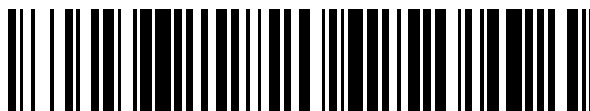


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 564**

51 Int. Cl.:

G01R 19/25 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2013 E 13176147 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2018 EP 2690451**

54 Título: **Método de medición de frecuencia del sistema, método de medición de sincrofasor y dispositivo del mismo**

30 Prioridad:

26.07.2012 CN 201210262698

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

13.06.2019

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS
(100.0%)
35, rue Joseph Monier, CS 30323
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

LUO, SHANSHAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 716 564 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

Método de medición de frecuencia del sistema, método de medición de sincrofasor y dispositivo del mismo

5 **CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a la medición automática del sistema de potencia y más específicamente a un método de medición de frecuencia del sistema de alta precisión, un método de medición de sincrofasor y un dispositivo del mismo. Las características del preámbulo de las reivindicaciones independientes se conocen a partir de JACQUES WARICHET ET AL: " Consideration about synchrophasor measurement in dynamic system conditions", INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL POWER & ENERGY SYSTEMS, vol. 31, no. 9, 1 de octubre de 2009, páginas 452-464.

15 **ANTECEDENTES**

La unidad de medición de fasor sincronizado (sincrofasor) (PMU) se ha convertido en un componente importante de medición en un sistema de potencia y puede proporcionar fasores de corriente y tensión de alta precisión y la frecuencia a la que están sincronizados con una referencia de tiempo absoluta. Las aplicaciones de PMU han sido bien reconocidas para la monitorización dinámica en tiempo real, el funcionamiento y el control del sistema de potencia.

Habitualmente, un sistema de potencia puede ser monitoreado a través de una combinación de mediciones no sincronizadas, por ejemplo, magnitudes de tensión y potencia de generador/carga se introducen en un modelo de software y entonces se calculan el ángulo de tensión completo y la información de magnitud para cada bus para la carga especificada y las condiciones reales de potencia y tensión del generador. Sin embargo, estas cantidades se pueden calcular directamente utilizando la PMU.

Con la creciente demanda de tecnología de medición de sincrofasor, el IEEE ha establecido una norma relacionada con esta medición para garantizar la interoperabilidad de los dispositivos de diferentes proveedores desde 2005. Ahora hay muchas PMUs que cumplen con la norma en el mercado. Sin embargo, como la norma solo está diseñada para la medición en estado estacionario y no puede satisfacer la demanda adicional de medición en estado dinámico (como durante la variación de potencia, el cambio de ángulo de fase, el cambio consecutivo de frecuencia e incluso la perturbación por fallo) con una falta de comparabilidad e interoperabilidad entre sincrofasores medidos por diferentes productos, algunos proveedores han comenzado a usar la norma de su empresa definida por ellos. Sobre la base de la nueva demanda, el IEEE y la IEC han estado trabajando juntos para establecer una nueva norma que incluya la medición en estado dinámico. Esta norma puede ser publicada pronto.

Por tanto, se necesita un método y un dispositivo de medición de sincrofasor aplicables tanto a la medición en estado estacionario como a la medición en estado dinámico en un sistema de potencia. Dicho método y dispositivo son capaces de cumplir con la nueva norma que cubre la medición en estado dinámico en el sistema de potencia.

40 **COMPENDIO**

Considerando los problemas anteriores, se propone la presente invención. Su finalidad es proporcionar un método y dispositivo de medición de sincrofasor de alta precisión, que obtenga un fasor de tensión sincronizado y un fasor de corriente sincronizado eliminando la interferencia fuera de banda de muestras sin procesar de señales de tensión e intensidad, después un primer remuestreo para obtener una frecuencia estimada del sistema seguido de un segundo remuestreo para cada tiempo de reporte. El método de medición de sincrofasor selecciona una duración de la ventana de cálculo diferente para funcionamiento estacionario y funcionamiento dinámico del sistema de potencia, respectivamente, y calcula la frecuencia estimada del sistema para cada muestra, por lo que aún se puede lograr una alta precisión mientras el método se aplica a la condición de funcionamiento dinámico y se pueden cumplir los requisitos de la nueva norma. Los métodos y el dispositivo de la presente invención se definen en las reivindicaciones independientes.

Se proporciona un método de medición de sincrofasor, que comprende: muestrear las señales de tensión e intensidad en un sistema de potencia en base a una referencia de tiempo absoluta; eliminar la interferencia fuera de banda en las señales de tensión e intensidad muestreadas; un primer remuestreo de al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la referencia fuera de banda en base a una frecuencia estimada del sistema; calcular el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo y actualizar la frecuencia estimada del sistema; durante un tiempo de reporte, un segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad siendo la referencia fuera de banda eliminada en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema; y calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

Preferiblemente, en el método de medición de sincrofasor, la interferencia fuera de banda en las señales de tensión e intensidad muestreadas se elimina con un filtro de paso de banda que se personaliza según la clase de rendimiento, la frecuencia nominal del sistema de potencia y la tasa de reporte.

Preferiblemente, en el método de medición de sincrofasor, calcular el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo comprende: determinar la duración de una primera ventana de cálculo según un estado de

funcionamiento del sistema de potencia; y calcular el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo en la primera ventana de cálculo.

5 Preferiblemente, en el método de medición de sincrofasor, la actualización de la frecuencia estimada del sistema comprende: para cada muestra obtenida del primer remuestreo, calcular la frecuencia estimada del sistema; filtrar con alisamiento la frecuencia estimada calculada del sistema para actualizar la frecuencia estimada del sistema; y establecer una marca de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada del sistema, compensando dicha marca de tiempo el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda y el retardo introducido por el filtrado de alisamiento .

10 Preferiblemente, en el método de medición de sincrofasor, un segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la referencia fuera de banda comprende: estimar la frecuencia del sistema en un tiempo de reporte en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y a su marca de tiempo correspondiente; y un segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte, lo que comprende: determinar el centro de una segunda ventana de cálculo en base al tiempo de reporte; determinar la duración de la segunda ventana de cálculo en base a la tasa de reporte y un segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte en la segunda ventana de cálculo.

20 Preferiblemente, el método de medición de sincrofasor comprende además calcular la tasa de cambio de la frecuencia del sistema utilizando el ajuste de curva en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema.

25 Se proporciona un dispositivo de medición de sincrofasor, que comprende: un muestreador sin procesar, para muestrear las señales de tensión e intensidad en un sistema de potencia en base a una referencia de tiempo absoluta; un filtro, para eliminar la interferencia fuera de banda en las señales de tensión e intensidad muestreadas; un primer remuestreador, para un primer remuestreo de al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la referencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema; un medio de estimación de frecuencia del sistema, para calcular el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo y actualizar la frecuencia estimada del sistema; un segundo remuestreador, para el segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la referencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema durante un tiempo de reporte; y un medio de estimación del sincrofasor, para calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

35 Preferiblemente, dicho filtro es un filtro de paso de banda personalizado según la clase de rendimiento, la frecuencia nominal del sistema de potencia y la tasa de reporte.

40 Preferiblemente, el medio de estimación de frecuencia del sistema determina la duración de una primera ventana de cálculo según un estado de funcionamiento del sistema de potencia, y calcula el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo en la primera ventana de cálculo.

45 Preferiblemente, el medio de estimación de frecuencia del sistema calcula la frecuencia estimada del sistema para cada muestra obtenida del primer remuestreo, hace un filtrado de alisamiento de la frecuencia estimada calculada del sistema para actualizar la frecuencia estimada del sistema y establece una marca de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada, compensando dicha marca de tiempo el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda y el retardo introducido por el filtrado de alisamiento .

