

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 850**

51 Int. Cl.:
G01D 5/244 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09705440 .7**
96 Fecha de presentación: **28.01.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2238412**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.10.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE UN ÁNGULO DE ROTACIÓN.**

30 Prioridad:
01.02.2008 DE 102008007372

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.01.2012

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:
HEMPL, Martin

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 372 850 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 para la determinación de un ángulo de rotación

5 Para la transmisión de pared de torsión en máquinas con árboles giratorios se emplean acoplamientos. En este caso, para la máquina puede ser necesario que los árboles parciales conectados a través del acoplamiento estén acoplados entre sí de forma no giratoria uno con respecto a otro en su posición cero, o que se conozca el ángulo de rotación, alrededor del cual están girados los dos árboles parciales.

10 En el caso de acoplamientos desprendibles, el ángulo de rotación debe determinarse de nuevo después de cada acoplamiento nuevo. Tales acoplamientos desprendibles se emplean, por ejemplo, en centrales de turbinas de gas y de turbinas de vapor (GUD), en las que la turbina de gas está conectada a través de un árbol con la turbina de vapor. El acoplamiento desprendible está dispuesto en este caso entre la turbina de gas y la turbina de vapor. Para el proceso general de la central de energía, la determinación del ángulo de giro entre los árboles parciales tiene una importancia especial.

Hasta ahora para la medición de un ángulo de rotación en árboles giratorios es habitual el siguiente modo de proceder:

15 Dos árboles están conectados entre sí en un ángulo discrecional por medio de un acoplamiento desprendible. Las posiciones de 0° de los dos árboles se definen por medio de una marca cero, por ejemplo una entalladura. Las dos entalladuras están giradas una con relación a la otra y forman el ángulo de acoplamiento buscado.

20 Por medio de la técnica de cálculo, las entalladuras se miden por medio de sensores ópticos o inductivos, con lo que se puede detectar una señal resuelta temporalmente. Se obtiene una curva de la señal para cada uno de los árboles parciales. El ángulo de acoplamiento se puede calcular ahora, en el caso de número de revoluciones conocido, a partir de la segunda diferencia entre las señales de los dos árboles.

La exactitud de la señal medida es inexacta en virtud de la anchura estrecha de la señal de entalladuras habituales en el árbol y debido a las señales de interferencia que, además, están presentes, dado el caso. En suma, en general, aparecen errores de $\pm 30^\circ$.

25 Para el cálculo automático del ángulo de acoplamiento hay que calcular a partir de la diferencia de los ángulos de las primeras ordenaciones respectivas a partir de un análisis de ordenación. En la práctica, a tal fin se utiliza un analizador FTT o bien analizador de ordenación de 2 canales habitual, que calcula a partir de las señales de tiempo y de las entalladuras respectivas de 0° los 1x valores de fases respectivos, a partir de cuya diferencia se calcula el ángulo de acoplamiento.

30 El documento WO 02/16881 A1 describe a tal fin un procedimiento para la corrección por cálculo de una medición del ángulo. A través del procedimiento deben ser posibles mediciones de la torsión, a través de las cuales se pueden corregir posteriormente los errores de tolerancia y errores de desajuste estáticos que aparecen durante la fabricación o montaje. En este caso, durante una calibración inicial se calculan los errores de las variables de entrada con la ayuda de un indicador del ángulo de referencia y se memorizan. Para reducir al mínimo el ángulo de error, se filtran los errores por medio de un análisis de Fourier y se restan de los valores del ángulo en función del ángulo de giro. Sin embargo, de esta manera no se pueden evitar las señales de interferencia.

35 En los procedimientos conocidos para la determinación de un ángulo entre una primera sección de árbol y una segunda sección de árbol es un inconveniente especialmente la inexactitud grande del resultado del cálculo.

40 De la misma manera, las interferencias de las señales, por ejemplo provocadas por oscilaciones de la red, conducen a resultados deficientes.

El cometido de la invención consiste en proponer un procedimiento, con el que se puede calcular el ángulo entre una primera sección del árbol y una segunda sección del árbol en una máquina giratoria con una inexactitud inferior a $\pm 1^\circ$.

