

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

(21) **PI 1003307-6 A2**



(22) Data de Depósito: 21/05/2010
(43) Data da Publicação: 07/02/2012
(RPI 2144)

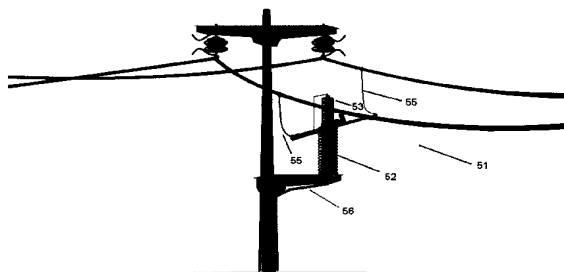
(51) *Int.Cl.:*
G01R 31/08
G01R 31/02
G01R 27/18

(54) Título: DISPOSITIVO, SISTEMA E MÉTODO PARA MONITORAMENTO DE LINHAS DE ELETRODOS DE ATERRAMENTO

(73) Titular(es): Furnas Centrais Elétricas S.A.

(72) Inventor(es): Carlos Augusto Pardini, Juarez Nevez
Cardoso, Ulisses de Vasconcelos Ordones

(57) Resumo: DISPOSITIVO, SISTEMA E MÉTODO PARA MONITORAMENTO DE LINHAS DE ELETRODOS DE ATERRAMENTO. A presente invenção refere-se a um sistema e a um dispositivo para monitoramento de linhas de eletrodos de aterramento em sistemas de transmissão de energia elétrica em corrente contínua.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção
para **“DISPOSITIVO, SISTEMA E MÉTODO PARA
MONITORAMENTO DE LINHAS DE ELETRODOS DE
ATERRAMENTO”**.

5 A presente invenção refere-se a um sistema e a um dispositivo para monitoramento de linhas de eletrodos de aterramento em sistemas de transmissão de energia elétrica em corrente contínua.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

10 Sistemas de transmissão de energia em corrente contínua por meio de alta tensão, da sigla em inglês HVDC, contêm duas estações conversoras estáticas, uma atuando como retificadora e a outra como inversora, que estão conectadas respectivamente a uma linha de transmissão de corrente contínua.

15 Se o sistema de corrente contínua estiver trabalhando em operação monopolar ou se tiver um desbalanço entre as correntes dos pólos o retorno desta corrente é realizado por terra. Esta corrente flui pelas linhas dos eletrodos e passa pelos eletrodos de terra das estações retificadoras e inversoras. Os
20 eletrodos de terra são responsáveis pela conexão dos pólos com a terra, ou seja, faz o aterramento para que a corrente possa fluir para terra. Geralmente o eletrodo de terra fica a uma distância da ordem de alguns quilômetros a dezenas de quilômetros da estação e são interligados através das linhas dos eletrodos.

25 Normalmente o sistema trabalha em operação bipolar, ou seja, com os dois pólos em operação, e quase sempre

trabalha também equilibrado, ou seja, a corrente que chega a um pólo retorna pelo outro pólo e assim não flui corrente pelo eletrodo de terra. Somente em situações atípicas se faz necessário o retorno de corrente pelas linhas dos eletrodos e pelos eletrodos
5 de terra.

Portanto, em condições normais, trabalha em operação bipolar equilibrada.

Entretanto, a falta ou o mau funcionamento dessas linhas pode ficar oculto enquanto o bipolo permanecer em
10 operação bipolar e equilibrado e quando sai de uma destas condições leva a uma perda funcional de um bipolo, provocando o desligamento inclusive da linha de transmissão. Assim sendo, é necessário o monitoramento do sistema, em particular, da linha do eletrodo de terra para identificar o problema e restringir o sistema
15 devido à alta possibilidade de interrupção na transmissão da energia e também tomar providências no sentido de restabelecer a linha do eletrodo.

O custo das operações de interrupção de um sistema de transmissão de energia é extremamente oneroso.

20 Muitas das providências atuais têm se mostrado pouco eficazes. O monitoramento atual apresenta resposta consideravelmente lenta no tocante à mobilização de equipes, interrupção parcial para reparos e providências secundárias.

Algumas soluções conhecidas proporcionam
25 monitoramento com tempo de resposta que reduz o tempo de acionamento das providências.

São soluções do estado da técnica:

LFA – Line Fault Analysis. O LFA proporciona monitoramento de linhas de transmissão (mas não de aterramento) em que a linha tem que ser desativada para então ser submetida à análise. O equipamento é conectado à linha em geral através de capacitores de acoplamento e gera pulsos e analisa suas reflexões.

LFL – Line Fault Location. O LFL proporciona o monitoramento em linha viva, entretanto a detecção é feita a partir de duas frentes de ondas gerados por uma falha os quais migram para os extremos da linha e onde são captadas e processadas para identificação e posicionamento da falha.

As soluções do estado da técnica são direcionadas para monitoramento da linha de transmissão em corrente contínua ou alternada, mas não as linhas de aterramento, além disso, os desenvolvimentos atuais demonstram apreciável complexidade em oposição à eficiência conseguida.

Também são conhecidos do estado da técnica os seguintes ensinamentos:

O método descrito na patente US 6,518,769 B1 utiliza para monitorar uma linha de eletrodo um pulso para terra balanceado que é formado de um pulso para terra desbalanceado no modo “push-pull” que é injetado nos condutores da linha. Uma curva de sinais refletidos é gravada oriunda dos sinais ecoados e comparado com uma curva de referencia dinâmica. Um sinal de falta é gerado quando a curva ultrapassar uma banda de tolerância colocada próxima da mesma.

Neste método, é necessário dois circuitos para gerar dois pulsos de polaridades opostas, um positivo para ser aplicado em um dos condutores da linha em relação à terra e outro pulso, de polaridade contrária também com referencia à terra, para
5 ser aplicado simultaneamente no outro cabo condutor da linha.

Como os ruídos de modo comum (por ex: das conversoras de corrente contínua) transitam em seus componentes até a bobina que faz a diferenciação dos dois sinais, qualquer variação na característica de cada componente pode provocar um
10 desbalanço nos sinais lidos para registrar os pulsos ecoados (refletidos) ou nos pulsos aplicados nos condutores da linha. Os pulsos ecoados podem ser contaminados com ruídos de modo comum. Os dois circuitos têm que estar muito bem ajustados para evitar ruídos.

15 Devido à utilização de capacitores de acoplamento, supressores de surtos (pára-raios) etc, o equipamento fica mais oneroso.

O uso de transformador de isolação no circuito eletro-eletrônico acrescenta pulso nas leituras realizadas pelo
20 dispositivo possibilitando erros de leitura.