50 Preferiblemente, el segundo remuestreador estima la frecuencia del sistema en un tiempo de reporte en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente, determina el centro de una segunda ventana de cálculo en base a la tasa de reporte, determina la duración de la segunda ventana de cálculo en base a una tasa de reporte y en segundo lugar vuelve a remuestrear las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte en la segunda ventana de cálculo.

55 Se proporciona un método de medición de frecuencia del sistema de un sistema de potencia, que comprende: muestrear las señales de tensión e intensidad en un sistema de potencia en base a una referencia de tiempo absoluta; eliminar la interferencia fuera de banda en las señales de tensión e intensidad muestreadas; un primer remuestreo de al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema; y calcular el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo y actualizar la frecuencia estimada del sistema.

60 Preferiblemente, en el método de medición de frecuencia del sistema, calcular el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo, comprende: determinar la duración de una primera ventana de cálculo según un estado de funcionamiento del sistema de potencia; y calcular el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo en la primera ventana de cálculo.

65

5 Preferiblemente, en el método de medición de frecuencia del sistema, la actualización de la frecuencia estimada del sistema comprende: para cada muestra obtenida del primer remuestreo, calcular la frecuencia estimada del sistema; filtrar con alisamiento la frecuencia estimada calculada del sistema para actualizar la frecuencia estimada del sistema; y establecer una marca de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada del sistema, compensando dicha marca de tiempo el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda y el retardo introducido por el filtrado de alisamiento .

10 El método de medición de frecuencia del sistema comprende, además: durante un tiempo de reporte, estimar la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente. El método incluye preferiblemente un segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la referencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte; y calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

15 Preferiblemente, en el método de medición de frecuencia del sistema, el segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda comprende: determinar el centro de una segunda ventana de cálculo en función del tiempo de reporte; determinar la duración de la segunda ventana de cálculo en base a la tasa de reporte y un segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte en la segunda ventana de cálculo, en donde , calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del
20 segundo remuestreo comprende: calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo en la segunda ventana de cálculo.

25 Preferiblemente, el método de medición de frecuencia del sistema comprende, además: calcular la tasa de cambio de la frecuencia del sistema utilizando un ajuste de curva en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema.

30 Con el método de medición del sincrofasor y el dispositivo según la presente invención, las muestras sin procesar de las señales de tensión e intensidad son primero filtradas para eliminar la interferencia fuera de banda, después se selecciona una duración de ventana de cálculo específica para cada muestra en el primer remuestreo según el estado de funcionamiento del sistema de potencia para obtener la frecuencia estimada del sistema, y el fasor de tensión sincronizado y el fasor de intensidad sincronizado en el tiempo de reporte se obtienen con el segundo remuestreo, por tanto se garantiza que no solo serán aplicables al estado estacionario del sistema de potencia sino también al estado dinámico del mismo y, al mismo tiempo, se proporciona el resultado de la medición del sincrofasor de alta precisión.

35 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Los anteriores y otros propósitos, características y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes para los expertos en la técnica con la descripción detallada de las realizaciones de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

40 La figura 1 es un diagrama de flujo del método de medición de sincrofasor según una realización de la presente invención;
Las figuras 2A y 2B son ejemplos de un filtro de paso de banda diseñado para una primera clase de rendimiento (clase M);
45 Las figuras 3A y 3B son ejemplos de un filtro de paso de banda diseñado para una segunda clase de rendimiento (clase P);
La figura 4 es un diagrama de flujo detallado de la etapa para actualizar la frecuencia estimada del sistema según una realización de la presente invención;
La figura 5 es un diagrama de flujo detallado de la etapa para el segundo remuestreo y el cálculo de sincrofasor según una realización de la presente invención;
50 La figura 6 es un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de medición de sincrofasor según una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

55 Un método y un dispositivo de medición de sincrofasor según realizaciones de la presente invención se describirán ahora haciendo referencia a las figuras adjuntas.

En primer lugar, se describirá un método de medición de sincrofasor según una realización de la presente invención haciendo referencia a la figura 1.

60 En la Etapa S105, se inicia el método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención.

65 En la Etapa S110, las señales de tensión e intensidad en un sistema de potencia se muestrean en base a una referencia de tiempo absoluta. Como se conoce en la técnica, las señales de tensión e intensidad en el sistema de potencia se muestrean en un sistema de muestreo sincronizado utilizando un convertidor A/D para obtener muestras sin procesar de las señales de tensión e intensidad. Normalmente, el impulso de muestreo activador utilizado en el sistema de muestreo sincronizado está bloqueado en fase con una referencia de tiempo absoluta, como la señal de

1PPS del GPS u otra referencia de tiempo absoluta de otras fuentes. Por ejemplo, el impulso de muestreo activador utilizado en el sistema de muestreo sincronizado puede ser una señal dividida de la señal de 1PPS del GPS; o una señal de impulso generada por osciladores locales y, en este caso, el oscilador local está sincronizado con la referencia de tiempo absoluta en cada intervalo predeterminado (por ejemplo, 1s).

5 Luego, en la Etapa S120, la interferencia fuera de banda se elimina de las muestras sin procesar de las señales de tensión e intensidad. La señal de interferencia fuera de banda es una señal en la frecuencia f donde: $|f-f_0| \geq Fs/2$, en donde f_0 es la frecuencia nominal del sistema de potencia; y Fs es la tasa de reporte de la PMU (unidad de medición de fasor sincronizada), es decir, los tiempos de reporte por segundo. Por ejemplo, la tasa de reporte de la PMU puede ser 10Hz, 20Hz, 60Hz, 120Hz y así sucesivamente. Tomando un ejemplo de 10Hz como la tasa de reporte, entonces los tiempos de reporte por segundo son 10 veces el tiempo de reporte correspondiente en 0,1s, 0,2s, 0,3s, ..., 0,9s, 1s. De manera más general, cuando el intervalo de reporte está etiquetado como T_0 , el tiempo de reporte se puede indicar correspondientemente como $T_0, 2T_0, 3T_0, \dots, kT_0, (k+1)T_0, \dots, NT_0$.

15 En la Etapa S130, en base a una frecuencia estimada del sistema, se realiza un primer remuestreo en al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la referencia fuera de banda. Después del inicio del sistema, la frecuencia estimada del sistema se establece en primer lugar a la frecuencia nominal del sistema de potencia.

20 Luego, en la Etapa S140, el fasor se calcula para las señales obtenidas del primer remuestreo y se actualiza la frecuencia estimada del sistema.

A continuación, el método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención vuelve a la Etapa S130 y realiza el primer remuestreo con la frecuencia estimada del sistema actualizada en la Etapa S140.

25 Por otra parte, después de la Etapa S140, el método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención avanza a la Etapa S150, en donde para cada tiempo de reporte, las señales de tensión e intensidad, eliminando la referencia fuera de banda, se remuestrean por segunda vez en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema. Por ejemplo, en la Etapa S150, para cada tiempo de reporte, la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte se estima primero en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema, luego se remuestrean por segunda vez las señales de tensión e intensidad eliminando la referencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte.

35 Finalmente, en la Etapa S160, se calcula el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

A continuación, se ilustrará brevemente haciendo referencia a las figuras 2 y 3 el funcionamiento ejemplar de la Etapa S120 para eliminar la señal de referencia fuera de banda en el método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención. Ha de entenderse que el funcionamiento de la Etapa S120 para eliminar la señal de referencia fuera de banda en el método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención no está limitado a los ejemplos descritos a continuación, y un experto en la técnica puede diseñar diferentes filtros según los requisitos reales.

