(11) Número de Publicação: **PT 1924865 E**

(51) Classificação Internacional:
G01R 31/12 (2007.10)

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

(22) Data de pedido: **2006.09.05**

(30) Prioridade(s): **2005.09.05 GB 0517994**

(43) Data de publicação do pedido: **2008.05.28**

(45) Data e BPI da concessão: **2010.03.17**
119/2010

(73) Titular(es):
UNIVERSITY COURT OF GLASGOW
CALEDONIAN UNIVERSITY
CITY CAMPUS, COWCADDENS ROAD
GLASGOW G4 OBA **GB**

(72) Inventor(es):
BRIAN G. STEWART **GB**
ALAN NESBITT **GB**
SCOTT G. MCMEEKIN **GB**

(74) Mandatário:
MANUEL ANTÓNIO DURÃES DA CONCEIÇÃO ROCHA
AV LIBERDADE, Nº. 69 1250-148 LISBOA **PT**

(54) Epígrafe: **SENSOR DE MONITORIZAÇÃO DO ISOLAMENTO DE ALTA TENSÃO**

(57) Resumo:

"RESUMO"

"SENSOR DE MONITORIZAÇÃO DO ISOLAMENTO DE ALTA TENSÃO"

Descreve-se um sensor para monitorizar o estado do isolamento de alta tensão de um sistema de geração, distribuição e transmissão de electricidade e/ou uma peça da central. O sensor inclui uma unidade de medição da impedância que se liga directamente, mediante um ponto único de ligação, ao sistema eléctrico a ser testado. Os componentes eléctricos da unidade de medição da impedância estão organizados para que sinais de descarga parcial de alta frequência e o sinal de informação do ciclo de potência de baixa frequência sejam preferencialmente transmitidos através de ramos separados. A análise destes sinais separados permite assim a extracção de informação sobre o isolamento do sistema eléctrico que está a ser monitorizado. A utilização de um circuito opto-eléctrico para controlar a unidade de medição da impedância permite também que os utilizadores possam operar o sensor de forma segura.

DESCRIÇÃO

"SENSOR DE MONITORIZAÇÃO DO ISOLAMENTO DE ALTA TENSÃO"

A presente invenção refere-se ao campo da monitorização do isolamento de alta tensão e, em particular, a um sensor para a monitorização das condições do isolamento de alta tensão de um sistema de distribuição, produção ou transmissão eléctrica e/ou de uma peça da central.

As descargas parciais são pequenas faíscas, que fornecem uma importante medida do estado de isolamento dentro de um sistema de distribuição, produção e transmissão eléctrica de alta tensão ou de uma peça da central. As descargas parciais ocorrem quando o isolamento começa a deteriorar-se e, quando se tornam frequentes, tornam-se na fonte predominante da rotura do isolamento. As descargas parciais também podem ocorrer em sistemas de alta tensão devido às partículas flutuantes, vazios no isolamento, conectores soltos, pontos rebarbados e cortantes. A necessidade de monitorizar descargas parciais é crítica em tentativas para avaliar o estado de uma falha ou o estado do isolamento, e também em tentar avaliar a vida útil da própria peça da central. A capacidade de monitorizar eficazmente as descargas parciais facilita a administração de cortes planeados, que é exigida para realizar a substituição ou manutenção dos componentes de um modo económico, ao mesmo tempo que proporciona um serviço eléctrico eficiente aos consumidores finais. O documento US-A-6 088 205 apresenta um interruptor do circuito de

falhas de arco para proteger contra potenciais falhas perigosas.

Um segundo diagnóstico associado a distribuições eléctricas e/ou peças da central é a informação do ciclo de potência. Há duas razões que indiciam a importância do ciclo de potência. Em primeiro lugar, esta informação ajuda a interpretar e compreender o mecanismo e as falhas específicas associadas a certos padrões de descarga parcial. Sabe-se que os padrões de determinadas falhas podem ser construídos com base no tamanho de acontecimentos individuais de descarga parcial, na frequência da ocorrência e também nos locais precisos da fase onde ocorrem no âmbito dos ciclos individuais de potência. Estes padrões são, no estado tecnológico actual, apresentados como padrões Φ-q-n, referente à fase no ciclo, à descarga aparente associada ao acontecimento de descarga parcial e à frequência de ocorrência nessa fase. Mais especificamente, tem sido possível diferenciar entre descargas de superfície de corona, descargas de vazios e descargas de pontos flutuantes a partir da compreensão destes padrões de descarga.

A segunda razão pela qual a informação do ciclo de potência é importante tem a ver com o facto de o conhecimento da forma de onda do ciclo de potência permitir avaliar a qualidade da energia. As medições da qualidade da energia para sistemas de distribuição estão delineadas no Padrão ENIIEC 50160 intitulado "Características da Tensão Eléctrica Fornecida Pelos Sistemas de Distribuição Pública". Este padrão traça os regulamentos específicos referentes à qualidade da energia, e em particular, refere-se à monitorização da frequência da energia, variações da

tensão de fornecimento, mudanças rápidas da tensão de fornecimento, buracos de tensão, sobretensões, conteúdo harmónico, conteúdo inter-harmónico entre fases, etc. O Padrão IEEE 1159 intitulado, "Prática Recomendada na Monitorização da Qualidade da Energia Eléctrica", descreve sete categorias básicas para monitorizar a qualidade da energia, isto é, transitórios, variações de curta duração, variações de longa duração, desequilíbrio de tensão, distorção da forma de onda, flutuações de tensão e variações de frequência da energia.

Quando ocorre uma distorção harmónica e mudança de tensão dentro do ciclo de potência, isto tem normalmente a ver com a saturação ou sobrealimentação do sistema e é indicativo de sobrecarga ou de uma falha grave na produção de energia. Se isto não for tratado, pode ter consequências graves no funcionamento de outras peças da central, assim como, pode interferir com o equipamento utilizado por consumidores comerciais e particulares. É também importante o facto da presença de harmónicas ou da sobretensão do ciclo de potência afectar a natureza das descargas parciais produzidas. Assim sendo, a capacidade de monitorizar simultaneamente a informação do ciclo de potência e a ocorrência de descargas parciais tem uma importância crítica em interpretar e compreender a qualidade da energia e a natureza da actividade de descarga parcial.

Padrão de Descarga Parcial EN/IEC60270

Há um método de padrão industrial para medir as descargas parciais incluído no Padrão ENIIEC 60270, intitulado "Técnicas de Teste de Alta Tensão - Medições de

Descarga Parcial" (2000). Este padrão prescreve o design e a calibragem de circuitos eléctricos empregues para medir descargas parciais.

A Figura 1 mostra um circuito de padrão básico ENIIEC 60270 1 adequado à medição da descarga parcial. Nesta figura, C representa a capacitância da amostra em análise da descarga parcial 2, Ck é um condensador de acoplamento 3 e Z é uma impedância 4, que permite preparar os impulsos da corrente de descarga parcial para efeitos de medição. Z, 4 pode assumir muitas formas, desde um simples resistor R até filtros que envolvem combinações de RC e RLC. Também há muitos designs do conhecimento dos profissionais na área para circuitos de detecção ENIIEC 60270 baseados em designs de filtro de banda estreita e de banda larga de várias ordens. Os circuitos de filtro de banda estreita geralmente reagem a descargas parciais de impulso rápido, produzindo uma saída de reacção rápida da forma de onda amortecida, enquanto que os sistemas de banda larga produzem reacções mais rápidas da forma de onda de saída.

Geralmente, os sensores ENIIEC 60270 são calibrados, injectando uma conhecida tensão de entrada de escala de tempo de subida rápida através de um capacitor de calibragem, resultando numa conhecida injecção de carga, Q_{cal}, pelo capacitor para dentro do circuito de medição. Isto produz uma forma de onda amortecida ou oscilatória na saída do detector, representando o valor de pico, V_{cal}, uma medida da injecção de carga. O sensor é depois calibrado em termos da sua sensibilidade, derivado de Q_{cal}/V_{cal}, que é normalmente expressa em picoCoulombs por milivolt, isto é, pC/mV. Estes sinais são geralmente amplificados e transmitidos através de uma ligação galvânica, como um cabo

coaxial, para um osciloscópio digital ou analógico para medição. Quando as medições de descargas parciais são feitas numa amostra em análise, o valor de pico detectado do sinal de reacção é medido e isto é multiplicado pela sensibilidade para produzir a aparente carga em pc.

Apesar dos sensores do Padrão ENIIEC 60270 fornecerem sinais para a detecção de descargas parciais, eles não facilitam a extracção da informação do ciclo de potência.

Outros Aparelho de Monitorização da Descarga Parcial

Há uma série de documentos da tecnologia anterior, que aborda um aparelho alternativa para medir as descargas parciais de peças das centrais eléctricas, por exemplo, utilizando ligações de derivação de casquilhos de alta tensão. Por exemplo, a patente norte-americana n.º US 3.622.872 aborda um método e aparelho para localizar descargas de corona em aparelhos indutivos eléctricos de alta tensão e cheios de fluido. Dentro do sistema descrito é eliminada qualquer informação de ciclo de potência através da filtragem que, por conseguinte, não está disponível para uso. Assim sendo, o aparelho descrito não facilita a monitorização de descargas parciais simultâneas e da informação do ciclo de potência a partir de um único ponto de ligação de derivação.

Aparelho de Monitorização da Informação do Ciclo de Potência

A patente norte-americana n.º US 4.757.263 aborda um adaptador de derivação da capacitância, que pode ser

anexado a qualquer peça do equipamento de alta tensão, que possui uma derivação de casquilho ou capacitor, como p. ex. um transformador, e que é empregue para avaliar o factor da potência do isolamento ou capacitância intrínseca do equipamento. Qualquer alteração na capacitância do isolamento interno é detectada através de uma alteração no factor de potência. A medição é feita quando o equipamento está online e ligado à sua alta tensão operacional. A corrente do adaptador de derivação de capacitância (medida como uma tensão) e a tensão extraída de um transformador de tensão separado e ligado à tensão de fornecimento do equipamento, são comparadas para calcular o factor de potência. As alterações na fase ou amplitude do sinal do adaptador de derivação da capacitância são indicativas das falhas do isolamento no equipamento/capacitância. As tendências a médio, curto ou longo prazo do factor de potência podem ser monitorizadas e os alarmes podem ser definidos de modo apropriado.

