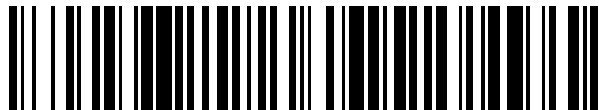


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 640**

51 Int. Cl.:

**G01R 19/25** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.06.2010 PCT/EP2010/058930**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.01.2011 WO11000754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2010 E 10727410 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 2449387**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la observación del estado de una red**

30 Prioridad:

**29.06.2009 DE 102009031017**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**18.11.2019**

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)  
Borsigstrasse 26  
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

**BEEKMANN, ALFRED y  
DIEDRICHS, VOLKER**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 731 640 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la observación del estado de una red

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la detección de magnitudes eléctricas de una red de tensión alterna trifásica según la reivindicación 1 con una primera, segunda y tercera fase. Además, la presente invención se refiere a un procedimiento para la alimentación de energía eléctrica en una red de tensión alterna eléctrica según la reivindicación 7. Además, la presente invención se refiere un dispositivo para la detección de magnitudes eléctricas de una red de tensión alterna trifásica según la reivindicación 10, así como un dispositivo para la alimentación de
- 10 energía eléctrica en una red de tensión alterna eléctrica según la reivindicación 11. Además, la presente invención también se refiere a una instalación de energía eólica según la reivindicación 12, que está diseñada para la detección de magnitudes eléctricas de una red de tensión alterna y/o para la alimentación de energía eléctrica en una red de tensión alterna eléctrica.
- 15 En particular para alimentar energía eléctrica en una red de tensión alterna eléctrica existente se requiere conocer esta lo más exactamente posible. Tienen importancia el conocimiento de la frecuencia de la tensión alterna en la red así como los módulos y fases de las tensiones. Pero para otras finalidades, que pueden estar relacionadas con la alimentación, como por ejemplo el reconocimiento de perturbaciones en la red, también es deseable una detección lo más exacta posible y lo más pronta posible particularmente de las tensiones eléctricas de la red.
- 20 Para detectar la frecuencia y el ángulo de fase de la tensión alterna de una red de tensión alterna eléctrica, habitualmente se detectan los pasos por cero de la tensión. El intervalo temporal entre dos pasos por cero de la tensión adyacentes se corresponde con una duración del semiperiodo, por lo que se puede calcular la frecuencia. Por consiguiente también se puede determinar la posición de fase a partir del paso por cero y la frecuencia o los dos pasos
- 25 por cero.
- En este caso es desventajoso en particular que correspondientemente sea necesaria al menos la duración de un semiperiodo para detectar la frecuencia y por consiguiente las modificaciones de frecuencia. Simultáneamente puede ser insuficiente la calidad en procedimientos de medición semejantes. En particular para las redes de tensión alterna,
- 30 que se alimentan y también soportan de forma creciente mediante un suministro de energía descentralizado, tiene importancia una medición lo más rápida posible con calidad lo más elevada posible. La detección fiable y rápida de las perturbaciones de red, como la aparición de cortocircuitos, también gana importancia de forma creciente.
- Por consiguiente, el objetivo de la presente invención era proponer un procedimiento mejorado referido a al menos
- 35 una de las desventajas mencionadas arriba o dispositivo correspondiente. En particular se debería proponer un procedimiento de medición que se mejore en lo posible en referencia a la velocidad y calidad. Al menos se debió proponer un procedimiento de medición alternativo y un procedimiento alternativo para la alimentación así como dispositivos correspondientes.
- 40 Como estado de la técnica se indican en este punto en general los siguientes documentos: DE 101 13 786 A1, EP 004 984 A1, XP-11479876 «Dynamic Measuring of Frequency and Frequency Oscillations in Multiphase Power Systems» y DE 199 44 680 A1. El documento WO2008/120282 A1 se refiere a un procedimiento en donde se usa una frecuencia medida a tiempo real, a fin de determinar inmediatamente los datos de una serie cronológica. La publicación para información de solicitud de patente US 2007/0279039 A1 muestra un procedimiento en donde un dispositivo de
- 45 medición del ángulo de giro mide un valor de tensión instantáneo de un sistema eléctrico de potencia en  $\frac{1}{4}$  de periodo de un periodo de una onda de referencia.
- Según la invención se propone un procedimiento para la detección de magnitudes eléctricas de una red de tensión alterna trifásica según la reivindicación 1.
- 50 Se parte de una red de tensión alterna trifásica con una primera, segunda y tercera fase. La indicación de un ángulo de fase se refiere a continuación básicamente a la primera fase, en tanto que no se indique lo contrario. Los índices de 1 a 3, en particular de tensiones o ángulos de fase, se refieren básicamente a la primera, segunda o tercera fase.
- 55 En una etapa del procedimiento se detecta o mide en un primer instante de una primera, segunda y tercera fase respectivamente un valor de tensión, concretamente una tensión de fase, es decir, la tensión referida al conductor neutro u otro potencial neutro.
- Como siguiente etapa se realiza una transformación de los valores de tensión medidos en el primer instante en
- 60 coordenadas polares en una magnitud de valor complejo, por lo que correspondientemente se origina un módulo y un ángulo de fase. El ángulo de fase se refiere en este caso a la primera tensión. La transformación se puede realizar como sigue:

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

$$\varphi_N = \arctan(\text{imag}(\bar{u}) / \text{real}(\bar{u}))$$

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

En una siguiente etapa se repite la medición y transformación para al menos otro instante. Por consiguiente en al menos dos instantes existe una medición de tensión transformada en coordenadas polares. A partir de estos valores en coordenadas polares se determina entonces la frecuencia, la amplitud de tensión y/o el ángulo de fase al menos de una de las fases.

Habitualmente el procedimiento se debería realizar digitalmente. En este caso las etapas del procedimiento descritas discurren al menos parcialmente unas tras otras visto temporalmente. En particular, en un primer instante se mide la tensión de las tres fases, se realiza una transformación y a continuación se miden de nuevo las tensiones de las tres fases en un segundo instante posterior. Pero básicamente también entra en consideración una realización análoga, en donde se podría realizar esencialmente una medición continua.

Preferentemente se calcula la frecuencia actual, una amplitud de tensión y las fases de las tres tensiones. Igualmente preferiblemente los instantes de la medición se sitúan separados entre sí en menos de un semiperíodo, partiendo de la frecuencia esperada.