40 Como se describió anteriormente, la señal de interferencia fuera de banda es una señal a la frecuencia f donde: $|f-f_0| \geq Fs/2$, en donde f_0 es la frecuencia nominal del sistema de potencia y Fs es la tasa de reporte de PMU, es decir, los tiempos de reporte por segundo.

50 Los filtros pueden diseñarse teniendo en cuenta la tasa de muestreo especificada, la tasa de reporte, la frecuencia nominal del sistema de potencia y la clase de rendimiento. Con respecto a la clase de rendimiento, hay normalmente dos tipos diferentes en la medición de sincrofasor, concretamente, una primera clase de rendimiento (clase M) destinada a la medición de sincrofasor de alta precisión y una segunda clase de rendimiento (clase P) para la medición de sincrofasor de respuesta rápida. El filtro de clase M requiere una precisión de medición más alta y es más tolerante con la latencia de reporte, mientras que el filtro de clase P requiere una respuesta más rápida (es decir, una latencia de reporte más corta) y una precisión de medición más baja.

55 Por ejemplo, para un filtro de clase M, cuando la tasa de muestreo es 4800Hz, la tasa de reporte es 60Hz y la frecuencia nominal del sistema es 60Hz, puede utilizarse un filtro de respuesta de impulso finito (FIR) con la curva de respuesta de amplitud-frecuencia como se muestra en figura 2A.

60 Como un ejemplo alternativo, para un filtro de clase M, cuando la tasa de muestreo es 4800Hz, la tasa de reporte es 20Hz y la frecuencia nominal del sistema es 60Hz, puede usarse un filtro FIR con la curva de respuesta de amplitud-frecuencia como se muestra en la figura 2B.

65 Se considera que la clase P es para aplicaciones que requieren una respuesta rápida y que permiten una latencia de reporte corta. Por lo tanto, no hay ninguna exigencia de que la clase P elimine toda la interferencia fuera de banda.

Por ejemplo, para un filtro de clase P, cuando la tasa de muestreo es 4800Hz, la tasa de reporte es 60Hz y la frecuencia nominal del sistema es 60Hz, puede usarse un filtro con la curva de respuesta de amplitud-frecuencia como se muestra en la figura 3A y cumple con el requisito de la aplicación de clase P para una latencia de reporte muy pequeña. En comparación con la curva de respuesta de amplitud-frecuencia de la figura 2A, se obtiene una latencia de reporte más corta en la curva de la figura 3A a costa de una reducción importante de la planitud de la curva de la figura 3A. En el caso donde la tasa de reporte sea inferior a 60Hz, también se puede utilizar un filtro con una respuesta de amplitud-frecuencia similar a la de la figura 3A.

Como un ejemplo alternativo, para un filtro de clase P, cuando la tasa de muestreo es 4800Hz, la tasa de reporte es 120Hz y la frecuencia nominal del sistema es 60Hz, puede usarse un filtro con la curva de respuesta de amplitud-frecuencia como se muestra en la figura 3B y cumple con el requisito de la aplicación de clase P para una latencia de reporte muy pequeña. La figura 3B muestra un caso extremo del filtro de paso de banda, es decir, un filtro de paso bajo. Además, en el caso donde la tasa de reporte sea superior a 60Hz, también se puede usar un filtro con una respuesta de amplitud-frecuencia similar a la de la figura 3B.

Después de que se haya diseñado el filtro, las señales filtradas se pueden obtener de la siguiente manera:

$$x(k) = \sum_{m=0}^{L-1} y(k-m) \cdot h(m)$$

$$= \sum_{m=0}^{\frac{L-1}{2}} [y(k-m) + y(k-L+1-m)] \cdot h(m) + y(k - \frac{L-1}{2}) \cdot h(\frac{L-1}{2}) \quad (1)$$

En donde $x(\cdot)$ son las señales de tensión e intensidad filtradas; $h(\cdot)$ son los coeficientes del filtro; $y(\cdot)$ son muestras sin procesar de las señales de tensión e intensidad; y L es el número de muestras utilizadas en el filtro.

A continuación, se describirá el funcionamiento ejemplar de la Etapa S140 del método 100 de medición de sincrofasor según una realización de la presente invención. Ha de entenderse que el funcionamiento de la Etapa S140 del método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención no está limitado a los ejemplos descritos a continuación y un experto en la técnica puede diseñar diferentes ventanas de cálculo.

En la Etapa S140, se selecciona una duración de ventana diferente en base al estado de funcionamiento del sistema de potencia, es decir, si el sistema de potencia está en un estado estacionario o en un estado dinámico. Por ejemplo, si el sistema de potencia está en un estado estacionario, entonces se puede seleccionar una duración de ventana de un ciclo para la clase M o la clase P; mientras que, si el sistema de potencia está en un estado dinámico, entonces se pueden seleccionar 1/2 o 1/4 de ciclo u otro valor apropiado para usarse como la duración de la ventana.

Para el estado estacionario, el fasor de tensión monofásica se calcula utilizando la siguiente fórmula con una tensión actual obtenida del primer remuestreo y N tensiones anteriores obtenidas del primer remuestreo:

$$\hat{X}(i) = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x(i-N+k) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}(i+k-\frac{1}{2})} \quad (2)$$

En donde $\hat{X}(i)$ es el fasor de tensión monofásica actual, N es el número de muestras en un ciclo e i es el número de índice de la tensión actual obtenida del primer remuestreo.

De manera similar, la intensidad obtenida del primer remuestreo y las N intensidades anteriores obtenidas del primer remuestreo se pueden usar para calcular el fasor de la corriente monofásica, utilizando la fórmula (2).

Para el estado dinámico, cuando se selecciona la duración de la ventana de cálculo para que sea de 1/2 ciclo, el fasor de tensión monofásica se puede calcular utilizando la siguiente fórmula con la tensión actual obtenida del primer remuestreo y (N/2) muestras de tensión anteriores obtenidas del primer remuestreo:

$$\hat{X}(i) = \frac{2\sqrt{2}}{N} \sum_{k=0}^{N/2-1} x(i-N/2+k) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{N}(i+k-\frac{1}{2})} \quad (3)$$

De manera similar, la corriente obtenida del primer remuestreo y (N/2) muestras de intensidad anteriores obtenidas del primer remuestreo pueden usarse para calcular el fasor de corriente monofásica, utilizando la fórmula (3).

5 Para el estado dinámico, cuando se selecciona la duración de la ventana de cálculo para que sea de 1/4 de ciclo, el fasor de tensión monofásica se calcula utilizando la siguiente fórmula con la tensión actual obtenida del primer remuestreo y (N/4) muestras de tensión anteriores obtenidas del primer remuestreo y siendo N igual a 80, es decir, 80 muestras por ciclo:

$$\begin{bmatrix} X_R(i) \\ X_I(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,1684 & 0,1073 \\ 0,1073 & 0,1684 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sum_{k=i-N/4+1}^i \cos\left(\frac{2\pi}{N} \cdot \left(k - \frac{1}{2}\right)\right) \cdot x(k) \\ \sum_{k=i-N/4+1}^i \sin\left(\frac{2\pi}{N} \cdot \left(k - \frac{1}{2}\right)\right) \cdot x(k) \end{bmatrix} \quad (4)$$

10 En donde $X_R(i)$ es la parte real de la tensión monofásica actual y $X_I(i)$ es la parte imaginaria de la tensión monofásica actual.

15 De manera similar, la intensidad obtenida del primer remuestreo y (N/4) muestras de intensidad anteriores obtenidas del primer remuestreo pueden usarse para calcular el fasor de corriente monofásica, utilizando la fórmula (4).