45 El cometido se soluciona por medio de un procedimiento, en el que la posición de 0° de la primera sección del árbol, a la que se refiere el ángulo de giro, proporciona una primera señal del árbol, y la posición de 0° de la segunda sección del árbol proporciona una segunda señal del árbol. La primera señal del árbol y la segunda señal del árbol se descomponen, respectivamente, por medio de análisis de Fourier en componentes de frecuencia de oscilaciones armónicas. En este caso, para la primera señal del árbol se forman frecuencias f_{n1} , y para la segunda señal del árbol se forman frecuencias f_{n2} , de manera que las frecuencias se representan en cada caso como indicadores complejos z_n del importe a_n y de la fase φ_n de su orden n , y cada indicador z_n describe la velocidad angular ω_n , de la frecuencia f_n respectiva. Para las frecuencias f_{n1} y las frecuencias d_{n2} se dividen a continuación los ángulos φ_n respectivos de los indicadores complejos z_n , respectivamente, por su orden n , de manera que se forman indicadores complejos normalizados N_n y se suman de forma compleja los indicadores complejos normalizados N_n , de manera que a partir

de las frecuencias f_{n1} se forma un primer indicador complejo sumado z_{g1} y a partir de las frecuencias f_{n2} se forma un segundo indicador complejo sumado z_{g2} . La longitud de los indicadores complejos sumados z_g corresponde en cada caso a la suma aritmética de las longitudes de los indicadores complejos z_n individuales. El ángulo formado por el primer indicador complejo sumado z_{g1} y por el segundo indicador complejo sumado z_{g2} corresponde en este caso al ángulo α .

5 En este caso, la invención parte de la consideración de utilizar un método teórico para el recálculo de frecuencias de orden superior a una frecuencia de primer orden para la elevación de la exactitud de una señal de medición en forma de impulso.

10 Las señales de ondas están constituidas por componentes de frecuencia o bien en la consideración del ángulo de la señal detectada de los árboles, por componentes de orden. Por ejemplo, en el caso de un número de revoluciones de 50 Hz, el primer orden está en 50 Hz, el segundo orden está en 100 Hz, y así sucesivamente. Puesto que los órdenes contienen ya el número de revoluciones, el primer orden está siempre en el número de revoluciones y los órdenes superiores n están en n veces el número de revoluciones. La suma de todos los componentes de frecuencia considerados o bien componentes de orden da como resultado la señal de los árboles. Las frecuencias de diferente orden se obtienen a través del análisis de Fourier de la señal de los árboles.

15 La invención aprovecha ahora que cuanto más alto es el orden empleado, se eleva la exactitud para la determinación del ángulo de giro. Por lo tanto, en el procedimiento de acuerdo con la invención se utilizan fases de componentes elevados y no se tiene en cuenta la frecuencia de primer orden para la medición, cuando aparecen frecuencias de interferencia en esta zona (por ejemplo, dispersión de la red). No obstante, no se puede recalcular una frecuencia / fase de orden superior directamente sobre una información de fases de 0° , puesto que no es unívoca debido a la periodicidad de la función angular. Por lo tanto, en el caso de una frecuencia de orden superior aparecen varios ángulos. Se posibilita un cálculo unívoco de un ángulo considerando juntas varias frecuencias de orden superior. Esto se realiza se presentando y sumando de forma compleja las frecuencias de orden superior por medio de indicadores complejos. La suma compleja efectúa en este caso un promedio. La longitud del indicador complejo sumado corresponde a la suma aritmética de las longitudes de los indicadores complejos individuales. El ángulo λ del indicador complejo sumado corresponde ahora aproximadamente al ángulo α , alrededor del cual se giran los árboles parciales entre sí.

20 Por medio del procedimiento de acuerdo con la invención se puede calcular el ángulo entre una primera sección del árbol y una segunda sección del árbol con una inexactitud mínima. Esto se calcula especialmente a través del promedio de las frecuencias y la omisión de componentes erróneos.

