



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 271 956**

51 Int. Cl.:

G01R 35/04 (2006.01)

G01R 21/133 (2006.01)

G01R 22/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **96924672 .7**

86 Fecha de presentación : **22.07.1996**

87 Número de publicación de la solicitud: **0862746**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **09.09.1998**

54 Título: **Dispositivo contador electrónico que incluye detección automática de servicio.**

30 Prioridad: **31.07.1995 US 509367**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

73 Titular/es: **ITRON, Inc.**
2111 N. Molter Road
Liberty Lake, Washington 99019, US

72 Inventor/es: **Briese, Forrest W.;**
Hyder, Charles Craig;
Lowe, Coy Stephen;
Schlarb, John Murray y
Fouquet, Christophe Jean Andrea

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 271 956 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

Dispositivo contador electrónico que incluye detección automática de servicio.

5 **Campo de la técnica**

El presente invento se refiere a un dispositivo integrado en un medidor de electricidad electrónico, de estado sólido, tal como un contador.

10 **Técnica anterior**

Los contadores de potencia del tipo de inducción emplean, típicamente, un iniciador de impulsos que genera impulsos en proporción a la velocidad de giro de un disco medidor.

15 Estos impulsos generados son transmitidos a registradores electrónicos para derivar un consumo de intensidad, voltaje, potencia y/o tiempo de uso de la energía.

En la actualidad también son de uso común diversos tipos de contadores electrónicos polifásicos de estado sólido. Estos contadores, que vigilan el consumo de energía eléctrica y registran o informan de dicho consumo en kilovatios-hora, factor de potencia, KVA, y/o voltio-amperios reactivos, emplean típicamente componentes de estado sólido y pueden utilizar convertidores de analógico en digital para proporcionar datos digitales en vez de datos de impulsos, a partir de los cuales pueden extraerse diversos indicadores de demanda/consumo.

25 También es bien conocido proporcionar contadores electrónicos de estado sólido que pueden configurarse para instalarlos en uno cualquiera de una variedad de sistemas de distribución de electricidad monofásicos o multifásicos. Un ejemplo de un contador electrónico de consumo de estado sólido se describe en la patente norteamericana núm. 5.059.896, expedida a Germer y otros.

Un ejemplo de un registrador de demanda de electricidad de estado sólido que puede utilizarse en conjunto con un contador usual, se describe en la patente norteamericana núm. 4.697.182, expedida a Swanson.

35 El personal de servicio utiliza diversos equipos auxiliares y sigue distintas técnicas de diagnóstico durante la instalación de estos contadores, para intentar confirmar que la instalación se ha cableado correctamente. Sin embargo, el personal de campo realiza en el lugar muchas comprobaciones de instalación, tales como comprobaciones de polaridad y de cruce de fases y, por tanto, se depende del conocimiento y de la competencia de dicho personal.

Si bien el personal de campo puede utilizar diversos equipos de diagnóstico disponibles durante la instalación y el mantenimiento periódico, existe la necesidad de un aparato integral que, automática y periódicamente, lleve a cabo una serie estándar de diagnósticos de instalación y del sistema sin interrumpir por ello el funcionamiento del contador. Además, existe la necesidad de realizar comprobaciones automáticas del contador en forma periódica, para determinar y registrar la ocurrencia de errores, fatales y no fatales, predefinidos, seleccionados, en el funcionamiento del contador.

45 Además, aunque se dispone de contadores que pueden adaptarse para ser utilizados en más de un tipo de servicio eléctrico, un inconveniente de estos contadores es que el cliente, con frecuencia, debe programar el tipo de servicio en el contador antes de su instalación. La programación previa a la instalación de los contadores para múltiples servicios, tiende a limitar su capacidad de adaptación a ellos.

Sumario del invento

50 Un objeto del presente invento es, por tanto, proporcionar un dispositivo integral para la comprobación del sistema y la resolución de problemas, para un contador electrónico de estado sólido.

55 Otro objeto del presente invento es proporcionar un método y un aparato enterizo con un contador de estado sólido y que lleve a cabo, en forma automática, una serie de pruebas predefinidas de instalación del sistema y de diagnóstico en el contador.

60 Todavía otro objeto del presente invento es proporcionar un paquete para comprobación del sistema y resolución de problemas que soporte un contador electrónico y que forma una sola pieza con él, y que incluya medios para presentar los resultados de comprobaciones automáticas y de pruebas de diagnóstico del sistema seleccionadas al ser interrogado por el personal de servicio.

Aún otro objeto del presente invento es proporcionar un aparato automático para comprobación del sistema que compruebe periódicamente la existencia de ciertas condiciones predefinidas y que, dependiendo de la naturaleza del error, tome una acción predefinida en respuesta a la detección de cualquiera de dichos errores.

Otro objeto del presente invento es proporcionar un método y un aparato para determinar los ángulos de fase de cada fasor de voltaje y de intensidad con respecto a un fasor de base preseleccionado, con el propósito de verificar que

todos los elementos del contador perciben y reciben la intensidad y el voltaje correctos para cada fase de un servicio eléctrico multifásico.

De acuerdo con el presente invento, se proporciona un dispositivo integrado en un contador electrónico de electricidad para comprobar automáticamente el contador y diagnosticar el sistema eléctrico, el cual incluye un microprocesador, una memoria de almacenamiento, lógica programada por ordenador para ejecutar automática y periódicamente un conjunto preseleccionado de comprobaciones automáticas del contador y para registrar cualesquiera errores encontrados, lógica programa por ordenador para ejecutar automáticamente una serie previamente seleccionada de pruebas de diagnóstico del sistema y para registrar cualesquiera resultados que superen umbrales programables predefinidos, y medios de presentación para ofrecer mensajes de error y/o de diagnóstico que identifiquen, respectivamente, uno o más de los errores de las comprobaciones automáticas o datos de diagnóstico seleccionados y/o errores descubiertos en las comprobaciones automáticas del contador durante un período predefinido.

El dispositivo del presente invento está integrado, preferiblemente, en un contador de estado sólido que utiliza un convertidor de analógico en digital y técnicas de muestreo digitales asociadas para obtener datos digitales correspondientes a intensidad y voltaje para una o más fases de un sistema monofásico o multifásico al que esté conectado el contador.

El presente invento realiza automáticamente las auto-comprobaciones preseleccionadas del contador, preferiblemente una diaria, y/o cuando se restablezca la corriente en el contador tras un corte del suministro y/o cuando se lleva a cabo una reconfiguración completa del contador para verificar la funcionalidad continuada de componentes seleccionados del contador. En la realización preferida, por ejemplo, el dispositivo del presente invento comprueba su propia memoria, el microprocesador y registradores seleccionados del contador para determinar si se han corrompido los datos de facturación desde la última comprobación. Como la corrupción de los datos de facturación se considera un error fatal del contador, el dispositivo del presente invento generaría y presentaría un código de error indicando la naturaleza del error, bloquearía la presentación en el código de error e interrumpiría todas las funciones del contador (excepto las funciones de comunicaciones) hasta que se reconfigurase el contador.

Además, el dispositivo también comprueba periódicamente otros errores, no fatales, tales como desbordamiento de los registradores, funcionamiento del reloj, tiempo de uso, flujo inverso de corriente y errores debidos al agotamiento de las baterías. La frecuencia de comprobación de los errores puede variar dependiendo del componente y/o de la condición comprobada, así como del efecto potencial del error sobre el funcionamiento continuado del contador. Una vez descubiertos, los errores no fatales pueden o no bloquear la presentación dependiendo de la naturaleza del error y de cómo esté configurado el contador particular.

El presente invento también ejecuta periódicamente una serie de pruebas preseleccionadas de diagnóstico del sistema. Estas pruebas se llevan a cabo al instalar el contador y, de preferencia, una vez cada, aproximadamente, cinco segundos durante el funcionamiento normal del contador. En la realización preferida, el dispositivo lleva a cabo un diagnóstico de polaridad, cruce de fase y flujo de energía, un diagnóstico de desviación de voltaje por fase, un diagnóstico de intensidad por fase inactiva, un diagnóstico de factor de potencia por fase, y un diagnóstico de detección de distorsión de forma de onda de la corriente, utilizando parámetros definidos en fábrica así como parámetros definidos por el usuario, que pueden ser especificados por el personal en el lugar y en el momento de la instalación.

Al llevar a cabo los diagnósticos de polaridad, cruce de fase y flujo de energía, el dispositivo del presente invento utiliza información acumulada sobre intensidad y voltaje para determinar el ángulo de fase de cada fasor de voltaje y de intensidad (por ejemplo, V_B , V_C , I_A , I_B e I_C) con respecto a un fasor de referencia (por ejemplo, V_A) en un sistema multifásico. La posición apropiada de cada fasor para esta instalación es predefinida y se utiliza como ejemplo para comparación con el ángulo de fase calculado a fin de determinar si cada ángulo cae dentro de una envolvente predefinida. Si cualquiera de los ángulos de fase calculados cae fuera de su correspondiente envolvente predefinida, puede presentarse un mensaje de error en diagnóstico. Este diagnóstico es particularmente útil en las instalaciones, ya que este error puede indicar el cruce de fase de un circuito de voltaje o de intensidad, una polaridad incorrecta de un circuito de voltaje o de intensidad, un flujo inverso de energía de una o más fases (co-generación) o un fallo de medición interno del contador.

El dispositivo del presente invento incluye también, preferiblemente, una presentación de “caja de herramientas” (SERVICIO) que, cuando es activada manualmente por personal de campo, hace que la presentación recorra una lista de valores preseleccionados, tales como un voltaje y una intensidad para cada fase, los ángulos asociados con cada fasor de voltaje e intensidad, y los números de ocurrencias de cada fallo de diagnóstico, para su revisión por el personal de campo.

En una realización del presente invento, el dispositivo del presente invento detecta automáticamente el tipo de servicio eléctrico (por ejemplo, monofásico, en triángulo con tres conductores, en estrella con cuatro conductores, o en triángulo con cuatro conductores) cuando se instala el contador, tras una puesta en marcha y, también, preferiblemente, de manera periódica durante el funcionamiento normal del contador.

Los diagnósticos del sistema, la presentación de la “caja de herramientas” y las funciones de detección automática del servicio, son llevadas a cabo por el dispositivo del presente invento sin interrupción en el funcionamiento del contador, excepto cuando se suspende deliberadamente tal funcionamiento como resultado de un error fatal.

Los anteriores y otros objetos, características y ventajas del presente invento, son fácilmente evidentes a partir de la siguiente descripción detallada del mejor modo para llevar a la práctica el invento cuando se toma en conjunto con los dibujo anejos.

5 Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques del dispositivo;

la Figura 2 es una vista en perspectiva de un contador en el que puede integrarse el dispositivo del presente invento;

la Figura 3 es un diagrama de bloques del contador de la Figura 2;

la Figura 4 es una gráfica de proceso de las comprobaciones de diagnóstico del sistema eléctrico del presente invento;

la Figura 5 es una gráfica de proceso de una primera parte del diagnóstico de polaridad, cruce de fase y flujo de energía llevado a la práctica mediante el presente invento;

la Figura 6 es una gráfica de proceso de la segunda parte del diagnóstico de polaridad, cruce de fase y flujo de energía llevado a la práctica mediante el presente invento;

la Figura 7 es una gráfica de proceso de una primera parte de la rutina de diagnóstico de desviación del voltaje de fase ejecutada por el presente invento;

la Figura 8 es una gráfica de proceso de la segunda parte de la rutina de diagnóstico de desviación del voltaje de fase ejecutada por el presente invento;

la Figura 9 es una gráfica de proceso de una primera parte del diagnóstico de intensidad de fase inactiva ejecutado por el presente invento;

la Figura 10 es una gráfica de proceso de la segunda parte del diagnóstico de intensidad de fase inactiva ejecutado por el presente invento;

la Figura 11 es una gráfica de proceso de una primera parte del diagnóstico de factor de potencia por fase ejecutado por el presente invento;

la Figura 12 es una gráfica de proceso de la segunda parte del diagnóstico de factor de potencia por fase ejecutado por el presente invento;

la Figura 13 es una gráfica de proceso de la tercera parte del diagnóstico de factor de potencia por fase ejecutado por el presente invento;

la Figura 14 es una lista de elementos ofrecidos en la presentación de la “caja de herramientas”;

la Figura 15 es un diagrama de fasor para una instalación típica de un contador trifásico;

la Figura 16 es una gráfica que ilustra la relación de las formas de onda que representan dos magnitudes de fase seguidas por el dispositivo;

la Figura 17A es la primera parte de un esquema de bloques del módulo 42 de extremo frontal de la Figura 3;

la Figura 17B es la segunda parte de un esquema de bloques del módulo 42 de extremo frontal de la Figura 3;

la Figura 18A es la primera parte de un esquema de bloques del módulo registrador 48 de la Figura 3;

la Figura 18B es la segunda parte de un esquema de bloques del módulo registrador 48 de la Figura 3;

la Figura 19 es una primera gráfica de proceso del diagnóstico de detección de distorsión de forma de onda de corriente ejecutado por el presente invento;

la Figura 20 es una segunda gráfica de proceso del diagnóstico de detección de distorsión de forma de onda de corriente ejecutado por el presente invento;

la Figura 21 es una tabla que ilustra los factores de forma del contador y los tipos asociados de servicios eléctricos que puede soportar;

la Figura 22 es una gráfica de proceso de una primera parte de la función de detección automática del servicio incorporada en la práctica por el presente invento; y

la Figura 23 es una gráfica de proceso de la segunda parte de la función de detección automática del servicio incorporada en la práctica por el presente invento.

Mejor modo de funcionamiento

Refiriéndonos a la Figura 1, el dispositivo del presente invento, designado en general con 20, incluye una unidad central de tratamiento 22, una memoria 24 de almacenamiento adecuada para almacenar datos digitales correspondientes a las muestras periódicas de los datos de voltaje y de intensidad procedentes del convertidor analógico/digital (A/D) 26 de voltaje y del convertidor A/D 28 de intensidad, respectivamente, lógica 30 para ejecutar los diagnósticos de comprobación automática del contador y del sistema, así como los de instalación, soportados por el sistema, y medios de presentación 32 para ofrecer información sobre los errores y diagnósticos.

Con referencia a la Figura 2, el dispositivo 20 está incorporado, de preferencia, en un contador 34 polifásico de estado sólido, monofunción, de kilovatios/kilovatios-hora ("Kw/Kwh") (como se ilustra en las Figuras 3, 17A-B y 18A-B y descrito más adelante con mayor detalle) que incluye una base 36 generalmente circular, un alojamiento de plástico moldeado, usual (no representado) al que se fija un dial 38, y una tapa 40 del contador. El contador 34 también incluye elementos usuales de percepción de corriente destinados a conectarse a sistemas eléctricos existentes.

Refiriéndonos ahora a la Figura 3 en la realización preferida, la lógica 30 de diagnósticos para el dispositivo 20 del presente invento está incorporada en el módulo 42 de extremo frontal del contador e incluye un microprocesador 44, un convertidor A/D de 8 bits que sirve como convertidor 26 A/D de voltaje, una memoria 45 de acceso aleatorio que sirve parcialmente como parte de la memoria 24 de almacenamiento del sistema, y una memoria de sólo lectura y EEPROM en la que está alojada la lógica de diagnóstico del sistema, en 46. El módulo de extremo frontal también soporta, de preferencia, otras funciones del contador, incluyendo las comprobaciones automáticas de componentes del contador, muestreo A/D, cálculos de energía, demanda instantánea, valores instantáneos, cualesquiera salidas opcionales y comunicaciones del contador, además de los diagnósticos de instalación y del sistema y la presentación de la "caja de herramientas" realizada por el dispositivo 20 del presente invento. La visualización de la presentación, en esta realización, se realiza mediante una pantalla 33 de cristal líquido que incluye, preferiblemente, nueve dígitos de 7 segmentos, tres puntos decimales y una pluralidad de iconos útiles para presentar información del sistema eléctrico ofrecida, normalmente, por los contadores usuales, así como los datos de diagnóstico generados por el dispositivo del presente invento, sustancialmente como se muestra en la Figura 3.

El contador 34 también incluye un módulo registrador 48 que tiene un microprocesador 50 que incluye: una memoria de sólo lectura; una memoria 51 de acceso aleatorio, que también sirve, en parte, como memoria de almacenamiento del sistema; un activador del dispositivo de presentación por pantalla de cristal líquido (LCD) de 96 segmentos; y 24 líneas de entrada/salida (E/S). En esta realización, la memoria de sólo lectura y la unidad central de tratamiento (CPU) 50 del registrador, incluyen la lógica de presentación para generar la presentación de la "caja de herramientas" así como los códigos de error de diagnóstico generados por el dispositivo 20 del presente invento. El módulo registrador 48 soporta, también, otras funciones del contador tales como el mantenimiento de los valores de facturación y las funciones relacionadas con el registrador de facturación, así como las funciones relacionadas con el tiempo incluyendo la lectura automática, el tiempo de uso, el tiempo de funcionamiento y la memoria de masa.

Hay que hacer notar que, en la realización del contador 34 ilustrada en la Figura 3, el dispositivo 20 del presente invento utiliza un convertidor A/D 26 de 8 bytes para percibir señales de voltaje y un convertidor A/D 28 de 12 bytes, externo, para percibir muestras de intensidad. Como apreciarán los expertos en la técnica, el convertidor de intensidad 28 exige una resolución superior, ya que la intensidad varía en un margen más amplio que el voltaje. También apreciarán los expertos en la técnica que es preferible disponer de convertidores separados para percibir, simultáneamente, la intensidad y el voltaje de forma que el error de fase provocado por el transformador de corriente pueda ser compensado directamente regulando el retardo entre la muestra de intensidad y la muestra de voltaje. Así, en el caso de que el transformador de corriente tenga un funcionamiento ideal y no comunique ningún retardo de fase, entonces el voltaje y la intensidad pueden muestrearse simultáneamente con los convertidores independientes 26 y 28.

La lógica de presentación para generar la presentación de la "caja de herramientas" y el mensaje de error de diagnóstico del dispositivo 20 es parte de la lógica de presentación 52 incorporada en la práctica por la CPU 50 del registrador en la realización particular de la Figura 3. Sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que las posibilidades de la lógica y de la CPU del dispositivo del presente invento pueden ser llevadas a la práctica con una arquitectura de procesador único, más sencilla (tal como se muestra en la Figura 1), así como con la arquitectura mostrada en la Figura 3, o a través de otras ejecuciones prácticas del equipo.

El dispositivo 20 del presente invento proporciona una completa gama de posibilidades de diagnóstico del sistema y de funciones de presentación de diagnósticos a través de la presentación de "caja de herramientas". Los diagnósticos de instalación y del sistema son definidos, en parte, por el usuario a través del software de programación. La "caja de herramientas" es una presentación que ofrece un conjunto fijo de informaciones de diagnóstico contenidas en un modo de funcionamiento especial al que puede acceder un usuario, típicamente personal de campo, preferiblemente activando un interruptor magnético del contador. En lo que sigue, se describirán con mayor detalle todas las posibilidades de diagnóstico.

ES 2 271 956 T3

En una realización, el dispositivo 20 proporciona, también, una posibilidad de detección automática del servicio. Como se describe con mayor detalle en lo que sigue, esta posibilidad incluye lógica para determinar de forma automática el servicio eléctrico soportado por el contador al instalarlo, en conexiones subsiguientes, y periódicamente durante el funcionamiento del mismo, basándose en el número de formas previamente programadas del contador y en el desplazamiento angular de los vectores de voltaje V_A y V_C , que son determinados periódicamente de manera automática por el dispositivo en la forma que se describe más adelante.

Diagnósticos del sistema y de instalación

El dispositivo 20 del presente invento ejecuta una pluralidad de diagnósticos del sistema y de instalación que pueden indicar problemas potenciales con el servicio eléctrico, la instalación incorrecta del contador o fallos internos de éste. Aunque estos diagnósticos pueden variar dependiendo del tipo de servicio eléctrico soportado por el contador, el dispositivo realiza, típicamente, los diagnósticos que se describen a continuación.

Refiriéndonos a la Figura 4, los diagnósticos del sistema y de instalación también son ejecutados, preferiblemente, como una máquina de estado. En la realización preferida, los diagnósticos consisten en cuatro diagnósticos que el usuario puede elegir para que los ejecute el contador - (1) comprobación de polaridad, cruce de fase y flujo de energía, (2) comprobación de desviación del voltaje de fase; (3) comprobación del transformador de corriente; (4) comprobación del factor de potencia por fase; y (5) comprobación de distorsión de la forma de onda de corriente. Todos los diagnósticos seleccionados son realizados por el contador al menos una vez cada 5 intervalos de muestreo.

Cuando se presenta una condición de error de acuerdo con los parámetros definidos por el usuario correspondientes al fallo de un diagnóstico, el contador presenta información para indicar la condición de error y, opcionalmente, dispara el cierre de un contacto de salida, tal como un relé de mercurio o un contacto de estado sólido programado como "Aviso de condición de error". Cuando se programe una salida opcional como aviso de condición de error, este contacto de salida se cerrará siempre que se dispare un error de diagnóstico que haya sido seleccionado por el usuario.

Refiriéndonos de nuevo a la Figura 4, el dispositivo 20 del presente invento realiza repetidamente, de preferencia, una serie de comprobaciones de cálculos y de diagnósticos, ilustrados en 54-62. En la realización preferida, el tiempo de tratamiento se divide en intervalos de muestreo iguales a 60 períodos del reloj de la línea de corriente. Por ejemplo, en una instalación de 50 Hz, es de 1,2 segundos. En una instalación de 60 Hz, el intervalo de muestreo sería de 1 segundo.

Utilizando un contador sencillo, el dispositivo 20 ejecuta los cálculos y los muestreos necesarios para determinar el ángulo de I_A (preferiblemente con relación al fasor de base V_A), así como la comprobación de diagnóstico núm. 1 durante el primer intervalo, como se muestra en 54.

En el segundo intervalo, en 56, el dispositivo 20 acumula las muestras necesarias para calcular el ángulo para I_B y lleva a cabo la comprobación de diagnóstico núm. 2.

En el tercer intervalo, en 58, el dispositivo acumula las muestras necesarias para calcular el ángulo de fase para I_C y lleva a cabo la comprobación de diagnóstico núm. 3.

En el cuarto intervalo, en 60, el dispositivo acumula las muestras necesarias para calcular el ángulo de fase para V_B y lleva a cabo la comprobación de diagnóstico núm. 4.

En el quinto intervalo, en 62, el dispositivo acumula las muestras necesarias para calcular el ángulo de fase para V_C , lleva a cabo la comprobación de diagnóstico núm. 5 y pone el contador a cero.

