



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

(11) PI 0915100-1 B1



(22) Data do Depósito: 11/06/2009

(45) Data de Concessão: 29/09/2020

(54) Título: DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA DETECÇÃO DE DESCARGAS PARCIAIS

(51) Int.Cl.: G01R 31/12.

(30) Prioridade Unionista: 11/06/2008 IT rm2008a000304.

(73) Titular(es): PRYSMIAN S.P.A.

(72) Inventor(es): ANTONIO DI STEFANO; ROBERTO CANDELA; GIUSEPPE COSTANTINO GIACONIA; GIUSEPPE FISCELLI.

(86) Pedido PCT: PCT IB2009052496 de 11/06/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/150627 de 17/12/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/12/2010

(57) Resumo: DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA DETECÇÃO DE DESCARGAS PARCIAIS. E descrito um dispositivo de detecção de descarga parcial para detecção e medição de descargas parciais em sistemas ou componentes elétricos, que distribuem sinais com uma forma que se assemelha muito aquela do pulso radiado, para melhores identificação e análise. O dispositivo é de pequeno tamanho, totalmente isolado e autoenergizado, e permite que medições sejam realizadas com a mais alta segurança, sem a necessidade de conexão direta, desse modo, permitindo que operadores fiquem à distância e evitando qualquer desativação do sistema durante a tomada de medições. Além do mais, ele também pode detectar e distribuir o sinal de sincronismo, que é obtido pela captação da voltagem de suprimento dos componentes que geram descarga.

DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA DETECÇÃO DE DESCARGAS PARCIAIS

Campo Da Invenção

[1] A presente invenção diz respeito a um dispositivo portátil de detecção de descarga parcial, que é particularmente usado para detecção e medição de descargas parciais em componentes e aparelhos elétricos, tais como: cabos de média ou alta tensão, juntas de cabo, isoladores de linha suspensa, caixas de quadro de distribuição de média e alta tensão, GIS (Painel de Linha Isolado a Gás) que usam cabos de alta e extra-alta tensão.

Fundamentos Da Invenção

[2] Pretende-se que o termo descargas parciais indique uma recombinação indesejada de cargas elétricas que ocorrem no material dielétrico (isolante) de componentes elétricos, quando o último tiver defeitos de vários tipos. Aqui, uma corrente por pulso é gerada em partes do material dielétrico, e faz com que uma onda eletromagnética se propague através dos cabos de energia ou de aterramento do sistema elétrico relevante e radie através das várias mídias através das quais esta onda passa (material dielétrico, metais, ar, etc.).

[3] Descargas parciais são usualmente medidas pela detecção dos sinais gerados por tais descargas usando sensores especiais e pela análise de tais sinais por software adequado. Usualmente, estes sensores detectam as descargas devido à sua propagação por condução; portanto, eles devem ser instalados sobre os cabos ou colocados nas proximidades dos componentes que serão medidos, e, frequentemente, exigem interrupção temporária do sistema. Tais sensores incluem: antenas dipolo ou de arranjo dipolo, sensores magnéticos tipo "Rogowsky" ou "acoplador transformador"; sensores de proximidade de campo elétrico ou magnético que operam a poucos centímetros da fonte; sensores acústicos ou piezelétricos. Todos estes sensores são caracterizados por altos desempenhos em situações em particular, mas

não são flexíveis o suficiente para ser usados em qualquer condição. Uma deficiência adicional é que o uso de tais sensores exige conexão direta ou mediada nas linhas de alimentação para avaliação da fase da tensão operacional na descarga.

[4] Tecnologia anterior para detecção de ruído radiado, que não exige conexão direta no sistema, inclui sensores de campo elétrico ou magnético que utilizam o princípio da ressonância para captar sinais de amplitude mais alta, mesmo sem exigir nenhum amplificador. A deficiência deste tipo de sensor consiste em suas dificuldades de processamento de sinal, ocasionadas pela ressonância, considerando a forma dos pulsos adquiridos.

[5] Portanto, percebe-se uma necessidade de um dispositivo de detecção de descarga parcial que pode superar as deficiências expostas.