O documento de Patente US 5,903,155 refere-se a um método de medição para determinação da distância em que ocorreu uma falha em uma linha de transmissão de energia HVDC. Este documento patente é referente ao que chamamos de
25 LFL (Line Fault Locator) para o HVDC cujo princípio é através de sensores nos extremos da linha captar as ondas tráfegantes

oriundas de uma falha na linha e registrar a diferença de tempo em que chega a cada um destes sensores e assim calcular a distância da ocorrência em função do tempo. O referido equipamento não serve para monitorar a linha do eletrodo, que
5 fica aterrada pelo eletrodo de terra, logo a tensão desta linha é praticamente zero e não gera ondas trafegantes em uma falha à terra, curto entre condutores da linha ou ruptura do cabo condutor da linha, suficiente para excitar os sensores.

O documento de patente US 4,151,460 refere-se
10 a um detector de falha de aterramento de alta resistência e a um localizador para sistemas elétricos polifásicos. Este documento de patente tem como objetivo monitorar sistemas elétricos polifásicos. A idéia é aplicada em sistemas elétricos polifásicos, ou seja, de corrente alternada. Aplicam-se sinais no neutro do
15 sistema polifásico de corrente alternada para localizar falhas à terra. Portanto, não se aplica em linhas do eletrodo de terra de corrente contínua.

O documento de patente US 5,428,295 refere-se a um localizador de falhas para uso na localização de falhas de
20 aterramento de alta resistência em cabos de energia elétrica concêntricos e de aterramento. Este documento de patente foi elaborada para localizar faltas elétricas em cabos coaxiais cujo princípio é aplicar pulsos na frequência de 512kHz com amplitude de 4kV pico a pico. Não foi elaborada para uma linha aérea de
25 aterramento para uso com a linha energizada de estações conversoras de corrente contínua.

O documento de patente CA 1,114,892 refere-se a um método para identificar um pólo de uma estação de transmissão em corrente contínua que se encontra fora de serviço. Este documento de patente trata de um método para tirar um pólo
5 de operação de uma Estação de Transmissão HVDC. Não se aplica ao monitoramento de uma linha do eletrodo de terra das conversoras.

O documento de patente WO 01/84687A2 refere-se a um sistema de detecção de falha de aterramento
10 sensível para uso em redes de distribuição de energia elétrica compensada. Este documento de patente contempla um sistema sensível de detecção de faltas para terra para uso em redes de distribuição de potência elétrica compensada, ou seja, elaborada para sistemas de corrente alternada, que possuem seqüência zero.
15 Não se aplica em linhas de eletrodo de terra de corrente contínua que são aterradas e não possuem seqüência zero.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

O objeto da presente invenção é providenciar um método para monitorar uma linha de eletrodo de terra de um
20 sistema de transmissão HVDC e um dispositivo para utilizar este método e, com ele, simplificar o hardware e eliminar as desvantagens relatadas anteriormente.

De acordo com o método desta invenção, o pulso elétrico é aplicado diretamente nos cabos condutores da
25 linha do eletrodo de terra. O pulso é aplicado de um cabo para o outro, ou seja, não tem referência à terra.

Desta forma, a parte do circuito de geração e aplicação do pulso elétrico, assim como o de monitoração dos pulsos, ficam todos no potencial da linha, e assim não há circulação de correntes oriundas de ruídos de modo comum.

5 Logo, os ruídos gerados pela conversora CC, pelos chaveamentos, etc. e até mesmo influencias do eletrodo de aterramento não são enxergados pelo dispositivo. O potencial do dispositivo flutua juntamente com os ruídos de modo comum.

10 Como não há circulação de ruídos de modo comum a monitoração dos pulsos refletidos fica imune aos desequilíbrios dos componentes do dispositivo, trazendo assim informações menos ruidosas dos pulsos aplicados e refletidos (ecos).

15 Os pulsos gerados pelo dispositivo não interferem no funcionamento do sistema HVDC, pois está em um “loop” fechado entre os dois condutores da linha do eletrodo desde a subestação no ponto comum de onde iniciam os dois cabos condutores que chamamos aqui de “braço” até o final da linha aonde os dois cabos condutores se juntam em um único
20 ponto elétrico novamente na conexão com o eletrodo de terra.

Como o pulso é gerado e aplicado diretamente na linha ele aparece bem definido, sem interferências oriundas do modo comum e com pouquíssimos ruídos.

25 Como o dispositivo fica no potencial da linha, tornam-se desnecessários equipamentos do tipo capacitores de

acoplamento, supressores de surto (para-raios), e/ou outros no circuito, reduzindo bem os custos.

Neste projeto é também desnecessário filtros em série ou em paralelo com a linha.

5 Devido o dispositivo principal estar no potencial da linha o circuito torna-se extremamente simples, dispensando ajustes precisos nos componentes eletrônicos como no sistema que utiliza o modo “push-pull” que necessita de duplicidade do circuito. Também, não existe a preocupação em eliminar
10 componentes DC (offset) no circuito.

Na monitoração dos pulsos, podemos utilizar a própria energia do pulso aplicando-o em foto transmissores do tipo LED, levando a informação através de fibras ópticas para um foto receptor sob a forma analógica, que torna esta parte do
15 circuito extremamente simples. Uma das vantagens é que economizamos energia no dispositivo, precisando de energia apenas para a geração do pulso a ser aplicado.

Outra vantagem é que as informações que saem do dispositivo na alta tensão, vão diretamente para o receptor que
20 está no potencial de terra. Isto torna possível devido às fibras ópticas serem eletricamente isolantes. O cabo de fibras ópticas pode ter mais de um quilometro de comprimento, sem provocar perdas significativas, possibilitando levar as informações diretamente a uma sala de controle da subestação.

25 Outra maneira de enviar as informações é através de radio frequência, através da modulação de amplitude

ou de frequência (sinal analógico ou digital). Mas os gastos de energia são maiores sendo necessário reforçar a fonte de alimentação.

Outra forma é através de uma antena para captar
5 o pulso na linha e entrar em um rádio receptor que envia o pulso para um digitalizador e deste para o processador. Desta forma a monitoração está fora do dispositivo principal (que fica na alta tensão), assim, economizando energia. A antena fica mais sujeita às interferências.

10 Para alimentarmos o dispositivo principal, que está no potencial da linha, podemos utilizar placas solares com acumulador (bateria) dimensionado de forma a garantir a alimentação durante a noite e garantir quando tiver vários dias seguidos nublados, sem sol. Uma lâmpada, como fonte de luz
15 para a placa solar pode reduzir bastante o dimensionamento do acumulador ou eliminá-lo se desejado.

Outra maneira de alimentá-lo é através da emissão de energia por luz através da própria fibra óptica. O transmissor fica no potencial de terra alimentado pela rede elétrica
20 e conectado em uma das extremidades da fibra óptica e o receptor da energia fica no dispositivo principal no potencial da linha de aterramento na outra extremidade da fibra, e assim, converte energia da luz em elétrica.

