



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2023 008672 1

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: ENERGISA S/A

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 00864214000106

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Pessoa Jurídica

Endereço: PÇA RUI BARBOSA, Nº80 - PARTE

Cidade: Cataguases

Estado: MG

CEP: 36770-901

País: Brasil

Telefone: 6533165867

Fax:

Email: isabela.rios@energisa.com.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): APARELHO E MÉTODO PARA DETECTAR FRAUDES EM MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA

Resumo: A presente invenção refere-se a um aparelho e método para detectar fraudes em medidores eletrônicos de energia elétrica. Mais especificamente, o aparelho e método da presente invenção tem o objetivo de detectar, de forma não-invasiva, as fraudes ou adulterações internas nesses medidores de energia com o objetivo de reduzir as perdas não-técnicas das concessionárias de energia elétrica.

Figura a publicar: 2B

Dados do Procurador

Procurador:

Nome ou Razão Social: Ricardo Pernold Vieira de Mello

Numero OAB:

Numero API: 999

CPF/CNPJ: 33889341772

Endereço: Av. Nilo Peçanha, 11, Sala 905, Centro

Cidade: Rio de Janeiro

Estado: RJ

CEP: 20020-100

Telefone: (21) 2524-0510

Fax: (21) 2240-1524

Email: montaury@montaury.com.br

Escritório:

Nome ou Razão Social: Montaury Pimenta, Machado & Vieira de Mello Advogados

CPF/CNPJ: 42285056000180

Dados do Inventor (72)

Inventor 1 de 5

Nome: RICARDO ARY RUFATO ZAIA

CPF: 83036490191

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: RUA TRAIRA, Nº 425, JD. N.SRA. DO PERPETUO SOCORRO

Cidade: CAMPO GRANDE

Estado: MS

CEP: 79062-060

País: BRASIL

Telefone: (21) 252 40510

Fax: (21) 224 01524

Email: patents@montaury.com.br

Inventor 2 de 5

Nome: MANOEL MESSIAS VIEIRA DE MENEZES JUNIOR

CPF: 43714331549

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Engenheiro, arquiteto e afins

Endereço: BR 230, KM 10, BAIRRO: AMAZONIA PACK, CONDOMINIO
ALAMOANA, LOTE 206

Cidade: CABEDELO

Estado: PB

CEP: 58106-403

País: BRASIL

Telefone: (21) 252 40510

Fax: (21) 224 01524

Email: patents@montaury.com.br

Inventor 3 de 5

Nome: JOSÉ RUBENS MACEDO JUNIOR

CPF: 78606586668

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: AV. JOÃO NAVES DE ÁVILA, 2121 - CAMPUS SANTA MÔNICA,
PRÉDIO 1E - SALA 1E12

Cidade: UBERLÂNDIA

Estado: MG

CEP: 38408-100

País: BRASIL

Telefone: (21) 252 40510

Fax: (21) 224 01524

Email: patents@montaury.com.br

Inventor 4 de 5

Nome: DANIEL PEREIRA DE CARVALHO

CPF: 04536176624

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: AV. JOÃO NAVES DE ÁVILA, 2121 - CAMPUS SANTA MÔNICA,
PRÉDIO 1E

Cidade: UBERLÂNDIA

Estado: MG

CEP: 38408-100

País: BRASIL

Telefone: (21) 252 40510

Fax: (21) 224 01524

Email: patents@montaury.com.br

Inventor 5 de 5

Nome: CARLOS AUGUSTO BISSOCHI JUNIOR

CPF: 15838540885

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Física: Professor do ensino superior

Endereço: AV. JOÃO NAVES DE ÁVILA, 2121 - CAMPUS SANTA MÔNICA,
PRÉDIO 1E

Cidade: UBERLÂNDIA

Estado: MG

CEP: 38408-100

País: BRASIL

Telefone: (21) 252 40510

Fax: (21) 224 01524

Email: patents@montaury.com.br

Documentos anexados

Tipo Anexo	Nome
Relatório Descritivo	01 RELATÓRIO DESCRITIVO.pdf
Reivindicação	02 REIVINDICAÇÕES.pdf
Desenho	03 DESENHOS.pdf
Resumo	04 RESUMO.pdf
Procuração	05 PROCURAÇÃO ENERGISA.pdf
Comprovante de pagamento de GRU 200	06 ND19403 - GRU DEPÓSITO COM RECIBO - 29409162303529324 - pg 02.05.pdf

Acesso ao Patrimônio Genético

Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

Declaração de veracidade

Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**"APARELHO E MÉTODO PARA DETECTAR FRAUDES EM MEDIDORES DE
ENERGIA ELÉTRICA"**

Campo da Invenção

[0001] A presente invenção refere-se a um aparelho e método para detectar fraudes em medidores eletrônicos de energia elétrica. Mais especificamente, o aparelho e método da presente invenção destinam-se a detectar, de forma não-invasiva, as fraudes ou adulterações internas nesses medidores de energia com o objetivo de reduzir as perdas não-técnicas das concessionárias de energia elétrica.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[0002] A energia elétrica é fornecida aos consumidores através da rede de distribuição de energia elétrica das concessionárias de energia. A energia fornecida pela concessionária é medida através de medidores de energia elétrica eletromecânicos ou eletrônicos instalados em cada unidade consumidora.

[0003] No entanto, as concessionárias de energia têm notado nos últimos anos um aumento na quantidade de energia perdida devido à adulterações internas nos medidores de energia elétrica ou desvios externos aos medidores de energia elétrica realizados no percurso da rede até o consumidor final.

[0004] A adulteração realizada diretamente nos medidores consiste em fazer com que a leitura apresentada seja menor do que a energia real consumida. Para tanto, as técnicas mais comuns empregadas são a instalação de dispositivos mecânicos que retardam o movimento do disco de medição (no caso de medidores eletromecânicos), alterações no circuito eletrônico do medidor (no caso de medidores eletrônicos), promovendo a redução dos valores efetivamente

medidos, ou mesmo o desligamento do medidor em determinados horários do dia.

[0005] Com o intuito de sanar as perdas não-técnicas relacionadas às fraudes nos medidores de energia elétrica, as concessionárias de energia e os fabricantes de medidores de energia têm investido constantemente em novas formas ou tecnologias que sejam capazes de detectar e combater esse tipo de furto.

[0006] As técnicas mais comuns e recentes para detectar e suprimir as fraudes nos medidores são: (1) análise de dados das curvas de consumo, e (2) comparação entre a energia entregue e soma das energias consumidas. A primeira delas consiste em algoritmos de inteligência artificial que traçam perfis de consumo característicos de redes fraudadas a partir das curvas de consumo de redes problemáticas identificadas previamente, e a partir destes perfis todos os clientes são monitorados para verificar se o seu comportamento se aproxima do que é considerado suspeito. A segunda delas consiste em redes, na maioria das vezes sem fio, que transmitem, em tempo real, a leitura de todos os medidores dentro de uma linha de distribuição para uma central. A soma delas é comparada à energia entregue pelo transformador de distribuição e, caso a diferença ultrapasse um certo limite, entende-se que há fraude na rede e então inicia-se um processo de investigação nos clientes conectados a este transformador para identificar o ponto de fraude.