Sumário Da Invenção

[6] Um objetivo primário da presente invenção é prover um dispositivo de detecção de descarga parcial para detecção e medição de descargas parciais em objetos fontes que geram tais descargas, tais como sistemas ou componentes elétricos, que distribuem sinais com uma forma que se assemelha muito àquela do pulso radiado, para melhores identificação e análise.

[7] Um objetivo adicional é prover um dispositivo de pequeno tamanho, totalmente isolado e autoenergizado, que permite que medições sejam realizadas com a mais alta segurança, sem necessidade de conexão direta no sistema sob examinação, desse modo, permitindo que operadores fiquem à distância e não exigindo que o sistema seja desenergizado para detecção.

[8] Portanto, a invenção é voltada a satisfazer os objetivos expostos pela provisão de um dispositivo portátil para detecção de descargas parciais em um objeto fonte de descarga que compreende, da forma definida na reivindicação 1, uma antena de banda larga adaptada para agir como um

sensor de campo elétrico e incluindo um primeiro condutor plano, que coopera com um segundo condutor, cujo perfil converge na direção do primeiro condutor plano em um ponto ou em uma linha, o dito segundo condutor sendo menor em cerca de duas ordens de grandeza que o comprimento de onda do campo a ser detectado, de forma que a antena de banda larga seja não ressonante em uma banda de cerca de 0,1 MHz até cerca de 100 MHz.

[9] Vantajosamente, o dispositivo da invenção é eletricamente independente e portátil, e permite a medição remota dos componentes a ser testados sem conexão galvânica e de uma maneira completamente segura.

[10] Isto evita qualquer conexão direta dos sensores, o que exigiria que o sistema fosse desenergizado e, posteriormente, reenergizado para detecção, desenergizado para remover sensores e novamente desenergizado.

[11] Os sinais que podem ser adquiridos pelo dito dispositivo têm maior amplitude, devido ao uso de uma série de estágios amplificadores.

[12] Descobriu-se que as modalidades em particular da antena do dispositivo inventivo são altamente vantajosas para alcançar os resultados satisfatórios.

[13] Uma vantagem adicional do dispositivo da presente invenção consiste na possibilidade de captar capacitivamente a tensão operacional, desse modo, provendo uma referência de fase remota, sem exigir nenhuma conexão direta na tensão. Portanto, ele também pode detectar e distribuir o sinal de sincronismo, que é obtido pela captação da tensão de suprimento do objeto fonte de geração de descarga. Isto torna o dispositivo eletricamente independente e portátil, e permite que medições sejam feitas sem conexão galvânica, pelo sincronismo dos pulsos adquiridos com a tensão que os gerou.

[14] O dispositivo pode ser conectado em instrumentos de aquisição e análise existentes, como sensores convencionais.

[15] O dispositivo pode incluir opcionalmente uma parte eletrônica

para aquisição, análise, exibição e armazenamento e/ou transmissão digitais dos pulsos detectados. Neste caso, o dispositivo pode ser usado como um instrumento portátil completo. Assim, se o dispositivo for equipado com um sistema de aquisição e armazenamento, ele pode tratar toda a informação para medição de descarga parcial tradicional.

[16] A forma e o tamanho dos componentes foram desenhados para captar remotamente e reproduzir fidedignamente os pulsos gerados pelas descargas parciais.

[17] O dispositivo da invenção também pode ser empregado com sistemas de média tensão em campos, tais como geração de energia eólica, tração de ferrovia, etc.

[18] Apesar dos vantajosos baixos custos de fabricação, desempenhos são superiores aos dos dispositivos da tecnologia anterior, e tempos de detecção de descarga parcial são mais curtos.

[19] As reivindicações dependentes divulgam modalidades preferidas da invenção.

Descrição Resumida Dos Desenhos

[20] Características e vantagens adicionais da invenção ficarão mais aparentes a partir da descrição detalhada de uma modalidade preferida, mas não exclusiva, de um dispositivo de detecção de descarga parcial, que é descrito como um exemplo não limitante com a ajuda dos desenhos anexos, nos quais:

[21] a figura 1 é uma vista seccional de um dispositivo de detecção de descarga parcial da invenção;

[22] as figuras 2a, 2b, 2c e 2d mostram duas vistas seccionais e planas, respectivamente, das modalidades do componente sensor de campo elétrico do dispositivo da invenção;

[23] as figuras 3a e 3b mostram partes dos circuitos eletrônicos do dispositivo da invenção.

