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

(21) **PI0801684-4 A2**

BRPI0801684A2

(22) Data de Depósito: 02/06/2008
(43) Data da Publicação: 11/01/2011
(RPI 2088)

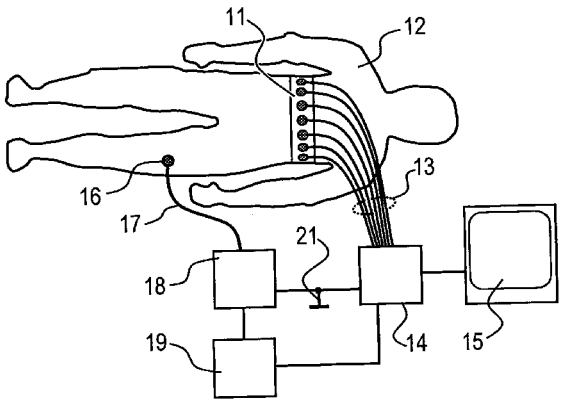
(51) Int.Cl.:
G01D 5/16
G01R 13/02
A61B 8/13

(54) Título: **MÉTODO E EQUIPAMENTO DE MONITORAÇÃO DA CORRENTE DRENADA PELO ELETRODO TERRA EM TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA**

(73) Titular(es): Dixtal Biomédica Indústria e Comércio, Ltda

(72) Inventor(es): Edward Lazo Maktura

(57) Resumo: MÉTODO E EQUIPAMENTO DE MONITORAÇÃO DA CORRENTE DRENADA PELO ELETRODO TERRA EM TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA. Método e equipamento de monitoração da corrente drenada pelo eletrodo terra em tomografia por impedância elétrica, estando o dito eletrodo terra (16) e conjunto de eletrodos (11) simultaneamente aplicados a um paciente (12) num tomógrafo (14, 15) por impedância elétrica, compreendendo a conversão de dita corrente em um sinal de tensão (41) e sua amplificação, demodulação e filtragem de modo a recuperar a sua componente quase-contínua (44, 45, 46, 47, 48) e a comparação do valor desta última com valores limite (v1, v3, v4, v6) proporcionais à intensidade da corrente de excitação aplicada ao referido conjunto de eletrodos. Além de permitir a detecção a desconexão do dito eletrodo terra, a referida comparação permite detectar a desconexão de um ou mais eletrodos (11) de tomografia, desbalanceamento nas correntes injetadas através dos ditos eletrodos e o contato do paciente com fontes de tensão ou corpos condutores.



PI0801684-4

"MÉTODO E EQUIPAMENTO DE MONITORAÇÃO DA CORRENTE DRENADA PELO ELETRODO TERRA EM TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA"

Campo da Invenção

Refere-se a presente invenção à detecção de condições anormais de operação nos sistemas de tomografia por impedância elétrica e, mais particularmente, às ditas condições quando associadas ao eletrodo terra.

Descrição do Estado da Técnica

A tomografia por impedância elétrica é uma técnica conhecida e largamente utilizada, consistindo no posicionamento de uma pluralidade de eletrodos numa região do paciente, na injeção de sinais elétricos de excitação entre pelo menos dois destes eletrodos acompanhada da captação dos sinais induzidos nos demais eletrodos e no processamento destes sinais de modo a gerar um mapa indicativo da impedância na região testada. Em cada ciclo de medição os eletrodos de excitação são seqüenciados de modo a incluir todos os eletrodos instalados no paciente, sendo tipicamente utilizados sistemas com 32 eletrodos.

Estes eletrodos operam no modo diferencial, tanto na dita injeção de correntes como na operação de captação das tensões. Para evitar oscilações no nível dos sinais captados, as quais prejudicariam a reconstituição das imagens tomográficas, torna-se necessário conectar ao paciente um eletrodo terra flutuante cuja função é drenar eventuais correntes devidas ao desbalanceamento entre eletrodos, bem como as que ocorrem ao se utilizar outros equipamentos ao paciente, tal como um bisturi elétrico e, ainda, aquelas ocasionadas pelo contato do paciente com um corpo condutor (por exemplo, a cama hospitalar, o criado-mudo, e outros utensílios metálicos). Esse eletrodo deve ser conectado longe dos eletrodos de leitura e injeção para gerar uma distribuição uniforme do terra flutuante em relação aos demais eletrodos. Usualmente, instala-se tal eletrodo na região da perna direita ou

esquerda do paciente.

A desconexão deste eletrodo, quando não detectada e corrigida, pode gerar distorções na reconstrução da imagem a ser apresentada pelo tomógrafo, podendo induzir a erro de interpretação das imagens.