A análise dos sinais é feita pelo software da
25 seguinte forma: No eixo do tempo no período compreendido entre o final do pulso aplicado e o início do pulso refletido em uma

linha sem falhas, utilizamos uma única faixa de tolerância como forma de detectar se houve falta na linha. Colocamos dois limites representados por duas linhas, uma definindo o limite superior e outra definindo o limite inferior. A faixa de tolerância é
5 totalmente programável pelo usuário podendo alterar os níveis e as curvaturas desde o início do pulso aplicado até o término do pulso refletido do final da linha.

No período referente ao pulso aplicado monitoramos a amplitude do mesmo a fim de detectar se houve
10 algum defeito no equipamento. Se o pulso ficar abaixo de um determinado valor este gera um alarme que indica que o equipamento está com defeito.

No período referente ao pulso refletido monitoramos a amplitude do mesmo a fim de detectar se houve
15 indício de falta na linha do eletrodo. Se o pulso refletido cair abaixo de um valor pré-estabelecido, há indício de algum problema na linha.

O programa instalado no micro computador lê esta curva da placa de aquisição de dados e faz uma média com
20 um número determinado de leituras de curvas anteriores, criando uma curva média.

Esta curva média trabalha dentro de uma faixa e se ultrapassar um limite positivo ou negativo, significa que houve um problema na linha e que ocorreu na distancia proporcional a
25 aquele instante. A análise deve ser feita do pulso mais próximo ao pulso aplicado, pois podem aparecer reflexões múltiplas que

aparecerão com distâncias múltiplas da primeira reflexão. Normalmente, na ocorrência de falha o pulso ecoado referente ao final da linha diminui a amplitude podendo até mesmo desaparecer.

5 Pode-se observar que a curva apresentada pelo
nosso dispositivo não possui pulsos de reflexão provocados pelo
próprio dispositivo graças à inexistência de transformador de
isolação em seu circuito.

OBJETIVO DA INVENÇÃO

10 O objetivo da presente invenção é proporcionar
um sistema com um dispositivo para monitoramento de linhas de
eletrodos de aterramento em sistemas de transmissão de energia
elétrica sem as limitações acima discutidas.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

15 Fig. 1 – Mostra o diagrama em blocos de um
exemplo de um dispositivo da presente invenção em uma linha de
eletrodo de um bipolo de um Sistema de Transmissão HVDC.

Fig. 2 – Mostra mais detalhado um exemplo de
um circuito básico de um Gerador de Pulso referente à figura 1.

20 Fig. 3 - Mostra mais detalhado um exemplo de
um circuito básico de um Transdutor referente à figura 1.

Fig. 4- Mostra como exemplo a curva dos sinais
de pulso gerado e pulso refletido em uma linha de 67km de comprimento.

25 Fig. 5 – Mostra o diagrama de um bipolo do elo
de corrente contínua compondo uma estação com frequência de
50Hz, a linha de transmissão com +/-600kVdc e a outra estação
com frequência de 60Hz.

Fig. 6 – Mostra como exemplo desenho de como fica uma montagem de um sistema típico de monitoramento de linha de eletrodo de terra em um dos postes.

Fig. 7 – Mostra como exemplo um croqui de
5 montagem do equipamento em um poste da linha do eletrodo.

Fig.8 – Mostra como exemplo um esquema de alimentação da unidade no poste composto com placa solar e bateria.

Fig. 9 – Mostra como exemplo um sistema de monitoramento de duas linhas de eletrodos com monitoramento em um
10 único micro computador e saídas para alarmes para um sistema supervisorio.

DESCRIÇÃO DA MODALIDADE PREFERIDA DA INVENÇÃO

A figura 1 mostra um dispositivo, composto por
15 duas unidades, uma denominada dispositivo principal (18) e a outra dispositivo secundário (16), como um exemplo desta invenção para monitorar a linha do eletrodo de terra (4 e 15) de um bipolo de um sistema de transmissão HVDC, o qual tem o propósito de dar uma idéia do único ou de apenas um dos bipolos
20 de uma estação conversora representada nesta figura.

O bipolo de um sistema HVDC é um sistema de transmissão DC com dois pólos por estação conversora e são conectados através de uma linha de transmissão DC com dois condutores, com um bipolo em cada extremidade, e cada bipolo
25 da estação conversora tem dois pólos (7 e 8) que estão ligados

eletricamente em série através de um barramento (17). Cada pólo normalmente tem um ou dois conversores estáticos.

Em operação normal de um bipolo a corrente DC não retorna pelo aterramento. Quando que, por algum motivo, tiver que operar com apenas um pólo do bipolo, o que é chamado de operação monopolar seja por um defeito ou manutenção do outro pólo, a corrente passa toda pelo braço (3) e se divide nos dois condutores da linha (4 e 15) até o eletrodo de terra (12). Geralmente a linha do eletrodo tem até 100 km de extensão.

O bipolo da outra estação também fica com operação monopolar e a corrente também circula pela linha do eletrodo dela.

Como proteção do dispositivo principal (18) contra surtos do tipo descargas atmosféricas ou surtos de manobras, pode se usado, por exemplo, varistores (19) para proteger o dispositivo principal. Este dispositivo é para baixa tensão cujas dimensões são relativamente pequenas.

Para monitorar a linha do eletrodo, composta por dois condutores (4 e 15) um exemplo típico do dispositivo é apresentado na figura 1 de acordo com esta invenção. O dispositivo principal (18) é composto por um gerador de pulso (10) e um transdutor (11) que faz a leitura dos pulsos gerado e refletido (eco) para o monitoramento. Ele envia os dados por fibras-ópticas para o dispositivo secundário (16). O dispositivo secundário (16) é composto por um conversor óptico-digital (13) e um micro computador (14) que estão no potencial de terra. Estes

dois dispositivos estão interligados por duas fibras ópticas como meio de transporte para os sinais amostrados.

Um exemplo básico típico de como pode ser o gerador de pulso (10) está mostrado na figura 2. Ele é composto
5 por uma fonte de tensão contínua (31), um circuito controlador (30), uma chave eletrônica (34), e um capacitor (33).

Para a geração do pulso, inicia com a chave eletrônica (34) aberta, a unidade controladora (30) ativa a fonte de alimentação pela linha de controle (37) que faz circular uma
10 corrente elétrica através do resistor (32) carregando o capacitor (33) e fechando o circuito através da linha do eletrodo para a referencia negativa da fonte (39).

Logo após, o controlador (30) desativa a fonte pela linha de controle (37) e em seguida fecha a única chave
15 eletrônica (p. ex: tiristor), através da linha de controle (38).