[0007] No entanto, os métodos de detecção de fraudes existentes mostram-se insuficientes frente às novas modalidades e tecnologias de fraude. O aparelho e método para detectar fraudes da presente invenção agregam uma nova

concepção capaz de analisar medidores eletrônicos de energia elétrica e indicar se este está ou não fraudado. Este recurso pode ser considerado um complemento às demais metodologias conhecidas, pois é capaz de detectar o local exato da fraude e auxiliar no julgamento da mesma.

[0008] Algumas soluções já divulgadas publicamente expõem técnicas e conceitos relacionados à detecção de fraudes de medidores de energia. Tais documentos são brevemente descritos e publicados a seguir.

[0009] O pedido de patente BR 10 2020 004479 6, depositado em 05 de março de 2020, por MONTREL CONTROLES ELETRÔNICOS LTDA - EPP e KASCO P&D TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO LTDA., propõe um dispositivo capaz de realizar a detecção de fraudes realizadas no circuito eletrônico de medidores de energia, tal como a presente invenção. Entretanto, a metodologia utilizada em tal documento difere da metodologia utilizada pela presente invenção.

[0010] Na metodologia proposta no documento BR 10 2020 004479 6, um gerador de sinais elétricos executa uma varredura nos canais de tensão e corrente em busca dos pontos de ressonância destes circuitos. Esta varredura é realizada com frequências entre 50 Hz e 5 MHz e tensão máxima de 5 V RMS (nenhuma informação sobre a potência do sinal é indicada). Esta varredura é utilizada para gerar uma curva de impedância em função da frequência o que, segundo a metodologia proposta em BR 10 2020 004479 6, é suficiente para caracterizar os circuitos de tensão e corrente do medidor. Assim, a análise da fraude seria realizada através da comparação das curvas obtidas do medidor sob teste com curvas de referência obtidas em medidores não fraudados e armazenadas previamente em um banco de dados. Nenhum método

de comparação foi especificado e tal documento apenas indica a possibilidade de utilização de inteligência artificial para realização da comparação.

[0011] Dentre as desvantagens da tecnologia divulgada pelo documento BR 10 2020 004479 6, tem-se que a aplicação dos sinais utilizados para realizar a varredura nos canais de tensão do medidor pode, dependendo das características da fonte utilizada, provocar danos permanentes ao medidor sob teste. É possível averiguar que testes realizados em bancada podem comprovar o aquecimento nos capacitores da fonte do medidor. Além disso, devido à baixa impedância dos canais de corrente, principalmente em frequências mais baixas, seria necessária a utilização de circuitos de acoplamento complexos, o que onera os custos de fabricação da solução de BR 10 2020 004479 6.

[0012] Após extensiva análise de medidores fraudados obtidos em campo foram observados dois tipos principais de fraudes no circuito eletrônico dos medidores: fraudes permanentes e transitórias. As fraudes permanentes foram observadas tanto nos canais de tensão quanto de corrente do medidor. Nos canais de tensão foi comum observar a substituição de resistores para alterar a tensão utilizada pelo chip de medição para calcular a energia. Nos canais de corrente, as fraudes mais comuns consistiam em realizar o by-pass do resistor shunt ou danificar os transformadores de corrente. As fraudes permanentes são detectadas facilmente por meio da utilização de padrões portáteis e são bastante comuns de serem detectadas pelas concessionárias de energia.

[0013] Já nas fraudes transitórias foi observada a instalação de circuitos complexos no interior da caixa do medidor. Estes circuitos, na grande maioria das vezes, são

compostos por uma fonte, linear ou chaveada, conectada aos bornes de tensão, em paralelo com os circuitos de alimentação do próprio medidor, e um circuito semelhante aos utilizados em portões eletrônicos onde, por meio de relés, é realizado o by-pass do circuito de medição de corrente utilizando um controle remoto. Assim, durante o procedimento de análise de fraude utilizando o padrão portátil, o fraudador consegue desconectar o circuito de by-pass, impossibilitando a detecção da fraude.

[0014] A instalação de circuitos externos junto ao medidor eletrônico modifica as características relacionadas à corrente e, conseqüentemente, à perda interna do medidor fraudado quando comparado com um medidor novo. Isto permite que a fraude seja identificada por mera inspeção da curva. Além disso, observa-se uma variação expressiva nas amplitudes das harmônicas de ordem superior, THD e uma alteração muito significativa na perda interna do medidor.

[0015] Nesse sentido, o aparelho e método para detectar fraudes da presente invenção têm o objetivo de identificar as alterações causadas pela adição de circuitos externos ao circuito do medidor. Para isso, utiliza-se um gerador de sinal em conjunto com um amplificador para alimentar o medidor com tensão e frequência nominal normalmente 120V/240V e 60 Hz (não é realizada nenhuma varredura em diferentes frequências) e por meio de circuitos de condicionamento de sinal. Os sinais de tensão e corrente amostrados do medidor sob teste são digitalizados e armazenados em memória.

[0016] Após processamento, diversos indicadores são extraídos da curva de corrente, tais como amplitude da corrente fundamental, amplitude da corrente para diferentes

harmônicas, perda interna e taxa de distorção harmônica da corrente (THDi) . Ao conjunto de indicadores obtidos foi dado o nome de DNA Digital.

[0017] A detecção da fraude é realizada por meio da comparação do DNA Digital obtido de um medidor de referência e do DNA Digital do medidor sob teste. Em uma concretização atual, compara-se diretamente os parâmetros extraídos da curva de corrente medida além de se realizar uma correlação das amplitudes dos componentes harmônicos. Entretanto, é possível o emprego de algoritmos baseados em inteligência artificial para comparar diretamente as curvas digitalizadas.

[0018] Portanto, de maneira resumida, as principais diferenças entre o aparelho e método para detectar fraudes da presente invenção e a metodologia proposta em BR 10 2020 004479 6 são:

- Canais analisados - em BR 10 2020 004479 6 todos os canais de tensão e corrente são analisados, enquanto que a presente invenção utiliza apenas dados obtidos dos canais de tensão;
- Natureza dos sinais utilizados - em BR 10 2020 004479 6, o gerador de sinais é responsável por gerar sinais de diferentes frequências com tensão limitada a 5V RMS, enquanto que na presente invenção o gerador de sinais em conjunto com um amplificador gera tensão e frequência industrial para alimentar o medidor;
- Curvas obtidas - em BR 10 2020 004479 6 é necessário calcular a impedância dos canais de tensão e corrente para cada frequência gerada, a fim de obter uma curva de impedância em função da frequência, enquanto que na

presente invenção são obtidas apenas as curvas de tensão e corrente do canal de tensão;

- Algoritmo de comparação - em BR 10 2020 004479 6 não é proposto nenhum algoritmo de comparação das curvas de impedância de referência e do medidor de energia sob teste. Apenas é sugerido algum algoritmo baseado em inteligência artificial. O método de detecção de fraudes da presente invenção compara o DNA Digital de referência com o DNA do medidor sob teste, utilizando critérios objetivos como: amplitude da corrente fundamental, perda interna, THD, erro médio quadrático da amplitude das harmônicas, etc. Adicionalmente, sugere-se a possibilidade de implementar esta comparação através do uso de outras técnicas como, por exemplo, algoritmos baseados em inteligência artificial e aprendizagem de máquina.