25 En una forma de realización preferida del procedimiento, para la determinación del primer indicador complejo sumado z_{g1} y del segundo indicador complejo sumado z_{g2} se utilizan ahora los ángulos φ_n , en los que la longitud del primer indicador complejo sumado z_{g1} o del segundo indicador complejo sumado z_{g2} coincide de manera unívoca con la suma aritmética de las longitudes de los indicadores complejos z_n individuales. Todas las otras variantes de combinaciones de indicadores proceden, bajo recálculo de la periodicidad, de hipótesis falsas para la reconstrucción de la posición correcta de la fase y conducen a un resultado erróneo.

30 En otro desarrollo del procedimiento, para el cálculo del primer indicador complejo sumado z_{g1} y de segundo indicador complejo sumado z_{g2} no se utilizan frecuencias f_n con influencia de señales de interferencia o errores de medición. Con preferencia en este caso no se utiliza la frecuencia de primer orden.

35 De manera más conveniente, la primera señal del árbol y la segunda señal del árbol corresponden, respectivamente, a una señal del árbol en forma de impulso. La señal del árbol en forma de impulso corresponde a las fases teóricas φ_n de los componentes de la frecuencia de una señal del árbol en forma de impulso.

Con ventaja, la primera sección del árbol y la segunda sección del árbol están conectadas entre sí por medio de un acoplamiento. No obstante, de la misma manera son concebibles otras conexiones desprendibles opcionales.

40 El cometido se soluciona, además, por medio de un dispositivo, en el que se puede realizar el procedimiento de acuerdo con la invención. Un dispositivo de este tipo puede ser en este caso una unidad de medición y de evaluación asistida por ordenador, que puede medir diferencias cíclicas de tiempo y puede evaluar de acuerdo con el procedimiento según la invención.

45 A continuación se explica en detalle un ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención con la ayuda de figuras. En este caso:

La figura 1 muestra la etapa a) de medición y determinación de señales de tiempo y diferencias de tiempo.

La figura 2 muestra el rastreo de órdenes

La figura 3 muestra la etapa b) de simulación del análisis de Fourier de la señal del árbol.

La figura 4 muestra la etapa c) de determinación del ángulo.

5 La figura 1 muestra en el lado izquierdo una representación despiezada ordenada de una disposición de árboles, como es habitual, por ejemplo, en una instalación de turbina de gas y de turbina de vapor. La turbina de gas está conectada en este caso con una turbina de vapor a través de un árbol 1. El árbol 1 está constituido por dos árboles parciales, que están conectados entre sí por medio de un acoplamiento desprendible 2. El primer árbol parcial 3 está conectado con la turbina de gas y presenta una primera entalladura 4, que identifica la posición de 0° del primer árbol parcial. El segundo árbol parcial 5 está conectado con la turbina de vapor y presenta una segunda entalladura 6, que identifica la posición de 0° del segundo árbol parcial 5. En el primer árbol parcial 3 está dispuesto un primer sensor 7, que detecta una primera señal de medición 8. En el segundo árbol parcial 5 está dispuesto un segundo sensor 9, que detecta una segunda señal de medición 10.

La vista en proyección 11 muestra una vista en planta superior ligeramente desplazada sobre los dos árboles parciales. Se puede ver que la posición de 0° de los dos árboles parciales entre sí está girada en un ángulo α .

15 En el lado derecho de la figura 1 se representan los resultados de medición de los dos sensores. En el diagrama superior 12 se representan los resultados de medición del segundo sensor 9. El diagrama inferior 13 muestra los resultados de medición del primer sensor 7. En los diagramas se representan respuestas rectangulares periódicas. A partir del desplazamiento del tiempo de propagación 15 de las dos respuestas rectangulares se puede calcular el ángulo de giro.

20 En la figura 2, el diagrama superior muestra la amplitud de una señal del árbol sobre el rastreo de órdenes. El diagrama inferior muestra la fase sobre el rastreo de órdenes.

25 En la figura 3 se lleva a cabo un análisis de Fourier en el ejemplo de una de las dos señales del árbol en forma de impulso. Se representan las cuatro primeras oscilaciones armónicas, es decir, la posición teórica de las frecuencias de primero a cuatro orden n . La suma de todos los componentes de la frecuencia forma la señal del árbol 14. Se puede ver que las frecuencias del segundo al cuarto orden tienen una periodicidad más elevada que la frecuencia de primer orden.