O adaptador de derivação do capacitor descrito reduz sinais de descarga parcial a um nível significativo devido ao design do divisor capacitivo do adaptador de derivação. Além disso, os sinais são ainda sujeitos a uma filtragem passa-baixo para eliminar especificamente sinais de alta frequência. Como resultado, o adaptador de derivação descrito não proporciona a medição de descargas parciais e certamente não proporciona a medição simultânea de uma única ligação de derivação destas descargas com o sinal da informação do ciclo de potência.

Uma desvantagem adicional do sistema descrito tem a ver com o facto de, se ambos os capacitores do adaptador de derivação de capacitância falharem, não haver outro

mecanismo de segurança para evitar danos no aparelho de alta tensão ou na instrumentação anexa ligada ao cabo de medição.

A patente norte-americana n.º US 6.028.430 descreve um método alternativo para monitorizar a informação do ciclo de potência. Esta patente aborda um método para avaliar a capacitância de casquilhos de um transformador através da monitorização da tensão de derivação dos casquilhos para pequenos e grandes problemas, como p. ex. curto-circuitos, etc. O método compreende a medição directa da reduzida tensão do ciclo de potência das três derivações de casquilhos de um transformador e a monitorização de qualquer alteração, guardando estas alterações e os seus respectivos períodos de ocorrência, determinando a diferença de tempo entre pelo menos dois sinais de alterações e de criação de erros (através de meios de lógica vaga) correspondentes às características de frequência das alterações. As alterações na tensão reduzida são uma medida de descarga disruptiva parcial (descargas não parciais, mas curto-circuitos de folhas do capacitor) dentro do casquilho que pode ser monitorizado. Podem detectar-se sinais irregulares ou atípicos. Os sinais entre fases também podem ser monitorizados para variações.

Como tal, a patente norte-americana n.º US 6.028.430 não facilita as medições de descarga parcial; o método descrito apenas procura alterações em níveis de tensão energética da derivação do capacitor. Por isso, este sistema não permite fazer simultaneamente descargas parciais e alterações na tensão do ciclo de potência. Duas medições feitas em simultâneo meramente fornecem mais

informação sobre a natureza da falha do capacitor do casquilho.

Divisores

Os profissionais na área conhecem divisores para dividir um sinal eléctrico em CA à parte e componentes de alta frequência. Um destes divisores convencionais 5 é apresentado na Figura 2. A saída da tensão CA na derivação do casquilho 6 e os sinais de descarga parcial são reduzidos na tensão para um nível inferior, por exemplo CA para 5V, através de um capacitor shunt 7 antes de ser dividido num divisor 8 para um componente de informação do ciclo de potência CA 9 e um componente de alta frequência 10, que corresponde à ocorrência de descargas parciais. O componente de alta frequência 10 está normalmente em μVs e, por isso, tem de ser ampliado. Tanto a informação do ciclo de potência CA 9 como os sinais de descarga parcial 10 podem ser sincronizados para obter o tempo da descarga em relação ao ciclo de potência.

O divisor convencional 5 sofre dos seguintes problemas. Em primeiro lugar, os sinais de descarga parcial 10 são significativamente atenuados devido à presença do capacitor shunt 7 antes de qualquer medição da impedância de condicionamento. Como resultado, este sinal requer amplificação. No entanto, o condicionamento de sinal destes sinais é frequentemente difícil devido à sua pequena amplitude. Além disso, se estiver interessado em frequências elevadas, o design de qualquer amplificador tem de ser capaz de amplificar bem para as muitas centenas de MHz e para além disso. Como resultado, a sensibilidade do

divisor convencional 5 está limitada, uma vez que as altas frequências de descarga parcial original são atenuadas pelo capacitor shunt 7.

A patente norte-americana n.º US 5.247.258 descreve um divisor alternativo, que aborda um sistema para medir descargas parciais e, em particular, um sistema de detecção de descarga parcial, que também incorpora um monitor do ciclo de potência. Uma desvantagem do sistema descrito é que exige a utilização de dois pontos de ligação separados para fornecer a informação do ciclo de potência e o sinal de descarga parcial. Além disso, o aparelho descrito compreende um divisor capacitivo, que limita a sensibilidade da detecção da descarga através do elemento de impedância, uma vez que a reactância colectiva do divisor capacitivo fornece um caminho de baixa impedância para sinais de descarga parcial de alta frequência.

A patente norte-americana n.º US 6.313.640 aborda outra alternativa ao divisor convencional 5. Aqui, a informação do ciclo de potência é monitorizada através da anexação de um capacitor shunt, como acima descrito. No entanto, o sinal da descarga parcial é monitorizado, utilizando um transformador de corrente através do conector entre a derivação do casquilho e o capacitor shunt. O transformador de corrente possui, por norma, uma reacção até 25MHz. O sinal da descarga parcial passa por um filtro passa-baixo apropriado para eliminar o ruído, e depois é ampliado. É utilizado um circuito de sintonização para compensar a medição do ciclo de potência para qualquer capacitância e efeitos de indutância do casquilho e do transformador de potência.

Na prática, reconhece-se que o transformador de corrente produz apenas um sinal indutivamente transformado, que é reduzido no conteúdo da frequência. Não permite que a carga integrada da descarga parcial possa ser eficazmente avaliada, uma vez que a reacção do transformador de corrente é frequentemente limitada. São também exigidas duas ligações separadas, ou seja, uma ligação ao ponto de derivação para o ciclo CA, e em segundo lugar uma ligação do transformador de corrente para monitorizar a descarga parcial. Além disso, uma detecção do transformador de corrente não fornece uma avaliação da carga aparente associada a qualquer descarga, uma vez que a relação entre os sinais do transformador de corrente e a carga actual envolvida na medição da descarga parcial não é bem estabelecida.

Existe um grande leque de documentos da tecnologia anterior, que empregam a derivação do capacitor para extrair tanto a informação do ciclo de potência CA como os sinais de alta frequência associados a acontecimentos de descarga parcial, como se pode tomar – a título de exemplo – o circuito de derivação do capacitor 11 da Figura 3, tal como é descrito em pormenor nas patentes norte-americanas n.º US 6.433.557, US 6.489.782 e US 6.504.382. Neste circuito de derivação do capacitor 11 é utilizado um capacitor shunt padrão C, 12 em paralelo com um protector de sobretensão 13 para detectar a informação do ciclo de potência CA. Um transformador de corrente de isolamento 14 é ligado entre a derivação de saída ou sensor do equipamento em análise e o capacitor shunt 12.

Dentro destes circuitos, uma extremidade do transformador de corrente 14 é ligada à parte superior do

capacitor shunt 12, e a outra ao cabo de ligação 15, que transmite o sinal à instrumentação de medição. Esta disposição permite que a informação do ciclo de potência CA e os sinais de descarga parcial de alta frequência sejam transmitidos em conjunto pelo cabo abaixo 15 para posterior medição. No final da medição, é utilizado um indutor 16 para separar o sinal CA, desde que a magnitude da sua impedância seja muito inferior à do capacitor C_4. É utilizado um segundo transformador da corrente de isolamento 17 para extrair os sinais de descarga parcial de alta frequência para a medição separada.

Uma grande desvantagem desses circuitos que empregam transformadores de corrente é que um transformador de corrente não fornece uma medida da carga aparente envolvida no acontecimento da corrente de descarga no próprio ponto de medição. Os transformadores de corrente também são apenas úteis a reagir a sinais de alta frequência dentro de uma largura de banda limitada, que frequentemente é inferior a 25MHz. Uma vez que os sinais de descarga parcial compreendem frequências significativamente superiores, os transformadores de corrente normalmente apenas fornecem uma gama limitada de frequência, proporcionando assim apenas uma interpretação limitada dos acontecimentos de descarga.

Uma segunda desvantagem destes circuitos refere-se à sobreposição da informação do ciclo de potência CA com os sinais de descarga parcial. Esta sobreposição pode causar problemas do nível de sinal elevado no receptor, uma vez que a adição dos dois sinais pode inundar o receptor.

Outro problema associado a estes circuitos tem a ver com a segurança eléctrica e o isolamento para um utilizador. Se se desenvolver uma falha grave no circuito

11 e se o protector de sobretensão 13 e o capacitor shunt 12 falharem, a alta tensão pode ser transmitida à instrumentação remota com implicações de segurança óbvias para o utilizador.

Interruptores de Derivação do Casquilho

Os interruptores de derivação do casquilho são aparelhos alternativos do conhecimento dos profissionais no ramo para comutar o equipamento de medição anexado a um conector de derivação da central de alta tensão. A patente norte-americana n.º US 6.580.276 descreve um exemplo de um interruptor de derivação do casquilho, em que o interruptor de derivação é anexado a cada casquilho do transformador de energia. Esta constituição permite realizar diagnósticos do transformador quando este está operacional e online. Basicamente, o interruptor de derivação do casquilho consiste de dois interruptores independentes, em que cada um está aberto e/ou fechado apropriadamente para activar ou desactivar a ligação do equipamento de medição. Os diagnósticos podem ser realizados quando o sistema de medição é comutado, permitindo a avaliação do transformador como exigido. Isto permite realizar medições da descarga parcial e medições da reacção da frequência para fazer uma avaliação atempada do estado de funcionamento do transformador. Esta solução poupa custos e tempo, comparado com a alternativa de desligar e anular a ligação com a derivação do casquilho.

Uma grande desvantagem do interruptor de derivação do casquilho acima descrito é o facto da ligação à terra do equipamento em análise (p. ex. um transformador) e do

equipamento de medição ser directamente estabelecida entre eles. Assim sendo, não há isolamento entre o equipamento de medição e a derivação do transformador, a não ser que o sistema esteja completamente desligado. Além disso, o interruptor de derivação de casquilho requer o emprego de dois interruptores independentes, em que o primeiro interruptor liga a derivação de casquilho à terra, enquanto o segundo fornece um circuito aberto que desactiva e isola o sistema de medição. Por isso, requer que ambos os interruptores funcionem com sucesso para activar e neutralizar a ligação do sistema de monitorização. Se um interruptor falhar, o interruptor de derivação fica inoperacional e pode fazer com que a ligação do equipamento de diagnóstico esteja permanentemente online.