[0019] O documento patentário BR 10 2015 027008 9, intitulado "AFERIDOR DE MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA SEM INTERRUPTÃO NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA", publicado em 02 de maio de 2017, por COMPANHIA ENERGETICA DO RIO GRANDE DO NORTE COSERN / INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO - INSTITUTO LACTEC, descreve um aferidor de medidores de energia elétrica sem interrupção no fornecimento de energia que, de acordo com suas características, propicia a formação de um aferidor de medidores (1) em estrutura própria e específica do tipo eletroeletrônica baseada em uma unidade de verificação de medidor elétrica (A) tendo placa controladora, interface homem máquina (IHM) e conector especial para aplicação junto aos medidores de energia elétrica (A), com vistas a possibilitar de forma extremamente prática, segura e precisa uma completa otimização nos procedimentos de aferição de

medidores de energia elétrica (A), aliado ao cumprimento das normas específicas de verificação. Este documento revela um aferidor de medidores e não implementa as características relacionadas à obtenção dos indicadores (DNA digital) tampouco o método de análise para detecção de fraudes da presente invenção.

[0020] Portanto, há uma necessidade no estado da técnica de proporcionar um aparelho e método para detectar fraudes em medidores de energia elétrica que seja portátil, não invasivo e possibilite a identificação das fraudes de forma assertiva, mesmo quando tais circuitos fraudadores são desligados durante alguma verificação técnica da concessionária de energia elétrica.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0021] Um objetivo da presente invenção é proporcionar um aparelho e método para detectar fraudes em medidores de energia elétrica que seja portátil, apresente excelente assertividade na identificação de adulterações físicas em qualquer medidor eletrônico de energia e opere de forma não invasiva. Tais objetivos são alcançados através do aparelho e método divulgados na presente invenção, os quais aplicam-se em medidores de energia elétrica eletrônicos com ligação monofásica, bifásica ou trifásica, sem que haja a necessidade de interrupção no fornecimento de energia para o medidor durante o procedimento de detecção de fraudes.

[0022] Além disso, o aparelho de detecção de fraudes da presente invenção possui custo de fabricação relativamente baixo e não necessita de elevada capacidade computacional para obtenção dos resultados da análise.

[0023] O aparelho da presente invenção gera tensões senoidais de amplitude e frequência compatíveis com os

diversos modelos de medidores eletrônicos de energia atualmente disponíveis no mercado. Desta forma, é possível alimentar o medidor de energia a ser verificado através do próprio aparelho de detecção de fraude, sem o risco de danificar o medidor de energia sob teste ao submetê-lo a tensões e frequências inadequadas.

[0024] Através de técnicas de processamento digital de sinais é realizada uma análise dos sinais de tensão e corrente para gerar indicadores como: perda interna do medidor, taxa de distorção harmônica da corrente (THDi), entre outros. Estes indicadores são utilizados para construir um DNA digital do medidor.

[0025] Por meio de um software específico executado em um dispositivo de computação externo e do aparelho para detectar fraudes, o DNA digital de referência de diversos medidores é coletado formando um banco de dados que pode ser sincronizado entre diversos aparelhos para detectar fraudes para análise em campo de diferentes modelos de medidores de energia elétrica.

[0026] A análise do medidor consiste na obtenção do DNA Digital do medidor sob teste, que é comparado com o DNA Digital do medidor de referência armazenado previamente na memória do aparelho de detecção de fraudes.

[0027] Portanto, em suma, o eletricista em campo conecta o aparelho de detecção de fraudes aos terminais de tensão do medidor de energia elétrica. Em seguida, seleciona o modelo do medidor em teste através de uma interface homem/máquina (IHM) do aparelho de detecção de fraude e inicia a análise. O aparelho alimenta o medidor com tensão e frequência apropriada e coleta informações de tensão e corrente, as quais são utilizadas para gerar os indicadores

que formam o DNA digital do medidor sob teste. O DNA digital do medidor amostrado é comparado com o "DNA digital" de referência daquele modelo de medidor, armazenado no banco de dados do aparelho de detecção de fraudes. Caso haja divergência na comparação, o aparelho de detecção de fraudes indica ao eletricista através de um display da interface homem-máquina que o medidor foi REPROVADO no teste e que existe uma possível adulteração no seu circuito eletrônico com o objetivo de fraudar a medição.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0028] Os objetivos, vantagens e demais características importantes da invenção em questão poderão ser mais facilmente compreendidas quando lidas em conjunto com as figuras em anexo, nas quais:

[0029] A Figura 1 ilustra um diagrama de blocos com os componentes de hardware do aparelho de detecção de fraudes da presente invenção;

[0030] A Figura 2A ilustra um fluxograma do procedimento de obtenção do DNA digital de referência; e

[0031] A Figura 2B ilustra um fluxograma do método de detecção de fraudes da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[0032] O aparelho de detecção de fraudes compreende uma parte de hardware implementada essencialmente por um microcontrolador que compreende uma memória interna armazenando instruções na mesma.

[0033] Os componentes da parte de hardware serão descritos a seguir com referência à Figura 1. Contudo, deve ser entendido que a descrição fornecida é apenas uma concretização preferida da presente invenção, e não deve ser considerada limitada a tais componentes. Outros componentes

capazes de executar tarefas equivalentes podem ser alternativamente empregados.

[0034] A Figura 1 ilustra um diagrama de blocos com os principais componentes do circuito eletrônico que integram o hardware do aparelho para detectar fraudes da presente invenção.

[0035] A parte de hardware do aparelho para detectar fraudes compreende uma memória de massa 1, um módulo de comunicação 2, um microcontrolador 3 dotado de uma memória interna, filtros 4, 5, um amplificador 6, sensores de corrente e tensão 7, um multiplexador 8, fontes de alimentação 9 e uma bateria 10, além de uma interface homem/máquina IHM.

[0036] A memória 1 consiste em uma memória de massa responsável por armazenar o banco de dados com o DNA digital dos medidores de energia e os parâmetros de configuração do aparelho de detecção de fraudes. A memória 1 é conectada ao microcontrolador 3, e a comunicação entre ambos é realizada utilizando um protocolo adequado. As frequências de clock de até 133 MHz são suportadas, o que permite taxas equivalentes a 266 MHz para I/O dual ou 532 MHz (133 MHz x 4) para I/O Quad ao usar Read Dual/Quad I/O.

