



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

(11) PI 1014223-1 B1



(22) Data do Depósito: 23/06/2010

(45) Data de Concessão: 09/06/2020

(54) Título: MÉTODOS PARA DETECÇÃO DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS DE UMA REDE DE CA TRIFÁSICA, E PARA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA REDE DE CA ELÉTRICA, DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO PARA DETECÇÃO DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS DE UMA REDE DE CA ELÉTRICA DE TRÊS FASES, E DE ALIMENTAÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA REDE DE CA, E, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

(51) Int.Cl.: G01R 19/25.

(30) Prioridade Unionista: 29/06/2009 DE 10 2009 031 017.7.

(73) Titular(es): ALOYS WOB BEN.

(72) Inventor(es): ALFRED BEEKMANN; VOLKER DIEDRICHS.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010058930 de 23/06/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/000754 de 06/01/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/12/2011

(57) Resumo: MÉTODOS PARA DETECÇÃO DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS DE UMA REDE DE CA TRIFÁSICA, E PARA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA REDE DE CA ELÉTRICA, DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO PARA DETECÇÃO DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS DE UMA REDE DE CA ELÉTRICA DE TRÊS FASES, E DE ALIMENTAÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA REDE DE CA, E, SISTEMA DE ENERGIA EÓLICA A presente invenção se refere a um método para detectar variáveis elétricas de uma rede de CA de três fases que tem uma primeira, segunda, e terceira fases, compreendendo as etapas de medir um respectivo valor de tensão da primeira, segunda e terceira fases em relação a um condutor neutro em um primeiro momento no tempo, transformar os três valores de tensão do primeiro momento no tempo em coordenadas polares com uma amplitude de tensão e um ângulo de fase, e determinar a frequência, amplitude de tensão e/ou o ângulo de fase atuais de pelo menos uma das fases a partir dos valores de tensão transformados em coordenadas polares.

“MÉTODOS PARA DETECÇÃO DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS DE UMA REDE DE CA TRIFÁSICA, E PARA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA REDE DE CA ELÉTRICA, DISPOSITIVOS DE MEDIÇÃO PARA DETECÇÃO DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS DE UMA REDE DE CA ELÉTRICA DE TRÊS FASES, E DE ALIMENTAÇÃO PARA ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA REDE DE CA, E, SISTEMA DE ENERGIA EÓLICA”

[001] A presente invenção se refere a um método para detecção de variáveis elétricas de uma rede de CA de três fases com uma primeira, segunda e terceira fases. Além disso, a presente invenção se refere a um método para alimentação de energia elétrica em uma rede de CA elétrica. Além disso, a presente invenção se refere a um dispositivo para detecção de variáveis elétricas uma rede de CA de três fases bem como um dispositivo para alimentação de energia elétrica em uma rede de CA elétrica. Além disso, a presente invenção se refere também a uma instalação de energia eólica, que é preparada para detecção de variáveis elétricas de uma rede de CA e/ou para alimentação de energia elétrica em uma rede de CA elétrica.

[002] Especialmente para alimentar energia elétrica em uma rede de CA elétrica existente, é necessário conhecer a mesma tão exatamente quanto possível. O conhecimento da frequência da tensão de CA na rede bem como magnitudes e fases das voltagens são de significância. Também para outras finalidades, todavia, que podem ser relacionadas à alimentação à rede, tais como, por exemplo, o reconhecimento de perturbações na rede, uma detecção que é tão precisa quanto possível e em uma relação tão em tempo real quanto possível é principalmente das voltagens elétricas da rede é desejável.

[003] Para detectar frequência e ângulo de fase da tensão de CA de uma rede de CA, passagens por zero da tensão são usualmente detectadas. O espaçamento de tempo de duas passagens por zero de tensão adjacentes corresponde à metade de uma duração de período, e a frequência pode ser

calculada a partir da mesma. Assim, é possível determinar a posição de fase a partir da passagem por zero e a frequência ou as duas passagens por zero.

[004] Uma desvantagem com relação a isto é em particular que pelo menos a duração de tempo de metade de um período é correspondentemente necessária para detectar a frequência e assim variações em frequência. Ao mesmo tempo, a qualidade com tais métodos de medição pode ser inadequada. Particularmente para redes de CA que são crescentemente alimentadas e também suportadas por meios de fornecimento de energia descentralizados, a medição que é tão rápida quanto possível com a qualidade a mais alta possível é de significância. A detecção rápida e confiável de distúrbios na rede, tais como a ocorrência de curtos-circuitos, está também obtendo crescente significância.

[005] Por conseguinte, o objetivo da invenção foi o de propor um método que é aperfeiçoado com relação a pelo menos uma das desvantagens acima mencionadas e um dispositivo correspondente. Em particular, a invenção procura propor um método de medição que é aperfeiçoado tanto quanto possível com relação à velocidade e qualidade. No pelo menos um método de medição alternativo e um método alternativo de alimentar energia e correspondentes dispositivos foram propostos.

[006] Como estado da arte, atenção é dirigida neste ponto geralmente para os seguintes documentos: DE 101 13 786 A1 , EP 004 984 A1 e DE 199 44 680 A1.

[007] De acordo com a invenção é proposto um método para detecção de variáveis elétricas de uma rede de CA de três fases de acordo com a reivindicação 1.

[008] O ponto de partida básico é uma rede de CA de três fases que tem primeira, segunda e terceira fases. Daqui em diante, a referência a um ângulo de fase se refere basicamente à primeira fase, a menos que especificado ao contrário. Os índices de 1 a 3, em particular com relação às

voltagens ou ângulos de fase, se referem basicamente à primeira, segunda ou terceira fase, respectivamente.

[009] Em uma etapa de método, um respectivo valor de tensão, nomeadamente uma tensão de fase, é detectado ou medido em um primeiro momento no tempo da primeira, segunda e terceira fases, ou seja, a tensão em relação ao condutor neutro ou outro potencial neutro.

