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

(11) BR 112014014886-4 B1

(22) Data do Depósito: 07/12/2012

(45) Data de Concessão: 16/03/2021

(54) Título: PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DE UM CONSUMO DE POTÊNCIA, SISTEMA DE SUPERVISÃO E INSTALAÇÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA

(51) Int.Cl.: G01R 21/06; G01R 21/133.

(30) Prioridade Unionista: 20/12/2011 FR 1103955.

(73) Titular(es): SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS.

(72) Inventor(es): MARC BRUEL.

(86) Pedido PCT: PCT FR2012052829 de 07/12/2012

(87) Publicação PCT: WO 2013/093280 de 27/06/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 17/06/2014

(57) Resumo: PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DE UM CONSUMO DE POTÊNCIA, SISTEMA DE SUPERVISÃO E INSTALAÇÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA. A presente invenção refere-se a um grupo de várias ramificações de distribuição individual conectadas em paralelo que é ligado a uma alimentação com corrente alternada. O processo comporta etapas, nas quais: a) se detecta uma mudança quanto ao consumo elétrico em uma ramificação particular, dentre as ramificações, e b) utilizando-se uma medida da tensão global (U) sensivelmente constante durante a mudança, das medidas dos valores de intensidade e de defasagem (IA, IB, (Psi)A, (Psi)B) da corrente global antes e depois da mudança, assim como das medidas das intensidades (I3A, I3B) da corrente individual na ramificação particular, antes e depois da mudança, se determina uma potência individual consumida na ramificação particular (4).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO DE DETERMINAÇÃO DE UM CONSUMO DE POTÊNCIA, SISTEMA DE SUPERVISÃO E INSTALAÇÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA".**

Campo Técnico da invenção

[001] A presente invenção refere-se a um processo de determinação de um consumo de potência, em uma instalação elétrica, na qual um grupo de várias ramificações de distribuição individual conectados em paralelo é ligado a uma alimentação concorrente alternada. O processo em questão é do tipo que compreende a ação de efetuar no tempo e registrar medidas da tensão global de alimentação do grupo de várias ramificações, assim como medidas dos valores de intensidade e de defasagem da corrente global de alimentação desse grupo.

[002] A invenção se refere também a uma instalação elétrica com corrente alternada, do tipo que comporta um grupo de várias ramificações de distribuição individual conectadas em paralelo, assim como um sistema de supervisão adaptado para efetuar no tempo e registrar medidas de uma tensão global de alimentação do grupo de várias ramificações, assim como medidas dos valores de intensidade e de defasagem da corrente global de alimentação desse grupo.

Estado da técnica

[003] Os particulares como os outros agentes econômicos mostram um interesse crescente para o controle de seus próprios consumos elétricos. Um eixo desse controle se baseia em um conhecimento detalhado de diferentes consumos particulares no interior de um consumo global. Por exemplo, os habitantes de uma casa ou de um alojamento de um outro tipo podem se interessar por seu consumo elétrico, devido ao aquecimento, àquele consagrado à iluminação e/ou aquele devido a esse equipamento, sem se satisfazer

com um único conhecido do consumo global na escala de alojamento.

[004] No momento atual os habitantes de um alojamento podem ter acesso ao seu consumo elétrico global, graças a um medidor de consumo elétrico que equipa a linha de ligação à rede pública de distribuição que alimenta o alojamento. Quando se deseja conhecer um consumo individual, por exemplo, de um equipamento no meio do alojamento, se equipa com medidor de consumo elétrico a ramificação na qual é conectado esse equipamento. A figura seis anexada é um esquema que representa um exemplo atual de instalação elétrica doméstica, no qual vários medidores de consumo elétrico 101 informam sobre vários consumos individuais constitutivos de um consumo elétrico global.

[005] Nessa figura 6, a referência 102 designa um transformador de ligação à rede pública de distribuição de energia elétrica. Uma chegada a montante equipada com um medidor de consumo elétrico 103 liga a instalação elétrica a esse transformador 102. Idêntico ou semelhante ao medidor 103, cada medidor de consumo elétrico 101 equipa uma partida dentre várias partidas de distribuição de energia elétrica com várias cargas 104. Uma rede filar é prevista para encaminhar as diferentes contagens a uma central eletrônica de medida 105, que reúne essas contagens.

[006] Um medidor de consumo elétrico é, ao mesmo, tempo caro e volumoso. Quando se deseja poder acompanhar vários consumos individuais no interior de uma instalação, o sobre custo resultante da multiplicação dos medidores de consumo elétrico se torna consequente e pode constituir um verdadeiro freio a uma verdadeira instalação de um sistema de acompanhamento de consumos individuais. A possibilidade dessa multiplicação de medidores pode, além disso, se chocar com a falta de espaço disponível em um número de quadros gerais elétricos, atualmente em serviço na casa de

particulares.

Objeto da invenção

[007] A invenção tem pelo menos por finalidade permitir uma redução do custo de acesso ao conhecimento de um consumo elétrico individual constitutivo de um consumo elétrico global medido, no meio de uma instalação elétrica com corrente alternada.

[008] De acordo com a invenção, essa finalidade é atingida, graças a um processo do tipo pré-citado e que compreende, além disso, a ação de efetuar no tempo e de registrar medidas de intensidade de uma corrente individual particular que circula em uma ramificação particular dentre as ramificações do grupo. O processo, de acordo com a invenção, comporta etapas, nas quais:

[009] se detecta uma mudança quanto ao consumo elétrico na ramificação particular;

[0010] utilizando-se uma medida da tensão global sensivelmente constante durante a mudança medidas dos valores de intensidade e de defasagem da corrente global antes e depois da mudança, assim como medidas das intensidades da corrente individual particular, antes e depois da mudança, se determina uma potência individual particular consumida na ramificação particular.

[0011] A invenção tira partido da constatação, segundo a qual informação pode ser deduzida de uma mudança da potência consumida em uma ramificação, caso se combinem dados sobre o funcionamento, antes da mudança com dados sobre o funcionamento após essa mudança.

[0012] O processo, de acordo com a invenção, permite determinar uma potência individual em uma ramificação particular, dentre várias ramificações, a partir de medidas de intensidade nessa ramificação particular, desde quando se dispõe dos valores que caracterizam a alimentação elétrica global do conjunto das ramificações.

Notadamente, a potência individual consumida na ramificação particular é determinada na ausência de uma medida direta da defasagem da corrente nessa ramificação particular, enquanto que um cálculo direto de uma potência elétrica se baseia, em corrente sinusoidal, em um conhecimento da tensão entre dois bornes, da intensidade da corrente que circula entre esses dois bornes e da defasagem entre a tensão e a corrente.

[0013] A disponibilidade de uma medida das grandezas que caracterizam a alimentação elétrica global de um conjunto de várias ramificações em paralelo é um caso comum em distribuição elétrica. Esse caso é notadamente aquele das instalações elétricas nas quais várias partidas são conectadas a uma mesma chegada de ligação a uma rede pública de distribuição de energia elétrica e nas quais essa chegada é equipada com medidor de consumo de energia elétrica. Nesse caso, o processo, de acordo com a invenção, permite apenas equipar com um amperímetro a ramificação particular da qual se quer acompanhar o consumo. Ora, um amperímetro é geralmente bem mais barato e menos volumoso que um medidor de consumo de energia elétrica.