Preferentemente para la determinación de una frecuencia efectiva de las tres tensiones alternas se usa una regulación de frecuencia, la cual no trabaja expresamente según el concepto de lazo de seguimiento de fase (*phase-locked-loop*, PLL) y regula una primera frecuencia auxiliar. Para ello se usa un circuito de regulación. La primera frecuencia auxiliar es básicamente una magnitud de estado y un resultado de este circuito de regulación, que se puede valorar además como magnitud intermedia. Básicamente también se puede usar la primera frecuencia auxiliar misma como frecuencia actual obtenida.

A partir de la frecuencia auxiliar se puede determinar un ángulo auxiliar. Mediante la comparación del ángulo de fase, que se ha determinado en la transformación de coordenadas, con el ángulo de fase auxiliar se puede generar una magnitud para la generación de la primera frecuencia auxiliar.

Preferentemente, para la regulación de frecuencia se forma un primer ángulo diferencial. Este primer ángulo diferencial resulta de la diferencia entre el ángulo de fase, que se produce en la transformación de coordenadas, y un primer ángulo de fase auxiliar que retrocede en un tiempo de muestreo. Este primer ángulo diferencial también se podría interpretar por consiguiente como frecuencia o frecuencia diferencial, ya que en cualquier caso la diferencia entre un ángulo de fase con un ángulo de fase que retrocede una etapa de muestreo se corresponde con una frecuencia.

Dicho primer ángulo diferencial se multiplica por un primer factor de amplificación según esta forma de realización y/o se añade a un valor de frecuencia inicial de una frecuencia, a fin de obtener la primera frecuencia auxiliar. El primer ángulo de fase auxiliar se determina a partir de la primera frecuencia auxiliar. Como valor de frecuencia inicial se puede usar una frecuencia a esperar, en particular la frecuencia nominal o correspondientemente la frecuencia de circuito nominal de la red.

Preferentemente, para la mejora de la determinación de la frecuencia se propone determinar un segundo ángulo de fase auxiliar con una segunda frecuencia auxiliar. Una segunda frecuencia auxiliar semejante se puede emitir – eventualmente tras el filtrado – como frecuencia actual detectada. Preferentemente una segunda frecuencia auxiliar semejante y segundo ángulo de fase auxiliar se basan en una primera frecuencia auxiliar y el primer ángulo de fase auxiliar, según una de las formas de realización anteriores. Preferentemente la segunda frecuencia auxiliar y el segundo ángulo de fase auxiliar se determinan, en particular regulan en base a un comportamiento dinámico predeterminado en función de la primera frecuencia auxiliar y el primer ángulo de fase auxiliar.

Según una forma de realización se propone determinar un segundo ángulo diferencial partiendo del primer ángulo de fase auxiliar y el segundo ángulo de fase auxiliar. Este segundo ángulo diferencial se forma como diferencia entre el primer ángulo de fase auxiliar y el segundo ángulo de fase auxiliar, que retrocede en un tiempo de muestreo. Además, se toma por base la primera y segunda frecuencia auxiliar y a partir de ella se determina una frecuencia diferencial auxiliar. La frecuencia diferencial auxiliar se forma como diferencia entre la segunda frecuencia auxiliar, que retrocede en un tiempo de muestreo, y la primera frecuencia auxiliar.

Además, se forma una aceleración angular auxiliar a partir del segundo ángulo diferencial y la frecuencia diferencial auxiliar. Esta aceleración angular auxiliar es representativa de una segunda derivada del segundo ángulo de fase auxiliar en función del tiempo y el segundo ángulo de fase auxiliar como también la segunda frecuencia auxiliar se calculan a partir de esta aceleración angular auxiliar.

5

Preferentemente, la aceleración angular auxiliar se forma como diferencia entre el segundo ángulo diferencial y la frecuencia diferencial auxiliar, en donde el segundo ángulo diferencial y/o la frecuencia diferencial auxiliar se pueden tener en cuenta respectivamente multiplicado por un factor de amplificación.

10 En particular, la formación de diferencias con la frecuencia diferencial auxiliar, lo que también se puede designar como intercalado de la frecuencia diferencial auxiliar con un factor de amplificación –que también podría ser básicamente 1– repercute según la selección de los factores de amplificación de forma amortiguadora sobre la dinámica de la segunda frecuencia auxiliar, en tanto que se pueden interpretar las etapas del procedimiento o las características del procedimiento en su efecto.

15

Según una forma de realización preferida, la amplitud de tensión obtenida en la transformación se emite como tensión de salida detectada. Además o alternativamente, según esta forma de realización, se diferencia el ángulo de fase obtenido en la transformación en función del tiempo –lo que se puede realizar de forma discreta o continua– y se emite como frecuencia detectada. Alternativamente este ángulo de fase diferenciado también se puede emitir como

20 frecuencia de comparación detectada, cuando en particular se emite otra magnitud como frecuencia detectada.

Adicional o alternativamente, la segunda frecuencia auxiliar se emite como frecuencia detectada y adicional o alternativamente el segundo ángulo de fase auxiliar como ángulo de fase detectado de una fase, en particular de la primera fase. Una, varias o todas dichas magnitudes se pueden filtrar eventualmente de manera apropiada antes de

25

Las magnitudes a emitir, en particular la segunda frecuencia auxiliar emitida como frecuencia detectada y el segundo ángulo de fase auxiliar emitido como ángulo de fase detectado, constituyen por consiguiente un producto de procedimiento del procedimiento. Una frecuencia detectada emitida semejante y un ángulo de fase detectado emitido semejante se destacan en particular por una detección rápida. Es decir, en particular la emisión de una frecuencia detectada, que presenta una modificación de frecuencia de la red de tensión alterna medida en un periodo menor de una duración del semiperiodo, se diferencia ya aquí de una detección de frecuencia habitual mediante la medición de los pasos por cero de tensión. Si se desea, el procedimiento según la invención también se puede diseñar o implementar por supuesto más lentamente.

35

Según una forma de realización, la red de tensión alterna se supervisa además con respecto a la presencia de al menos una perturbación de red. A tales perturbaciones de red pertenecen:

- la pérdida de la estabilidad angular,
- 40 - la aparición de una formación de red en isla,
- la aparición de un cortocircuito trifásico, y
- la aparición de un cortocircuito bipolar.

La aparición de un cortocircuito trifásico se puede reconocer en particular por la caída de las tres tensiones de fase y por consiguiente por la caída de la amplitud de tensión transformada. En un cortocircuito bipolar cae básicamente solo una tensión cuando se ha medido en el lado d de un transformador DY (transformador estrella-triángulo) y el cortocircuito bipolar apareció en el lado D. Esto se puede reconocer, por ejemplo, en una amplitud de tensión oscilante de la tensión transformada.