Objetivos da Invenção

Em vista do exposto, constitui um primeiro objetivo da invenção o provimento de um detector capaz de acusar a desconexão do eletrodo terra em um sistema de tomografia por impedância elétrica.

Outro objetivo da invenção é o provimento de um detector que indique a drenagem anormal de corrente ocasionada pelo uso de outro equipamento ou pelo contato acidental do paciente com objetos eletricamente condutores.

Outro objetivo da invenção é o provimento de um detector que acuse a presença de desbalanceamentos na injeção de correntes devido ao desbalanceamento interno da fonte de corrente do tomógrafo ou causados pela desconexão de um ou mais eletrodos utilizados para injeção de corrente ou leitura de tensão.

Descrição Resumida da Invenção

Os objetivos citados, bem como outros, são atingidos pela invenção mediante o provimento de um equipamento que efetua a captação de um sinal correspondente ao valor da corrente drenada através do eletrodo terra bem como o tratamento deste sinal, encaminhando-o a seguir para ser analisado por meio de um software adequado.

De acordo com outra característica da invenção, o referido equipamento compreende meios de proteção contra surtos devidos ao uso de desfibrilador, meios de amplificação do sinal, meios de demodulação e meios de conversão analógico-digital do sinal amplificado. Vantajosamente, a demodulação é acompanhada de filtragens que eliminam a componente de alta freqüência do sinal captado, componente esta na faixa de 30kHz a

300kHz, bem como oscilações de baixa freqüência acima de 0,5Hz, produzindo como resultado uma tensão quase-contínua.

De acordo com outra característica da invenção, o referido sinal é captado sob a forma de uma tensão medida através de um resistor de baixo valor ligado em série com o referido eletrodo terra.

De acordo com outra característica da invenção, o equipamento proposto permite detectar eventuais desbalanceamentos nas correntes injetadas pelos eletrodos do tomógrafo, tais como aqueles causados por desconexão de um destes.

De acordo com outra característica da invenção, o equipamento proposto permite detectar a desconexão do eletrodo de drenagem da corrente de terra.

De acordo com outra característica da invenção, a detecção das condições do eletrodo de drenagem compreende a comparação do valor de tensão quase-contínua com padrões de máximo e mínimo.

Descrição das Figuras

As demais características e vantagens da invenção tornar-se-ão mais evdentes a partir da descrição de uma concretização preferida da invenção, dada a título meramente exemplificativo, e das figuras que a ela se referem, nas quais:

A figura 1 ilustra a disposição dos elementos num sistema de tomografia por impedância elétrica e sua relação com o equipamento da presente invenção.

A figura 2 ilustra, mediante um diagrama de blocos, o equipamento proposto pela presente invenção.

A figura 3 ilustra o diagrama esquemático simplificado dos componentes utilizados no equipamento da presente invenção.

A figura 4 ilustra a tela de um osciloscópio, mostrando o sinal captado pelo resistor ligado em série com o eletrodo terra.

As figuras 5 e 6 ilustram as imagens exibidas na tela de um osciloscópio, correspondentes ao sinal presente no dito terminal, quando o eletrodo terra está conectado, para dois valores diferentes da corrente de excitação aplicada aos eletrodos do sistema de tomografia.

A figura 7 ilustra a imagem na tela de um osciloscópio, correspondente ao sinal presente no terminal de saída do circuito da Fig. 3, quando o eletrodo terra está desconectado.

A figura 8 ilustra a imagem na tela de um osciloscópio quando amostrando o sinal presente na saída do circuito da Fig. 3, quando o eletrodo terra está conectado mas não há injeção de corrente nos eletrodos do tomógrafo.

A figura 9 ilustra a imagem exibida na tela de um osciloscópio, correspondente ao sinal presente no dito terminal, quando ocorrem anomalias nas correntes drenadas.

Descrição Detalhada da Invenção

De acordo com o ilustrado na Fig. 1, compreende a disposição utilizada na captação de imagens tomográficas por impedância elétrica o conjunto de eletrodos normalmente dispostos numa cinta 11 em torno de uma região do corpo do paciente 12, ligados por meio de cabos 13 ao tomógrafo 14 que gera a imagem reproduzida no monitor 15. O eletrodo terra 16 está em contato com a região da coxa do paciente, e distante o suficiente dos eletrodos usados na tomografia para gerar uma distribuição substancialmente uniforme das correntes de terra. Este eletrodo é conectado, por meio do cabo blindado 17, ao equipamento 18 que processa o sinal por meio do circuito ilustrado nas figuras 2 e 3, sendo o sinal processado encaminhado ao dispositivo de digitalização e análise para verificação de eventuais anomalias. O equipamento 18 e o tomógrafo 14 são interligados e conectados ao terra do sistema 21.