Descrição Detalhada Das Modalidades Preferidas Da Invenção

[24] Em relação à figura 1, é mostrado um dispositivo de detecção de descarga parcial designado, no geral, pelo número 10, que compreende:

- uma antena de banda larga não ressonante 1, otimizada para recepção dos sinais de pulso gerados pelas descargas parciais,
- um sensor de campo magnético auxiliar 2,
- um amplificador de banda larga eletrônico 3,
- um circuito de sincronismo 4 para detecção da tensão de suprimento do sistema ou do componente que está sendo examinado pelo acoplamento capacitivo,
- baterias 8 para suprir energia aos circuitos do dispositivo,
- dispositivo de controle 5 para controlar sua operação.

[25] Todos estes componentes são mantidos em um contêiner portátil 7, por exemplo, com dois conectores BNC 6, ou outros conectores adequados para captar os sinais detectados, que se projetam a partir dali para possível conexão em instrumentos de aquisição ou análise existentes.

[26] A antena de banda larga 1 é desenhada para ser não ressonante na banda relevante de cerca de 0,1 MHz até cerca de 100 MHz. Isto garante reprodução fidedigna dos pulsos detectados.

[27] Este recurso é obtido pelo uso de uma antena de banda larga 1 em particular (uma antena de "Banda Ultralarga") com características de forma e tamanho especiais. Particularmente, a antena 1 compreende um primeiro condutor plano 22, isto é, um plano de aterramento, com um segundo condutor 21 colocado acima deste em uma curta distância, que tem uma forma tal que seu perfil convirja em um ponto ou uma linha na direção do plano de aterramento 22.

[28] De acordo com a forma selecionada, o segundo condutor 21 pode ser bidimensional ou tridimensional. Formas tridimensionais são obtidas a partir do perfil bidimensional por rotação.

[29] O plano de aterramento 22, que, preferivelmente, tem uma forma quadrada ou retangular, tem um tamanho tal para conter pelo menos a projeção do segundo condutor 21 sobre ele. Preferivelmente, o primeiro e o segundo condutores 21, 22 são formados por um metal condutor ou material polímero.

[30] O sinal é captado entre o plano de aterramento 22 e o ponto do segundo condutor 21, que fica mais próximo do plano 22.

[31] Devido a esta configuração, a antena 1 é não ressonante, ainda mantendo uma sensibilidade adequada, se o tamanho total da antena 1 e, particularmente, do segundo condutor 21, for menor em cerca de duas ordens de grandeza que o comprimento de onda dos fenômenos relevantes, que é, por exemplo, cerca de 3-30 m. A antena assim construída é particularmente sensível aos campos eletromagnéticos com uma frequência da ordem de algumas dezenas de MHz e, devido a seu recurso não ressonante, ela garante reprodução altamente fidedigna da forma dos pulsos recebidos.

[32] Modalidades preferidas da antena 1, com base no uso de um perfil circular ou em forma de cúspide, são mostradas na figura 2.

[33] A figura 2a mostra uma antena com o segundo condutor 21 com a forma de uma esfera oca que tem um diâmetro variável, por exemplo, de 3 até 30 cm.

[34] A figura 2b mostra uma antena com o segundo condutor 21 com a forma de um meio cilindro oco ou, alternativamente, um cilindro oco (veja a parte esboçada pelas linhas rompidas), formado por extrusão. Neste caso, o diâmetro da base do cilindro varia, por exemplo, de 3 até 30 cm.

[35] A figura 2c mostra uma antena com o segundo condutor 21 com a forma de um disco que tem um diâmetro variável, por exemplo, de 3 até 30 cm.

[36] A figura 2d mostra uma antena com o segundo condutor 21 com a forma de uma cúspide chata (lado direito da vista plana) ou uma

cúspide rotacional (lado esquerdo da vista plana), que tem uma curvatura oposta em relação aos perfis das outras variantes. Nestas variantes, a altura da cúspide varia, por exemplo, de 3 até 30 cm. No caso da forma da cúspide rotacional, o diâmetro do condutor 21 em sua seção paralela e distal ao plano de aterramento 22 também cai na mesma faixa.