50 En el caso de la pérdida de la estabilidad angular, que también se designa en inglés como «*loss of stability*» (LOS), la diferenciación del ángulo de fase ( $\frac{d\varphi}{dt}$ ) de la frecuencia de red o de la frecuencia del circuito de red. Para la detección de una pérdida semejante de la estabilidad angular es deseable una rápida detección del ángulo y frecuencia.

En el caso de la aparición de una formación de red en isla, que también se designa en inglés como «*loss of mains*» (LOM), la frecuencia real se mueve paulatinamente fuera del rango de frecuencia nominal y abandona en particular un rango de tolerancia predeterminada. Por consiguiente, se debe partir de que la sección de red en donde se mide ha perdido el contacto con una red principal mayor con una frecuencia de red más estable.

Para mostrar la presencia de una perturbación de red, se puede proporcionar una señal correspondiente. Una señal semejante se puede proporcionar dentro de una unidad procesadora o emitirse como señal de emisión. En cualquier caso una señal semejante se puede considerar como producto del procedimiento. En particular el reconocimiento rápido y dirigido al menos de una de las perturbaciones de red mencionadas es un objetivo pretendido y caracteriza una señal semejante.

65 En particular, respecto a la pérdida de la estabilidad angular y la formación de red en isla se ha reconocido según la

invención que estas se deben esperar de forma creciente en redes con proveedores de energía que alimentan de forma descentralizada. En este caso, es importante un reconocimiento rápido y fiable para poder intervenir eventualmente de forma rápida y dirigida al objetivo.

5 Preferentemente se observa la medición o detección de las magnitudes eléctricas sobre una perturbación de red, a fin de reconocer una perturbación de red eventual. Al aparecer una perturbación de red se continúa la detección en el sentido de una estimación con base en las magnitudes usadas en último término. En este sentido solo se puede tratar de una detección real, ya que se parte de una persistencia básicamente estacionaria de las magnitudes eléctricas de la red de tensión alterna. En este sentido se propone continuar la detección total o parcialmente sin tener en cuenta  
10 las magnitudes de medición de entrada en base a las magnitudes del procedimiento detectadas en último término, en particular internas. En este sentido se realiza al menos una estimación de las magnitudes deseadas, en donde no se realiza o solo se realiza una adaptación parcial de las magnitudes estimadas en función de las magnitudes de medición.

15 Además, según una forma de realización se propone medir magnitudes eléctricas de la red de tensión alterna eléctrica, en particular usando un procedimiento descrito arriba, y con base en ello alimentar corriente eléctrica alterna en la red de tensión alterna, preferentemente trifásica. A este respecto, la red de tensión alterna se supervisa respecto a la presencia al menos de la perturbación de red de la pérdida de la estabilidad angular y/o de la perturbación de la aparición de una formación de red en isla. En función de la supervisión, cuando aparece así al menos una de las  
20 perturbaciones de red mencionadas, se inician las medidas para el soporte de la red de tensión alterna. Básicamente también puede entrar en consideración interrumpir la alimentación según la perturbación de red y separar el generador de energía en cuestión de la red.

Preferentemente, adicionalmente a la supervisión de la pérdida de la estabilidad angular y/o de la aparición de una  
25 formación de red en isla se supervisa la aparición de un cortocircuito trifásico y/o la aparición de un cortocircuito bipolar y se inician las medidas para el soporte de la red de tensión alterna, cuando aparece al menos una de las perturbaciones de red mencionadas.

Otra configuración propone que el procedimiento para la alimentación de energía eléctrica use un procedimiento según  
30 la invención, en particular para determinar la frecuencia y fase de la red como base para la alimentación, como también para reconocer eventuales perturbaciones de red, a fin de poder iniciar las medidas correspondientes de forma rápida y dirigida al objetivo.

La alimentación en la red de tensión alterna eléctrica se puede realizar entonces de manera conocida, como por  
35 ejemplo usando un inversor trifásico, que partiendo de un circuito intermedio de tensión continua genera las tres fases mediante un patrón de pulsos correspondiente con la ayuda de interruptores de semiconductores. La respectiva información necesaria para la frecuencia y fase se puede proporcionar en este caso por el procedimiento según la invención.

40 Al supervisar las perturbaciones de red, esta se detectará preferentemente desde la aparición de la perturbación de red en cuestión dentro de un tiempo de detección de menos de un periodo de red, en particular dentro de un tiempo de detección de menos de un semiperiodo de red. Asimismo se propone introducir las medidas para el soporte de red desde la aparición de una perturbación de red dentro de un tiempo de reacción de menos de un periodo de red, en particular dentro de un tiempo de reacción de menos de un semiperiodo de red. Para detectar las perturbaciones de  
45 red correspondientemente de forma rápida, a fin de detectar en el breve tiempo mencionado la perturbación de red e iniciar también las medidas de soporte en el breve tiempo mencionado, se propone un procedimiento según la invención descrito arriba, que para la detección no está limitado a la medición de los pasos por cero de la tensión, sino que, mejor dicho, puede medir independientemente de los pasos por cero de la tensión y varias veces entre los pasos por cero de la tensión y puede proporcionar resultados rápidos correspondientemente.

50 Además, se propone un dispositivo de medición para la detección de magnitudes eléctricas de una red de tensión alterna eléctrica trifásica, que aplica esencialmente un procedimiento de medición según la invención. Para ello se usa al menos un medio de medición para la medición de la tensión instantánea eléctrica de cada una de las tres fases referido a un conductor neutro, es decir, para la medición de las tensiones de fase. Además, está prevista una unidad  
55 de cálculo para la determinación de la frecuencia y fase de la red eléctrica. Los medios de medición le proporcionan, en particular de forma digital, las tensiones medidas en cada instante de muestreo a la unidad de cálculo. En la unidad de cálculo están implementadas las etapas de cálculo de la forma de realización correspondiente del procedimiento de medición según la invención. En particular, las etapas de cálculo se deben implementar en un procesador de señales digital, aunque teóricamente también entraría en consideración la implementación mediante un ordenador  
60 analógico o un circuito analógico.