[0014] O processo de determinação de um consumo elétrico, de acordo com a invenção, pode incorporar uma ou várias outras características vantajosas, isoladamente ou em combinação, em particular dentre aquelas definidas a seguir.

[0015] Vantajosamente, na etapa b) se determina a potência individual particular, considerando-se que o conjunto das correntes individuais que circulam nas ramificações do grupo, com exceção da corrente individual particular adicionando-se em uma soma sensivelmente inalterada no final da mudança, em relação a antes da mudança, e que devem ser simultaneamente satisfeitas duas condições que são:

[0016] - que a corrente global, antes da mudança deve ser sensivelmente igual ao acréscimo da soma sensivelmente inalterada a corrente individual específica, antes da mudança, e

[0017] - que a corrente global, depois da mudança deve ser sensivelmente igual ao acréscimo da soma sensivelmente inalterada à corrente individual particular depois da mudança.

[0018] Vantajosamente, a etapa b) comporta subetapas, nas quais:

[0019] b1) utilizando-se medidas dos valores de intensidade e de defasagem da corrente global antes e depois da mudança, assim como medidas das intensidades da corrente individual particular antes e depois da mudança, se determina essa soma sensivelmente inalterada de correntes individuais,

[0020] b2) determina-se qual a componente que deve ser acrescentada à soma sensivelmente inalterada de correntes individuais para se obter a corrente global, essa componente sendo uma determinação da corrente individual particular;

[0021] b3) calcula-se a potência individual particular como sendo o produto da tensão global e da corrente individual particular.

[0022] Vantajosamente, na subetapa b1) se determina essa soma sensivelmente inalterada de correntes individuais como satisfazendo simultaneamente essas duas condições.

[0023] Vantajosamente, na subetapa b1), determina-se essa soma sensivelmente inalterada de correntes individuais, resolvendo numericamente um sistema de duas equações com duas incógnitas, que é o seguinte:

$$\begin{cases}(X_A - X_S)^2 + (Y_A - Y_S)^2 = I_{3A}^2 \\ (X_B - X_S)^2 + (Y_B - Y_S)^2 = I_{3B}^2\end{cases}$$

[0024] na qual I_{3A}^2 e I_{3B}^2 são respectivamente uma medida ao quadrado da intensidade da corrente individual particular, antes da mudança e uma medida ao quadrado da intensidade da corrente

individual particular, depois da mudança;

[0025] na qual X_A e Y_A são respectivamente a abscissa e a ordenada da representação vetorial da corrente global, tal como medido antes da mudança em um diagrama de Fresnel.

[0026] na qual X_B e Y_B são respectivamente a abscissa e a ordenada da representação vetorial da corrente global, tal como medido depois da mudança, no diagrama de Fresnel.

[0027] e na qual X_S e Y_S são duas incógnitas e são respectivamente a abscissa e a ordenada da representação vetorial dessa soma sensivelmente inalterada de correntes individuais, no diagrama de Fresnel antes e depois da mudança.

[0028] Vantajosamente, a etapa b) compreende subetapas, nas quais:

[0029] - se determina um valor de intensidade AB por meio da seguinte relação:

$$AB = \sqrt{I_A^2 + I_B^2 - 2 \cdot I_A \cdot I_B \cdot \cos(\psi_B - \psi_A)}$$

[0030] na qual I_A e Ψ_A são respectivamente uma intensidade e uma defasagem medidas da corrente global, antes da mudança e na qual I_B e Ψ_B são respectivamente uma intensidade e uma defasagem medidas da corrente global, após a mudança;

[0031] - se determina um valor de ângulo Ψ_1 por meio da seguinte relação:

$$\psi_1 = \arcsin\left[\frac{I_B \cdot \cos\psi_B - I_A \cdot \cos\psi_A}{AB}\right],$$

[0032] - se determina um valor de ângulo Ψ_2 por meio da seguinte relação:

$$\psi_2 = \arccos\left(\frac{I_{3B}^2 + AB^2 - I_{3A}^2}{2 \times I_{3B} \times AB}\right)$$

[0033] na qual I_{3A} e I_{3B} são respectivamente uma medida da intensidade da corrente individual particular antes da mudança e uma

medida da intensidade da corrente individual particular depois da mudança.

[0034] Vantajosamente, a etapa b) compreende uma subetapa na qual:

[0035] - se determina a potência individual particular depois da mudança por meio da seguinte relação:

$$P_{3B} = U \cdot I_{3B} \cdot \sin\left(\psi_1 + \psi_2\right)$$

[0036] na qual P_{3B} e U são respectivamente essa potência individual particular depois da mudança e a medida da tensão global.

[0037] Vantajosamente, o processo de determinação de um consumo de potência compreende uma etapa, na qual:

[0038] - se determina a defasagem da corrente individual particular depois da mudança, por meio da seguinte relação:

$$\psi_{3B} = \pi / 2 - \left(\psi_1 + \psi_2\right)$$

[0039] na qual Ψ_{3B} é a defasagem da corrente individual particular depois da mudança.

[0040] Vantajosamente, na etapa b), se elimina uma solução aberrante dentre duas soluções possíveis.

[0041] A invenção tem também por objeto uma instalação elétrica do tipo pré-citado, cujo sistema de supervisão é adaptado para efetuar no tempo e registrar medidas da intensidade de uma corrente individual particular que circula em uma ramificação particular dentre as ramificações do grupo, o sistema de supervisão comportando um dispositivo calculador em condição:

[0042] - de detectar uma mudança quanto ao consumo elétrico na ramificação particular,

[0043] - utilizando-se uma medida da tensão global sensivelmente constante durante a mudança, medidas dos valores de intensidade e de defasagem da corrente global antes e depois da mudança, assim como medidas das intensidades da corrente individual particular antes

da e depois da mudança, determinar uma potência individual particular consumida na ramificação particular.

[0044] A instalação elétrica, de acordo com a invenção, pode incorporar uma ou várias outras características vantajosas, isoladamente ou em combinação. Em particular, o dispositivo calculador é vantajosamente em condição de um processo, tal como definido anteriormente.

Breve Descrição dos desenhos

[0045] Outras vantagens e características sobressairão mais claramente da descrição que vai ser feita a seguir de modos particulares de realização da invenção dados a título de exemplos não limitativos e representados nos desenhos anexados, dentre os quais:

[0046] - a figura 1 representa um esquema elétrico simplificado de uma instalação elétrica conforme a invenção;

[0047] - a figura 2 representa um organograma da lógica de funcionamento de um processo que é utilizado no âmbito de uma determinação de um consumo individual constitutivo do consumo global da instalação elétrica da figura 1;

[0048] - a figura 3 representa um diagrama de Fresnel, ilustrando como procede uma maneira uma etapa de um processo de acordo com a invenção e previsto para determinar o consumo individual pré-citado;

[0049] - a figura 4 representa um diagrama de Fresnel que retoma aquele da figura 3 e que indica, além disso, detalhes complementares referentes a uma operação incluída em uma primeira forma de efetuar a etapa esquematizada nessa figura 3;

[0050] - a figura 5 representa um diagrama de Fresnel que retoma também aquele da figura 3 e que indica, além disso, detalhes complementares referentes a uma segunda forma de efetuar a etapa esquematizada nessa figura 3.

