

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 654**

51 Int. Cl.:

H02P 27/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.04.2012 E 12164141 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2015 EP 2528227**

54 Título: **Dispositivo de control para convertidor de corriente eléctrica alterna-continua y su procedimiento de implementación**

30 Prioridad:

26.05.2011 FR 1154590

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

14.09.2015

73 Titular/es:

**VALEO EQUIPEMENTS ELECTRIQUES MOTEUR
(100.0%)**

**2, Rue André Boulle
94046 Créteil, FR**

72 Inventor/es:

**BERNARD, FRANÇOIS-XAVIER;
LOUISE, CHRISTOPHE y
DE-ROTALIER, NICOLAS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 545 654 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 de control para convertidor de corriente eléctrica alterna-continua y su procedimiento de implementación

5 La invención se refiere a un dispositivo de control para convertidor de corriente eléctrica alterna-continua y su procedimiento de implementación, más particularmente en el marco de una aplicación en la que un convertidor de corriente de ese tipo se asocia a una máquina eléctrica giratoria síncrona polifásica disponiéndose entre ésta y una unidad de almacenamiento de energía eléctrica, que comprende una batería recargable.

10 La invención se aplica más particularmente a unas máquinas reversibles polifásicas, denominados alterno-arrancadores, que se utilizan en la industria automóvil.

15 En el marco de la invención, el término "polifásica" se refiere más particularmente a unas máquinas eléctricas giratorias trifásicas o hexafásicas, pero puede referirse también a unas máquinas eléctricas giratorias bifásicas o que funcionen bajo un número de fases más elevado.

20 Como es bien conocido, un alterno-arrancador incluye un rotor que constituye un inductor y un estator polifásico que lleva varias bobinas o arrollamientos que constituyen un inducido y que intercambian, con un convertidor alterna/continua reversible que incluye una serie de transistores, una potencia eléctrica, estando conectado este convertidor a una batería recargable. El estator se fija a la estructura del vehículo y rodea al rotor que es arrastrado por un árbol.

25 El alterno-arrancador puede funcionar indiferentemente, según el modo elegido por la electrónica del vehículo, en un modo alternador o en un modo arrancador/motor eléctrico. En el modo motor eléctrico, el alterno-arrancador puede asegurar el arranque del vehículo o aportar una ayuda al lanzamiento del motor térmico, es decir una asistencia de par temporal por ejemplo durante una aceleración.

30 Los alterno-arrancadores encuentran particularmente su aplicación en unos sistemas de parada y recuperación del motor de un vehículo automóvil.

35 En tanto el motor no esté parado, el alterno-arrancador funciona en modo alternador en el que permite, a través del convertidor alterna/continua reversible que incluye unos transistores para cada una de las fases de la máquina eléctrica, cargar la batería del vehículo y/o cualquier otra unidad de almacenamiento de energía mediante una tensión continua rectificada. En este modo alternador, el alterno-arrancador permite transformar un movimiento de rotación del rotor inductor, cuyo árbol es arrastrado en rotación por el motor térmico del vehículo por medio de una correa del alternador, en una corriente eléctrica inducida en los bobinados del estator. El convertidor alterna/continua reversible permite por lo tanto generar una tensión continua para alimentar con energía eléctrica una red de equipos eléctricos así como la batería y/o una unidad de almacenamiento de energía.

40 Cuando el motor debe ser arrancado de nuevo por el sistema de parada y recuperación, el alterno-arrancador funciona en modo arrancador. Se alimenta el estator del alterno-arrancador con las tensiones polifásicas generadas por el convertidor de corriente antes mencionado alimentado por la batería del vehículo y/o por la unidad de almacenamiento de energía. En este modo arrancador, el alterno-arrancador constituye un motor eléctrico que permite arrastrar en rotación, a través del árbol del rotor y de la correa del alternador, al motor térmico del vehículo.

45 Se utiliza la energía acumulada en la batería para alimentar de corriente al estator con el fin de inducir un movimiento en el rotor. El par a aplicar al rotor, y por tanto la corriente a suministrar a las fases del estator, es una función sinusoidal de la posición angular, señalizada por un ángulo θ , del rotor con respecto al estator.

50 De manera conocida, se destina un dispositivo de control a elaborar una serie de señales de control y a transmitir las a los transistores del convertidor de corriente eléctrica alterna-continua reversible para la aplicación de ese par.

55 Se conoce por el documento FR 2 932 330 un dispositivo de control de un convertidor de corriente eléctrica en el que una tabla digital consta de una pluralidad de emplazamientos de memoria que almacena unas palabras digitales que suministran a la salida unas salidas binarias de control con un número de bits igual al número de fases para controlar la conmutación de los conmutadores de potencia del convertidor. Se puede adaptar rápidamente el dispositivo de control a tal o cual máquina polifásica al número de fases diferentes, pero es conveniente para ello cambiar la tabla digital con cada nueva máquina polifásica, puesto que este tipo de dispositivo presenta el inconveniente de fijar en una memoria no volátil (ROM) el control de los transistores del convertidor.

60 Una tabla corresponde por ello a un tipo de máquina únicamente. Se podrá adaptar para el número de fases variable previendo una gran tabla digital y utilizar el número de bits de salida de esta tabla que se necesiten para adecuarse al número de fases de la máquina. Pero esta solución no permite adaptarse a las otras variables de una máquina a otra, como un orden de fases diferente o un valor del ángulo de apertura, es decir el período durante el que son solicitados los conmutadores de potencia, que es variable.