20 Ha de entenderse que las fórmulas anteriores (2), (3) y (4) son solo ejemplos y la presente invención no está limitada a ellas y como alternativa las fórmulas (2), (3) y (4) pueden lograrse con recursión.

A continuación, se describirá cómo actualizar la frecuencia estimada del sistema con el fasor calculado resultante de las fórmulas anteriores haciendo referencia a la figura 4.

25 En la Etapa S140, para cada muestra obtenida del primer remuestreo, se calcula la frecuencia estimada del sistema. Por ejemplo, la frecuencia estimada del sistema se actualiza según la diferencia de ángulo entre el fasor estimado actual y el fasor anterior, que está espaciado un intervalo de tiempo predeterminado del instante actual.

30 Por ejemplo, después de obtener un fasor de tensión monofásica (es decir, un fasor de tensión no sincronizado), el fasor de tensión de secuencia positiva viene determinado por:

$$\dot{V}_1(i) = \frac{1}{3} (\dot{V}_A(i) + \alpha \dot{V}_B(i) + \alpha^2 \dot{V}_C(i)) \quad (5)$$

En donde

$$\dot{V}_A(i) = V_{AR}(i) + jV_{AI}(i)$$

$$\dot{V}_B(i) = V_{BR}(i) + jV_{BI}(i)$$

$$\dot{V}_C(i) = V_{CR}(i) + jV_{CI}(i)$$

$$35 \quad \alpha = e^{j2\pi/3}$$

En donde $\dot{V}_A(i)$ es el fasor de tensión de fase A, $V_{AR}(i)$ la parte real del fasor de tensión de fase A, $V_{AI}(i)$ es la parte imaginaria del fasor de tensión de fase A; $\dot{V}_B(i)$ es el fasor de tensión de fase B, $V_{BR}(i)$ es la parte real del fasor de tensión de fase B, $V_{BI}(i)$ es la parte imaginaria del fasor de tensión de fase B; $\dot{V}_C(i)$ es el fasor de tensión de fase C, $V_{CR}(i)$ es la parte real del fasor de tensión de fase C, $V_{CI}(i)$ es la parte imaginaria del fasor de tensión de fase C.

45 De manera similar, después de obtener un fasor de corriente monofásica, el fasor de intensidad de secuencia positiva puede calcularse utilizando la fórmula (5).

Después de calcular el fasor de tensión de secuencia positiva actual para cada muestra obtenida del primer remuestreo, la frecuencia estimada del sistema se calcula utilizando la fórmula (6) según la diferencia de ángulo

entre el fasor de tensión de secuencia positiva en el tiempo de muestra actual y el fasor de tensión de secuencia positiva en un tiempo de muestra que separa la duración de la ventana de cálculo del tiempo de muestra actual.

$$f_k = f_{k-1} + f_{k-1} \frac{\Delta\phi_k}{2\pi} \cdot \frac{N}{m} \quad (6)$$

5 En donde f_k es la frecuencia estimada del sistema en el tiempo actual (k), f_{k-1} es la frecuencia estimada del sistema en el tiempo anterior (k-1) antes del tiempo actual (k), $\Delta\phi_k = \phi_k - \phi_{k-m}$ es la diferencia de ángulo del fasor de tensión de secuencia positiva del tiempo actual (k) y el fasor de tensión de secuencia positiva del tiempo (k-m) que separa una ventana de cálculo de m del tiempo actual, m es la duración de la ventana de cálculo representada por el número de muestras, es decir, el número de muestras en la ventana de cálculo, por ejemplo, tomando N (un ciclo)=80, para el caso donde la ventana de cálculo se selecciona para que sea de un ciclo, m=80; para el caso donde la ventana de cálculo se selecciona para que sea de 1/2 ciclo, m=40; y para el caso en donde la ventana de cálculo se selecciona para que sea de 1/4 de ciclo, m=20. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y la duración de la ventana de cálculo se puede seleccionar según los requisitos y se puede obtener la m correspondiente.

$\Delta\phi_k$ puede calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta\phi_k = \begin{cases} a \tan\left(\frac{\sin(\Delta\phi_k)}{\cos(\Delta\phi_k)}\right) & \text{si } \sin(\Delta\phi_k) > 10 \cos(\Delta\phi_k) \\ \frac{\pi}{2} \text{sign}(\sin(\Delta\phi_k)) & \text{entonces} \end{cases} \quad (7)$$

$$\sin(\Delta\phi_k) = \text{Im}(\dot{V}_1(k)) \cdot \text{Re}(\dot{V}_1(k-m)) - \text{Re}(\dot{V}_1(k)) \cdot \text{Im}(\dot{V}_1(k-m))$$

$$\cos(\Delta\phi_k) = \text{Im}(\dot{V}_1(k)) \cdot \text{Im}(\dot{V}_1(k-m)) + \text{Re}(\dot{V}_1(k)) \cdot \text{Re}(\dot{V}_1(k-m))$$

20 En donde $\text{Im}(\bullet)$ representa la parte imaginaria de " \bullet " y $\text{Re}(\bullet)$ representa la parte real de " \bullet "

De manera similar, la frecuencia estimada del sistema puede calcularse utilizando las fórmulas (6) y (7) según la diferencia de ángulo del fasor de tensión de secuencia positiva del tiempo actual y el del tiempo separado de la duración de la ventana de cálculo del tiempo actual.

Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto, una persona experta en la técnica también puede usar otro método para calcular la frecuencia estimada del sistema como la frecuencia estimada actualizada del sistema donde no se calcula el fasor de tensión de secuencia positiva o el fasor de intensidad de secuencia positiva.

De manera más ventajosa, en la Etapa S420, la frecuencia estimada del sistema se actualiza realizando un filtrado de alisamiento en la frecuencia estimada calculada del sistema f_k . Por ejemplo, el filtrado de alisamiento se puede realizar con la frecuencia estimada del sistema f_k en el tiempo actual (k) y las frecuencias estimadas del sistema m anteriores usando la siguiente fórmula:

$$f'_k = \frac{\sum_{i=k-m}^k f_i}{m} \quad (8)$$

35 En donde f'_k es la frecuencia estimada del sistema después del filtrado de alisamiento y se utiliza como la frecuencia estimada actualizada del sistema.

Sin embargo, el filtrado de suavizado no se limita al caso expresado en la fórmula (8), un experto en la técnica puede realizar un filtrado de alisamiento según los requisitos reales con el promedio ponderado.

Además, el filtrado de alisamiento puede no ser necesario, dicho de otro modo, la frecuencia estimada del sistema calculada con la fórmula (6) se puede usar directamente como la frecuencia estimada actualizada del sistema.

45 Posteriormente, en la Etapa S430, después de obtener la frecuencia estimada actualizada del sistema (fórmula (6)), se calcula una marca de tiempo correspondiente a la frecuencia del sistema, en donde la marca de tiempo

compensa el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda. Además, en el caso donde se realiza el filtrado de alisamiento (el caso de la fórmula (8)), la marca de tiempo también compensa el retardo introducido por el filtrado de alisamiento .

$$t = t_{res} - t_{fd} - t_{ad} \quad (9)$$

En donde t es la marca de tiempo de la frecuencia estimada actualizada del sistema, t_{res} es el tiempo en las muestras sin procesar de la señal de tensión/intensidad correspondiente a la muestra obtenida en el momento actual k del primer remuestreo, t_{fd} es el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda y t_{ad} es el retardo introducido por el filtrado de alisamiento .