30 En la figura 4 se representa la simulación del recálculo a la frecuencia del primer orden. La serie ORIG corresponde a los indicadores complejos de las frecuencias del primero al cuarto orden sin normalización. La serie REIHE 1 corresponde a la hipótesis correcta para el recálculo. Las otras series son combinaciones posibles de variantes de recálculo considerando la periodicidad y conducen a hipótesis falsas para el recálculo.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la determinación de un ángulo α entre una primera sección de árbol y una segunda sección de árbol, en el que
- 5 - la posición de 0° de la primera sección del árbol proporciona una primera señal del árbol y la posición de 0° de la segunda sección del árbol proporciona una segunda señal del árbol,
 - la primera señal del árbol y la segunda señal del árbol sondes compuestas, respectivamente, por medio de análisis de Fourier en componentes de frecuencia de oscilaciones armónicas, de manera que para la primera señal del árbol se forman frecuencias f_{n1} , y para la segunda señal del árbol se forman frecuencias f_{n2} , en el que las frecuencias se forman en cada caso como indicadores complejos z_n a partir del importe a_n y la fase φ_n , de su orden n , en el que cada indicador z_n describe la velocidad angular ω_n de la frecuencia respectiva f_n , caracterizado porque
 - 10 - para las frecuencias f_{n1} y las frecuencias f_{n2} se dividen los ángulos φ_n respectivos de los indicadores complejos z_n por su orden n , siendo formados indicadores complejos normalizados N_n , y los indicadores complejos normalizados N_n se suman de una manera compleja, de manera que se forma un primer indicador complejo sumado z_{g1} a partir de las frecuencias f_{n1} , y un segundo indicador complejo sumado z_{g2} a partir de las frecuencias f_{n2} , en el que la longitud de los indicadores complejos sumados z_g corresponde en cada caso a la suma aritmética de las longitudes de los indicadores complejos z_n individuales, y
 - 15 - el ángulo formado por el primer indicador complejo sumado z_{g1} y por el segundo indicador complejo sumado z_{g2} corresponde en este caso al ángulo α .
- 20 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que para la determinación del primer indicador complejo sumado z_{g1} , y del segundo indicadores complejo sumado z_{g2} , se utilizan en cada caso solamente los ángulos φ_n , en los que la longitud de los primeros indicadores complejos sumados z_{g2} o de los segundos indicadores complejos sumados z_{g2} coinciden unívocamente con la suma aritmética de las longitudes de los indicadores complejos z_n individuales.
- 25 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que para el cálculo del primer indicador complejo sumado z_{g1} y del segundo indicador complejo sumador z_{g2} no se utilizan frecuencias f_n con influencia de señales de interferencia o errores de medición.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que no se utilizan frecuencias de primer orden.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la primera señal del árbol y la segunda señal del árbol corresponden, respectivamente, a una señal del árbol en forma de impulsos.
- 30 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la primera sección del árbol y la segunda sección del árbol están conectadas entre sí a través de un acoplamiento.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la determinación de la primera señal del árbol y de la segunda señal del árbol se realiza durante la rotación de la primera sección del árbol y de la
- 35 segunda sección del árbol.