65

Por un lado, se detecta la necesidad de poder modificar a voluntad la configuración de las señales, de manera muy flexible, sin incrementar significativamente el coste y la complejidad de los circuitos del dispositivo de control, particularmente para poder pasar de un funcionamiento denominado “de onda completa”, en el que los transistores del convertidor trabajan en un período completo de 180° (se habla entonces de ángulo de apertura de 180°), a otro de funcionamiento con un ángulo de apertura reducido, sin que sea necesario para ello modificar sustancialmente los circuitos que constituyen este dispositivo de control, incluso tener que cambiarlos completamente sustituyendo por ejemplo una tarjeta completa de circuitos electrónicos por otra. Un control de onda completa sistemático no es necesario siempre puesto que la corriente que es aplanada por la inductancia del circuito es sinusoidal y porque no sirve de nada suministrar una tensión máxima en el conjunto de un periodo dado. Se busca trabajar en unas zonas de apertura más pequeñas, a título de ejemplo de 120° en lugar de 180° . El objetivo es encontrar un ángulo óptimo para optimizar el par y por ello demandar menos de la batería. Esto necesita en el estado de la técnica conocido prever dos tablas diferentes, una primera tabla consagrada a la elaboración de los controles con un ángulo de apertura máximo de 180° y una segunda tabla consagrada a la elaboración de los controles con un ángulo de apertura más pequeño, determinado por adelantado. Deberán asociarse otras tantas tablas para tener en cuenta tantos ángulos de apertura determinados por adelantado.

Por otro lado, como se ha recordado, en el marco de la invención el término “polifásica” se refiere indiferentemente a unas máquinas bifásicas, trifásicas, hexafásicas, de manera más general que funcionen con un número de fases igual a n (siendo un entero superior a 1). Se detecta igualmente la necesidad de poder acomodar estas máquinas diversas cualquiera que sea el número n de fases, sin tener que sustituir físicamente tal o cual componente para adaptarlas a tal o cual tipo de máquina. Si el número de fases puede variar, un orden de fases fijo ya no es deseable puesto que las máquinas controladas pueden tener el número y el orden de fases variable. Si el número de fases máximo puede estar cubierto por la previsión de una tabla que comprende un número de bits superior al número de fases, parece demasiado engorroso prever en una o varias tablas todas las combinaciones posibles de órdenes de fases si la máquina es por ejemplo hexafásica.

En este contexto, la invención viene a mejorar los dispositivos de control de convertidores de corriente, particularmente en el marco de aplicación en automóviles a unos alterno-arrancadores, proponiendo un dispositivo de control asociado a una máquina eléctrica giratoria polifásica que sea simple y poco costoso de implementar, principalmente porque sea particularmente adaptable a los diferentes tipos de máquinas eléctricas.

Para realizar esto, según una primera característica importante, el dispositivo de control del convertidor de corriente eléctrica alterna-continua incluye un microcontrolador y un módulo de control en serie, incluyendo el módulo de control unos bloques de control en un número igual al número de fases de la máquina eléctrica, que son seleccionados respectivamente por un lado por un valor del ángulo de apertura procedente de un registro de n bits del microcontrolador y por otra parte por un valor representativo de la posición angular del rotor con respecto al estator. Estos bloques de control proporcionan en la salida dos señales, a saber una información representativa del control a aplicar a los conmutadores de potencia del convertidor en el caso de un funcionamiento denominado de onda completa así como un valor de enmascaramiento calculado en el bloque de control que es función de un ángulo de apertura determinado. Estas dos señales se adaptan para combinarse a continuación para proporcionar la señal de control a los conmutadores de potencia adaptada a un funcionamiento de onda completa o de onda reducida según el valor de la máscara.

La invención permite de ese modo proponer un conjunto que se pueda montar sobre diferentes máquinas con unas especificaciones diferentes sin que sean necesarias unas modificaciones engorrosas en la arquitectura electrónica del dispositivo.

Según unas características complementarias el valor del ángulo de apertura es un valor dinámico, adaptado para modificarse en el registro del microcontrolador en función de unos parámetros de funcionamiento de la máquina eléctrica giratoria.

La ventaja de un dispositivo de control de ese tipo es proponer un control del convertidor de menor coste, simple y eficaz, y pueda adaptarse fácilmente a los diferentes requisitos, debido a que el ángulo de apertura tomado en cuenta en la realización de los controles ya no es fijo y puede por ejemplo variar en función de la velocidad, sin añadir por ello tantas tablas de memoria como valores diferentes haya.

Según una característica de la invención, el bloque de control incluye un comparador adaptado para comparar el valor representativo de la posición angular con un valor umbral, obtenido a partir del valor del ángulo de apertura, y esta comparación realizada por el comparador se hace sobre $n-2$ bits.

Se tiene de ese modo un dispositivo de control que es compacto y más fácil de alojar en el entorno de la máquina eléctrica polifásica, debido al volumen reducido en este caso del comparador.

Según una característica de la invención, el comparador se direcciona mediante $n-2$ bits del valor representativo de la posición angular y por $n-2$ bits del valor umbral, y proporciona en la salida una señal hacia una puerta lógica O exclusiva, recibiendo igualmente esta puerta en la entrada un bit del valor representativo de la posición angular,

distinto a aquellos recibidos por el comparador con el fin de proporcionar el valor de la máscara, mientras que el valor de onda completa se obtiene directamente por un bit del valor representativo de la posición angular, distinto a los bits recibidos por el comparador y distinto al bit recibido por la puerta O exclusiva.

5 Ventajosamente, el valor umbral se obtiene a partir del valor del ángulo de apertura mediante una sucesión de puertas lógicas que forman un sumador digital. El valor umbral se calcula según la fórmula $Umbral = ((Apert \oplus b_{n-2}) + b_{n-2})$ y el valor de la máscara se obtiene a continuación según la fórmula $Máscara = b_{n-2} \oplus ((b_0 \dots b_{n-3}) \geq Umbral)$.