[0010] A próxima etapa envolve a transformação dos valores de tensão medidos no primeiro momento no tempo em coordenadas polares em uma variável de valor complexo, assim uma magnitude e um ângulo de fase são correspondentemente produzidos. A este respeito, o ângulo de fase se refere à primeira tensão. A transformação pode ser realizada como segue:

$$\vec{u} = \left[u_1 + u_2 \exp\left(j \frac{2}{3} \pi\right) + u_3 \exp\left(j \frac{4}{3} \pi\right) \right]$$

$$U_N = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\text{real}(\vec{u}))^2 + (\text{imag}(\vec{u}))^2}$$

$$\varphi_M = \arctan(\text{imag}(\vec{u}) / \text{real}(\vec{u}))$$

[0011] Em uma próxima etapa, a medição e transformação são repetidas para pelo menos outro momento no tempo. Assim, está presente uma medição de tensão transformada em coordenadas polares em pelo menos dois momentos no tempo. A frequência, amplitude de tensão e/ou ângulo de fase de pelo menos uma das fases são então determinados a partir daqueles valores em coordenadas polares.

[0012] Usualmente, o método pode ser digitalmente implementado. Neste caso, as etapas de método descritas têm lugar pelo menos parcialmente em sucessão temporal. Em particular, em um primeiro momento no tempo a tensão das três fases é medida, uma operação de transformação é realizada e então em um segundo momento subsequente no tempo as voltagens das três fases são medidas novamente. Basicamente, todavia, uma implementação analógica pode ser considerada, em cujo caso medição substancialmente contínua poderia ser realizada.

[0013] Preferivelmente, a frequência correntemente prevalecente, uma amplitude de tensão e as fases das três voltagens são calculadas. Também preferivelmente os momentos no tempo da operação de medição são espaçados por menos que metade de um período – com base na frequência esperada.

[0014] Preferivelmente, a regulação de frequência é usada para determinar a uma frequência efetiva das três voltagens alternadas, tal regulação de frequência expressamente não operando de acordo com o conceito do enlace-travado-fase (PLL) e regulando uma primeira frequência auxiliar. Um circuito de regulação é usado para esta finalidade. a primeira frequência auxiliar é basicamente um estado variável e um resultado deste circuito de regulagem que pode ser ainda colocado em uso como uma variável intermediária. Em princípio, a primeira frequência auxiliar propriamente dita pode também ser usada como uma frequência corrente obtida.

[0015] Um ângulo auxiliar pode ser determinado a partir da frequência auxiliar. Uma variável para gerar a primeira frequência auxiliar pode ser produzida pela comparação do ângulo de fases que foi determinado na operação de transformação de coordenada para o ângulo de fase auxiliar.

[0016] Preferivelmente, um primeiro ângulo de diferença é formado para a regulagem de frequência. Este primeiro ângulo de diferença ocorre como a diferença entre o ângulo de fase que ocorre na operação de transformação de coordenada e um primeiro ângulo de fase auxiliar que está situado atrás por um tempo de amostragem. Este primeiro ângulo de diferença poderia, portanto, também ser interpretado como uma frequência ou frequência de diferença porque, em qualquer caso, a diferença entre um ângulo de fase e um ângulo de fase que está atrás por uma etapa de amostragem corresponde a uma frequência.

[0017] De acordo com esta modalidade, este primeiro ângulo de diferença é multiplicado por um primeiro fator de amplificação e/ou

adicionado a um valor de frequência inicial de uma frequência para obter a primeira frequência auxiliar. Uma frequência a ser esperada, em particular a frequência nominal ou correspondentemente a frequência angular nominal da rede, pode ser usada como o valor de frequência inicial.

[0018] Preferivelmente, para melhorar a determinação de frequência, é proposto que um segundo ângulo de fase auxiliar seja determinado, com uma segunda frequência auxiliar. Uma tal segunda frequência auxiliar – possivelmente depois da filtragem – pode ser fornecida como uma frequência corrente detectada. Preferivelmente, uma tal segunda frequência auxiliar e segundo ângulo de fase auxiliar são baseados na primeira frequência auxiliar e no primeiro ângulo de fase auxiliar, de acordo com uma das modalidades precedentes. Preferivelmente, a segunda frequência auxiliar e o segundo ângulo de fase auxiliar são determinados, em particular regulados, com base em um comportamento dinâmico predeterminado, na dependência da primeira frequência auxiliar e do primeiro ângulo de fase auxiliar.

[0019] Em uma modalidade, partindo do primeiro ângulo de fase auxiliar e do segundo ângulo de fase auxiliar, é proposto que um segundo ângulo de diferença seja determinado. Este segundo ângulo de diferença é formado como a diferença entre o primeiro ângulo de fase auxiliar e o segundo ângulo de fase auxiliar que está atrás por um tempo de amostragem. Em adição, a primeira e segunda frequências auxiliares formam a base para esta operação e uma frequência de diferença auxiliar é determinada a partir das mesmas. A frequência de diferença auxiliar é formada como a diferença entre a segunda frequência auxiliar que está atrás por um tempo de amostragem e a primeira frequência auxiliar.

[0020] Em adição, uma aceleração angular auxiliar é formada a partir do segundo ângulo de diferença e da frequência de diferença auxiliar. Esta aceleração angular auxiliar é representativa de uma segunda derivada do segundo ângulo de fase auxiliar com relação ao tempo e o segundo ângulo de

fase auxiliar e também a segunda frequência auxiliar são calculada a partir desta aceleração angular auxiliar.

[0021] Preferivelmente a aceleração angular auxiliar é formada como a diferença entre o segundo ângulo de diferença e a frequência de diferença auxiliar, em que o segundo ângulo de diferença e/ou a frequência de diferença auxiliar podem respectivamente ser levados em consideração multiplicados por um fator de amplificação.

[0022] Em particular, a formação de diferença com a frequência de diferença auxiliar, que pode também ser referida como mistura da frequência de diferença auxiliar com um fator de amplificação – que basicamente poderia ser também 1 – tem um efeito de amortecimento sobre as dinâmicas da segunda frequência auxiliar, de acordo com a respectiva seleção dos fatores de amplificação, desde que as etapas de método ou características possam ser interpretadas com relação a seu efeito.

[0023] Em uma modalidade preferida, a amplitude de tensão obtida na transformação é fornecida como uma tensão de saída detectada. Em adição ou alternativamente, de acordo com esta modalidade, o ângulo de fase obtido na operação de transformação é diferenciado em relação ao tempo – que pode ser efetuado discretamente ou continuamente – e fornecido como uma frequência detectada. Alternativamente, este ângulo de fase diferenciado pode também ser fornecido como uma frequência de comparação detectada quando, em particular, uma outra variável é fornecida como uma frequência detectada.