[37] De acordo com uma variante preferida, o diâmetro do segundo condutor 21, nas modalidades das figuras 2a, 2b e 2c, cai em uma faixa de cerca de 5 até 20 cm. O segundo condutor 21 é colocado em cerca de 1 mm do plano de aterramento 22, que é pelo menos tão grande quanto o segundo condutor 21.

[38] Preferivelmente, o tamanho total da antena de banda larga está incluído em um volume de cerca de 10 x 10 x 10 cm.

[39] O segundo condutor 21 é mecanicamente suportado em uma posição em relação ao plano de aterramento 22 por um suporte isolado 23 da seção adequada, por exemplo, cerca de 2 - 3 mm², o que também permite que o sinal do segundo condutor seja captado do lado da superfície 24 do plano de aterramento 22, isto é, o oposto lado do dito segundo condutor. O circuito amplificador pode ficar localizado na dita superfície 24.

[40] A antena 1, que age como um sensor de campo elétrico, pode ser conectada em série com um sensor de campo magnético auxiliar 2 que compreende, por exemplo, pelo menos uma volta 2' enrolada ao redor de uma haste de ferrita de alta frequência 11 ao longo de sua extensão longitudinal. A volta 2' pode ser formada por um fio de cobre e a haste de ferrita 11 ao redor da qual ela é enrolada tem, por exemplo, uma extensão longitudinal de cerca de 5 - 10 cm.

[41] Esta configuração em particular permite que a antena 1 receba campos de pulso eletromagnético, mesmo de fraca intensidade, reproduza fidedignamente sua forma, diferente de antenas convencionais que são afetadas por ressonância e distorção.

[42] O campo magnético auxiliar 2 na superfície 24 do plano de aterramento 22 da antena 1 pode ser usado em combinação com a antena 1, ou como uma alternativa a ela, até o limite em que o componente magnético pode ou deve ser mais bem avaliado. Assim, os terminais da antena 1 ou do sensor 2 podem ser colocados em curto-circuito, conforme necessário, usando o dispositivo de controle 5. Cada um da antena ou do sensor de campo elétrico 1 e do sensor de campo magnético 2 tem um comutador conectado em paralelo com ele, que pode agir como um curto-circuito para desviar de cada um deles, da forma mostrada no diagrama da figura 3a, que mostra uma parte do circuito amplificador eletrônico dos sensores 1 e 2.

[43] O sensor de campo magnético auxiliar 2 pode ser usado para detectar fenômenos mais lentos, com uma banda inferior a 10 MHz, ou para acoplamento magnético nos sinais conduzidos que correm nos cabos ou folhas de metal, se movendo para mais perto deles.

[44] O amplificador de banda larga eletrônico 3 opera pelo ajuste da impedância dos sensores 1 e 2 e pela amplificação dos sinais captados por eles para detecção de sinal fraco.

[45] A saída do amplificador é conduzida até um conector BNC 6 em um dos lados do contêiner 7. O amplificador 3 tem uma alta impedância de entrada, isto é, poucos Kohm, e uma baixa impedância de saída, tipicamente, 50 Ohm. Ele aumenta adequadamente o nível do sinal em cerca de 20 - 40 dB na banda relevante, possivelmente, limitado por filtros. A amplificação pode ser controlada usando um potenciômetro incluído no dispositivo de controle 5.

[46] O amplificador de banda larga eletrônico 3 emprega transistores e/ou amplificadores operacionais de alta frequência e, preferivelmente, é caracterizado por um ganho de 20 - 30 dB e uma banda mínima caindo, preferivelmente, em uma faixa de 0,5 MHz até 60 MHz. Filtragem fora de banda é realizada por filtros de primeira e segunda ordens,

com uma frequência de corte de um algumas dezenas de MHz, e o ganho máximo é ajustável pelo usuário.

[47] O circuito de sincronismo 4 é um circuito eletrônico de alta impedância capaz de detectar capacitivamente, remotamente e sem acoplamento galvânico a tensão CA suprida ao componente eletrônico que está sendo medido, que gera fenômenos de pulso. Isto permite o sincronismo dos pulsos detectados com a tensão que os gera.