10 El módulo de control incluye igualmente un bloque de lógica combinatoria en la salida de cada uno de los bloques de control que incluye unas puertas lógicas "Y" y unos inversores de manera que se combine la información de onda completa y el valor de máscara para proporcionar la señal de control a los conmutadores de potencia.

15 Se observa de ese modo que según la invención, con un único valor representativo del ángulo de apertura para todas las fases y un único comparador por fase, funcionando los dos sobre n-2 bits, se consigue elaborar la integridad de las señales de control en lugar de los cuatro comparadores por fase funcionando sobre n bits que son necesarios en teoría.

20 El dispositivo de control incluye además un módulo de cálculo del orden de fases, adaptado para proporcionar en la salida el valor representativo de la posición angular del rotor direccionada al módulo de control, y en el que unos sumadores, en un número igual al número de fases, reciben respectivamente del microcontrolador un valor de desviación de fase que se suma al valor ajustado de la posición angular del rotor con respecto al estator.

25 Se observa así otra ventaja de la invención, el hecho de conectar mediante unas conexiones eléctricas la tabla a los transistores en una cerámica se percibía antes de la invención como la fijación del orden de las fases, de tal manera que para adaptarse a eventuales cambios del orden de fases, se cablearía sobre la cerámica unos puentes de resistencia entre las conexiones. Este tipo de conexión no es práctico porque introduce diversidad en cuanto a los componentes (más componentes y para todas las combinaciones). En este caso, según la invención, las conexiones eléctricas permanecen en su estado. Se realiza mediante el cálculo y no mediante una operación física un complemento de desfase para reponer las señales de cada fase en el orden deseado.

30 Según una característica de la invención, el dispositivo de control incluye un módulo de ajuste angular dispuesto entre el módulo de cálculo del orden de fases y el microcontrolador y en el que se adapta un sumador para proporcionar en la salida el valor ajustado de la posición angular del rotor con respecto al estator siendo direccionado por un lado por la señal medida representativa de la posición del rotor con respecto al estator procedente de un módulo de determinación de la posición angular y por otro lado por un ángulo de desfase variable procedente del microcontrolador.

35 La invención tal como se ha definido permite de ese modo proponer un conjunto que se puede montar sobre diferentes máquinas con unas especificaciones diferentes, sea con respecto al orden de las fases, al número de las fases, o al valor del ángulo de apertura deseado, sin que sean necesarias unas modificaciones engorrosas sobre la arquitectura electrónica del dispositivo.

40 La presente invención se inscribe en un contexto técnico que permite proponer un microcontrolador de memoria flash, es decir una memoria que posea las características de una memoria volátil pero en la que los datos no desaparezcan durante una desconexión, de manera que se puedan tener en cuenta muchos requerimientos y que sea necesario prever por adelantado una arquitectura de control adaptado.

45 La invención se refiere además a un procedimiento de control de un convertidor de corriente eléctrica alterna-continua en el que se suministra una señal de control a unos conmutadores de potencia del convertidor mediante la adición binaria de una señal de referencia de onda completa y de un valor de máscara obtenido por medio de una sucesión de puertas lógicas y de comparador a partir de un valor del ángulo de apertura y un valor de la posición angular del rotor con respecto al estator.

50 La invención es particularmente efectiva en el marco de una aplicación a un alterno-arrancador para vehículos automóviles que incluye un convertidor de corriente eléctrica alterna-continua asociado a una máquina eléctrica giratoria síncrona polifásica. La máquina incluye un rotor y un estator que comprende unos arrollamientos conectados entre sí en sus extremos, en un número igual al número de fases, y el convertidor de corriente eléctrica alterna-continua se dispone entre esta máquina eléctrica polifásica y una batería recargable. El convertidor de corriente eléctrica alterna-continua incluye, para cada fase, una rama de dos conmutadores de potencia en serie, denominados alto y bajo, dispuestos entre los bornes positivo y negativo de la batería, constituyendo el punto medio entre los dos conmutadores de potencia alto y bajo una entrada y/o una salida de este convertidor de corriente eléctrica alterna-continua que se conecta a los extremos de las conexiones de dichos arrollamientos. Se prevé un dispositivo de control del convertidor de corriente tal como se ha descrito anteriormente para proporcionar en la salida dos señales de control respectivamente destinadas a los conmutadores de potencia de una misma rama del convertidor.

Surgirán otras características y ventajas de la invención con la lectura de la descripción a continuación de uno de sus modos de realización, ilustrado por:

- la figura 1, que es una vista esquemática de los diferentes componentes de una máquina eléctrica giratoria en este caso trifásica y de su dispositivo de control según un modo de realización de la invención,
- la figura 2, que es una vista esquemática del dispositivo de control,
- la figura 3, que es una vista esquemática del dispositivo de control de la figura 2,
- y la figura 4, que es una disposición de diagramas unos encima de los otros que ilustran, para la obtención de un par definido sobre el rotor (fig. 4a) en un periodo dado, las variaciones, en función de la posición angular del rotor con respecto al estator de la máquina eléctrica giratoria, de un control denominado de onda completa (fig. 4b), de un valor de máscara (fig.4c), de dos señales de control de conmutadores de potencia en serie (fig. 4d y 4e).

En lo que sigue, sin limitar en ningún modo el alcance, se situará el presente documento a continuación en el marco de la aplicación preferida de la invención, salvo mención en contrario, es decir en el caso de un dispositivo de control de un convertidor de corriente eléctrica alterna-continua para un alterno-arrancador trifásico.

La figura 1 ilustra esquemáticamente un dispositivo de alterno-arrancador trifásico, incorporado en un vehículo.