Pode ver-se que em termos de saúde e segurança, a capacidade em obter um isolamento eléctrico entre qualquer aparelho de monitorização (inclusiva quaisquer fornecimentos de energia associada) e a fonte de alta tensão por analisar é de extrema importância. Frequentemente, os sensores de monitorização da condição e a instrumentação requerem energia, que é fornecida através de um cabo eléctrico de um fornecimento de energia isolada ou através de baterias. O problema com esta disposição é que a sobrecarga de energia ou as falhas numa peça da central de alta tensão podem causar graves problemas. Em primeira instância, podem ocorrer problemas à massa, em que a linha de massa sobe significativamente em termos de tensão, provocando danos irreparáveis na instrumentação anexada a qualquer sensor ou fazendo com que utilizador possa ser electrocutado pelo contacto com a linha de massa.

Em segundo lugar, a linha de tensão de fornecimento pode falhar, provocando a sua subida novamente para uma alta tensão, o que resulta em danos no fornecimento energético ou no utilizador que desconhece a existência de alta tensão em qualquer cabo de alimentação ligado ao sensor.

Outro problema na utilização de baterias é que requerem ainda uma ligação de cabo galvânica e têm de ser recarregadas ou substituídas. Se, mais uma vez, ocorrer uma falha na central de alta tensão, isto representa uma preocupação de segurança do operador que muda ou recarrega as baterias.

Um objectivo de um aspecto da presente invenção é fornecer um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão capaz de simultaneamente medir os sinais de descarga parcial e a informação do ciclo de potência através de um único ponto de ligação com fonte de alta tensão.

Outro objectivo de um aspecto da presente invenção é fornecer um aparelho de monitorização do isolamento de alta tensão capaz de avaliar, estimar e classificar os sinais de descarga parcial de uma fonte de alta tensão.

Outro objectivo ainda de um aspecto da presente invenção é fornecer um aparelho de monitorização do isolamento de alta tensão que proporciona isolamento eléctrico a um utilizador, a alimentação remota e a activação remota do próprio aparelho de monitorização, quando o aparelho está ligado a uma fonte de alta tensão.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, é fornecida uma unidade de medição da impedância para usar dentro de um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão, em que a unidade de medição da

impedância compreende um canal de entrada para receber um sinal da tensão de entrada;

um primeiro ramo com um primeiro conjunto de componentes eléctricos, que exibem uma primeira impedância para um ou mais sinais de descarga parcial incluídos no sinal de tensão de entrada, e uma terceira impedância para um sinal de informação do ciclo de potência incluído no sinal de tensão de entrada; e

um segundo ramo, electricamente paralelo ao primeiro ramo, compreendendo um segundo conjunto de componentes eléctricos, que exibe uma segunda impedância para um ou mais sinais de descarga parcial incluídos no sinal da tensão de entrada, e uma quarta impedância para o sinal de informação do ciclo de potência;

em que a magnitude da primeira impedância é superior à magnitude da segunda impedância, de modo que um ou mais sinais de descarga parcial são preferencialmente transmitidos pelo segundo ramo, e em que uma magnitude da quarta impedância é superior à magnitude da terceira impedância, de modo que o sinal da informação do ciclo de potência é preferencialmente transmitido pelo primeiro ramo; e

em que o segundo ramo fornece uma medida da carga aparente de um ou mais sinais de descarga parcial.

Privilegiadamente, o segundo conjunto de componentes eléctricos compreende um filtro passa-banda de ordem múltipla, cuja saída responda a alterações de entrada de um ou mais sinais de descarga parcial.

Opcionalmente, o segundo ramo compreende ainda um amplificador de segundo ramo para amplificar um ou mais sinais de descarga parcial.

O primeiro ramo compreende também, preferencialmente, um filtro passa-banda de baixa frequência para filtrar ruído do sinal de informação do ciclo de potência.

Opcionalmente, o primeiro ramo compreende ainda um primeiro amplificador de ramo para amplificar o sinal de informação do ciclo de potência.

O primeiro conjunto de componentes eléctricos compreende, preferencialmente, um primeiro indutor e uma primeira capacitância disposta em série dentro do primeiro ramo. Em alternativa, o primeiro conjunto de componentes eléctricos compreende um primeiro indutor e um primeiro resistor disposto em série dentro do primeiro ramo.

Privilegiadamente, a unidade de medição da impedância compreende ainda um ou mais protectores de sobretensão incorporados paralelamente ao primeiro e segundo ramo para proporcionar protecção contra aumentos de tensão transitória para os componentes dentro do primeiro e segundo ramo.

Privilegiadamente, a unidade de medição da impedância compreende ainda um interruptor, localizado em paralelismo eléctrico com o primeiro ramo, em que quando o interruptor é activado ele desloca-se de uma posição aberta para uma posição fechada, de modo que o canal de entrada seja electricamente ligado ao primeiro e segundo ramo.

O interruptor compreende, preferencialmente, um interruptor de relé seleccionado a partir de um grupo com interruptor electromecânico, optomecânico, MEMS e estático.

A unidade de medição da impedância compreende também, preferencialmente, um terceiro ramo electricamente paralelo ao primeiro ramo, incluindo um terceiro conjunto de componentes eléctricos, que exibem a primeira impedância para um ou mais sinais de descarga parcial incluídos no sinal da tensão de entrada.

Privilegiadamente, o terceiro conjunto de componentes eléctricos exibe a terceira impedância para um sinal de informação do ciclo de potência incluído no sinal da tensão de entrada.

Opcionalmente, o terceiro conjunto de componentes eléctricos compreende um segundo indutor e uma segunda capacitância disposta em série dentro do terceiro ramo. Em alternativa, o terceiro conjunto de componentes eléctricos compreende um segundo indutor e um segundo resistor disposto em série dentro do terceiro ramo.

De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, é fornecido um circuito optoelectrónico para controlar uma unidade de medição da impedância de acordo com o primeiro aspecto, em que o circuito optoelectrónico compreende uma fonte de luz óptica utilizada para comunicar de forma óptica com um conversor de potência optoeléctrica, em que um ou mais conversores electro-ópticos estão dispostos de modo a obter potência do conversor de potência optoeléctrica, e em que um ou mais conversores electro-ópticos convertem uma saída eléctrica da unidade de medição da impedância num sinal óptico para transmitir para um local distante da unidade de potência de impedância.

O circuito optoelectrónico compreende ainda, preferencialmente, uma primeira fibra óptica que liga a fonte de luz óptica ao conversor de potência optoeléctrica.

O circuito optoelectrónico compreende ainda, preferencialmente, uma ou mais segundas fibras ópticas, que ligam um ou mais conversores electro-ópticos ao local remoto.

Privilegiadamente, o conversor de potência opto-eléctrico providencia meios para fornecer energia a um ou mais componentes da unidade de medição da impedância.

De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção, é providenciado um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão, que compreende uma unidade de medição da impedância de acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, um circuito optoelectrónico de acordo com o segundo aspecto da presente invenção, e um sistema de medição de dados remotamente ligado à unidade de medição da impedância através do circuito optoelectrónico.

Privilegiadamente, o sensor compreende também um conector, que providencia meios para ligar electricamente o canal de entrada da unidade de medição da impedância a uma distribuição eléctrica e/ou uma peça da central.

O conversor de potência optoeléctrico providencia, preferencialmente, meios para activar à distância um único interruptor de relé ou dois ou mais interruptores de relé em paralelo.

O conversor de potência optoeléctrico providencia, preferencialmente, meios para fornecer energia ao amplificador do primeiro e/ou segundo ramo.

Passamos a descrever as versões da presente invenção, apenas a título exemplificativo, fazendo referência às figuras em anexo, em que:

A Figura 1 apresenta um circuito eléctrico de um circuito de padrão básico EN/IEC 60270 utilizado na medição da descarga parcial;

A Figura 2 apresenta um circuito eléctrico de uma informação do ciclo de potência CA convencional e um divisor do sinal de descarga parcial;

A Figura 3 apresenta um circuito eléctrico de uma derivação do capacitor da técnica anterior utilizada para detectar informação do ciclo de potência CA e um sinal de descarga parcial;

A Figura 4 apresenta um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão de acordo com um aspecto da presente invenção;

A Figura 5 apresenta típicas reacções de forma de onda de saída do sensor, da esquerda para a direita, para tempos de subida de entrada da descarga parcial de 1ns, 100ns, 200ns, 500ns e 1000ns e em que os tempos de descida são:

(a) significativamente superiores aos respectivos tempos de subida; e
(b) iguais aos respectivos tempos de subida.

A Figura 6 apresenta uma versão alternativa do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão;

A Figura 7 apresenta uma versão alternativa de uma unidade de medição da impedância do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão da Figura 6; e

A Figura 8 apresenta o sensor de monitorização do isolamento de alta tensão da Figura 6 anexado, por exemplo, a uma derivação de casquilho de um transformador.

A Figura 4 apresenta um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18 de acordo com um aspecto da presente invenção. O sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18 pode compreender uma unidade de medição da impedância 19a, que providencia meios para monitorizar e processar um sinal de alta tensão de um sistema de produção, transmissão e distribuição ou de uma peça da central 20. Nesta Figura C_a, 21 representa a capacitância da distribuição eléctrica ou da peça da central por analisar. Também é apresentado um capacitor de acoplamento (C_k) 22, que corresponde à capacitância intrínseca da peça monitorizada (p. ex. um casquilho de transformador) ou um capacitor de alta tensão anexado e ligado à peça da central.

A unidade de medição da impedância 19a está ligada a um sistema de medição de dados 23 através de um circuito optoelectrónico 24, que fornece energia aos vários componentes do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18 e ao relé dos sinais de descarga parcial (V_{pd}), e informação do ciclo de potência (V_{ac}) para o sistema de medição de dados 23, como é mais abaixo descrito em detalhe. Uma vez recebido pelo sistema de medição

digital 23, são utilizadas técnicas de processamento de sinal padrão FFT (Transformações Rápidas de Fourier) para determinar a qualidade energética/conteúdo harmónico dos sinais e monitorizar e avaliar a informação do ciclo de potência. Os profissionais do ramo apreciam que também possam ser utilizadas técnicas alternativas de processamento de sinal para analisar os sinais de descarga parcial e a informação do ciclo de potência dentro do sistema de medição de dados 23.