Además, después de obtener la frecuencia estimada actualizada del sistema (fórmula (6) u (8)), el nuevo intervalo de muestra (es decir, el intervalo entre el tiempo actual y el siguiente tiempo de muestreo) se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta t = \frac{1}{N \cdot f'_k}$$

A continuación, se describirá un funcionamiento ejemplar de la Etapa S150 del método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención haciendo referencia a la figura 5, en donde durante un tiempo de reporte específico, la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte específico se estima en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema en la Etapa S140, posteriormente las señales de tensión e intensidad siendo eliminada la interferencia de fuera de banda en un segundo remuestreo. Ha de entenderse que el funcionamiento de la Etapa S150 de cálculo de fasores en el método 100 de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención no está limitado a los ejemplos descritos a continuación, un experto en la técnica puede diseñar diferentes ventanas de cálculo según los requisitos reales.

Puesto que cada tiempo de reporte no necesariamente corresponde a la marca de tiempo de la frecuencia estimada actualizada del sistema después del primer remuestreo, la frecuencia del sistema de cada tiempo de reporte debe estimarse en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente.

En primer lugar, en la Etapa S510, la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte se estima en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente.

Por ejemplo, la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte se puede obtener mediante las siguientes dos etapas: obtener dos frecuencias estimadas del sistema con la marca de tiempo más cercana al tiempo de reporte e interpolar entre las dos frecuencias estimadas del sistema en base a las marcas de tiempo de las dos frecuencias estimadas del sistema. La frecuencia del sistema en el tiempo de reporte se puede estimar utilizando la siguiente fórmula:

$$f_{sal} = f'_m + \frac{f'_{m+1} - f'_m}{t_{m+1} - t_m} \cdot (t_c - t_m) \quad (11)$$

En donde t_c es el tiempo de reporte, f_{sal} es la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte, t_m es la marca de tiempo más cercana antes del tiempo de reporte, t_{m+1} es la marca de tiempo más cercana después del tiempo de reporte, f'_m es la frecuencia estimada del sistema con la marca de tiempo t_m y f'_{m+1} es la frecuencia estimada del sistema con la marca de tiempo t_{m+1} .

A continuación, en las Etapas S520-S540, las señales de tensión e intensidad con la interferencia fuera de banda eliminada se remuestran por segunda vez .

De manera más específica, en la Etapa S520, el centro de una segunda ventana de cálculo se determina en base al tiempo de reporte. Por ejemplo, el tiempo de reporte puede ser el centro de la segunda ventana de cálculo.

En la Etapa S530, la duración de la segunda ventana de cálculo puede determinarse en base a la tasa de reporte. Por ejemplo, cuando la tasa de reporte es de 60Hz, la duración de la segunda ventana de cálculo puede seleccionarse como de un ciclo, es decir, tener N muestras. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y con una tasa de reporte más alta, tal como 120Hz, la duración de la segunda ventana de cálculo puede seleccionarse como de 1/2 ciclo, es decir, tener $N/2$ muestras.

Posteriormente, en la Etapa S540, en la segunda ventana de cálculo, las señales de tensión e intensidad con la interferencia fuera de banda eliminada son remuestreadas por segunda vez en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte.

- 5 Por ejemplo, el intervalo de muestra del segundo remuestreo puede calcularse con la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta t_{out} = \frac{1}{N \cdot f_{out}} \quad (12)$$

- 10 En donde N es el número de muestras en un ciclo.

Por lo tanto, en el caso donde el tiempo de reporte es el centro de la segunda ventana de cálculo, el tiempo correspondiente en las muestras sin procesar de las señales de tensión e intensidad para cada muestra en la segunda ventana de cálculo se puede calcular de la siguiente manera:

15

$$t_{pi} = t_c + t_{fd} - t_{wid} + \frac{1}{2} i \cdot \Delta t$$

En donde t_{pi} es el tiempo correspondiente en las muestras sin procesar de las señales de tensión e intensidad para la muestra i^{th} ($1 \leq i \leq N$) en la segunda ventana de cálculo; t_c es el centro de la segunda ventana de cálculo, es decir, el tiempo de reporte del cálculo actual; t_{fd} es el retardo introducido por la eliminación de fuera de banda; y t_{wid} es el retardo de media ventana, es decir, la mitad de la duración del tiempo total de la segunda ventana de cálculo.

20

Finalmente, después de que se realizan todas las etapas en la figura 5, el método de medición de sincrofasor según la realización de la presente invención avanza a la Etapa S160 como se muestra en la figura 1, en donde en la segunda ventana de cálculo se calcula un sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

25

En la segunda ventana de cálculo, se calcula un sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo, para ser utilizado como el sincrofasor de reporte en el tiempo de reporte correspondiente a la segunda ventana de cálculo. Cuando la ventana de cálculo es de un ciclo, la fórmula de cálculo viene dada por:

30

$$\dot{X}_{out}(i) = \frac{\sqrt{2}}{N} \sum_{k=-N/2}^{N/2-1} x(i+k+\frac{1}{2}) \cdot e^{-j(\frac{2\pi}{N}(i+k+\frac{N}{2})-\pi+\frac{\pi}{N})} \quad (13)$$

- 35 En donde $\dot{X}_{sal}(i)$ es la tensión o intensidad actual monofásica, N es el número de muestras en un ciclo, k es el número de índice de la tensión o la intensidad actual obtenida del segundo remuestreo e i corresponde al número de índice del tiempo de reporte.

Además, se puede obtener una tasa de cambio de frecuencia de alta precisión (ROCOF) después de la Etapa S140 en donde la frecuencia estimada del sistema se actualiza mediante el método de medición de sincrofasor según las realizaciones de la presente invención, en donde la frecuencia estimada actualizada del sistema puede ser el resultado del cálculo de la fórmula (8). Con el fin de obtener una alta precisión, se puede utilizar un ajuste de curva dentro de un período predeterminado y el período predeterminado se puede seleccionar como dos ciclos continuos. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esto y el período predeterminado puede seleccionarse como otra duración según los requisitos reales de diseño del sistema.

40

45

$$f = k_f \cdot t + f_{ini} \quad (14)$$

En donde k_f es la pendiente del ajuste de curva, es decir, ROCOF; t es el tiempo específico dentro del período predeterminado, f es la frecuencia estimada del sistema correspondiente al tiempo específico dentro del período predeterminado; y f_{ini} es una constante.

50

Además, debido a que la respuesta de frecuencia de amplitud anterior no puede ser completamente plana, especialmente para los filtros de clase P (como se puede apreciar en las figuras 3A y 3B), es necesario compensar la amplitud del fasor calculada para lograr una alta precisión. Por consiguiente, la desviación de la amplitud debida al filtrado se puede compensar después de la Etapa S160 donde se calcula el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo por el método de medición de sincrofasor según las realizaciones de la presente invención. Por ejemplo, dicha desviación de amplitud puede resultar de la falta de planitud de la banda de paso y la mayor parte del borde de un filtro de paso de banda.

De manera ideal, la respuesta de amplitud de todos los filtros diseñados puede calcularse previamente fuera de línea y guardarse en una memoria temporal según la frecuencia definida por partes. Por lo tanto, la desviación de amplitud debido a la falta de planitud de la banda de paso y la mayor parte del borde de un filtro de paso de banda se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\dot{X}'_{out}(f_{out}) = \dot{X}_{out}(f_{out}) \cdot h(f_{out}) \quad (15)$$

Donde $\dot{X}_{sal}(f_{sal})$ es el sincrofasor en la frecuencia f_{sal} que se calcula en el tiempo de reporte; $\dot{X}'_{sal}(f_{sal})$ es el sincrofasor en la frecuencia f_{sal} después de la compensación; y $h(f_{sal})$ es el recíproco del coeficiente de amplitud del filtro diseñado en la frecuencia f_{sal} .

