído depois que a falha ocorrer. É entendido que, considera-se a mudança repentina das correntes de ambos os nós 812 e 830, a região de falha pode ser identificada de acordo com uma teoria elétrica e análise topológica da rede. Em outro exemplo, se a corrente flui através do sensor de corrente e tensão 11 e a corrente flui através do sensor de corrente e tensão 12 ambos significativamente diminuem depois que a falha ocorre isso significa que uma falha ocorre na região entre o nó 800 e o nó 812. Em algumas situações, operadores podem lidar com o problema das falhas com base na região determinada de falha. Em outras situações, depois da região de falha 13 ser determinada, alguns candidatos de localização de falha nas seções de linha correspondentes da região de falha 13 são ainda determinados através do aparelho de avaliação de localização de falha 19 como discutido abaixo. Para outro exemplo, se o número de sensores é somente um e o

sensor divide a rede de distribuição 10 em uma região frontal e uma região traseira, quando a corrente flui através do sensor significativamente diminui depois que a falha ocorre, isso significa que a falha ocorre na região frontal, e quando a corrente flui através do sensor que significativamente aumenta depois que a falha ocorre, isso significa que a falha ocorre na região traseira.

[018] Referindo-se à Figura 4, para determinar candidatos de localização de falha, o aparelho de avaliação de localização de falha 19 ainda inclui uma PFP da unidade de seleção 192, uma unidade de seleção de seção de linha 193, uma unidade de classificação de seção de linha 194, uma unidade de cálculo de parâmetro de localização de falha 195, uma unidade de registro de candidato de localização de falha 196, uma unidade de determinação de conclusão da seção de linha 197, uma unidade de determinação de conclusão de PFP 198, e uma unidade de alcance de candidatos de localização de falha 199. Em uma realização, as unidades acima 191 a 199 do aparelho de avaliação de localização de falha 19 podem estar localizadas em unidades discretas e/ou algoritmos. Em outras realizações, duas ou mais dessas unidades do aparelho de avaliação de localização de falha 19 podem estar integradas juntas em uma unidade comum e/ou algoritmo.

[019] Referindo-se à Figura 5, é mostrado um fluxograma de um método de localização de falha 20 da rede de distribuição 10 da Figura 1, de acordo com uma realização exemplificativa da presente revelação. Nessa realização ilustrada da Figura 5, o método de localização de falha 20 inclui nove etapas 21 a 29 respectivamente executadas através das 191 a 199 do aparelho de avaliação de localização de falha 19.

[020] Na etapa 21, uma região de falha 13 é determinada na rede de distribuição 10 com base nas saídas dos sensores de corrente e tensão 11 e 12 supracitados. Depois a região de falha 13 é determinada, todas as PFPs

na região de falha 13 serão conseqüentemente determinadas. Para exemplo, referindo-se à Figura 6, existem três PFPs 14, 15, e 16 determinadas na região de falha 13. Em outras palavras, uma primeira PFP 14 é do nó 812 até o nó 822, uma segunda PFP 15 é do nó 812 até o nó 826, e uma terceira PFP 16 é do nó 812 até o nó 830. Além do mais, cada PFP pode incluir várias seções de linha como mostrado. Por exemplo, a primeira PFP 14 inclui seis seções de linha, em outras palavras uma primeira seção de linha é do nó 812 até o nó 814, uma segunda seção de linha é do nó 814 até o nó 850, uma terceira seção de linha é do nó 850 até o nó 816, uma quarta seção de linha é do nó 816 até o nó 818, uma quinta seção de linha é do nó 818 até o nó 820, e uma sexta seção de linha é do nó 820 até o nó 822.

[021] Com base na teoria elétrica, em todo lugar da localização do atual o ponto de falha é localizado, a seção de linha que tem o ponto de falha pode ser classificado em um modelo de falha equivalente correspondente para facilitar um cálculo. Oito possíveis modelos de falha equivalentes 61 a 68 são mostrados nas Figuras 7 a 14 como um exemplo. Um primeiro modelo de falha equivalente 61 representa um ponto de falha "F" localizado em uma PFP que tem somente um sensor de corrente e tensão e não tem lateral na região de falha. Um segundo modelo de falha equivalente 62 representa um ponto de falha "F" localizado na PFP que tem dois sensores de corrente e tensão e não tem lateral na região de falha. Um terceiro modelo de falha equivalente 63 representa um ponto de falha "F" localizado em uma PFP que tem somente um sensor de corrente e tensão e tem uma lateral a montante do ponto de falha "F" na região de falha. Um quarto modelo de falha equivalente 64 representa um ponto de falha "F" localizado em uma PFP que tem dois sensores de corrente e tensão e tem uma lateral a montante do ponto de falha "F" na região de falha. Um quinto modelo de falha equivalente 65 representa um ponto de falha "F" localizado em uma PFP que tem somente um sensor de corrente e

tensão e tem uma lateral a jusante do ponto de falha “F” na região de falha. Um sexto modelo de falha equivalente 66 representa um ponto de falha “F” localizado em uma PFP que tem dois sensores de corrente e tensão e tem uma lateral a jusante do ponto de falha “F” na região de falha. Um sétimo modelo de falha equivalente 67 representa um ponto de falha “F” localizado em uma PFP que tem somente um sensor de corrente e tensão e têm laterais a montante e a jusante do ponto de falha “F” na região de falha. Um oitavo modelo de falha equivalente 68 representa um ponto de falha “F” localizado em uma PFP que tem dois sensores de corrente e tensão e têm laterais a montante e a jusante do ponto de falha “F” na região de falha.

[022] Em outras realizações, os possíveis modelos de falha equivalentes podem ser mudados com base em outro modelo apropriado de algoritmos. Por exemplo, os possíveis modelos de falha equivalentes podem incluir somente duas categorias: um ponto de falha entre dois ou mais sensores (com um sensor a montante e um ou mais sensores a jusante), e um ponto de falha com somente um sensor a montante, por exemplo.

[023] Para facilitar a explicação, nas Figuras 7 a 14, “L” denota um ponto esquerdo em que um sensor de corrente e tensão é localizado. “R” denota um ponto direito em que outro sensor de corrente e tensão pode ser localizado. “F” é um ponto de falha em que uma falha ocorre. “ V_L ” denota a tensão no ponto “L”. “ I_L ” denota a corrente que flui do ponto esquerdo “L”. “D” denota uma distância de falha de um nó de início da seção de linha até o ponto de falha “F”. “ D_T ” denota um comprimento de linha total da seção de linha. “ Z_L ” denota uma impedância de linha da unidade de comprimento. Dessa forma, “ $D \times Z_L$ ” denota a impedância de linha do nó de início da seção de linha até o ponto de falha “F”. “ R_F ” denota uma resistência de falha do ponto de falha “F” até o chão. “ I_R ” denota o valor de corrente que flui do ponto direito “R”. “ Z_E ” denota uma resistência equivalente do ponto direito “R” até o chão. “M” denota

um terminal da seção de linha. "H" denota outro terminal da seção de linha. " Z_{LM} " denota uma impedância de linha entre o ponto esquerdo "L" e o ponto "M". " Z_{MR} " denota uma impedância de linha entre o ponto direito "R" e o ponto "M". " I_M " o valor da corrente que flui do ponto "M". " Z_{carga} " e " Z_{carga_M} " cada um denota uma resistência equivalente do ponto "M" até o chão. " Z_{LH} " denota uma impedância de linha entre o ponto esquerdo "L" e o ponto "H". " I_H " denota o valor da corrente que flui do ponto "H". " Z_{carga_H} " denota uma resistência equivalente do ponto "H" até o chão.