Um componente que recebe energia do circuito optoelectrónico é um interruptor de relé remoto 25 localizado dentro da unidade de medição da impedância 19a. O interruptor de relé remoto 25 pode ter várias formas, como por exemplo electromecânica, optomecânica, MEMS, estática, etc. A operação do interruptor de relé remoto 25 também é descrita em detalhe mais abaixo.

A unidade de medição da impedância 19a é concebida para compreender uma série de componentes eléctricos dispostos em ramos separados. Dentro do primeiro ramo 26 da versão presentemente descrita encontra-se uma indutância L_{m1}27 colocada em série com uma capacitância C_{m1} 28. O primeiro ramo 26 compreende ainda um filtro de frequência passa-baixo 29 e um amplificador do primeiro ramo 30. Um segundo ramo 31 compreende um filtro passivo de ordem n 32 (p. ex. um filtro Butterworth ou gaussiano) e um amplificador do segundo ramo 33. Há um descarregador 34 incorporado em paralelo com os componentes do primeiro 26 e segundo ramo 31 para proporcionar protecção a estes componentes contra as fortes subidas de tensão transitória.

Os componentes LC 27 e 28 são escolhidos de modo que, quando um sinal de entrada contém um componente de alta

frequência, isto é, um sinal de descarga parcial (com uma frequência > 1MHz), então a combinação de série fornece um caminho de alta impedância (~10s de KOhms) a estes sinais e, assim, eles são preferencialmente transmitidos ao segundo ramo 31 de baixa impedância (~100 Ohms). Para sinais de baixa frequência, isto é, frequências de ciclo de potência de 50Hz ou 60Hz, a combinação de série LC, 27 e 28, fornece um caminho de baixa impedância (~100 Ohms) comparado com o segundo ramo (~10S de kOhms) e, assim, os sinais são preferencialmente transmitidos através do primeiro ramo 26. Na versão presentemente descrita, o indutor L_{m1} 27 possui um valor de 1 miliHenry, enquanto o capacitor C_{m1} 28 possui um valor de 20µF. Deste modo, o sinal de descarga parcial e a informação do ciclo de potência (e os seus harmónicos associados) são separados em segundo 31 e primeiro ramo 26, respectivamente, possibilitando assim a sua simultânea medição independente de um único ponto de ligação através de C_a 21, como é descrito em detalhe mais abaixo. A reacção de saída do primeiro 26 ou do segundo ramo 31 pode ser mais amplificada antes da transmissão para medição, pelo amplificador do primeiro ramo 30 ou pelo amplificador do segundo ramo 33, respectivamente.

É fornecida energia aos vários componentes do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18 através do circuito optoelectrónico 24. Este circuito compreende um laser de fibra óptica 35 capaz de fornecer 5 Watts de energia, que é ligado a um conversor de potência optoeléctrica 36. Entre a saída do amplificador do primeiro ramo 30 e o sistema de medição de dados 23 encontra-se um primeiro conversor electro-óptico 37a, uma primeira fibra

óptica 38a e um primeiro conversor optoeléctrico 39a. De igual modo, encontra-se também um segundo conversor electro-óptico 37b, uma segunda fibra óptica 38b e um segundo conversor opto-eléctrico 39b entre a saída do amplificador do segundo ramo 33 e o sistema de medição de dados 23.

O conversor de potência optoeléctrica 36 fornece a energia (~750mW) aos conversores electro-ópticos 37a e 37b para permitir a transmissão da informação do ciclo de potência e dos sinais de descarga parcial pelas fibras ópticas 38a e 38b, respectivamente, para o seu conversor optoeléctrico associado 39a e 39b e para o sistema de medição de dados 23.

A Figura 4 mostra que o conversor de potência optoeléctrica 36 também fornece a energia necessária (~150 mW) para operar o interruptor de relé remoto 25. Na prática, o interruptor de relé remoto 25 funciona do seguinte modo. Com o arranque, a potência aplicada ao interruptor de relé remoto 25 automaticamente comuta o dispositivo para o estado de sensor activado. Com o corte da alimentação, a tensão de controlo comuta automaticamente o interruptor de relé remoto 25 para um estado desactivado ou de curto-circuito do sensor. Assim sendo, a função do interruptor de relé remoto 25 é engatar a unidade de medição da impedância 19a para permitir a realização de medições ou desligá-la para fazer um curto-circuito pela entrada da unidade de medição da impedância 19a. Esta última condição permite efectivamente que a peça em análise funcione sem sensor no local e, por conseguinte, no seu estado operacional normal.

Uma função secundária do interruptor de relé remoto 25 é que, pelo facto de proporcionar um caminho de impedância zero no estado desactivado, ele providencia um nível adicional de segurança aos componentes do sensor 18 contra correntes transitórias muito grandes, que podem chegar durante a operação normal da peça em análise quando não estão a ser feitas medições. Efectivamente, o sensor 18 só está activado quando são exigidas medições, caso contrário o sensor está desactivado ou desligado do circuito.

A utilização do circuito optoelectrónico 24 providencia várias vantagens significativas sobre circuitos unicamente com base em componentes eléctricos. Em primeira instância, é obtido um isolamento eléctrico completo da unidade de medição da impedância 19a quando, anexado à peça de alta tensão, a condição da peça estiver a ser monitorizada. Além disso, a utilização do circuito optoelectrónico 24 confere a capacidade de fornecer energia à distância aos componentes do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18, utilizando meios electricamente isolados, isto é, o laser de fibra óptica 35. Para além disso, a combinação do laser de fibra óptica 25 e do interruptor de relé 25 permite providenciar sinais ao sensor 18 apenas quando são exigidas medições. A utilização de fibras ópticas 38a e 38b permite transmitir com segurança a informação do ciclo de potência e os sinais de descarga parcial ao sistema de medição de dados 23, que pode encontrar-se num local remoto. Por fim, só é preciso um elemento de comutação se utilizar as fibras ópticas 38a e 38b para transmitir os sinais para medir. O interruptor 25 permanece na posição fechada até ao arranque óptico

quando muda automaticamente para a sua posição aberta, activando assim o sensor 18.

Medição da Descarga Parcial

Um problema conhecido na medição da descarga parcial é o facto de ser dispendioso tirar digitalmente amostras de impulsos muito rápidos. Neste sentido, o segundo ramo 31 da unidade de medição da impedância 19a providencia uma saída de reacção de impulsos de uma impedância, de modo que os sinais de descarga parcial de alta frequência possam ser convertidos numa saída sinusoidal de reacção lenta, permitindo assim a medição e análise com equipamento digital económico e mais lento para tirar amostras, isto é, com esses componentes dentro do sistema de medição de dados 23.

São os efeitos combinados do filtro passa-banda de ordem n 32, que em combinação com os componentes LC, 27 e 28, do primeiro ramo, formam efectivamente um filtro passa-banda que interage para integrar o sinal de descarga parcial para produzir a carga total envolvida na descarga parcial, isto é, uma medida da carga aparente. Por outras palavras, os componentes LC, 27 e 28, do primeiro ramo 26 e o filtro passa-banda de ordem n 32 são designados para providenciar um filtro passa-banda geral. É o design desta combinação de filtro que é crítico em assegurar que a unidade de medição da impedância 19a seja capaz de separar a informação do ciclo de potência e os seus harmónicos no primeiro ramo 26, e produzir um impulso de reacção de descarga parcial de alta frequência, cujo valor de pico descreve a carga aparente dentro do segundo ramo 31.

Além disso, sabe-se que um design apropriado do filtro passa-banda de ordem n 32 pode tornar a medição do sinal de descarga parcial sensível às alterações de entrada das correntes de descarga parcial de entrada. As descargas parciais, assim como, os sinais de ruído transitórios podem variar em relação ao seu tempo de subida e tempo de descida. Estas alterações são indicativas de diferentes mecanismos de fonte de descarga parcial ou mesmo diferentes locais de descargas parciais, que ocorrem numa amostra ou peça da central em análise, em que esta última situação frequentemente provoca tempos de subida e de descida mais lentos para acontecimentos de descarga parcial, devido a perdas de propagação num sistema de medição. Por conseguinte, o filtro passa-banda de ordem n 32 foi escolhido porque a sua reacção intrínseca é sensível a alterações nas formas de ondas da descarga parcial de entrada, mas estas alterações continuam no domínio do equipamento de digitalização do sistema de medição de dados 23.

A saída da descarga parcial V_{pd} da unidade de medição da impedância 19a também pode ser calibrada para diferentes formas de ondas de entrada, ou seja, tempos de subida rápidos, tempos de descida, etc. com características chave da forma de onda de saída a determinarem a forma do sinal de entrada. As características chave utilizadas para caracterizar a forma de onda de saída incluem o número de picos (N), os valores de pico (V_{p1}, V_{p2} etc.), os valores do tempo de pico referenciado desde o início da forma de onda (T_{P1}, T_{P2} etc.), os tempos de passagem zero referenciados desde o início da forma de onda (T_{Z1}, T_{Z2}, etc.) e a duração total da forma de onda (T_d). A partir destes valores podem

realizar-se outras avaliações normalizadas para caracterizar classificações de formas de onda de saída e ajudar a monitorizar ou determinar variações de formas de ondas. Por exemplo, foram utilizados os seguintes parâmetros para descrever e caracterizar a forma de onda e a sua variabilidade:

Razão dos valores do sinal de pico, isto é, V_{p2}/V_{p1}, V_{p3}/V_{p1}, V_{p3}/V_{p2} etc.

Razão dos valores de pico dos tempos, isto é, T_{p2}/T_{p1}, T_{p3}/T_{p1}, T_{p3}/T_{p2} etc.

Razão dos tempos de passagem zero, isto é, T_{z2}/T_{z1}, T_{z3}/T_{z1}, T_{z3}/T_{z2} etc.

Razão dos tempos de pico para com a duração total da forma de onda, isto é, $Tp1/T_d$, T_{P2}/T_d etc.

Razão dos tempos de passagem zero para com a duração total da forma de onda, isto é, T_{z1}/T_d, T_{z2}/T_d etc.

Os parâmetros acima mencionados e a medição das suas variações, providenciam meios para avaliar, estimar e classificar sinais de descarga parcial medidos pelo sensor 18.