[48] Este circuito de sincronismo 4 compreende uma parte feita de material condutor 20, que é usado para acoplamento capacitivo no campo, e é obtido a partir de um dos condutores 21, 22 da antena 1 ou do estojo ou contêiner 7 do dispositivo, se ele for formado por um material condutor. Esta parte 20 é conectada em um amplificador adicional de alta impedância (> 1 Mohm) e alto ganho, seguido por um filtro de baixa frequência (com uma frequência de 50, 60 Hz, ou os primeiros harmônicos desta) e/ou um laço travado em fase, tal como um circuito PLL, que é sincronizado com o campo eletromagnético detectado.

[49] O sinal do campo assim captado e amplificado pode ser filtrado para redução de ruído ou interferência. Com este propósito, os filtros ou circuitos PLL são construídos usando circuitos analógicos ou digitais. No último caso, o circuito também pode prover indicações sobre o estado ou a qualidade do sincronismo. O sinal de sincronismo assim obtido na saída do circuito de sincronismo 4 é externamente distribuído por meio de um segundo conector BNC 6 em um lado do contêiner 7.

[50] Em uma variante preferida, o circuito de sincronismo 4 emprega dois amplificadores operacionais 13, 14 para obter alto ganho e alta impedância de entrada, da forma mostrada na figura 3b, que ilustra uma parte do circuito de sincronismo eletrônico.

[51] O sinal é processado por um circuito digital com base em microcontrolador 15 que implementa um PLL digital a partir do qual o

usuário pode definir a frequência de oscilação, a banda e a fase da onda transmitida.

[52] O contêiner 7, que pode ser feito de um material em metal ou plástico, tem um tamanho total que permite que ele seja facilmente portátil, e também compreende:

- um compartimento para as baterias 8 que suprem energia aos circuitos,
- dispositivo de controle 5 para selecionar o modo operacional desejado,
- um cabo 12 para facilitar o transporte e a orientação durante as medições.

[53] As baterias 8 podem ser baterias AA recarregáveis, com um conector de carregamento externo 9 para evitar a abertura do contêiner 7 para substituição, ainda garantindo melhor proteção do dispositivo de agentes externos. O dispositivo de controle 5 inclui uma chave de energia, potenciômetros de controle de ganho, um comutador para desviar os sensores de campo elétrico e magnético, LEDs para indicar o estado operacional e o nível de sincronismo alcançado. O pulso eletromagnético e o sinal de sincronismo detectados, que podem ser transmitidos a qualquer instrumento de aquisição ou análise, são distribuídos na saída por meio de conectores especiais, tais como conectores BNC 6. O dispositivo assim obtido pode ser conectado em qualquer sistema de aquisição com uma banda de passagem suficiente, tais como um osciloscópio, cartões de aquisição, sistemas de monitoramento de descarga parcial, etc. Opcionalmente, o dispositivo da invenção pode incluir um circuito eletrônico para aquisição, processamento, armazenamento e/ou transmissão, que contém um conversor analógico para digital, um microprocessador e/ou uma lógica programável, uma memória flash para armazenamento de dados, uma exibição de dados e uma interface (por exemplo USB, Ethernet, Bluetooth, WiFi, etc.) para conexão em um PC.

Neste caso, o dispositivo pode adquirir, processar e armazenar os dados detectados, e prover indicações em tempo real e, possivelmente, remotas sobre tais dados, e pode ser usado como um instrumento portátil independente, adaptado para medições no local e monitoramento contínuo dos sistemas ou componentes elétricos que estão sendo examinados.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo portátil para detecção de descargas parciais em um objeto fonte de descarga que compreende uma antena de banda larga (1), adequada para agir como um sensor de campo elétrico e compreendendo um primeiro condutor plano (22), que coopera com um segundo condutor (21), cujo perfil converge na direção do primeiro condutor plano (22) em um ponto ou ao longo de uma linha, em que o dito segundo condutor (21) é menor em cerca de duas ordens de grandeza que o comprimento de onda do campo a ser detectado, de forma que a antena de banda larga (1) seja não ressonante em uma banda de 0,1 MHz até 100 MHz, caracterizado pelo fato de que o dito segundo condutor (21) é mecanicamente suportado em uma posição em relação ao dito primeiro condutor plano (22) por um suporte isolado (23) de seção adequada, que permite que o sinal do segundo condutor (21) seja captado do lado da superfície (24) do dito primeiro condutor plano (22) que é oposto ao lado do dito segundo condutor (21).