De acordo com o diagrama de blocos da Fig. 2, o objeto da

invenção compreende o cabo blindado 17 em cuja extremidade distal está ligado o terminal terra 16, a extremidade proximal deste cabo sendo conectada à entrada 23 do equipamento 18, cujo primeiro estágio 24 é o protetor contra os surtos de tensão usados no desfibrilador. Na sequência, o equipamento compreende um amplificador da corrente de drenagem de terra 25, cuja saída está conectada a um demodulador 26, provido de um filtro passa-baixas com corte em 0,5Hz, que produz uma tensão substancialmente contínua que é encaminhada ao bloco 19, que pode ser integrado ao equipamento objeto da presente invenção ou constituir uma unidade à parte. Este bloco digitaliza o sinal mediante conversão A/D e analisa o resultado, comparando as características deste sinal com padrões pré-estabelecidos, de modo a detectar eventuais anomalias e, caso necessário, acionar os alarmes correspondentes.

A Fig. 3 mostra, de modo mais detalhado, o circuito esquemático dos blocos 24, 25 e 26. Para maior clareza, nesta figura foram omitidos os detalhes referentes à alimentação do circuito. Conforme já mencionado, a corrente de drenagem de terra captada pelo eletrodo 16 é introduzida no equipamento através do cabo blindado 17 cuja malha é aterrada a fim de evitar a indução por campos externos. A proteção contra valores elevados de tensão – tais como aqueles devidos ao uso de equipamentos externos como, por exemplo, bisturi elétrico ou desfibrilador – é provida pelos diodos rápidos 27 e 28, ligados em antiparalelo entre os terminais de entrada 17a e 17b de entrada, os quais desviam para terra as sobretensões.

Em condições normais de operação, a corrente de drenagem de terra, captada pelo eletrodo 16 e introduzida no equipamento pelo cabo 17, escoa para a terra através do resistor 31. A resistência deste componente deve ser baixa o suficiente para não prejudicar o fluxo desta corrente. Valores entre 20Ω e 3000 Ω são adequados para esta função, adotando-se,

preferencialmente, um valor próximo de 100 Ω. O sinal resultante da passagem desta corrente pelo dito resistor possui uma componente alternada, com a mesma frequência do sinal usado para injeção de corrente nos eletrodos de tomografia, superposta a uma componente contínua. Este sinal é introduzido no conjunto amplificador formado pelos amplificadores operacionais 32 e 33, que ampliam entre 10 e 1000 vezes o referido sinal, situando-se tal fator de amplificação, preferencialmente, entre 300 e 400. A Fig. 4 representa o traço na tela 40 de um osciloscópio mostrando o sinal obtido no pino de saída 34 do segundo amplificador operacional 33, dito sinal apresentando a componente alternada 41 superposta a uma tensão contínua 43. Esta componente contínua apresenta um deslocamento ΔV com relação ao potencial de terra 42. O referido sinal é então retificado pelo diodo 35 e filtrado pelo conjunto capacitor 36 em conjunto com o resistor 37, resultando, no terminal de saída 38 uma tensão quase-contínua.

Quando o sistema estiver operando normalmente, esta tensão quase-contínua é diferente de zero, sendo esta diferença proporcional à corrente de excitação dos eletrodos de tomografia. No traço da Fig. 5, observa-se que, no caso desta corrente ser igual a 3mA, o sinal retirado no dito terminal de saída 38 apresenta-se como uma tensão quase-contínua 44, com uma diferença *v2* relativamente ao eixo zero 42 que corresponde ao potencial terra nessa figura. Ainda segundo mostra a figura, o valor de *v2* situa-se numa faixa compreendida entre o mínimo *v3* e o máximo *v1*. Estes valores estão armazenados na memória do bloco de análise 19, o qual é informado pelo equipamento de tomografia 14 sobre a corrente que está sendo utilizada para excitação dos eletrodos, uma vez que esta corrente define os limites mínimo *v3* e máximo *v1* da faixa de tolerância. Com base nos dados citados, o bloco 19 verifica se a tensão efetivamente medida no terminal 38 está dentro dos limites de tolerância, acionando um alarme ou equivalente caso isto não ocorra.