[024] Na etapa 22, uma PFP na região de falha 13 é selecionada. Por exemplo, a Figura 15 é uma realização em que a primeira PFP 14 é selecionada primeiro. Em outras realizações, a segunda PFP 15 ou a terceira PFP 16 pode ser selecionada primeiro, de acordo com os diferentes projetos de programação.

[025] Na etapa 23, uma seção de linha na PFP selecionada 14 é selecionada. Por exemplo, a Figura 15 mostra que uma seção de linha 141 entre o nó 816 e o nó 818 é selecionada primeiro. Em outras realizações, qualquer uma dentre as outras seções de linha, tal como a seção de linha entre o nó 850 e o nó 816, pode ser selecionada primeiro, de acordo com os diferentes projetos de programação.

[026] Na etapa 24, a seção de linha selecionada 141 é classificada em um que corresponde a um dos modelos predeterminados de falha equivalentes 61 a 68. Referindo-se à Figura 16, presume-se que existe um ponto de falha 817 localizado na seção de linha 141, a seção de linha selecionada 141 (também o ponto de falha presumido 817) pode ser classificada no terceiro modelo de falha equivalente 63 devido ao ponto de falha presumido 817 ser localizado na primeira PFP 14 que tem somente um sensor de corrente e tensão 11 e tem uma lateral (a lateral do nó 816 até o 824) a montante do ponto de falha "F" na região de falha 13. No terceiro modelo de falha equivalente 63 que corresponde à seção de linha

selecionada 141, o ponto "L" denota o sensor 11, o ponto "M" denota o nó de início 816 da seção de linha 141, o ponto "F" denota o ponto de falha presumido 817, " R_F " denota uma resistência de falha do ponto de falha "F" até o chão, o ponto "R" denota o outro nó 818 da seção de linha 141, " Z_{LM} " denota uma impedância de linha entre o ponto "L" e o ponto "M", " Z_{carga} " denota uma resistência equivalente do ponto "M" até o chão, " Z_E " denota uma resistência equivalente do ponto "R" até o chão, "D" denota uma distância de falha do nó de início 816 até o ponto de falha 817 da seção de linha 141. " D_T " denota um comprimento de linha total da seção de linha 141. " Z_L " denota uma impedância de linha da unidade de comprimento. Em outras situações, quando o ponto de falha presumido é localizado em qualquer outra seção de linha, o ponto de falha presumido pode ser classificado em um modelo de falha equivalente correspondente de acordo com métodos similares, dessa forma não descrito.

[027] Na etapa 25, após o modelo de falha equivalente correspondente ser determinado para a seção de linha selecionada, a distância de falha correspondente "D" e resistência de falha " R_F " são calculadas com base no modelo de falha equivalente e na teoria elétrica. Por exemplo, quando a seção de linha selecionada 141 é a PFP 14 mostrada na Figura 16, o modelo de falha equivalente correspondente é o terceiro modelo de falha equivalente 63 como mencionado acima. De acordo com a equação da lei de Ohm, existem duas equações:

$$V_M = V_L - Z_{LM}I_L \text{ ---- (1)}$$

$$I_M = I_L - (V_L - Z_{LM}I_L) / Z_{Carga} \text{ ---- (2)}$$

[028] Com a suposição de que a falha é resistente, as equações (1) e (2) podem ser reduzidas a uma equação quadrática com relação à distância de falha "D", e, portanto, a distância de falha "D" e a resistência de falha correspondente " R_F " podem ser solucionadas como:

$$D = [-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}] / 2a \text{ ---- (3)}$$

$$R_F = (V_M - D \times Z_L \times I_M) [(D_T - D) \times Z_L + Z_E] / [I_M \times (D_T \times Z_L + Z_E) - V_M] \text{ ---- (4)}$$

em que,

$$a = \text{Im} [Z_L^2 \times (D_T \times Z_L + Z_E - V_M/I_M)^*] \text{ ---- (5)}$$

$$b = \text{Im} [-Z_L \times (D_T \times Z_L + Z_E + V_M/I_M) \times (D_T \times Z_L + Z_E - V_M/I_M)^*] \text{ ---- (6)}$$

$$c = \text{Im} [(V_M/I_M) \times (D_T \times Z_L + Z_E) \times (D_T \times Z_L + Z_E - V_M/I_M)^*] \text{ ---- (7)}$$

em que, "Im [...]" denota a parte imaginária de um número complexo, e "*" denota o conjugado complexo. Duas soluções de "D" (e assim "R_F") são determinadas na equação (2). Mas, a negativa das duas soluções de "D" e a correspondente "R_F" é descartada. A tensão e a corrente "V_L" e "I_L" são sentidos através do sensor 11, os outros parâmetros "D_T", "Z_{LM}", "Z_E", "Z_{Carga}" são determinados em adiantamento. É entendido que, outros modelos de falha equivalentes 61, 62, 64 a 68 também podem ser usados para calcular a distância de falha correspondente "D" e a resistência de falha "R_F" com base na equação da lei de Ohm, e, assim, esses não são descobertos.

[029] Na etapa 26, após a distância de falha "D" e a resistência de falha "R_F" serem calculadas, é determinado se uma distância de falha "D" é igual a ou maior que zero e igual a ou menor que o comprimento de linha total "D_T" da seção de linha 141 e se a resistência de falha "R_F" é igual a ou maior que zero. Se a distância de falha calculada "D" e a resistência de falha "R_F" encontram acima duas condições, o ponto de falha presumido 817 é registrado como um candidato de localização de falha.

[030] Na etapa 27, a unidade de determinação de conclusão da seção de linha 197 determina se todas as seções de linha serão calculadas na PFP correspondente. Se sim, o processo vai para a etapa 28, se não, o processo volta para a etapa 23 até que todas as seções de linha na PFP sejam calculadas.

[031] Na etapa 28, a unidade de determinação de conclusão da PFP 198 determina se todas as PFPs serão calculadas na região de falha

13. Se sim, o processo vai para a etapa 29, se não, o processo volta para a etapa 22 até que todas as PFFPs na região de falha 13 sejam calculadas.

[032] Na etapa 29, após todas as seções de linha em todas as PFFPs ser calculadas, todos os candidatos de localização de falha são consequentemente determinados. Por exemplo, na realização da Figura 17, após todas as seções de linha em todas as PFFPs ser calculadas, dois candidatos de localização de falha 817 e 825 são determinados para encontrar as duas condições acima da distância de falha “D” e da resistência de falha “ R_F ”. O candidato de localização de falha 817 está localizado em uma seção de linha 141, e o candidato de localização de falha 825 está localizado em uma seção de linha 151 nesse exemplo.