Se incrementa el contador (en 64) al término de cada uno de estos intervalos y la secuencia se repite continuamente. Así, en un sistema de 60 Hz, se calcula el ángulo de fase para cada uno de los fasores de intensidad y de voltaje y se ejecutan cada una de las cuatro comprobaciones de diagnóstico, una vez cada 5 segundos. Como apreciarán los expertos en la técnica, pueden establecerse diferentes intervalos de tiempo y/o las sub-rutinas 54 a 62 pueden modificarse para acomodar comprobaciones más o menos frecuentes de uno o más de los diagnósticos seleccionados, según se desee.

Diagnóstico núm. 1

Comprobación de polaridad, cruce de fase y flujo de energía

Refiriéndonos a las Figuras 5 y 6, la comprobación de polaridad, cruce de fase y flujo de energía está diseñada para comprobar la polaridad invertida de cualquier voltaje o intensidad de fase y para comprobar si el voltaje de una fase se conecta incorrectamente con la intensidad de una fase diferente. Esta condición puede ser, también, el resultado de la presencia de co-generación. Esta comprobación se consigue midiendo periódicamente el ángulo para cada fasor de voltaje y de intensidad con respecto a un fasor de referencia (preferiblemente V_A). Cada ángulo se compara con su ángulo ideal, definido como el ángulo que resultaría de una carga equilibrada, puramente resistiva. Si un ángulo de voltaje se retrasa o se adelanta con respecto a su ángulo ideal en más de una magnitud predefinida (preferiblemente 10°)

ES 2 271 956 T3

o si un ángulo de intensidad se retrasa o se adelanta con respecto a su ángulo ideal en más de una segunda magnitud predeterminada (preferiblemente 90°), el contador señala un error en el diagnóstico núm. 1.

Como se muestra en la Figura 5, la rutina 66 de diagnóstico de comprobación de polaridad, cruce de fase y flujo de energía del dispositivo 20 comprueba, en primer lugar, cada ángulo (cuando es aplicable para el sistema eléctrico particular al que está conectado el contador) de cada uno de los fasores de intensidad y de voltaje (en 68-76) para determinar si cada uno se encuentra dentro de las tolerancias del ideal predeterminado para una rotación ABC. Si alguno de los ángulos cae fuera de las tolerancias del ideal, el dispositivo asigna el valor de “falso” a la marca abc (en 78) y continúa (como se muestra en la Figura 6) comprobando cada uno de los ángulos, suponiendo una rotación CBA.

Si se determina, en 68-76 que todos los ángulos se encuentran dentro de las tolerancias de su ideal predeterminado, el dispositivo 20 asigna el valor de “verdadero” a la marca abc, en 80, y pasa a comprobar los ángulos suponiendo una rotación CBA.

Refiriéndonos a la Figura 6, una vez que se ha realizado la comprobación de la rotación ABC, el dispositivo pasa a 82-90 para comprobar los ángulos para cada uno de los fasores de intensidad y de voltaje a fin de determinar si, para una rotación CBA, los ángulos de fase se encuentran dentro de las tolerancias de los ángulos ideales predeterminados. Si alguno de los ángulos de fase cae fuera del margen de tolerancia para el ángulo ideal predeterminado para ese fador, el dispositivo asigna el valor de “falso” a la marca cba, en 92. Si se determina que todos los ángulos de fase están dentro de las tolerancias de los ángulos ideales predeterminados, el dispositivo asigna el valor “verdadero” a la marca cba, en 94. El dispositivo 20 determina entonces si la marca abc o la marca cba tienen un valor de “verdadero”. Si alguna de ellas lo tiene, se considera superada esta comprobación de diagnóstico. Si ninguna de las marcas, abc o cba, tiene un valor de “verdadero”, la comprobación de diagnóstico ha tenido un fallo para las rotaciones ABC y CBA, indicándose un error en el diagnóstico.

Cuando se determina un error de diagnóstico, el dispositivo registra la ocurrencia del error y presenta el error como se describe en lo que sigue con mayor detalle. Sin embargo, en la realización preferida, la presentación inicial de este error de diagnóstico no tendrá lugar hasta que la condición de error se haya presentado en tres comprobaciones sucesivas.

Como apreciarán los expertos en la técnica, este diagnóstico puede indicar uno de varios problemas, incluyendo un cruce de fase de un circuito de potencial o de intensidad, una polaridad incorrecta en un circuito de potencial o de intensidad, un flujo de energía inverso en una o más fases, o un fallo interno de medición del contador.

Diagnóstico núm. 2

Comprobación de desviación de voltaje de fase

Refiriéndonos ahora a las Figuras 7 y 8, la comprobación de la desviación de voltaje de fase está diseñada para comprobar, en 98, si algún voltaje de fase cae fuera de una envolvente definida por el usuario. Realmente, se trata de una comprobación del intervalo de voltaje del transformador de distribución. Esta comprobación se consigue midiendo periódicamente el voltaje para cada fase y comparándolo con una envolvente de voltaje predefinida señalada como referencia por el software del programa.

La fórmula utilizada para esta comprobación es:

$$V_{\text{superior}} = \left(1 + \frac{xx}{100}\right) V_A$$

y

$$V_{\text{inferior}} = \left(1 - \frac{xx}{100}\right) V_A$$

Si algún voltaje de fase está por encima de V_{superior} o por debajo de V_{inferior} , el contador indicará un error de diagnóstico de envolvente de voltaje de fase.

Debe observarse que, en la realización preferida, el dispositivo 20 realiza una comprobación, en 100, para determinar si el servicio eléctrico soportado por el contador que incorpora el dispositivo 20 es un servicio en triángulo de cuatro conductores y tres elementos. Si lo es, el dispositivo calcula límites superior e inferior para el caso especial para el voltaje de fase C, como se muestra en 102.

De nuevo, si los voltajes de fase B o de fase C superan los límites predeterminados, el dispositivo indica un fallo en esta comprobación de diagnóstico (en 104 o 106), señalando un error de diagnóstico y se registra el error y se presenta el mensaje de error apropiado, como se describe más adelante. De otra forma, se considera superada esta comprobación de diagnóstico (en 108) y se completa esta comprobación.

ES 2 271 956 T3

Sin embargo, hay que hacer notar que, en la realización preferida, la presentación inicial del error de diagnóstico no se producirá hasta que la condición de error se haya presentado en tres comprobaciones consecutivas.

Este diagnóstico puede indicar una pérdida del potencial de fase, una relación incorrecta del transformador de potencial, arrollamientos del transformador de potencial en cortocircuito, un voltaje de fase incorrecto y un fallo interno de medición del contador, así como otros problemas potenciales.

Diagnóstico núm. 3

10 *Comprobación de intensidad de fase inactiva*

Refiriéndonos ahora a las Figuras 9 y 10, para llevar a cabo el diagnóstico de intensidad de fase inactiva, el dispositivo 20 comparará periódicamente la intensidad eficaz (RMS) instantánea para cada fase con un valor de intensidad mínimo predefinido, que puede seleccionarse, de preferencia, de desde 5 mA a 200A, en incrementos de 1 mA. Si las tres intensidades de fase son superiores al valor aceptable o son inferiores al valor aceptable, se considerará superado este diagnóstico. Cualquier otra combinación tendrá como resultado un fallo en el diagnóstico núm. 3 y se indicará un error en el diagnóstico núm. 3.

Sin embargo, tampoco en este caso se producirán, preferiblemente, el registro ni la presentación del error de diagnóstico hasta que la condición de error haya ocurrido en tres comprobaciones consecutivas.

La ocurrencia de un error en el diagnóstico núm. 3 significa la existencia de un error de magnitud con una o más de las intensidades de fase del contador. Con el fin de determinar este problema específico, el usuario debe obtener la información de intensidad de fase a partir del modo de “caja de herramientas”, como se describe más adelante.

Los expertos en la técnica apreciarán que puede utilizarse esta comprobación de diagnóstico para indicar cualquiera de diversos problemas potenciales, tales como un circuito de transformador de corriente abierto o en cortocircuito.

Diagnóstico núm. 4

30 *Comprobación del factor de potencia por fase*

Refiriéndonos a las Figuras 11-13, la comprobación de diagnóstico del factor de potencia por fase está diseñada para verificar que, para cada fase del contador, el ángulo entre el fasor de intensidad y el fasor de voltaje idealizado se encuentra dentro de una envolvente especificada por el usuario ($\pm 1-90^\circ$). Dado que esta tolerancia es más restrictiva que para el diagnóstico núm. 1, el dispositivo 20 no ejecuta esta comprobación de diagnóstico hasta que se ha superado el diagnóstico núm. 1. Este diagnóstico puede indicar uno de una serie de problemas potenciales, incluyendo malas condiciones del factor de potencia de carga, malas condiciones del sistema o un fallo en el equipo del sistema.

El dispositivo 20 comprueba, en primer lugar, las marcas de rotación abc y cba, en 114 y 116. Si ambas marcas tienen el valor de “falso”, ello indica que no se ha superado el diagnóstico núm. 1.

Como las tolerancias de este diagnóstico son más estrictas que las del diagnóstico núm. 1, se aborta la comprobación del diagnóstico.

Si una de las marcas abc o cba tiene el valor “verdadero” (indicativo de que se ha superado el diagnóstico núm. 1), el dispositivo 20 ejecuta las apropiadas comprobaciones de rotación ABC o CBA, en 114 y 116, respectivamente. Para una rotación ABC, el dispositivo comprueba el ángulo entre el fasor de intensidad apropiado y el fasor de voltaje idealizado, en 118-122, para determinar si el ángulo se encuentra comprendido dentro de una envolvente especificada por el usuario. Si el ángulo está dentro de la envolvente predeterminada se considera, en 124, que se ha superado el diagnóstico. De no ser así, el diagnóstico ha fallado (en 126), indicándose un error en el diagnóstico núm. 4. En el caso de una rotación CBA, el dispositivo 20 ejecuta comprobaciones de envolvente similares, en 128-132 para el fasor de intensidad aplicable.

55 Diagnóstico núm. 5

Comprobación de distorsión de forma de onda de corriente

Refiriéndonos a la Figura 19, la comprobación de la distorsión de forma de onda de corriente, está diseñada para detectar la presencia de una corriente continua DC en cualquiera de las fases. Este diagnóstico es particularmente útil en contadores diseñados para dejar pasar solamente corriente alterna, y cuando el comportamiento del transformador de corriente se degrada con suficiente corriente continua, ya que la corriente continua polariza el transformador de modo que éste trabaja en una región no lineal.

La forma principal de generar corriente continua en un contador es aplicar una carga rectificadora en semionda en paralelo con una carga normal. La presencia de la señal de corriente rectificadora en semionda tiene el efecto de ampliar la altura del semiciclo, positivo o negativo, de la forma de onda, al tiempo que no afecta al otro semiciclo. Para los contadores que no están diseñados para dejar pasar corriente continua, cuando aparece esta señal en la entrada del

transformador de corriente, sufre un desplazamiento de nivel de modo que la salida tiene un valor medio de cero. Sin embargo, el pico de los semiciclos positivo y negativo de la onda ya no tiene la misma magnitud. El diagnóstico de detección de corriente continua aprovecha este fenómeno tomando las diferencias de los valores de pico positivo y negativo en un intervalo de muestreo del contador. El resultado de la acumulación de las muestras de corriente en un intervalo debe ser un valor de casi cero si no está presente corriente continua. Si está presente corriente continua, entonces el valor acumulado será significativamente mayor. Este método, denominado en lo que sigue el método del filtro de peine, proporciona valores exactos con independencia de la fase y de la magnitud de la forma de onda de corriente alterna acompañante.

Como los contadores que emplean el presente invento son, típicamente, contadores polifásicos, lo que significa que el contador mide dos o tres corrientes de fase, es posible que alguien manipule indebidamente el contador añadiendo un circuito rectificador de semionda a través de la carga para introducir corriente continua en la instalación. Este circuito podría añadirse en una sola fase. Por esta razón, el diagnóstico de detección de corriente continua debe ser habilitado para que pueda detectar corriente continua sobre una base por fases. El método de filtro de peine para calcular un valor de detección de corriente continua por fase se ilustra en el gráfico de proceso de la Figura 19. El método comprende los siguientes pasos durante cada intervalo de muestreo:

- (1) Se registra el signo de la primera muestra de voltaje en cada intervalo;
- (2) usando el signo de la primera muestra de voltaje, se detecta el primer cruce por cero del voltaje;
- (3) se acumula la segunda muestra de intensidad tras el cruce por cero del voltaje en el acumulador de picos de intensidad (esto es, aproximadamente 90°);
- (4) se acumula cada cuarta muestra de intensidad después de la muestra de intensidad inicial en el acumulador de picos de intensidad (con una separación de unos 180°);
- (5) repetir el paso (4); y
- (6) al término del intervalo de muestreo, se dividen los valores de pico de intensidad acumulados por la intensidad apropiada que se utilice en el intervalo. Esto tiene como efecto normalizar el resultado para tres márgenes de ganancia diferentes que existen para la intensidad. Asimismo, se pone a cero el acumulador para el siguiente intervalo de muestreo.

El resultado de la división en el paso (6) es un valor sin unidades directamente proporcional a la magnitud de la corriente continua presente en esa fase. Este valor se denominará valor de detección de corriente continua. El valor de detección de corriente continua se compara con un valor de umbral de detección preseleccionado para determinar si puede estar presente una corriente continua. En la realización preferida, el valor de umbral de detección se fija en 3.000, ya que se ha encontrado que un valor de 3.000 es un umbral adecuado para contadores de 200 y de 20 amperios.

El diagnóstico hace uso de muestreo A/D (analógico/digital) para garantizar el voltaje y la intensidad de cada fase, muestreada 481 veces en cada intervalo de muestreo (típicamente, 1 segundo). La intensidad para cada fase tiene una ganancia asociada con ella. Esta ganancia puede cambiar en cada intervalo de muestreo si la magnitud de la intensidad cambia lo bastante rápido. Este hecho es importante al detectar la corriente continua, ya que la técnica de detección requerirá sumar los valores de intensidad muestreados en un período de tiempo. Si se elige un período de tiempo mayor que el intervalo de muestreo, entonces existe la posibilidad de que la suma de los valores de intensidad incluya muestras tomadas en diferentes márgenes de ganancia y, así, las muestras acumuladas pierden su significado. Así, es importante que los valores de pico de intensidad acumulados resultantes se normalicen mediante la ganancia de intensidad apropiada utilizada durante tal intervalo, según se especifica en el anterior paso (6).

Debe observarse que el cálculo de un valor de detección de corriente continua solamente ocurrirá para una fase durante cualquier intervalo de muestreo simple. Así, a diferencia de los otros diagnósticos que lleva a cabo, preferiblemente, el contador al menos una vez cada 5 intervalos de muestreo (típicamente cada 5 segundos), cada una de las tres fases posibles es comprobada tres veces consecutivas a intervalos de 5 segundos, durante un tiempo total de muestreo de 15 segundos por fase. Así, el período de tiempo total requerido para realizar una comprobación completa de la distorsión de forma de onda de corriente es de 45 segundos (15 segundos para cada una de las fases, A, B y C).

Si se encuentra que el valor de detección de corriente continua es mayor que el valor de umbral de detección seleccionado para los tres intervalos consecutivos para una fase particular, entonces se registrará que en esa fase está presente una corriente continua. Una vez que se han comprobado las tres fases, si se registró la existencia de una corriente continua en alguna fase, entonces se activa el diagnóstico. Cuando ha transcurrido un segundo intervalo de 45 segundos en el que no se ha encontrado fallo alguno en ninguna fase, entonces se desactivará el diagnóstico.

Se apreciará que el valor de umbral de detección debe establecerse en un nivel que se corresponda con el valor de corriente continua para el cual comienza a degradarse el transformador de corriente del contador, de forma que puede detectarse un fallo en el diagnóstico núm. 5 y registrarlo antes de que se alcance este valor de corriente continua.

Refiriéndonos a la Figura 20, el diagnóstico llama a la rutina de comprobación de fase tres veces para cada una de las tres fases. La rutina de comprobación de fase acumula entonces muestras de intensidad, normaliza las muestras acumuladas y almacena el valor como valor de detección de corriente continua, DV_n , para cada uno de los tres intervalos de muestreo para esa fase.

Con referencia de nuevo a la Figura 19, la rutina de diagnóstico núm. 5 de comprobación comienza en 200 despidiendo el recuento de intervalos y cada uno de los recuentos de error de la fase A, la fase B y la fase C (PHA ERRCT, PHB ERRCT y PHC ERRCT). El contador de intervalos puede ser un contador de módulo 9 que puede incrementarse desde el valor 0 al 8, luego vuelve a 0, etc. Para cada uno de los primeros tres intervalos de 5 segundos (es decir, recuento de intervalos = 0, 1 o 2), la rutina realiza una comprobación de fase en 202, para la fase A. Para los siguientes tres intervalos de 5 segundos (es decir, recuento de intervalos = 3, 4 o 5), la rutina realiza una comprobación de fase, en 204, para la fase B. Y, para los tres intervalos finales de 5 segundos (es decir, recuento de intervalos = 6, 7 u 8) del ciclo de diagnóstico de 45 segundos, la rutina realiza una comprobación de fase, en 206, para la fase C.

Al completarse cada rutina de comprobación de fase para la fase A, el dispositivo determina, en 208, si el valor de detección de corriente continua es mayor que el valor de umbral de detección e incrementa el contador de errores para la fase A (ERRCT de fase A) si el valor de detección de corriente continua es mayor que el umbral. Se llama entonces a la rutina de comprobación de fase tres veces para la fase B. Nuevamente, una vez completada cada rutina de comprobación de fase, el dispositivo, en 210, determina si el valor de detección de corriente continua es mayor que el valor de umbral de detección y establece en consecuencia el contador de errores de la fase B (ERRCT de fase B). Se llama entonces a la rutina de comprobación de fase para la fase C. De nuevo, el dispositivo compara, en 212, el valor de detección de corriente continua generado para la fase C con el valor de umbral de detección e incrementa en consecuencia el contador de errores (ERRCT de fase C) para la fase C.

El dispositivo determina, entonces, en 214, si algunos de los contadores de errores de la fase A, la fase B o la fase C tiene un valor de 3. Si es así, se ha detectado un corriente continua DC en esa fase durante tres intervalos de muestreo consecutivos, el dispositivo anota, en 216, un fallo de diagnóstico núm. 5 en el contador de fallos de fase A, fase B o fase C (PHA CHK FAILURE, PHB CHK FAILURE o PHC CHK FAILURE, respectivamente), para cada fase para la que ERRCT = 3. E cualquier caso, cada uno de los contadores PHA, PHB y PHC CHK FAILURE se suman al contador de diagnóstico núm. 5, en 218 (indicando el número total acumulado de fallos en el diagnóstico núm. 5) y se completa el diagnóstico.

Así, al término de un intervalo de muestreo de 45 segundos, después de que cada fase ha sido comprobada tres veces, se registrará un fallo en el diagnóstico núm. 5 si alguno de los tres contadores de errores de fase ha registrado fallos en las tres comprobaciones. El contador de diagnóstico núm. 5 (DIAG #5 ERROR COUNTER) del que se informa en el modo de "caja de herramientas", será la suma de los tres contadores de detección de corriente continua por fase.

Detección automática del servicio

En una realización del invento, el dispositivo incluye, además, lógica para determinar automáticamente el servicio eléctrico soportado por el contador basándose en el factor de forma previamente programado del contador y en el desplazamiento angular de los vectores de voltaje V_A y V_C . Esta posibilidad elimina la necesidad de que el cliente programe el tipo de servicio eléctrico en el contador antes de su instalación y, por tanto, permite que el cliente se aproveche de la capacidad multiservicio, flexible, del contador y reduce las exigencias de inventario del contador del cliente. Además, la posibilidad de detección automática del servicio eléctrico garantiza que el contador y cualquiera de los diagnósticos habilitados para el sistema y la instalación funcionen correctamente al instalarlo con una programación previa mínima. Finalmente, la posibilidad de detección automática del servicio permite reinstalar un contador de un servicio eléctrico en otro sin tener que programar previamente el cambio de tipo del servicio eléctrico soportado por el contador.

Refiriéndonos a la Figura 21, en una realización el dispositivo incluye, además, la posibilidad de detección automática del servicio eléctrico para los contadores que han sido programados previamente como formas 5S, 6S, 9S, 12S, 16S, 26S, 5A, 6A, 8A y 10A. Cada uno de los diferentes servicios dentro de uno de los grupos de formas representados en la Figura 19, tiene un diagrama de fasor de carga por resistencia, equilibrado y único, que muestra la situación angular de cada uno de los voltajes e intensidades de fase individuales con respecto a un voltaje de fase A. En una aplicación en el mundo real, los favores de intensidad se eliminarán de estas posiciones de carga por resistencia equilibrada debido a cargas variables. Sin embargo, los fasores de voltaje no varían con la carga y deben estar dentro de un margen comprendido entre uno y dos grados respecto de sus posiciones de carga por resistencia equilibrada. Como el fasor de voltaje de fase B no estará presente en los contadores de dos elementos ni en el contador 6S (6A), este voltaje es artificial. Sin embargo, el fasor de voltaje de fase C está presente en todas las formas y en todos los servicios diferentes y se mide con respecto al voltaje de fase A. Así, para los contadores de forma identificados en la Figura 21, una comprobación de la posición angular de los favores de voltaje de fase C con relación al fasor de voltaje A proporcionará, solamente, la información necesaria para determinar en que servicio está incorporado el contador.

La única excepción a esta regla es que en el grupo constituido por las formas 5S, 5A y 26S no puede distinguirse entre el servicio en red y en estrella con cuatro conductores examinando simplemente las posiciones de los fasores de voltaje de la fase C y de la fase A. En la realización del dispositivo descrita en este documento el dispositivo, en estas condiciones, simplemente supone un servicio en estrella con cuatro conductores.

Así, como se muestra en la Figura 21, si se conoce el factor de forma del contador, con frecuencia puede determinarse el tipo de servicio eléctrico midiendo el desplazamiento angular de los factores de voltaje. En particular, cada una de las formas de contador 8A, 10A, 95 y 16S soporta los servicios eléctricos en estrella con cuatro conductores y en triángulo con cuatro conductores. Como el desplazamiento de los fasores de voltaje V_A y V_C en los sistemas en estrella con cuatro conductores y en triángulo con cuatro conductores es diferente (120° y 90° , respectivamente, para una rotación ABC), el dispositivo, después de un retardo de tiempo adecuado tras la puesta en marcha a fin de garantizar unas mediciones angulares válidas para los favores calculados por el dispositivo, determina el desplazamiento entre los fasores de voltaje V_A y V_C y, basándose en ese desplazamiento, determina si el contador está instalado en un sistema en estrella con cuatro conductores o en triángulo con cuatro conductores.