Neste instante o potencial do capacitor é aplicado entre os cabos condutores da linha do eletrodo aplicando o pulso na mesma. A frente de onda então é propagada nos dois sentidos da linha. Um vai em direção ao eletrodo de terra (12) e
20 outro em direção ao braço (3) que ao passar por aí, muda de polaridade e passa novamente pelos pontos (5 e 6) compondo o segundo semi-ciclo do pulso aplicado. Por isto a montagem o dispositivo principal na linha do eletrodo deve estar distante do braço (3) de um quarto do comprimento de onda da frequência
25 fundamental do pulso aplicado. O tempo do pulso de ir e voltar em direção ao braço é o mesmo do semi-ciclo e assim, ela

completa a onda do pulso propagando em direção ao eletrodo de terra. Por isto aplicamos apenas o pulso positivo na linha.

Sugerimos como exemplo a utilização de um poste da linha já existente para a instalação do equipamento que
5 esteja à distância do braço mais próxima de 75m que corresponde à frequência de 500 kHz, ou período de 2 μ S. Para distância muito diferente deve ser feito um ajuste no dispositivo principal.

Pode-se montar um suporte afixado no poste e um isolador fixado em cima do suporte com o dispositivo
10 principal em cima do isolador (ver exemplo da Fig.6).

O dispositivo (13) deste exemplo recebe o sinal óptico vindo do transdutor (11) do dispositivo principal (18) através de duas fibras-ópticas (2) e faz a conversão de óptico para analógico utilizando um foto-receptor. Este sinal analógico é
15 então convertido para digital através de um conversor A/D utilizando, por exemplo, uma placa de aquisição de dados. O micro computador (14) através de um programa de software lê este sinal digital e o processa apresentando os resultados na tela do mesmo. A frequência de amostragem do conversor A/D
20 depende do comprimento da linha do eletrodo (4 e 15), depende da memória disponível para armazenagem da placa de aquisição de dados. 1024 valores amostrados de palavras de 8 bits são suficientes. Veja uma amostra de uma aquisição de pulso aplicado e refletido em uma linha de 67 km na figura 4.

25 O tempo entre a aplicação do pulso na linha, que é o pulso à esquerda da figura 4, até o pulso refletido

(ecoado) do final da linha, que é o da esquerda, é proporcional ao comprimento da linha, lembrando que, a velocidade de propagação do pulso na linha é de quase o da velocidade da luz e que o tempo é o de ida e volta na linha. Se ocorrer uma falha na
5 linha, aparecerá um pulso refletido em um tempo proporcional à distância da falha ao dispositivo.

Podemos escalonar a escala de tempo no eixo X de forma a apresentar numericamente a leitura de distância para facilitar a análise pelo usuário.

10 O programa instalado no micro computador lê esta curva da placa de aquisição de dados e faz uma média com um número determinado de leituras de curvas anteriores, criando uma curva média.

Esta curva média trabalha dentro de uma faixa e
15 se ultrapassar o limite positivo (42) ou negativo (43), significa que houve um problema na linha e que ocorreu na distancia proporcional a aquele instante. A análise deve ser feita do pulso mais próximo ao pulso aplicado, pois podem aparecer reflexões múltiplas que aparecerão com distâncias múltiplas da primeira reflexão.
20 Normalmente, na ocorrência de falha o pulso ecoado referente ao final da linha diminui a amplitude podendo até mesmo desaparecer.

Podemos observar que a curva apresentada pelo nosso dispositivo não possui reflexão devido à inexistência de transformador de isolamento nesta invenção.

25 Um método para monitorar uma linha do eletrodo de aterramento do bipolo de um sistema de transmissão

de alta tensão em corrente contínua (HVDC) em que a linha do eletrodo possua dois condutores e cujo método compreende:

- gerar um pulso elétrico sem referência à terra e aplicá-lo diretamente nos condutores da linha, de um condutor para o outro.

5 - O pulso é aplicado periodicamente na linha.

- fazer as leituras do pulso gerado aplicado e do pulso refletido (ecoado).

- fazer uma filtragem do tipo média da última leitura com algumas leituras anteriores.

10 - Verificar se a curva está dentro de uma faixa pré-estabelecida (referencia de operação normal) em função do eixo tempo e mostrá-las na tela do computador.

- calcular e apresentar a distância da falha na linha para o operador e gerar um sinal de falha para o sistema
15 supervisório caso a curva ultrapasse a referência estabelecida.

De acordo com a presente invenção, as amplitudes dos pulsos aplicado e refletido são monitoradas para os referidos alarmes. As faixas de tolerância superior e inferior à curva são programáveis e são geradas em função de parâmetros de operação
20 da linha do eletrodo e não é necessário criar outras curvas estáticas para cada condição de modo de operação do sistema HVDC.

Os componentes do gerador de pulsos da presente invenção são previamente definidos de acordo com a distância do braço até o local da instalação do mesmo que deve
25 ser de aproximadamente $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda.

Uma outra característica da presente invenção é que não existe offset no gerador de pulsos e, portanto, não é necessário fazer os ajustes referentes.

Outra característica da presente invenção é que
5 o circuito gerador de pulso não é referenciado à terra, sendo montado no potencial da linha. Não é necessário equipamentos de dimensões maiores, como pára-raios e os grandes capacitores de acoplamento. Portanto, como o dispositivo não é referenciado à terra, ele é mais simples e barato.

10 Um gerador de pulso e um transdutor para ler e transmitir a forma de onda são montados no potencial da linha. O dispositivo possui um transdutor que faz a leitura da tensão diferencial entre os dois condutores da linha e esta forma de onda modula em amplitude a luz através de um foto transmissor e esta
15 luz é enviada a uma unidade receptora via fibra óptica. A unidade receptora usa um micro computador comum no mercado, dispensando a confecção de placas micro processadas. O dispositivo tem um conversor óptico/serial que converte o sinal óptico para sinal elétrico analógico através de um foto receptor. O
20 sinal analógico é então convertido para digital utilizando um conversor A/D e enviado ao micro computador através de comunicação serial. A memória utilizada para registro das falhas para análise posterior à falha é tratada no software instalado no micro computador.

As duas fibras-ópticas são utilizadas para levar
25 as informações dos pulsos do transdutor do dispositivo instalado na linha ao Conversor óptico/serial na sala do operador.

A presente invenção será descrita por meio de sua modalidade exemplificativa, entretanto, tal modalidade não é de forma alguma limitativa do escopo presentemente reivindicado. Ao final, é proporcionada uma listagem para
5 identificação esquemática das partes representadas nas figuras apenas, bem como àquelas a que faz menção o referido exemplo.

Apesar de elucidativo, o exemplo da presente invenção admite variações e/ou modificações ainda abrangidas pelo escopo ora reivindicado, portanto, certas partes elencadas podem ser omitidas e/ou
10 modificadas sem prejuízo para o escopo da presente invenção.

EXEMPLO: MONITORAMENTO DE LINHAS DE ELETRODO DE ATERRAMENTO

O exemplo presentemente proporcionado é referente às figuras 6 a 9 da invenção.