2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o primeiro condutor plano (22) tem um tamanho como este para conter pelo menos a projeção do segundo condutor (21) sobre ele.

3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o segundo condutor (21) tem uma forma tridimensional.

4. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o segundo condutor (21) tem a forma de uma esfera oca ou de um meio cilindro oco ou de um cilindro oco ou de uma cúspide rotacional.

5. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o segundo condutor (21) tem uma forma bidimensional.

6. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o segundo condutor (21) tem a forma de um disco ou de uma

cúspide chata.

7. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 4 ou 6, caracterizado pelo fato de que o segundo condutor (21) tem um diâmetro ou uma altura que variam de 3 até 30 cm.

8. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que um sensor de campo magnético auxiliar (2) é conectado em série na dita antena de banda larga (1).

9. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que um amplificador de banda larga (3) é provido para ajustar a impedância da antena de banda larga (1) e/ou do sensor de campo magnético auxiliar (2) e para amplificar o sinal recebido desse modo.

10. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que o dito amplificador de banda larga (3) é equipado com transistores e/ou amplificadores operacionais de alta frequência.

11. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que é provido o dispositivo de controle (5), que compreende um potenciômetro para controlar a amplificação do dito amplificador de banda larga eletrônico (3).

12. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o dito dispositivo de controle (5) também é adequado para fazer curto-circuito nos terminais da antena de banda larga (1) ou do sensor de campo magnético auxiliar (2).

13. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que um circuito de sincronismo (4) é provido para detecção da tensão de suprimento do objeto fonte pelo acoplamento capacitivo, para sincronizar os sinais detectados com a tensão que os gera.

14. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que dois conectores BNC (6) são providos para

suprir ao exterior o sinal de saída do amplificador de banda larga (3) e o sinal de saída do circuito de sincronismo (4), respectivamente.

15. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de que um circuito eletrônico é provido para aquisição, processamento e armazenamento e/ou transmissão do(s) sinal(s) adquirido(s).

16. Dispositivo, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que todos os componentes ficam alojados em um contêiner portátil (7), que compreende adicionalmente um compartimento para as baterias (8) que suprem energia aos circuitos.