A presença de *v2* resulta do desbalanceamento do sistema inteiro quando em funcionamento normal, em que ocorre uma fuga de corrente para terra. Portanto, a presença de tal desbalanceamento indica que as imagens tomográficas obtidas são confiáveis. De modo contrário, a ausência de uma corrente drenada corresponde a um funcionamento anormal, resultando uma imagem prejudicada devido a um significativo aumento do nível de ruído.

A diferença entre a tensão captada no terminal 38 e o eixo zero é proporcional ao valor da corrente de excitação aplicada aos eletrodos 11. A Fig. 6 ilustra o traço na tela do osciloscópio quando esta corrente é aumentada para 5mA. Neste caso, o sinal observado 45 possui um valor *v5* relativamente ao eixo zero 42, valor este que, comparado com *v2* da figura anterior apresenta-se superior a este numa relação aproximadamente igual àquela das correntes de excitação utilizadas, ou seja, 5/3. Os limites da faixa de tolerância, indicados nesta figura pelos valores mínimo *v6* e máximo *v4* serão proporcionalmente aumentados, a partir da informação enviada pelo tomógrafo 14. Também neste caso, o traço observado indica que a tensão está dentro dos limites da referida faixa, portanto o eletrodo 16 está corretamente conectado ao paciente.

Caso a tensão 46 amostrada no terminal 38 for igual a zero, conforme ilustrado no traço da Fig. 7, isto indicará que o eletrodo 16 está desconectado. Tal desconexão poderá ser causada por um descuido do operador ou pelo movimento do corpo de próprio paciente. Em ambos os casos, a análise efetuada pelo bloco 19 irá detectar esta condição anormal e, caso necessário, acionar um dispositivo de alarme.

Na Fig. 8 está ilustrado o caso em que o eletrodo 16 está devidamente conectado ao paciente, mas não está sendo injetada corrente nos eletrodos tomográficos 11. Segundo se observa, em tal condição o sinal 47 não é exatamente igual a zero, apresentando um ligeiro deslocamento com

relação ao eixo 42.

A Fig. 9 ilustra o traço na tela do osciloscópio quando a corrente de excitação é de 5mA, porém a tensão *v7* do sinal 48, medido no terminal 38, está muito acima do limite superior *v4* da faixa de tolerância associada com esta corrente de excitação. Tal condição pode ser devida a uma assimetria no conjunto das correntes de drenagem dos eletrodos de tomografia tal como, por exemplo, a desconexão de um ou mais eletrodos do conjunto 11. Outra possível causa é a conexão de outro equipamento ao paciente – tal como um bisturi elétrico – ou ainda o contato do paciente com uma fonte externa de energia elétrica.

Se bem que a invenção tenha sido descrita fazendo referência a uma concretização específica, fica entendido que modificações poderão ser introduzidas por técnicos no assunto, dentro do espírito e do escopo da invenção. Assim, por exemplo não obstante as figuras 1 e 2 indicarem o equipamento objeto do presente pedido como constituindo uma unidade separada do tomógrafo, poderá tal equipamento estar incorporado ao tomógrafo 14, sem prejuízo das suas funcionalidades e características.

De acordo, a invenção fica definida e delimitada pelo conjunto de reivindicações que se segue.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de monitoração da corrente drenada pelo eletrodo terra em tomografia por impedância elétrica, estando o dito eletrodo terra (16) e conjunto de eletrodos (11) simultaneamente aplicados a um paciente (12) num tomógrafo (14, 15) por impedância elétrica, caracterizado pelo fato de compreender a conversão de dita corrente em um sinal de tensão (41), o tratamento de dito sinal provendo a recuperação da sua componente quase-contínua (44, 45, 46, 47, 48) e a comparação do valor desta última com valores limite (*v1*, *v3*, *v4*, *v6*) proporcionais à intensidade da corrente de excitação aplicada ao referido conjunto de eletrodos.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito tratamento compreender as etapas de amplificação, retificação e filtragem do dito sinal de tensão.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de dito tratamento adicionalmente compreender a digitalização do dito sinal filtrado anteriormente à sua comparação com os ditos valores limite.

4. Método, de acordo com as reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato da desconexão de dito eletrodo terra (16) ser indicada pelo valor substancialmente igual a zero da dita componente quase-contínua (46).

5. Método, de acordo com as reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato da assimetria nas correntes drenadas dos eletrodos (11) do tomógrafo ser indicada por um valor (*v7*) da dita componente quase-contínua (48) substancialmente acima do limite superior (*v4*) da faixa de tolerância dos valores de tensão correspondente à corrente utilizada na excitação dos ditos eletrodos.