[0051] As figuras anexadas contam, além disso, uma figura 6, que representa um esquema elétrico simplificado de uma instalação elétrica, segundo uma técnica anterior na invenção.

Descrição de um modo preferencial da invenção

[0052] Na figura um está representada uma instalação elétrica 1 adaptada para uma aplicação de um processo, conforme a invenção. Com uma preocupação de clareza, a figura 1 é simplificada e determinados constituintes clássicos foram aí omitidos. Em particular, a fase sozinha está representada, enquanto que o neutro não o está.

[0053] A instalação elétrica 1 pode pertencer a um consumidor final e se achar em um conjunto ou uma construção, tal como uma construção de moradia ou um imóvel de escritórios, onde existem várias cargas distintas a alimentar e onde ocorre efetuar uma distribuição de energia elétrica. Essa instalação elétrica um pode notadamente ser aquela de uma casa individual ou aquela de um alojamento de particulares.

[0054] A instalação elétrica 1 é alimentada por uma alimentação elétrica com corrente alternada sinusoidal 2, à qual ela é ligada por uma chegada 3 e que pode notadamente ser uma rede pública de distribuição de energia elétrica.

[0055] Várias partidas são conectadas à entrada 3. Cada uma delas faz parte de uma das várias ramificações 4 montadas em paralelo, nas quais são conectadas cargas 5 a alimentar. No exemplo representado, essas ramificações 4 são em número de 3. É evidente que seu número pode ser diferente de 3.

[0056] A entrada 3 é equipada com um medidor de consumo de energia elétrica 6, que mede no tempo várias grandezas características do fornecimento elétrico global ao grupo ramificações 4, a saber a tensão global de alimentação U, assim como os valores de intensidade e de defasagem da corrente global de alimentação I que

circula na chegada 3.

[0057] Uma ou várias ramificações 4 são equipadas, cada uma, com um captador de corrente ou amperímetro 7. No exemplo representado, um amperímetro mede a intensidade da corrente individual I_1, I_2 ou I_3 em cada ramificação 4. A referência 8 designa um quadro geral de baixa tensão onde são agrupados vários aparelhos elétricos, aí compreendidos o medidor de consumo 6 e os amperímetros 7.

[0058] Um dispositivo calculador 9 coleta e registra no tempo, isto é, ao longo do funcionamento da instalação elétrica 1, medidas efetuadas pela instrumentação de medida, a saber o medidor de consumo 6 e os amperímetros que trocam com ele por meio de uma comunicação sem fio, tal como uma comunicação hertziana, simbolizada pelas setas 10. Mesmo se uma comunicação sem fio for preferida, a comunicação entre a instrumentação de medida e o dispositivo calculador 9 pode ser filar, até mesmo misto. O dispositivo calculador 9 é equipado com pelo menos um porto de entrada/saída 11, por meio do qual ele pode se comunicar com um dispositivo externo, tal como um computador de configuração, de supervisão, de controle e/ou de comando.

[0059] O medidor de consumo 6, os amperímetros 7 e o dispositivo calculador 9 formam juntos o total ou parte de um sistema de supervisão de funcionamento da instalação elétrica 1.

[0060] O dispositivo calculador 9 conduz o processo, cuja lógica está representada na figura 2. Esse processo convém para as ramificações 4, nas quais as mudanças de consumo de potência são feitas por patamar, devido à natureza de suas cargas 5. Em outros termos, convém quando a potência consumida em uma ramificação 4 é sensivelmente estável entre duas mudanças.

[0061] A uma primeira etapa 20 do processo esquematizado na

figura 2 o dispositivo calculador 9 controla os aparecimentos de mudanças que afetam as intensidades das correntes nas ramificações 4 e/ou o consumo global da instalação elétrica 1. Quando essa mudança tiver sido detectada, dispondo o calculador 9 passa a uma etapa 21, na qual ele realiza uma filtragem, distinguindo as mudanças significativas e duráveis das outras mudanças, insignificantes e/ou passageiras.

[0062] As mudanças significativas são definidas como superiores a um limite predeterminado que é escolhido, levando-se em consideração diversos dados, como o tipo de uso da instalação elétrica 1. As mudanças passageiras são definidas como tendo uma duração superior a uma temporização predeterminada, por exemplo, da ordem de 2 a 3 s. No caso em que é respondido pela negativa à questão de saber se a mudança detectada é significativa e durável, o dispositivo calculador 9 volta à etapa de controle 20. Caso contrário, uma etapa 22 é iniciada.

[0063] Após terem utilizadas as medidas das intensidades das correntes individuais I_1 a I_3 para determinar em que ramificação 4 ocorreu a variação de consumo de potência na origem da mudança detectada, o dispositivo calculador 9 responde a uma nova questão na etapa 22. Essa questão consiste em se perguntar se a corrente na ramificação 4 afetada pela mudança de consumo era nula ou não antes da mudança.

[0064] No caso em que a antiga corrente individual na ramificação 4 afetada pela mudança de consumo era nula um cálculo simplificado é feito na etapa 23 e consiste em determinar a potência individual consumida nessa ramificação, depois da mudança como sendo igual à variação da potência global consumida pela instalação elétrica e determinada pelo medidor de consumo 6 ou a partir de suas únicas medidas das grandezas características da alimentação elétrica global

do grupo de ramificações 4, isto é, valores de tensão de intensidade e de defasagem dessa alimentação.

[0065] Se a corrente individual na ramificação 4, onde ocorre a mudança de consumo de potência não fosse nula, antes da mudança, o dispositivo calculador 9 executa a etapa 24, na qual ele determina a nova potência individual consumida nessa ramificação 4 procedendo-se de uma maneira que é explicitada abaixo, com o auxílio do diagrama de Fresnel da figura 3.

[0066] Essa maneira de proceder considera que a instalação elétrica 1 é alimentada por uma corrente sensivelmente sinusoidal, sem distorções harmônicas ou com poucas delas. Em caso de distorções harmônicas, a potência individual determinada pelo dispositivo calculador 9 será menos precisa.

[0067] Pelo menos nas fórmulas de cálculo de potência presentes no que se segue e/ou nas reivindicações anexadas, os valores de tensão e de intensidade mencionadas são valores eficazes.

[0068] A figura 3 considera mais precisamente o caso de uma mudança de consumo de potência, produzindo-se na ramificação 4 onde circula a corrente individual I_3. Representada pelo vetor *U* na figura 3, a tensão nos bornes de cada ramificação 4 é a tensão global U de alimentação de instalação 1. A mudança de consumo de potência tem apenas um efeito muito pequeno, senão insignificante sobre ela. Dessa forma, considera-se que essa tensão global U não é modificada, quando da mudança de consumo de potência. Ao contrário, essa mudança afeta a corrente global I como a corrente individual I_3.