A Figura 5 mostra exemplos de típicas formas de onda de saída para diferentes sinais de tempos de subida e de descida de entrada, que representam diferentes sinais de descarga parcial. Mais especificamente, a Figura 5(a) mostra a influência sobre a forma de onda de saída V_{pd} para

tempos de subida de entrada de descarga parcial de 1ns, 100ns, 200ns, 500ns e 1000ns, e tempos de descida, que são muito maiores do que estes respectivos tempos de subida. Nesta figura, as formas de onda são amortecidas e ampliadas à medida que o tempo de subida aumenta. Por conseguinte, a maior forma de onda do sinal de pico corresponde ao tempo de subida de 1ns, e o menor sinal de pico corresponde ao tempo de subida de 1000ns. Em alternativa, a Figura 5(b) ilustra as variações da forma de onda de saída para sinais de descarga parcial simétrica, isto é, aqueles com o mesmo tempo de subida e de descida. Os valores dos tempos de subida e de descida para as formas de onda na Figura 5(b) são 1ns, 100ns, 200ns, 500ns e 1000ns. Nesta figura, as durações de forma de onda aumentam à medida que os tempos de subida e de descida aumentam. Por exemplo, a forma de onda de menor duração corresponde aos tempos de subida e de descida de 1ns, e as formas de onda de maior duração correspondem aos tempos de subida e de descida de 1000ns.

Em ambos os casos, as formas de onda podem ser designadas para terem uma muito menor duração se desejar (p. ex. cobrir até descer para 100ps), dependendo do custo ou dispêndio da amostragem de dados que será utilizada. As formas de onda apresentadas nas Figuras 5(a) e 5(b) mostram claramente que as diferenças nos parâmetros de forma de característica chave das formas de onda de saída, como acima definido, reflectem e classificam diferentes formas de alterações que ocorrem na entrada, seja de diferentes mecanismos de descarga parcial ou de sinais de descarga parcial, que perderam energia significativa depois de propagar através de enrolamentos etc.

Medição da Informação do Ciclo de Potência

Como acima descrito, o design da unidade de medição da impedância 19a é tal que a corrente da informação do ciclo de potência passa pelos componentes LC 27 e 28 localizados dentro do primeiro ramo 26 devido ao seu caminho de baixa resistência dentro do design do circuito. A tensão através de C_{m1} 28 é alimentada para fora como uma medida do ciclo de potência e antes de ser passada pelo filtro passa-baixo 29 para remover o ruído excessivo. Esta tensão pode situar-se, através do design, dentro de uma gama apropriada para medição. Na prática, foram empregues gamas inferiores a 1 V até alguns volts. Note-se também que um design cuidadoso permite que a tensão através de C_{m1} 28 esteja exactamente em fase com a informação do ciclo de potência.

A Figura 6 apresenta uma versão alternativa do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18b. Esta versão é idêntica à apresentada na Figura 4 e é descrita em pormenor em cima. No entanto, nesta versão a unidade de medição da impedância 19b compreende ainda um terceiro ramo 26b, paralelamente ao primeiro ramo 26, que engloba uma indutância L_{m2}27b e uma capacitância C_{m2} 28b. Além disso, há também um segundo descarregador 34b incorporado paralelamente aos componentes do primeiro 26, segundo 31 e terceiro ramo 26 para proporcionar uma protecção adicional aos vários componentes contra aumentos transitórios de tensão. Deste modo, se um dos descarregadores 34 falhar, existe ainda um instrumento de protecção de reserva.

De modo idêntico ao primeiro ramo 26, o terceiro ramo 26b exibe uma alta impedância (~10s de kOhms) até sinais de alta frequência, isto é, sinais de descarga parcial (com

frequências > 1 MHz). A utilização do terceiro ramo 26b permite apenas a potencial falha de um dos componentes de indutância, 27 ou 27b, ou dos componentes de capacitância, 28 e 28b, para continuarem a garantir o funcionamento correcto do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18b.

A Figura 7 apresenta uma versão alternativa da unidade de medição da impedância 19c do sensor de monitorização do isolamento de alta tensão da Figura 6. Nesta versão, os descarregadores 34 foram substituídos por protectores de sobretensão MOV 40. Os profissionais do ramo apreciam o facto dos descarregadores 34 ou protectores de sobretensão MOV 40 poderem, em alternativa, ser substituídos por qualquer outra forma adequada de protectores de sobretensão.

O sensor de monitorização do isolamento de alta tensão 18 ou 18b pode ser ligado directamente à derivação de casquilho ou a outro equipamento de alta tensão, como um transformador de potência, ou dentro de qualquer disposição de medição típica EN/IEC60270. A Figura 8 demonstra um exemplo de anexação do transformador 41, em que o casquilho do transformador 41 providencia a capacitância de acoplamento (normalmente associada à unidade de medição da impedância 19b), assim como, uma capacitância shunt à terra. A unidade de medição da impedância 19b é ligada através de uma adequada caixa do conector de derivação 42. Esta disposição possibilita a descarga parcial por sincronizar com a fase relevante do transformador 41. A informação do ciclo de potência também pode ser monitorizada simultaneamente para a qualidade energética ou variações na capacidade do casquilho.

Também se pode adoptar uma série de versões alternativas às já descritas. Por exemplo, os elementos de capacitância C_m, 28 e 28b, do primeiro 26 e terceiro ramo 26b podem, em alternativa, compreender um elemento de resistência R_m. O factor crítico é, mais uma vez, que os componentes de série LR são escolhidos, de modo que quando um sinal contém um componente de alta frequência, isto é, um sinal de descarga parcial, a combinação fornece um caminho de alta impedância a estes sinais e eles são alimentados para dentro do segundo ramo de baixa impedância 31. Note-se que no caso de uma combinação LR, a tensão através de R é alimentada para fora como uma medida do ciclo de potência. Esta tensão pode, através de uma escolha apropriada, estar 90° fora da fase com o ciclo de potência. São, assim, requeridos apropriados circuitos de deslocação da fase para serem incorporados se a técnica de processamento de sinal requerer uma deslocação da fase zero.

Noutra versão, o interruptor de relé 25 pode ser substituído por um ou mais interruptores de relé em paralelo. Isto permite outra redundância ao interruptor para ligar e desligar o sensor. Se um interruptor não conseguir fechar, o outro desliga o sensor. Se um interruptor não conseguir abrir, o sensor continua a ser desligado com segurança e permanentemente.

Nas versões acima descritas, o circuito optoelectrónico 24 fornece a potência necessária a todos os componentes do sensor 18. Os profissionais do ramo apreciam o facto das baterias poderem ser utilizadas como uma fonte alternativa de potência para um ou mais componentes do sensor 18, por exemplo os amplificadores 30 e 33. No

entanto, a desvantagem de ter de recarregar baterias em ambientes de alta tensão, assim como, o tempo limitado da potência disponível das alimentações a bateria torna esta opção menos atraente.

Note-se ainda que os princípios do circuito optoelectrónico 24 podem ser aplicados directamente para fornecer energia a muitos dos sistemas da técnica anterior anteriormente descritos. Por exemplo, o circuito optoelectrónico 24 pode ser incorporado nos sistemas padrão EN/IEC60270 da Figura 1, em que o sinal de descarga parcial através da impedância Z, 4 pode ser transmitido com segurança através de uma fibra óptica.

Apesar de ter sido descrito em relação à monitorização de um transformador de alta tensão, o sensor pode ser utilizado, de modo idêntico, para monitorizar a existência e variabilidade de impulsos de corrente rápidos ou outro qualquer equipamento. Algum equipamento exemplar inclui, sem se limitar, a monitorização da perfuração electroquímica, descargas eléctricas da máquina e impulsos transitórios nas linhas de fornecimento de tensão.

O sensor de monitorização do isolamento de alta tensão acima descrito apresenta várias vantagens em relação aos sistemas já conhecidos. Em primeira instância, o sensor descrito requer apenas um único ponto de ligação e providencia um sistema de medição, que permite a medição simultânea de sinais de descarga parcial e a informação do ciclo de potência através da amostra em análise (isto é, através de C_a). A informação do ciclo de potência pode ser utilizada para referenciar a fase de acontecimentos de descarga parcial para permitir outra interpretação e caracterização destes sinais. Isto é conseguido sem ter de

usar equipamento dispendioso para monitorizar variações em acontecimentos individuais de descarga parcial. As alterações na natureza de acontecimentos individuais de descarga parcial podem ser categorizadas pelas alterações nos parâmetros da forma de onda característica da saída do sensor.

A informação do ciclo de potência pode ser utilizada para monitorizar a qualidade do ciclo de potência. Esta provisão também elimina a necessidade de muitos dos presentes sistemas comerciais de descarga parcial para referenciar a fase de outra fonte, como por exemplo uma fonte de alimentação local. Uma vez que a referência da fase de uma fonte independente e separada normalmente providencia uma deslocação de fase, que não é exactamente conhecida, as interpretações baseadas nestas referências de fase incorrectas são frequentemente erradas. É, por isso, obviamente benéfico ser capaz de obter uma medição simultânea da informação do ciclo de potência.

Além disso, é evidente para os profissionais do ramo que, se estiverem disponíveis múltiplos pontos de fixação (p. ex. múltiplos casquilhos de um transformador) numa amostra específica de teste, podem obter-se múltiplos pontos de monitorização da informação do ciclo de potência de 50Hz através da amostra de teste, utilizando para isso múltiplos sensores de monitorização do isolamento de alta tensão. A utilização de múltiplos pontos de ligação para simultaneamente monitorizar a informação do ciclo de potência de uma amostra de teste pode ser uma outra forma de diagnóstico para monitorizar a operação correcta dos pontos de ligação da amostra de teste.

Considere o caso, em que três ou mais casquilhos de um transformador são monitorizados simultaneamente por três ou mais sensores de monitorização do isolamento de alta tensão. Uma alteração nas propriedades do volume do casquilho é indicada pela alteração na tensão medida e/ou a fase da correspondente informação do ciclo de potência 50Hz. Assim sendo, quando três ou mais casquilhos são monitorizados simultaneamente, é possível identificar a alteração relativa na capacitância do volume (ou tan Δ) de qualquer um dos casquilhos. Se esta alteração relativa ficar acima de um nível pré-determinado, isto é indicativo de se ter desenvolvido uma falha, que requer uma acção reparadora.