15 Existem 4 linhas no elo HVDC: 2 em Ibiúna, de 67 km e 2 em Foz do Iguaçu, de 15 km. A perda de qualquer uma delas pode representar uma queda repentina de 3.150 MW. Possíveis falhas podem passar despercebidas quando os bipolos estão trabalhando equilibrados, ou seja, durante a maior parte do
20 tempo. As linhas situam-se em região povoada, estando sujeitas a uma tentativa de furto e vandalismo. FURNAS, naquela ocasião, não dispunha de sistema para monitorar a integridade das linhas.

Em fevereiro de 2004 ocorreram furtos de cabos das linhas dos eletrodos de Ibiúna, totalizando cerca de 3850m de cabos.

25 Fatos como estes significam graves riscos de desligamentos para o sistema elétrico. Portanto, um sistema de

monitoramento de linhas de aterramento proporciona uma forma de preventivamente atuar em antecipação às situações de falhas. O sistema de monitoramento de falhas em uma linha de aterramento compreende um dispositivo, de acordo com a

5 presente invenção, em que uma unidade elevadora de tensão armazena energia em um capacitor. Ao ser atingido nível adequado de tensão, um tiristor é disparado, gerando assim um impulso de altíssima potência, porém com duração de apenas alguns microssegundos. Este impulso é aplicado entre os cabos da

10 linha, a certa distância de sua extremidade. Um sistema digital de aquisição de dados capta a forma de onda assim gerada, contendo o impulso e sua reflexão na conexão com o eletrodo, transmitindo o oscilograma a um microcomputador via um modem RS232, por fibra óptica ou por rádio frequência. O software apresenta este

15 oscilograma e faz análise do mesmo, identificando o tipo de falha eventualmente detectada.

Lista dos números de referências das figuras

Figura 1 (diagrama do dispositivo) :

9 e 9a: Condutores da linha de corrente contínua

20 3: Braço entre a barra de neutro e os condutores da linha do eletrodo

4 e 15: Condutores da linha do eletrodo de terra

5 e 6: Cabos do dispositivo principal conectados na linha do eletrodo.

25 7 e 8: Conversoras estáticas de corrente contínua

10: Dispositivo gerador de pulsos

11: Transdutor (tensão entre os condutores da linha para sinal óptico)

12: Eletrodo de terra

13: Conversor Óptico para digital (serial)

5 14: Micro computador

16: Dispositivo secundário

17: Conexão entre as conversoras e a barra de neutro

18: Dispositivo principal

19: Componente eliminador de surtos

10 Figura 2 (Gerador de pulsos) :

31: Fonte de alta tensão

32: Resistor

33: Capacitor

34: Chave eletrônica

15 35 e 36: Saída do gerador de pulso

37: Linha de controle (ativa a fonte)

38: Linha de controle (controla a chave eletrônica)

39: Referência de potencial

Figura 3 (Transdutor)

20 20: Resistor

21 e 22: LED (transmissor conectado à fibra óptica)

23 e 24: conexões (conectados ao potencial dos cabos condutores da linha)

25: Fibras ópticas

25 Figuras 6 e 7 (exemplo não limitativo de um dispositivo)

51: Dispositivo Principal

- 52: Isolador
- 53: Parte eletrônica do dispositivo
- 54: Placa solar
- 55: Cabos do dispositivo principal conectados
- 5 na linha do eletrodo
 - 56: Fibras ópticas
 - 57: Acumulador (bateria)
 - 58: Poste da linha do eletrodo
 - 59: Suporte do dispositivo principal no poste
- 10 Figura 8: Exemplo não limitativo para alimentação do dispositivo principal (para o equipamento no potencial da linha do eletrodo)
 - 60: Placa solar
 - 61: Acumulador (bateria)
 - 15 62: Equipamento principal
 - 63: Fusível de proteção
- Figura 9: Exemplo não limitativo de montagem do Sistema de Monitoração para duas linhas de eletrodos composto com saídas para alarmes.
 - 20 71: Linha do Eletrodo do Bipolo 1
 - 72: Linha do Eletrodo do Bipolo 2
 - 73: Conversor óptico – serial
 - 74 e 75: Modem de comunicação
 - 76: Saída dos sinais de alarmes
 - 25 77: Placa de alarmes

REIVINDICAÇÕES

1 – Dispositivo para monitoramento de linhas de eletrodos de aterramento **caracterizado** pelo fato de que compreende uma base (2), meios de detecção (3), placa solar (4),
5 uma linha de detecção (5) ligada à linha de aterramento em que o dispositivo (1) é integrado a um sistema de monitoramento de falhas em linhas de aterramento por meio de um cabo de fibra óptica (6).

2 – Dispositivo, de acordo com a reivindicação
10 1, **caracterizado** pelo fato de que base (2) compreende uma peça de material isolante.

3 – Dispositivo, de acordo com a reivindicação
1, **caracterizado** pelo fato de que os meios de detecção (3) compreendem uma caixa metálica a qual comporta meios
15 analisadores.

4 – Dispositivo, de acordo com a reivindicação
3, **caracterizado** pelo fato de que os meios analisadores compreendem uma rotina de monitoramento da linha de aterramento, coleta de informações a partir de sinais da linha e
20 envio das informações por via de fibra óptica.

5 – Dispositivo, de acordo com a reivindicação
1, **caracterizado** pelo fato de que a alimentação compreende uma placa solar (4) e complementarmente uma bateria (7).

6 – Sistema para monitoramento de linhas de
25 eletrodos de aterramento **caracterizado** por compreender:

- uma primeira unidade do dispositivo posicionada na linha do eletrodo de um primeiro bipolo; e
- uma segunda unidade do dispositivo posicionada na linha do eletrodo do segundo bipolo.

5 7- Sistema, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que as leituras provenientes de variações de tensão entre os cabos condutores da linha de aterramento são recebidas em um conversor ótico/serial.

10 8 – Sistema, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que o sinal serial gerado é transmitido por cabo tipo serial para uma unidade remota de monitoramento.

15 9 – Sistema, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado** pelo fato de que o sinal ótico recebido na unidade remota de monitoramento é associado a uma condição fora de normalidade comparativamente aos níveis limites inseridos como de referência.

20 10 – Sistema, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o sinal ótico comparado aos níveis limites de referência gera um sinal de alarme associado a uma providência pré-estabelecida.

25 11 – Método para monitorar a linha do eletrodo de aterramento do bipolo de um sistema de transmissão de alta tensão em corrente contínua (HVDC) em que a linha do eletrodo possua dois condutores, **caracterizado** por compreender:

- gerar um pulso elétrico sem referência à terra e aplicá-lo diretamente nos condutores da linha, de um condutor para o outro;

5 - o pulso elétrico é aplicado periodicamente na linha pelo dispositivo

- fazer as leituras do pulso gerado aplicado e do pulso refletido (ecoado)

- fazer uma filtragem do tipo média da última leitura com algumas leituras anteriores.

10 - Verificar se a curva está dentro de uma faixa pré-estabelecida (referencia de operação normal) em função do eixo tempo e mostrá-las na tela do computador.