Similarmente, para las formas 6S o 6A del contador, el dispositivo determina si el desplazamiento de los fasores V_A y V_C se encuentra dentro de un margen aceptable respecto de 120° , preferiblemente más o menos 10° , para garantizar que el contador se encuentra instalado en el servicio eléctrico en estrella con cuatro conductores, apropiado, que soporta. Para contadores 12S, el dispositivo determina si el ángulo de los favores V_A y V_C se encuentra dentro de un umbral aceptable de 60° , 120° o 180° y, si lo está, determina que el contador ha sido instalado, respectivamente, en un servicio eléctrico en triángulo con tres conductores, en red o monofásico. Finalmente, para las formas 5S, 5A y 26S, el dispositivo examina los fasores V_A y V_C para determinar si su ángulo cae dentro de umbrales aceptables para cada uno de los servicios en triángulo con tres conductores (60°), en triángulo con cuatro conductores (90°) o en estrella con cuatro conductores (120°) y, si lo está, registra el tipo de servicio eléctrico correspondiente.

Debe observarse que, en el caso de las formas 5S, 5A y 26S, el dispositivo no puede distinguir entre servicio en estrella con cuatro conductores y en red, ya que el ángulo entre los fasores V_A y V_C para ambos servicios citados es de 120° en la rotación ABC. Sin embargo, como en la actualidad no muchas instalaciones utilizan la forma 5S en un servicio de red, en una realización, el dispositivo supone, simplemente, que un desplazamiento angular V_A/V_C de 120° corresponde a un sistema eléctrico en estrella con cuatro conductores. Se apreciará que si el contador se está utilizando, realmente, en un servicio de red, seguirá funcionando correctamente a pesar que la determinación, por parte de la capacidad de detección automática del servicio de que el contador está instalado en una red en estrella con cuatro conductores. Sin embargo, como existe un desfase de 30° entre la intensidad (I) y el voltaje (V) en el sistema en estrella con cuatro conductores y como los fasores de intensidad y de voltaje en el servicio en red no están desplazados uno con respecto al otro, algunos cálculos de diagnóstico, tales como los de los diagnósticos 1 y 4 descritos en este documento, pueden indicar falsos errores si un contador de forma 5S, 5A o 26S que incluya la anteriormente descrita capacidad de detección automática del servicio eléctrico se utiliza en un servicio en red.

Se apreciará que el dispositivo puede incorporarse, en la práctica, igualmente, para detectar automáticamente el servicio eléctrico en el que se instalan otras formas de contador, bien examinando los fasores de voltaje y/u otra información adquirida a través de los diagnósticos automáticos del sistema.

También debe observarse que los desplazamientos angulares ilustrados en la Figura 21 son para la secuencia ABC. Preferiblemente, el dispositivo también comprueba los valores de desplazamiento angular V_A y V_C para rotaciones ABC realizando la determinación del servicio eléctrico. Se apreciará que en una rotación CBA, el fasor de voltaje de fase C, V_C , sería de 360° menos la posición V_C ilustrada en la Figura 21.

Las Figuras 22 y 23 ilustran una gráfica de proceso de la función de comprobación automática del servicio empleada en una realización del presente invento. Cada vez que se activa el contador o siempre que se reconfiguren los diagnósticos del sistema, el contador ejecutará la función de servicio de comprobación del sistema. Esta puede ser activada asignando inicialmente un valor no válido al tipo de servicio. El dispositivo, al ponerse en marcha, o al reconfigurarse después de, por ejemplo, un corte de corriente, reconocerá el valor no válido y, automáticamente, iniciará la determinación de un tipo de servicio válido.

Se establece un retardo de diagnóstico igual a un período predeterminado, de preferencia de unos 8 segundos, para un contador que funcione a 60 Hz, a fin de permitir que el contador se asiente y para realizar el cálculo de mediciones angulares válidas para los cinco fasores posibles. Por tanto, la función de detección automática del servicio no se ejecuta mientras está activo este retardo, ya que los valores de los fasores V_A y V_C pueden no ser fiables. Transcurrido el período de retardo del diagnóstico, se activa la función de detección automática del servicio al final de cada intervalo de muestreo (un segundo para 60 Hz) hasta que se encuentra un servicio válido. Si no reencuentra un servicio válido y en el dispositivo se han habilitado cualesquiera diagnósticos, el fallo en la determinación del servicio válido será registrado como fallo en el diagnóstico núm. 1. Si no se habilitan diagnósticos, no se registrará el error de servicio no válido. E una realización del dispositivo que emplea la función de detección automática del servicio, el error en el diagnóstico núm. 1 por un servicio no válido no se ofrece en la presentación a no ser que el diagnóstico núm. 1 tenga capacidad para desplazarse o bloquearse en la pantalla, como se describe en esta memoria.

En tanto no se encuentre un servicio válido, no se realizarán los diagnósticos. Una vez determinado un servicio válido de entre los tipos de servicio registrados en el dispositivo, cesa la detección automática del servicio y el contador comienza a realizar comprobaciones de diagnóstico durante cada intervalo de muestreo, como se describe en lo que sigue, para los diagnósticos de sistema que han sido habilitados.

Debe observarse que, en una realización del presente invento, el fallo en el diagnóstico núm. 1 cuando tiene lugar un fallo en la detección del servicio, es ligeramente diferente del fallo en el diagnóstico núm. 1 normal. Si no se encuentra

ES 2 271 956 T3

inmediatamente el servicio en la primera comprobación, entonces se activa un fallo en el diagnóstico núm. 1, siempre que, al menos, una de las posibilidades de diagnóstico del sistema esté habilitado en el dispositivo. Tan pronto como se encuentre un servicio válido, se despejará inmediatamente el error en el diagnóstico núm. 1. El fallo solamente se presentará en el contador si el diagnóstico núm. 1 está habilitado para desplazarse o bloquearse. El fallo se registra siempre en el contador de errores del diagnóstico núm. 1, suponiendo que esté habilitado uno de los diagnósticos del sistema. Si no hay habilitado ninguno de los diagnósticos del sistema, entonces no se registrará el fallo. Esto le ofrece al cliente la opción de desactivar cualquier alarma.

Debe observarse que, en la ejecución práctica mostrada en las Figuras 22 y 23, el dispositivo tiene una tolerancia, de preferencia más o menos 10°, sobre la posición de los fasores de voltaje con el fin de superar con éxito el diagnóstico. Esta tolerancia se ha encontrado adecuada a la vista de la discrepancia limitada de los fasores de voltaje, típicamente dentro de uno o dos grados de sus posiciones de carga resistiva equilibrada, en funcionamiento en el campo.

Definición de diagnósticos por el usuario

El dispositivo permite, preferiblemente, que el usuario habilite o inhabilite la realización de uno o más de los diagnósticos del sistema durante la instalación del contador. Si se incorporan los diagnósticos, el dispositivo también proporciona la posibilidad de utilizar parámetros definidos por el usuario, preferiblemente como se describe en lo que sigue.

Para activar o desactivar cualquiera de las comprobaciones de diagnóstico descritas en lo que antecede, el usuario debe responder a los siguientes tipos de preguntas del software de programación para cada comprobación de diagnósticos soportada por el dispositivo:

“DIAGNOSTIC #N DISABLE” (“INHABILITAR DIAGNOSTICO NÚM. 1”)

Para cada “diagnóstico N” (donde N representa uno de los números de diagnóstico, 1-4), el usuario pulsa la tecla de “retorno” para acceder a un menú que, preferiblemente, incluye las siguientes opciones:

Inhabilitar

Ignorar

Bloquear

Desplazarse arriba/abajo.

La opción “Inhabilitar” inhabilita la realización de ese diagnóstico.

La opción “Ignorar”, si está incorporada, significa que el diagnóstico efectuará el aviso de condición de error (como se describe más adelante), pero no la presentará.

La opción “Bloquear”, si está incorporada, hará que el dispositivo de presentación del contador se bloquee en el mensaje de error de diagnóstico en caso de que se determine un error de diagnóstico.

La opción “Desplazarse arriba/abajo”, si está incorporada, hará que se presente un mensaje de error de diagnóstico, cuando se descubra uno, durante el “tiempo de desconexión” entre cada elemento de presentación del contador en el modo normal.

Además de la pregunta anterior, al usuario se le pedirá que programe el tipo de servicio eléctrico (por ejemplo, en estrella con cuatro conductores) soportado por la instalación particular del contador.

Para el diagnóstico núm. 2, se le pedirá, también, al usuario que programe la tolerancia para todos los voltajes introduciendo un número (correspondiente, preferiblemente, a la tolerancia porcentual) en respuesta a la siguiente pregunta:

DIAGNOSTIC #2 PERCENT TOLERANCE _____

(PORCENTAJE DE TOLERANCIA EN DIAGNÓSTICO NÚM 2. _____)

Para el diagnóstico núm. 3, al usuario se le pedirá, preferiblemente, que programe un valor mínimo de intensidad aceptable en respuesta a la siguiente pregunta:

DIAGNOSTIC #3 MINIMUM CURRENT: _____

(INTENSIDAD MÍNIMA PARA DIAGNÓSTICO NÚM. 3 _____)

ES 2 271 956 T3

Para el diagnóstico núm. 4 también se le pedirá al usuario que programe la diferencia angular permisible introduciendo un número (1-90°) en respuesta a la siguiente pregunta:

DIAGNOSTIC #4 TOLERANCE ANGLE _____

(ÁNGULO DE TOLERANCIA PARA DIAGNÓSTICO NÚM. 4 _____)

Si se seleccionó la opción de “Bloquear” o la de “Desplazarse arriba/abajo”, el contador presentará el siguiente mensaje, tan pronto como se detecte un error de diagnóstico:

ErDIAG N (donde N = número del diagnóstico)

Asimismo, el número de ocurrencias de este contador de errores se incrementa en uno siempre que se detecte el error. Sin embargo, como se ha mencionado previamente, en la realización preferida, el reconocimiento del sistema y la presentación inicial de un error de diagnóstico no se producirán hasta que la condición de error se haya presentado en tres comprobaciones consecutivas. Igualmente, el error no se borrará de la presentación hasta que no haya existido durante dos comprobaciones consecutivas. Asimismo, dependiendo de cómo se programa el dispositivo al instalarlo, la presentación se bloqueará en el mensaje de error o desplazará el mensaje ofreciéndolo durante el “tiempo de desconexión” entre cada elemento de presentación del contador en modo normal. Pueden adoptarse otros diversos regímenes de presentación de errores consistentes con las enseñanzas del presente invento.

Comprobaciones automáticas del contador

El dispositivo 20 del presente invento también se programa, de preferencia, adecuadamente, para realizar en forma periódica una serie de comprobaciones automáticas del contador y, si se detecta algún error, el dispositivo registrará la existencia de una condición de error, presentará un código de error correspondiente al tipo de error detectado y, dependiendo del tipo de error, tomará otra acción adecuada.

El dispositivo, de preferencia, incorpora una serie de rutinas que, periódicamente, comprueban la existencia de errores fatales y de errores no fatales. Los errores se clasifican como fatales cuando el fallo detectado pueda haber corrompido datos de facturación o cuando el fallo detectado pueda hacer que el contador funcione, en el futuro, de manera no fiable. El dispositivo 20 lleva a cabo en el contador, preferiblemente, comprobaciones automáticas de la RAM interna del módulo registrador del contador, de la ROM del módulo registrador, de la EEPROM del módulo registrador, una REPOSICIÓN (RESET) espúrea del módulo registrado y de la RAM, ROM y la EEPROM internas del módulo de extremo frontal. Estos componentes del contador son comprobados, preferiblemente, siempre que se restablezca la corriente al contador tras un corte del suministro o, de otro modo, cuando se reconfigure el contador. Si se detecta un error de RAM, de ROM, de EEPROM, de procesador del módulo frontal u otro error fatal, el dispositivo 20 presentará un código de error predeterminado correspondiente al error detectado, bloqueará la presentación en el código de error hasta que se inicialice de nuevo el contador e interrumpirá todas las funciones del contador excepto la de comunicaciones.

El dispositivo 20 comprueba la existencia de un error de caída de corriente determinando si el procesador del módulo registrador ha encontrado una REPOSICIÓN (RESET) del equipo sin pasar, primero, por una rutina predeterminada de corte de corriente. Esto puede ocurrir si un transitorio de la línea de corriente lleva la línea a una REPOSICIÓN (RESET) momentáneamente. Un método de comprobar una REPOSICIÓN (RESET) espúrea es grabar un byte especial en la EEPROM del registrador como último paso en el tratamiento de un apagón. Si no está presente este byte especial al volver la corriente, se ha producido una REPOSICIÓN (RESET) espúrea. El dispositivo 20 presentará entonces el código de error de caída de corriente e interrumpirá todas las funciones del contador excepto las comunicaciones.

El dispositivo comprueba, similarmente, la existencia de fallos en la RAM, la ROM, la EEPROM y el procesador en el módulo de extremo frontal, como se ha descrito en lo que antecede. En la realización integrada en el contador de la Figura 3, el módulo de extremo frontal interrumpirá su comunicación con el módulo registrador si se descubre cualquier error fatal en el módulo frontal. Si el módulo de extremo frontal deja de comunicarse con el módulo registrador durante cinco segundos, se supone que se ha detectado uno de estos errores, se presenta el código de error de fallo de procesador de extremo frontal, y se asegura la línea de REPOSICIÓN 68HC11 hasta que el módulo de extremo frontal reanuda su funcionamiento normal.

Las comprobaciones automáticas del contador llevadas a la práctica por el dispositivo incluyen también, preferiblemente, una serie de errores no fatales, tales como condiciones de error por desbordamiento a escala completa del registrador, reloj del sistema, tiempo de uso (TOU), memoria de masa, flujo inverso de corriente y batería descargada.

Por ejemplo, se informará de un error de desbordamiento a escala completa del registrador si el registrador de picos Kw supera un valor previamente programado a escala completa del registrador. Si se detecta este suceso, el dispositivo presenta un error de desbordamiento a escala completa del registrador, error que será despejado cuando se reinicie el contador o cuando el error sea borrado por un dispositivo de programación predefinido.

ES 2 271 956 T3

Se informará sobre un error de reloj si el minuto, la hora, la fecha o el mes están fuera de un margen predefinido. Si se produce un error de reloj, serán inhabilitadas las opciones de TOU y de memoria de masa y se dejará de grabar datos de intervalo hasta que se reconfigure el contador.

5 Se informará de un error de TOU si un parámetro de TOU interno resulta corrompido y contiene un valor que cae fuera de un margen aceptado, predefinido. Si se produce un error de TOU, se presentará el código de error apropiado y se inhabilitará la opción de TOU.

10 Se informará sobre un error de memoria de masa si resulta corrompido un parámetro de memoria de masa interno o si cae fuera de su margen aceptable predefinido. Si se produce un error de memoria de masa, se presentará el código de error apropiado y se inhabilitará la opción de memoria de masa.

15 Se informará de un error de flujo inverso de corriente si el módulo de extremo frontal detecta el equivalente de una revolución completa y continuada del disco en sentido inverso. Se informará de este error independientemente de si se mantiene o no la energía.

20 Se informará de un error de batería descargada si se percibe la señal LOBAT (BATERÍA BAJA) en el circuito integrado de alimentación de corriente cuando se comprueba su nivel. Si se detecta un error de batería descargada, se presentará el código de error apropiado y, como en el caso de un error de reloj, se inhabilitarán todas las opciones de TOU y de memoria de masa. Si se cambia la batería antes de cualquier corte del suministro, se despejará el error de batería descargada cuando el voltaje de la misma aumente por encima de un valor de umbral predefinido. Sin embargo, si el voltaje de la batería estaba por debajo del umbral cuando ocurrió un corte de suministro, debe reconfigurarse el contador para despejar este error.

25 Preferiblemente, el dispositivo comprueba, también, la existencia de desbordamientos a escala completa del registrador al final de cada intervalo de demanda, y comprueba, de preferencia, la existencia de errores de reloj, TOU y memoria de masa al aplicarse la corriente, a las 2300 horas y cuando se produce cualquier tipo de reconfiguración del contador. La existencia de un error de flujo inverso de corriente lo comprueba, preferiblemente, el dispositivo cada segundo y la de un error de batería descargada es comprobada al aplicarse la corriente y una vez cada intervalo.

30 En la realización preferida del dispositivo 20, éste le permite al usuario seleccionar cual de las comprobaciones automáticas del contador será ejecutada. En la realización preferida, si se detecta alguno de los errores no fatales, el dispositivo presentará un código de error predeterminado correspondiente al error detectado durante el tiempo de desconexión entre elementos de presentación normales. Alternativamente, el dispositivo puede permitir que el usuario lo programe para bloquear la presentación en el código de error de cualquier error no fatal, una vez detectado dicho error. En este caso, la activación de un interruptor por parte del usuario hará que el contador recorra una vez la lista de presentación normal y, luego, se bloquee volviendo a la presentación del error no fatal.

40 Debe observarse que, en la realización preferida, las comprobaciones de errores fatales no pueden ser inhabilitadas. Si deja de seleccionarse algún error no fatal, no será presentado ni se marcará.

45 Los expertos en la técnica apreciarán que pueden incorporarse en la práctica varios regímenes de presentación. Por ejemplo, el dispositivo puede programarse para bloquear la presentación en el código de error correspondiente a cualquier error no fatal detectado hasta que se active un interruptor magnético. Al activarse el interruptor magnético, el dispositivo puede realizar todo el recorrido hasta su presentación normal, y bloquearse entonces en la presentación del código de error no fatal. Alternativamente, podría programarse el dispositivo para que continuase recorriendo una lista de presentación predefinida, presentando periódicamente cualesquiera códigos de error fatales y no fatales.

50 Periódicamente pueden comprobarse de forma similar, otros componentes del contador utilizando medios usuales y códigos de error asignados que pueden presentarse cuando sea apropiado para avisar al usuario de una posible corrupción de los datos o del funcionamiento no fiable del contador.

55 *Modo de “caja de herramientas” (Servicio)*

60 La “caja de herramientas” de diagnóstico está constituida por un conjunto, seleccionado y fijo, de elementos de presentación que, preferiblemente, adopta el formato ilustrado en la Figura 14. En la realización preferida, se accede a la presentación de “caja de herramientas” a través de un interruptor magnético de lengüetas que está situado en la posición de las 12 del reloj en el dial del contador y dicho interruptor es activado manteniendo un imán cerca del interruptor de lengüetas durante, al menos, 5 segundos. Esto lo puede conseguir el usuario poniendo un imán encima del contador.

65 Cuando se accede a ella, cada uno de los elementos de la presentación de “caja de herramientas” se presenta individualmente, como se muestra, y en la secuencia indicada en la Figura 14. Una vez que el contador se encuentra en el modo de presentación de “caja de herramientas”, se puede recorrer toda la lista de elementos de la presentación de “caja de herramientas”, al menos, una vez. Cuando se retira el imán, el contador acabará llegando hasta el final de la lista de presentación de “caja de herramientas” y, luego, retornará al funcionamiento en modo normal. El anunciador

ES 2 271 956 T3

TEST (PRUEBA) destellará dos veces por segundo durante todo el tiempo en que el contador se encuentre en el modo de “caja de herramientas”.

5 Todos los contadores de error de diagnóstico núm. (#DIAG) son despejados, preferiblemente, mediante un dispositivo externo, tal como mediante un ordenador personal portátil o a través de comunicaciones normales. En la realización preferida, el valor máximo de cada contador es de 255.

10 Mientras el contador se encuentra en el modo de “caja de herramientas”, continúa realizando las operaciones usuales como contador. Ello garantiza que el funcionamiento del contador no se ve afectado aún cuando se deje el imán encima del contador durante un período de tiempo prolongado. El dispositivo actualiza continuamente las cantidades presentadas en la “caja de herramientas” a medida que cambian de valor durante todo el tiempo que el contador se encuentra en el modo de “caja de herramientas”.

15 Mientras está en el modo de “caja de herramientas”, el emulador de disco de potencia rueda a una revolución cada 1,33 segundos en el sentido de circulación de la corriente de la fase para la que está siendo presentada información en ese momento. Por ejemplo, mientras se están presentando el voltaje, la intensidad, el ángulo de voltaje y el ángulo de intensidad de la fase A, el emulador de disco de potencia gira una vez por segundo en el sentido de circulación de la corriente de fase A. Tan pronto como se presentan los valores de la fase B (si existe), el emulador de disco de potencia invierte su sentido de giro si la circulación de corriente en la fase B es contraria a la de la fase A. El emulador de disco de potencia es desactivado mientras se presentan los contadores de errores de los cuatro diagnósticos.

20 Como el cliente requiere una indicación continua del potencial, en la presentación existen tres indicadores de potencial, designados preferiblemente V_A , V_B y V_C . Estos indicadores están “ACTIVOS” en tanto el voltaje correspondiente sea superior al umbral predefinido. El umbral se define, preferiblemente, como el 75% del voltaje más bajo para el que está preparado para funcionar el contador. Si algún voltaje cae por debajo del umbral, su indicador destellará, preferiblemente dos veces por segundo.

30 Cuando existe más de un error al mismo tiempo, se presenta solamente la información relativa a uno de los errores, basándose en una prioridad previamente definida. En la realización preferida del dispositivo, se establecen las siguientes prioridades:

1. Los errores en la comprobación automática del contador tienen prioridad sobre los errores de diagnóstico de instalación y de sistema.
- 35 2. Como solamente puede presentarse un error de diagnóstico de instalación y de sistema cada vez, el error poseedor de la prioridad más alta, será el que se presente utilizando una lista de prioridades previamente definida.

40 Si existen dos o más errores de sistema y de diagnóstico de instalación, el error con la prioridad más elevada será el presentado y el que disparará el cierre de los contactos de salida. Si, luego, se subsana este error, se presentará el siguiente error con la prioridad más alta que todavía persista y, también en este caso, será el que dispare el cierre de los contactos de salida. Se sigue garantizando así el cierre de los contactos de salida (aviso de condición de error) en tanto se haya disparado uno más de los errores de diagnóstico.

45 Como se ha descrito en lo que antecede y se ilustra en la Figura 14, la presentación de “caja de herramientas” también ofrece, de preferencia, el valor instantáneo de la intensidad y del voltaje para cada fase y su relación de fase con el voltaje de la fase A. Con esta información, el usuario puede confeccionar un diagrama de fasores que le ayude a determinar la instalación y el funcionamiento correctos del contador. Esta presentación muestra, también, el número de errores de diagnóstico acumulados para cada diagnóstico desde la última vez en que se despejaron los valores del dispositivo.