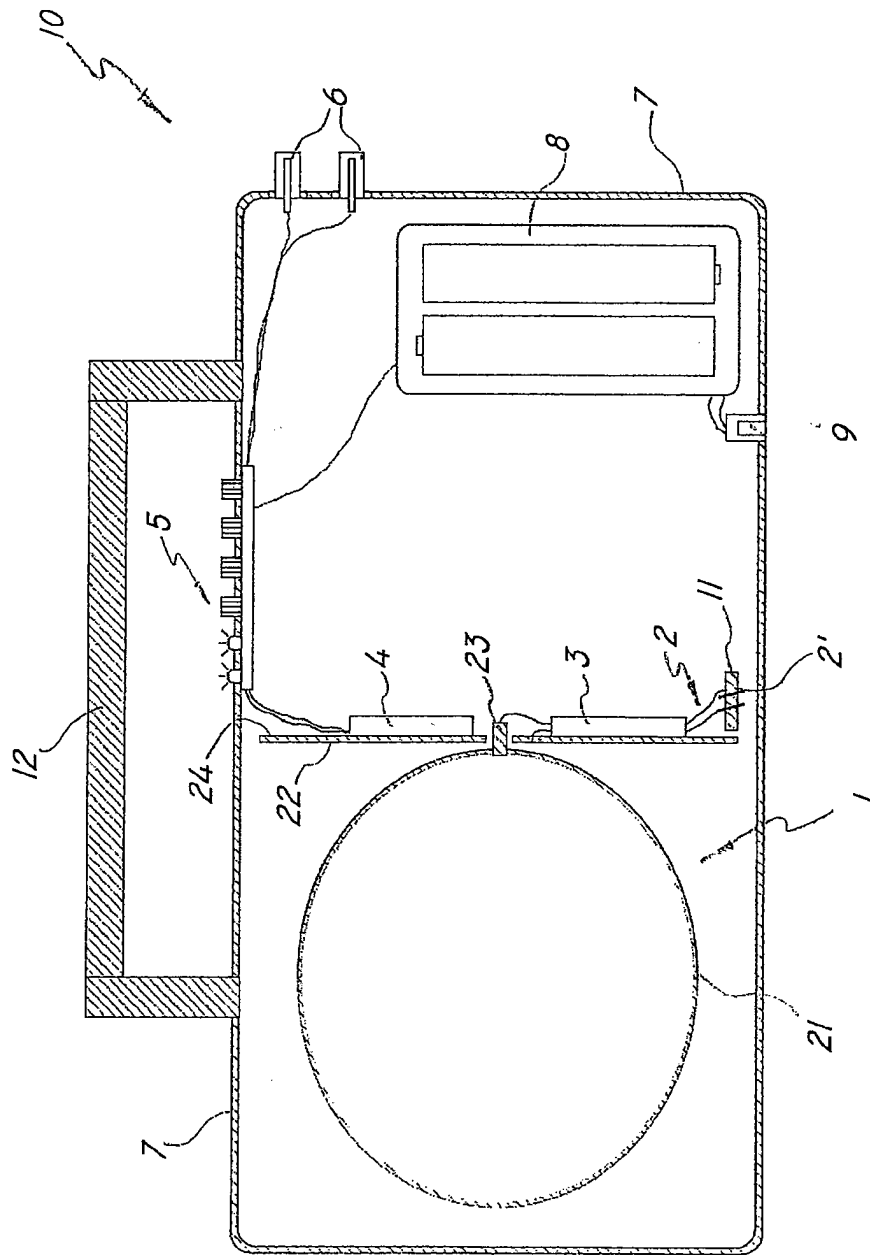


FIG. 1

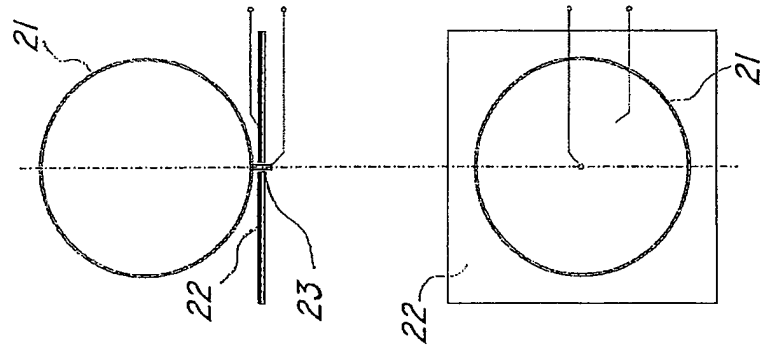


FIG. 2a

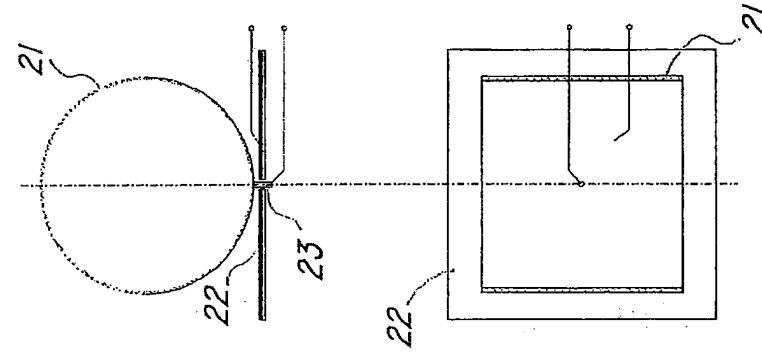


FIG. 2b

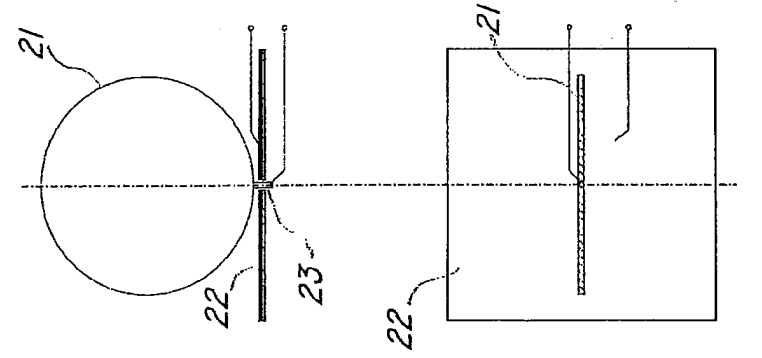