[0037] O módulo de comunicação 2 é responsável pela comunicação entre o aparelho de detecção de fraudes e um ou mais dispositivos de computação 12, tais como Laptops, Tablets, e aparelhos celulares. Tal comunicação com dispositivos externos ocorre via barramento USB (Universal Serial Bus), Bluetooth® ou Wi-Fi. Em uma concretização da invenção, o módulo de comunicação 2 conecta-se ao microcontrolador 3 através de um controlador UART (Universal Asynchronous Receiver /Transmitter).

[0038] O módulo de comunicação 2 é utilizado para atualizações relacionadas ao funcionamento do microcontrolador 3 e para atualizações do banco de dados que armazena o DNA digital dos medidores de energia. O módulo de comunicação 2 também permite que os dados resultantes de uma análise sejam disponibilizados para um dispositivo de computação externo 12 para a geração de um relatório com o resultado do processo de verificação de fraudes nos medidores, por exemplo.

[0039] O microcontrolador 3 controla todas as ações do circuito eletrônico embarcado no aparelho para detectar fraudes. Dentre as funções do microcontrolador 3, destacam-se: gerenciar a escrita e a leitura de dados na memória 1; gerenciar operações do módulo de comunicação com dispositivos de computação 12 externos; gerar o sinal senoidal com amplitude e frequência compatíveis com os medidores de energia em análise; interpretar os sinais de corrente e tensão provenientes dos ensaios de testes; gerar os indicadores (DNA digital amostrado); comparar os indicadores com o DNA digital de referência do respectivo modelo de medidor; identificar fraudes, caso o medidor analisado apresente alguma adulteração; gerenciar a troca de informações com o usuário, por meio de uma interface homem/máquina IHM (*Human Machine Interface*).

[0040] O microcontrolador 3 utiliza a técnica de Direct Digital Synthesis (DDS) para a geração do sinal senoidal de referência, que será amplificado para a alimentação do medidor. Nesta técnica, uma tabela com a forma de onda que se deseja gerar amostrada a uma frequência de amostragem fixa é armazenada na memória interna do microcontrolador 3. De acordo com a concretização da presente

invenção, uma onda senoidal foi utilizada sendo amostrada a uma taxa fixa, podendo gerar, por exemplo, senoídes com frequências de 50Hz e 60Hz. A amplitude da senoíde de referência é determinada por um fator de escala calculado por meio de um controlador PID embutido no microcontrolador 3 que compara a amplitude medida da senoíde de referência com o valor desejado. O valor desejado é determinado por um banco de dados de DNA Digital armazenado na memória de massa do aparelho para detectar fraudes.

[0041] As principais técnicas de processamento digital de sinais utilizadas foram:

- Direct Digital Synthesis (DDS): utilizada para a geração do sinal de referência para alimentação do medidor;
- Filtros digitais;
- Algoritmos baseados em transformada de Fourier.

[0042] A digitalização das formas de onda de tensão e corrente é realizada a uma taxa fixa, com frequência suficiente para o cálculo do DNA Digital. Utilizando as formas de onda amostradas, as amplitudes de tensão e corrente na frequência fundamental são calculadas utilizando filtros digitais. A amplitude dos sinais é utilizada para calcular o fator de escala do sinal de referência e cálculo do DNA Digital.

[0043] Um filtro de reconstrução passa-baixa 4 é conectado após um conversor D/A (Digital/Analógico) do microcontrolador 3. Ressalta-se que, alternativamente, é possível a utilização de um conversor D/A externo ao microcontrolador.

[0044] Conforme mencionado acima, o amplificador 6 amplifica o sinal senoidal gerado pelo microcontrolador 3 em

amplitude e potência, tornando-o adequado para alimentar o medidor de energia. Em uma concretização preferida, o amplificador 6 é um amplificador de áudio classe D, com um estágio de pré-amplificação e um estágio de saída com um autotransformador. A saída do autotransformador conecta-se aos sensores de tensão e corrente 7 e aos terminais de alimentação do medidor de energia sob teste. Ressalta-se que outras topologias de amplificadores podem ser utilizadas para eliminar a necessidade de um autotransformador.

[0045] Com base no teorema da amostragem de Nyquist-Shannon, a entrada de um conversor A/D (Analógico/Digital) requer um filtro eletrônico analógico, passa-baixa, chamado de filtro anti-aliasing 5. O sinal de entrada amostrado deve ser limitado em banda para evitar o aliasing e proporcionar uma medição precisa dos sinais de tensão e corrente a partir do medidor sob teste.

[0046] De acordo com uma implementação da presente invenção, o sensor de tensão 7 consiste em um divisor resistivo (100V para 0,971V) e um amplificador operacional conectado na configuração de somador. Tal configuração permite adequar o sinal senoidal de tensão para que ele possa ser adquirido por um conversor A/D do microcontrolador 3. Para tanto, uma tensão contínua de 1,65V (obtida por um circuito não ilustrado) é somada ao sinal senoidal, fazendo com que apresente apenas valores positivos de tensão, sem alterar o seu comportamento.

[0047] De acordo com uma implementação da presente invenção, o sensor de corrente 7 consiste em um shunt resistivo e um circuito integrado de detecção de corrente (por exemplo, o circuito integrado INA190A3IDDFR), o qual consiste em uma plataforma dedicada e ultra precisa de

medição de corrente por meio da utilização de resistores shunt.

[0048] O multiplexador 8 é utilizado para alimentar o medidor de energia sob teste de forma correta, aplicando a tensão adequada aos terminais do medidor. A tensão aplicada pode ser de fase ou de linha, e alimenta medidores monofásicos, bifásicos ou trifásicos, independentemente do modelo.

[0049] Uma fonte de alimentação 9 é utilizada para adequar os níveis de tensão da bateria de acordo com os níveis necessários pelo amplificador, circuitos de comunicação e filtros.

[0050] A bateria 10 consiste em uma bateria de íons de lítio (por exemplo, contendo seis células) que têm como objetivo alimentar todos os circuitos eletroeletrônicos do aparelho de detecção de fraudes, tais como o microcontrolador 3, filtros 4,5, amplificador 6, sensores de tensão e corrente 7 e multiplexador 8. Alternativamente, pode ser utilizada uma fonte CA/CC para alimentar o aparelho de detecção de fraudes, eliminando a necessidade de baterias.