50 Un ejemplo de la relación deseada entre un diagrama de fasores para una instalación de un contador trifásico y una presentación de “caja de herramientas”, se muestra en las Figuras 14 y 15, respectivamente. Con la información sobre intensidad, voltaje y ángulo de fase ofrecida por la presentación de “caja de herramientas”, el usuario debe poder confeccionar un diagrama de fasores como se muestra en la Figura 15. Esto le permitirá al usuario tener una percepción del estado del sistema de corriente, e identificar cualesquiera peculiaridades o errores. Como se ha mencionado antes, la presentación de “caja de herramientas” ofrecerá, también, el estado de los cuatro contadores de diagnóstico que proporcionarán al usuario información más detallada sobre el estado del sistema.

60 *Cálculo de ángulos de fase*

En la realización preferida, la información sobre el ángulo para voltajes e intensidades de fase utilizados en los diagnósticos núms. 1 y 4 del sistema, y requerida para ofrecerla en la presentación de “caja de herramientas”, se determina a partir de los valores acumulados de voltaje y de intensidad para cada fase, así como los productos acumulados, Q e Y (como se definen en lo que sigue). De preferencia, se utiliza el voltaje en la fase A como referencia (o fasor de base) para los otros ángulos. El ángulo de voltaje en la fase A aparecerá así como $0,0^\circ$ en la presentación. Los otros cinco valores de ángulos para (I_A , I_B , I_C , V_B , V_C) se facilitarán con respecto al voltaje en la fase A y se darán, siempre, con respecto a una referencia de retardo.

ES 2 271 956 T3

1. El ángulo de fase entre V_A e I_A

Si se conocen la potencia y la potencia aparente, puede derivarse el factor de potencia. La relación es la siguiente:

$$\text{Potencia aparente} = I_{\text{RMS}} V_{\text{RMS}}$$

$$\text{Factor de potencia} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Potencia aparente}} = \frac{\text{Potencia}}{I_{\text{RMS}} V_{\text{RMS}}}$$

El ángulo de fase (θ) entre voltaje e intensidad puede calcularse, entonces, en la forma siguiente:

$$\theta = \arccos(\text{Factor de potencia})$$

El dispositivo del presente invento puede determinar, también, si la intensidad se adelanta o se retrasa respecto al voltaje examinando el signo de la corriente reactiva. Si la corriente reactiva es positiva, entonces la intensidad se retrasa respecto al voltaje y, si la corriente reactiva es negativa, entonces la intensidad se adelanta al voltaje.

En la realización preferida, la intensidad, el voltaje eficaz (RMS) y la intensidad eficaz (RMS) se calculan cada 60 ciclos de la línea para cada fase del contador. Esto se consigue tomando 481 muestras del voltaje y de la intensidad durante un período de 60 ciclos. Se hacen las multiplicaciones y las sumas necesarias y, luego, se promedian estos valores para obtener la intensidad, el voltaje eficaz (RMS) y la intensidad eficaz (RMS) para 60 ciclos dados de la línea. Luego, se utilizan estas cantidades al final de cada sexagésimo ciclo de la línea a fin de calcular un factor de potencia para cada fase. La corriente reactiva puede calcularse en forma muy parecida a la corriente, excepto por que debe inducirse un desfase de 90 grados entre las mediciones de intensidad y de voltaje. Este desfase puede conseguirse tomando la presente muestra de intensidad y multiplicándola por una muestra de voltaje retardada (almacenada en memoria) correspondiente a un desfase de 90 grados.

2. Derivación de un método para el cálculo de un ángulo de fase generalizado

Como se demuestra en lo que sigue, el método de calcular el ángulo de fase de V_A a I_A puede generalizarse para calcular el ángulo entre cualquier fasor de referencia (tal como V_A) y cualesquiera otros fasores (tales como V_B , I_B , V_C o I_C). Refiriéndonos ahora a la Figura 16, consideraremos dos ondas senoidales de igual frecuencia, diferente magnitud y cuyas fases están desplazadas, una respecto a otra, como sigue:

$$a(t) = A \cos(\omega t)$$

$$b(t) = B \cos(\omega t - \theta)$$

Representando el argumento coseno como $(\omega t - \theta)$, la suposición implícita es que θ representa un desfase de retardo desde la referencia $a(t)$ hasta $b(t)$. La posición respectiva se refiere a si $b(t)$ llega a su valor máximo antes o después de $a(t)$ con respecto al tiempo. Si $b(t)$ alcanza un máximo después de $a(t)$, entonces se dice que *se retrasa respecto a* $a(t)$. Si $b(t)$ alcanza un máximo antes de $a(t)$, entonces se dice que *adelanta a* $a(t)$.

Con el fin de aislar el ángulo de fase θ , se evaluará el valor medio del producto de las dos ondas senoidales. Este valor medio vendrá designado por Q . La ecuación para obtener el valor medio es como sigue:

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T A \cos(\omega t) B \cos(\omega t - \theta) dt$$

donde A y B representan las amplitudes de las ondas senoidales $a(t)$ y $b(t)$, respectivamente. La amplitud X_{MAX} de una onda senoidal está relacionada con el valor eficaz (RMS), X_{RMS} , mediante la siguiente relación:

$$X_{\text{MAX}} = \sqrt{2} X_{\text{RMS}}$$

Por tanto,

$$A = \sqrt{2} A_{\text{RMS}} \quad \text{y} \quad B = \sqrt{2} B_{\text{RMS}}$$

Sustituyendo estas relaciones en la ecuación para Q , ésta pasa a ser:

$$Q = A_{\text{RMS}} B_{\text{RMS}} \cos\theta$$

o

ES 2 271 956 T3

$$\cos(\theta) = \frac{Q}{A_{\text{RMS}} B_{\text{RMS}}}$$

y, finalmente,

$$(\theta) = \arccos\left(\frac{Q}{A_{\text{RMS}} B_{\text{RMS}}}\right).$$

Por tanto, si se conocen el valor medio del producto de dos ondas senoidales y los valores eficaces (RMS) de las dos ondas individuales, entonces puede calcularse el ángulo entre las dos ondas. Esta información, por sí sola, no nos permitirá determinar si b(t) se retrasa o se adelanta con respecto a a(t). Sin embargo, si se conociese el seno del ángulo θ , entonces podría determinarse si el ángulo es un ángulo de adelanto o de retardo.

Con el fin de determinar el seno del ángulo, consideremos el valor medio de los productos de dos ondas senoidales, cuando a(t) está desfasada en 90° o $\pi/2$ radianes. Una expresión para la versión desfasada de a(t), es como sigue:

$$\hat{a}(t) = A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

El valor medio del producto de a(t) y b(t) se denominará cantidad Y. La ecuación es la siguiente:

$$Y = \frac{1}{T} \int_0^T A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) B \cos(\omega t - \theta) dt$$

Resolviendo la integral se obtiene la siguiente relación:

$$Y = \frac{AB}{2} \sin(\theta)$$

Por tanto, si el valor medio del producto de las dos ondas senoidales, (Q), es conocido, el valor medio del producto de las ondas senoidales con el retardo de onda de referencia desplazado en 90° (Y), es conocido y se conoce el valor eficaz (RMS) para cada una de las ondas, luego puede calcularse el ángulo de fase y determinarse si la onda sin referencia se retrasa o se adelanta con respecto a la onda de referencia. Las dos ecuaciones que pueden utilizarse para determinar la magnitud de los ángulos de fase, son las siguientes:

$$\theta = \arccos\left(\frac{Q}{A_{\text{RMS}} B_{\text{RMS}}}\right)$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{Y}{A_{\text{RMS}} B_{\text{RMS}}}\right)$$

El que un ángulo se adelante o se retrase puede evaluarse examinando el signo de los argumentos de arcocoseno y de arcoseno. Como un ángulo positivo corresponde a un ángulo que se retrasa, entonces lo que sigue es válido para determinar si el ángulo se adelanta o se retrasa.

Argumento arcocoseno (+), argumento arcoseno (+)

- Retraso entre 0 y 90 grados

Argumento arcocoseno (-), argumento arcoseno (+)

- Retraso entre 90 y 180 grados

Argumento arcocoseno (-), argumento arcoseno (-)

- Adelanto entre 90 y 180 grados; y

Argumento arcocoseno (+), argumento arcoseno (-)

- Adelanto entre 0 y 90 grados

Por tanto, si Q, Y y los valores eficaces (RMS) para a(t) y b(t) están disponibles, entonces puede determinarse el ángulo de fase entre estas ondas senoidales.

ES 2 271 956 T3

La técnica anteriormente descrita para encontrar el ángulo de fase será aplicable, así, a cualquier par de voltajes o de intensidades. Por ejemplo, para determinar el ángulo entre V_B y V_A , las dos cantidades requeridas que habrá que calcular son el valor medio del producto de las dos ondas (Q_{VAB}) y el valor medio del producto de las dos ondas con V_A desfasado en 90 grados (Y_{VAB}).

Como se ha mencionado previamente, el contador que incorpora la realización preferida del dispositivo 20 muestrea V_A y V_B 481 veces cada 60 ciclos de la línea. Si se calcula el producto de V_A y V_B para cada una de las 481 muestras y se acumula durante un intervalo de muestreo entonces, al final del intervalo de muestreo, puede calcularse el valor medio del producto de las dos ondas, Q_{VAB} . La ecuación para Q_{VAB} es como sigue:

$$Q_{VAB} = C \frac{\sum_{n=1}^{481} V_{A(n)} \times V_{B(n)}}{481},$$

donde C es un factor de escala de calibración utilizado para compensar la reducción de los voltajes de fase a un valor mensurable.

Y_{VAB} puede encontrarse, en forma similar, a partir de:

$$Y_{VAB} = C \frac{\sum_{n=1}^{481} V_{A(n-2)} \times V_{B(n)}}{481}$$

donde el C para el cálculo de Y_{VAB} es igual que el C para el cálculo de Q_{VAB} y $V_{A(n-2)}$ es el voltaje V_A dos muestras antes de la muestra $V_{A(n)}$.

El muestreo está diseñado de forma que dos muestras consecutivas de una señal estén separadas en 44,91 grados. Por tanto, si se toma la muestra de voltaje dos muestras antes, el resultado de ello será un desfase de 89,82 grados, es decir, de aproximadamente 90 grados.

Debe observarse que, en lugar de utilizar muestras desfasadas de V_A , las otras cantidades podrían estar desfasadas en 90° para calcular el ángulo de fase. Ello daría el mismo resultado en cuanto a la magnitud del valor de Y . Sin embargo, con ello se cambiaría la información sobre el signo, por cuanto el ángulo de fase está desfasado en 180°. Mediante esta ejecución práctica, se tienen las siguientes relaciones de signo entre los argumentos de arcoseno y de arcocoseno:

Arcocoseno (+), arcoseno (-)

- Ángulo de retraso de entre 0 y 90 grados;

Arcocoseno (-), arcoseno (-)

- Ángulo de retraso de entre 90 y 180 grados;

Arcocoseno (-), arcoseno (+)

- Ángulo de adelanto de entre 90 y 180 grados;

Arcocoseno (+), arcoseno (+)

- Ángulo de adelanto de entre 0 y 90 grados.

Si hubiesen de calcularse los nuevos valores en cada intervalo de muestreo para los ángulos de fase necesarios para la presentación de “caja de herramientas”, entonces los diez términos producto y suma antes mostrados tendrían que calcularse en cada intervalo de muestreo. Debido al uso excesivo de tiempo de procesador y de RAM requerido para acumular los diez términos en cada intervalo de muestreo, preferiblemente sólo se consideran un par de términos para cada intervalo de muestreo. Esto limita el uso de tiempo de procesador y de RAM, y permite que queden disponibles nuevos valores de ángulo de fase para la presentación de “caja de herramientas” cada cinco intervalos de muestreo.

En la realización preferida, los términos del producto se calculan y acumulan en el orden siguiente:

1. Primer intervalo de muestreo - $V_A * I_A$ y $V_{A(-90^\circ)} * I_A$ para el ángulo de fase I_A ;
2. Segundo intervalo de muestreo - $V_A * I_B$ y $V_{A(-90^\circ)} * I_B$ para el ángulo de fase I_B ;

ES 2 271 956 T3

3. Tercer intervalo de muestreo - $V_A * I_C$ y $V_{A(-90^\circ)} * I_C$ para el ángulo de fase I_C ;
4. Cuarto intervalo de muestreo - $V_A * V_B$ y $V_{A(-90^\circ)} * V_B$ para el ángulo de fase V_B ; y
5. Quinto intervalo de muestreo - $V_A * V_C$ y $V_{A(-90^\circ)} * V_C$ para el ángulo de fase V_C .

Tras el quinto intervalo de muestreo, la secuencia comienza de nuevo, acumulando los necesarios valores de Q e Y para el ángulo de fase I_A . Las muestras para V_A se almacenan durante cada intervalo de muestreo. Ello requiere, así, que se almacenen dos valores adicionales para V_A en cada intervalo, los dos V_A previos.

En la realización preferida, estas funciones se ejecutan en código ensamblador 68HC11. La multiplicación y la suma de estos términos de producto se producen en la rutina de interrupción de muestreo de extremo frontal. Los valores de voltaje son valores de 8 bits y los valores de intensidad son valores de 12 bits. Como V_A está siempre involucrado en cualquiera de las multiplicaciones, ello quiere decir que algunos de las multiplicaciones serán de 8x8 bits y algunas serán de 8x12 bits. Como es deseable utilizar el mismo algoritmo para realizar todas las multiplicaciones, los valores de 8 bits se amplían a valores de 12 bits, de tal modo que, en la realización preferida se utiliza, exclusivamente, un algoritmo de multiplicación de 8x12 bits.

Los valores de voltaje de 8 bits para V_B y V_C se amplían, con su signo, hasta valores de 12 bits, de modo que todas las multiplicaciones y las sumas de términos producto para encontrar los ángulos de fase son tratadas por dos algoritmos, uno para la suma de términos producto para el valor Y y uno para la suma de términos producto del valor Q . La extensión de signo de los valores de voltaje V_B y V_C se realiza durante cada período de muestreo. Esto hace que sean innecesarias comprobaciones especiales para identificar los intervalos de muestreo en que se necesitan estas cantidades, dado que están disponibles durante todos los intervalos de muestreo.

Todos los valores de 12 bits para intensidades y voltajes se guardan, preferiblemente, en registros de 16 bits en la memoria, dado que ésta está segmentada en grupos de bytes.

La rutina de muestreo de extremo frontal debe tener una forma de identificar qué término de producto ha de calcularse en cada intervalo de muestreo. Preferiblemente, se utiliza un identificador de contador como índice para acceder al valor correcto para las multiplicaciones necesarias en la acumulación de los valores de Q y de Y .

Con el fin de acumular los dos términos producto, se establecen, además, dos acumuladores en el mapa de memoria. El tamaño de los acumuladores es el mismo, ya que ambos hacen múltiplos de 8x12. El valor máximo posible a acumular es como sigue:

Máximo valor de 8 bits = 128

Máximo valor de 12 bits = 2048

Máximo resultado acumulado = $481 * 128 * 2048 = 07\ 84\ 00\ 00$ (hex).

Por tanto, cada acumulador tiene cuatro bytes de longitud para acomodar el caso del resultado más desfavorable. Por tanto, se establecen, además, dos acumuladores de cuatro bytes para acumular cada par de términos producto para cada intervalo de muestreo.

Al final de cada intervalo de muestreo, se almacenan los resultados de los dos acumuladores de cuatro bytes en dos áreas de retención de cuatro bytes para esperar el tratamiento mediante las rutinas de segundo plano necesarias para completar el cálculo del ángulo durante el siguiente intervalo.

Una vez que se han transferido los pares acumulados a los registros de retención al final de cada intervalo de muestreo, entonces tienen lugar los restantes cálculos necesarios para determinar el ángulo de fase, durante el siguiente intervalo de muestreo en segundo plano, mientras está teniendo lugar, en primer plano, la suma del siguiente par. Estas rutinas de segundo plano deben tener, también, una forma de determinar sobre qué par de términos producto acumulados están trabajando. Se utiliza un identificador de contador separado para estas rutinas de segundo plano, que funciona de manera similar al identificador de contador para la interrupción de muestreo de extremo frontal. Sin embargo, es posible utilizar el mismo contador, ya que el recuento de este identificador siempre se encontrará retrasado en uno con respecto al identificador de contador para la rutina de interrupción de muestreo del módulo de extremo frontal.

El contador 34 ilustrado en las Figuras 2, 3, 17A-B y 18A-B en el que, de preferencia, está integrado el dispositivo 20 del presente invento, es un contador de Kw/Kwh de estado sólido, monofunción, que utiliza técnicas de muestreo digital para proporcionar información usual relativa a la demanda de Kw/Kwh, tiempo de uso y otra información de facturación en tiempo real, además de la información ofrecida a partir de los diagnósticos generados por el dispositivo 20 del presente invento. El contador 34 se programa, de preferencia, utilizando software que se ejecuta en un ordenador personal compatible con IBM, empleando el sistema operativo MS-DOS. Este software incluye la lógica para preguntar al usuario para que proporcione parámetros de configuración del contador y, de preferencia, incluye preguntas sobre la instalación que proporcionen parámetros definidos por el usuario para los diagnósticos soportados por el dispositivo 20

del presente invento, de modo que se pueda enchufar un ordenador personal portátil en un puerto de comunicaciones del contador, para programar el contador en el momento de su instalación.

Las Figuras 17A-B ilustran el módulo 44 de extremo frontal del contador 34 en el que, de preferencia, está incorporado el dispositivo 20 del presente invento. El módulo 44 de extremo frontal incluye, preferiblemente, un microprocesador 140 Motorola MC68HC11KA4 que funciona en el modo de pastilla única, un convertidor enterizo A/D 142 de 8 bits, que sirve como convertidor 26 de voltaje en el dispositivo 20 del presente invento, una memoria de sólo lectura (ROM) de 24 Kbytes, una memoria de sólo lectura, programable, eléctricamente borrable (EEPROM) de 640 bytes y una memoria de acceso aleatorio (RAM) de 768 bytes, todo ello ilustrado en 144. La ROM y la EEPROM incluyen la lógica de diagnóstico, y la RAM sirve como memoria de almacenamiento para el presente invento. Un convertidor A/D externo de 12 bits, ilustrado en 146, sirve como convertidor A/D 28 de intensidad para el dispositivo 20 del presente invento.

En el módulo 44 de extremo frontal puede incorporarse, como opción, una función adicional de aviso de condición de error. Esta función utiliza una salida de línea a, por ejemplo, un dispositivo externo de comunicaciones, que puede activarse siempre que se determine una condición de error. Esta función opcional puede ser utilizada por el dispositivo 20 del presente invento para activarse y comunicar la existencia de condiciones de error para uno cualquiera de los diagnósticos realizados por el dispositivo 20 del presente invento.

Una placa 146 de opciones puede estar incorporada en el módulo 44 de extremo frontal para proporcionar varias señales al mundo exterior. Por ejemplo, el aviso de condición de error puede asignarse a un relé de mercurio o de estado sólido, de baja intensidad, para indicar cuando se han determinado uno o más errores de diagnóstico. Otras funciones auxiliares conocidas, tales como la lectura automatizada del contador o la facturación en tiempo real, pueden incorporarse en la placa de opciones 146, o en una placa de opciones configurada de modo similar, utilizada con el módulo 44 de extremo frontal.

Refiriéndonos ahora a las Figuras 18A-B, el módulo 48 registrador del contador 34 en el que, de preferencia, está incorporado el dispositivo 20 del presente invento, incluye un microprocesador 148, de pastilla única, NECuPD75316GF, que incluye 16 Kbytes de ROM, ilustrada en 150, 512x4 bits de RAM, ilustrada en 152, y un activador 154 de un dispositivo de presentación de cristal líquido de 96 segmentos, adecuado para activar un dispositivo de presentación 156 de cristal líquido tal como el tipo particular de dispositivo de presentación 33 mostrado en la Figura 3 y utilizado en la realización preferida del contador 34.

Los datos serán transmitidos en serie entre el módulo 44 de extremo frontal y el módulo registrador 48 a través de un enlace síncrono de datos en serie, de cuatro conductores, mostrado, respectivamente, como 158 en las Figuras 17A-B y como 160 en las Figuras 18A-B. El módulo de extremo frontal vigilará y actualizará el estado de todos los diagnósticos realizados por el dispositivo 20 del presente invento y, periódicamente (de preferencia, una vez por segundo), comunicará estos estados al módulo registrador 48 a través del enlace de comunicaciones en serie antes descrito para su presentación, así como para el almacenamiento de datos volátiles en el caso de corte del suministro. Además, cualquier cantidad instantánea que requiera ser visualizada en la presentación de "caja de herramientas" del presente invento, será comunicada por el módulo de extremo frontal, según sea necesario, al módulo registrador. El módulo 44 de extremo frontal comunica, también, diversas otras informaciones usuales sobre el contador al módulo registrador 48, tales como la cantidad de energía (en Kwh) registrada en los últimos 60 ciclos de la línea, así como su dirección (entregada o recibida), la demanda instantánea e información de fin de intervalo.

La información que puede ser comunicada desde el módulo registrador 48 al módulo 44 de extremo frontal incluye, típicamente, información periódica sobre el estado del registrador del contador.

Refiriéndonos de nuevo a las Figuras 17A-B, el módulo 44 de extremo frontal permite la medición de voltaje, intensidad y potencia por fase durante un intervalo de muestreo (60 ciclos de línea). Como se ha descrito previamente, el módulo de extremo frontal toma, preferiblemente, 481 muestras en 60 ciclos de línea, lo que corresponde a 481 Hz cuando la frecuencia de la línea sea de 60 Hz, y aproximadamente 401 Hz cuando la frecuencia de la línea sea de 50 Hz. La frecuencia de muestreo se recalcula cada 60 ciclos, basándose en la frecuencia medida de la línea. Como se ha descrito previamente, las funciones de diagnóstico del presente invento, incluyendo la determinación de intensidad, voltaje, potencia y ángulo de fase instantáneos por fase, son ejecutadas preferiblemente por el módulo 44 de extremo frontal cuando el dispositivo está incorporado en un contador del tipo mostrado en la Figura 3.