6. Método, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de dita assimetria ser produzida pela desconexão de um ou mais dentre os ditos eletrodos (11).

7. Método, de acordo com as reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato do contato do paciente (12) com uma fonte externa de energia elétrica ser indicado por um valor da dita componente quase-contínua substancialmente acima do limite superior da faixa de tolerância dos valores de tensão correspondente à corrente utilizada na excitação dos ditos eletrodos.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de dita fonte externa de energia elétrica compreender um bisturi elétrico.

9. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de dita fonte externa de energia elétrica compreender um desfibrilador.

10. Método, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de dita fonte externa de energia elétrica compreender um corpo condutor de eletricidade.

11. Método, de acordo com as reivindicações 1, 2 ou 3, caracterizado pelo fato do dito eletrodo terra (16) estar posicionado de forma substancialmente simétrica com relação ao conjunto de eletrodos (11) aplicados a um paciente (12).

12. Equipamento de monitoração da corrente drenada pelo eletrodo terra em tomografia por impedância elétrica, estando o dito eletrodo terra (16) e conjunto de eletrodos (11) do tomógrafo por impedância elétrica simultaneamente aplicados ao paciente (12), caracterizado pelo fato de compreender uma resistência de baixo valor (31) intercalada no trajeto da corrente drenada pelo eletrodo terra em contato com o paciente e o terminal de terra (21) do sistema.

13. Equipamento, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de dita resistência (31) ter um valor de resistência entre 20 e 3000 ohms.

14. Equipamento, de acordo com a reivindicação 12,

caracterizado pelo provimento de meios de proteção contra surtos de tensão produzidos pela aplicação de desfibrilador ao paciente.

15. Equipamento, de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de ditos meios de proteção compreenderem um par de diodos rápidos (27, 28) ligados em antiparalelo entre os terminais de entrada (17a, 17b) do dito equipamento.

16. Equipamento, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo provimento de meios amplificadores do sinal de tensão produzido pela passagem de dita corrente pela dita resistência de baixo valor, seguidos por meios de recuperação da componente quase-contínua de dito sinal.

17. Equipamento, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de ditos meios amplificadores proverem um ganho de tensão entre 10 e 1000 vezes.

18. Equipamento, de acordo com as reivindicações 16 ou 17, caracterizado pelo fato de ditos meios amplificadores compreenderem um ou mais amplificadores operacionais (32, 33).

19. Equipamento, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de ditos meios de recuperação da componente quase-contínua compreenderem um demodulador (35) e um filtro (36, 37).

20. Equipamento, de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de dito filtro consistir de um filtro passa-baixas com freqüência de corte de 0,5Hz.

21. Equipamento, de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de estar incorporado à mesma unidade do tomógrafo por impedância elétrica (14).