[0069] Na figura 3, o vetor $\vec{I}_A$ e o vetor $\vec{I}_{3A}$ são respectivamente a representação gráfica da corrente global I e a representação gráfica da corrente individual I_3 em um mesmo instante, que é um primeiro instante que se situa antes da mudança. O vetor $\vec{I}_B$ e o vetor $\vec{I}_{3B}$ são

respectivamente a representação gráfica da corrente global I e a representação gráfica da corrente individual I_3 em um outro mesmo instante, que é um segundo instante que se situa, depois da mudança. O primeiro como o segundo instante são escolhidos fora da fase de mudança propriamente dita. Em outros termos, cada um deles se acha em uma fase de funcionamento estabilizado e constante da instalação elétrica 1, de maneira que os transitórios sejam aí excluídos.

[0070] Os valores de tensão, de intensidade e de defasagem medidos pelo medidor 6 determinam os vetores $\vec{U}$, $\vec{I}_A$ e $\vec{I}_B$, . que são, portanto, conhecidos. Ao contrário, as grandezas que caracterizam a corrente individual I_3 não são todas medidas. Com efeito, só as intensidades o são, com exceção das defasagens, no que se refere a essa corrente individual I_3.

[0071] Uma variação de potência só ocorreu na ramificação 4 onde circula a corrente I_3. O conjunto das correntes individuais que circulam nas outras ramificações 4, com exceção, portanto, da corrente individual I_3, se adicionam em uma soma sensivelmente inalterada entre o primeiro instante, antes da mudança de consumo de potência e o segundo instante, após essa mudança. No exemplo considerado, essa soma é a soma das correntes I_1 e I_2. Sua representação gráfica na figura 3 é o vetor $\overline{OS}$, no qual O é a origem de uma marcação ortonormada.

[0072] Como esse vetor $\overline{OS}$ é o mesmo antes e depois da mudança, ele deve satisfazer ao mesmo tempo

[0073] que $\overline{OS}+\vec{I}_{3A}=\vec{I}_A(=\overline{OA})$, e

[0074] que $\overline{OS}+\vec{I}_{3B}=\vec{I}_B(=\overline{OB})$.

[0075] É o que ilustra a figura 3.

[0076] A norma do vetor 48 $\vec{I}_{3A}$ é a medida I_{3A} da intensidade da

corrente I_3, antes da mudança. A norma do vetor $\vec{I}_{3B}$ é a medida I_{3B} da intensidade da corrente I_3, depois da mudança. O ponto S está na intercessão de dois círculos, a saber um círculo de centro A e de raio a intensidade I_{3A} da corrente I_3, tal como medida antes da mudança e um circulo de centro B e de raio a intensidade I_{3B} da corrente I_3, tal como medida, depois da mudança.

[0077] Com base no que precede uma primeira forma de proceder é resolver numericamente um sistema de duas equações com duas incógnitas, que é o seguinte:

$$\begin{cases} (X_A - X_S)^2 + (Y_A - Y_S)^2 = I_{3A}^2 \\ (X_B - X_S)^2 + (Y_B - Y_S)^2 = I_{3B}^2 \end{cases} \qquad (1)$$

[0078] X_A e Y_A são coordenadas cartesianas do vetor $\vec{I}_A$ na marcação ortonormada pré-citada, da qual só a origem O está representada com uma preocupação de clareza;

[0079] X_B e Y_B são coordenadas cartesianas do vetor $\vec{I}_B$ na mesma marcação ortonormada;

[0080] X_S e Y_S são duas incógnitas e são as coordenadas cartesianas do vetor $\overline{OS}$, sempre na mesma marcação ortonormada.

[0081] O dispositivo calculador 9 pode resolver o sistema (1) de duas equações com duas incógnitas por meio de um método matemático de resolução numérica que é baseado em uma variação progressiva de X_S e Y_S, sendo controlada por um critério de convergência pertinente

[0082] Por exemplo, um método numérico de determinação do ponto S pode consistir em se deslocar passo a passo sobre um dos dois círculos pré-citados, que são o circulo de centro A e de raio a intensidade I_{3A} e o circulo de centro B e de raio a intensidade I_{3B}. A cada passo sobre um dos círculos, verifica-se se se encontra ou não nas proximidades imediatas do outro círculo.

[0083] Convém anotar que o sistema (1) possui duas soluções que

correspondem aos pontos S e S´ na figura 4. O ponto S´ corresponde a uma solução aberrante fisicamente, que deve ser eliminada para conservar apenas a outra solução, aquela correspondente ao ponto S.

[0084] A eliminação do ponto S´ pode ser feita, calculando-se, para cada um dos pontos S e S´, as potências ativas e reagentes antes e depois da variação de potência observada e retendo apenas aquele dos dois pontos S e S´ para o qual essas potências respondem aos seguintes critérios:

[0085] - as potências ativas antes e depois da variação de potência devem ser positivas, sendo considerado que as cargas 5 são supostas como consumir e não fornecer potência ativa;

[0086] - as potências reagentes antes e depois da variação de potência devem ser de mesmo sinal e coerentes com a natureza ou das cargas 5 na ramificação 4, a saber positivas em caso de cargas 5 capacitivas e negativas em caso de carga 5 selficas.

[0087] Uma vez que o ponto S é determinado, determina-se facilmente o vetor $\vec{I}_{3B}$ e os valores de intensidade e de defasagem característicos da nova corrente I_3, por meio da seguinte relação: $\vec{I}_{3B} = \vec{I}_B - \overline{OS}$.

[0088] A nova potência P_{3B}, isto é, aquela posterior à mudança e consumida na ramificação 4 onde circula a corrente I_3, é em seguida calculada pelo dispositivo calculador 9, como sendo o produto escalar dos vetores $\vec{U}$ e $\vec{I}_{3B}$: $P_{3B} = \vec{U} \square \vec{I}_{3B}$. A antiga potência P_{3A} nessa ramificação 4 pode também ser calculada, de maneira semelhante, a saber por meio da relação $P_{3A} = \vec{U} \square \vec{I}_{3A}$.

[0089] A figura 5 ilustra relações geométricas e trigonométricas que são empregadas em uma segunda forma de proceder para determinar a potência consumida na ramificação 4 onde circula a corrente I_3. No lugar em que em complemento da primeira forma de proceder, exposta anteriormente, o dispositivo calculador 9 pode se

basear em um cálculo analítico e que vai a seguir ser exposto.

[0090] No triangulo AOB, visível na figura 5, tem-se a seguinte relação:

$$AB^2 = I_A^2 + I_B^2 - 2 \cdot I_A \cdot I_B \cdot \cos(angleAOB) \quad (2)$$

[0091] I_A e I_B são respectivamente uma medida da intensidade da antiga corrente global I (antes da mudança) e uma medida da intensidade da nova corrente global (após a mudança).

[0092] Da relação (2), se deduz a seguinte igualdade:

$$AB = \sqrt{I_A^2 + I_B^2 - 2 \cdot I_A \cdot I_B \cdot \cos(\psi_B - \psi_A)} \quad (3)$$

[0093] ΨA e ΨB são respectivamente uma medida da defasagem da antiga corrente global um e uma medida da defasagem da nova corrente global I.