[0024] Adicionalmente ou alternativamente, a segunda frequência auxiliar é fornecida como uma frequência detectada e adicionalmente e alternativamente o segundo ângulo de fase auxiliar é fornecido como um ângulo de fase detectado de uma fase, em particular da primeira fase. Uma variável, uma pluralidade de variáveis ou todas as ditas variáveis podem ser possivelmente apropriadamente filtradas antes da saída ou fornecimento.

[0025] As variáveis a serem fornecidas, em particular a segunda

frequência auxiliar fornecida como uma frequência detectada e o segundo ângulo de fase auxiliar fornecido como um ângulo de fase detectado, formam assim um produto de método do método. Uma tal frequência detectada fornecida e um tal ângulo de fase detectado fornecido são distinguidos em particular por rápida detecção. Em outras palavras, em particular a saída ou fornecimento de uma frequência detectada que tem uma alteração de frequência em relação à rede de CA medida em um período de tempo inferior à metade de uma duração de período já difere aqui de um procedimento de detecção de frequência convencional pela medição das passagens por zero de tensão. Se desejado, será apreciado que o método de acordo com a invenção poderia também ser implementado ou efetuado mais lentamente.

[0026] Em adição, de acordo com uma modalidade, a rede de CA é monitorada quanto à existência de pelo menos um distúrbio de rede. Tais distúrbios de rede incluem:

- perda da estabilidade de ângulo,
- ocorrência de formação de rede de ilha (“perda de redes principais”),
- ocorrência de um curto-circuito de três fases, e
- ocorrência de um curto-circuito de dois pólos.

[0027] A ocorrência de um curto-circuito de três fases pode ser detectada em particular no colapso das três voltagens de três fases e assim no colapso da amplitude de volume transformada. No caso de um curto-circuito de dois pólos basicamente somente uma tensão colapsa quando a medição foi feita no lado d de um transformador DY (transformador delta-estrela) e o curto-circuito ocorreu no lado D. Isto pode ser reconhecido, por exemplo, em uma amplitude de tensão em oscilação da tensão transformada.

[0028] Na perda da estabilidade de ângulo, que é também referida como somente a ‘perda de estabilidade’ (LOS), a diferenciação do ângulo de fase ($d\phi/dt$) se desvia da frequência de rede ou da frequência angular de rede.

A rápida detecção de ângulo e frequência é desejável para detectar uma tal perda de estabilidade.

[0029] Na ocorrência de formação de rede insular, que é também referida como ‘perda de linhas de alimentação principais’ (LOM), a frequência atual se move gradualmente para fora da região da frequência angular e em particular parte de uma faixa de tolerância predeterminada. Assim, deve ser assumido que a porção de rede na qual a medição é feita perdeu contato com uma maior rede principal com uma frequência mais estável.

[0030] Para indicar a ocorrência de um distúrbio de rede, um sinal apropriado pode ser provido. Um tal sinal pode ser produzido dentro de uma unidade de processador ou fornecido como um sinal de saída. Em qualquer caso, um tal sinal deve ser observado como um produto do método. Em particular, a rápida detecção especificamente dirigida de pelo menos um dos ditos distúrbios de rede é um objetivo que é procurado ser atingido e distingue um tal sinal.

[0031] Em particular em relação à perda de estabilidade e perda de linhas de alimentação principais, foi reconhecido, de acordo com a invenção, que essas são crescentemente esperadas no caso de redes com fornecedores de energia de alimentação descentralizados. A este respeito, o rápido reconhecimento confiável é de significância a fim de se poder intervir rapidamente e de maneira especificamente visada.

[0032] Preferivelmente, a medição ou detecção das variáveis elétricas é monitorada em relação a um distúrbio de rede a fim de reconhecer qualquer distúrbio de rede. Na ocorrência de um distúrbio de rede, a detecção é continuada no sentido de uma estimativa baseada em variáveis que foram usadas por último. É apenas possível se referir à detecção atual, vez que é assumido que existe uma continuação basicamente estável das variáveis elétricas da rede de CA. A este respeito, foi proposto, com base nas variáveis

por último detectadas, em particular variáveis internas, do método, que a detecção seja continuada inteiramente ou parcialmente sem se considerar as variáveis de medição. A este respeito, pelo menos uma estimativa das variáveis desejadas é efetuada, em que nenhuma adaptação ou apenas adaptação parcial das variáveis estimadas é efetuada na dependência das variáveis de medição.

[0033] De acordo com a invenção ou de acordo com uma modalidade, é ainda proposto que as variáveis elétricas da rede de CA elétrica sejam medidas, em particular usando um método como descrito anteriormente, e com base no mesmo, CA elétrica é alimentada à rede de CA, preferivelmente na relação de três fases. Neste caso, a rede de CA é monitorada quanto à existência de pelo menos o distúrbio de rede da perda de estabilidade e/ou o distúrbio de rede da ocorrência de perda de linhas de alimentação principais. Na dependência do procedimento de monitoração, se, portanto, pelo menos um dos ditos distúrbios de rede ocorrer, medidas são iniciadas para suportar a rede de CA. Em princípio, será apreciado que consideração é também dada à interrupção da alimentação à rede, dependendo do respectivo distúrbio de rede envolvido, e separando o fornecedor de energia em questão a partir da rede.

[0034] Preferivelmente, em adição à monitoração da perda de estabilidade e/ou a ocorrência de uma perda de linhas de alimentação principais, a ocorrência de um curto-circuito de três fases e/ou a ocorrência de um curto-circuito de três pólos é monitorada e medidas são iniciadas para suportar a rede de CA, se pelo menos um dos ditos distúrbios de rede ocorrer.

[0035] Uma outra configuração propõe que o método de alimentação em energia elétrica seja usado como um método de acordo com a invenção, em particular para a determinação da frequência e fase da rede como uma base para a alimentação à rede, e também para reconhecer quaisquer distúrbios de rede a fim de poder iniciar medidas apropriadas rapidamente e

de maneira especificamente visada.

[0036] A alimentação à rede de CA elétrica pode então ser efetuada de maneira conhecida, tal como, por exemplo, usando um inversor de três fases que, com base em um circuito intermediário de tensão de corrente contínua, produz as três fases por um padrão de pulso apropriado por meio de interruptores semicondutores. A informação respectivamente requerida com relação à frequência e fase pode ser provida neste caso pelo método de acordo com a invenção.