- calcular e apresentar a distância da falha na linha para o operador e gerar um sinal de falha para o sistema
15 supervisor caso a curva ultrapasse a referência estabelecida.

12 – Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** por compreender uma média dos valores das curvas.

13 – Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelas amplitudes dos pulsos aplicado e refletido
20 serem monitoradas para os referidos alarmes e as faixas de tolerância superior e inferior à curva serem programáveis pelo usuário.

14 – Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** por uma a faixa de tolerância também é gerada em
25 função de parâmetros de operação da linha do eletrodo e não é

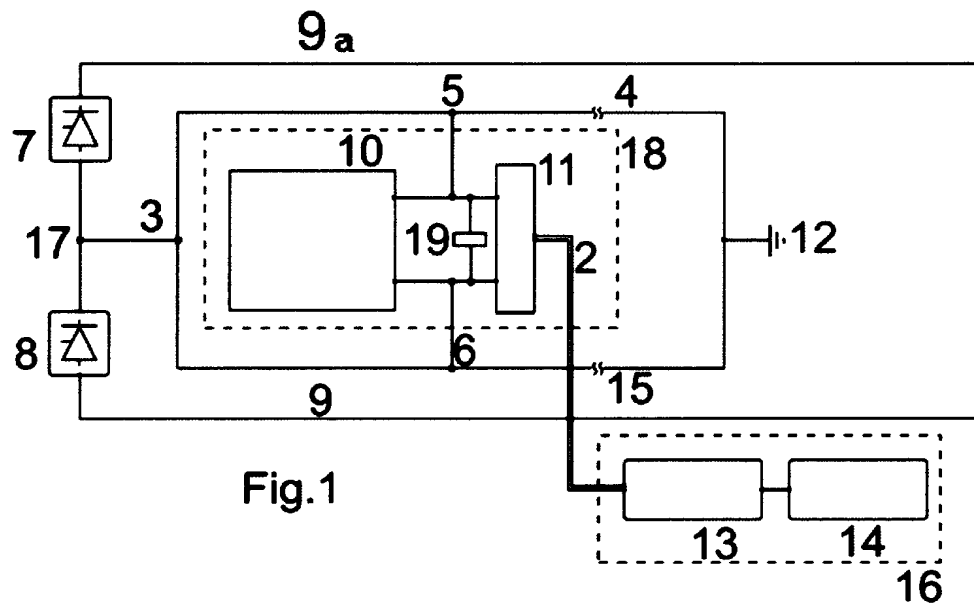
necessário criar outras curvas estáticas para cada condição de modo de operação do sistema HVDC.

15 – Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo é ajustado ao pulso aplicado de acordo com a distância do braço até o local da instalação do mesmo que de aproximadamente $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda.

16 – Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo principal não é referenciado à terra, está conectado diretamente nos cabos condutores da linha do eletrodo e o gerador de pulso e o transdutor se encontram no potencial da linha.

17- Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo principal possui um transdutor que faz a leitura da tensão diferencial entre os dois condutores da linha e esta forma de onda modula em amplitude a luz através de um foto transmissor e esta luz é enviada a uma unidade receptora via fibra óptica.

18 – Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo possui um conversor óptico/serial que converte o sinal óptico para sinal analógico através de um foto receptor.