[0094] De acordo com a segunda maneira de proceder, o dispositivo calculador 9 determina o valor de intensidade AB por meio da igualdade (3).

[0095] Por outro lado tem-se a seguinte relação:

$$P_B - P_A = U \cdot AB \cdot \sin(\psi_1) \quad (4)$$

[0096] PA é a antiga potência global consumida pela instalação elétrica 1, isto é, pelo conjunto das ramificações 4, tal como medida pelo medidor 6, antes da mudança. P_B é a nova potência global consumida por essa instalação elétrica 1, tal como medida pelo medidor 6, depois da mudança. U é uma medida da tensão global nos bornes do grupo ramificações 4.

[0097] Da relação (4), deduz-se a seguinte igualdade:

$$\psi_1 = \arcsin\left[\frac{I_B \cdot \cos\psi_B - I_A \cdot \cos\psi_A}{AB}\right] \quad (5)$$

[0098] De acordo com a segunda maneira de proceder o dispositivo calculador 9 determina o valor de ângulo Ψ1 por meio da igualdade (5).

[0099] No triangulo ABS, visível na figura 5, tem-se a seguinte

relação:

$$SA^2 = SB^2 + AB^2 - 2 \times SB \times AB \times cos\psi_2 \quad (6)$$

[00100] Da relação (6), deduz-se a seguinte igualdade:

$$\psi_2 = \arccos\left[\frac{I_{3B}^2 + AB^2 - I_{3A}^2}{2 \cdot I_{3B} \cdot AB}\right] \quad (7)$$

[00101] De acordo com a segunda maneira de proceder, o dispositivo calculador 9 determina o valor de ângulo Ψ2 por meio da igualdade (7).

[00102] Por outro lado, tem-se a seguinte relação:

$$SH = SB \times \sin(\psi_1 + \psi_2) \quad (8)$$

[00103] Da relação (8), deduz-se a seguinte igualdade:

$$P_{3B} = U \cdot I_{3B} \cdot \sin(\psi_1 + \psi_2) \quad (9)$$

[00104] De acordo com a segunda maneira de proceder, o dispositivo calculador 9 utiliza a igualdade (9) para determinar a nova potência individual P_{3B} na ramificação 4 onde circula a corrente I_3.

[00105] Naturalmente, as fórmulas empregadas podem apresentar uma outra forma que as igualdades (3), (5), (7) e (9), permanecendo no âmbito da segunda maneira de proceder que acaba de ser exposta. Por exemplo, as igualdades (3), (5), (7) e (9) podem ser combinadas no sentido de uma redução do número de fórmulas empregadas. Notadamente, a igualdade (3) pode ser incorporada na igualdade (5), assim como na igualdade (7), enquanto que essas igualdades (5) e (7) podem ser incorporadas na igualdade (9).

[00106] O dispositivo calculador 9 pode também determinar a defasagem Ψ_{3B} da nova corrente I_3, isto é, da corrente I_3 depois da mudança, por meio da seguinte relação:

$$\psi_{3B} = \pi / 2 - (\psi_1 + \psi_2) \quad (10)$$

[00107] O dispositivo calculador 9 pode também determinar a antiga potência individual P_{3A}, isto é, a potência consumida antes da mudança, na ramificação 4 onde circula a corrente I_3. Para isso, ele

pode empregar a seguinte relação:

$$P_{3A} = P_{3B} - (P_B - P_A) \qquad (11)$$

[00108] O dispositivo calculador 9 pode também determinar a nova potência individual Q_{3B}, isto é, a potência reagente, depois da mudança, na ramificação 4 onde circula a corrente I3. Para isto, ele pode empregar a seguinte relação:

$$Q_{3B} = U \cdot I_{3B} \cdot \cos(\psi_1 + \psi_2) \qquad (12)$$

[00109] O dispositivo calculador 9 pode também determinar a antiga potência individual reagente Q3A, isto é, a potência reagente antes da mudança, na ramificação 4 onde circula a corrente I3. Para isto, ele pode empregar a seguinte relação:

$$Q_{3A} = Q_{3B} - (Q_B - Q_A) \qquad (13)$$

[00110] Como a primeira maneira de proceder utilizando uma resolução numérica, a segunda maneira de proceder que se apoia em uma resolução trigonométrica dá duas soluções que correspondem aos pontos S e S´ da figura 4. Essas duas soluções vêm do fato de o cálculo de arco-seno na fórmula (5) pode se ver atribuir um valor positivo ou negativo. A solução aberrante correspondente ao ponto S´ é eliminada na segunda maneira de proceder como ela o é na primeira maneira de proceder.

[00111] A partir de seus expostos acima, no caso do monofásico, as duas maneiras possíveis de proceder na etapa 24 podem ser transpostas sem dificuldade particular no caso de uma instalação elétrica para correntes polifásicas. Com uma preocupação de clareza, suas transposições a esse caso de uma instalação elétrica para correntes polifásicas não são aqui detalhada.

[00112] A invenção não se limita aos modos de realização descritos anteriormente. Em particular, ela não se limita ao caso de uma corrente alternada monofásica, mas pode ao contrário também ser utilizada em instalações elétricas para correntes polifásicas. Além

disso, o domínio da invenção abrange tanto a média e a alta-tensão, quanto a baixa tensão, mesmo se o exemplo descrito anteriormente se situar no domínio da baixa tensão.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de determinação de um consumo de potência em uma instalação elétrica (1), na qual um grupo de várias ramificações de distribuição individual (4) conectadas em paralelo é ligado a uma alimentação com corrente alternada (2), o processo compreendendo a ação de efetuar no tempo e de registrar medidas da tensão global (U) de alimentação do grupo de várias ramificações (4), assim como medidas dos valores de intensidade e de defasagem (IA, IB, ΨA, ΨB) da corrente global (I) de alimentação do grupo de várias ramificações (4), **caracterizado** pelo fato de o processo compreender a ação de efetuar no tempo e de registrar medidas da intensidade (I3A, I3B) de uma corrente individual particular (I3) que circula em uma ramificação particular (4), dentre as ramificações do grupo, o produto comportando etapas, nas quais:

a) se detecta uma mudança quanto ao consumo elétrico na ramificação particular (4), e

b) utilizando-se uma medida da tensão global (U) sensivelmente constante durante a mudança das medidas dos valores de intensidade e de defasagem (I_A, I_B, Ψ_A, Ψ_B) da corrente global (I) antes e depois da mudança, assim como medidas das intensidades (I_{3A}, I_{3B}) da corrente individual particular (I_3), antes e depois da mudança, se determina uma potência individual particular consumida na ramificação particular (4),

na referida etapa b), a potência individual específica é determinada considerando-se todas (I_1, I_2) das correntes individuais que fluem nos ramos (4) do grupo, com exceção da corrente individual específica (I_3), para somar fornecer uma soma substancialmente inalterada no final da alteração em comparação com antes da alteração e duas condições a serem satisfeitas simultaneamente, quais são as condições:

- que a corrente global (I) antes da mudança deve ser substancialmente igual à adição da soma substancialmente inalterada à corrente individual específica (I_3) antes da mudança, e

- que a corrente global (I) após a alteração deve ser substancialmente igual à adição da soma substancialmente inalterada à corrente individual específica (I_3) após a alteração,

dito passo b) incluindo subpasso em que:

b1) usando medições dos valores de intensidade e deslocamento de fase (I_A, I_B, ψ_A, ψ_B) da corrente global (I) antes e depois da mudança e medições das intensidades (I_{3A}, I_{3B}) da corrente individual específica (I_3) antes e depois da mudança, a referida soma substancialmente inalterada de correntes individuais (I_1, I_2) é determinada,

b2) aquele componente que deve ser adicionado à soma substancialmente inalterada de correntes individuais (I_1, I_2) para obter a corrente global (I) é determinado, sendo esse componente uma determinação da corrente individual específica (I_3),

b3) a potência individual específica é calculada como sendo o produto da tensão total e da corrente individual específica..

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de, na subetapa b1), se determinar essa soma sensivelmente inalterada de correntes individuais (I_1, I_2) como satisfazendo simultaneamente a essas duas condições.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de, na subetapa, se determinar essa soma sensivelmente inalterada de correntes individuais (I_1, I_2), resolvendo numericamente um sistema de duas equações com duas incógnitas, que é o seguinte:

$$\begin{cases}(X_A - X_S)^2 + (Y_A - Y_S)^2 = I_{3A}^2 \\ (X_B - X_S)^2 + (Y_B - Y_S)^2 = I_{3B}^2\end{cases}$$

na qual I_{3A}^2 e I_{3B}^2 são respectivamente uma medida ao quadrado da intensidade da corrente individual particular (I3), antes da mudança e uma medida ao quadrado da intensidade da corrente individual particular (I3), depois da mudança, na qual

X_A e Y_A são respectivamente a abscissas e a ordenada representação vetorial $(\overrightarrow{I_A})$ da corrente global (I) tal como medido antes da mudança, em um diagrama de Fresnel

X_B e Y_B são respectivamente a abscissa e a ordenada da representação vetorial $(\overrightarrow{I_B})$ da corrente global (I), tal como medido, depois da mudança, no diagrama de Fresnel;

X_S e Y_S são duas incógnitas e são respectivamente a abscissa e a ordenada da representação vetorial dessa soma, sensivelmente inalterada de correntes individuais (I1, I2) no diagrama de Fresnel, antes e depois da mudança.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** pelo fato da etapa b) compreender subetapas, nas quais:

- se determina um valor de intensidade AB por meio da seguinte relação:

$$AB = \sqrt{I_A^2 + I_B^2 - 2 \cdot I_A \cdot I_B \cdot \cos(\psi_B - \psi_A)}$$

na qual I_A e Ψ_A são respectivamente uma intensidade e uma defasagem medidas da corrente global, antes da mudança e na qual I_B e Ψ_B são respectivamente uma intensidade e uma defasagem medidas da corrente global (I), depois a mudança;

- se determina um valor de ângulo Ψ_1 por meio da seguinte relação:

$$\psi_1 = \arcsin\left[\frac{I_B \cdot \cos\psi_B - I_A \cdot \cos\psi_A}{AB}\right],$$

- se determina um valor de ângulo Ψ_2 por meio da seguinte relação:

$$\psi_2 = \arccos\left(\frac{I_{3B}^2 + AB^2 - I_{3A}^2}{2 \times I_{3B} \times AB}\right)$$

na qual I_{3A} e I_{3B} são respectivamente uma medida da intensidade da corrente individual particular antes da mudança e uma medida da intensidade da corrente individual particular depois da mudança.

5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de a etapa b) compreender uma subetapa na qual:

- se determina a potência individual particular depois da mudança por meio da seguinte relação:

$$P_{3B} = U \cdot I_{3B} \cdot \sin(\psi_1 + \psi_2)$$

na qual P_{3B} e U são respectivamente essa potência individual particular depois da mudança e a medida da tensão global (U).

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 e 5, **caracterizado** pelo fato de compreender uma etapa, na qual:

- se determina a defasagem da corrente individual particular (I_3) depois da mudança, por meio da seguinte relação:

$$\psi_{3B} = \pi / 2 - (\psi_1 + \psi_2)$$

na qual Ψ_{3B} é a defasagem da corrente individual particular (I_3) depois da mudança.

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, **caracterizado** pelo fato de, na etapa b), se eliminar uma solução aberrante (S´) dentre duas soluções possíveis (S, S`).

8. Instalação elétrica em corrente alternada, comportando um grupo de várias ramificações de distribuição individual (4) conectadas em paralelo, assim como um sistema de supervisão (6, 7,

9) adaptado para efetuar no tempo e registrar medidas de uma tensão global (U) de alimentação do grupo de várias ramificações (4), assim como medidas dos valores de intensidade e de defasagem (I_A, I_B, Ψ_A, Ψ_B) de uma corrente global (U) de alimentação do grupo de várias ramificações (4), **caracterizada** pelo fato de o sistema de supervisão (6, 7, 9) ser adaptado para efetuar no tempo e registrar medidas da intensidade (I_{3A}, I_{3B}) de uma corrente individual particular (I_3) que circula em uma ramificação particular (4), dentre as ramificações do grupo, o sistema de supervisão comportando um dispositivo calculador (9) em condição:

- de detectar uma mudança quanto ao consumo elétrico na ramificação particular (4), e

- utilizando-se uma medida da tensão global (U) sensivelmente constante durante a mudança, medidas dos valores de intensidade e de defasagem (I_A, I_B, Ψ_A, Ψ_B) da corrente global (I) antes e depois da mudança, assim como medidas das intensidades (I_{3A}, I_{3B}) da corrente individual particular (I_3) antes e depois da mudança, determinar uma potência individual particular consumida na ramificação particular (4), o referido dispositivo de cálculo (9) compreendendo meios para executar um método de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7.