Refiriéndonos de nuevo a las Figuras 3 y 18A-B, el módulo registrador 48 ejecuta, de preferencia, la función de activación del dispositivo 33 de presentación de cristal líquido del contador 34. Como se ha descrito previamente, la presentación de "caja de herramientas" del presente invento puede conseguirse, en la práctica, activando un interruptor de presentación alternativa (no mostrado) durante un período predefinido. Cuando se le activa, se entra en el modo de presentación de "caja de herramientas" y la presentación recorrerá la lista de presentación de "caja de herramientas" en la forma que se ha descrito previamente en esta memoria. Durante una presentación de "caja de herramientas", el icono "PRUEBA" (TEST) destella, preferiblemente, de manera continua y el emulador de disco de potencia, ilustrado por los cinco iconos rectangulares de la parte inferior de la presentación 33, "rodará" a una velocidad de, aproximadamente, una revolución cada 1,33 segundos. La dirección del emulador de disco de potencia será la misma en que circula la corriente para la fase que está siendo presentada (de izquierda a derecha si se recibe, de derecha a izquierda si se alimenta). El contador abandonará el modo de presentación de "caja de herramientas" cuando se haya alcanzado al

ES 2 271 956 T3

final de la presentación y ya no se active el interruptor de presentación alternativa. Debe observarse que, como se ha descrito previamente, el contador continuará realizando todas las operaciones que ejecuta en el modo normal de funcionamiento mientras esté activa la secuencia de presentación de “caja de herramientas”.

- 5 Cuando no esté activado el interruptor de presentación alternativa, la presentación 33 del contador funciona en el modo de presentación normal para el contador 34.

10 La comunicación hacia o desde el contador también puede conseguirse a través del módulo 44 de extremo frontal mediante la conexión con el puerto óptico 162.

Así, el paquete integral de diagnóstico para sistema de contador electrónico del presente invento, ofrece la posibilidad de comprobar automáticamente en forma continua los componentes internos del contador, así como de avisar al personal de campo acerca de cualquier error descubierto, sin interrumpir por ello el funcionamiento del contador. El dispositivo proporciona, también, la capacidad de realizar comprobaciones de diagnóstico del sistema de manera constante y de presentar los resultados de esos diagnósticos a fin de proporcionar los datos pertinentes de los diagnósticos a personal del sistema durante la instalación del contador o a continuación de ella.

20 El dispositivo proporciona flexibilidad al permitir que el usuario lo programe para seleccionar y definir las funciones y los parámetros adecuados para el servicio particular soportado por la instalación del contador.

Finalmente, la posibilidad de acceder a la presentación de “caja de herramientas” del presente invento, permite presentar periódicamente información valiosa en relación con el funcionamiento interno del contador, así como del carácter del servicio soportado por el contador, también sin interrumpir el funcionamiento ni el servicio normales del contador.

25 Si bien se ha descrito con detalle el mejor modo para llevar a la práctica el invento, las personas familiarizadas con la técnica a la que pertenece este invento, reconocerán diversas realizaciones y diseños alternativos para poner en práctica el invento según se define en las reivindicaciones adjuntas.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo integrado en un contador electrónico (34) de electricidad, cuyo contador (34) está destinado a instalarse en un sistema eléctrico, cuyo dispositivo incluye:

un microprocesador (22, 44, 140, 50, 148) y

una memoria de almacenamiento (24, 45, 51, 144, 152) conectada adecuadamente al microprocesador (22, 44, 140, 50, 148),

caracterizado porque el dispositivo incluye, además:

lógica (30) programada por ordenador incorporada para realizar automáticamente, en forma periódica, comprobaciones previamente seleccionadas del contador y para registrar cualesquiera errores detectados a partir de ellas;

lógica (30) programada por ordenador incorporada para realizar automáticamente, en forma periódica, una serie preseleccionada de pruebas de diagnóstico con respecto al sistema eléctrico y para registrar cualesquiera resultados que superen umbrales previamente definidos;

medios de presentación (32; 33, 52) para presentar mensajes de error que identifiquen uno o más errores descubiertos como resultado de las comprobaciones realizadas en el contador durante un período previamente definido; y

medios de presentación (32; 33, 52; 154, 156) para presentar mensajes de diagnóstico que identifiquen cualesquiera errores descubiertos como resultado de las pruebas de diagnóstico con respecto al sistema eléctrico, realizadas durante un período previamente definido.

2. El dispositivo de la reivindicación 1, **caracterizado** porque, además, incluye lógica (30) para determinar automáticamente el tipo de servicio eléctrico en el que está instalado el contador (34).

3. El dispositivo de la reivindicación 2, **caracterizado** porque la lógica (30) para determinar automáticamente el tipo de servicio eléctrico en el que está instalado el contador (34), lleva a cabo dicha determinación durante la inicialización del contador (34) al instalar el contador (34).

4. El dispositivo de la reivindicación 3, **caracterizado** porque la lógica (30) para determinar automáticamente el tipo de servicio eléctrico en el que está instalado el contador (34), lleva a cabo dicha determinación al reconfigurarse el contador (34).

5. El dispositivo de la reivindicación 2, **caracterizado** porque la lógica (30) para determinar el tipo de servicio eléctrico en el que está instalado el contador (34), lleva a cabo periódicamente, en forma automática, dicha determinación durante el funcionamiento normal del contador (34).

6. Contador electrónico de electricidad, **caracterizado** por incluir un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho dispositivo está integrado en el contador.