[033] Após os processos selecionados acima, na maioria dos casos é esperado que ou um ou um número pequeno do grande número de seções de linha na rede de distribuição 10 serão relatados como candidatos de localização de falha. Em alguns estados, o operador pode executar algumas operações de reestabelecimento para tratar o problema de falha com base na maioria localizações do candidato de falha. Em algumas situações, os operadores podem rapidamente reestabelecer o problema de falha devido à necessidade de somente verificar uma minoria das localizações do candidato de falha, algumas vezes somente precisa verificar uma falha localização de falha do candidato. Portanto, o processo de restabelecimento com base somente na minoria das localizações do candidato de falha é mais simplificada e mais eficiente que o processo de reestabelecimento convencional com base em um grande número de localizações do candidato de falha. Por exemplo, em um processo de reestabelecimento convencional, quando uma falha ocorre, os operadores podem precisar desligar primeiro a energia e, então, confiar na verificação da linha manual para um número grande de seções de linha uma a uma até que finalmente encontrem a localização atual de falha em uma seção

de linha correspondente. O processo de reestabelecimento convencional pode precisar de mão de obra extensiva e um longo tempo de exame. Entretanto, através do uso do sistema de localização de falha 18 desta invenção, um ou um pequeno número de candidatos de localização de falha podem ser automaticamente determinados os quais podem ajudar os operadores a fazer o processo de reestabelecimento muito rápido com alta precisão.

[034] Em algumas realizações, as etapas 22 e 28 podem ser omitidas, e as seções de linha selecionadas na região de falha são calculadas uma a uma com base nos modelos de falha equivalentes correspondentes e toda a configuração topológica da região de falha. Em algumas realizações, somente uma etapa 21 é o bastante para reduzir possíveis posições da posição de falha. Por exemplo, quando a rede de distribuição 10 é absolutamente pequena, e muitos sensores de corrente estão dispostos nos diferentes nós da rede de distribuição 10, cada região dividida é absolutamente pequena, cada qual é o bastante para tratar do problema de falha após a região de falha ser determinada através do cálculo das correntes captadas dos sensores de corrente.

[035] Em algumas condições, algumas seções de linha podem pertencer a duas ou mais PFFPs. Por exemplo, a seção de linha do nó 816 até o nó 824 pertence a três PFFPs 14, 15, e 16 mostradas na Figura 6. Na prática, se uma falha ocorrer em tal seção de linha, as distâncias de falha "D" computadas através das múltiplas PFFPs estão muito próximas. Portanto, podem-se calcular as distâncias de falha "D" de todas as PFFPs relacionadas, e, então, calcular o valor médio como a distância de falha final "D" nessa seção de linha, ou pode-se selecionar qualquer uma dentre essas PFFPs relacionadas e calcular a distância de falha como o valor final. A seleção de cada uma das aproximações depende dificuldade no cálculo e dos requerimentos de tempo, por exemplo.

[036] Referindo-se à Figura 18, um diagrama de simulação que mostra a precisão de localização de falha do sistema de localização de falha 18 é mostrado. Na Figura 18, a distância de falha é a distância entre o ponto original e o ponto de falha da rede de distribuição 10. Esse diagrama de simulação mostra quatro diferentes condições de resistência de falha, que incluem $R_F = 0$ Ohm, $R_F = 10$ Ohm, $R_F = 30$ Ohm, $R_F = 50$ Ohm. Quando $R_F = 0$ Ohm, a precisão de localização de falha é muito alta que cai em aproximadamente 5 a 100 m. Além disso, mesmo quando $R_F = 50$ Ohm, a precisão da localização de falha é também em um nível alto que cai em aproximadamente 60 a 520 m. Aquelas precisões de localização de falha simuladas todas satisfazem os requerimentos de precisão.

[037] Embora a invenção tenha sido descrita com referência às realizações exemplificativas, será entendido pelos elementos versados na técnica que várias mudanças podem ser feitas e equivalentes podem ser substituídos por elementos disso sem se desviar do escopo da invenção. Além disso, muitas modificações podem ser feitas para adaptar uma situação particular ou material aos ensinamentos da invenção sem se desviar do escopo essencial da mesma. Portanto, a invenção não deve ser limitada à realização particular revelada como o melhor modo contemplado para executar esta invenção, mas invenção deve incluir todas as realizações que se incluam no escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA PARA UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO, caracterizado pelo fato de que o sistema de localização de falha compreende:

pelo menos um sensor localizado na rede de distribuição, para captar a corrente e dividir a rede de distribuição em pelo menos duas regiões; e um aparelho de avaliação de localização de falha que compreende uma unidade de determinação da região de falha para determinar qual dentre as pelo menos duas regiões é uma região de falha em que uma falha ocorre na mesma através do cálculo da corrente captada do pelo menos um sensor.

2. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o aparelho de avaliação de localização de falha compreende adicionalmente:

uma unidade de seleção de seção de linha para selecionar seções de linha uma a uma na região de falha;

uma unidade de classificação de seção de linha para classificar cada uma das seções de linha selecionadas em um modelo de falha equivalente correspondente;

uma unidade de cálculo de parâmetro de localização de falha para calcular uma distância de falha "D" e uma resistência de falha "R_F" de um ponto de falha presumido de cada uma das seções de linha selecionadas baseadas no modelo de falha equivalente correspondente; e

uma unidade de registro de candidato de localização de falha para registrar os pontos de falha presumidos como candidatos de localização de falha se $R_F \geq 0$ e $0 \leq D \leq D_T$, em que "D_T" é o comprimento total da seção de linha correspondente.

3. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a

reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o aparelho de avaliação de localização de falha compreende adicionalmente uma unidade de seleção de trajetória de fluxo de energia possível (PPFP) para selecionar PPFPs uma a uma na região de falha; em que a unidade de seleção de seção de linha seleciona as seções de linha uma a uma em cada uma das PPFPs selecionadas; e em que os modelos de falha equivalentes são determinados com base na PPFP selecionada.

4. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a distância de falha "D" é um valor médio de pelo menos duas distâncias de falha calculadas "D" se a seção de linha correspondente pertencer a pelo menos duas PPFPs.

5. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o modelo de falha equivalente compreende pelo menos um ponto de sensor, um ponto de falha, uma resistência de falha e impedâncias de linha que correspondes a diferentes seções de linha.

6. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sensor é configurado adicionalmente para captar a tensão e em que a distância de falha "D" e a resistência de falha " R_F " são calculadas com base em uma equação da lei de Ohm, na corrente e tensão captadas do pelo menos um sensor, e parâmetros predeterminados no modelo de falha equivalente correspondente.

7. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sensor divide de maneira uniforme a rede de distribuição nas pelo menos duas regiões.

8. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA PARA UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO, caracterizado pelo fato de que o sistema de localização de falha compreende:

pelo menos um sensor localizado na rede de distribuição para captar corrente e tensão; e

um aparelho de avaliação de localização de falha que compreende:

uma unidade de seleção de seção de linha para selecionar seções de linha uma a uma na rede de distribuição;

uma unidade de classificação de seção de linha para classificar cada uma das seções de linha selecionadas em um modelo de falha equivalente correspondente;

uma unidade de cálculo de parâmetro de localização de falha para calcular uma distância de falha "D" e uma resistência de falha "R_F" de um ponto de falha presumido de cada uma das seções de linha selecionadas com base no modelo de falha equivalente correspondente; e

uma unidade de registro de candidato de localização de falha para registrar os pontos de falha presumidos como candidatos de localização de falha se $R_F \geq 0$ e $0 \leq D \leq D_T$, em que "D_T" é o comprimento total da seção de linha correspondente.

9. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o aparelho de avaliação de localização de falha compreende adicionalmente uma unidade de seleção de trajetória de fluxo de energia possível (PPFP) para selecionar PPFPs uma a uma na rede de distribuição; em que a unidade de seleção de seção de linha seleciona as seções de linha uma a uma em cada uma das PPFPs selecionadas; e em que os modelos de falha equivalentes são predeterminados com base na PPFP selecionada.

10. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a distância de falha "D" é um valor médio de pelo menos duas distâncias de falha calculadas "D" se a seção

de linha correspondente pertencer a pelo menos duas PFFPs.

11. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a distância de falha equivalente compreende pelo menos um ponto de sensor, um ponto de falha, uma resistência de falha e impedâncias de linha que correspondem a diferentes seções de linha.

12. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a distância de falha "D" e a resistência de falha " R_F " são calculadas com base em uma equação da lei de Ohm, na corrente e tensão captadas do pelo menos um sensor, e parâmetros predeterminados no modelo de falha equivalente correspondente.

13. SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que o pelo menos um sensor divide de maneira uniforme a rede de distribuição nas pelo menos duas regiões.

14. MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA PARA UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO, caracterizado pelo fato de que o método de localização de falha compreende:

captar a corrente em pelo menos uma posição da rede de distribuição;

dividir a rede de distribuição dentro de pelo menos duas regiões com base na pelo menos uma posição; e

determinar qual dentre as pelo menos duas regiões é uma região de falha em que uma falha ocorre na mesma através do cálculo da corrente captada na pelo menos uma posição.

15. MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

captar a tensão na pelo menos uma posição da rede de distribuição;

selecionar seções de linha uma a uma na região de falha;
classificar cada uma das seções de linha selecionadas em um modelo de falha equivalente correspondente;

calcular uma distância de falha "D" e uma resistência de falha " R_F " de um ponto de falha presumido de cada uma das seções de linha selecionadas com base no modelo de falha equivalente correspondente; e

registrar os pontos de falha presumidos como candidatos de localização de falha se $R_F \geq 0$ e $0 \leq D \leq D_T$, em que " D_T " é o comprimento total da seção de linha correspondente.

16. MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que a seleção de seções de linha uma a uma na região de falha compreende:

selecionar PFPs uma a uma na região de falha; e

selecionar as seções de linha uma a uma em cada uma das PFPs;

em que os modelos de falha equivalentes são determinados com base na PFP selecionada.

17. MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que a distância de falha "D" é um valor médio de pelo menos duas distâncias de falha calculadas "D" se a seção de linha correspondente pertencer a pelo menos duas PFPs.

18. MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de que o modelo de falha equivalente compreende pelo menos um ponto de sensor, um ponto de falha, uma resistência de falha e impedâncias de linha que correspondem a diferentes seções de linha.

19. MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a distância de falha "D" e a

resistência de falha " R_F " são calculadas com base em uma equação da lei de Ohm, na corrente e tensão captadas, e parâmetros predeterminados no modelo de falha equivalente correspondente.

20. MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a pelo menos uma posição divide de maneira uniforme a rede de distribuição nas pelo menos duas regiões.