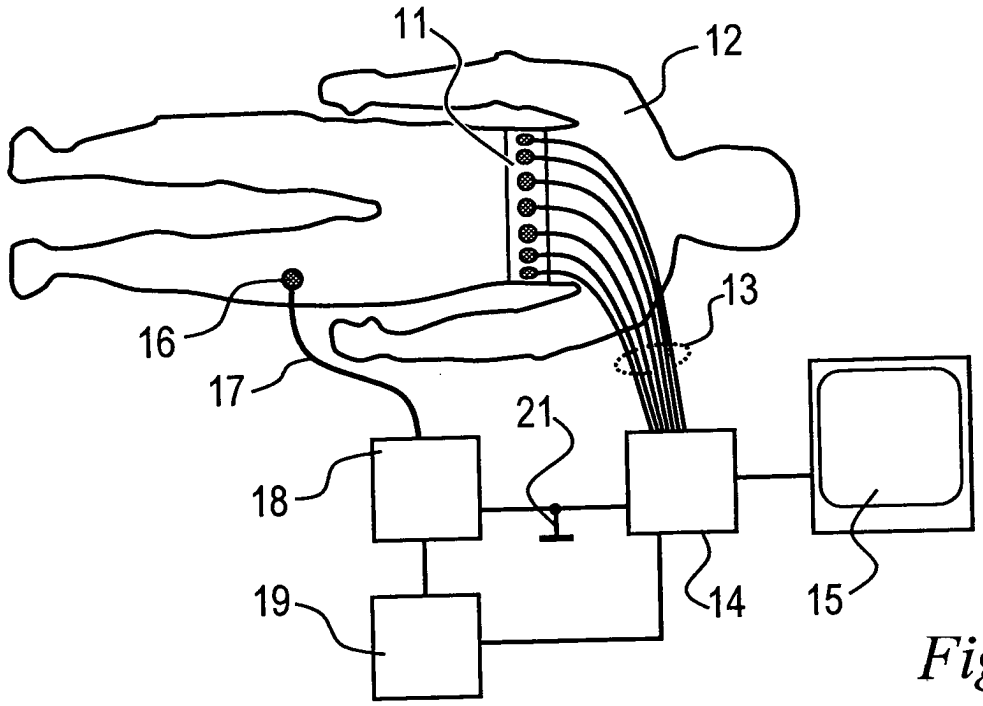


Fig. 1

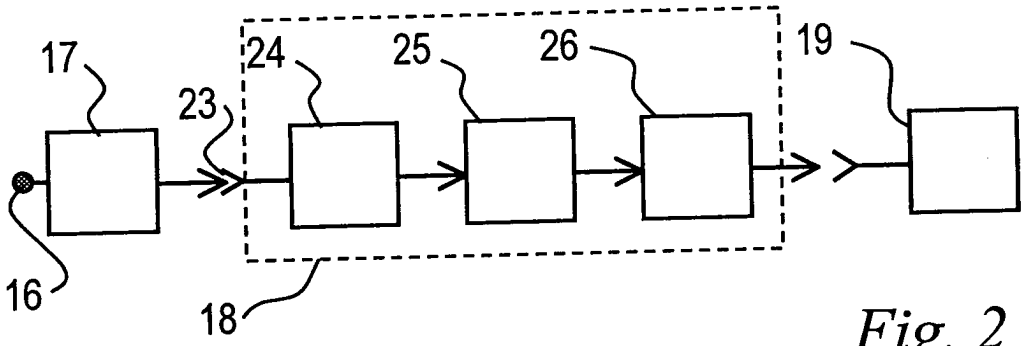


Fig. 2

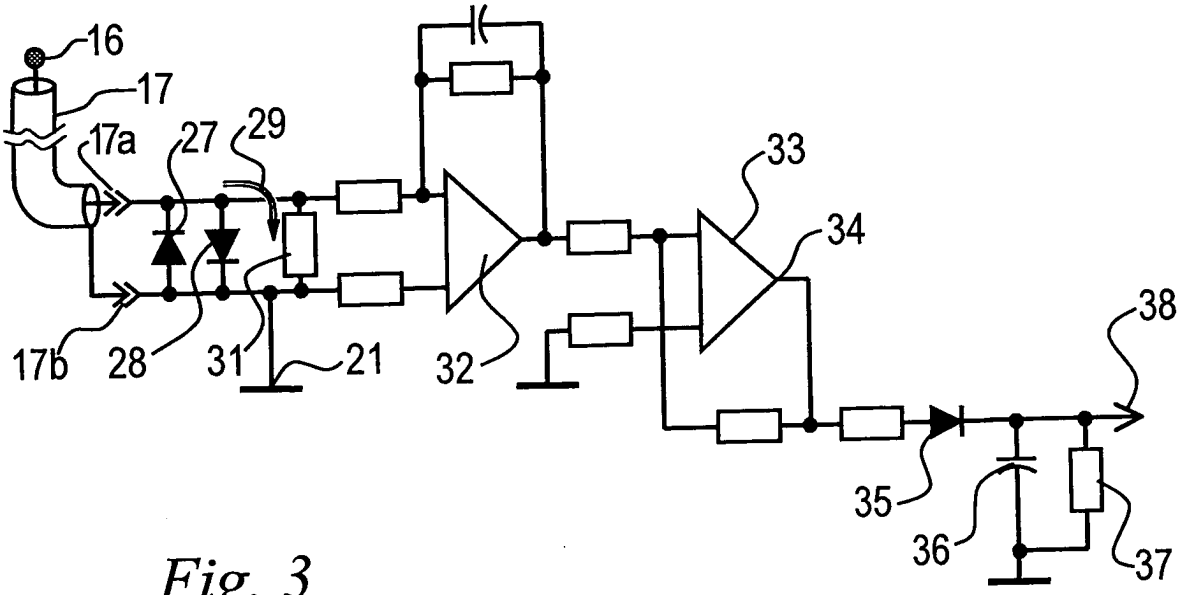


Fig. 3

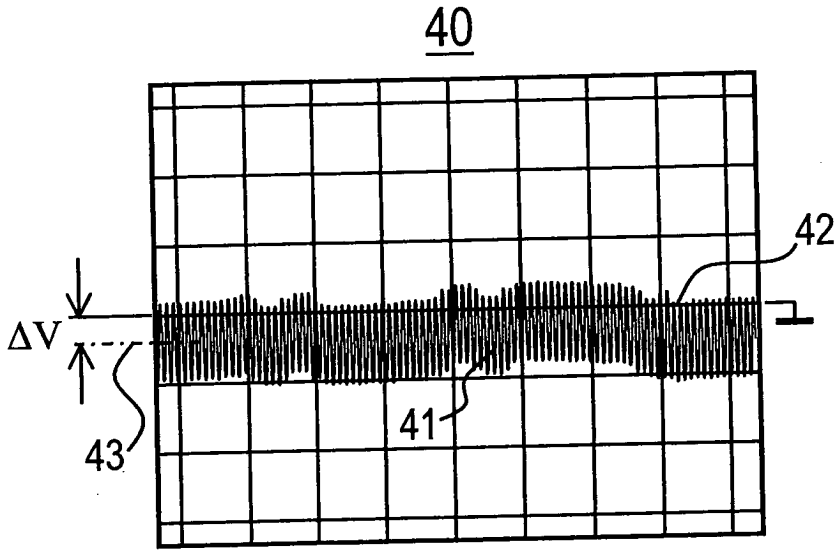


Fig. 4

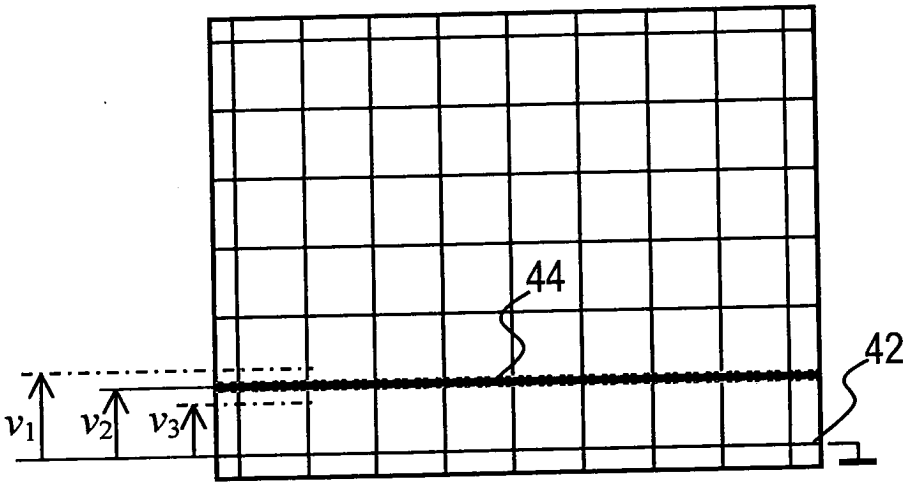


Fig. 5

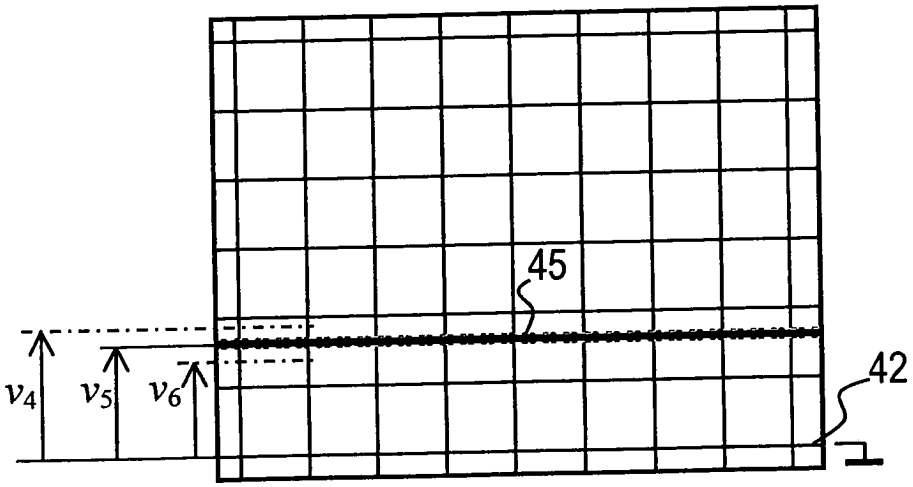


Fig. 6

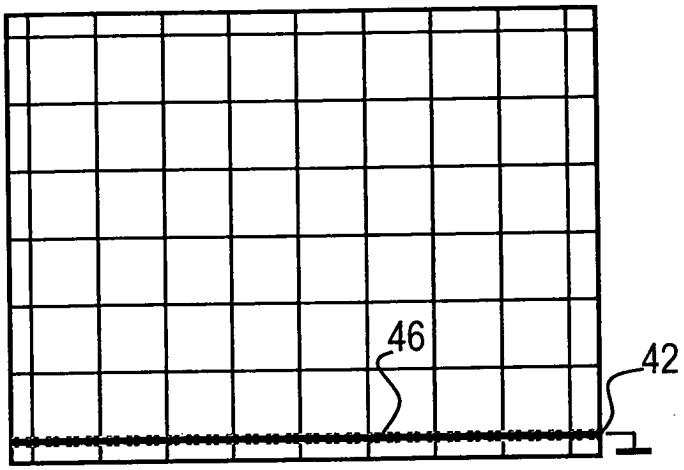


Fig. 7

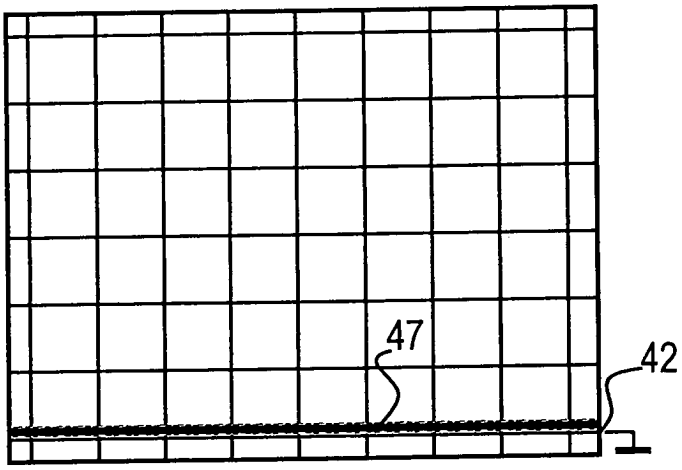


Fig. 8

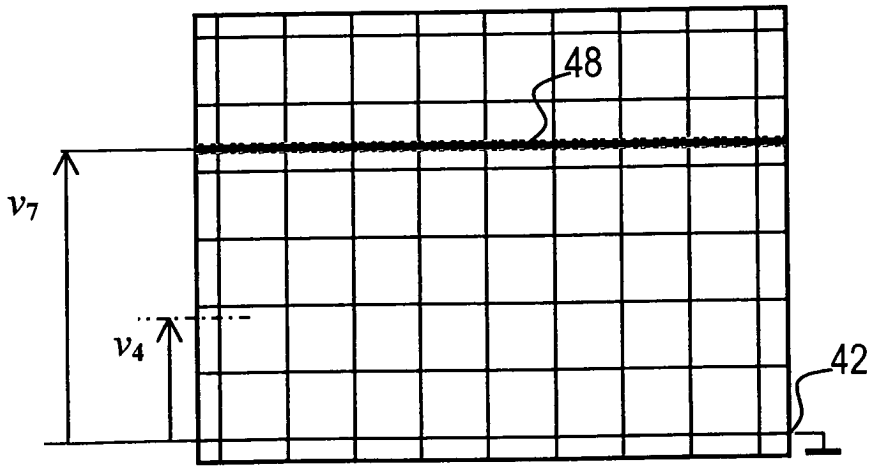


Fig. 9

PI 0801684-4

RESUMO

"MÉTODO E EQUIPAMENTO DE MONITORAÇÃO DA CORRENTE DRENADA PELO ELETRODO TERRA EM TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA"

Método e equipamento de monitoração da corrente drenada pelo eletrodo terra em tomografia por impedância elétrica, estando o dito eletrodo terra (16) e conjunto de eletrodos (11) simultaneamente aplicados a um paciente (12) num tomógrafo (14, 15) por impedância elétrica, compreendendo a conversão de dita corrente em um sinal de tensão (41) e sua amplificação, demodulação e filtragem de modo a recuperar a sua componente quase-contínua (44, 45, 46, 47, 48) e a comparação do valor desta última com valores limite (*v1*, *v3*, *v4*, *v6*) proporcionais à intensidade da corrente de excitação aplicada ao referido conjunto de eletrodos. Além de permitir a detecção a desconexão do dito eletrodo terra, a referida comparação permite detectar a desconexão de um ou mais eletrodos (11) de tomografia, desbalanceamento nas correntes injetadas através dos ditos eletrodos e o contato do paciente com fontes de tensão ou corpos condutores.