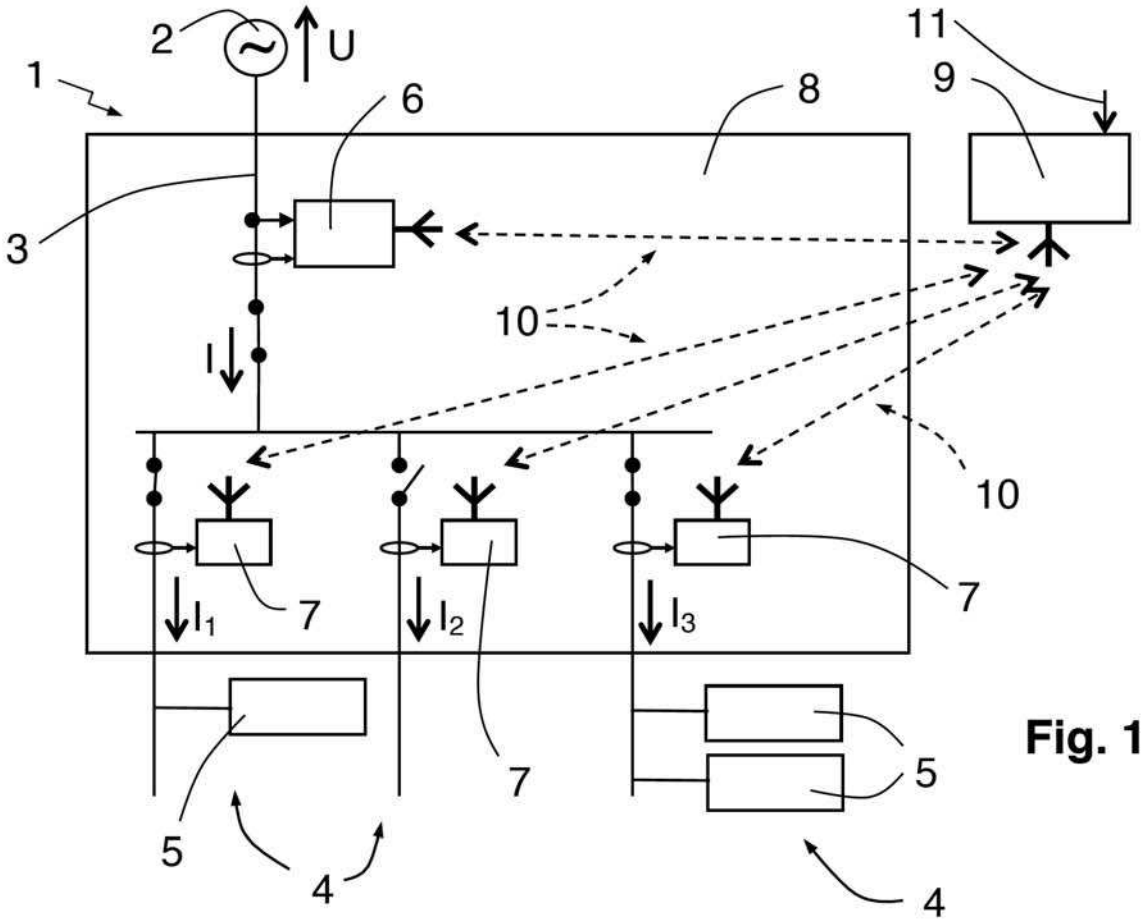

Fig. 1

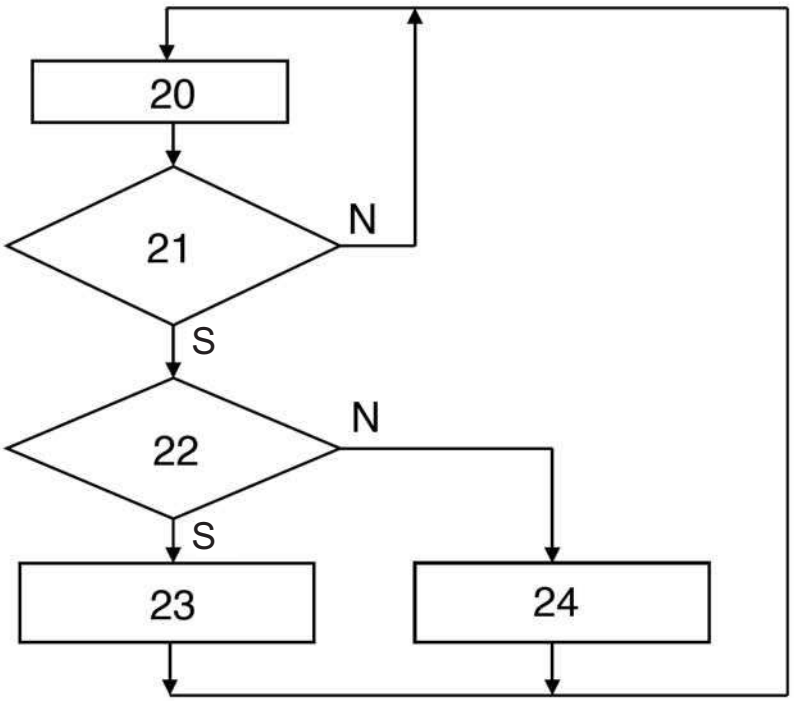

Fig. 2

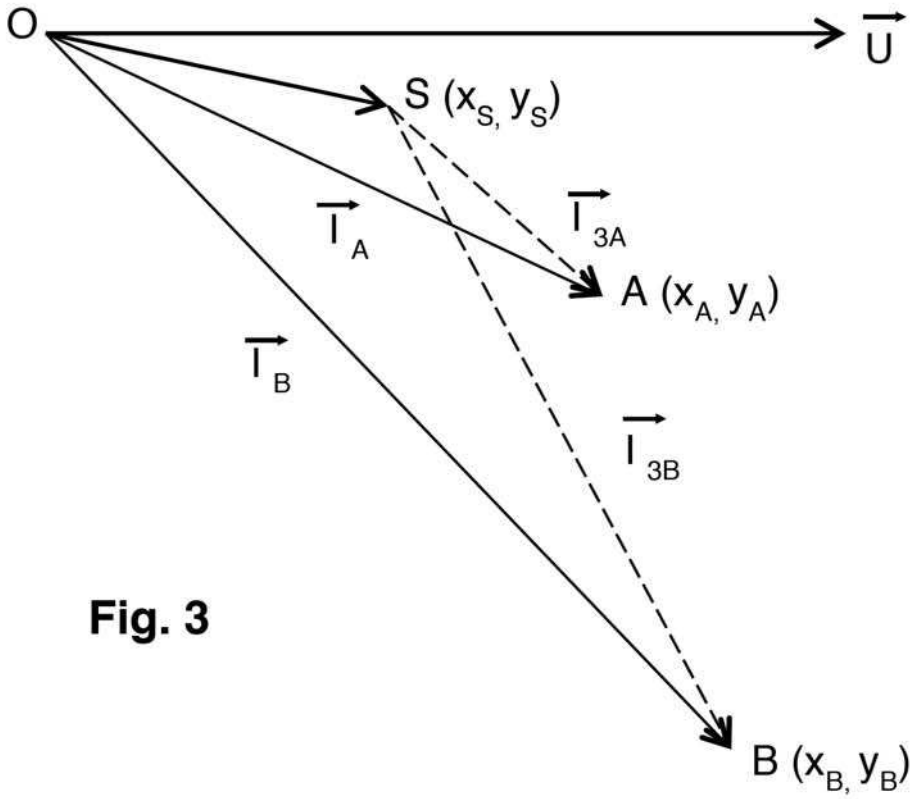

Fig. 3