[0037] Quando da monitoração dos distúrbios de rede, preferivelmente como a partir da ocorrência do distúrbio de rede em questão, este distúrbio de rede é detectado dentro de um tempo de detecção inferior a um período de rede, em particular dentro de um tempo de detecção inferior à metade de um período de rede. É também proposto que medidas para o suporte da rede sejam iniciadas a partir da ocorrência de um distúrbio de rede dentro de um tempo de reação inferior a um período de rede, em particular dentro de um tempo de reação inferior à metade de um período de rede. Para correspondentemente detectar rapidamente distúrbios de rede a fim de detectar o distúrbio de rede no curto tempo especificado e também para iniciar medidas de suporte no curto tempo especificado, é proposto um método de acordo com a invenção como descrito anteriormente, o qual, para finalidades de detecção, não é limitado à medição de passagem por voltagens zero, mas, pelo contrário, pode efetuar a medição independentemente das passagens por zero de voltagens e uma pluralidade de vezes entre as passagens por zero das voltagens e pode fornecer resultados correspondentemente rápidos.

[0038] Em adição, é proposto um Dispositivo para medição para detectar variáveis elétricas de uma rede de CA elétrica de três fases, que substancialmente implementa um método de medição de acordo com a invenção. para esta finalidade, pelo menos um meio de medição é usado para medir a tensão instantânea elétrica de cada uma das três fases com relação a

um condutor neutro, ou seja, para medir as voltagens de fase. Em adição, é provida uma unidade de computação para determinar a frequência e fase da rede elétrica. Os meios de medição fornecem, em particular digitalmente, as voltagens medidas para a unidade de computação em cada tempo de amostragem. As etapas de computação da respectiva modalidade do método de medição de acordo com a invenção são implementadas na unidade de computação. Em particular, as etapas de computação devem ser implementadas em um processador de sinal digital, embora teoricamente a implementação possa ser também considerada por meio de um comutador analógico ou um circuito analógico.

[0039] Em adição, é proposto um dispositivo para alimentação para alimentar energia elétrica a uma rede de CA. Para esta finalidade, o Dispositivo para alimentação tem pelo menos um Dispositivo para medição e uma unidade de alimentação. O Dispositivo para medição que é em particular de um projeto e construção de acordo com a modalidade acima descrita detecta em particular a frequência e a fase da rede de CA elétrica. aquelas variáveis formam a base para a alimentação de energia à rede e devem ser providas em particular para a sincronização, mas também para o reconhecimento de distúrbios. Uma unidade de alimentação é usada para alimentar a energia, em que o Dispositivo para alimentação é controlado de acordo com um método de alimentação como descrito anteriormente. Em particular, uma unidade de alimentação pode incluir um inversor de frequência para converter energia elétrica a partir de um circuito intermediário de corrente contínua por meio de interruptores semicondutores apropriados para uma configuração senoidal para cada fase por meio de um método de pulso.

[0040] Em adição, é proposta uma instalação de energia eólica que em particular extrai energia cinética a partir do vento e converte-a em energia elétrica por meio de um gerador. A energia elétrica é alimentada em uma rede

de CA de três fases. Um Dispositivo para alimentação como descrito anteriormente é usado para alimentar a energia. Para detectar as variáveis elétricas, em particular a frequência e fases da rede de CA de três fases, um Dispositivo para medição como descrito anteriormente é empregado. Essas e outras variáveis elétricas detectadas da rede de CA podem servir como uma base para o Dispositivo para alimentação.

[0041] Deve ser notado, em princípio, que o Dispositivo para medição pode fazer parte o Dispositivo para alimentação.

[0042] A invenção será descrita em maior detalhe daqui em diante, a título de exemplo, por meio de modalidades com referência às Figuras anexas, nas quais

A Figura 1 mostra esquematicamente um conto de conexão de uma rede de três fases com condutor neutro,

A Figura 2 mostra os valores de medição de um sistema de três fases em relação a uma porção das configurações de tensão do sistema de três fases para a duração de um comprimento de período,

A Figura 3 mostra a configuração estrutural básica de um de uma rede de CA de três fases com Dispositivo para medição conectado, e

A Figura 4 mostra a estrutura do método de acordo com a invenção, consoante uma modalidade.

[0043] A invenção é baseada em um ponto de conexão de três fases 2, que em três linhas L1, L2, e L3 para transportar uma respectiva fase e um condutor neutro N, como mostrado na Figura 1. O ponto de conexão 2 é simbolicamente indicado como a extremidade de um cabo, para finalidades ilustrativas. Igualmente, as três fases L1, L2 e L3 e o condutor neutro N podem ser providos, por exemplo, em uma caixa de conexão.

[0044] A Figura 2 mostra o tipo de medição sobre o qual a invenção é baseada, em princípio. De acordo com a mesma, uma tensão é medida em relação ao condutor neutro N em um momento no tempo t1 em cada uma das

linhas L1, L2 e L3. Aqueles valores de medição u_1 , u_2 e u_3 podem basicamente ser associados com uma posição em uma porção de 360° , nomeadamente uma duração de período. A este respeito, a Figura 2 mostra uma tal porção de uma duração de período para todas as três fases P1, P2 e P3. A correspondente posição da medição no momento no tempo t_1 associado com a posição M1 na porção de uma duração de período que é registrada sobre um ângulo φ . Os ângulos de fase φ_1 , φ_2 e φ_3 se referem assim ao ângulo a partir da tensão máxima – o valor de pico – da respectiva fase para a posição de medição M1. As respectivas fases são caracterizada como P1, P2 e P3. O ângulo de fase φ_3 pertence à fase P3. O valor de pico da fase P3 é depois da posição M1 e está assim indicado por uma seta que basicamente começa no ponto de ápice de P3 e deve ser medido até a extremidade do período ilustrado mais o valor desde o início do período até a posição de medição M1. No caso de uma rede simétrica, os ângulos de fase φ_1 , φ_2 e φ_3 seriam respectivamente deslocados relativamente entre si por 120° ou 240° .

[0045] A amplitude absoluta das fases P1, P2 e P3 não é importante com relação à ilustração na Figura 2. A amplitude pode ser padronizada, por exemplo, para esta ilustração. A duração de período de acordo com a ilustração na Figura 2 é de 360° ou 2π .