Además, se propone un dispositivo de alimentación, para la alimentación de energía eléctrica en una red de tensión alterna. El dispositivo de alimentación presenta para ello al menos un dispositivo de medición y una unidad de  
65 alimentación. El dispositivo de medición, que está construido y realizado en particular según una forma de realización descrita arriba, detecta en particular la frecuencia y fase de la red de tensión alterna eléctrica. Estas magnitudes forman la base para la alimentación y se deben prever en particular para la sincronización, pero también para el

reconocimiento de perturbaciones. Para la alimentación se usa una unidad de alimentación, en donde el dispositivo de alimentación se controla según un procedimiento descrito arriba para la alimentación. En particular una unidad de alimentación puede comprender un inversor de frecuencia, para convertir la energía eléctrica de un circuito intermedio de tensión continua mediante interruptores de semiconductores correspondientes a través de un procedimiento de pulsos en un desarrollo sinusoidal de cada fase.

Además, se propone una instalación de energía eólica, que toma en particular la energía cinética del viento y la convierte en energía eléctrica mediante un generador. La energía eléctrica se alimenta en una red de tensión alterna trifásica. Para la alimentación se usa un dispositivo de alimentación según se describe arriba. Para detectar las magnitudes eléctricas, en particular frecuencia y fases de la red de tensión alterna trifásica, se propone un dispositivo de medición según se describe arriba. Esta y otras magnitudes eléctricas detectadas de la red de tensión alterna pueden servir como base para el dispositivo de alimentación.

Básicamente se debe observar que el dispositivo de medición puede ser parte del dispositivo de alimentación.

A continuación la invención se explica a modo de ejemplo mediante formas de realización en referencia a las figuras adjuntas.

La fig. 1 muestra esquemáticamente un punto de conexión de una red trifásica con conductor neutro.

La fig. 2 ilustra tres valores de medición de un sistema trifásico en referencia a un fragmento de los desarrollos de tensión del sistema trifásico durante la duración de una longitud de periodo.

La fig. 3 muestra la construcción estructural básica de una red de tensión alterna trifásica con dispositivo de medición conectado.

La fig. 4 ilustra la estructura del procedimiento según la invención según una forma de realización.

La invención parte de un punto de conexión trifásico, que presenta tres líneas L1, L2 y L3 para la conducción respectivamente de una fase y un conductor neutro N, según está representado en la fig. 1. Para la ilustración el punto de conexión está simbolizado como extremo de cable. Asimismo las tres fases L1, L2 y L3 así como el conductor neutro N se pueden proporcionar, por ejemplo, en una caja de conexión.

La fig. 2 ilustra el tipo de medición que sirve de base básicamente para la invención. Por tanto en un instante  $t_1$  se mide una tensión respecto al conductor neutro N en cada uno de los conductores L1, L2 y L3. Estos valores de medición  $u_1$ ,  $u_2$  y  $u_3$  se pueden asociar básicamente a una posición en un fragmento de  $360^\circ$ , concretamente a una duración de periodo. Para ello en la fig. 2 está representado un fragmento semejante de una duración de periodo para las tres fases P1, P2 y P3. La posición correspondiente de la medición en el instante  $t_1$  está asociada en el fragmento de una duración de periodo, que está trazado a través de un ángulo  $\phi$ , a la posición M1. Los ángulos de fase  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  y  $\phi_3$  se refieren por consiguiente a los ángulos del máximo de tensión –el valor de vértice– de la fase correspondiente para el punto de medición M1. Las fases correspondientes están caracterizadas como P1, P2 y P3. El ángulo de fase  $\phi_3$  pertenece a la fase P3. El valor de vértice de la fase P3 se sitúa detrás de la posición M1 y por consiguiente se puede medir ilustrado por una flecha, que comienza básicamente en el punto de vértice de P3, hasta el final del periodo representado, más el valor del inicio del periodo hasta el punto de medición M1. En una red simétrica los ángulos de fase  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  y  $\phi_3$  estarían desplazados entre sí respectivamente en  $120^\circ$  o  $240^\circ$ .

No se depende de la amplitud absoluta de las fases P1, P2 y P3 para la ilustración según la fig. 2. La amplitud puede estar normalizada, por ejemplo, para esta representación. La duración de periodo según la ilustración según la fig. 2 es de  $360^\circ$  o  $2\pi$ .

La fig. 3 muestra una construcción global de una red trifásica con conductor neutro y dispositivo de medición 1 conectado según una forma de realización de la invención. Para la medición el dispositivo de medición 1 usa un filtro de medición 4, que está conectado para ello entre las líneas L1, L2 y L3 y el conductor neutro. Las líneas L1, L2 y L3 conducen respectivamente la primera, segunda y tercera fase. A este respecto, para la medición de la tensión de fase está conectado un elemento RC entre la línea correspondiente L1, L2 o L3 y el conductor neutro N. La tensión medida así respectivamente entre la resistencia R y el condensador C respecto al conductor neutro N se introduce en el dispositivo de medición 1 y allí se sigue procesando y evaluando.

El dispositivo de medición 1 emite en este caso como magnitudes de salida o para el procesamiento posterior en una unidad de control, en particular una unidad de alimentación, las siguientes magnitudes:

- una estimación para el valor efectivo U de las tensiones alternas,

- estimaciones para la frecuencia de las tensiones alternas (frecuencias de circuito)  $\omega_A$ ,  $\omega_B$ ,

- los ángulos  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  y  $\phi_3$  en el instante de la medición de tensión como tensiones  $u_1$ ,  $u_2$  y  $u_3$  medidas a partir de los

valores de medición de la tensión entre los conductores L1, L2 y L3 y el conductor neutro N,

- informaciones de estado o indicadores de estado de perturbaciones de red posibles de la pérdida de la estabilidad angular LOS (designada como *Loss Of Stability*), de la aparición de una formación de red en isla LOM (designada como *Loss Of Mains*), de la aparición de un cortocircuito trifásico PPPØ (designado como fase-fase-fase-tierra) y la aparición y de la aparición de un cortocircuito bipolar PPØ (designado como fase-fase-tierra).

La fig. 4 ilustra la construcción interior del dispositivo de medición 1, que también se puede designar como unidad de medición y cálculo 1. La construcción mostrada está realizada básicamente como construcción discreta temporal. Sin embargo, por la disposición clara para la explicación se hace referencia parcialmente a representaciones continuas temporal, en particular derivadas temporales. Básicamente es posible tanto una aplicación discreta temporal como también continua temporal.

Las tensiones de fase  $u_1, u_2$  y  $u_3$  se miden de forma constante e introducen en la unidad de medición y cálculo o se aplican allí. La fig. 4 ilustra el filtro de medición 4 solo en tanto que está realizado un elemento RC solo para una fase. Realmente la construcción del filtro de medición 4 se corresponde con la mostrada en la fig. 3.