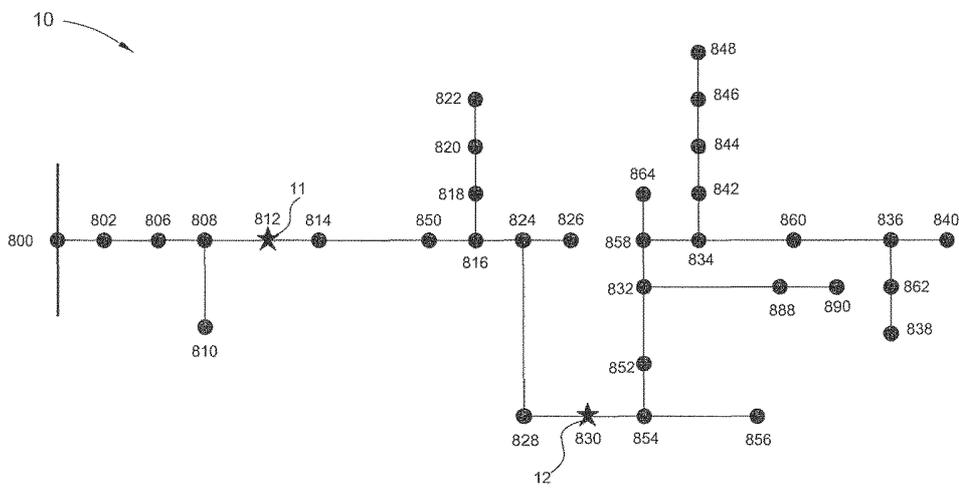


Fig. 1

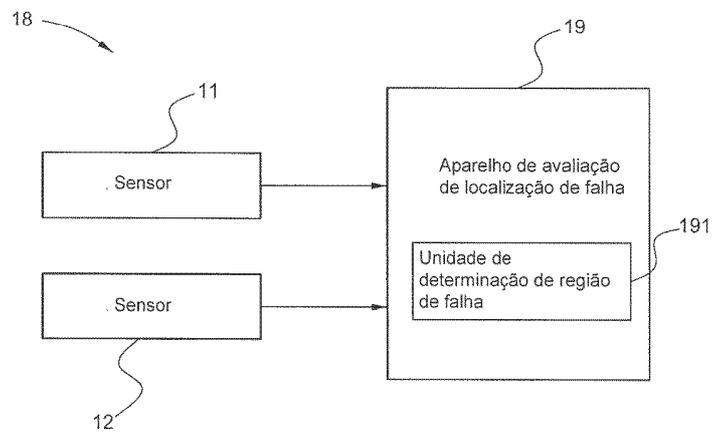


Fig. 2

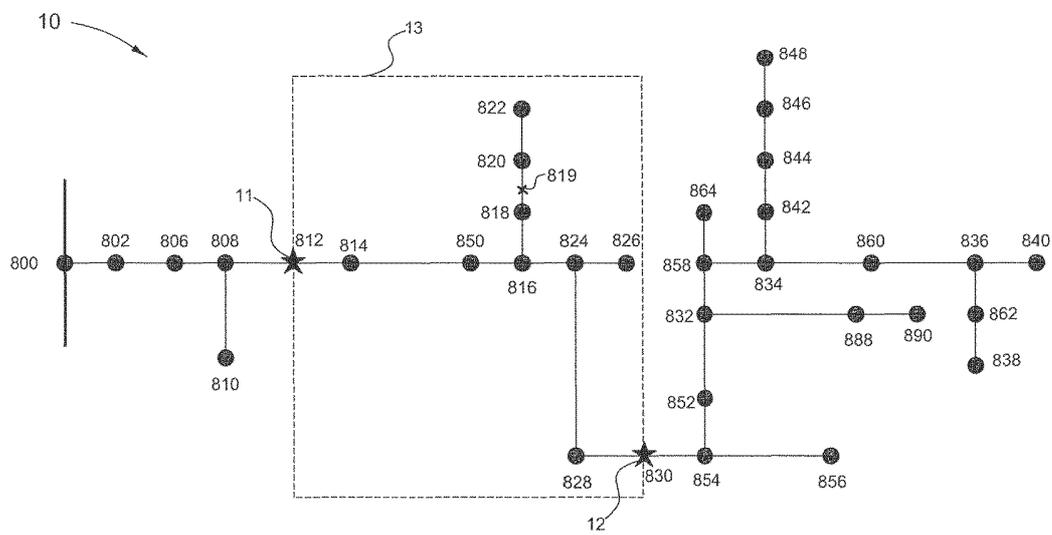


Fig. 3

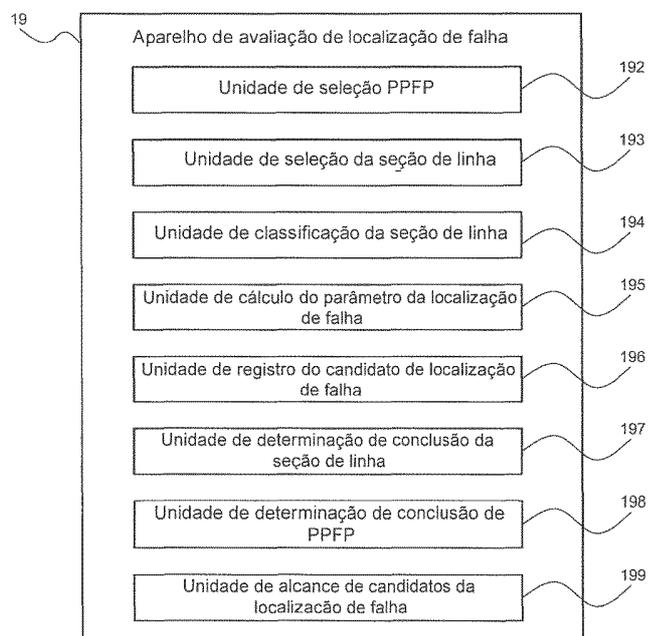


Fig. 4

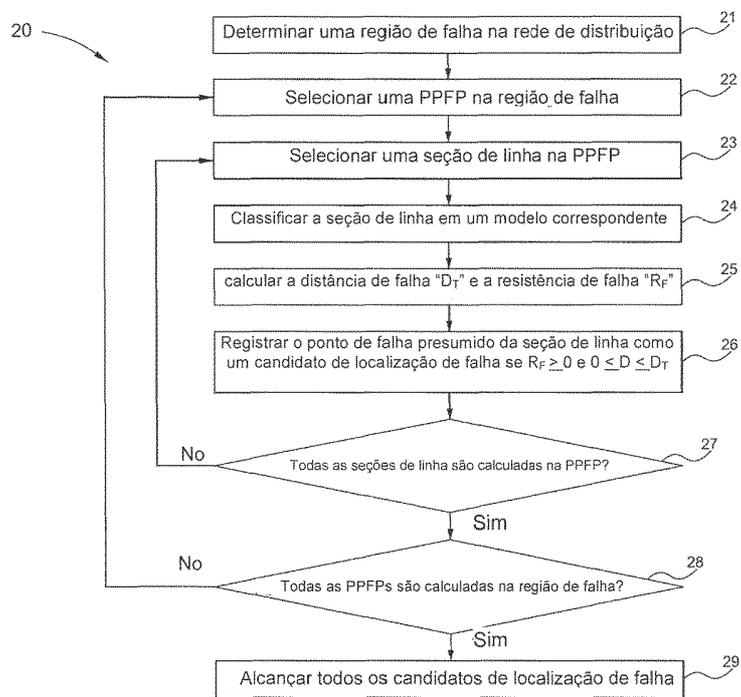


Fig. 5

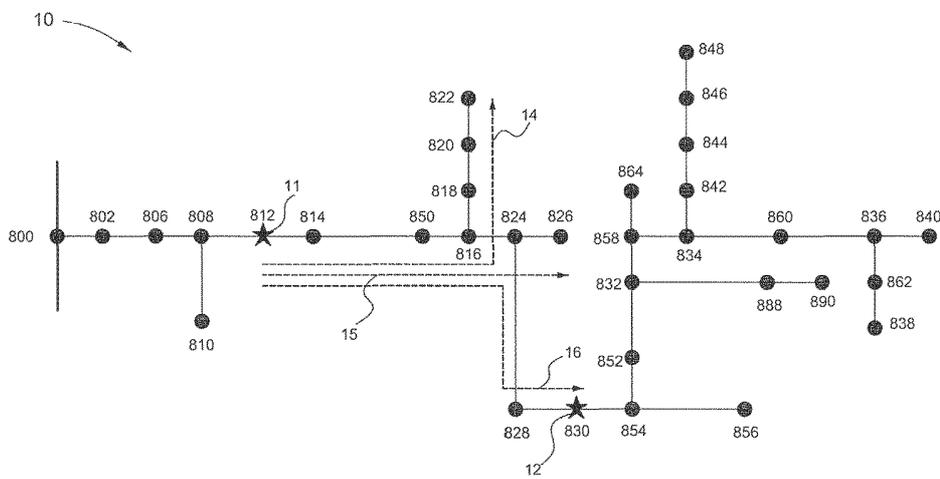


Fig. 6

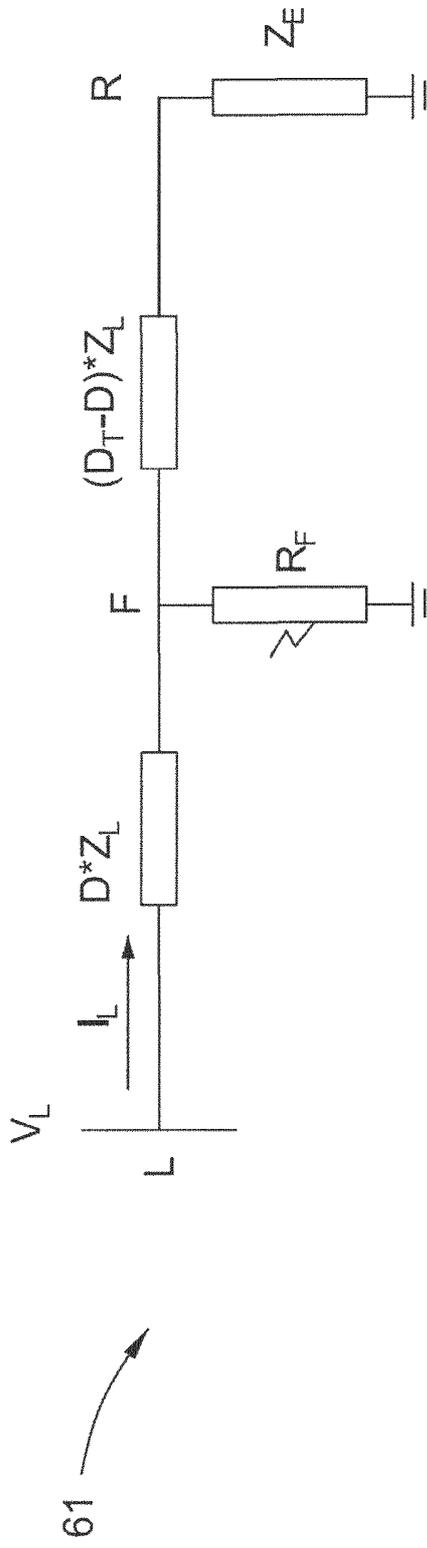


Fig. 7

62

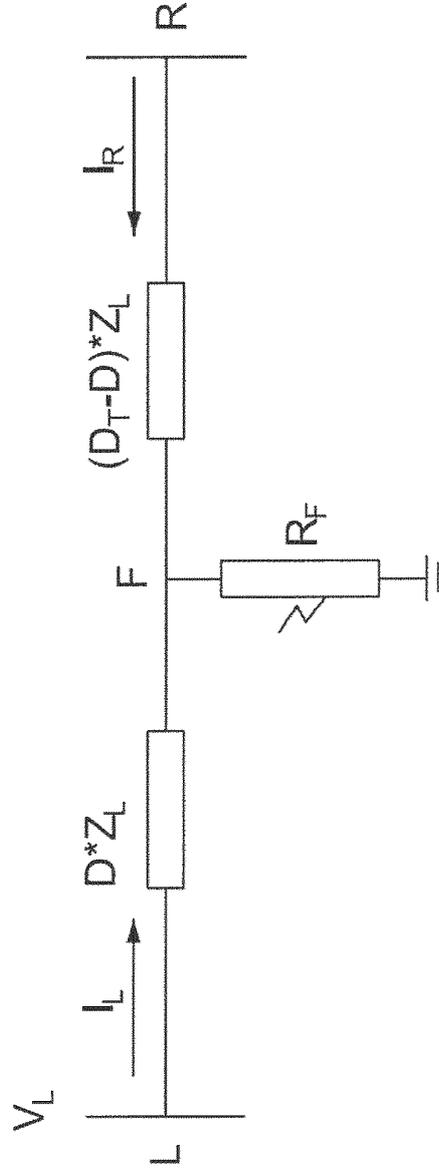


Fig. 8