FIG 1

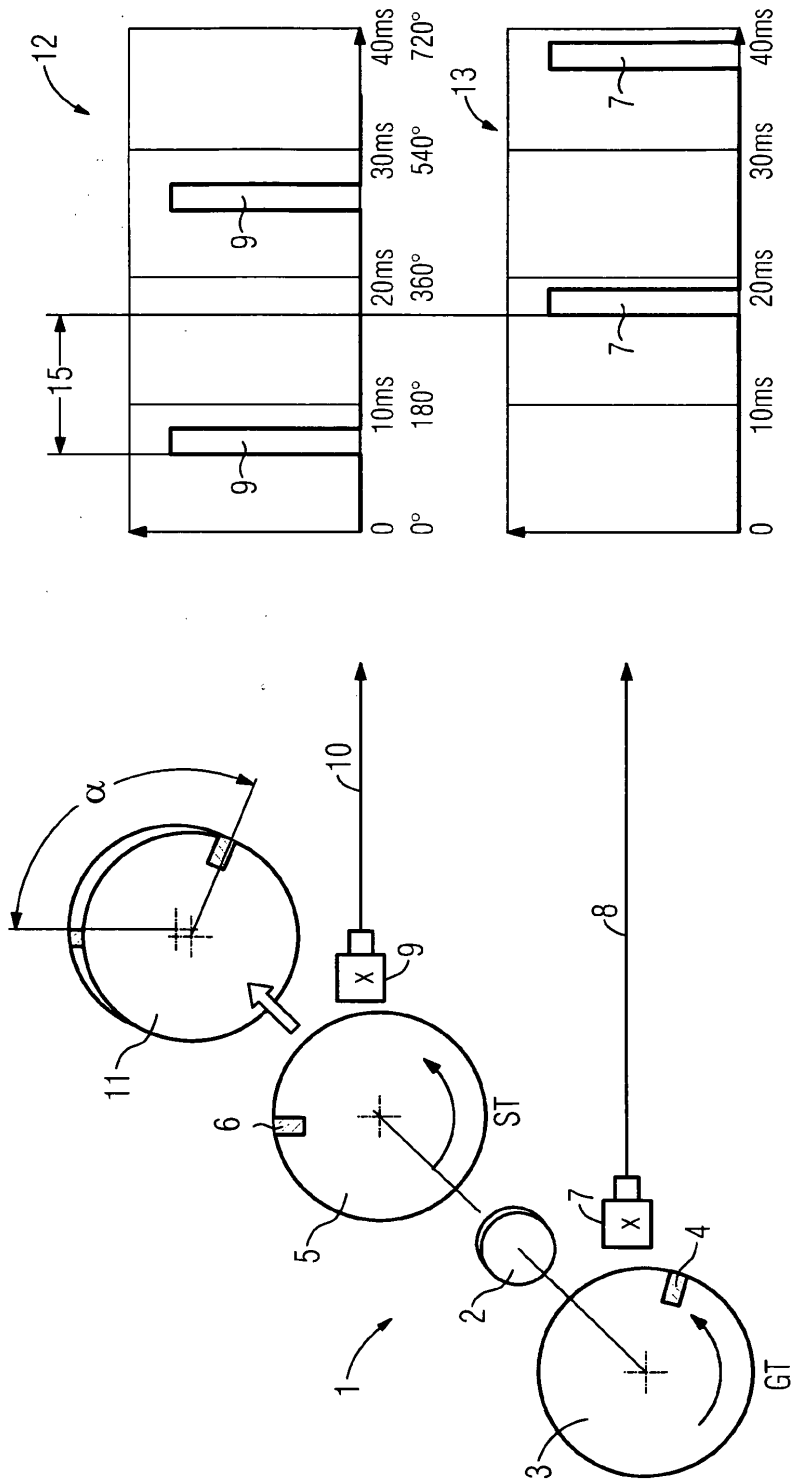


FIG 2

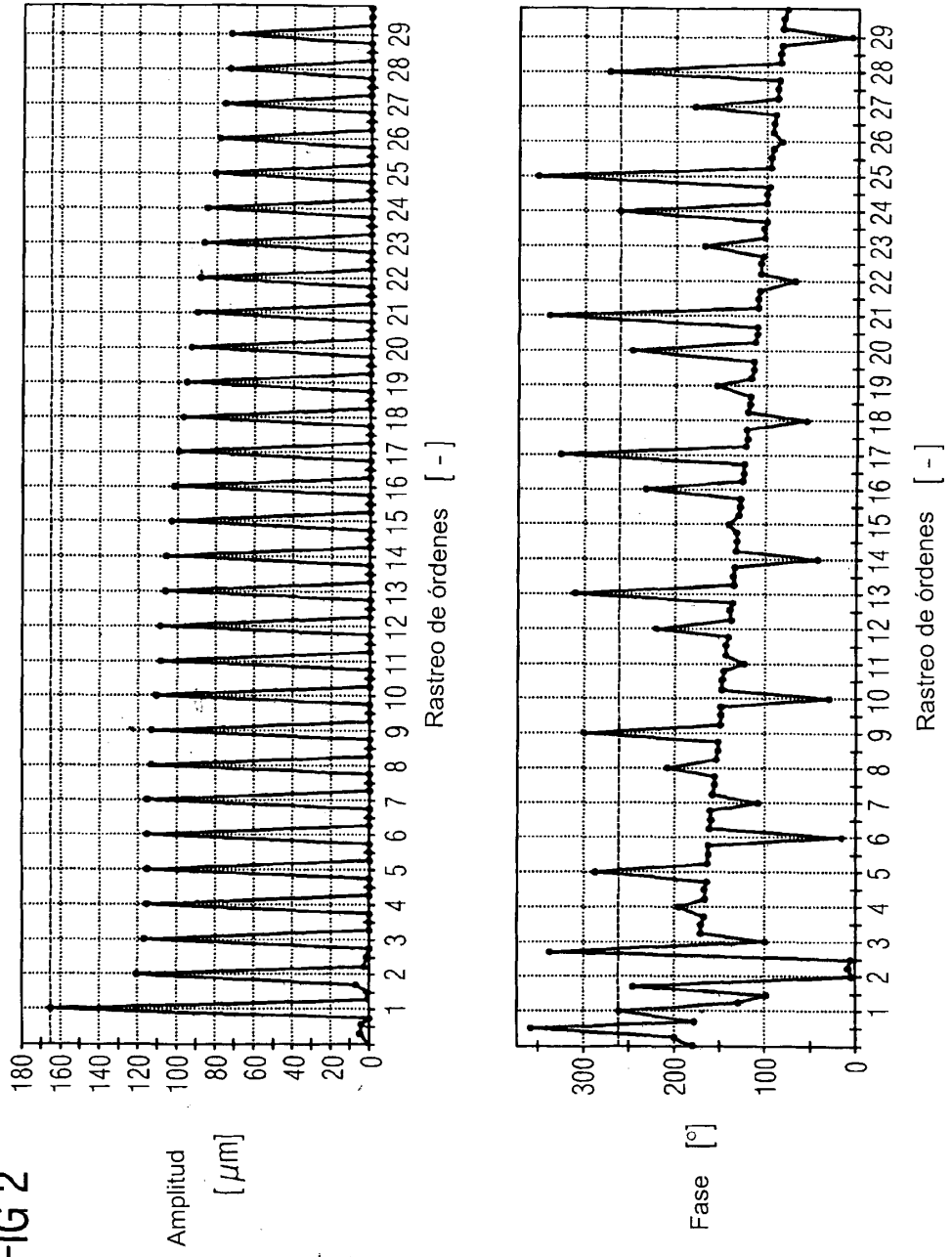