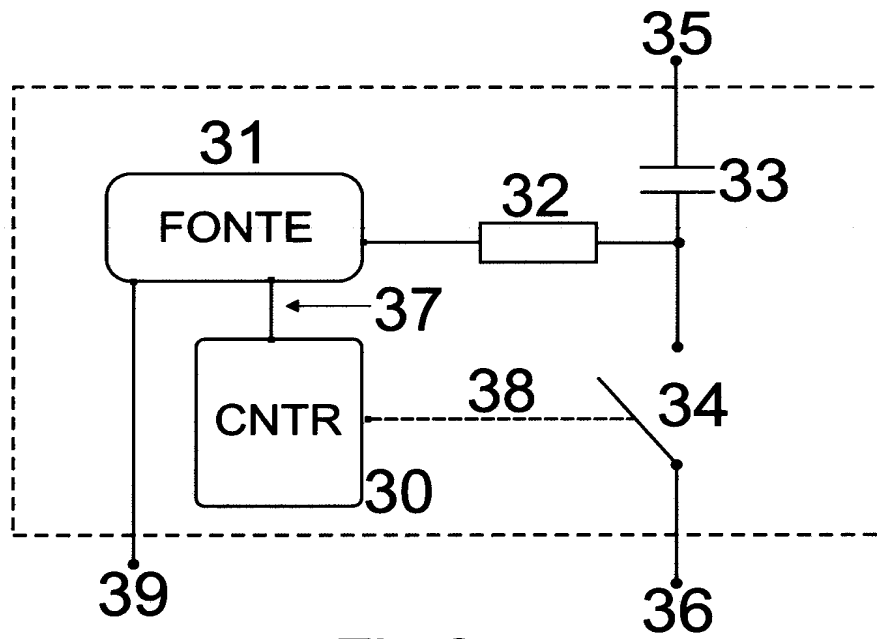


Fig.2

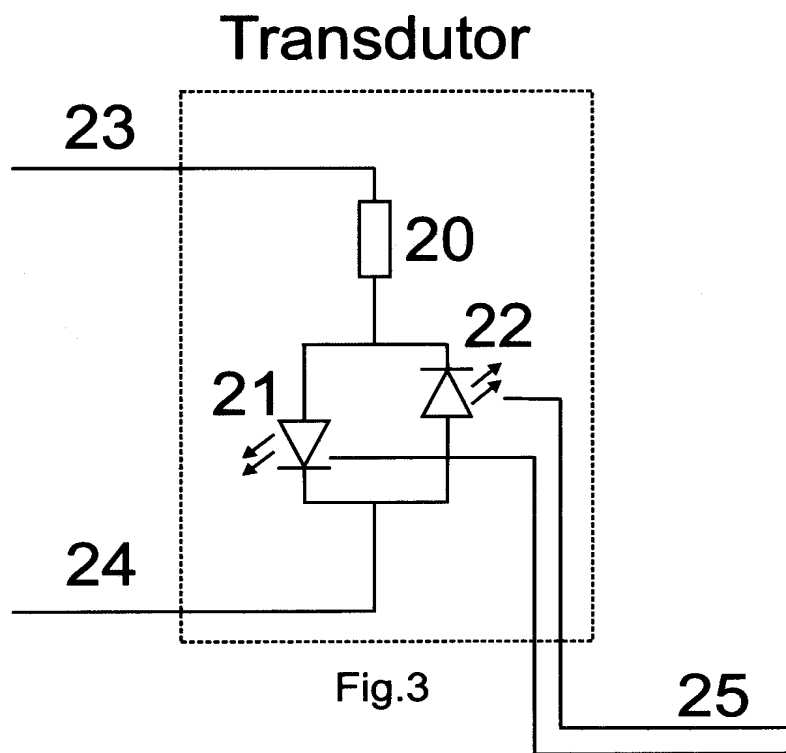


Fig.3

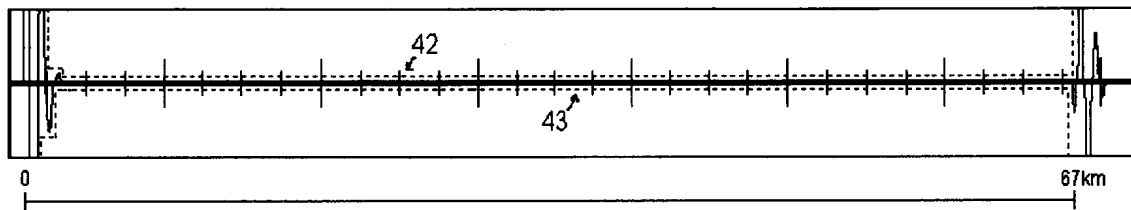


Fig. 4

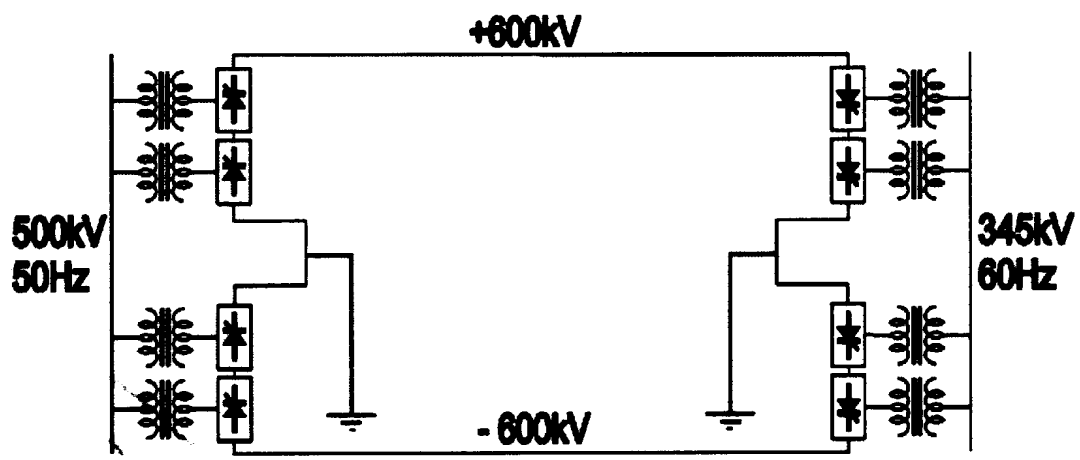


Fig. 5

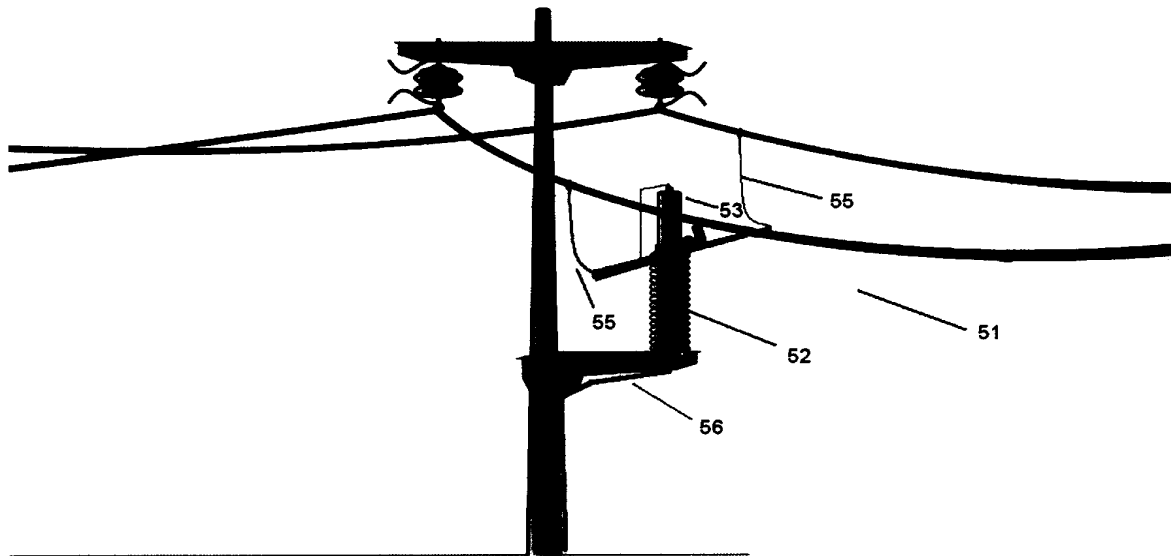


Fig. 6

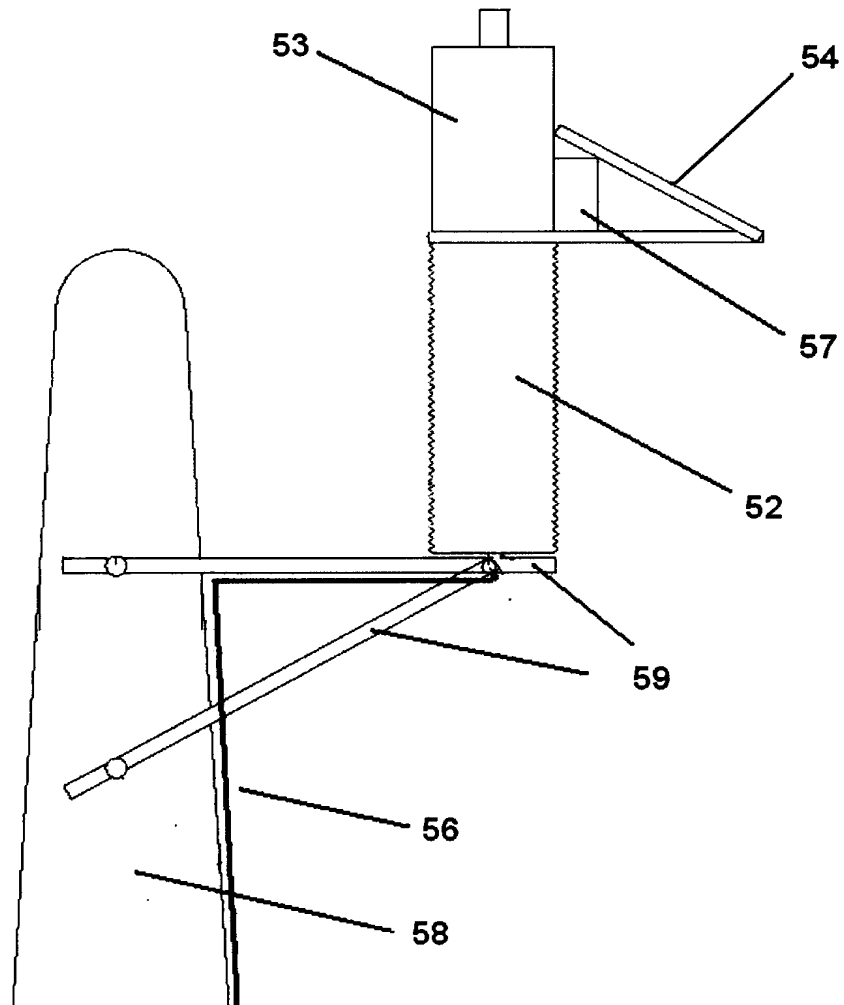


Fig. 7

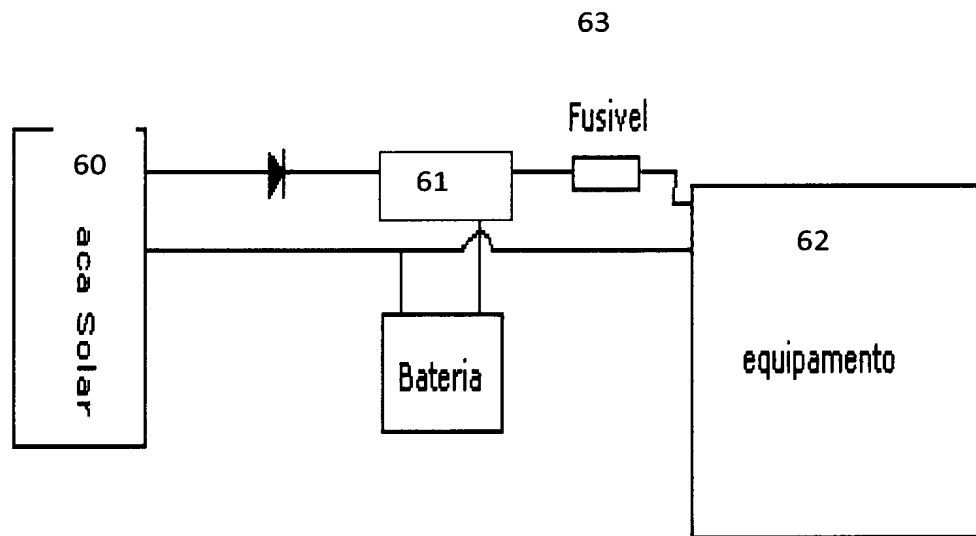


Fig. 8