Los valores de tensión  $u_1, u_2$  y  $u_3$  correspondientes se introducen en el bloque de transformación 6. En el caso de un procesador de señales digital allí se realiza un muestreo y mantenimiento de los valores de medición correspondientes. En el bloque de transformación 6 se realiza una transformación de los tres valores de tensión  $u_1, u_2$  y  $u_3$  en coordenadas polares. La transformación se realiza según las siguientes ecuaciones:

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

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

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

Como resultado intermedio para el procesamiento posterior y cálculo se emite la tensión  $U_N$  y el ángulo  $\phi_N$  a partir del bloque de transformación 6.

La tensión  $U_N$  se le da a un primer filtro digital F1, que presenta un elemento de mantenimiento T y un primer factor de amplificación  $P_1$ . El filtro digital presenta además dos sumadores, que están representados respectivamente por un símbolo de circuito. Cuando como signo se muestra un signo menos, se sustrae el valor de la ruta de señal en cuestión. En caso contrario se realiza una adición, lo que también es válido por lo demás para los otros sumadores mostrados en la fig. 4.

El modo de funcionamiento básico de un filtro digital F1 semejante se conoce básicamente por el especialista y por ello no se entra en ello posteriormente. En el primer filtro digital F1 se filtra por consiguiente la tensión  $U_N$  y se emite la tensión  $U$  como estimación para el valor efectivo  $U$  de las tensiones alternas.

El ángulo de fase  $\phi_N$  se deriva de forma discreta temporal en un elemento diferenciador 8 y se corresponde por consiguiente con una frecuencia angular, que está inscrita en la fig. 4 como  $d\phi_N/dt$ . Esta frecuencia angular o frecuencia de circuito se le da en un segundo filtro digital F2, que se corresponde en la construcción con el primer filtro digital F1 y presenta un segundo factor de amplificación  $P_2$ . Como resultado, se produce una estimación de la frecuencia de la tensión alterna  $\omega_A$ , que se emite correspondientemente como una estimación de la frecuencia de la tensión alterna  $\omega_A$ .

El ángulo de fase  $\phi_N$  se introduce además en un circuito de regulación de frecuencia 10. En el circuito de regulación de frecuencia 10 se determina una primera frecuencia auxiliar  $d\phi_A/dt$  y en el sentido de una regulación se sigue a la frecuencia de red o frecuencia de circuito de red, en tanto que se puede interpretar esencialmente el circuito de regulación de frecuencia 10. En el circuito de regulación de frecuencia 10 está presente un primer integrador discreto temporal I1, que determina un primer ángulo auxiliar  $\phi_A$  a partir de la frecuencia auxiliar  $d\phi_A/dt$ . En la primera posición de adición A1 se sustrae del ángulo de fase actual  $\phi_N$  el primer ángulo auxiliar  $\phi_A$  que retrocede en un periodo de muestreo. De este modo resulta una primera magnitud de entrada diferencial  $e_1$ , que es fundamentalmente una frecuencia diferencial. Esta primera magnitud de entrada diferencial  $e_1$  se puede interpretar en el sentido posterior como error de regulación o desviación de regulación del circuito de regulación de frecuencia 10, en tanto que es posible en realidad una interpretación. En cualquier caso esta primera magnitud de entrada diferencial  $e_1$  se multiplica por una amplificación de regulación  $P11$  y se añade a la frecuencia nominal  $\omega_0$ , para determinar la primera frecuencia

auxiliar  $d\phi_A/dt$ .

Básicamente todavía se puede señalar que un integrador digital, como el integrador digital I1 para la integración de una frecuencia respecto a un ángulo con frecuencia positiva adoptada conduce a un ángulo creciente de forma constante, que básicamente tiende al infinito. Básicamente el valor de un ángulo es interesante por supuesto entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$  o  $0$  o  $2\pi$  y durante la realización al sobrepasar el valor de  $360^\circ$  o quedar por debajo de  $0$  se puede realizar una reinicialización en el valor  $360$ , lo que aquí no se expone en detalle.

Aunque el circuito de regulación de frecuencia se puede tomar como regulador P debido a la amplificación de regulación P11, todavía se puede obtener una exactitud estacionaria para la primera frecuencia auxiliar  $d\phi_A/dt$  sin desviación de regulación, lo que está fundamentado en el comportamiento integral durante la determinación del primer ángulo auxiliar  $\phi_A$  por parte del primer integrador I1.

La primera frecuencia auxiliar  $d\phi_A/dt$  se podría usar como estimación para la frecuencia de la tensión alterna y emitirse correspondientemente por el dispositivo de medición 1. Pero según la forma de realización representada en la fig. 4 está previsto un procesamiento posterior, en particular una mejora.

En un segundo circuito de regulación 12 se determina una segunda frecuencia auxiliar  $d\phi_B/dt$ . Mediante un segundo integrador I2 se determina la segunda frecuencia auxiliar  $\phi_B$ . En la segunda posición de adición A2 del primer ángulo auxiliar  $\phi_A$  se sustrae el segundo ángulo auxiliar  $\phi_B$  retardado en un tiempo de muestreo o periodo de muestreo y resulta una magnitud de entrada diferencial e2. Esta magnitud de entrada diferencial es fundamentalmente una frecuencia diferencial. En sentido adicional se puede interpretar como error de regulación a fin de regular o seguir la segunda frecuencia auxiliar  $d\phi_B/dt$  sobre la primera frecuencia auxiliar.

Se debe observar que las interpretaciones como regulación pueden servir para la explicación ilustrativa. Una regulación clásica en el sentido de una comparación del valor real y de consigna no tiene lugar en este sentido. Mejor dicho, es válido mejorar los valores estimados en sus valores o también su dinámica.

En cualquiera caso la segunda magnitud de entrada diferencial e2 se conduce a través de una segunda amplificación P21 o se multiplica por ella. Además, se realiza una formación de diferencias entre la segunda frecuencia auxiliar  $d\phi_B/dt$  que retrocede en un tiempo de muestreo y la primera frecuencia auxiliar actual  $d\phi_A/dt$  en la tercera posición de adición. Resulta una tercera magnitud de entrada diferencial e3, que fundamentalmente es una aceleración angular diferencial. Multiplicada por la tercera amplificación de regulación P22 se sustrae de la segunda magnitud de entrada diferencial e2 multiplicada por la segunda amplificación de regulación P21 en el cuarto punto de adición A4. Resulta

una aceleración angular  $\frac{d^2\phi_B}{dt^2}$ . Mediante un tercer integrador I3 se puede determinar finalmente la segunda frecuencia auxiliar  $d\phi_B/dt$ . Se debe señalar que mediante el intercalado de la tercera magnitud de entrada diferencial e3 teniendo en cuenta la tercera amplificación de regulación P22, en la cuarta posición de adición A4 se puede obtener un efecto de atenuación. El segundo circuito de regulación 12 está previsto por consiguiente esencialmente para influir sobre el comportamiento dinámico de la estimación de frecuencia.