A continuación, se describirá brevemente un dispositivo 600 de medición de sincrofasor según una realización de la presente invención, haciendo referencia a la figura 6.

El dispositivo 600 de medición de sincrofasor comprende un muestreador 610 sin procesar, un filtro 620, un primer remuestreador 630, un medio 640 de estimación de frecuencia del sistema, un segundo remuestreador 650 y un medio 660 de estimación de sincrofasor.

El muestreador 610 sin procesar muestrea las señales de tensión e intensidad del sistema de potencia en base a una referencia de tiempo absoluta.

El filtro 620 filtra la interferencia fuera de banda de las señales de tensión e intensidad muestreadas. Como se describió anteriormente, el filtro 620 puede personalizarse de acuerdo a la clase de rendimiento, la frecuencia nominal del sistema de potencia y la tasa de reporte y el filtro 620 puede ser un filtro de paso de banda.

El primer remuestreador 630 hace un primer remuestreo de al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda.

El medio 640 de estimación de frecuencia del sistema calcula el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo y actualiza la frecuencia estimada del sistema.

Preferiblemente, el medio 640 de estimación de frecuencia del sistema determina la duración de la ventana de cálculo según el estado de funcionamiento del sistema de potencia, calcula el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo en la ventana de cálculo y actualiza la frecuencia estimada del sistema según el fasor calculado.

Preferiblemente, el medio 640 de estimación de frecuencia del sistema calcula la frecuencia estimada del sistema para cada muestra obtenida del primer remuestreo para actualizar la frecuencia estimada del sistema y establece la marca de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada del sistema, compensando la marca de tiempo el retardo introducido al filtrar la interferencia fuera de banda.

Más preferiblemente, después de que el medio 640 de estimación de frecuencia del sistema calcule la frecuencia estimada del sistema para cada muestra obtenida del primer remuestreo, también realiza un filtrado de alisado en la frecuencia estimada calculada del sistema para actualizar la frecuencia estimada del sistema. En este caso, el conjunto de marcas de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada del sistema también compensa el retardo introducido por el filtrado de alisado.

El segundo remuestreador 650 remuestrea por segunda vez las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema durante un tiempo de reporte.

Preferiblemente, el segundo remuestreador 650 estima la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente, determina el centro de la segunda ventana de cálculo en base al tiempo de reporte, determina la duración de la segunda ventana de cálculo en base a la tasa de reporte y, en la segunda ventana de cálculo, remuestrea por segunda vez las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte.

El medio 660 de estimación de sincrofasor calcula el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

5 El muestreador 610 sin procesar, el primer remuestreador 630 y el segundo remuestreador 650 pueden implementarse individualmente en muestreadores de hardware, o el muestreador 610 sin procesar puede implementarse en un muestreador de A/D de hardware, mientras que el primer remuestreador 630 y el segundo remuestreador 650 pueden implementarse en un procesador especializado, un procesador general o FGPA, etc.

10 El filtro 620 puede implementarse en circuitos de filtro especializados o en un procesador especializado, procesador general o FGPA, etc.

El medio 640 de estimación de frecuencia del sistema y el medio 660 de estimación de sincrofasor pueden implementarse individualmente en procesadores especializados separados o pueden implementarse en el mismo procesador general o FGPA, etc.

15 Con el método y el dispositivo de medición de sincrofasor según la presente invención, las muestras sin procesar de las señales de tensión e intensidad se filtran primero para eliminar la interferencia fuera de banda, posteriormente se selecciona la duración específica de la ventana de cálculo para cada muestra en el primer remuestreo según el estado de funcionamiento del sistema de potencia para obtener la frecuencia estimada del sistema y el fasor de tensión sincronizado y el fasor de intensidad sincronizado en el tiempo de reporte se obtienen con el segundo remuestreo, por lo que se garantiza que no solo será aplicable al estado estacionario del sistema de potencia sino también a su estado dinámico y al mismo tiempo, se proporciona un resultado de medición de sincrofasor de alta precisión.

20 Si bien se han descrito realizaciones ejemplares haciendo referencia a los dibujos adjuntos en la presente memoria, ha de entenderse que las realizaciones de ejemplo anteriores son solo ilustrativas y no pretenden limitar el alcance de la presente invención a las mismas. Un experto en la técnica puede realizar diversas modificaciones y alteraciones sin apartarse del alcance de la presente invención. Se pretende que todas estas modificaciones y alteraciones estén abarcadas en las reivindicaciones adjuntas.

25
30

REIVINDICACIONES

1. Un método de medición de sincrofasor, que comprende:

5 muestrear (S110) las señales de tensión e intensidad en un sistema de potencia en base a una referencia de tiempo absoluta;
eliminar (S120) la interferencia fuera de banda en las señales de tensión y de intensidad muestreadas;
un primer remuestreo (S130) de al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la
interferencia fuera de banda en base a una frecuencia estimada del sistema;
10 **caracterizado por**
calcular el fasor (S140) para las señales obtenidas del primer remuestreo y actualizar la frecuencia estimada del sistema;
durante un tiempo de reporte, un segundo remuestreo (S150) de las señales de tensión e intensidad
eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema; y
15 calcular (S160) el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

2. El método de medición de sincrofasor según la reivindicación 1, en donde la interferencia fuera de banda en las señales de tensión e intensidad muestreadas se elimina con un filtro de paso de banda que se personaliza según la clase de rendimiento, la frecuencia nominal del sistema de potencia y la tasa de reporte; y/o
20 calcular el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo comprende:

determinar la duración de una primera ventana de cálculo según un estado de funcionamiento del sistema de potencia; y
calcular el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo en la primera ventana de cálculo.

3. El método de medición de sincrofasor según la reivindicación 1, en donde actualizar la frecuencia estimada del sistema comprende:

30 para cada muestra obtenida del primer remuestreo, calcular (S410) la frecuencia estimada del sistema;
un filtrado de alisado (S420) de la frecuencia estimada calculada del sistema para actualizar la frecuencia estimada del sistema; y
establecer (S430) una marca de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada del sistema, compensando la marca de tiempo el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda y el retardo introducido por el filtrado de alisado.

4. El método de medición de sincrofasor según la reivindicación 3, en donde el cálculo de la frecuencia estimada del sistema para cada muestra obtenida del primer remuestreo comprende:

40 calcular la frecuencia estimada del sistema según la diferencia de ángulo del fasor entre la muestra obtenida del primer remuestreo y una muestra anterior obtenida del primer remuestreo estando separada por una duración de tiempo predeterminada de la muestra; y
en donde el segundo remuestreo (S150) de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda, comprende:

45 estimar (S510) la frecuencia del sistema en un tiempo de reporte en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente; y
un segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el momento de reporte, que comprende:

50 determinar (S520) el centro de una segunda ventana de cálculo en base al tiempo de reporte;
determinar (S530) la duración de la segunda ventana de cálculo en base a la tasa de reporte, y
un segundo remuestreo (S540) de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte en la segunda ventana de cálculo,

55 en donde, calcular (S160) el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo comprende:

60 calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo en la segunda ventana de cálculo.

5. El método de medición de sincrofasor según la reivindicación 4, en donde estimar la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte comprende:

65 obtener frecuencias del sistema estimadas dos veces más cerca del tiempo de reporte; e

interpolarse entre las frecuencias del sistema estimadas dos veces más cerca del tiempo de reporte, con el fin de calcular la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte.

6. El método de medición de sincrofasor según la reivindicación 1, que comprende además:

5 calcular la tasa de cambio de la frecuencia del sistema utilizando el ajuste de curva en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema.