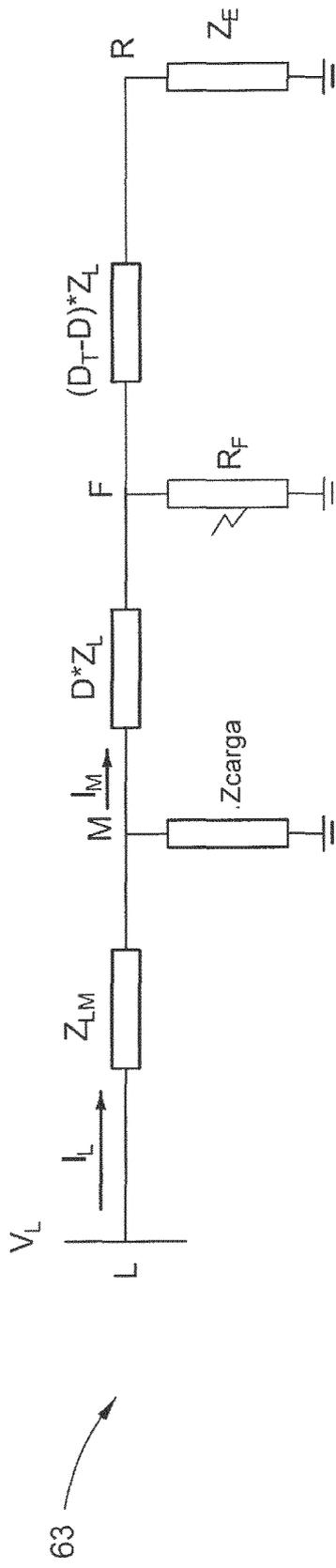


Fig. 9

64

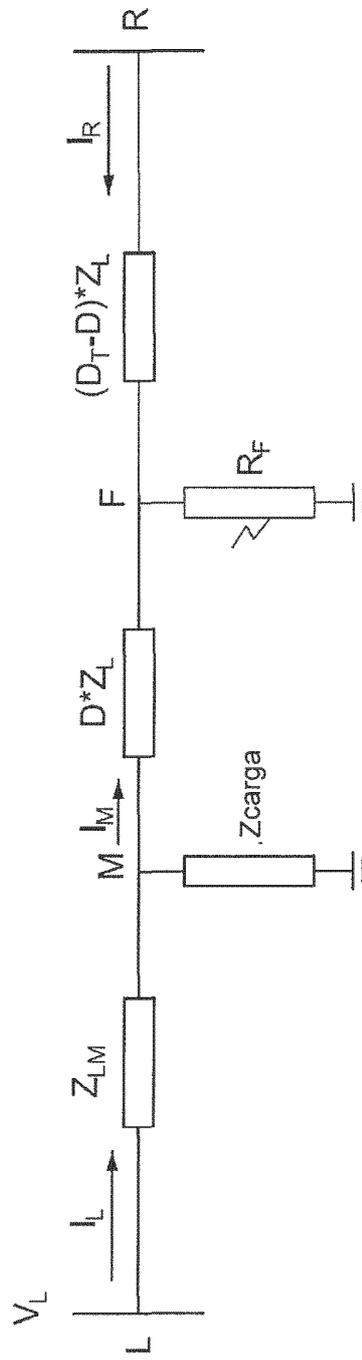


Fig. 10

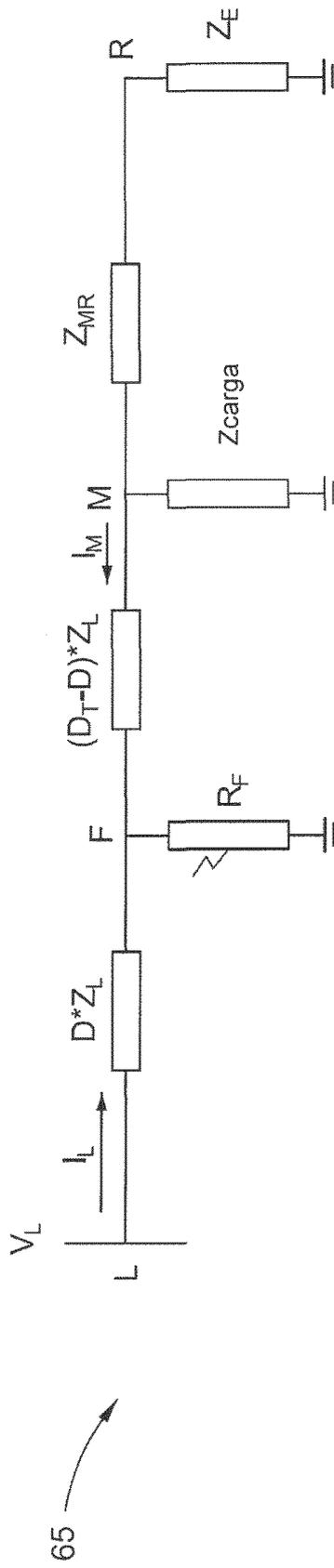


Fig. 11

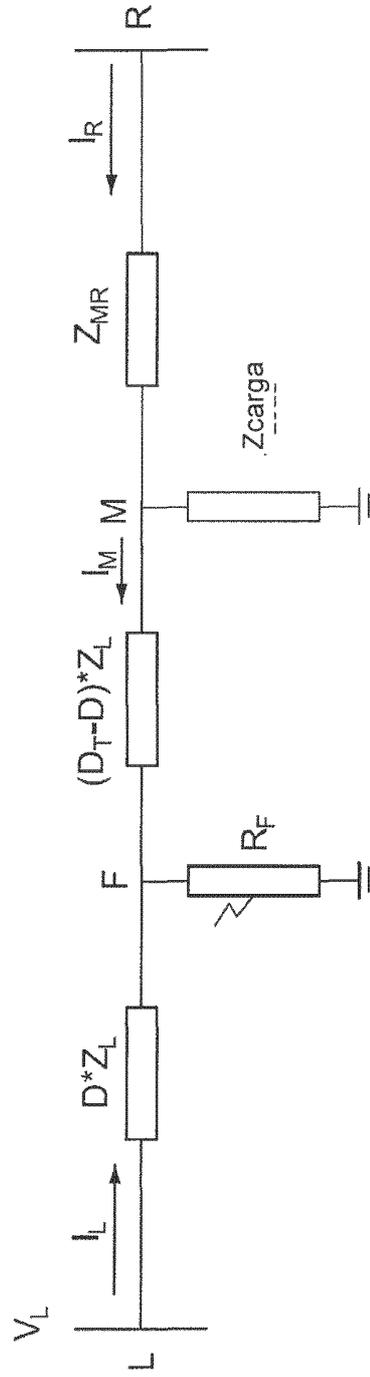


Fig. 12

66

67

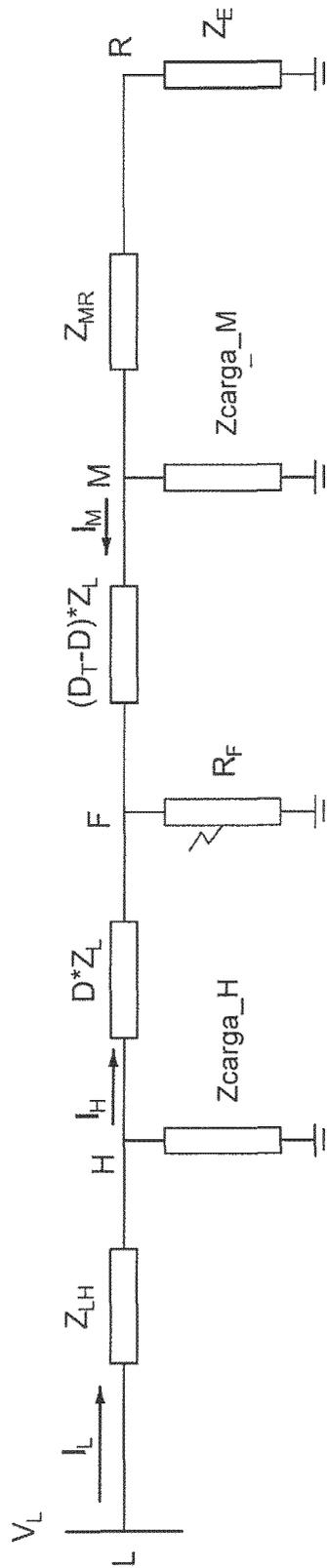


Fig. 13

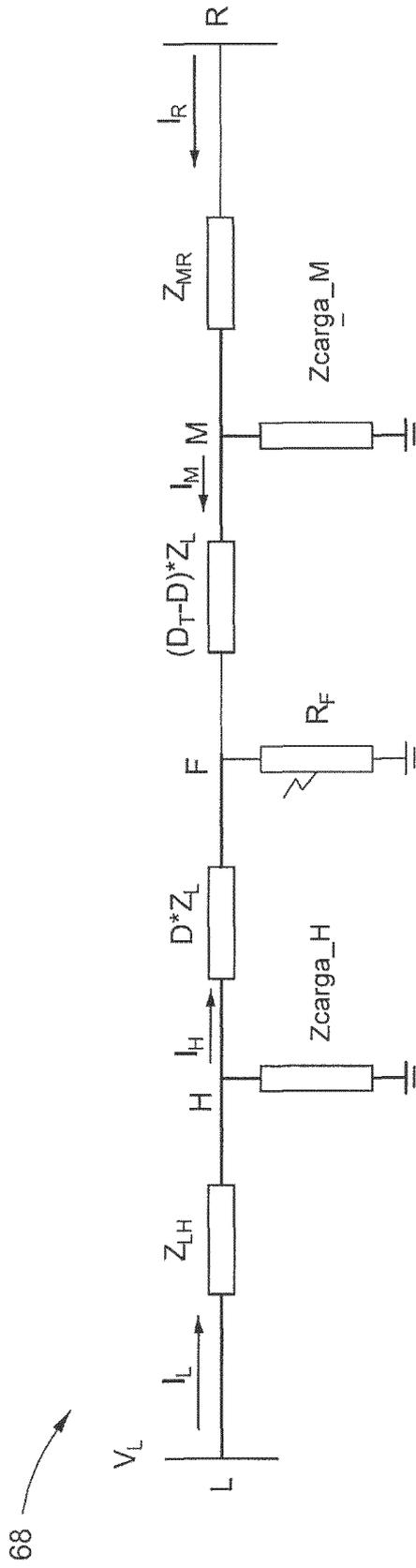


Fig. 14

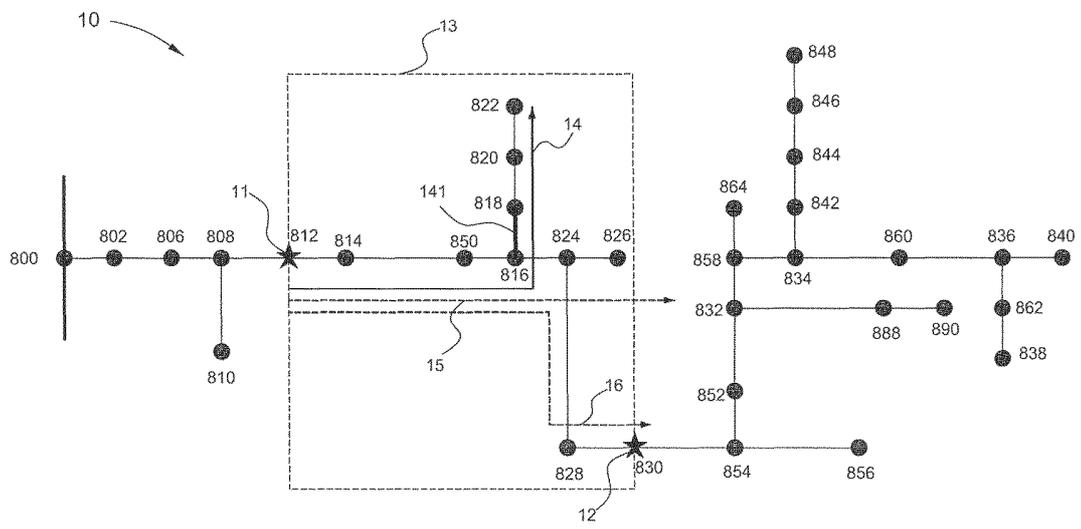


Fig. 15

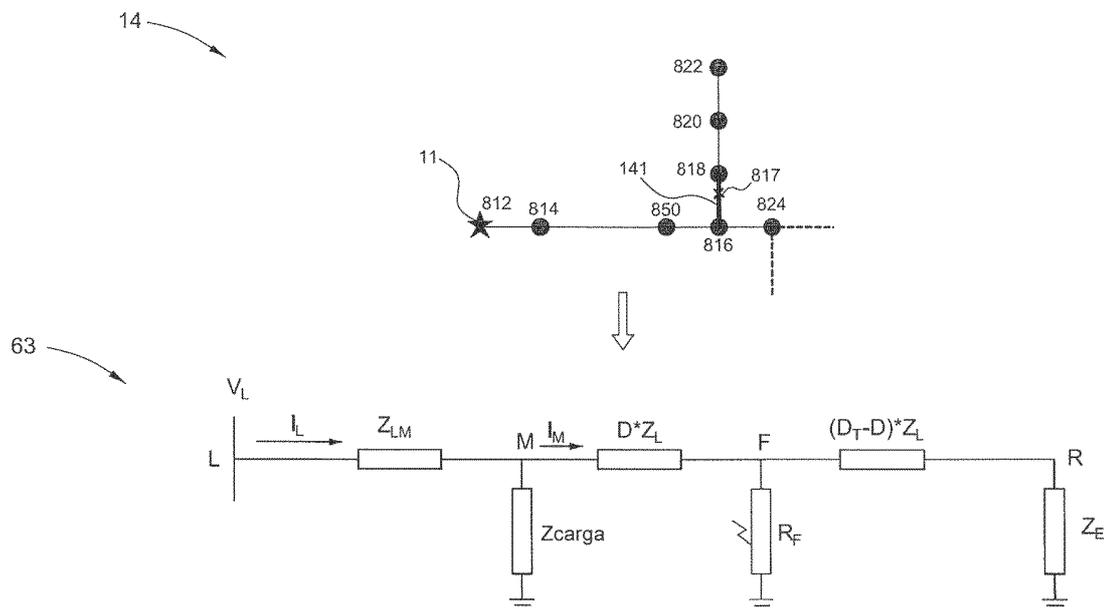


Fig. 16