El sistema incluye un alterno-arrancador 2 con un estator 4 y un rotor 6, un convertidor de corriente eléctrica alterna-continua reversible 8, un dispositivo de control 10 de este convertidor, un módulo de determinación 12 de la posición angular θ del rotor con respecto al estator, y una batería 14.

El convertidor incluye unos conmutadores de potencia 16 que forman un puente de rectificadores semiconductores. En este caso, se trata de un alterno-arrancador trifásico, el convertidor comprende tres ramas de dos conmutadores de potencia en serie formados por unos transistores MOSFET, estando dispuesta cada una de las ramas entre los polos “-“ y “+” de la batería. Estos transistores se denominarán en el presente documento a continuación de manera arbitraria, “alto” y “bajo” para cada una de las ramas, y por tanto para cada una de las fases. Una estructura de ese tipo es bien conocida para el experto en la técnica y es inútil describirla más en detalle. Los puntos medios 18 de las ramas de salida se conectan respectivamente a unos arrollamientos que forman el bobinado del estator mientras que los extremos de las ramas se conectan a las salidas “+” y “-” de la batería del vehículo o de cualquier otro órgano de almacenamiento de energía eléctrica.

En modo alternador, el alterno-arrancador alimenta con corriente alterna trifásica al convertidor a través de los tres arrollamientos del estator. El convertidor convierte la corriente alterna trifásica, que entra en los puntos medios de las ramas, en una corriente continua en dirección a la batería de forma que la carga.

En modo arrancador, es el alterno-arrancador el que es alimentado con energía eléctrica trifásica mediante el convertidor reversible, que funciona esta vez en modo generador de corriente trifásica a partir de una corriente continua procedente de la batería del vehículo.

En los dos modos, los conmutadores de potencia están controlados según una secuencia apropiada de seis señales de control, SC_1 a SC_6 , generadas por el dispositivo de control para que la corriente proporcionada en la salida del convertidor tenga en cuenta la desviación de las fases a producir o a alisar según el modo operativo.

En el modo arrancador, es importante que estas señales se generen en sincronismo con la posición angular θ del rotor con respecto al estator, principalmente para evitar cualquier riesgo de deterioro de los componentes semiconductores, pero también y sobre todo para que el alterno-arrancador suministre, en modo arrancador, un par optimizado y adaptado al arranque o a la ayuda al par del motor térmico, demandando la menor corriente posible de la batería.

Es necesario por ello determinar la posición angular θ del rotor con una gran precisión para obtener un funcionamiento correcto de los puentes rectificadores. El módulo de determinación de la posición angular del rotor genera con este fin una señal $\theta(t)$ que representa la variación instantánea de la posición angular medida y transmite esta señal a la entrada del dispositivo de control. Se utilizan en este caso unos captadores de efecto Hall fijados con respecto al estator de la máquina eléctrica giratoria. Estos captadores son adecuados para proporcionar una serie de primeras señales representativas de un campo magnético giratorio detectado por estos captadores. Se comprende que se puede recurrir indiferentemente a este procedimiento o a cualquier otro procedimiento conocido que permita determinar la posición angular del rotor con una buena precisión.

El módulo de determinación de la posición angular del rotor proporciona en su salida una señal $\theta(t)$ representativa de esta posición angular. Esta señal puede ser de tipo analógico o de manera preferida de tipo digital si el módulo está provisto de un circuito de conversión analógico-digital (no representado).

La señal se transmite a la entrada del dispositivo de control para la elaboración de las señales de control SC_1 a SC_6 de los elementos de conmutación del convertidor de corriente eléctrica alterna-continua reversible.

La figura 2 ilustra esquemáticamente el dispositivo de control según la invención, que tendrá en cuenta en la entrada esta señal $\theta(t)$ así como unos parámetros registrados por el constructor o puestos al día dinámicamente, con el fin de proporcionar a la salida las señales de control para los conmutadores de potencia del convertidor.

5 El dispositivo de control incluye sucesivamente un microcontrolador 20, un módulo de ajuste angular 22, un módulo de cálculo del orden de fases 24 y un módulo de control 26.

10 El microcontrolador es de forma conocida un circuito integrado que cuenta con un procesador, unas memorias y unas interfaces de entrada y de salida. En el marco de la aplicación de la presente invención, el microcontrolador está adaptado particularmente por un lado para recibir unas informaciones de entrada relativas a los tipos de máquina y de aplicación deseados por el cliente y por otro lado para configurar en función de estas informaciones los diferentes registros del microcontrolador. El microcontrolador escribe de ese modo una información en un registro de n bits de un puerto de salida, que mantiene la información a disposición de los circuitos exteriores a través de un dispositivo digital cableado.

15 El microcontrolador 20 proporciona tres registros de desviación angular 28a a 28c, siendo este número de registros igual al número de fases de la máquina, así como un registro de apertura 30 que es representativo del ángulo de apertura deseado y fijado por el constructor o bien ajustado dinámicamente en función de la velocidad del vehículo por ejemplo. Se recuerda que el ángulo de apertura corresponde al periodo de la fase según el que se desea que los conmutadores de potencia proporcionen una potencia eléctrica. El microcontrolador proporciona además un ángulo de desfase variable 32 que se determina en función por ejemplo de la velocidad de la máquina y que permite adaptar a las especificidades de la máquina la señal de la posición angular del rotor suministrada por el módulo de determinación angular.

20 El módulo de ajuste angular 22 incluye un sumador 34 intercalado entre el microcontrolador 20 y el módulo de cálculo del orden de fases 24. El sumador recibe en la entrada el ángulo de desfase variable 32 procedente del microcontrolador así como la señal $\theta(t)$ representativa de la posición del rotor con respecto al estator procedente del módulo de determinación de la posición angular 12. La información en la salida del sumador es un valor ajustado 35 de la posición angular del rotor con respecto al estator, valor que puede servir para el arranque del motor térmico en unas condiciones óptimas. Esta información en la salida del sumador 34 controla el módulo de cálculo del orden de fases 24.