O fornecimento de energia à distância através da tecnologia óptica de fibras também oferece vantagens adicionais. Mais especificamente, este tipo de disposição confere a um utilizador um isolamento eléctrico melhorado entre o aparelho de alta tensão em análise e o próprio sensor.

De modo idêntico, a utilização do interruptor de relé remoto permite activar/comutar automaticamente o sistema do sensor apenas quando o sensor arranca, ou seja, quando se têm de tomar medidas. O relé remoto também desliga automaticamente ou curto-circuita o sistema do sensor quando o sensor se desliga para proteger ainda mais o sensor contra as consequências de aumentos transitórios e sobretensões, que normalmente ocorrem durante uma operação a longo prazo da peça ou amostra da central em análise. Isto também prolonga a vida útil do sensor.

DOCUMENTOS APRESENTADOS NA DESCRIÇÃO

Esta lista dos documentos apresentados pelo requerente foi exclusivamente recolhida para informação do leitor e não faz parte do documento europeu da patente. Apesar de ter sido elaborado com o máximo cuidado, o IEP não assume, porém, qualquer responsabilidade por eventuais erros ou omissões.

Documentos da patente apresentados na descrição

US 6088205 A
US 3622872 A
US 4757263 A
US 6028430 A
US 5247258 A
US 6313640 B
US 6433557 B
US 6489782 B
US 6504382 B
US 6580276 B

Lisboa, 16/06/2010

REIVINDICAÇÕES

1. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) para monitorizar a condição do isolamento de alta tensão de um sistema eléctrico (20), compreendendo uma unidade de medição da impedância (19a), em que esta inclui:

um canal de entrada para receber um sinal da tensão de entrada do sistema eléctrico;

um primeiro ramo (26) com um primeiro conjunto de componentes eléctricos, que exibem uma primeira impedância para um ou mais sinais de descarga parcial incluídos no sinal de tensão de entrada, e uma terceira impedância para um sinal de informação do ciclo de potência incluído no sinal de tensão de entrada; e

um segundo ramo (31), electricamente paralelo ao primeiro ramo, compreendendo um segundo conjunto de componentes eléctricos, que exibe uma segunda impedância para um ou mais sinais de descarga parcial incluídos no sinal da tensão de entrada, e uma quarta impedância para o sinal de informação do ciclo de potência;

em que a magnitude da primeira impedância é superior à magnitude da segunda impedância, de modo que um ou mais sinais de descarga parcial são preferencialmente transmitidos pelo segundo ramo (31), e em que uma magnitude da quarta impedância é superior à magnitude da terceira impedância, de modo que o sinal da informação do ciclo de potência é preferencialmente transmitido pelo primeiro ramo (26); e

em que o segundo ramo (31) fornece uma medição da carga aparente de um ou mais sinais de descarga parcial.

2. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com a reivindicação 1, em que o segundo conjunto de componentes eléctricos inclui um filtro passa-banda de ordem múltipla (32), cuja saída reage às alterações de entrada de um ou mais sinais de descarga parcial.

3. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que o primeiro conjunto de componentes eléctricos inclui um primeiro indutor (27) e uma primeira capacitância (28) em série dentro do primeiro ramo (26).

4. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, em que o primeiro conjunto de componentes eléctricos inclui um primeiro indutor e um primeiro resistor em série dentro do primeiro ramo (26).

5. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que a unidade de medição da impedância (19a) compreende ainda um ou mais protectores de sobretensão (40) incorporados em paralelo com o primeiro (26) e o segundo (31) ramos para proporcionar protecção contra sobretensões transitórias no sinal de tensão de entrada para os componentes no primeiro e segundo ramo.

6. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que a unidade de medição da impedância compreende também um terceiro ramo (26b), electricamente paralelo ao primeiro ramo (26), incluindo um terceiro conjunto de componentes eléctricos, que exibem a primeira impedância para um ou mais sinais de descarga parcial incluídos no sinal da tensão de entrada.

7. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com a reivindicação 6, em que o terceiro conjunto de componentes eléctricos exibe a terceira impedância para um sinal de informação do ciclo de potência contido no sinal da tensão de entrada.

8. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com as reivindicações 6 ou 7, em que o terceiro conjunto de componentes eléctricos compreende um segundo indutor (27b) e uma segunda capacitância (28b) em série no terceiro ramo (26b).

9. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com as reivindicações 6 ou 7, em que o terceiro conjunto de componentes eléctricos compreende um segundo indutor e um segundo resistor em série no terceiro ramo (26b).

10. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que o sensor de monitorização do isolamento

de alta tensão (18) compreende ainda um circuito optoelectrónico (24) para controlar a unidade de medição da impedância (19a).

11. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com a reivindicação 10, em que o circuito optoelectrónico (24) compreende uma fonte de luz óptica (35) utilizada para comunicar opticamente com um conversor de potência optoeléctrica (36), encontrando-se um ou mais conversores electro-ópticos (37, 37b) dispostos de modo a obter energia do conversor de potência optoeléctrica (36,) sendo que um ou mais conversores electro-ópticos convertem uma saída eléctrica da unidade de medição da impedância num sinal óptico para transmitir para um local remoto em relação à unidade da potência da impedância.

12. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com a reivindicação 11, em que o circuito optoelectrónico (24) compreende ainda uma primeira fibra óptica (38) que liga a fonte de luz óptica (35) ao conversor de potência optoeléctrica (36).

13. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com a reivindicação 11 ou 12, em que o circuito optoelectrónico (24) compreende ainda uma ou mais segundas fibras ópticas (38b) que ligam um ou mais conversores electro-ópticos (37, 37b) ao local remoto.

14. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 13, em que o conversor de potência optoeléctrica (36)

disponibiliza meios para fornecer energia a um ou mais componentes da unidade de medição da impedância (19).

15. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações de 10 a 14, em que este sensor (18) compreende ainda um sistema de medição de dados (23) ligado remotamente à unidade de medição da impedância (19) através do circuito optoelectrónico (24).

16. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, em que este sensor (18) compreende ainda um conector que disponibiliza meios para ligar electricamente o canal de entrada da unidade de medição da impedância a uma distribuição eléctrica ou a uma peça da central (20).

17. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações de 11 a 16, em que o conversor de potência optoeléctrico (36) disponibiliza meios para activar remotamente um ou mais interruptores de relé electricamente paralelos ao primeiro ramo (26), que quando um ou mais interruptores são activados, desloca-se de uma posição aberta para uma posição fechada, de modo que o canal de entrada seja electricamente ligado ao primeiro (26) e segundo (31) ramos.

18. Um sensor de monitorização do isolamento de alta tensão (18) de acordo com qualquer uma das reivindicações 11 a 17, em que o conversor de potência optoeléctrica (36)

disponibiliza meios para forn$ecer energia a um amplificador no primeiro (26) ou segundo (31) ramo.