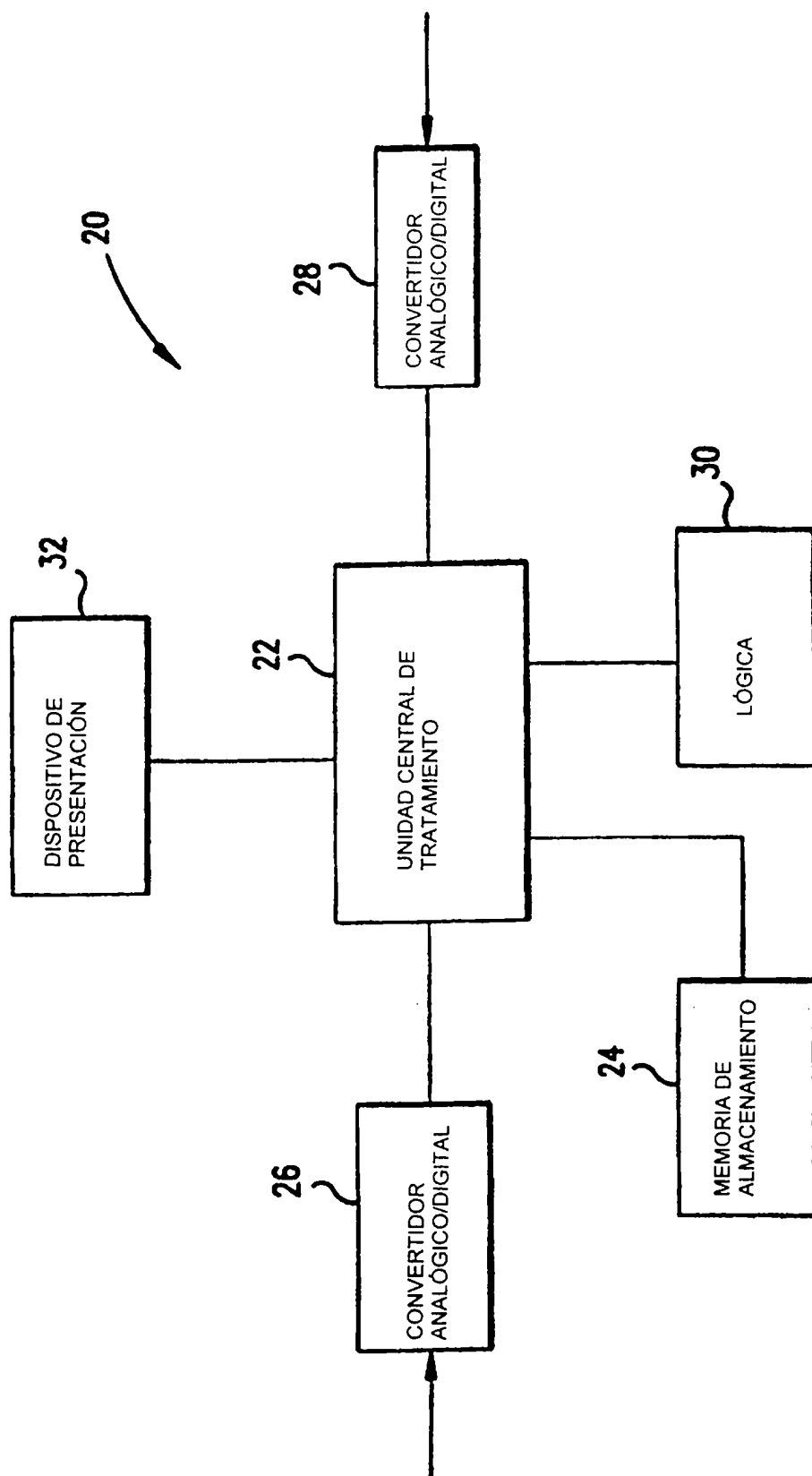


FIG.1

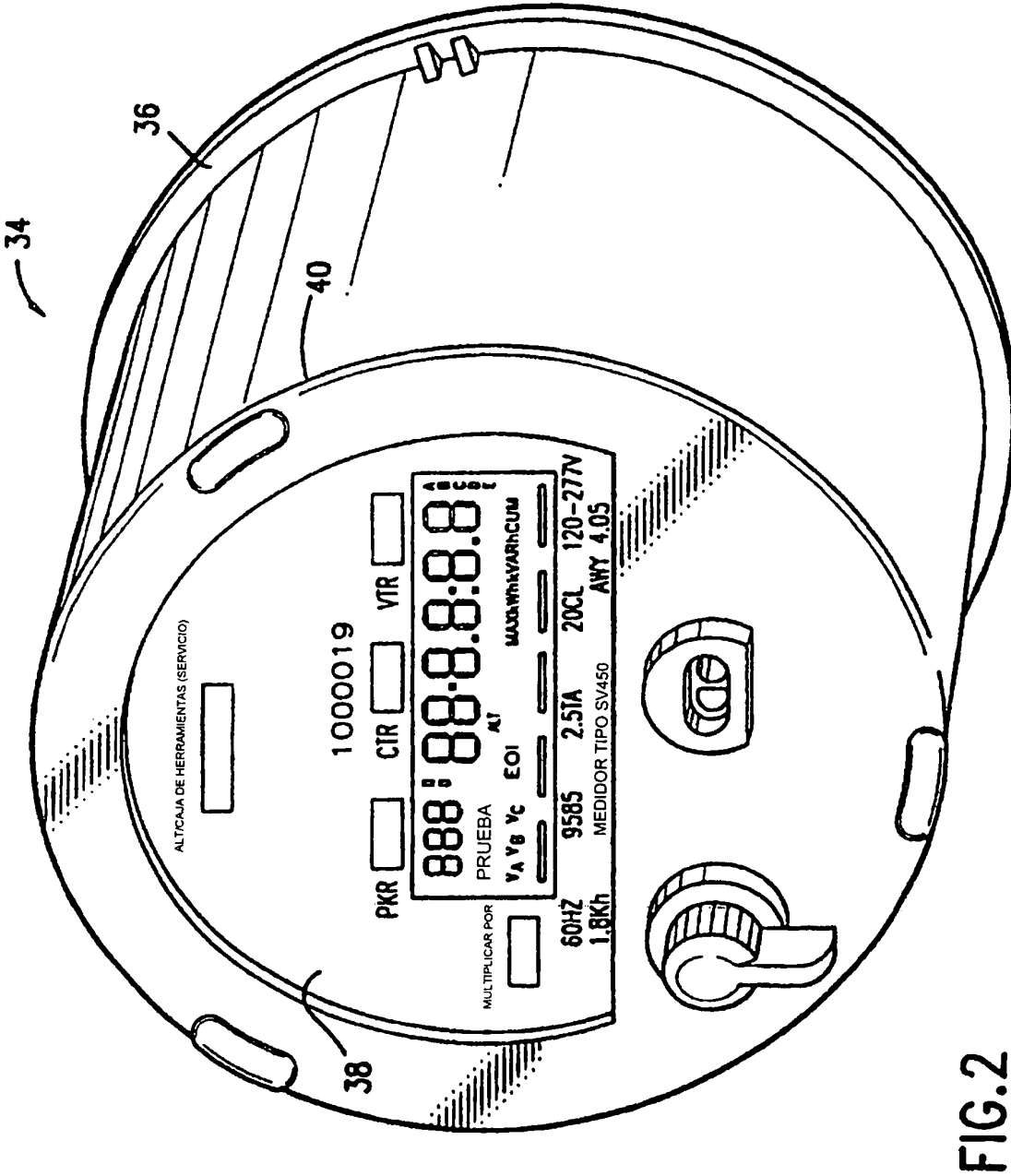


FIG. 2

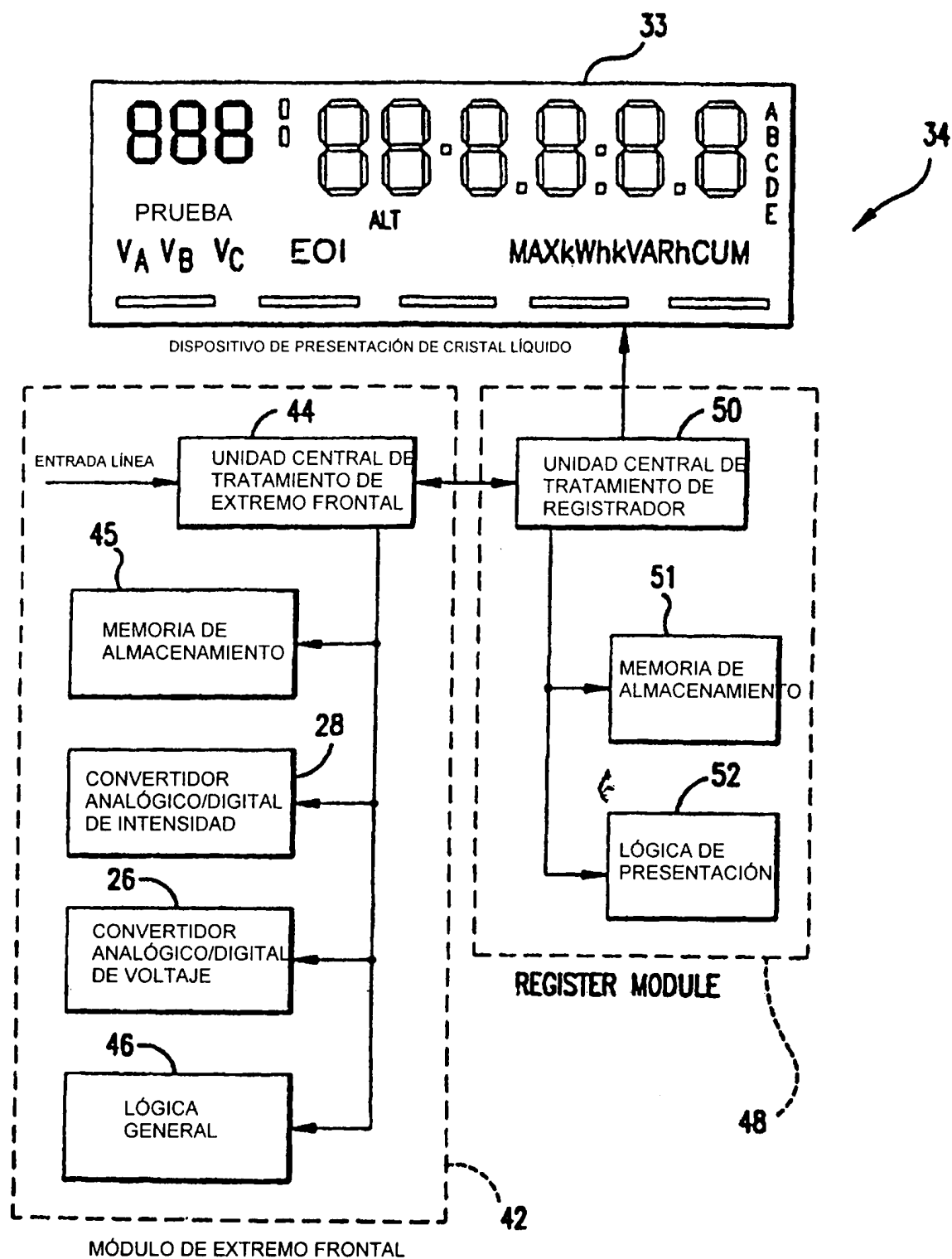


FIG.3

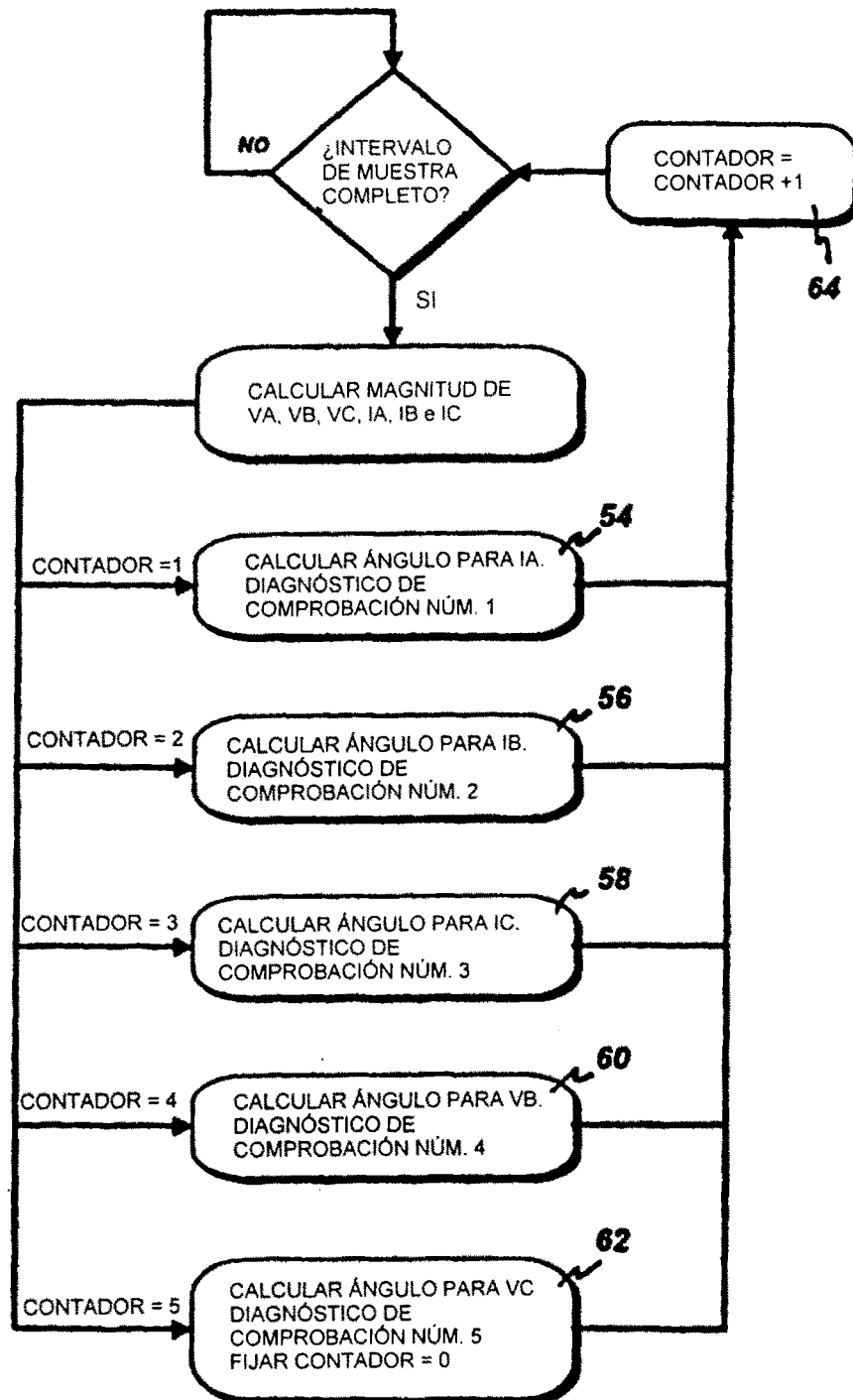
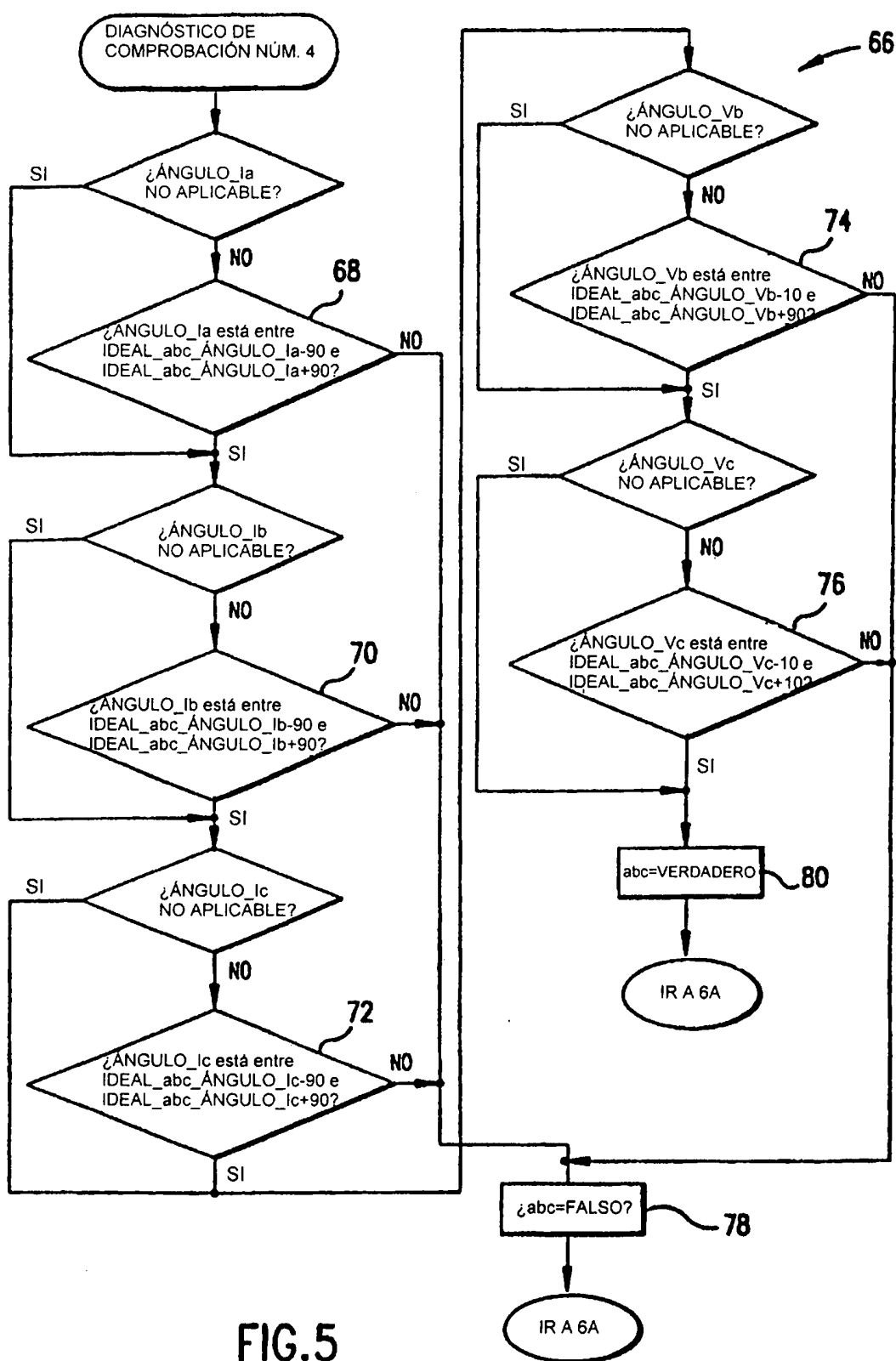
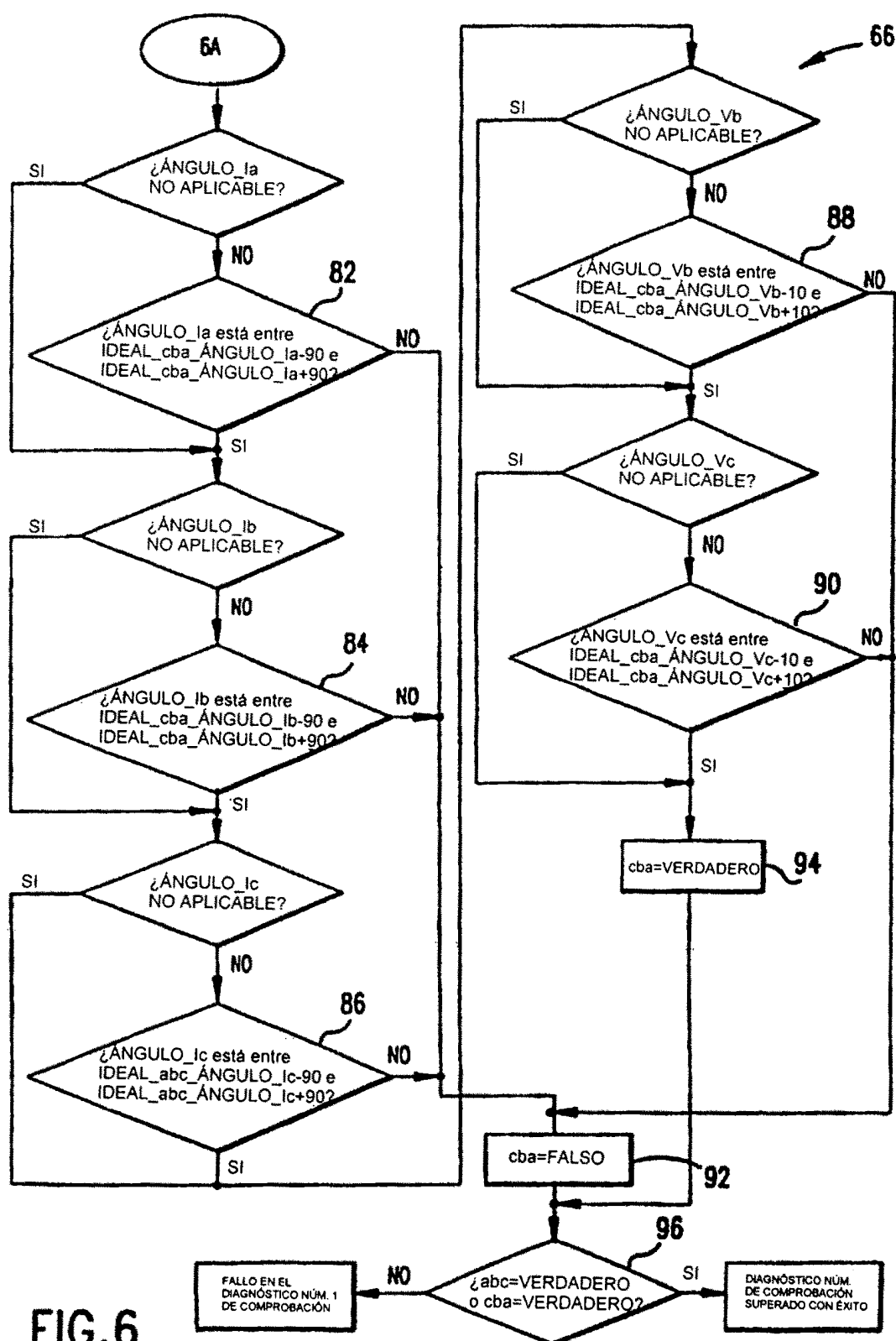
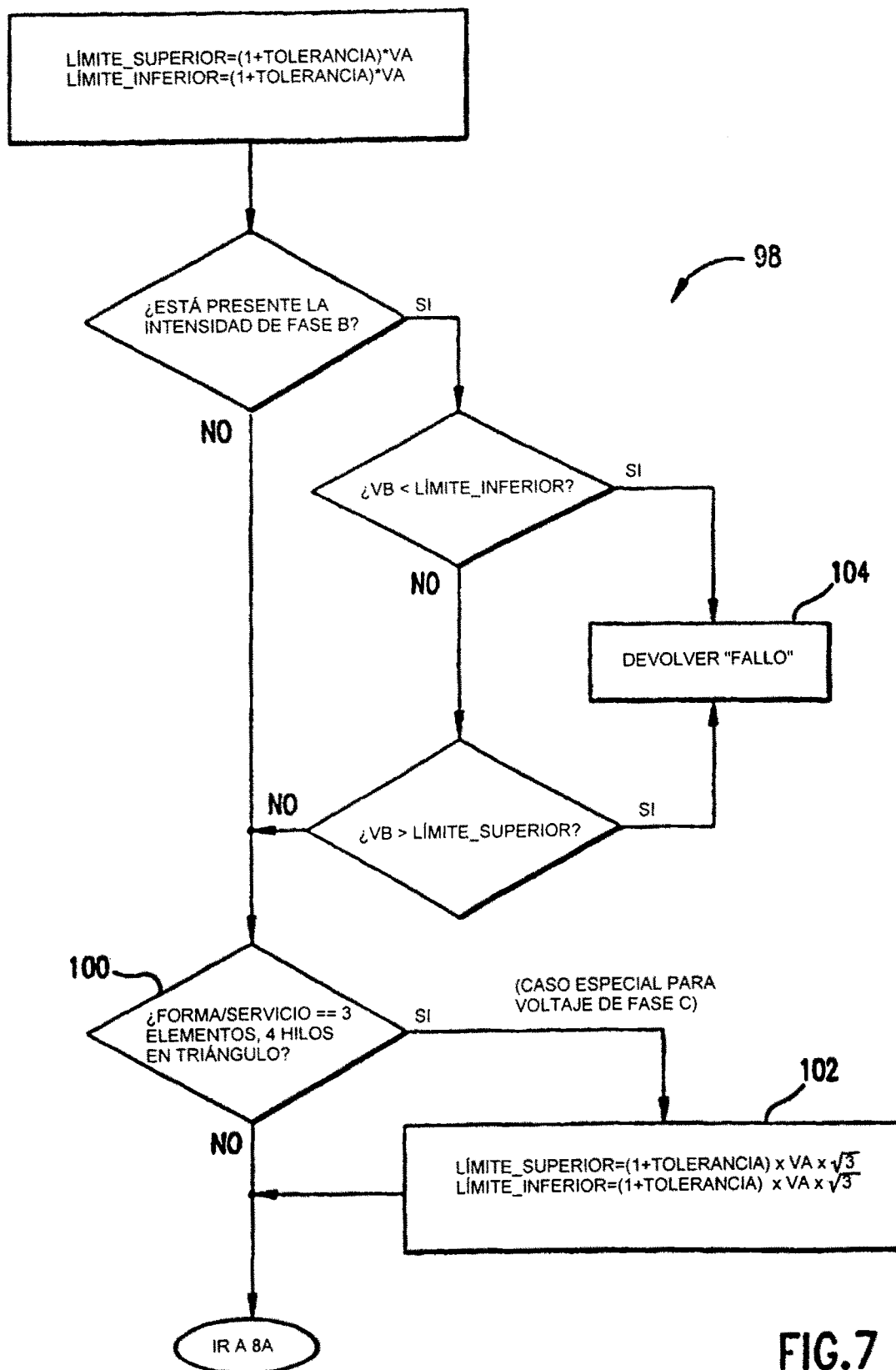