25 Este modelo de cálculo 24 incluye tres sumadores 36, es decir en un número igual al número de fases de la máquina eléctrica polifásica, en este caso un alterno-arrancador trifásico. Estos sumadores reciben en la entrada el valor ajustado 35 procedente del módulo de ajuste angular 22 así como un registro de la desviación angular 28a a 28c procedente del microcontrolador 20. Se obtiene de ese modo en la salida de cada sumador un valor de la posición angular calculada 37 para una fase dada, que comprende el desfase y la desviación.

30 Según que se sume tal o cual valor de ángulo, por ejemplo 60°, 120° o 240° para una máquina trifásica, se puede modificar de ese modo el orden de las fases y hacerlo de manera que sea tal o cual rama la que lleve la información relativa a la fase inicial de arranque.

35 El módulo de control 26 se dispone en la salida de los sumadores 36 del módulo de cálculo. Incluye tres bloques de cálculo 38 correspondiente cada uno a una fase y tres bloques de lógica combinatoria 40 dispuesto cada uno en la salida de uno de los bloques de cálculo.

40 Cada bloque de cálculo 38 recibe en la entrada el valor del ángulo de apertura 30 procedente de un registro del microcontrolador 20 así como el valor de la posición angular calculada 37 procedente de los sumadores 34 del módulo de cálculo del orden de fases 24. Tal como se describirá en el presente documento a continuación, cada bloque de cálculo del módulo de control (uno por fase) transforma estas informaciones de la entrada en una información representativa de un control denominado de onda completa 42 y un valor de máscara 44. Estos dos datos se adaptan para combinarse a continuación para la obtención final de las señales de control de los transistores SC_1 a SC_6 .

45 La figura 3 representa uno de los bloques de cálculo 38, que incluyen un comparador 46, una sucesión de puertas lógicas que forman un sumador digital 48 y una puerta O exclusiva (XOR) 50.

50 Este bloque de cálculo recibe en primer lugar un valor de la posición angular recalculada 37. El valor de posición angular 37 se codifica sobre n bits, referenciados como $37b_0 \dots 37b_{n-1}$. Los n-2 primeros bits, $37b_0 \dots 37b_{n-3}$, se dirigen hacia el comparador 46, un bit $37b_{n-2}$ del valor de la posición angular 37 se dirige por un lado a una entrada de la puerta lógica 50, que recibe además el resultado del comparador 46, y por otra parte hacia el sumador digital 48 para la obtención del valor umbral 45. Finalmente, el bit de mayor peso $37b_{n-1}$ del valor de la posición angular 37 se orienta directamente hacia un amplificador inversor para proporcionar la señal de control de la onda 42 que se obtiene por lo tanto directamente como el complemento del bit de mayor peso $37b_{n-1}$ del valor de la posición angular 37.

65

ES 2 545 654 T3

El comparador 46 recibe en la entrada el valor de la posición digital sobre n-2 bits así como un valor umbral 45 que se codifica igualmente sobre n-2 bits y que es obtenido por el sumador digital 48 a partir por un lado de un bit $37b_{n-2}$ de la posición angular del rotor que codifica el periodo de la fase en unos intervalos periódicos de 90° , lo que permite tener en cuenta la simetría de la señal a producir alrededor de los valores de periodo de 90° y de 270° , y por otro lado de un registro que codifica sobre n-2 bits, referenciados $30b_0 \dots 30b_{n-3}$, el valor del ángulo de apertura 30 en el intervalo correspondiente de 90° .

Se observa que el valor del ángulo de apertura se codifica sobre n-2 bits, se comprenderá que este valor codificado corresponde a una zona de variación de 90° , con la excepción de los valores de los extremos de la zona que se tratan por separado si es necesario con la adición de bits de control suplementarios para forzar el modo. El microcontrolador posee unos registros de tamaño estándar de n bits, los 2 bits restantes en el registro de apertura pueden servir a este fin.

Esta construcción opera sobre los n-2 bits de menor peso de la posición angular del rotor. En un bit de posición dada, se compara el valor de la posición angular del rotor 37 con el valor umbral 45 y se utiliza al resultado de esta comparación con un valor de simetría establecido en el bit $37b_{n-2}$ para extraer el valor de la máscara 44.

El valor umbral 45 se obtiene mediante el sumador digital simplificado 48 que incluye una primera serie de puertas O exclusiva 52, una serie de puertas Y 54, una segunda serie de puertas O exclusiva 56 así como una puerta NO-O 58.

La puerta lógica 58 es direccionada por el bit de menor peso $30b_0$ del valor de ángulo de apertura y por el bit $37b_{n-2}$ del valor de la posición angular y se proporciona en la salida una señal binaria invertida hacia la serie de puertas Y 54.

Las puertas lógicas 52 de la primera serie son direccionadas respectivamente por un bit $30b$ del valor del ángulo de apertura y por el bit $37b_{n-2}$ invertido y se proporciona en la salida una señal digital binaria hacia la segunda serie de puertas lógicas O exclusiva 56, que a su vez son respectivamente direccionadas además por una señal en la salida de cada una de las puertas Y de la serie 54.

Tal como se ilustra en la figura 2, el bloque de lógica combinatoria 40 da a la salida del módulo de control, a partir de las dos señales de salida 42 y 44, las señales de control SC de los conmutadores y por tanto del transistor alto y del transistor bajo para cada una de las fases de la máquina. En el caso ilustrado de la máquina de tres fases, se proporcionan de ese modo seis señales de control.