[0046] A Figura 3 mostra uma estrutura total de uma rede de três fases com condutor neutro e Dispositivo para medição conectado 1 de acordo com uma modalidade da invenção. para o procedimento de medição, o Dispositivo para medição 1 usa um filtro de medição 4 que, para esta finalidade, é conectado entre as linhas L1, L2 e L3 e o condutor neutro. as linhas L1, L2 e L3 correspondentemente transportam a primeira, segunda e terceira fases, respectivamente. Neste caso, um membro RC é conectado entre as respectivas linhas L1, L2 e L3, respectivamente, e o condutor neutro N para medir a tensão de fase. A tensão que é assim respectivamente medida entre o resistor R e o capacitor C em relação ao condutor neutro N é

alimentada ao Dispositivo para medição 1 e é alimentação ainda ulteriormente processada e avaliada.

[0047] Neste caso, o dispositivo para medição 1 fornece as seguintes variáveis como variáveis de saída ou para o ulterior processamento em uma unidade de controle, em particular uma unidade de alimentação:

- uma estimativa para o efetivo valor U das voltagens de CA,
- estimativas da frequência das voltagens de CA (frequências angulares) ω_A, ω_B ,

Os ângulos φ_1, φ_2 e φ_3 no momento da medição de tensão como voltagens u_1, u_2 e u_3 , medidas a partir dos valores de medição da tensão entre as linhas L1, L2 e L3 e o condutor neutro N,

Itens de informação de estado ou sinalizadores de estado que se relacionam com possíveis distúrbios de rede da perda de estabilidade (LOS), a ocorrência de perda de linhas de alimentação principais (LOM), a ocorrência de um curto-circuito de três fases PPPØ (referido como aterra de fase-fase-fase) e a ocorrência de um curto-circuito de dois pólos PPØ (referido como uma terra de base-base).

[0048] A Figura 4 mostra a estrutura interna do Dispositivo para medição 1 que pode também ser referido como a unidade de medição e computação 1. A estrutura ilustrada é basicamente na forma de uma estrutura discreta no tempo. Não obstante, por motivo de melhor clareza e finalidades de explicação, referência é dirigida em parte às representações contínuas no tempo, em particular derivadas no tempo. Em princípio, ambas as implementações discreta no tempo e também contínua no tempo são possíveis.

[0049] As voltagens de fase u_1, u_2 e u_3 são continuamente medidas e alimentadas à unidade de medição e computação ou são aplicadas na mesma. A Figura 4 mostra o filtro de medição 4 apenas quando um membro de RC é projetado somente para uma fase. No fato atual, a estrutura do filtro de

medição 4 corresponde àquela mostrada na Figura 3.

[0050] Os respectivos valores de medição de tensão u_1 , u_2 e u_3 são alimentados ao bloco de transformação 6. No caso de um processador de sinal digital, a amostragem e manutenção dos respectivos valores de medição são efetuadas ali. A transformação dos três valores de tensão u_1 , u_2 e u_3 em coordenadas polares é efetuada no bloco de transformação 6. A transformação é realizada de acordo com as seguintes equações:

$$\vec{u} = \left[u_1 + u_2 \exp\left(j \frac{2}{3} \pi\right) + u_3 \exp\left(j \frac{4}{3} \pi\right) \right]$$

$$U_N = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{(\text{real}(\vec{u}))^2 + (\text{imag}(\vec{u}))^2}$$

$$\varphi_M = \arctan(\text{imag}(\vec{u}) / \text{real}(\vec{u}))$$

[0051] A tensão U_N e o ângulo φ_N são fornecidos a partir do bloco de transformação 6 como um resultado intermediário para o ulterior processamento e computação.

[0052] A tensão U_N é aplicada a um primeiro filtro digital F1 que tem um membro de manutenção T e um primeiro fator de amplificação P1. O filtro digital também tem dois locais de soma que são, cada um, ilustrados por um símbolo circular. Se um sinal de menos é mostrado como o sinal, o valor do trajeto de sinal em questão é deduzido. Caso contrário, adição é efetuada, o que, além disto, se aplica também para os outros membros de adição mostrado na Figura 4.

[0053] O modo de operação básico de um tal filtro digital F1 é basicamente conhecido pela pessoa especializada na arte e, por conseguinte, não é discutido mais detalhadamente aqui. Portanto, a tensão U_N é filtrada no primeiro filtro digital F1 e a tensão U é fornecida como uma estimativa do valor efetivo U das voltagens de CA.

[0054] O ângulo de fase φ_N é diferenciado discretamente no tempo em um membro de diferenciação 8 e assim corresponde a uma frequência angular que é mostrada na Figura 4 como $d\varphi_N/dt$. Esta frequência de ângulo

ou frequência angular é aplicada a um segundo filtro digital F2 que corresponde em estrutura ao primeiro filtro digital F1 e que tem um segundo fator de amplificação P2. Como um resultado, isto proporciona uma estimativa da frequência da tensão de CA ω_A que é correspondentemente fornecida como uma estimativa da frequência da tensão de CA ω_A .

[0055] O ângulo de fase ϕ_N é também alimentado em um circuito e regulagem de frequência 10. Uma primeira frequência auxiliar $d\phi_A/dt$ é determinada no circuito de regulagem de frequência 10 e ajustada no sentido de regulagem da frequência de rede ou frequência angular de rede, se puder ser substancialmente interpretado como circuito de regulagem de frequência 10. No primeiro circuito de regulagem de frequência 10 existe um primeiro membro de integração discreto em tempo 11, que determina um primeiro ângulo auxiliar ϕ_A a partir da primeira frequência auxiliar $d\phi_A/dt$. O primeiro semi-ângulo ϕ_A que está atrás por um período de amostragem é deduzido a partir do ângulo de fase corrente ϕ_N no primeiro local de adição A1. Isto proporciona uma primeira variável de entrada de diferença e_1 que é basicamente uma frequência de diferença. Esta primeira variável de entrada de diferença e_1 pode ser interpretada, no sentido amplo, como um erro de regulagem ou desvio de regulagem do circuito de regulagem de frequência 10, se como uma interpretação, tudo seja possível. Em qualquer caso em que a primeira variável de entrada de diferença e_1 é multiplicada por uma amplificação de regulagem PI1 e adicionada à frequência nominal ω_O para determinar a primeira frequência auxiliar $d\phi_A/dt$.

[0056] Em princípio deve ser também notado que um membro de integração digital, como o membro de integração digital I1, para a integração de uma frequência em relação a um ângulo com uma frequência positiva assumida, conduz a um ângulo continuamente crescente que basicamente tende para o infinito. Será apreciado que basicamente o valor de um ângulo entre 0° e 360° ou 0 e 2π é de interesse e na implementação o reajuste pelo

valor de 360 pode ser efetuado toda vez que o valor excede o valor de 360° ou cai abaixo de 0, o que não é discutido em detalhe aqui.