Lisboa, 16/06/2010

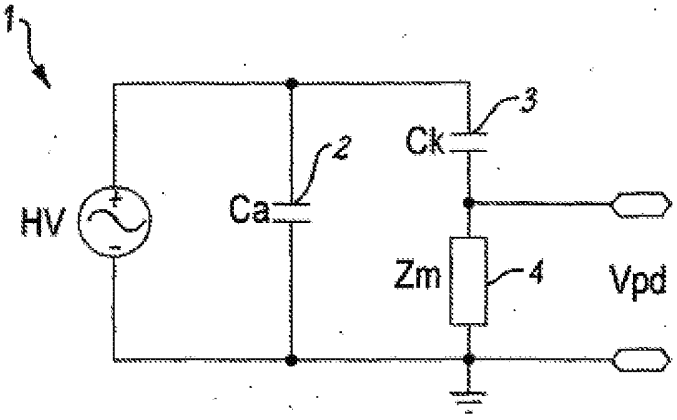

Fig. 1
Técnica Anterior

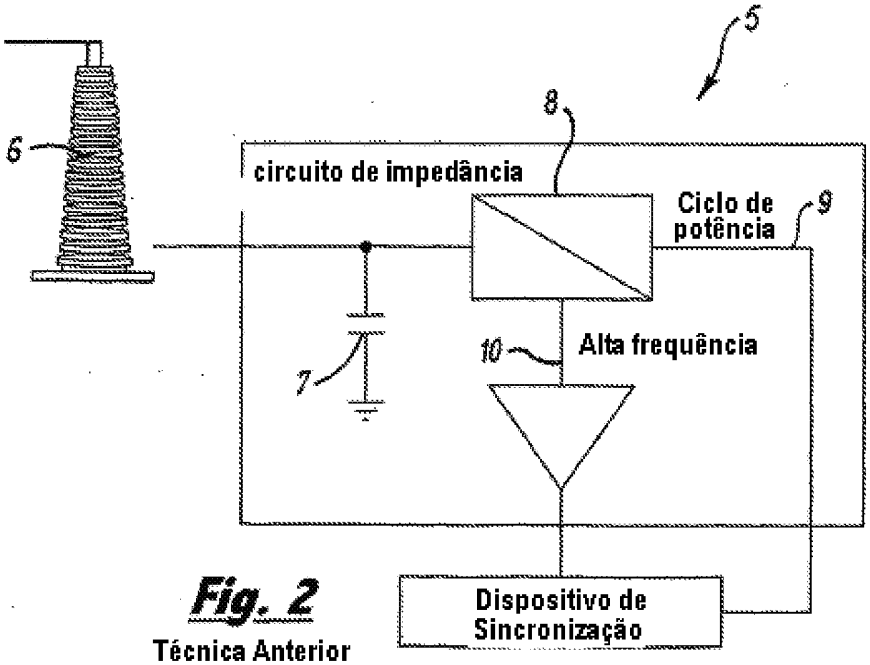

Fig. 2
Técnica Anterior

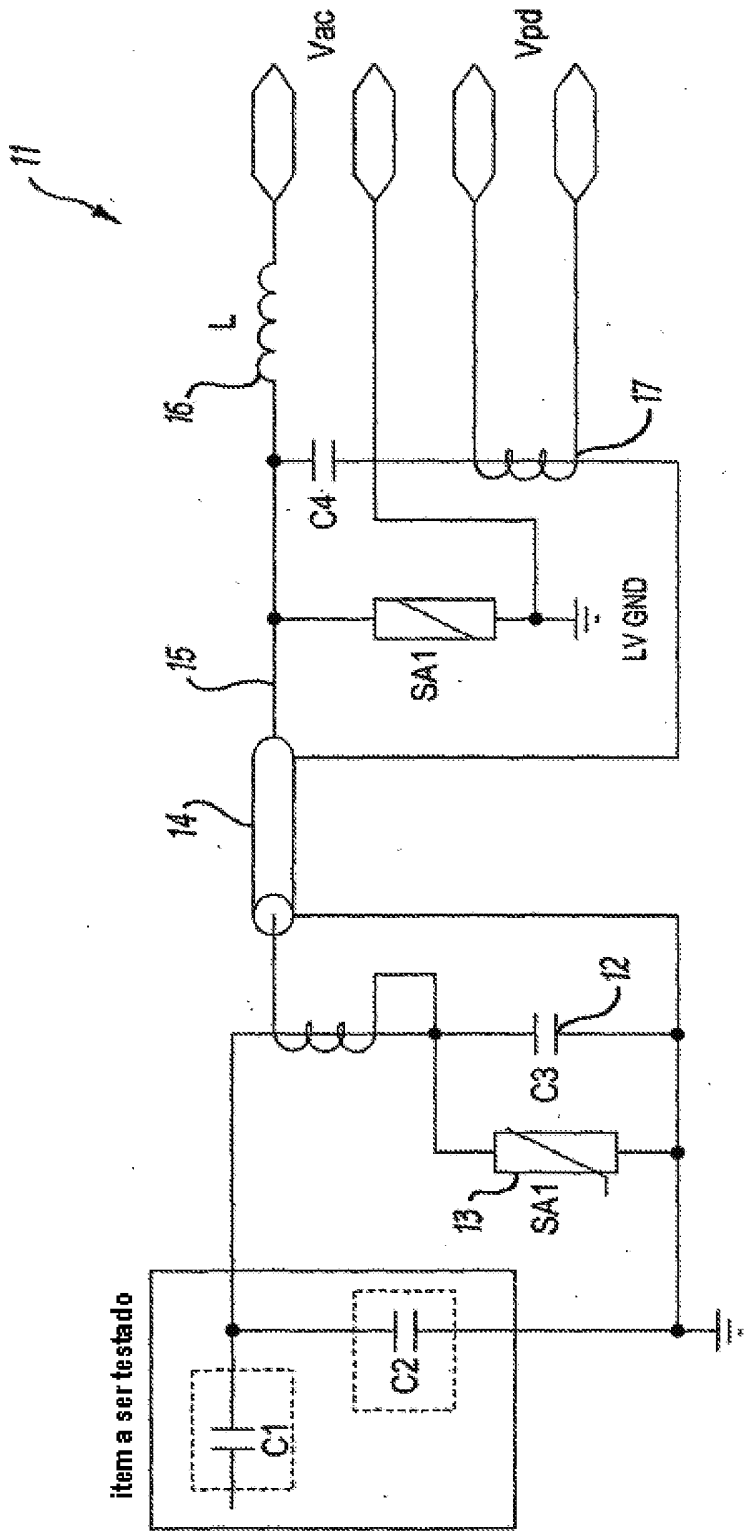

Fig. 3
Técnica anterior

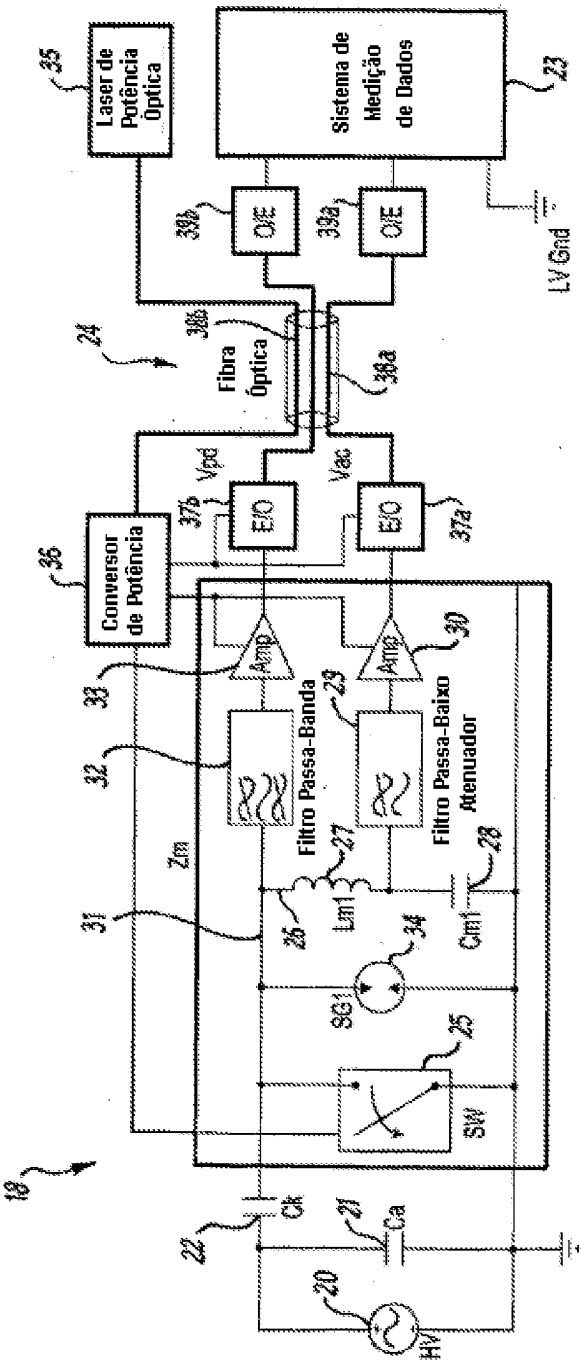
Laser de Potência Óptica
Sistema de Medição de Dados
OIE
OIE
LV Gnd
Fibra Óptica
E/O
E/O
Conversor de Potência
Amp
Amp
Filtro Passa-Banda
Filtro Passa-Baixo Atenuador
Zlm
Lm1
Cm1
SG1
SW
Ck
Ca
HV
HV Gnd

Fig. 4

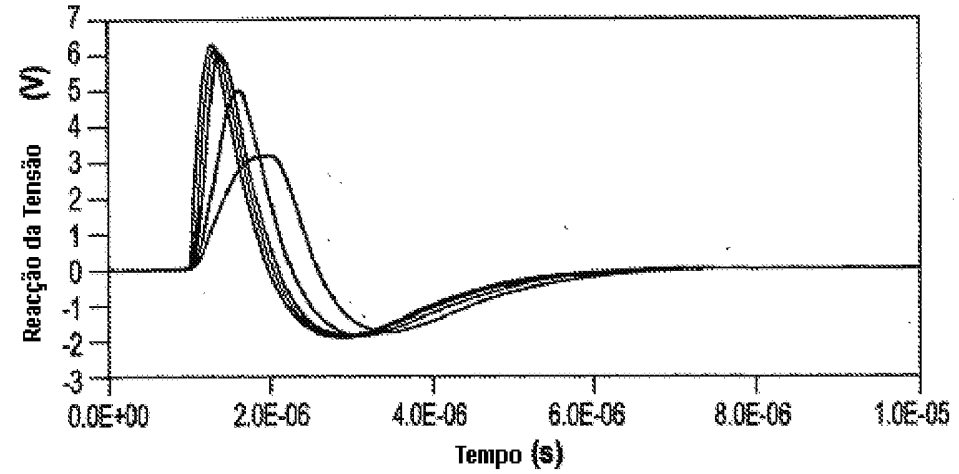
Reacção da Tensão (V)
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
0.0E+00
2.0E-06
4.0E-06
6.0E-06
8.0E-06
1.0E-05
Tempo (s)

Fig. 5(a)

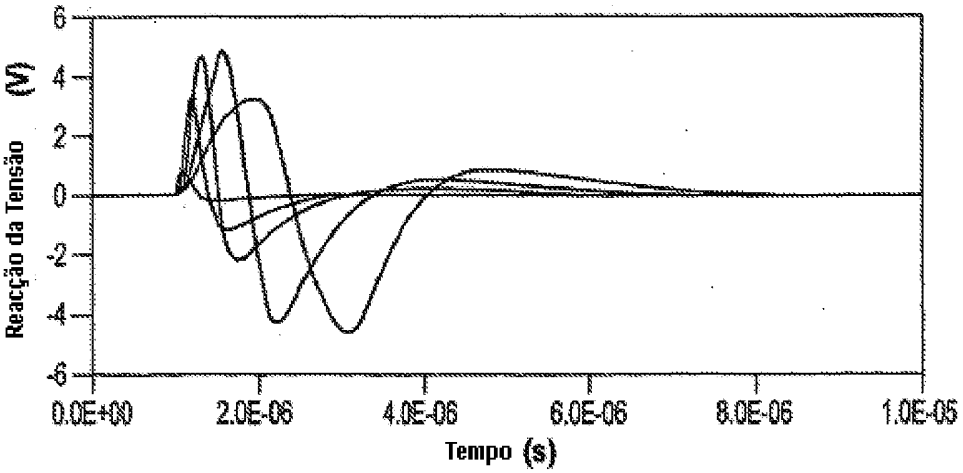
Reacção da Tensão (V)
6
4
2
0
-2
-4
-6
0.0E+00
2.0E-06
4.0E-06
6.0E-06
8.0E-06
1.0E-05
Tempo (s)

Fig. 5(b)