[0051] Mais especificamente, a presente invenção se refere a um aparelho portátil e não-invasivo para detectar fraudes em um medidor 11 eletrônico de energia elétrica que compreende:

- uma bateria 10 e fontes de alimentação 9 capazes de alimentar os circuitos eletrônicos do aparelho;

- um microcontrolador 3 compreendendo uma memória interna e conectado a uma memória de massa 1, a um módulo de comunicação 2, a um filtro de reconstrução 4 do tipo passa-baixa, a um filtro anti-aliasing 5 analógico do tipo passa-baixa, e a uma interface homem/máquina IHM,

o aparelho em que a memória interna do microcontrolador 3 compreende instruções armazenadas na mesma para:

- obter 31, a partir de uma memória de massa 1, um DNA digital de referência do medidor 11 selecionado pelo usuário através de uma interface homem/máquina do aparelho de detecção de fraudes, em que o DNA digital compreende amplitude da corrente fundamental, amplitude da corrente para diferentes harmônicas, perda interna e taxa de distorção harmônica;

- energizar 32 cada canal de tensão do medidor 11 sob teste com tensão e frequência nominais;

- amostrar 33 cada canal de tensão e corrente do medidor 11 sob teste;

- extrair um DNA digital do medidor 11 sob teste através de uma análise em baixa frequência 34 e, opcionalmente, uma análise em alta frequência 35,

- em que a análise em baixa frequência 34 compreende remover a partir do sinal de corrente amostrado, os componentes do espectro de corrente com frequência superior a um valor configurável (atualmente definido em 1KHz) e calcular o valor da amplitude da corrente na frequência fundamental, o módulo da potência instantânea média, a taxa de distorção harmônica (THD) e o espectro da corrente,

- em que a análise em alta frequência 35 compreende remover a partir do sinal de corrente amostrado, os componentes com frequência inferior ao valor configurável (atualmente definido em 1 KHz) e calcular o valor RMS da corrente amostrada;

- comparar 36 o DNA digital amostrado do canal com o DNA digital de referência do mesmo canal utilizando

critérios de decisão carregados a partir da etapa de obter 31 o DNA digital de referência;

- exibir 39 o resultado da comparação em um display da interface homem-máquina IHM do aparelho de detecção de fraudes;

em que:

o microcontrolador 3 gera um sinal senoidal nominal de referência utilizando a técnica de Síntese Digital Direta (DDS), o sinal sendo amplificado em amplitude e potência por um amplificador 6, cuja saída alimenta terminais (L1, L2, L3, N) de alimentação do medidor de energia sob teste e é ligada aos sensores de tensão e corrente 7,

o filtro de reconstrução 4 do tipo passa-baixa conecta a saída do conversor D/A do microcontrolador ao amplificador 6,

o filtro anti-aliasing 5 analógico do tipo passa-baixa conecta os sensores de tensão e corrente 7 às entradas dos conversores Analógico/Digital (A/D) do microcontrolador 3,

os sensores de tensão e corrente 7 recebem sinais de tensão e corrente do amplificador 6 e fornecem a tensão adequada aos terminais (L1, L2, L3, N) do medidor 11 de energia por intermédio de um multiplexador 8;

o módulo de comunicação 2 realiza a comunicação entre o microcontrolador 3 e um dispositivo de computação 12 executando uma ferramenta de gestão do banco de dados contendo o DNA digital dos medidores, em que a ferramenta de gestão adicionalmente sincroniza o banco de dados de DNA digital entre diferentes aparelhos de detecção de fraudes; e

a memória de massa 1 armazena o banco de dados de DNA digital dos medidores e arquivos de configuração utilizados

pelo microcontrolador 3 e o módulo de comunicação 2.

[0052] A seguir, o método de operação do aparelho de detecção de fraude será descrito em detalhes.

[0053] O fluxograma da Figura 2A ilustra o procedimento para cadastro de um DNA Digital de referência do medidor de energia. Neste procedimento, o aparelho de detecção de fraude é conectado a um medidor de referência, sem fraudes. A partir da conexão do modelo do medidor de energia, o DNA digital do medidor é carregado 21. Na etapa seguinte, o aparelho de detecção de fraude energiza 22 um canal de tensão do medidor de referência com tensão e frequência nominal. Em seguida, as curvas de tensão e corrente são amostradas 23 e, com base nestas curvas, é calculado o DNA Digital de baixa frequência 24 e, opcionalmente, um de alta frequência 25. Após a extração do DNA Digital de baixa e alta frequências nas etapas 24 e 25, o DNA Digital do canal amostrado é salvo 26 na memória 1. A seguir, uma verificação 27 é realizada para identificar se existem novos canais do medidor a serem cadastrados. Caso positivo, as etapas 22 a 26 são repetidas para os canais de tensão restantes. Para cada medidor são cadastrados 28 critérios de decisão, por exemplo, a faixa de variação permitida para os parâmetros do DNA Digital como variação máxima da amplitude da corrente, variação máxima da perda interna, etc. Após o cadastro dos critérios de decisão, o DNA Digital é salvo 29 em um banco de dados armazenado na memória de massa 1, e poderá ser enviado para diferentes aparelhos para detectar fraudes via meios de comunicação apropriados.

[0054] O fluxograma da Figura 2B ilustra as etapas do método de detecção de fraudes de um medidor de energia da

presente invenção. As etapas de detecção de fraudes são realizadas após o cadastro do medidor de referência. Inicialmente, é obtido o DNA Digital de referência do medidor sob teste. Em seguida, o DNA Digital de cada canal de tensão é comparado com o DNA Digital do medidor de referência e o resultado é informado. Ao término da análise de todos os canais de tensão é exibido um resultado geral da análise.

[0055] Mais especificamente, o método para detectar fraudes utilizando um aparelho para detectar fraudes conforme definido acima, compreende as etapas de:

- obter 31, a partir da memória de massa 1, um DNA digital de referência do medidor 11 selecionado por um usuário através de uma interface homem/máquina IHM do aparelho para detectar fraudes, em que o DNA digital compreende amplitude da corrente fundamental, amplitude da corrente para diferentes harmônicas, perda interna e taxa de distorção harmônica;

- energizar 32 cada canal de tensão do medidor 11 sob teste com tensão e frequência nominais;

- amostrar 33 cada canal de tensão e corrente do medidor 11 sob teste;

- extrair um DNA digital do medidor sob teste através de uma análise em baixa frequência 34 e, opcionalmente, uma análise em alta frequência 35,

em que a análise em baixa frequência 34 compreende remover a partir do sinal amostrado, os componentes do espectro de corrente com frequência superior a um valor configurável e calcular: o valor da amplitude na frequência fundamental, o módulo da potência instantânea média, a taxa de distorção harmônica (THD) e o espectro da corrente,

em que a análise em alta frequência 35 compreende remover a partir do sinal de corrente amostrado, os componentes com frequência inferior ao valor configurável e calcular o valor RMS da corrente amostrada;

- comparar 36 o DNA digital amostrado do canal com o DNA digital de referência do mesmo canal utilizando critérios de decisão carregados a partir da etapa de obter 31 o DNA digital de referência;

- exibir 39 o resultado da comparação em um display da interface homem-máquina IHM do aparelho de detecção de fraudes.