La segunda frecuencia auxiliar  $d\phi_B/dt$  se conduce finalmente a través de un tercer filtro digital F3 y se emite el valor estimado para la frecuencia de la tensión alterna  $\omega_B$ . Además, el segundo ángulo auxiliar  $\phi_B$  se puede emitir directamente como valor estimado para el primer ángulo de fase  $\phi_1$  y respectivamente el valor estimado para el segundo ángulo de fase  $\phi_2$  y el tercer ángulo de fase  $\phi_3$  se pueden determinar y emitir mediante adición de  $2\pi/3$  o  $4\pi/3$  ( $120^\circ$  o  $240^\circ$ ).

El procedimiento ilustrado con ayuda de la fig. 4 también se puede dar mediante el sistema de ecuaciones siguiente:



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

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

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

$$\frac{d\varphi_A}{dt} = P_{11}(\varphi_N - \varphi_A) + \omega_0$$

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

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

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

Además, mediante la aplicación de la medición en cualquier caso según la forma de realización según la fig. 4 se pueden proporcionar las magnitudes estimadas de manera ventajosa –en cualquier caso, durante un intervalo de transición– en el caso de fallo. Si, por ejemplo, se produce una interrupción del dispositivo de medición 1 o del filtro de medición 4 para la red de tensión alterna, entonces no están a disposición magnitudes de medición para la mejora o estimación. Mejor dicho, se puede partir de que eventualmente los valores de medición absurdos empeoran fundamentalmente la estimación o incluso la hacen inutilizable. Un fallo semejante se puede reconocer, por ejemplo, cuando el ángulo de fase  $\varphi_N$  ya no se modifica de repente o salta en su valor. Asimismo, una caída repentina de la amplitud de tensión  $U_N$  puede ser un índice. En un caso semejante se puede cortar al menos la conexión de señal directamente detrás de la amplificación de regulación P11. Esto también se puede realizar por supuesto porque la amplificación de regulación P11 se pone a cero. Dado que la detección de un fallo se realiza a ser posible solo mediante la observación de la primera frecuencia auxiliar  $d\varphi_A/dt$ , el primer ángulo de fase  $\varphi_A$  ya puede ser burdamente falso. Para este caso se recomienda corregir, por ejemplo, en el primer elemento de mantenimiento H1 el valor para el primer ángulo de fase auxiliar  $\varphi_A$ , por ejemplo, con base en un valor que reduce aún más al menos un tiempo de muestreo. En este sentido se puede seguir la estimación, en particular la segunda estimación de la frecuencia de la tensión alterna  $\omega_B$  y la estimación de los ángulos de fase  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  y  $\varphi_3$  y proporcionar valores todavía utilizables al menos durante un intervalo de tiempo corto de, por ejemplo, algunos periodos de red. Por supuesto ya no se pueden reconocer de forma fiable otras modificaciones repentinas en la frecuencia y la fase de la red de tensión alterna sin medición. Si ha finalizado el fallo, se puede seguir midiendo de manera normal. En particular, se puede conectar de nuevo la conexión de señal detrás de la amplificación de regulación P11.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la detección de magnitudes eléctricas de una red de tensión alterna trifásica con una primera, segunda y tercera fase, que comprende las etapas:

5

- medición respectivamente de un valor de tensión  $u_1, u_2, u_3$  de la primera, segunda y tercera fase ( $L_1, L_2, L_3$ ) en referencia a un conductor neutro (N) en un primer instante ( $t_1$ ),
- transformación de los tres valores de tensión  $u_1, u_2, u_3$  del primer instante ( $t_1$ ) en coordenadas polares con una amplitud de tensión ( $U_N$ ) y un ángulo de fase ( $\varphi_N$ ), de modo que se realiza una transformación de los valores de tensión ( $u_1, u_2, u_3$ ) medidos en el primer instante en coordenadas polares ( $U_N, \varphi_N$ ) en una magnitud de valor complejo, según la ecuación:

10

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

15 de modo que a este respecto se origina correspondientemente un módulo y un ángulo de fase,

- repetición de la medición y transformación para al menos otro instante y
- determinación de la frecuencia actual a partir de los valores de tensión  $u_1, u_2, u_3$  transformados en coordenadas polares ( $U_N, \varphi_N$ ), en donde para la detección de la frecuencia se usa una regulación de frecuencia, que regula una primera frecuencia auxiliar ( $d\varphi_A/dt$ ), en donde la primera frecuencia auxiliar ( $d\varphi_A/dt$ ) se usa y emite como estimación de la frecuencia, y en donde para la regulación de frecuencia se forma un primer ángulo diferencial entre
- el ángulo de fase ( $\varphi_N$ ) formado en la transformación y
- un primer ángulo de fase auxiliar ( $\varphi_A$ ) que retrocede en un tiempo de muestreo,

20

25 este primer ángulo diferencial se multiplica por un primer factor de amplificación ( $P_{11}$ ) y/o se adiciona a un valor de frecuencia inicial ( $\omega_0$ ), a fin de obtener la primera frecuencia auxiliar ( $d\varphi_A/dt$ ), y el primer ángulo de fase auxiliar ( $\varphi_A$ ) se determina a partir de la primera frecuencia auxiliar ( $d\varphi_A/dt$ ).

2. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** para la mejora de la determinación de frecuencia se determina un segundo ángulo de fase auxiliar ( $\varphi_B$ ) con una segunda frecuencia auxiliar ( $d\varphi_B/dt$ ).

30

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque**

- se forma un segundo ángulo diferencial como diferencia entre el primer ángulo de fase auxiliar ( $\varphi_A$ ) y el segundo ángulo de fase auxiliar ( $\varphi_B$ ) que retrocede en un tiempo de muestreo,
- se forma una frecuencia diferencial auxiliar como diferencia entre la segunda frecuencia auxiliar ( $d\varphi_B/dt$ ) y la primera frecuencia auxiliar ( $d\varphi_A/dt$ ) y
- se forma una aceleración angular auxiliar a partir del segundo ángulo diferencial y la frecuencia diferencial auxiliar, en donde la aceleración angular auxiliar es representativa de una segunda derivada del segundo ángulo de fase auxiliar en función del tiempo, en donde el segundo ángulo de fase auxiliar ( $\varphi_B$ ) y la segunda frecuencia auxiliar ( $d\varphi_B/dt$ ) se calculan a partir de la aceleración angular auxiliar.