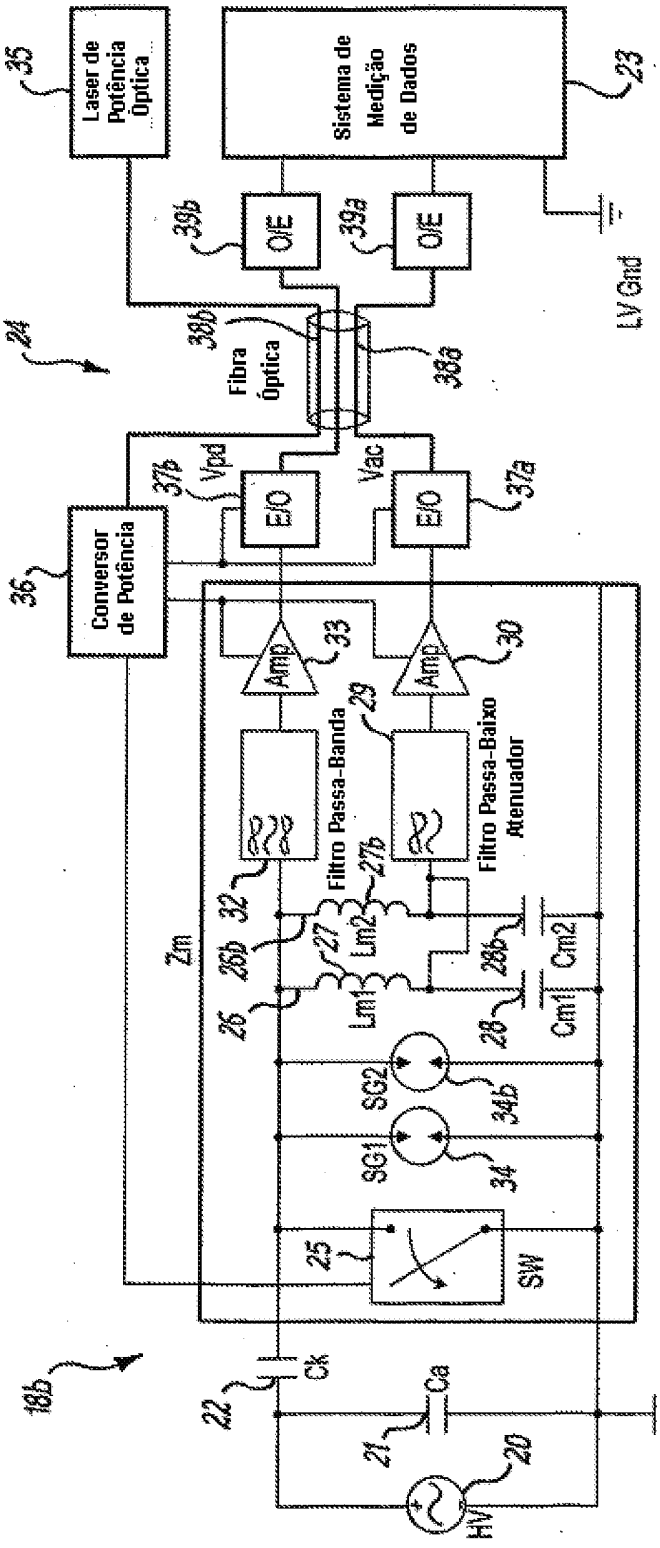
Laser de Potência Óptica
35
Sistema de Medição de Dados
23
O/E
39b
O/E
39a
LV Gnd
24
38b
Fibra Óptica
38a
Vpd
37b
Vac
37a
E/O
E/O
Conversor de Potência
36
Amp
33
Amp
30
Filtro Passa-Banda
29
Filtro Passa-Baixo Atenuador
32
27b
27
Lm2
28b
Cm2
Zm
26b
Lm1
26
28
Cm1
SG2
34b
SG1
34
25
SW
18b
Ck
22
Ca
21
20
HV
HV Gnd
19b

Fig. 6

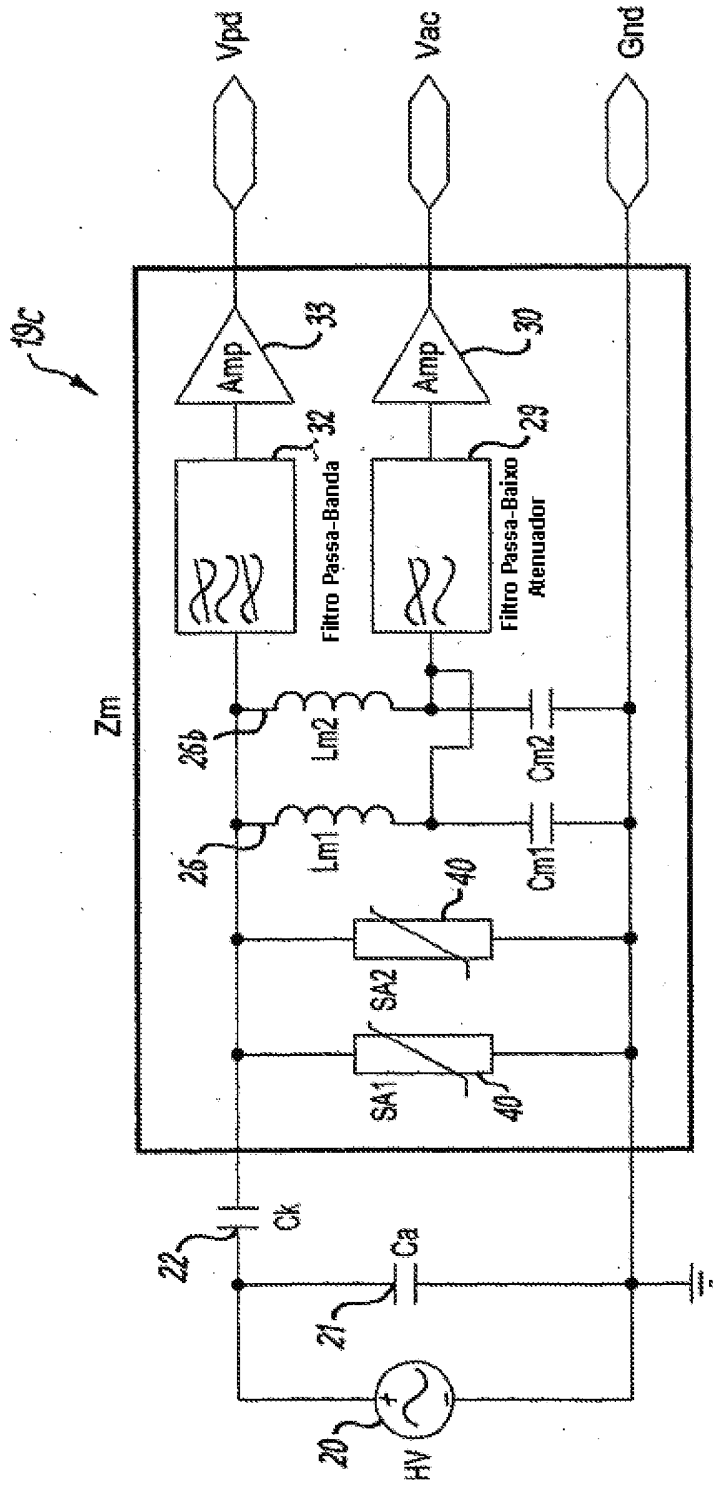
19c
Vpd
Vac
Gnd
Amp
33
Amp
30
32
29
Filtro Passa-Banda
Filtro Passa-Baixo
Atenuador
Zm
26b
Lm2
Cm2
26
Lm1
Cm1
40
SA2
SA1
40
22
Ck
Ca
21
20
HV

Fig. 7

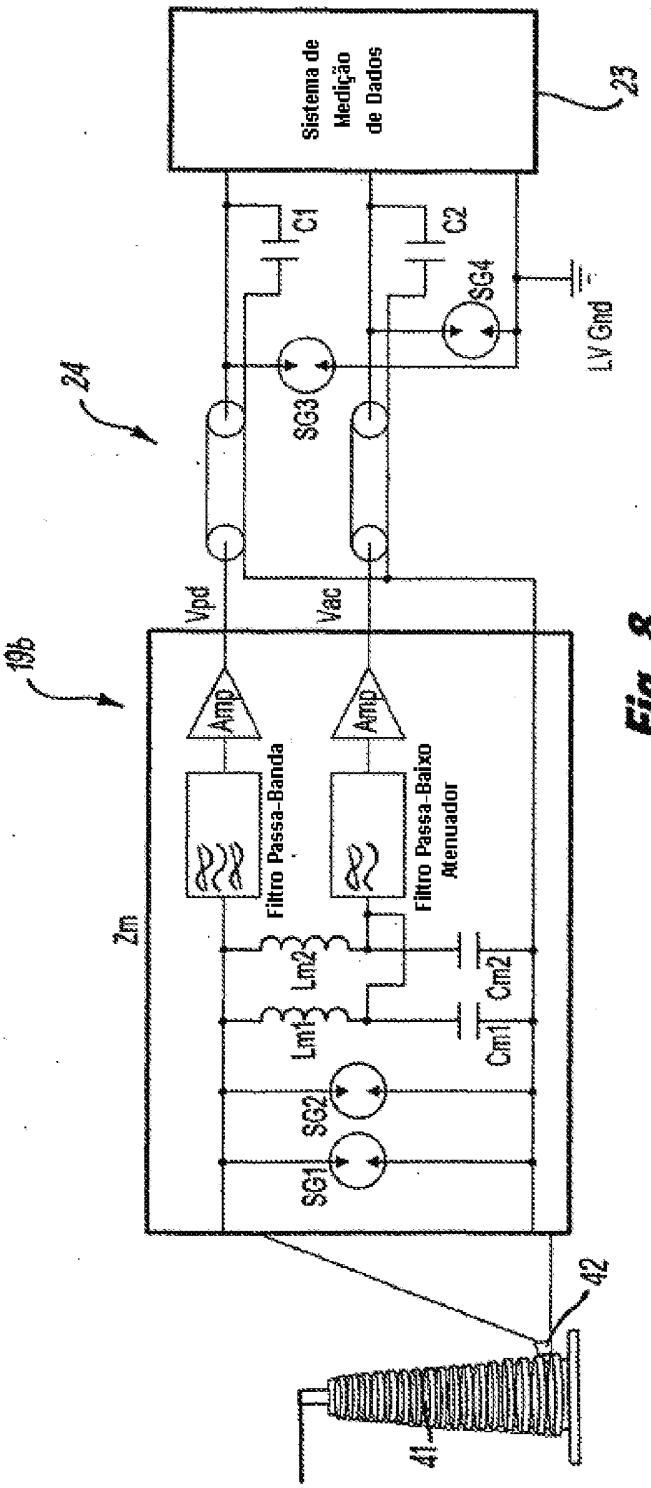
Sistema de Medição de Dados
23
C1
C2
SG4
LV Gnd
24
SG3
Vpd
Vac
19b
Amp
Amp
Filtro Passa-Banda
Filtro Passa-Baixo Atenuador
Zm
Lm2
Lm1
Cm2
Cm1
SG2
SG1
42
41

Fig. 8