7. Un dispositivo de medición de sincrofasor, que comprende:

10 un muestreador (610) sin procesar, para muestrear señales de tensión e intensidad en un sistema de potencia en base a una referencia de tiempo absoluta;
 un filtro (620), para eliminar la interferencia fuera de banda en las señales de tensión e intensidad muestreadas;
 15 un primer remuestreador (630), para el primer remuestreo de al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a una frecuencia estimada del sistema;
caracterizado por
 un medio (640) de estimación de frecuencia del sistema, para calcular el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo y actualizar la frecuencia estimada del sistema;
 20 un segundo remuestreador (650), para el segundo remuestreo de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema durante un tiempo de reporte; y
 un medio de estimación del sincrofasor (660), para calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

25 8. El dispositivo de medición de sincrofasor según la reivindicación 7, en donde dicho filtro (620) es un filtro de paso de banda que se personaliza según la clase de rendimiento, la frecuencia nominal del sistema de potencia y la tasa de reporte; y/o
 el medio (640) de estimación de frecuencia del sistema determina la duración de una primera ventana de cálculo según un estado de funcionamiento del sistema de potencia y calcula el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo en la primera ventana de cálculo.

35 9. El dispositivo de medición de sincrofasor según la reivindicación 7, en donde el medio (640) de estimación de frecuencia del sistema calcula la frecuencia estimada del sistema para cada muestra obtenida del primer remuestreo, hace un filtrado de alisado a la frecuencia estimada calculada del sistema para actualizar la frecuencia estimada del sistema y establece una marca de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada del sistema, compensando la marca de tiempo el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda y el retardo introducido por el filtrado de alisado .

40 10. El dispositivo de medición de sincrofasor según la reivindicación 9, en donde el segundo remuestreador (650) estima la frecuencia del sistema en un tiempo de reporte en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente, determina el centro de una segunda ventana de cálculo en base al tiempo de reporte, determina la duración de la segunda ventana de cálculo en base a una tasa de reporte y remuestrea por segunda vez las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte en la segunda ventana de cálculo.

11. Un método de medición de frecuencia del sistema de un sistema de potencia, que comprende:

50 muestrear (S110) las señales de tensión e intensidad en un sistema de potencia en base a una referencia de tiempo absoluta;
 eliminar (S120) la interferencia fuera de banda en las señales de tensión e intensidad muestreadas;
 un primer remuestreo (S130) de al menos una de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema;
caracterizado por
 55 calcular (S140) el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo y actualizar la frecuencia estimada del sistema; y
 durante un tiempo de reporte, estimar (S510) la frecuencia del sistema en el tiempo de reporte en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema y su marca de tiempo correspondiente.

60 12. El método de medición de la frecuencia del sistema según la reivindicación 11, en donde calcular (S140) el fasor para señales obtenidas del primer remuestreo comprende:

 determinar la duración de una primera ventana de cálculo según un estado de funcionamiento del sistema de potencia; y
 65 calcular el fasor para las señales obtenidas del primer remuestreo en la primera ventana de cálculo; y en donde actualizar la frecuencia estimada del sistema comprende:

para cada muestra obtenida del primer remuestreo, calcular (S410) la frecuencia estimada del sistema;
hacer (S420) un filtrado de alisado de la frecuencia estimada calculada del sistema para actualizar la frecuencia estimada del sistema; y
establecer (S430) una marca de tiempo correspondiente para la frecuencia estimada actualizada del sistema, compensando la marca de tiempo el retardo introducido por la eliminación de la interferencia fuera de banda y el retardo introducido por el filtrado de suavizado.

5
10 13. El método de medición de frecuencia del sistema según la reivindicación 12, que comprende, además:

un segundo muestreo (S150) de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte; y
calcular (S160) el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo.

15 14. El método de medición de frecuencia del sistema según la reivindicación 13, en donde el segundo remuestreo (S150) de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda comprende:

determinar (S520) el centro de una segunda ventana de cálculo en base al tiempo de reporte;
determinar (S530) la duración de la segunda ventana de cálculo en base a la tasa de reporte y un segundo remuestreo (S540) de las señales de tensión e intensidad eliminando la interferencia fuera de banda en base a la frecuencia estimada del sistema en el tiempo de reporte en la segunda ventana de cálculo, en donde calcular (S 160) el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo comprende:

20
25 calcular el sincrofasor para las señales de tensión e intensidad obtenidas del segundo remuestreo en la segunda ventana de cálculo.

30 15. El método de medición de frecuencia del sistema según la reivindicación 11, que comprende además:

calcular la tasa de cambio de la frecuencia del sistema utilizando el ajuste de curva en base a la frecuencia estimada actualizada del sistema.

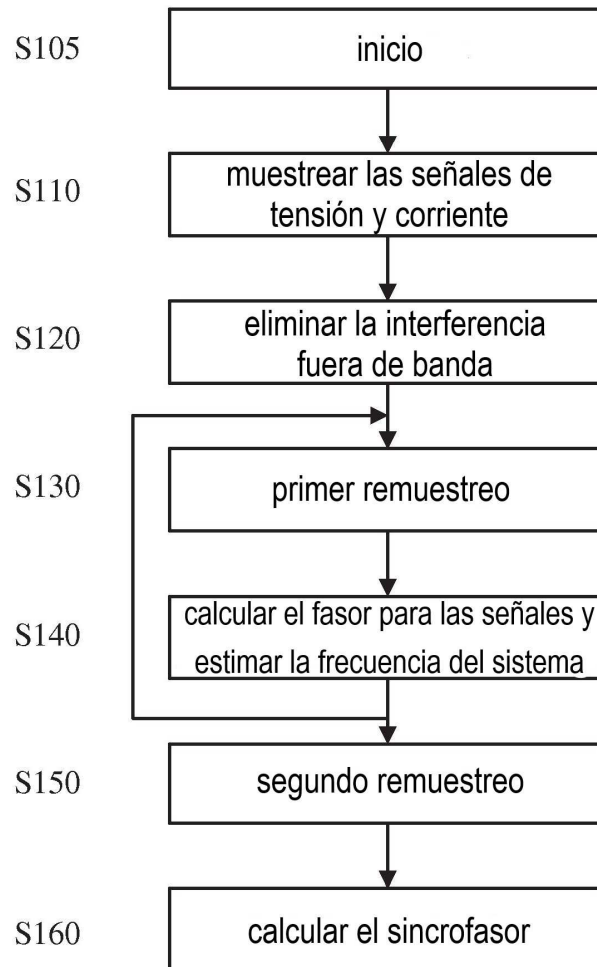
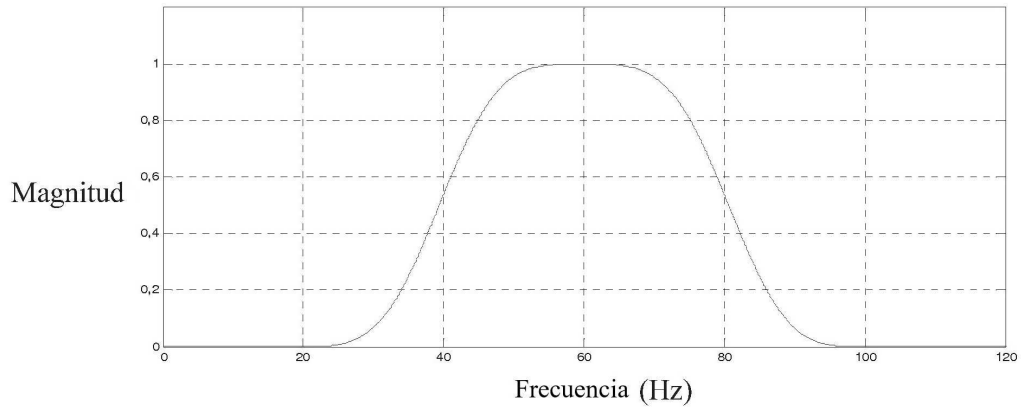
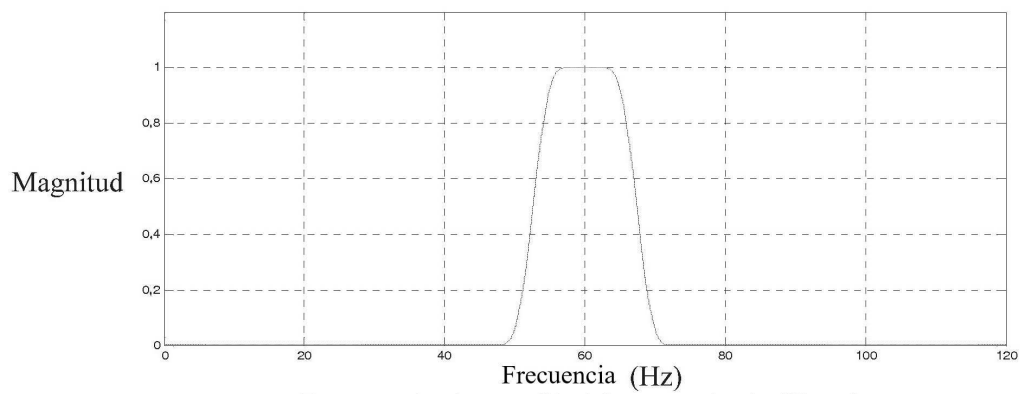