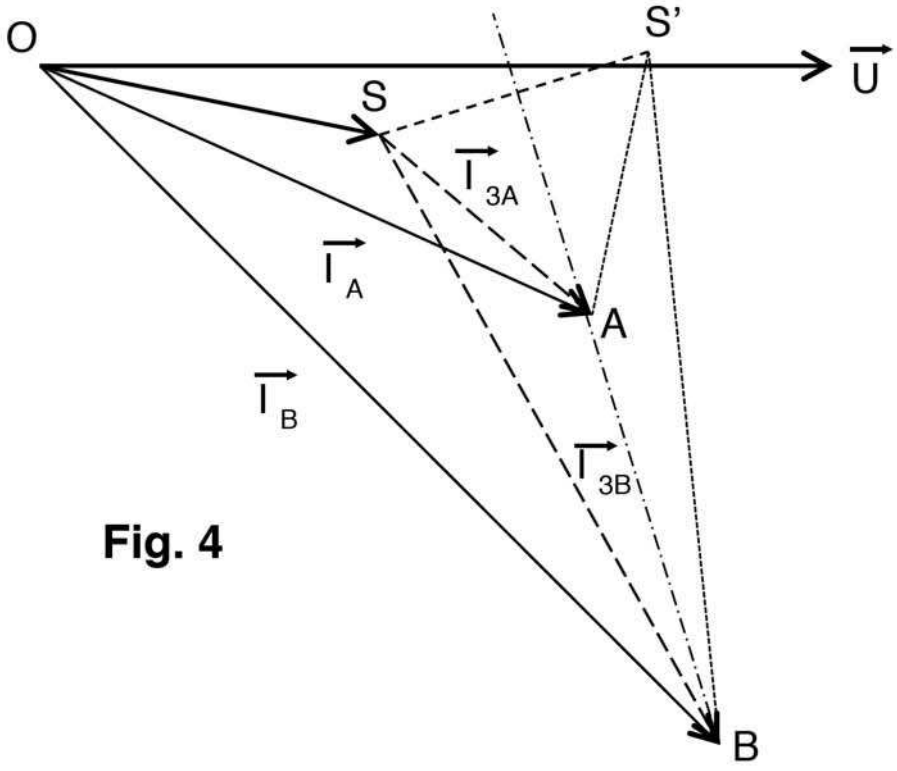

Fig. 4

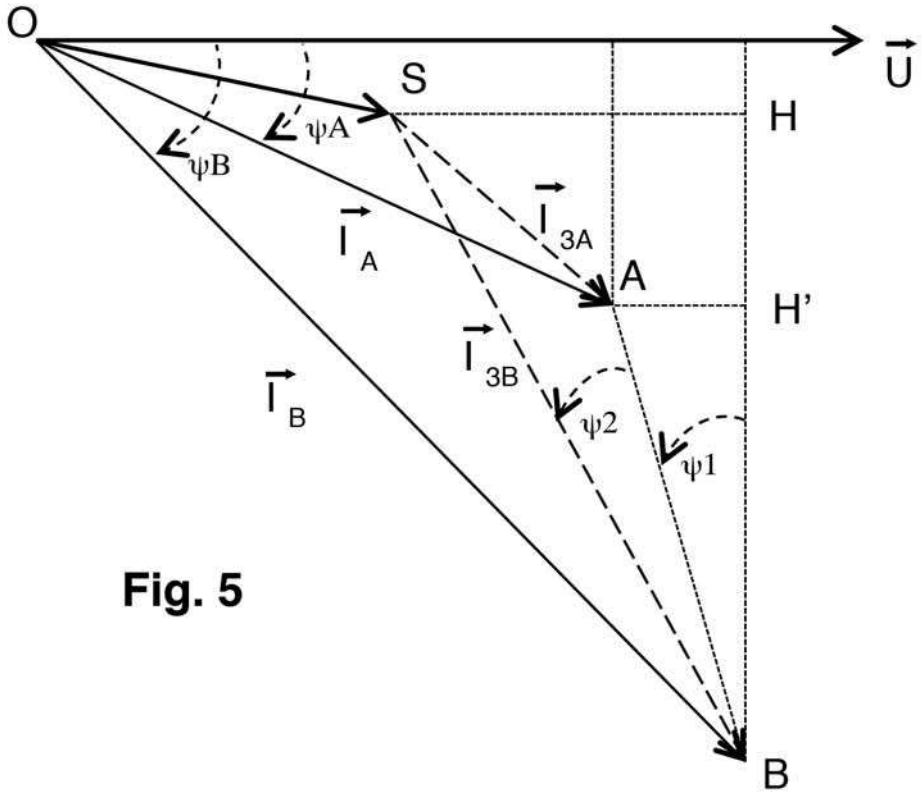

Fig. 5

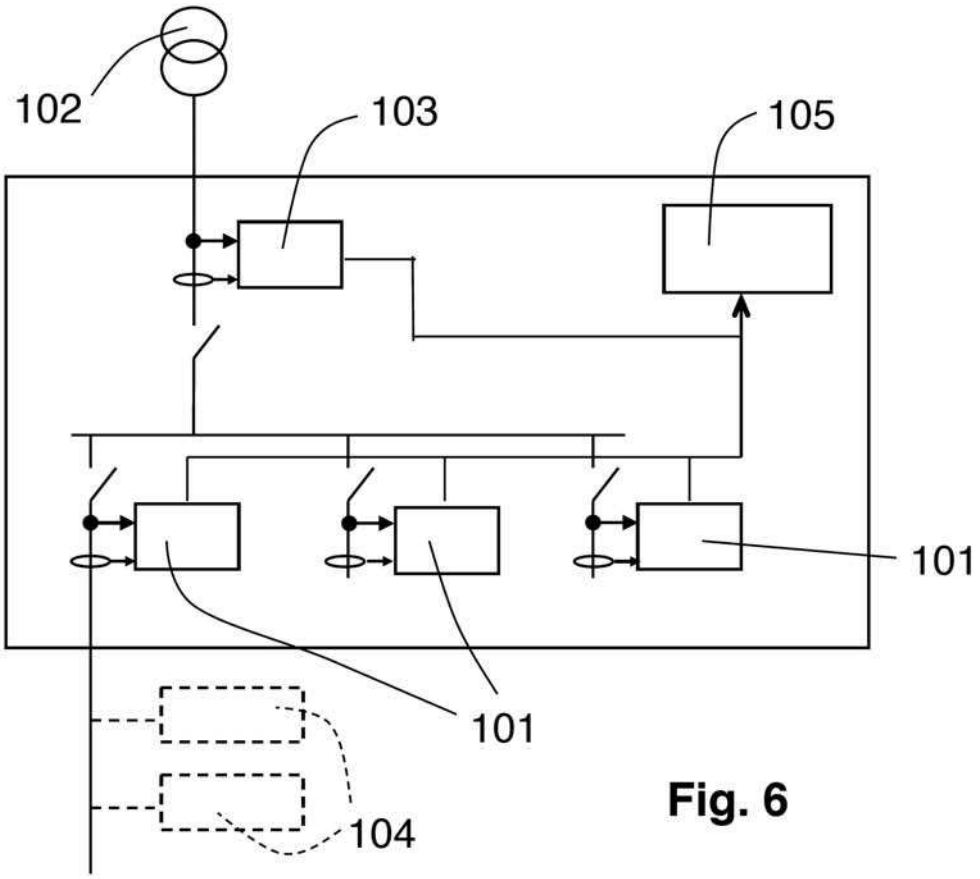

Fig. 6