[0057] Embora o circuito de regulação de frequência 10 possa ser observado como um regulador- P em virtude da amplificação de regulação P11, não obstante é possível obter precisão constante sem um desvio de regulação para a primeira frequência auxiliar $d\phi_A/dt$, que é devida ao primeiro membro de integração I1 no desempenho integral quando da determinação do primeiro ângulo auxiliar ϕ_A .

[0058] A primeira frequência auxiliar $d\phi_A/dt$ poderia ser usada como uma estimativa da frequência da tensão de CA e correspondentemente fornecida pelo Dispositivo para medição 1. Na modalidade mostrada na Figura 4, todavia, é feita uma outra operação de processamento e em particular um aperfeiçoamento.

[0059] Em um segundo circuito de regulação 12, uma segunda frequência auxiliar $d\phi_B/dt$ é determinada. O segundo ângulo auxiliar ϕ_B é determinado por meio de um segundo membro de integração 12. No segundo local de adição A2, o segundo ângulo auxiliar ϕ_B é determinado por meio de um segundo membro de integração 12. No segundo local de adição A2, o segundo ângulo auxiliar ϕ_B retardado por um tempo ou período de amostragem é deduzido a partir do primeiro ângulo auxiliar ϕ_A e que fornece uma segunda variável de entrada de diferença e_2 . Esta segunda variável de entrada de diferença é basicamente uma frequência de diferença. Ela pode ser interpretada no sentido amplo como um erro de regulação a fim de regular a segunda frequência auxiliar $d\phi_B/dt$ para a primeira frequência auxiliar ou para ajustar a mesma.

[0060] Deve ser notado que as interpretações, como regulação, são destinadas para servir como explicação ilustrativa. A regulação clássica no sentido de uma comparação de valor de referência – valor atual não ocorre a este respeito. Em contraste, a situação envolve melhorar os valores estimados

com relação a seus valores ou também suas dinâmicas.

[0061] Em qualquer caso, a segunda variável de entrada de diferença e_2 é passada por meio de uma segunda amplificação de regulação P21 e multiplicada pela mesma. em adição, a formação de diferença é efetuada entre a segunda frequência auxiliar $d\phi_B/dt$ que está atrás por um tempo de amostragem e a primeira frequência auxiliar corrente $d\phi_A/dt$ no terceiro local de adição A3. Isto fornece uma terceira variável de entrada de diferença e_3 que basicamente é uma aceleração de ângulo de referência. Multiplicada pela terceira amplificação de regulação P22, ela é deduzida a partir da segunda variável de entrada de diferença e_2 multiplicada pela segunda amplificação de regulação P21, no quarto local de adição A4. Isto fornece um ângulo de aceleração $d^2\phi_B/dt^2$. Finalmente, a segunda frequência auxiliar $d\phi_B/dt$ pode ser determinada por meio de um terceiro membro de integração 13. Deve ser notado que uma ação de amortecimento pode ser obtida pela mistura da terceira variável de entrada de diferença e_3 com relação à terceira amplificação de regulação P22 no quarto local de adição A4. O segundo circuito de regulação 12 é assim essencialmente provido para influenciar o comportamento dinâmico da estimativa de frequência.

[0062] Finalmente, a segunda frequência auxiliar $d\phi_B/dt$ é passada por meio de um terceiro filtro digital F3 e o valor estimado para a frequência da tensão de CA ω_B é emitido. Em adição, o segundo ângulo auxiliar ϕ_B pode ser fornecido diretamente como um valor estimado para o primeiro ângulo de fase ϕ_1 e o respectivo valor estimado para o segundo ângulo de fase ϕ_2 e o terceiro ângulo de fase ϕ_3 pode ser determinado pela adição de $2\pi/3$ e $4\pi/3$ (120° e 240°) respectivamente, e fornecido.

[0063] O método ilustrado por meio da Figura 4 pode também ser especificado pelo seguinte sistema de equações:

$$\frac{dU}{dt} = P_1(U_N - U)$$

$$\frac{d\omega_A}{dt} = P_2 \left(\frac{d\varphi_N}{dt} - \omega_A \right)$$

$$\frac{d\omega_B}{dt} = P_3 \left(\frac{d\varphi_B}{dt} - \omega_B \right)$$

$$\frac{d\varphi_A}{dt} = P_{11}(\varphi_N - \varphi_A) + \omega_o$$

$$\frac{d\varphi_B}{dt} = \omega_B$$

$$\frac{d\omega_B}{dt} = P_{21}(\varphi_A - \varphi_B) + P_{22} \left(\frac{d\varphi_A}{dt} - \frac{d\varphi_B}{dt} \right)$$

$$\varphi_1 = \varphi_A, \varphi_2 = \varphi_1 + \frac{2}{3}\pi, \varphi_3 = \varphi_2 + \frac{2}{3}\pi$$

[0064] A implementação da medição em qualquer caso de acordo com a modalidade da Figura 4 significa que vantajosamente – em qualquer caso para um período de tempo de transição – variáveis estimadas podem ainda ser fornecidas em uma situação de falha. Se, por exemplo, existir uma interrupção com relação ao Dispositivo para medição 1 ou o filtro de medição 4 para a rede de CA, variáveis de medição não são disponíveis para melhorar a estimativa. Ao contrário, pode ser assumido que quaisquer valores de medição que são basicamente inexpressivos pioram a estimativa ou até mesmo tornam-na inutilizável. Uma tal situação de falha pode ser reconhecida, por exemplo, se o ângulo de fase φ_N subitamente não mais se altera ou se altera abruptamente em seu valor. Igualmente, um colapso súbito da amplitude de tensão UN pode ser uma indicação. Em um tal caso, pelo menos a conexão de sinal deve ser cortada imediatamente a jusante da amplificação de regulação P11. Será apreciado que isto pode ser também efetuado pela amplificação de regulação P11 sendo ajustada em zero. Como a detecção de uma situação de falha possivelmente somente efetuada pela monitoração da primeira frequência auxiliar $d\varphi_A/dt$, o primeiro ângulo de fase φ_A já pode estar grosseiramente errado. Nesta situação, a recomendação é que o valor para o primeiro ângulo de fase auxiliar φ_A seja corrigido, por exemplo, no primeiro membro de manutenção H1, por exemplo com base em um valor que está

ainda mais atrás por pelo menos um tempo de amostragem. A este respeito, a estimativa e em particular a segunda estimativa da frequência da tensão de CA wB e estimativa dos ângulos de fase ϕ_1 , ϕ_2 e ϕ_3 pode ser continuada e valores que ainda são usáveis podem ser fornecidos pelo menos por um curto período de tempo de, por exemplo, alguns períodos de rede. Será apreciado que em outras variações em particular súbitas na frequência e na fase da rede de CA não mais podem ser confiavelmente reconhecidas, sem medição. Quando a situação de falha é terminada, outra medição pode normalmente ser efetuada, em particular, a conexão de sinal a jusante da amplificação de regulação P11 pode ser restaurada.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para detecção de variáveis elétricas de uma rede de CA trifásica com uma primeira, segunda e terceira fases, compreendendo as etapas:

- medir um respectivo valor de tensão (u_1, u_2, u_3) da primeira, segunda e terceira fases (L1, L2, L3) em relação a um condutor neutro (N) em um primeiro momento (t_1) no tempo,

- transformar os três valores de tensão (u_1, u_2, u_3) do primeiro momento (t_1) no tempo em coordenadas polares com uma amplitude de tensão (U_N) e um ângulo de fase (φ_N),

o método caracterizado pelo fato de que a transformação dos valores de tensão (u_1, u_2, u_3) medidos no primeiro momento em tempo em coordenadas polares (U_N, φ_N) em uma variável de valor complexo é realizada

$$\vec{u} = \left[u_1 + u_2 \exp\left(j \frac{2}{3} \pi\right) + u_3 \exp\left(j \frac{4}{3} \pi\right) \right]$$

de acordo com a equação:

de modo que uma quantidade e um ângulo de fase ocorrem correspondentemente nesse caso;

- repetir a medição e transformação para pelo menos um outro momento no tempo, e

- determinar a frequência atualmente prevalente a partir dos valores de tensão transformados em coordenadas polares (U_N, φ_N), em que uma regulação de frequência que regula uma primeira frequência auxiliar ($d\varphi_A/dt$) é usada para a detecção de frequência, em que a primeira frequência auxiliar ($d\varphi_A/dt$) é usada como uma estimativa da frequência e saída, e em que um primeiro ângulo de diferença é formado para a regulação de frequência entre:

- o ângulo de fase (φ_N) formado na operação de transformação,

e

- um primeiro ângulo de fase auxiliar (φ_A) que está situado para trás por um tempo de amostragem,

em que o primeiro ângulo de diferença é multiplicado por um primeiro fator de amplificação (P_{11}) e/ou adicionado a um valor de frequência inicial (ω_0), para obter a primeira frequência auxiliar ($d\varphi_A/dt$), e o primeiro ângulo de fase auxiliar (φ_A) é determinado a partir da primeira frequência auxiliar ($d\varphi_A/dt$).

2. Método de acordo a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um segundo ângulo de fase auxiliar (φ_B) é determinado com uma segunda frequência auxiliar ($d\varphi_B/dt$), para melhorar a determinação de frequência.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que

- um segundo ângulo de diferença é formado como a diferença entre o primeiro ângulo de fase auxiliar (φ_A) e o segundo ângulo de fase auxiliar (φ_B) que está situado recuado por um tempo de amostragem,

- uma frequência de diferença auxiliar é formada como a diferença entre a segunda frequência auxiliar ($d\varphi_B/dt$) e a primeira frequência auxiliar ($d\varphi_A/dt$), e

- uma aceleração angular auxiliar é formada a partir do primeiro ângulo de diferença e da frequência de diferença auxiliar, sendo que a aceleração angular auxiliar é representativa de uma segunda derivada do segundo ângulo de fase auxiliar (φ_B) com relação ao tempo, sendo que o segundo ângulo de fase auxiliar (φ_B) e a segunda frequência auxiliar ($d\varphi_B/dt$) são calculados a partir da aceleração angular auxiliar.

4. Método de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a aceleração angular auxiliar é formada como a diferença entre

- o segundo ângulo de diferença ou o segundo ângulo de diferença multiplicado por um segundo fator de amplificação (P_{21}), e

- a frequência de diferença auxiliar ou a frequência de diferença auxiliar multiplicada por um terceiro fator de amplificação (P_{22}).

5. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que abrange ainda as etapas:

- monitorar a rede de CA quanto à existência de pelo menos um distúrbio de rede a partir da lista:

- perda da estabilidade de ângulo,
- ocorrência da perda de rede principal,
- ocorrência de um curto-circuito de três fases e
- ocorrência de um curto-circuito de dois pólos,

e/ou provisão de um sinal para indicar a existência de um dos distúrbios de rede.

6. Método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a medição ou detecção é observada para um distúrbio de medição e na ocorrência de um distúrbio de medição uma operação de detecção é continuada como uma estimativa baseada nas variáveis por último utilizadas.

7. Método para alimentação de energia elétrica em uma rede de CA elétrica, caracterizado pelo fato de que inclui as etapas:

- detectar variáveis elétricas da rede de CA elétrica, em que a detecção das variáveis elétricas é realizada por um método como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6;

- alimentar CA elétrica na rede de CA,
- monitorar a rede de CA quanto à existência de pelo menos um distúrbio de rede a partir da lista:

- perda da estabilidade de ângulo, e
- ocorrência da perda de rede principal, e
- iniciação de medidas para suportar a rede de CA,

quando pelo menos um dos mencionados distúrbios de rede ocorre.

8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que, adicionalmente, a rede de CA é monitorada quanto à existência de pelo menos outro distúrbio de rede a partir da lista:

- ocorrência de um curto-circuito de três fases, e
- ocorrência de um curto-circuito de dois polos, e
- medidas são iniciadas para suportar a rede de CA, quando pelo menos um dos mencionados distúrbios de rede ocorre.

9. Método de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizado pelo fato de que os distúrbios de rede são detectados a partir de ocorrência do distúrbio de rede em questão dentro de um tempo de detecção inferior a um período de rede, em particular dentro de um tempo de detecção inferior a uma metade de período de rede, e/ou que medidas são iniciadas para o suporte de rede a partir de ocorrência do distúrbio de rede dentro de um tempo de reação inferior a um período de rede, em particular dentro de um tempo de reação inferior a uma metade de período de rede.