35

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la aceleración angular auxiliar se forma como diferencia entre

45

- el segundo ángulo diferencial o el segundo ángulo diferencial multiplicado por un segundo factor de amplificación ( $P_{21}$ ) y
- la frecuencia diferencial auxiliar o la frecuencia diferencial auxiliar multiplicada por un tercer factor de amplificación ( $P_{22}$ ).

50

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, la etapa de supervisión de la red de tensión alterna respecto a la presencia de al menos una perturbación de red de la lista:

- pérdida de la estabilidad angular,
- aparición de una formación de red en isla,
- aparición de un cortocircuito trifásico y
- aparición de un cortocircuito bipolar,

55

60 y/o facilitación de una señal para indicar la presencia de una de las perturbaciones de red.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la medición o detección se observa sobre una perturbación de medición y al aparecer una perturbación de medición se continua una

detección como estimación con base en las magnitudes usadas en último término.

7. Procedimiento para la alimentación de energía eléctrica en una red de tensión alterna eléctrica, que comprende las etapas

5

- detección de magnitudes eléctricas de la red de tensión alterna eléctrica, en donde la detección se realiza mediante un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6,

- alimentación de corriente alterna eléctrica en la red de tensión alterna,

- supervisión de la red de tensión alterna respecto a la presencia de al menos una perturbación de red de la lista:

10 - pérdida de la estabilidad angular y

- aparición de una formación de red en isla, e

- inicio de las medidas para el soporte de la red de tensión alterna cuando aparece al menos una de las perturbaciones de red mencionadas.

15 8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** adicionalmente la red de tensión alterna se supervisa respecto a la presencia de al menos otra perturbación de red de la lista

-aparición de un cortocircuito trifásico y

- aparición de un cortocircuito bipolar

20

y se inician las medidas para el soporte de la red de tensión alterna cuando aparece al menos una de las perturbaciones de red mencionadas.

9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado porque** las perturbaciones de red se detectan desde la aparición de la perturbación de red en cuestión dentro de un tiempo de detección de menos de un periodo de red, en particular dentro de un tiempo de detección de menos de un semiperiodo de red y/o **porque** las medidas para el soporte de red desde la aparición de la perturbación de red se introducen dentro de un tiempo de reacción de menos de un periodo de red, en particular dentro de un tiempo de reacción de menos de un semiperiodo de red.

30

10. Dispositivo de medición para la detección de magnitudes eléctricas de una red de tensión alterna eléctrica trifásica, a saber al menos de la frecuencia y de una fase de la red de tensión alterna que comprende:

- medios de medición de tensión para la medición de la tensión instantánea eléctrica de cada una de las tres fases

35 referido a un conductor neutro,

- una unidad de cálculo para la determinación al menos de la frecuencia y fase de la red eléctrica,

en donde el dispositivo de medición usa un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, o está preparado para usar un procedimiento de medición semejante.

40

11. Dispositivo de alimentación para la alimentación de energía eléctrica en una red de tensión alterna, que comprende

- un dispositivo de medición, en particular según la reivindicación 10, para la medición de magnitudes eléctricas de la red de tensión alterna y

45 - una unidad de alimentación para la alimentación de energía eléctrica en la red de tensión alterna,

en donde el dispositivo de alimentación usa un procedimiento según una de las reivindicaciones 7 – 9 o está preparado para usar un procedimiento semejante.

50

12. Instalación de energía eólica para la conversión de energía eólica en energía eléctrica y para la alimentación de la energía eléctrica en una red de tensión alterna que comprende un dispositivo de medición según la reivindicación 10 y/o un dispositivo de alimentación según la reivindicación 11.

FIG. 1

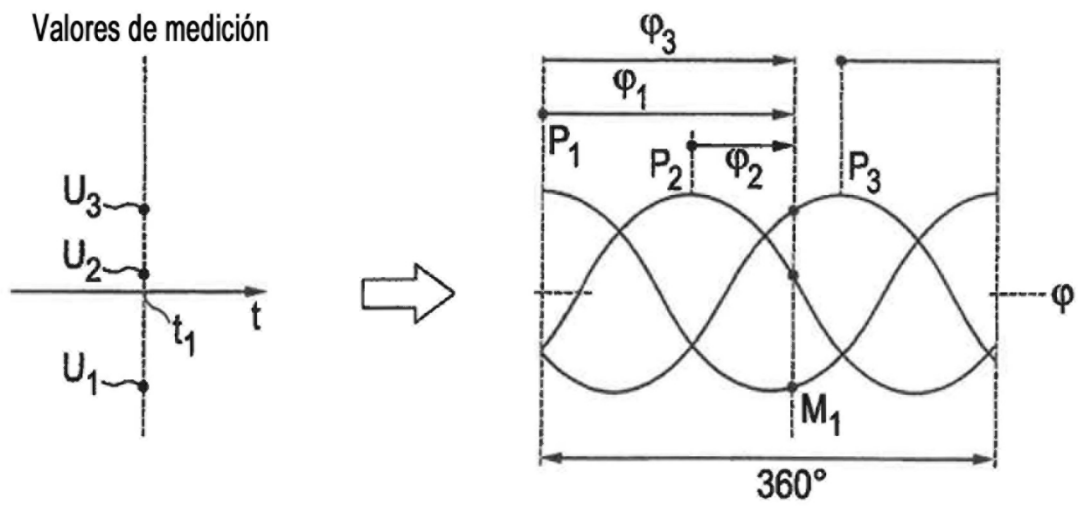
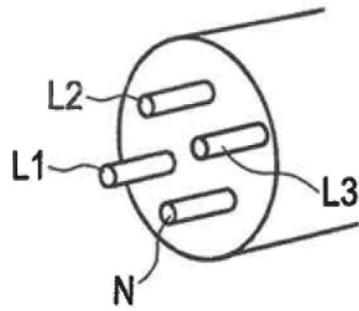