Cada bloque de lógica combinatoria se dispone en la salida de uno de los bloques de cálculo respectivo e incluye dos puertas lógicas Y, 41h y 42h, cada una proporcionando una señal de control SC a partir de las dos señales de entrada elaboradas a partir, por un lado del valor de la máscara 44, y por otro lado de la información de control de onda completa 42 o su inversa. La primera puerta lógica 41h recibe la información de control de onda completa 42 y el valor de máscara 44 mientras que la segunda puerta lógica 42h recibe el valor de máscara y la información de control de onda completa invertida.

Da como resultado unas señales de control de los conmutadores elaboradas en función de la desviación angular del rotor con respecto al estator, y en función del valor de apertura cualquiera que sea éste, es decir sea igual a 180° , sea fijo a un valor determinado, sea variable dinámicamente en función de la velocidad del vehículo por ejemplo.

Se puede ver en las figuras 4d y 4e la señal de control (respectivamente SC_1 y SC_2 para un transistor alto y un transistor bajo de una misma rama del convertidor) suministrada por el dispositivo de control.

Se puede observar que la señal SC_1 resulta de la adición lógica de la información de control de onda completa 42 y del valor de máscara 44 mientras que la señal SC_2 resulta del valor de la máscara 44 y de la información de control de onda completa 42 invertida.

Cuando el valor de la máscara toma el valor "0", es decir cuando se encuentra en una zona en la que no se desea que los conmutadores de potencia funcionen, las señales de control SC_1 y SC_2 toman igualmente el valor "0".

Cuando el valor de la máscara toma el valor "1", la señal de control SC_1 toma el valor "1" cuando la información de control de onda completa es igualmente igual a "1" mientras que la señal de control SC_2 toma el valor "1" cuando la información de control de onda completa es igual a "0" y por tanto su inversa toma el valor "1".

Se puede ver en las figuras 4a a 4c que la información de control de onda completa 42 (figura 4b) y el valor de la máscara 44 (figura 4c) corresponden a la forma de las curvas C180 (funcionamiento de onda completa) y C120 (funcionamiento con un ángulo de apertura de 120°).

La información de control de onda completa 42 se fija y toma siempre esta forma mientras que el valor de la máscara 44 cambia según algunos parámetros determinados por el constructor y por tanto se puede tener en cuenta la evolución dinámica en tiempo real.

5 Se puede ver en la figura 4a una primera curva C₁₈₀ que representa un funcionamiento de onda completa, en el que la corriente es suministrada durante unos semiperíodos completos y consecutivos, de ahí el índice "180" utilizado. Esta figura 4a representa igualmente una curva C₁₂₀ que ilustra un ejemplo de modo de funcionamiento con onda
10 reducida diferente al modo denominado "de onda completa", en el que los elementos de conmutación de potencia altos y bajos no conducen más que durante 120° sobre 180° de una alternancia. La alternancia positiva representa la corriente suministrada por uno de los elementos de conmutación de potencia en la rama, por ejemplo el interruptor alto (visible en la figura 4d), mientras que la alternancia negativa representa la corriente suministrada por el interruptor bajo (visible en la figura 4e).

15 Se describirá ahora el procedimiento de implementación del dispositivo de control de la invención, en el marco de una utilización de alterno-arrancador de un vehículo en modo arrancador, es decir en un modo de funcionamiento en el que se utiliza la batería del vehículo para alimentar el convertidor de corriente asociado al alterno-arrancador, controlando este convertidor mediante unas señales de control adaptadas para generar en la salida del convertidor una corriente desfasada para el estator del alterno-arrancador.

20 Para cada una de las fases, se prevé generar de ese modo un par de dos señales de control para cada uno de los transistores, y se desfasa este par de valores en este caso en 120° en el caso considerado (corriente trifásica).

25 Se recibe la información inicial de la posición del rotor en la que está detenido con respecto al estator y se ajusta este valor teniendo en cuenta un valor de desfase función de los parámetros dinámicos de la máquina. Se ajusta de ese modo el calado del rotor con respecto al estator en función de características propias de la máquina para optimizar el arranque del vehículo.

30 Se considera a continuación este valor ajustado para reorganizar el orden de las fases del alterno-arrancador a controlar. Conviene asegurar que las señales de control en la salida del dispositivo corresponden a una rama del convertidor deseada, de manera que éstas sean por ejemplo las señales SC₁ y SC₂ que controlan la fase inicial de re arranque del motor.

35 En todos los casos, tanto si la posición angular del rotor con respecto al estator ha sido previamente ajustada en desviación o en desfase o bien no lo haya sido, se utiliza según la invención un dato de la posición angular del rotor con un valor del ángulo de apertura para definir mediante cálculo unos umbrales correspondientes a los momentos de conmutación de los transistores del convertidor, y para adaptar una señal de control a estos umbrales, con el fin de hacer trabajar el alterno-arrancador ya no de manera constante en onda completa sino más bien en un funcionamiento posible en onda reducida.

40 Con la lectura de lo que antecede, se constata fácilmente que la invención alcanza correctamente los objetivos que se han fijado, y que es inútil recordar completamente. A partir de la posición digital de la máquina, es decir la posición angular del rotor con respecto al estator, se crea una posición de partida por fase sumando digitalmente un valor angular contenido en un registro establecido por un microcontrolador. Este valor angular fijo permite a la vez definir el orden de control de las fases de la máquina, y de ese modo simplificar la mecatrónica conservando una
45 única referencia de cerámica, mientras se regula el calado inicial entre el rotor y el estator. Cada posición de fase obtenida de ese modo se compara con unos umbrales dependientes de la fase que determinarán el tiempo de conducción de la rama del convertidor, es decir para cada fase, el estado de los conmutadores de potencia.