10. Dispositivo de medição para detecção de variáveis elétricas de uma rede de CA elétrica de três fases, nomeadamente pelo menos a frequência e uma fase da rede de CA, caracterizado pelo fato de que inclui:

- meios de medição de tensão para medir a tensão instantânea elétrica de cada uma das três fases em relação a um condutor neutro (N), e
- uma unidade de computação para determinar pelo menos a frequência e fase da rede elétrica,

sendo que o dispositivo para medição usa um método para detecção de variáveis elétricas conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 6 ou é adaptado para usar tal método de medição.

11. Dispositivo de alimentação para alimentação de energia elétrica em uma rede de CA, caracterizado pelo fato de que inclui:

- um dispositivo de medição conforme definido na reivindicação 10, para medir variáveis elétricas da rede de CA, e

- uma unidade de alimentação para alimentação de energia elétrica para a rede de CA,

sendo que o dispositivo de alimentação usa um método para alimentação de energia elétrica como definido em qualquer uma das reivindicações 7 a 9, ou é adaptado para usar tal método.

12. Sistema de energia eólica para converter energia eólica em energia elétrica e para alimentação da energia elétrica em uma rede de CA, caracterizada pelo fato de que inclui um dispositivo para medição como definido na reivindicação 10 e/ou um dispositivo de alimentação como definido na reivindicação 11.

FIG. 1

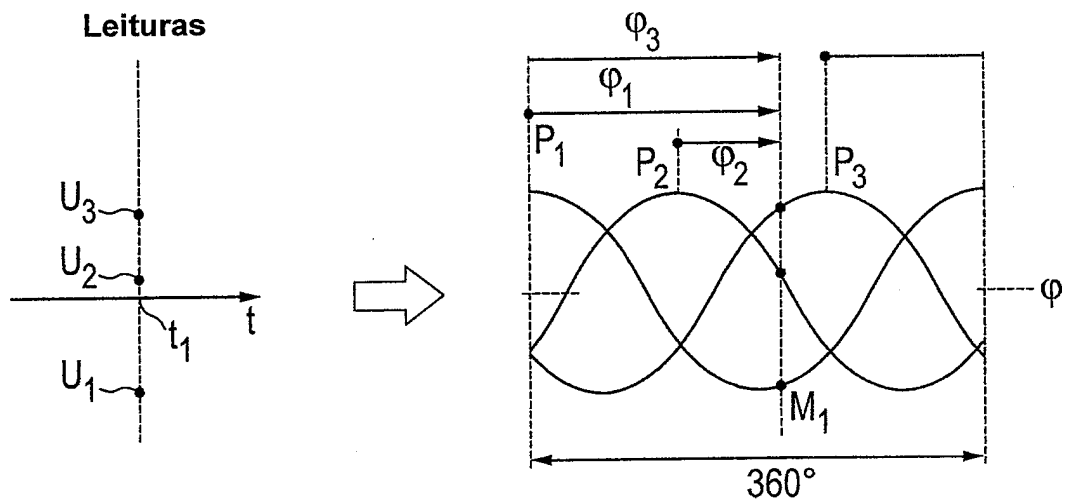
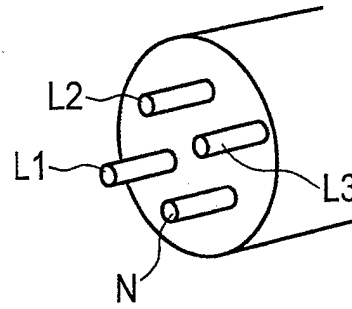


FIG. 2

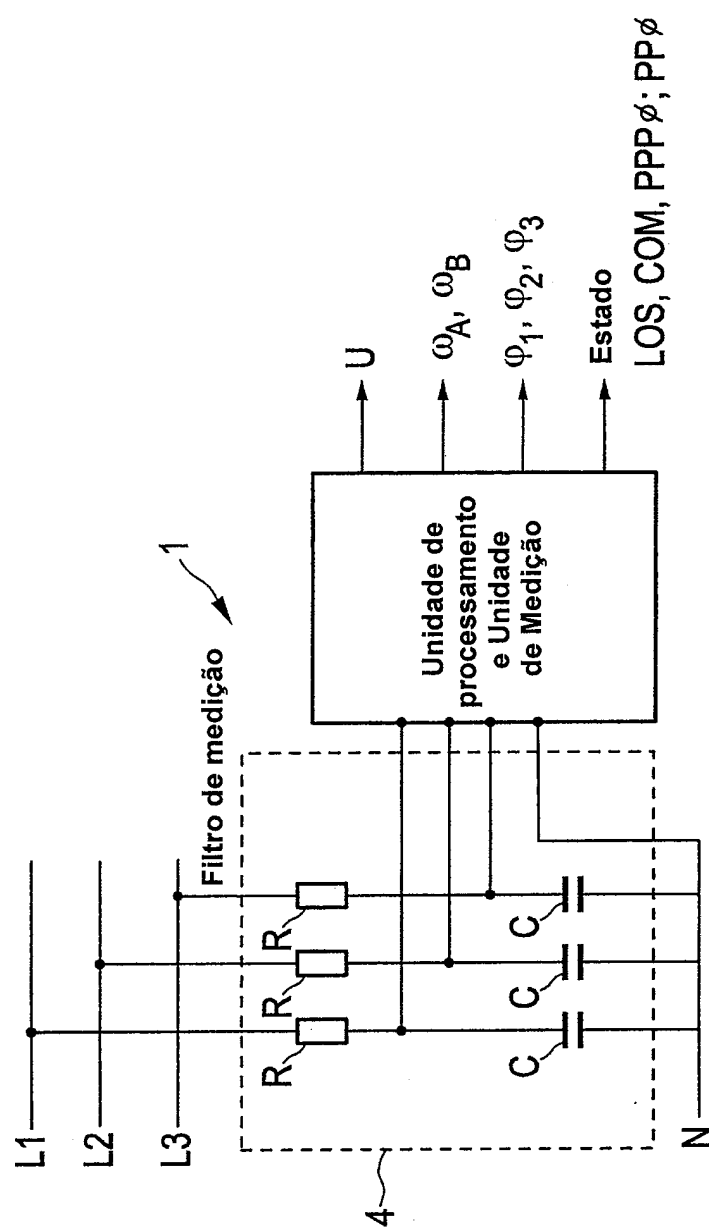


FIG. 3



FIG. 4