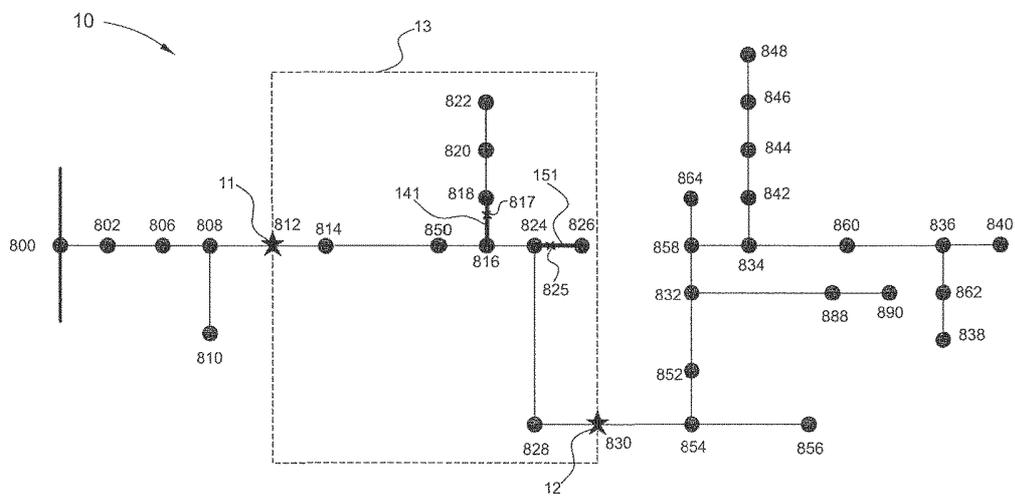


Fig. 17

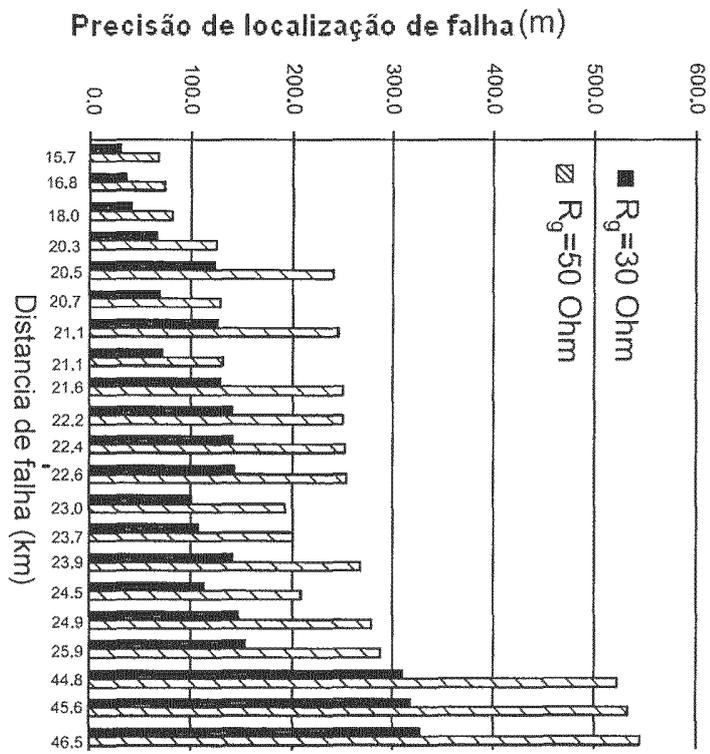
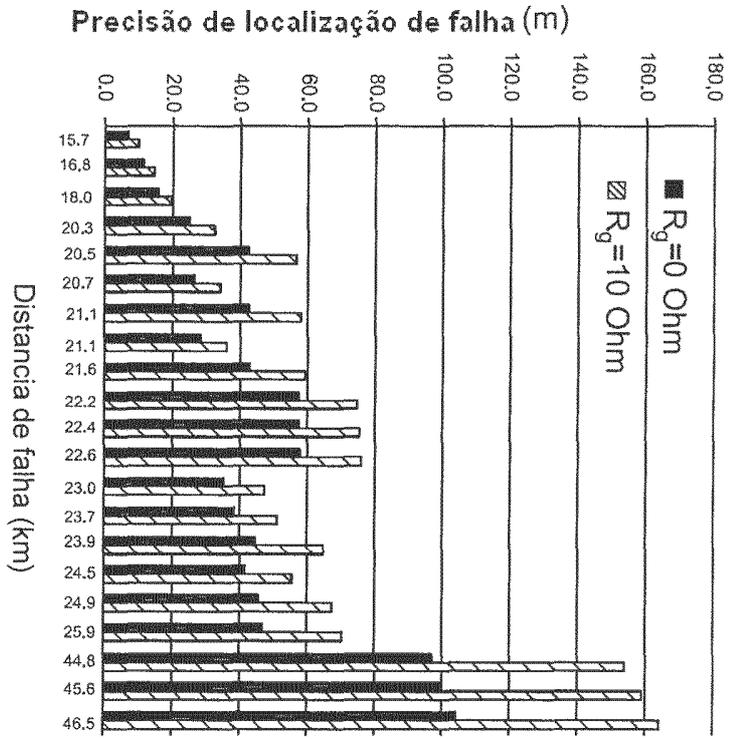


Fig. 18

RESUMO**“SISTEMA E MÉTODO DE LOCALIZAÇÃO DE FALHA PARA REDE DE DISTRIBUIÇÃO”**

Trata-se de um sistema de localização de falha para uma rede de distribuição. O sistema de localização de falha inclui pelo menos um sensor e um aparelho de avaliação de localização de falha. O pelo menos um sensor é localizado na rede de distribuição, para captar a corrente e dividir a rede de distribuição em pelo menos duas regiões. O aparelho de avaliação de localização de falha inclui uma unidade de determinação da região de falha para determinar qual dentre as pelo menos duas regiões é uma região de falha em que uma falha ocorre na mesma através do cálculo da corrente captada do pelo menos um sensor.