50 La invención se dirige a proponer un dispositivo que permite obtener unos umbrales dinámicos para determinar el estado de los conmutadores, con un único registro de apertura establecido por el microcontrolador y un dispositivo físico encargado de transformar esta información en unos umbrales simétricos alrededor del valor del periodo de 90° y 270°, y esto evitando hacer el cálculo de estos umbrales mediante el microcontrolador lo que permite no sobrecargarlo, y evitar prever cuatro comparadores.

55 Permite asegurar la regularidad del control en un periodo eléctrico, siendo la forma totalmente simétrica conservando el calado rotor-estator, simplificando el trabajo del programa y sin añadir comparadores.

60 Ventajosamente, en el bloque del cálculo del módulo de control, la comparación se realiza únicamente sobre los n-2 bits de menor peso de la posición, lo que tiene como efecto reducir el tamaño del comparador.

Ventajosamente, el sumador digital formado en el bloque de control mediante unas puertas lógicas trata de manera binaria el valor del ángulo de apertura y uno de los bits del valor de la posición angular, lo que ofrece una realización simplificada del bloque de control.

Ventajosamente, el registro del ángulo de apertura es dinámico es decir que la palabra de n-2 bits que corresponde al valor del ángulo de apertura deseado se puede modificar en el curso de la utilización de la máquina polifásica para adaptarse a unos datos recibidos por el microcontrolador como por ejemplo la velocidad del vehículo.

5 En unas variantes no representadas, se podrá prever hacer variar dinámicamente los registros relativos al valor angular a añadir a la posición digital de la máquina o para calibrar la máquina.

Como se ha precisado anteriormente, la invención no está limitada a la aplicación preferida relativa al control de un convertidor de corriente eléctrica alterna-continua reversible asociado a un alterno-arrancador trifásico.

10 Se comprenderá que se pueden añadir o retirar unos módulos del dispositivo de control ilustrado anteriormente sin salirse del contexto de la invención. A título de ejemplo, las magnitudes resultantes de los diferentes bloques son en este caso únicamente lógicas y se podrá prever un módulo que permita la gestión de los tiempos muertos y de la transición entre las fases sin que esto se haya representado aquí.

15 Así, sin salirse del marco de la invención, el dispositivo se aplica a cualquier máquina giratoria polifásica, por ejemplo bifásica, trifásica, hexafásica, etc. en modo motor (arrancador) y/o alternador (generador de corriente), puesto que la invención permite sin modificar la estructura de la tarjeta electrónica en la que se implementan los componentes del dispositivo de control según la invención, adaptarse a diversas máquinas eléctricas giratorias, esto
20 hasta n fases.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de control (10) de un convertidor de corriente eléctrica alterna-continua (8) dispuesto entre, por un lado una máquina eléctrica giratoria síncrona polifásica que comprende un estator (4) y un rotor (6) y por otro lado una unidad de almacenamiento de energía eléctrica continua (14), estando dicho dispositivo de control adaptado para proporcionar una señal de control (SC) a unos conmutadores de potencia (16) de dicho convertidor, caracterizado por que incluye en serie un microcontrolador (20), adaptado para proporcionar al menos un registro representativo de un valor del ángulo de apertura (30) que corresponde al periodo de funcionamiento de cada conmutador de potencia, y un módulo de control (26) que comprende un registro que da el ángulo entre fases y unos bloques de control (38) en un número igual al número de fases de dicha máquina, a los que se dirigen respectivamente dicho valor de ángulo de apertura y un valor representativo (37) de la posición angular del rotor con respecto al estator, y que están adaptados para proporcionar en la salida una información representativa del control a aplicar a dichos conmutadores de potencia en el caso de un funcionamiento denominado de onda completa (42) así como un valor de máscara (44) calculado en dichos bloques de control (38) que es función de un ángulo de apertura determinado, estando dicha información y dicho valor de máscara adaptados para combinarse para proporcionar dicha señal de control a dichos conmutadores de potencia adaptada a un funcionamiento de onda completa o de onda reducida según el valor de la máscara.

2. Dispositivo de control según la reivindicación 1, caracterizado por que dicho valor del ángulo de apertura (30) es un valor dinámico, adaptado para modificarse en el registro del microcontrolador (20) en función de unos parámetros de funcionamiento de la máquina eléctrica giratoria.

3. Dispositivo de control según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el bloque de control (38) incluye un comparador (46) adaptado para comparar dicho valor representativo de la posición angular con un valor umbral (45), obtenido a partir del valor del ángulo de apertura (30) inicialmente proporcionado por el microcontrolador (20) en un registro de n bits, y por que la comparación realizada por dicho comparador se hace sobre n-2 bits.

4. Dispositivo de control según la reivindicación 3, caracterizado por que el comparador (46) se direcciona mediante n-2 bits del valor representativo de dicha posición angular (37) y por n-2 bits del valor umbral (45), y proporciona en la salida una señal hacia una puerta lógica O exclusiva (50), recibiendo igualmente dicha puerta en la entrada, un bit del valor representativo de dicha posición angular (37), distinto a aquellos recibidos por el comparador con el fin de proporcionar dicho valor de máscara (44), mientras que el valor de onda completa (42) se obtiene directamente por un bit del valor representativo de dicha posición angular (37), distinto a los bits recibidos por el comparador y distinto al bit recibido por dicha puerta O exclusiva.

5. Dispositivo de control según la reivindicación 2, caracterizado por que dicho valor umbral (45) se obtiene a partir de dicho valor del ángulo de apertura (30) mediante una sucesión de puertas lógicas que forman un sumador digital simplificado (48).