[0056] Um resultado da comparação 36 para determinado canal é exibido para o usuário na etapa 37. Em seguida, uma verificação 38 é realizada para identificar se existem outros canais a serem comparados. A etapa de exibir 39 compreende ainda emitir um alerta de fraude através da interface homem/máquina (IHM) caso o resultado da comparação exceda um limiar definido na etapa de obter 31 o DNA digital de referência.

[0057] Em uma concretização da invenção, o método compreende ainda enviar, através do módulo de comunicação 2, o resultado da análise para exibição no dispositivo de computação 12.

[0058] Em uma concretização da presente invenção, os critérios de decisão utilizados na etapa de comparação 36 consistem em um percentual de erro máximo da corrente RMS, da tensão RMS, da perda interna e/ou da taxa de distorção harmônica.

[0059] Em uma concretização da presente invenção, o critério de decisão utilizado na etapa de comparação 36 para avaliação do espectro da corrente compreende o erro médio

quadrático.

[0060] Em uma concretização da presente invenção, a etapa de comparação 36 do DNA digital é realizada através de técnicas de inteligência artificial e aprendizado de máquinas.

[0061] Em uma concretização da presente invenção, a análise em alta frequência 35 na etapa de extrair o DNA digital compreende, opcionalmente, calcular o espectro do sinal de alta frequência com uma frequência máxima de 150 KHz com partições de 10KHz.

[0062] Foram desenvolvidos circuitos eletrônicos específicos para amplificar o sinal de referência utilizado para alimentar o medidor bem como para o condicionamento dos sinais provenientes dos sensores de tensão e corrente. Torna-se evidente para uma pessoa com conhecimento na técnica, o desenvolvimento de tais circuitos, de acordo com as características específicas de projeto ora consideradas. Desta forma, tais circuitos não são aqui ilustrados para não limitar o escopo de proteção desta invenção.

[0063] Será facilmente compreendido por aqueles versados na técnica que modificações podem ser realizadas na invenção sem com isso se afastar dos conceitos expostos na descrição precedente. Essas modificações devem ser consideradas como incluídas dentro do escopo da invenção. Consequentemente, as concretizações particulares descritas em detalhe anteriormente são somente ilustrativas e não limitativas quanto ao escopo da invenção, ao qual deve ser dada a plena extensão das reivindicações em anexo e de todos e quaisquer equivalentes das mesmas.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho portátil e não-invasivo para detectar fraudes em medidores (11) eletrônicos de energia elétrica que compreende:

uma bateria (10) e fontes de alimentação (9) capazes de alimentar os circuitos eletrônicos do aparelho;

um microcontrolador (3) compreendendo uma memória interna e conectado a uma memória de massa (1), a um módulo de comunicação (2), a um filtro de reconstrução (4) do tipo passa-baixa, a um filtro anti-aliasing (5) analógico do tipo passa-baixa, e a uma interface homem/máquina (IHM),

o aparelho caracterizado pelo fato de que a memória interna do microcontrolador (3) compreende instruções armazenadas na mesma para:

- obter (31), a partir da memória (10), um DNA digital de referência do medidor selecionado pelo usuário através de uma interface homem/máquina (IHM) do aparelho de detecção de fraudes, em que o DNA digital compreende amplitude da corrente fundamental, amplitude da corrente para diferentes harmônicas, perda interna e taxa de distorção harmônica;

- energizar (32) cada canal de tensão do medidor (11) sob teste com tensão e frequência nominais;

- amostrar (33) cada canal de tensão e corrente do medidor 11 sob teste;

- extrair um DNA digital do medidor (11) sob teste através de uma análise em baixa frequência (34) e, opcionalmente, uma análise em alta frequência (35),

em que a análise em baixa frequência (34) compreende remover a partir do sinal amostrado, os componentes do espectro de corrente com frequência superior

a um valor configurável e calcular o valor da amplitude da corrente na frequência fundamental, o módulo da potência instantânea média, a taxa de distorção harmônica (THD) e o espectro da corrente,

em que a análise em alta frequência (35) compreende remover a partir do sinal de corrente amostrado, os componentes do espectro de corrente com frequência inferior ao valor configurável e calcular o valor RMS da corrente amostrada;

- comparar (36) o DNA digital amostrado de cada canal com o DNA digital de referência do mesmo canal utilizando critérios de decisão carregados a partir da etapa de obter (31) o DNA digital de referência;

- exibir (39) o resultado da comparação em um display da interface homem-máquina (IHM) do aparelho de detecção de fraudes;

em que:

o microcontrolador (3) gera um sinal de referência senoidal, o sinal é amplificado em amplitude e potência por um amplificador (6), cuja saída alimenta terminais (L1, L2, L3, N) de alimentação do medidor (11) de energia sob teste e é ligada aos sensores de tensão e corrente (7),

o filtro de reconstrução (4) do tipo passa-baixa conecta a saída do conversor D/A do microcontrolador ao amplificador (6),

o filtro anti-aliasing (5) analógico do tipo passa-baixa conecta os sensores de tensão e corrente (7) às entradas dos conversores Analógico/Digital (A/D) do microcontrolador (3),

os sensores de tensão e corrente (7) recebem sinais de tensão e corrente do amplificador (6) e fornecem a tensão

adequada aos terminais (L1, L2, L3, N) do medidor (11) de energia por intermédio de um multiplexador (8);

o módulo de comunicação (2) realiza a comunicação entre o microcontrolador (3) e um dispositivo de computação (12) executando uma ferramenta de gestão do banco de dados contendo o DNA digital dos medidores, em que a ferramenta de gestão adicionalmente sincroniza o banco de dados de DNA digital entre diferentes aparelhos de detecção de fraudes; e

a memória de massa (1) armazena o banco de dados de DNA digital dos medidores e arquivos de configuração utilizados pelo microcontrolador (3) e pelo módulo de comunicação (2).

2. Aparelho para detectar fraudes, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a amplitude dos sinais de tensão e corrente de referência é determinada por um fator de escala calculado através de um controlador PID do microcontrolador (3).

3. Aparelho para detectar fraudes, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a memória de massa (1) utiliza um sistema de arquivos tolerante a falhas ocasionadas por perda de alimentação.

4. Aparelho para detectar fraudes, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dispositivo de computação (12) compreende um tablet, notebook, aparelho celular ou qualquer dispositivo de computação móvel.

5. Aparelho para detectar fraudes, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o módulo de comunicação (2) compreende um módulo USB, Bluetooth ou Wi-Fi.