FIG 3

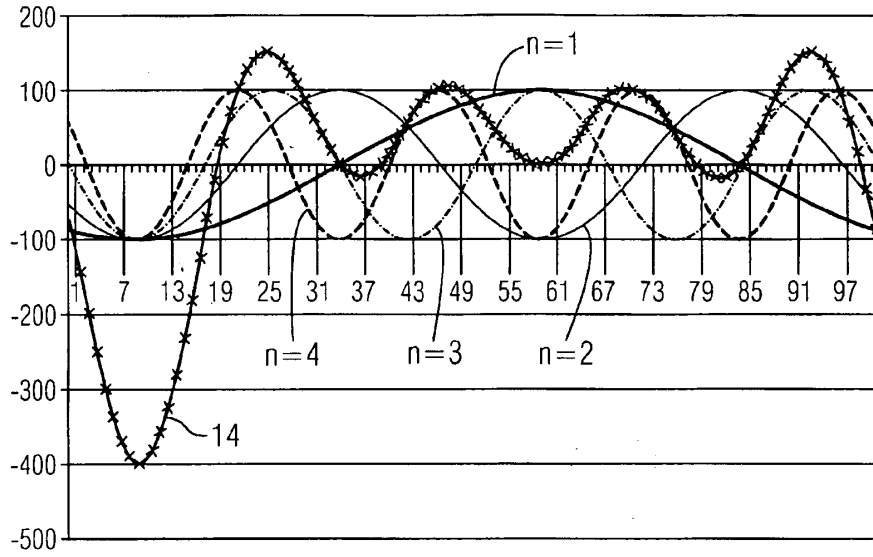


FIG 4