Fig.1



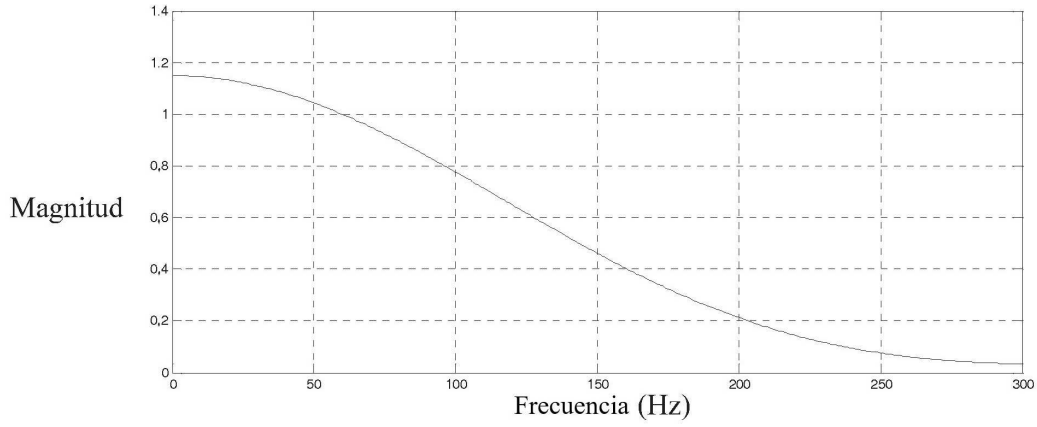
Respuesta de amplitud-frecuencia de filtro de clase M para un tasa de reporte de 60Hz

Fig.2A



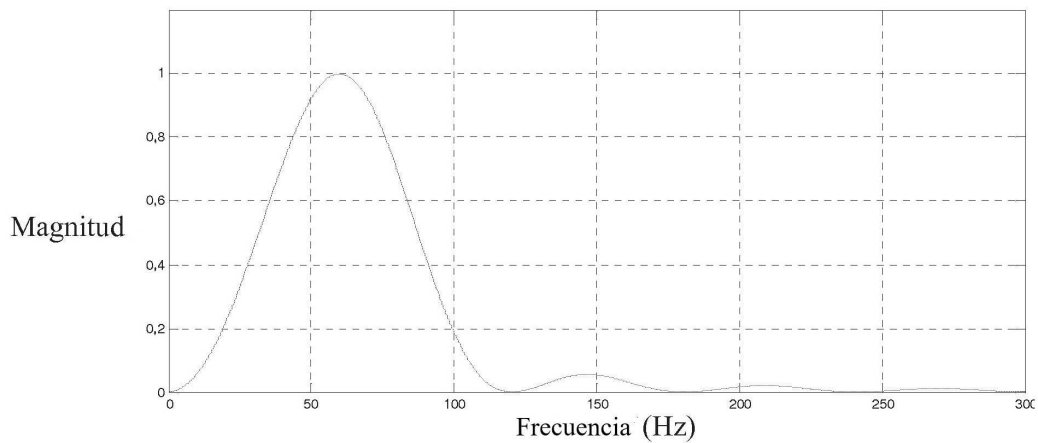
Respuesta de amplitud-frecuencia de filtro de clase M para una tasa de reporte de 120Hz

Fig.2B



Respuesta de amplitud-frecuencia de filtro de clase M para una tasa de reporte de 120Hz

Fig.3B



Respuesta de amplitud-frecuencia de filtro de clase M para una tasa de reporte de 60Hz

Fig.3A

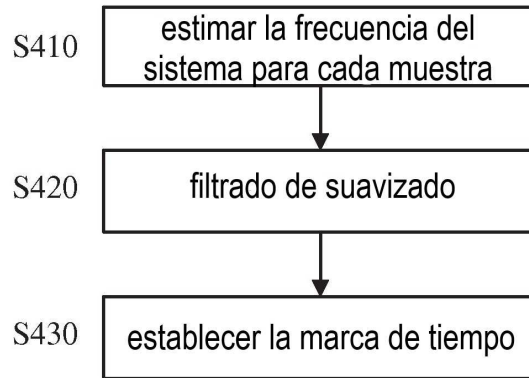


Fig.4

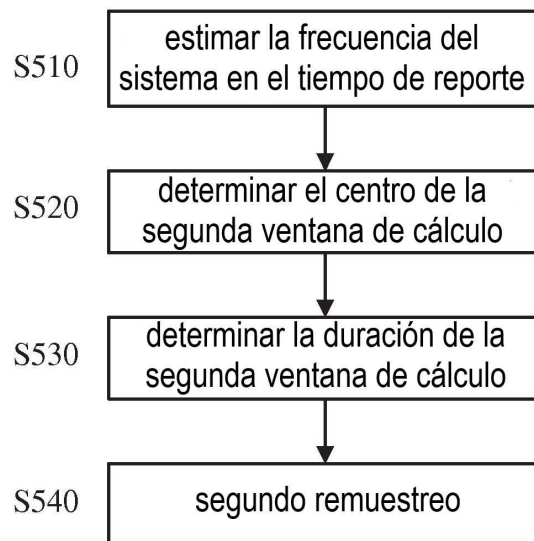


Fig.5

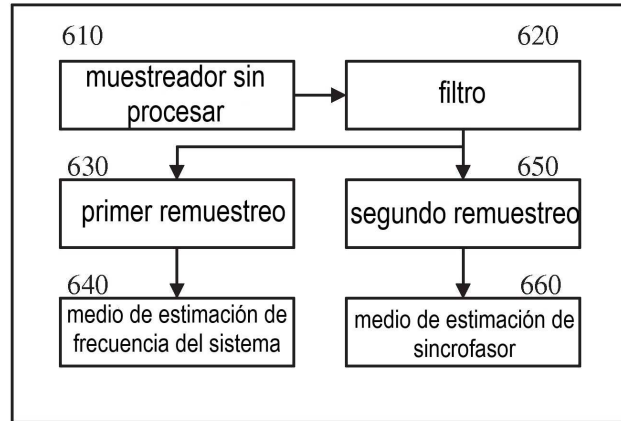


Fig.6