FIG. 4







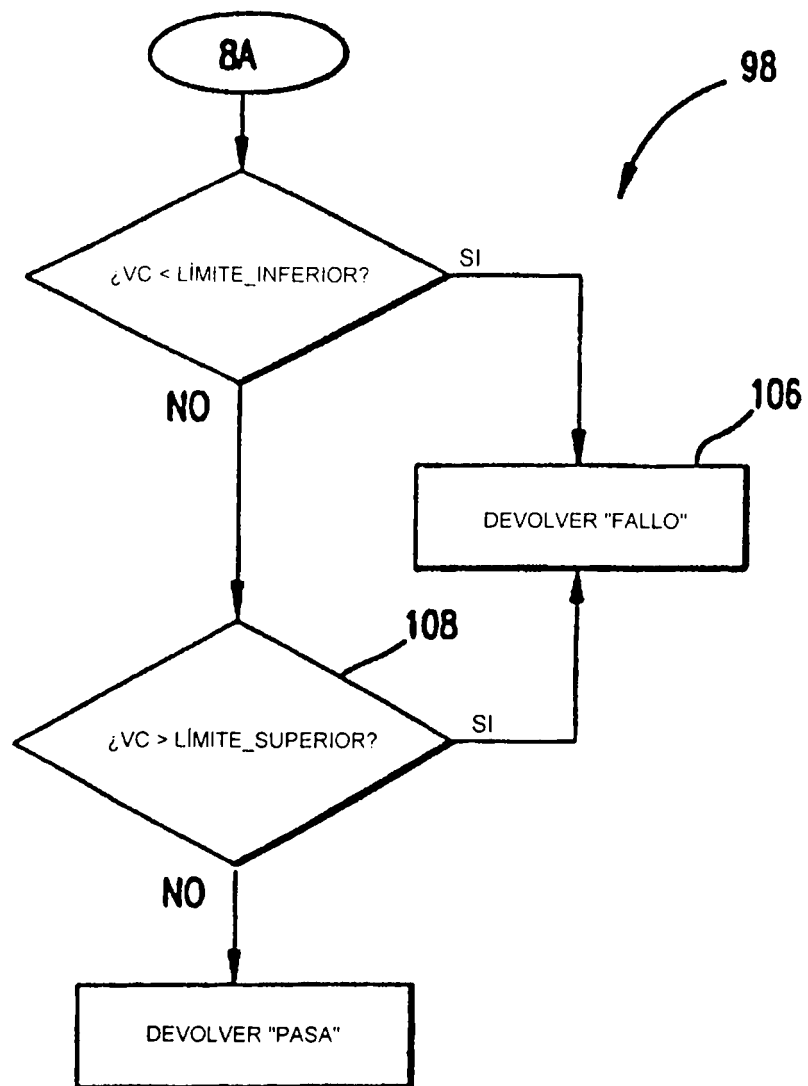


FIG.8

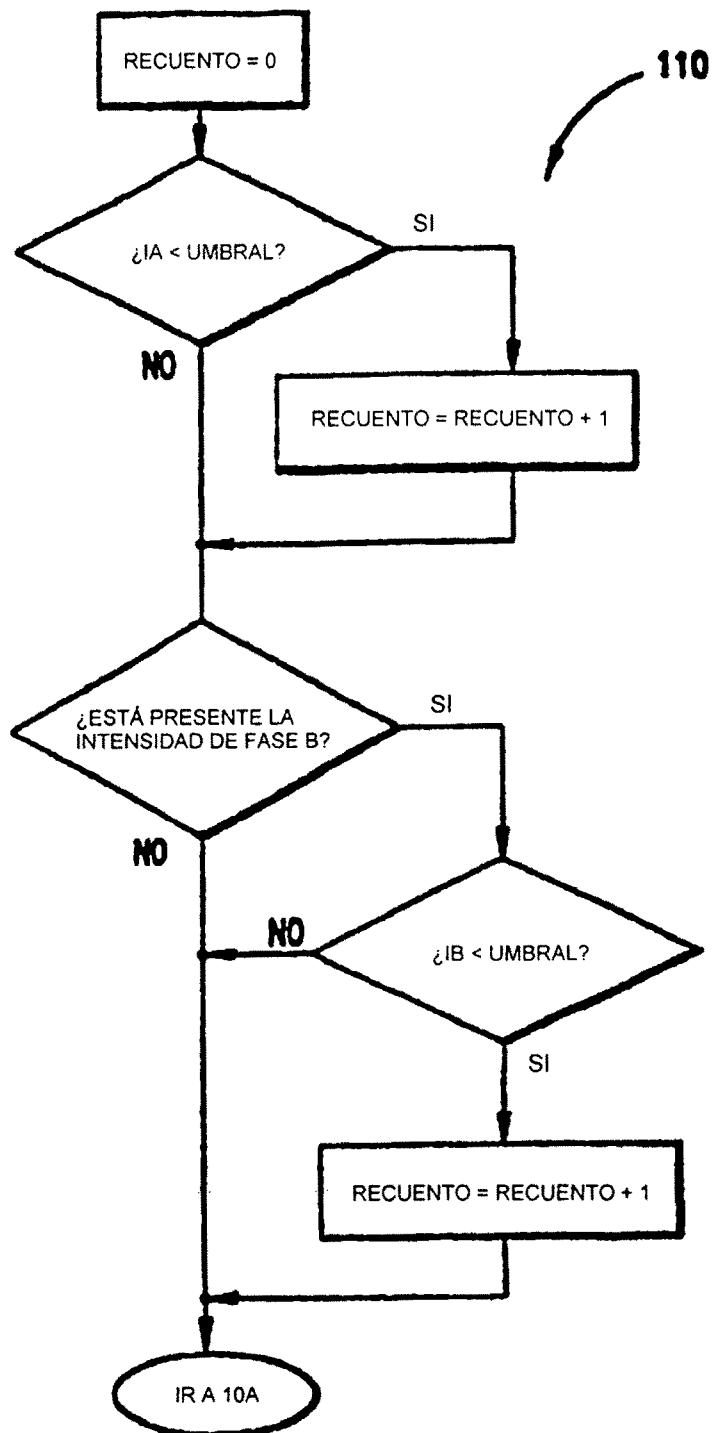


FIG.9

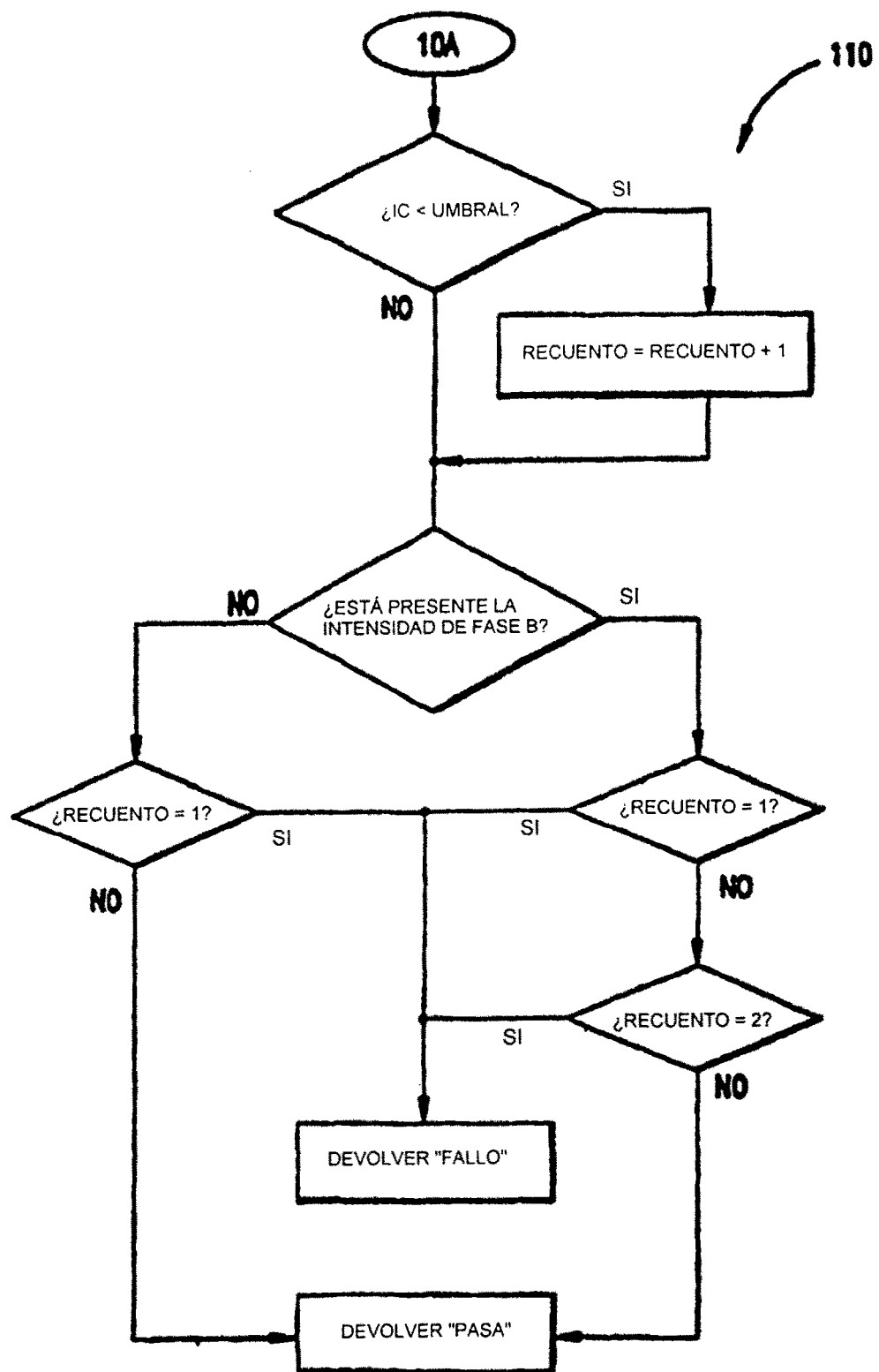


FIG.10

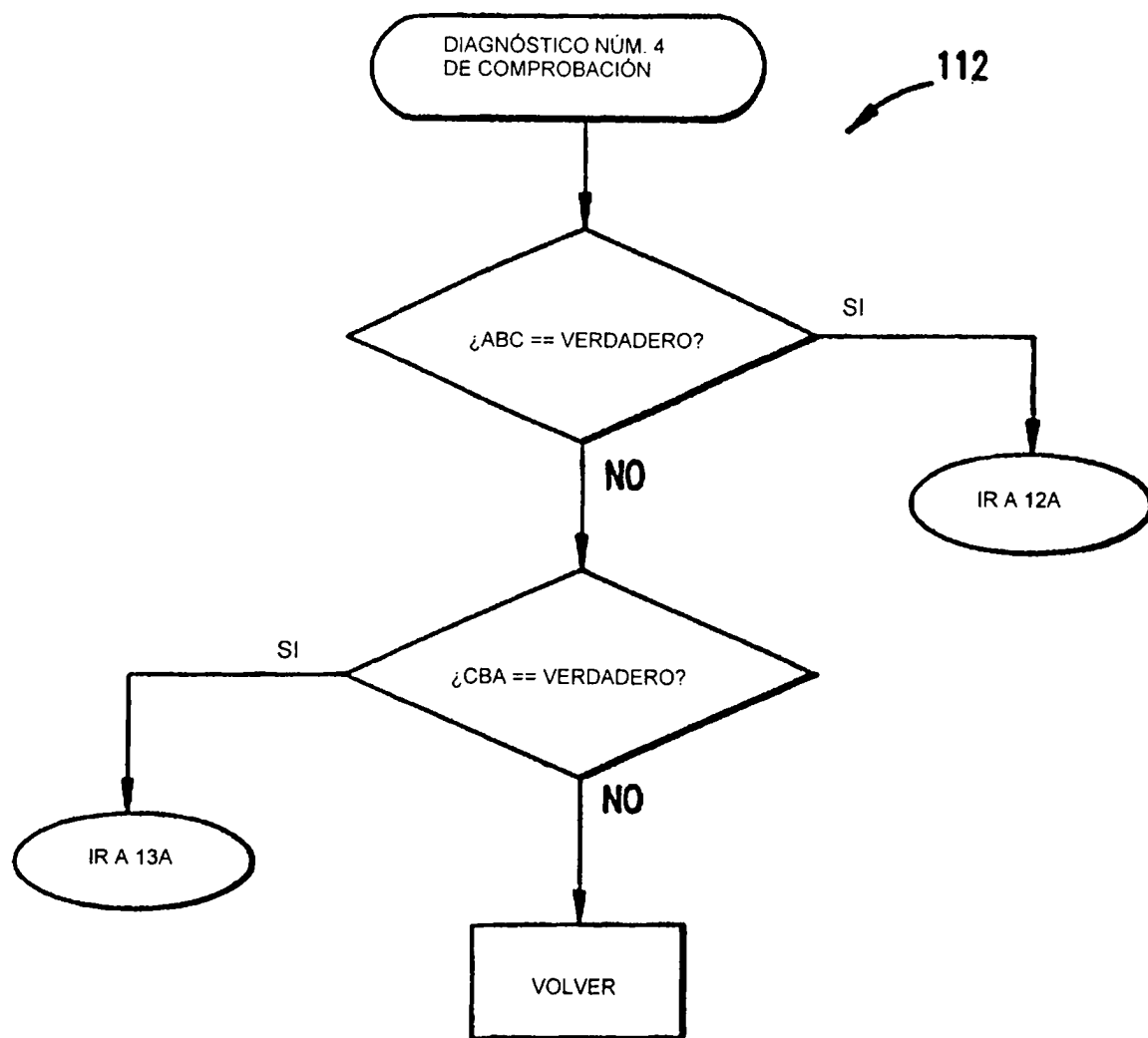


FIG.11

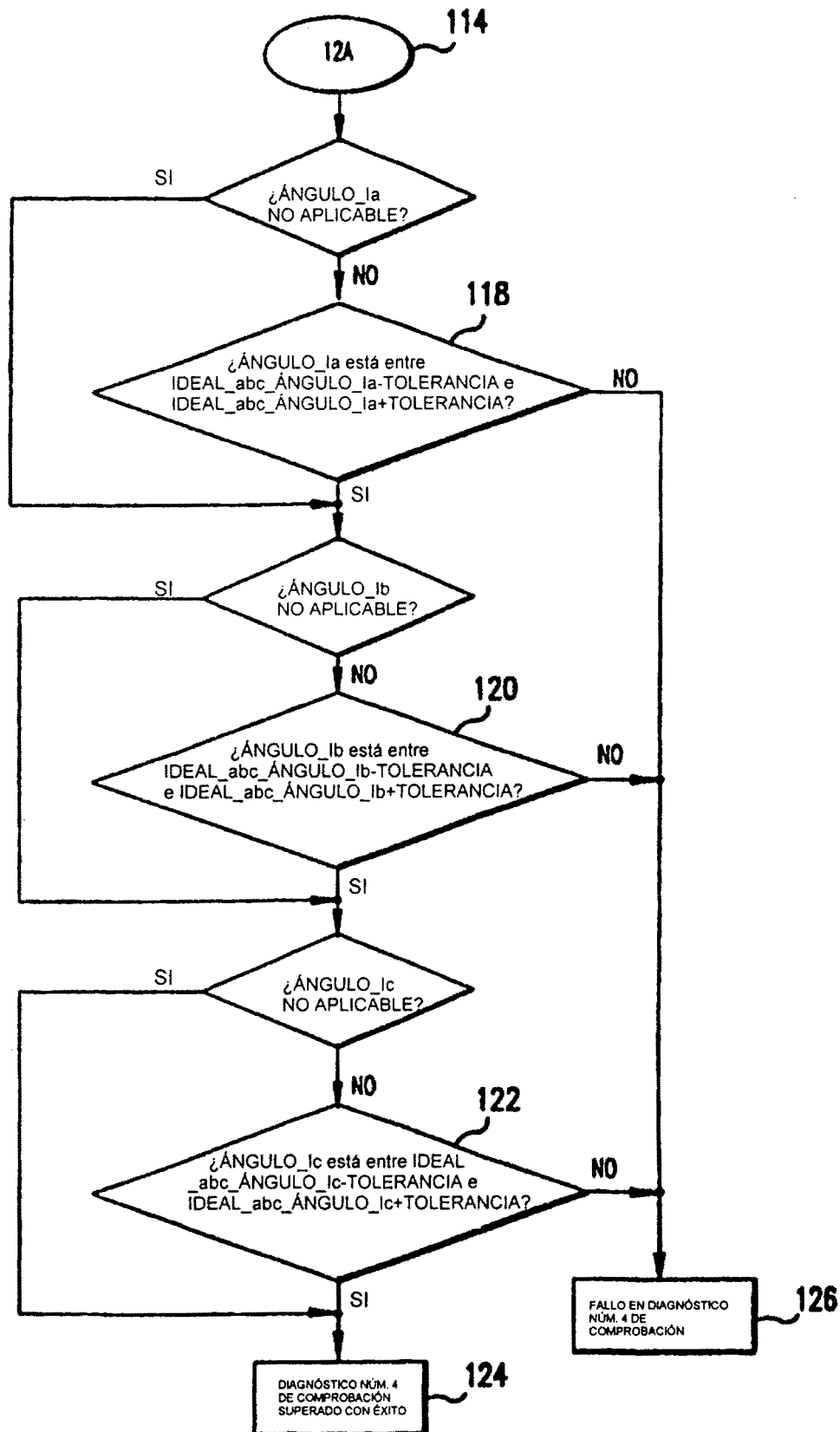


FIG.12

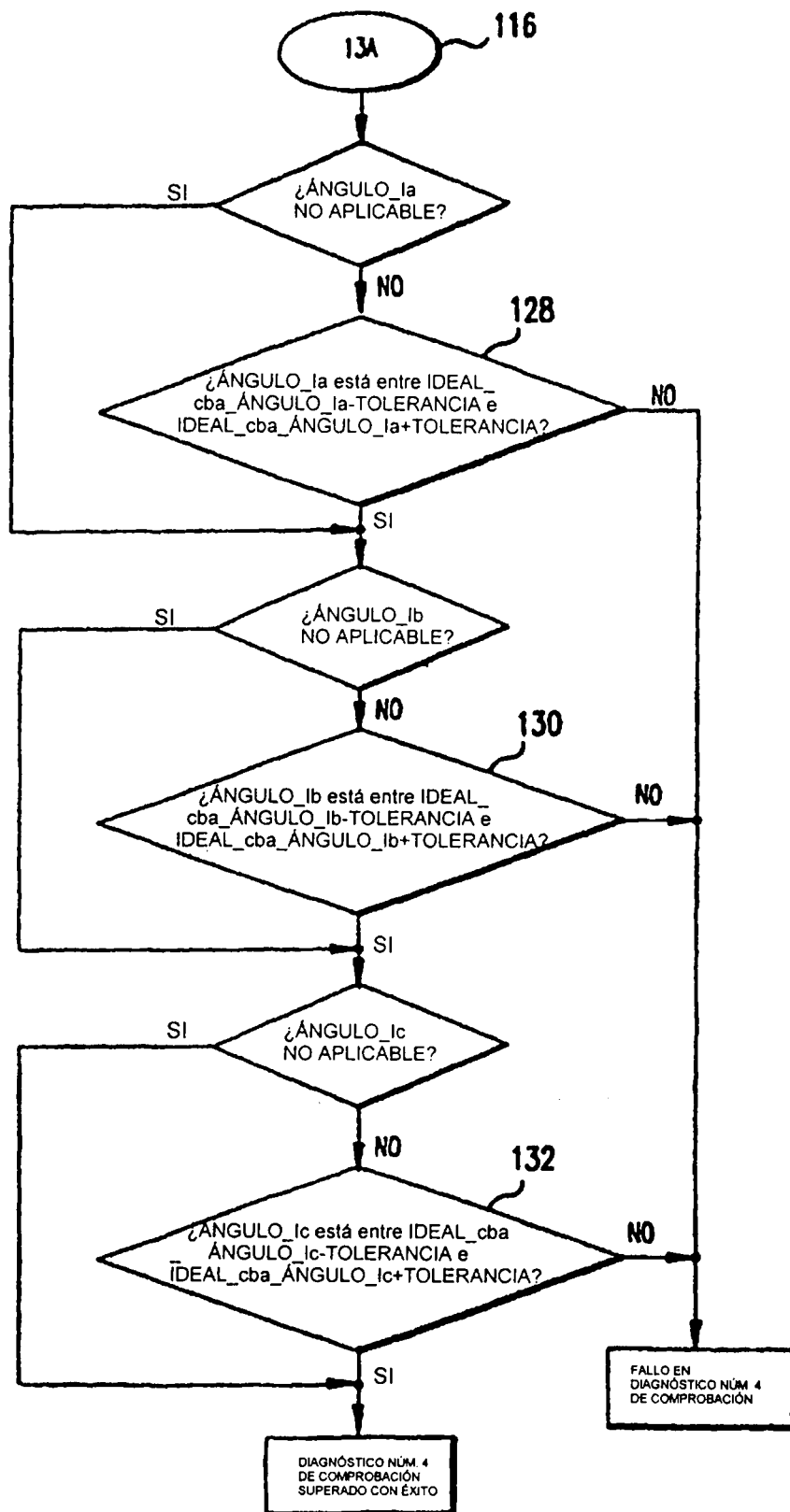


FIG.13

DESCRIPCIÓN	SE VISUALIZA
ÁNGULO DE VOLTAJE FASE A	PhA 0.0° U
VOLTAJE FASE A	PhA 120.0 U
ÁNGULO DE INTENSIDAD FASE A	PhA 10.2° A
INTENSIDAD FASE A	PhA 81.2 A
ÁNGULO DE VOLTAJE FASE B	PhB 119.7° U
VOLTAJE FASE B	PhB 121.5 U
ÁNGULO DE INTENSIDAD FASE B	PhB 134.5° A
INTENSIDAD FASE B	PhB 85.5 A
ÁNGULO DE VOLTAJE FASE C	PhC 240.3° U
VOLTAJE FASE C	PhC 119.8 U
ÁNGULO DE INTENSIDAD FASE C	PhC 232.6° A
INTENSIDAD FASE C	PhC 52.7 A
NÚM. DE ERRORES EN DIAGNÓSTICO 1	d1 008
NÚM. DE ERRORES EN DIAGNÓSTICO 2	d2 000
NÚM. DE ERRORES EN DIAGNÓSTICO 3	d3 013
NÚM. DE ERRORES EN DIAGNÓSTICO 4	d4 101
NÚM. DE ERRORES EN DIAGNÓSTICO 5	d5 002

FIG.14

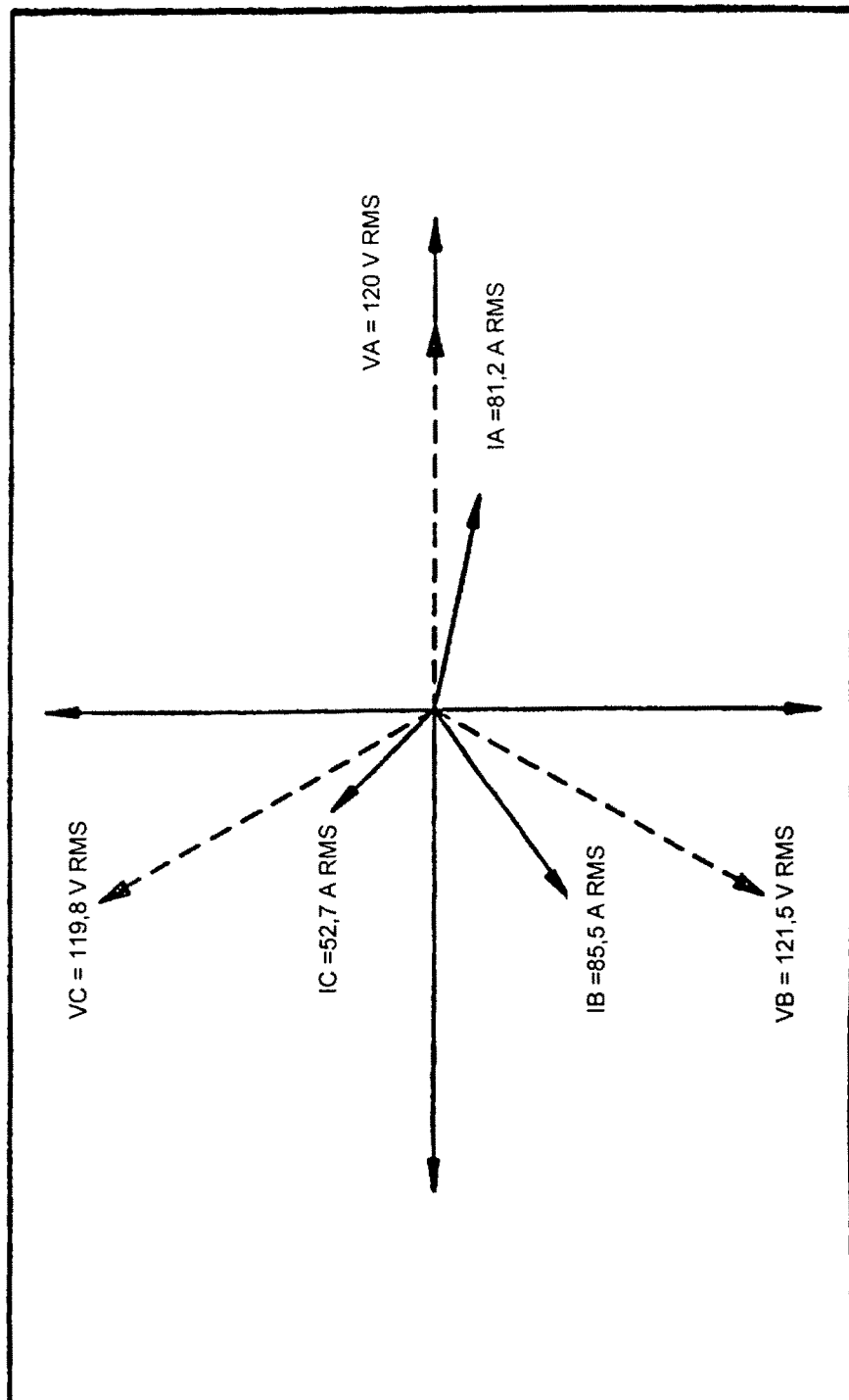


FIG.15

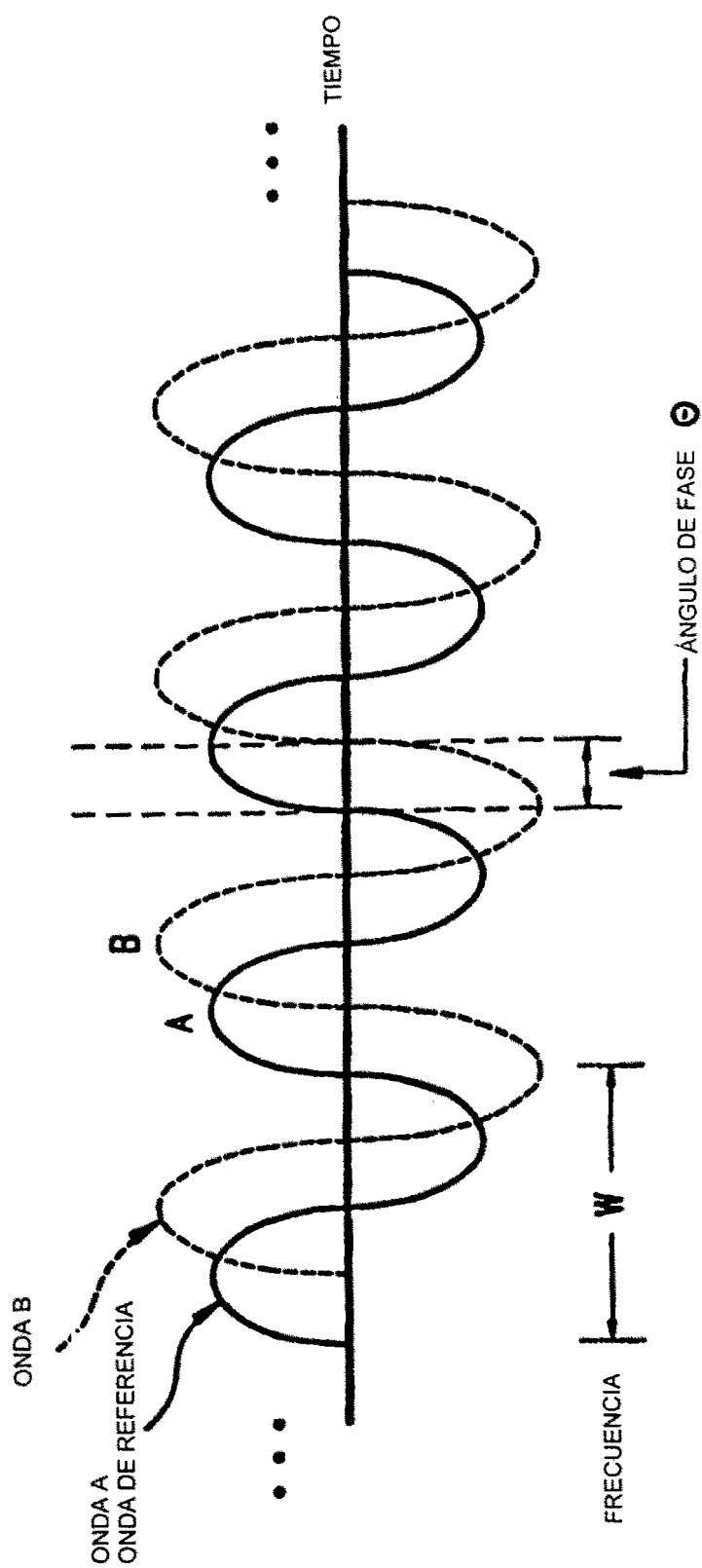
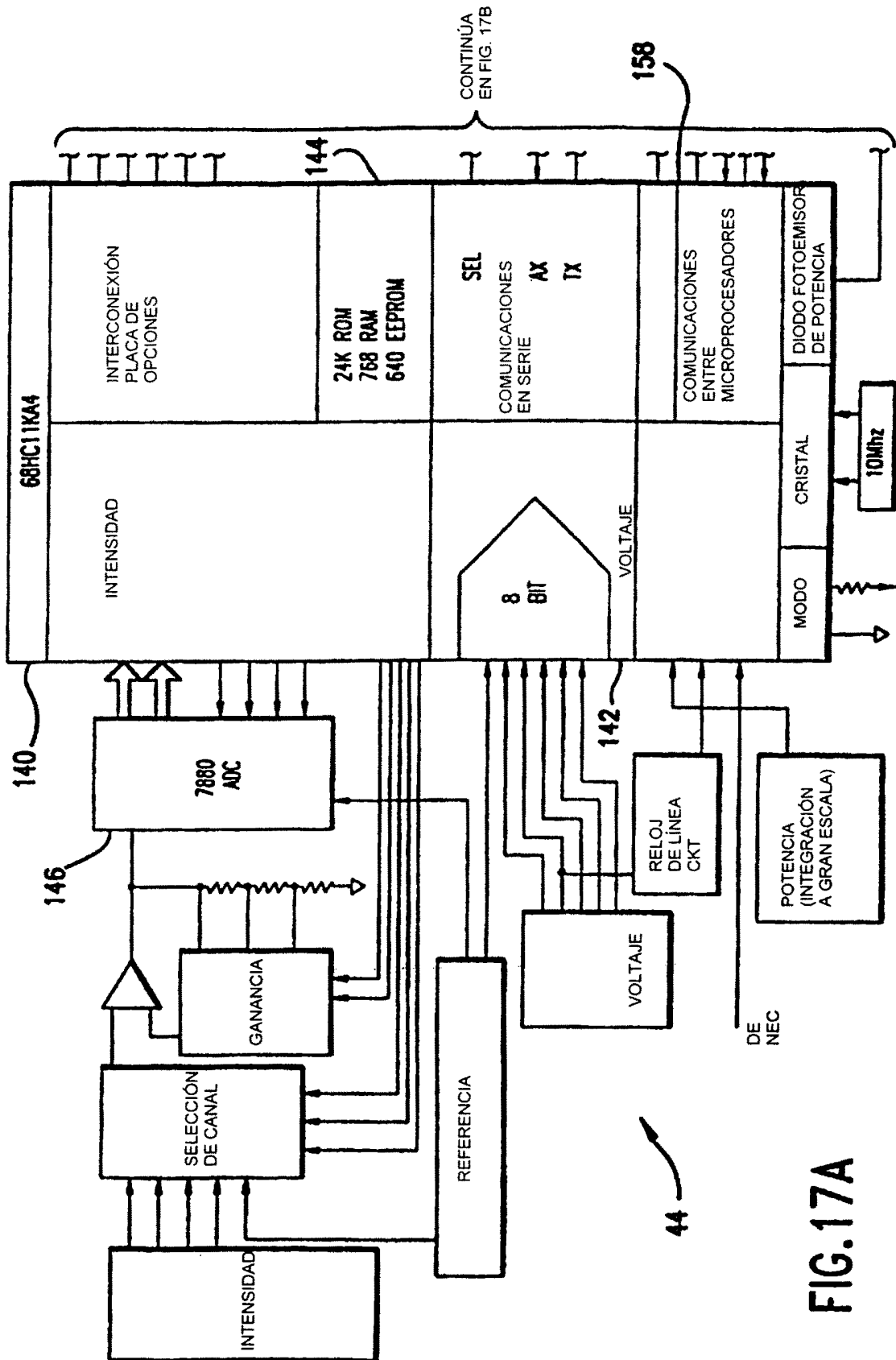