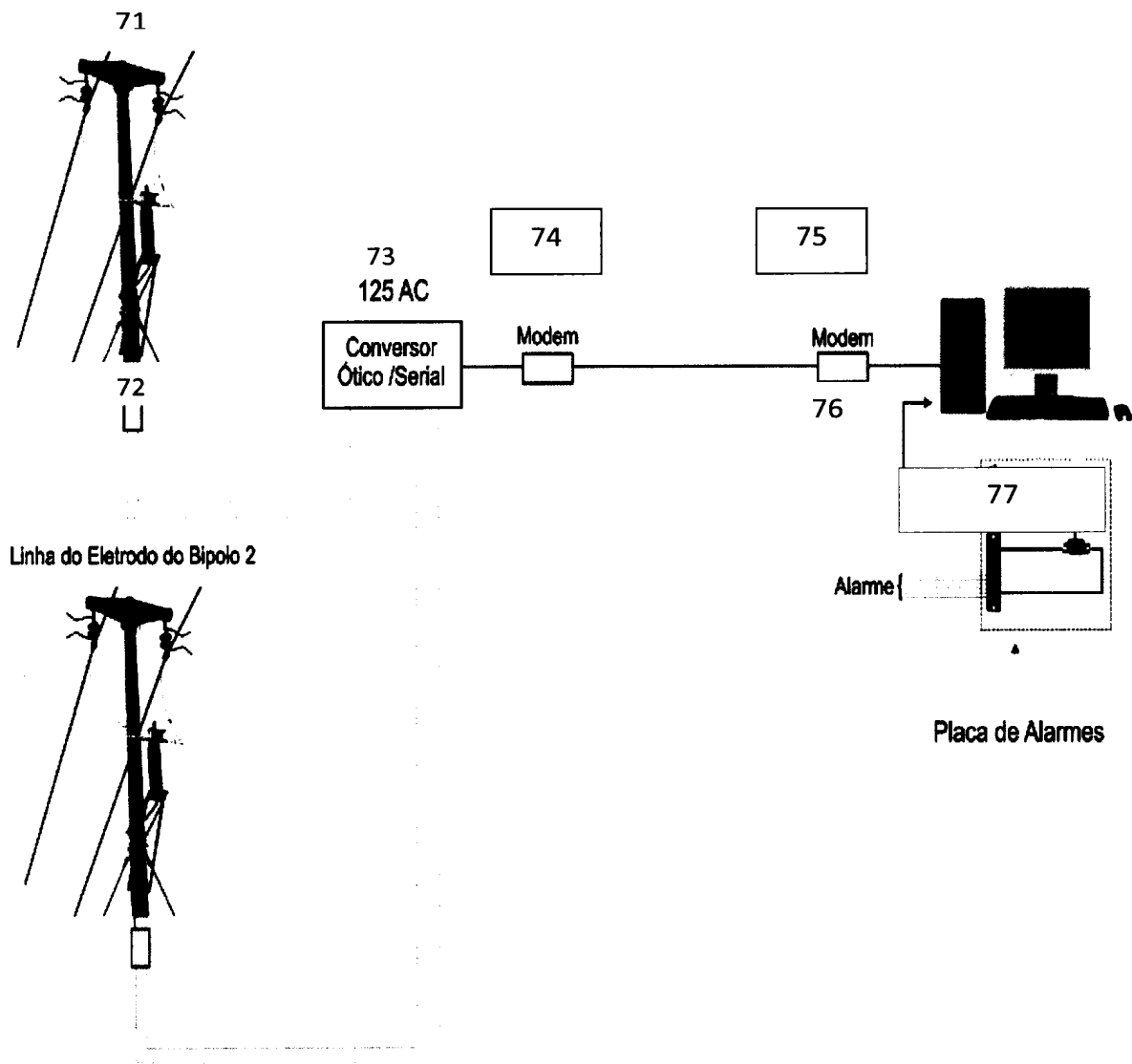


FIG. 9

RESUMO

Patente de Invenção para “**DISPOSITIVO, SISTEMA E MÉTODO PARA MONITORAMENTO DE LINHAS DE ELETRODOS DE ATERRAMENTO**”.

5

A presente invenção refere-se a um sistema e a um dispositivo para monitoramento de linhas de eletrodos de aterramento em sistemas de transmissão de energia elétrica em corrente contínua.