FIG. 2c

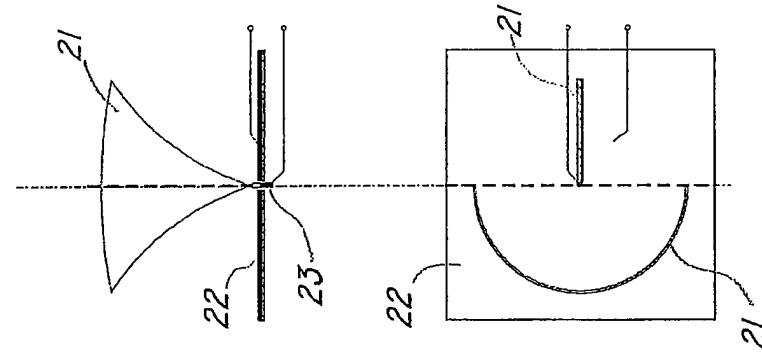


FIG. 2d

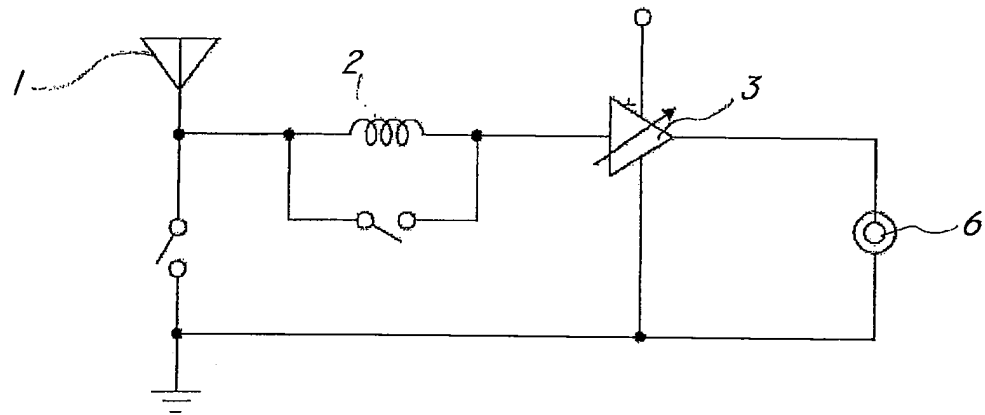


FIG. 3a

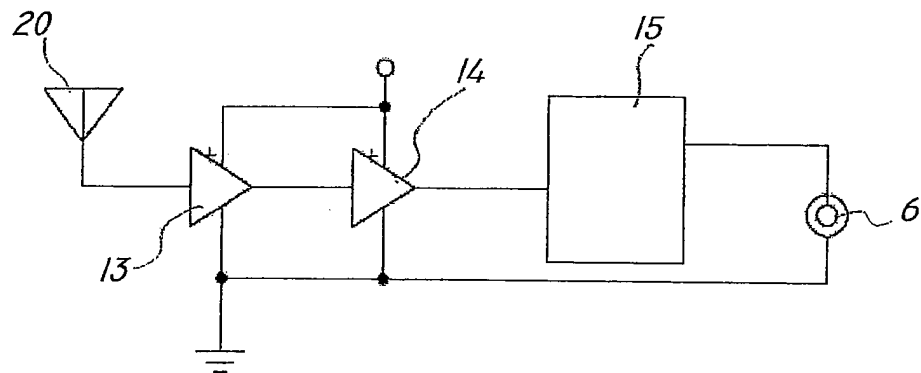


FIG. 3b