FIG.16



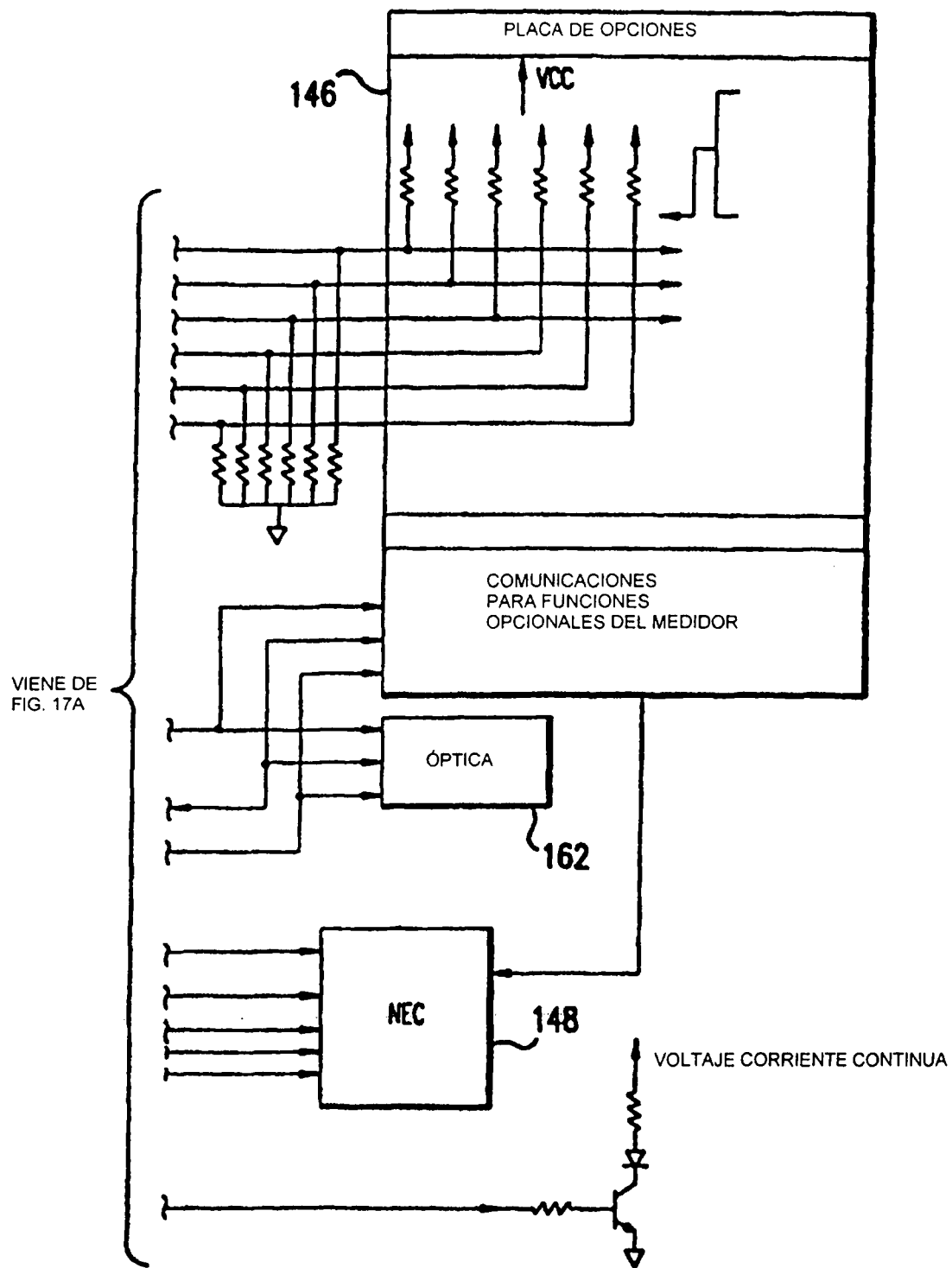


FIG.17B

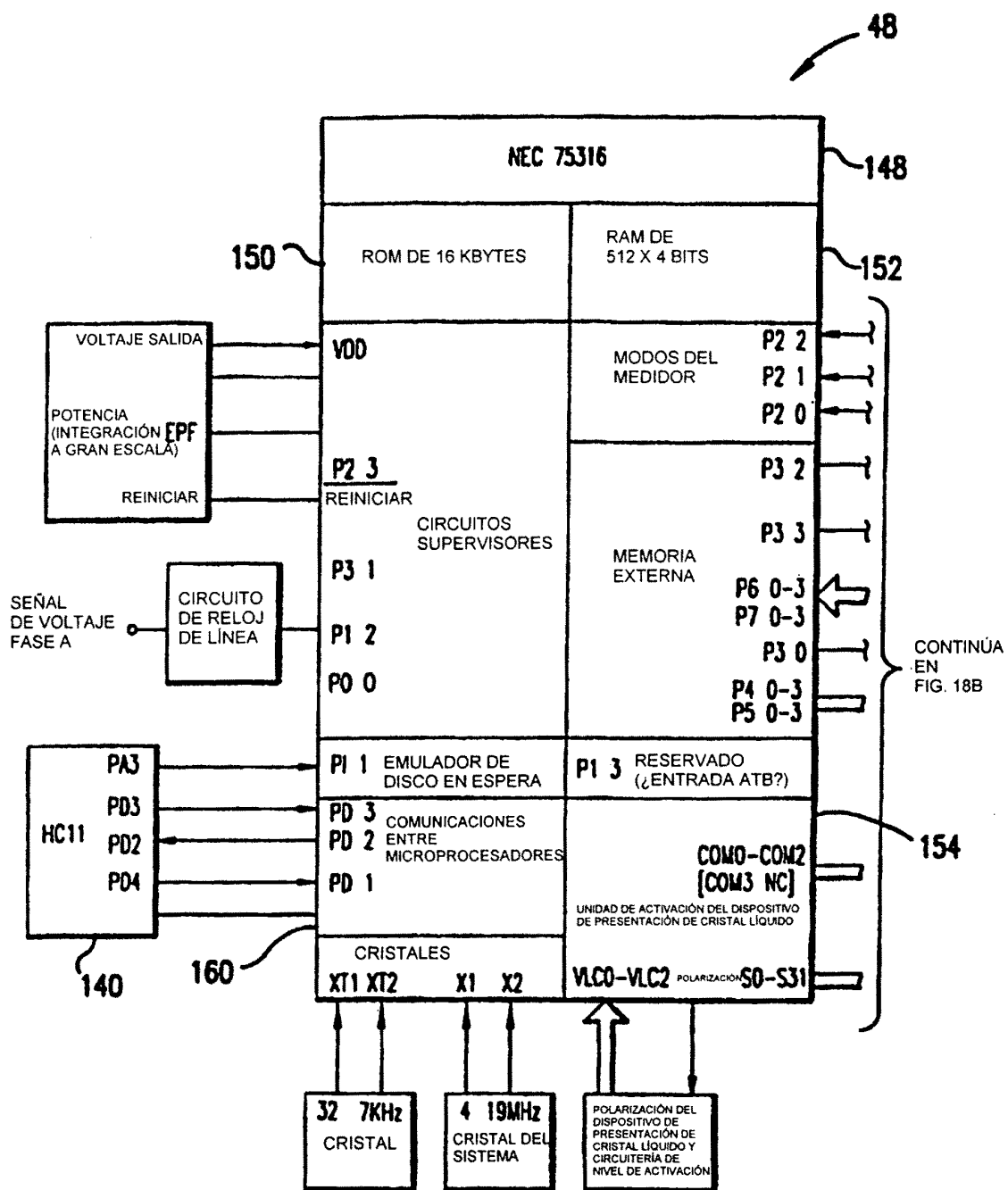


FIG.18A

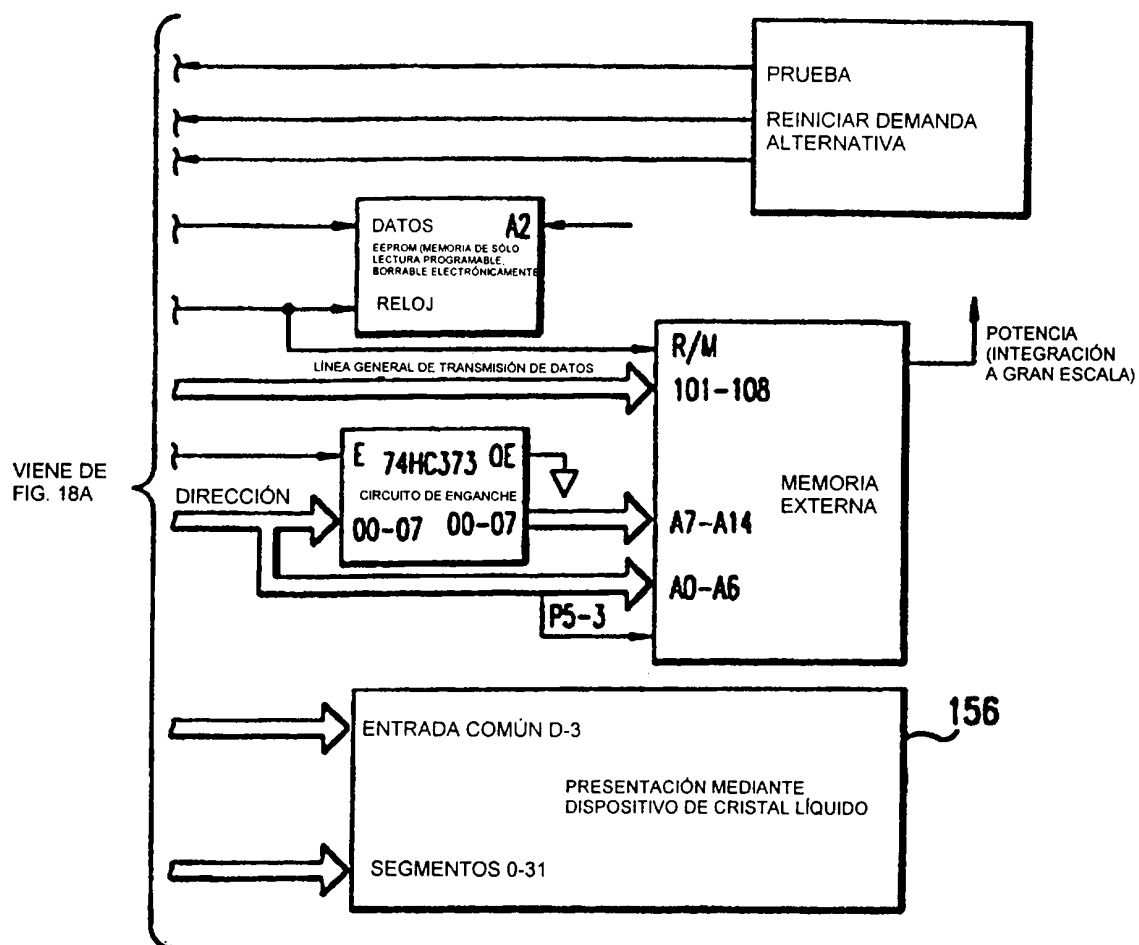


FIG.18B

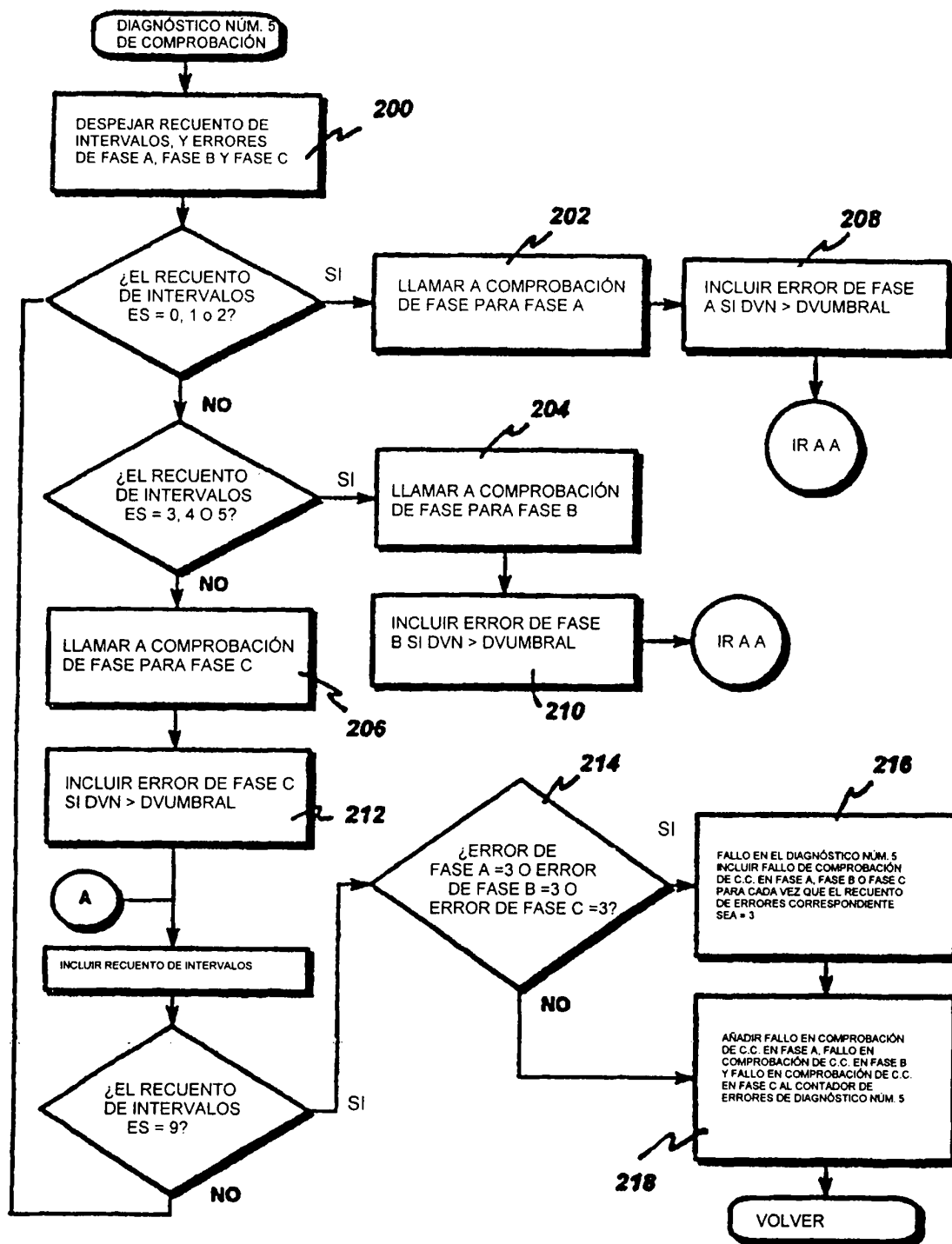


FIG. 19

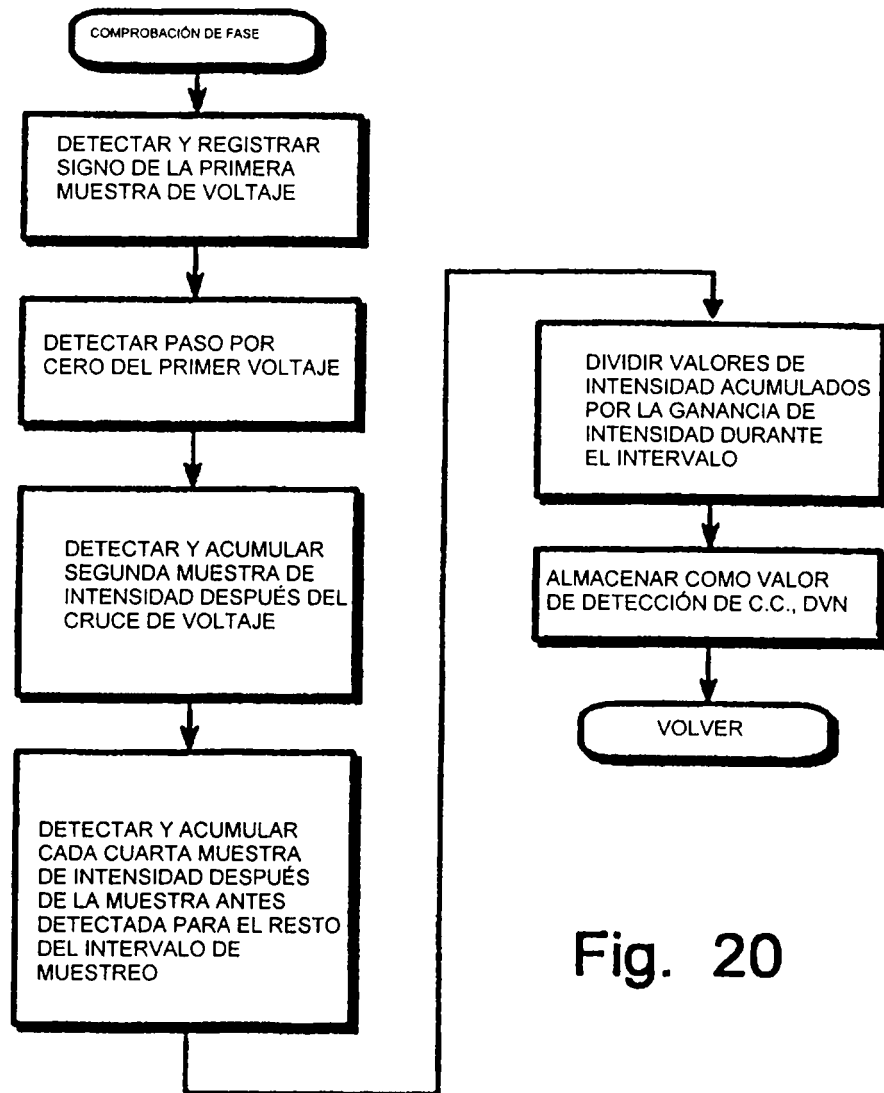


Fig. 20

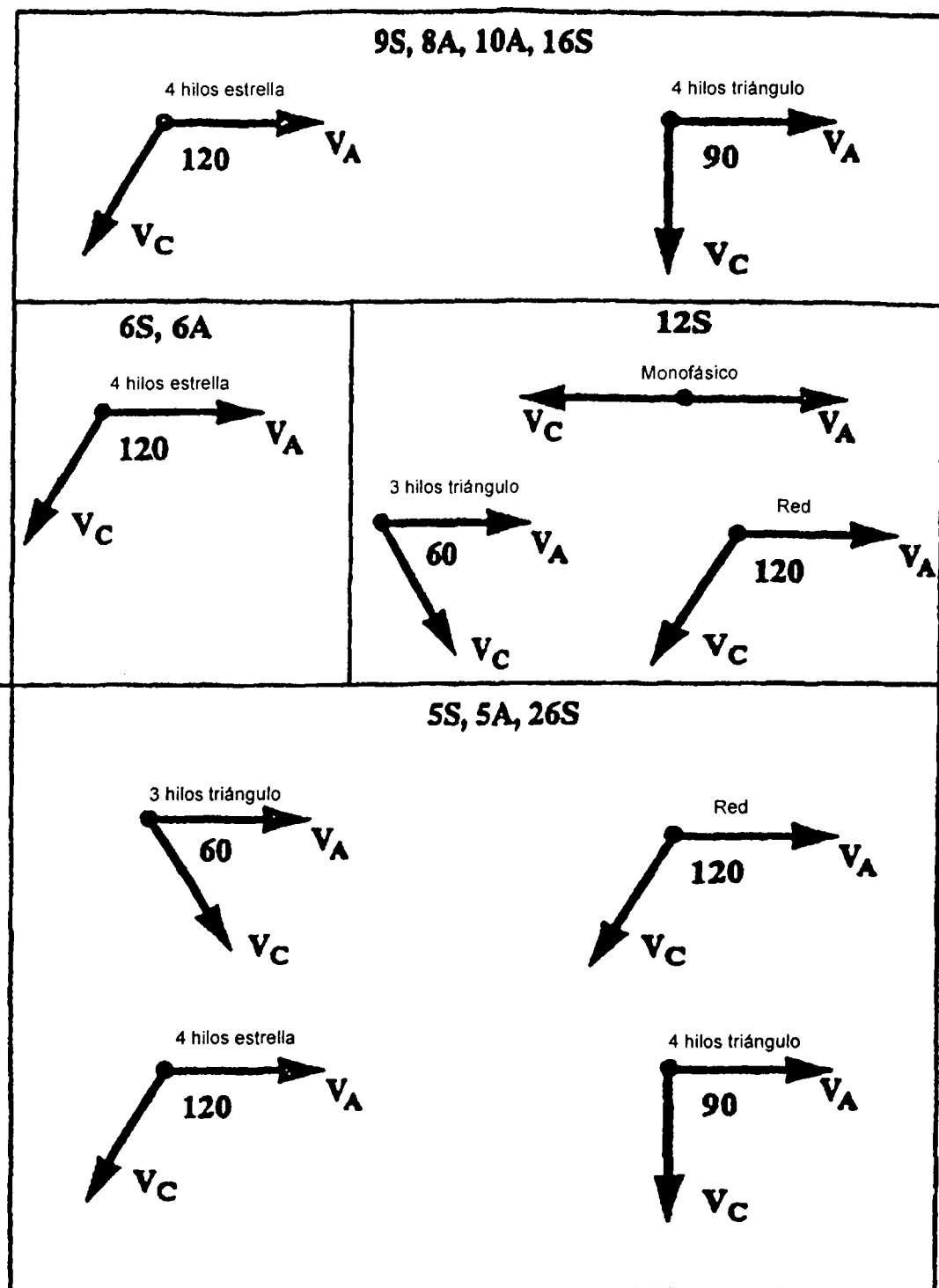


FIG. 21

FIG. 22

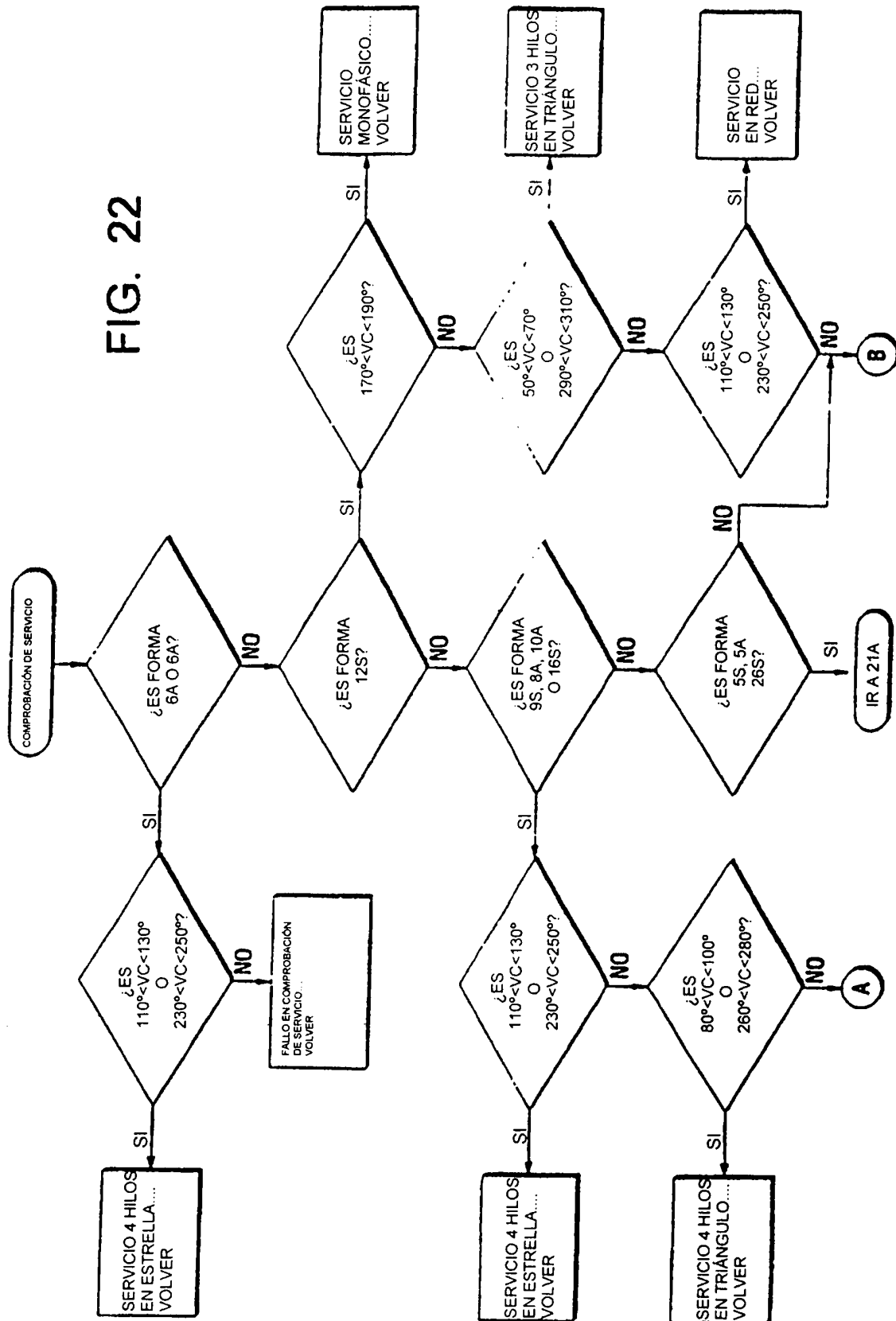


FIG. 23