6. Método para detectar fraudes em medidores eletrônicos de energia utilizando um aparelho para detectar fraudes conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 5, o método caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

- obter (31), a partir da memória de massa (1), um DNA digital de referência do medidor (11) selecionado por um usuário através de uma interface homem/máquina (IHM) do aparelho para detectar fraudes, em que o DNA digital compreende amplitude da corrente fundamental, amplitude da corrente para diferentes harmônicas, perda interna e taxa de distorção harmônica;

- energizar (32) cada canal de tensão do medidor sob teste com tensão e frequência nominais;

- amostrar (33) cada canal de tensão e corrente do medidor sob teste;

- extrair um DNA digital do medidor sob teste através de uma análise em baixa frequência (34) e, opcionalmente, uma análise em alta frequência (35),

- em que a análise em baixa frequência (34) compreende remover a partir do sinal amostrado, os componentes do espectro de corrente com frequência superior a um valor configurável e calcular: o valor da amplitude da corrente na frequência fundamental, o módulo da potência instantânea média, a taxa de distorção harmônica (THD) e o espectro da corrente,

- em que a análise em alta frequência (35) compreende remover a partir do sinal amostrado, os componentes do espectro de corrente com frequência inferior ao valor configurável e calcular o valor RMS da corrente amostrada;

- comparar (36) o DNA digital amostrado de cada canal com o DNA digital de referência do mesmo canal utilizando critérios de decisão carregados a partir da etapa de obter (31) o DNA digital de referência;

exibir (39) o resultado da comparação (36) em um display da interface homem-máquina (IHM) do aparelho de detecção de fraudes.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que os critérios de decisão utilizados na etapa de comparação (36) consistem em um percentual de erro máximo da corrente RMS, da tensão RMS, da perda interna e da taxa de distorção harmônica (THD).

8. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o critério de decisão utilizado na etapa de comparação (36) para avaliação do espectro da corrente compreende o erro médio quadrático.

9. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a etapa de comparação (36) do DNA digital é realizada através de técnicas de inteligência artificial e aprendizagem de máquinas.

10. Método, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que compreende ainda enviar, através do módulo de comunicação (2), o resultado da análise para exibição em um dispositivo de computação (12) .