FIG. 2

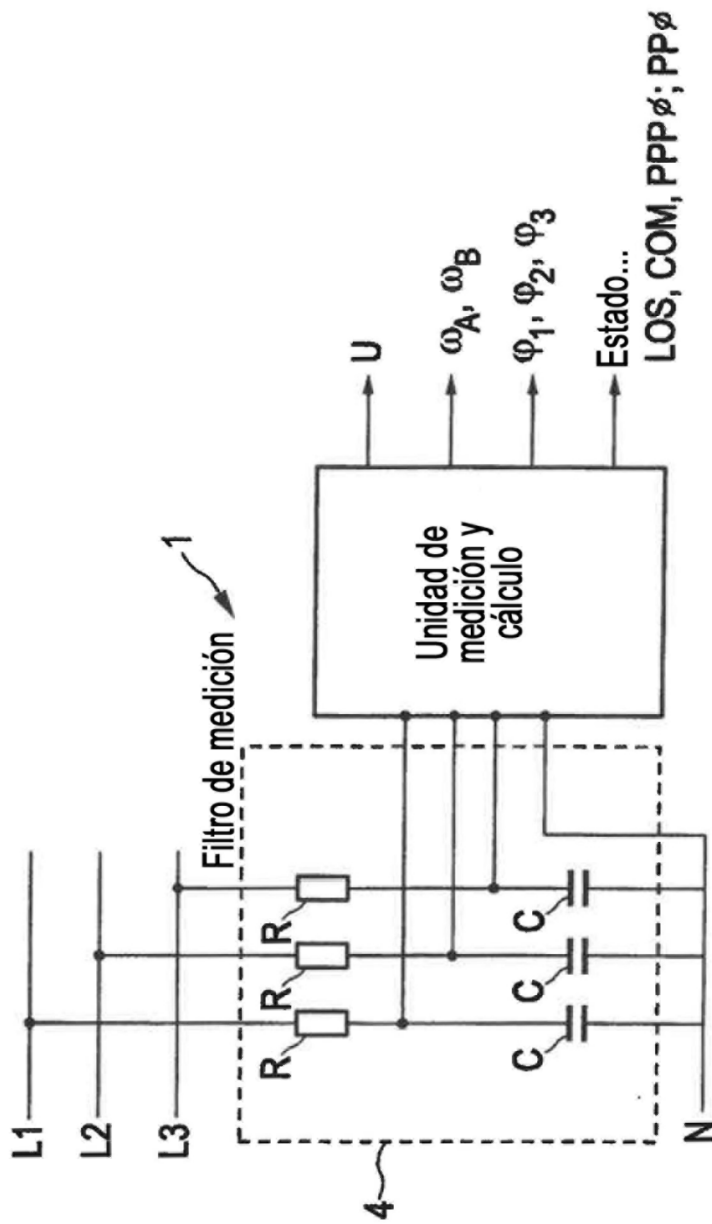


FIG. 3

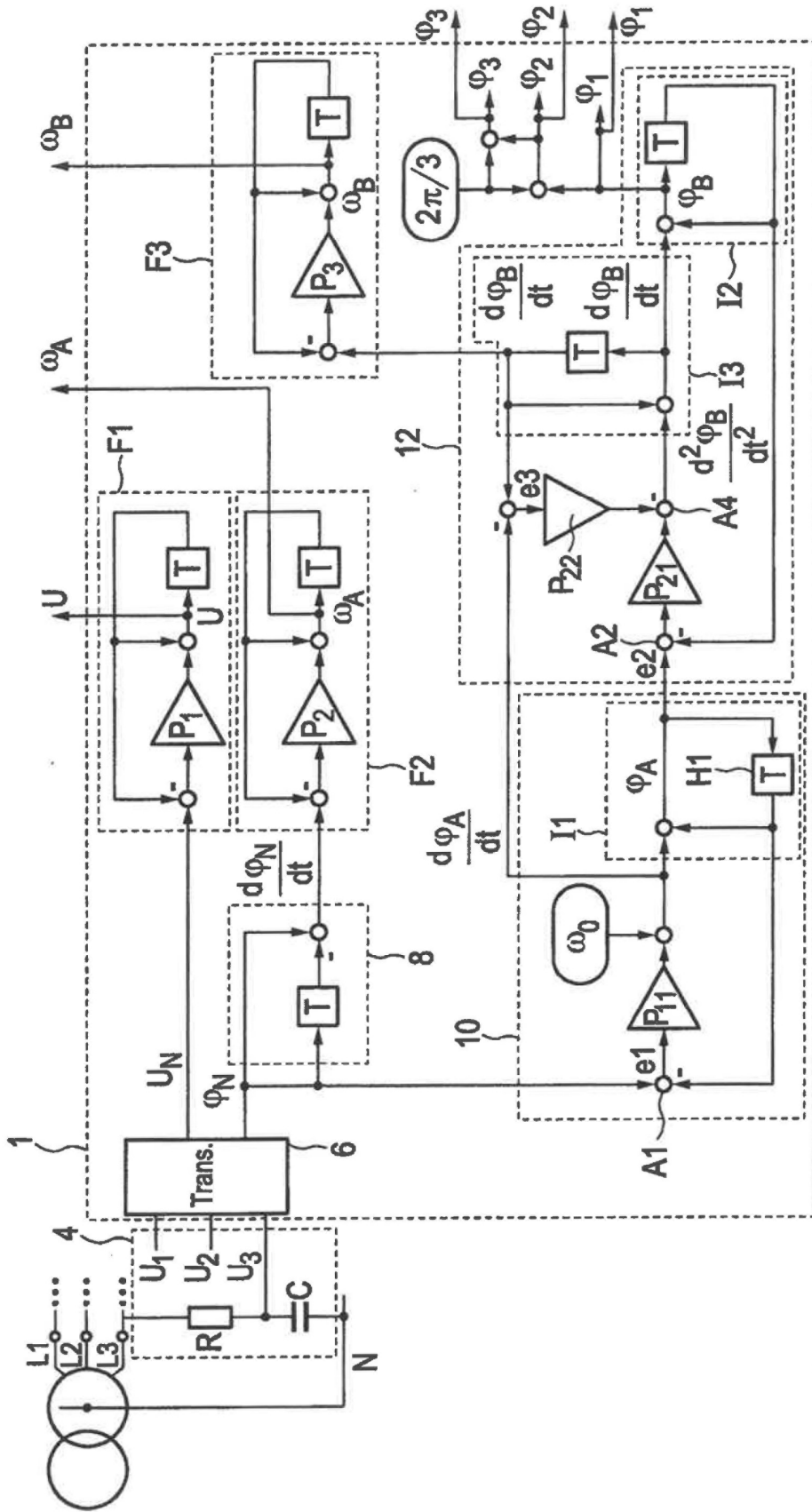


FIG. 4