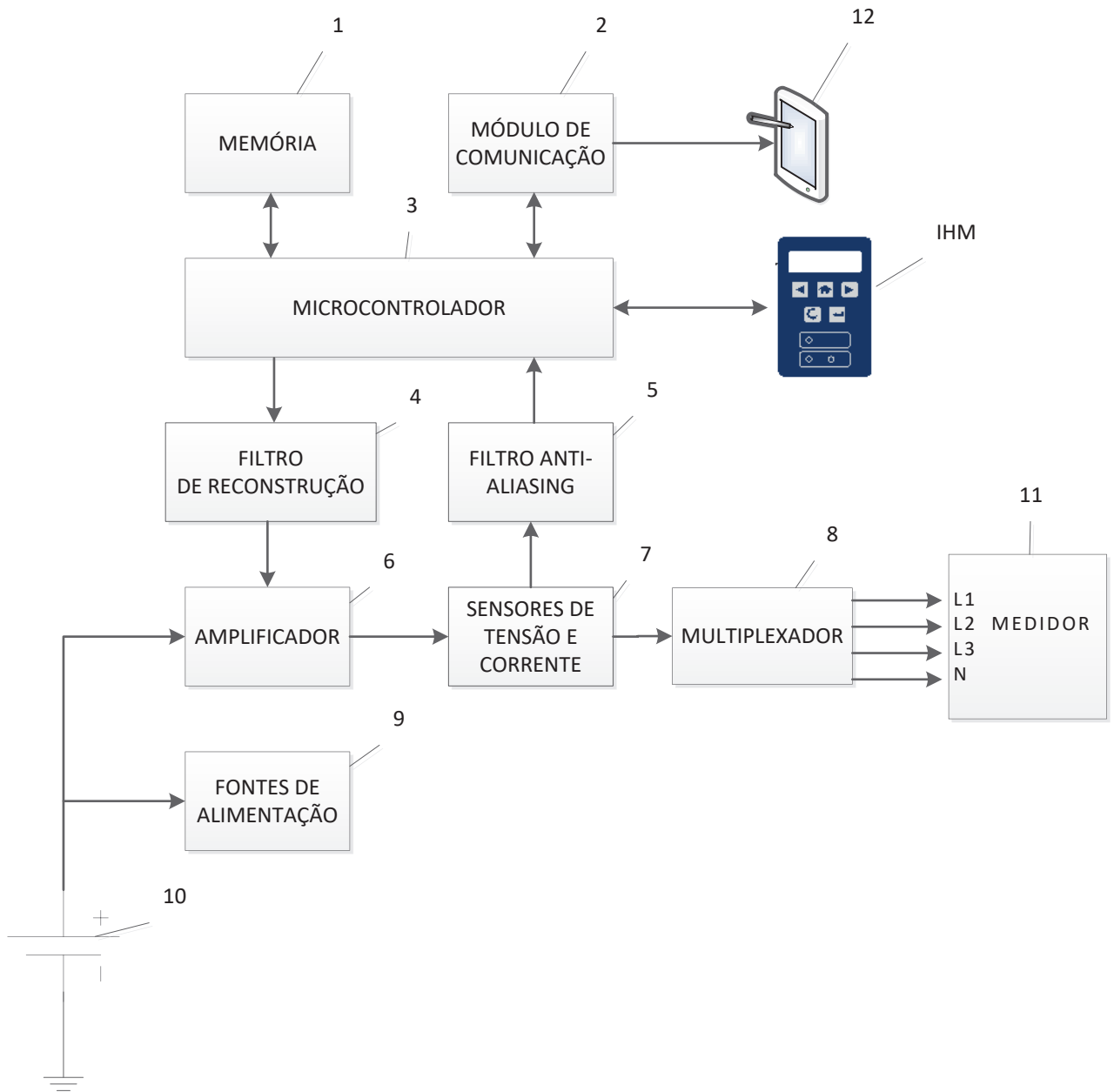


FIGURA 1

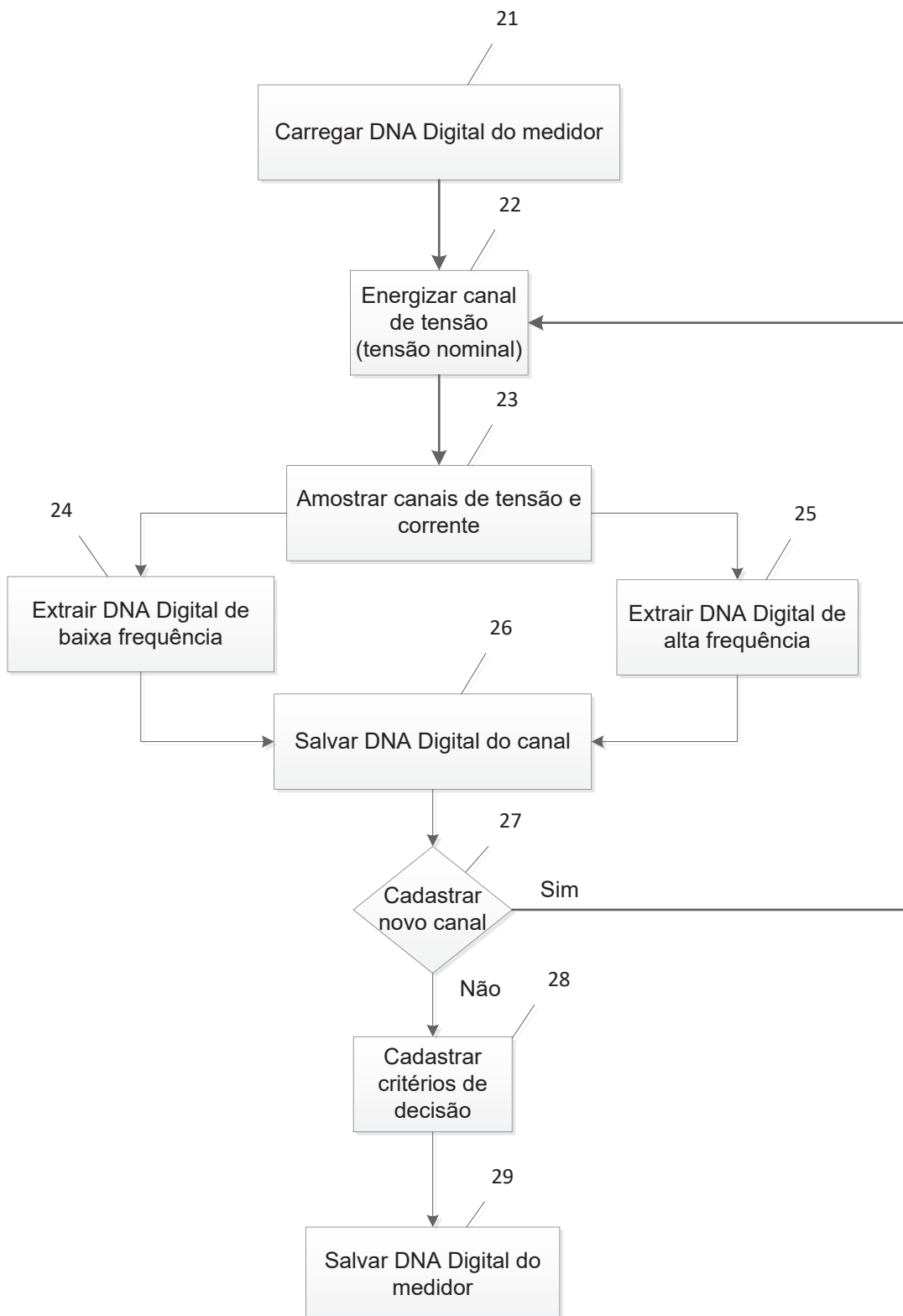


FIGURA 2A

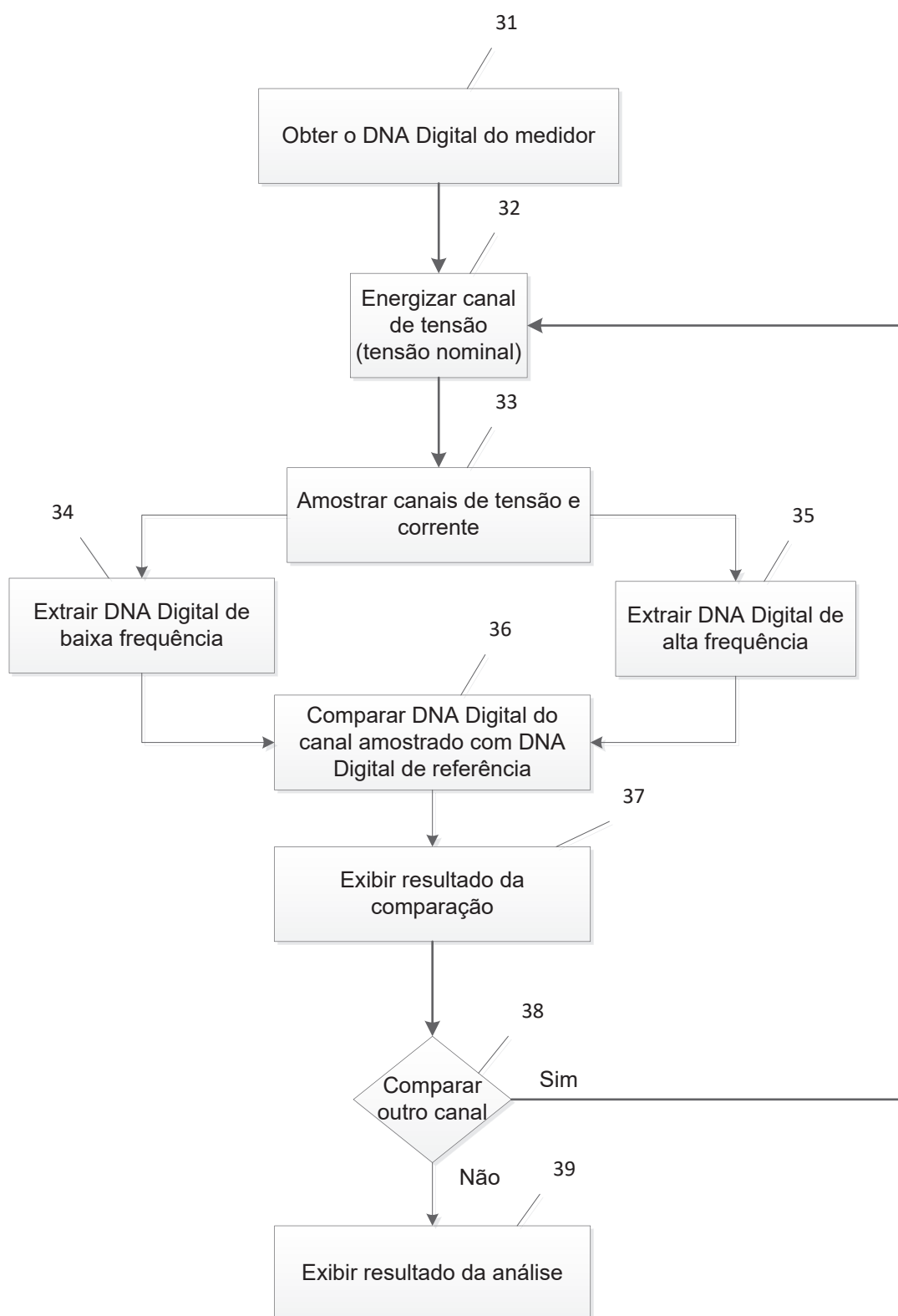


FIGURA 2B

RESUMO

**"APARELHO E MÉTODO PARA DETECTAR FRAUDES EM MEDIDORES DE
ENERGIA ELÉTRICA"**

A presente invenção refere-se a um aparelho e método para detectar fraudes em medidores eletrônicos de energia elétrica. Mais especificamente, o aparelho e método da presente invenção tem o objetivo de detectar, de forma não-invasiva, as fraudes ou adulterações internas nesses medidores de energia com o objetivo de reduzir as perdas não-técnicas das concessionárias de energia elétrica.