6. Dispositivo de control según la reivindicación 5, caracterizado por que dicho valor umbral (45) se calcula según la siguiente fórmula:

$$\text{Umbral} = ((\text{Apert} \oplus b_{n-2}) + b_{n-2})$$

en la que Umbral: el valor del umbral (45)
 Apert: el valor del ángulo de apertura (30)
 b_{n-2} un bit del valor representativo de la posición angular (37)
 \oplus : la O exclusiva lógica
 +: la Y lógica.

7. Dispositivo de control según la reivindicación 6, caracterizado por que el valor de máscara se obtiene según la siguiente fórmula:

$$\text{Máscara} = b_{n-2} \oplus ([b_0 \dots b_{n-3}] \geq \text{Umbral}) +$$

en la que Umbral: el valor del umbral (45)
 Máscara: el valor de la máscara (44)
 $b_0 \dots b_{n-3}$: bits del valor representativo de la posición angular (37)
 \oplus : la O exclusiva lógica
 \geq : el comparador lógico.

8. Dispositivo de control según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el módulo de control (26) incluye además un bloque de lógica combinatoria (40) a la salida de cada uno de los bloques de control (38) que incluye unas puertas lógicas "Y" y unos inversores de manera que se combine dicha información de onda completa

(42) y dicho valor de máscara (44) para proporcionar dicha señal de control (SC) a dichos conmutadores de potencia.

5 9. Dispositivo de control según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que incluye además un módulo de cálculo del orden de fases (24), adaptado para proporcionar en la salida dicho valor representativo de la posición angular del rotor (37) direccionada a dicho módulo de control (26), y en el que unos sumadores (36), en un número igual al número de fases, reciben respectivamente del microcontrolador (20) un valor de desviación de fase (28) que se suma al valor ajustado (35) de la posición angular del rotor con respecto al estator.

10 10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado por que incluye un módulo de ajuste angular (22) dispuesto entre el módulo de cálculo del orden de fases (24) y el microcontrolador (20) y en el que se adapta un sumador (34) para proporcionar en la salida dicho valor ajustado (35) de la posición angular del rotor con respecto al estator siendo direccionado por un lado por la señal medida ($\theta(t)$) representativa de la posición del rotor con respecto al estator procedente de un módulo de determinación de la posición angular (12) y por otro lado por un ángulo de desfase variable (32) procedente del microcontrolador (20).

15 11. Alterno-arrancador para vehículos automóviles que incluye un convertidor de corriente eléctrica alterna-continua (8) asociado a una máquina eléctrica giratoria síncrona polifásica que comprende un estator (4) y un rotor (6) que comprende una pluralidad de arrollamientos conectados entre sí en sus extremos, en un número igual al número de fases, disponiéndose dicho convertidor de corriente eléctrica alterna-continua entre dicha máquina eléctrica giratoria síncrona polifásica y una unidad de almacenamiento de energía eléctrica continua que incluye unos bornes denominados positivo y negativo (14), comprendiendo dicho convertidor de corriente eléctrica alterna-continua, para cada fase, una rama de dos conmutadores de potencia (16) en serie, denominados alto y bajo, dispuestos entre dichos bornes positivo y negativo, constituyendo el punto medio (18) entre los dos conmutadores de potencia, alto y bajo, una entrada y/o una salida de dicho convertidor de corriente eléctrica alterna continua estando conectado a dichos extremos de las conexiones de dichos arrollamientos, caracterizado por que comprende un dispositivo de control (10) del convertidor de corriente según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 10, adaptado para proporcionar en la salida dos señales de control (SC) respectivamente destinadas a dichos conmutadores de potencia de una misma rama del convertidor (8).

30

Fig. 1

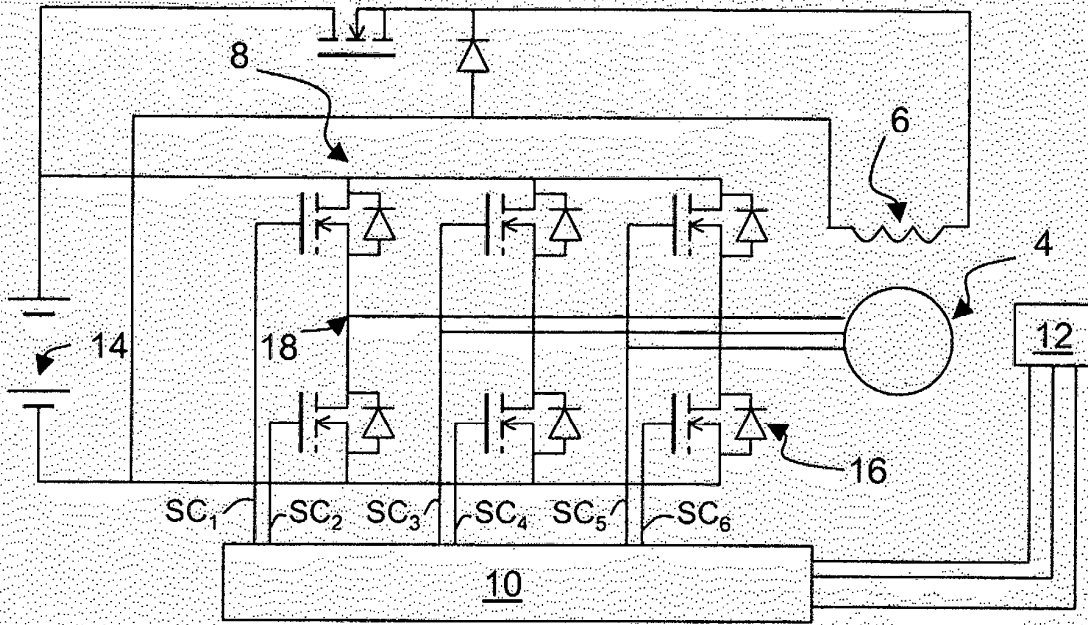


Fig. 4

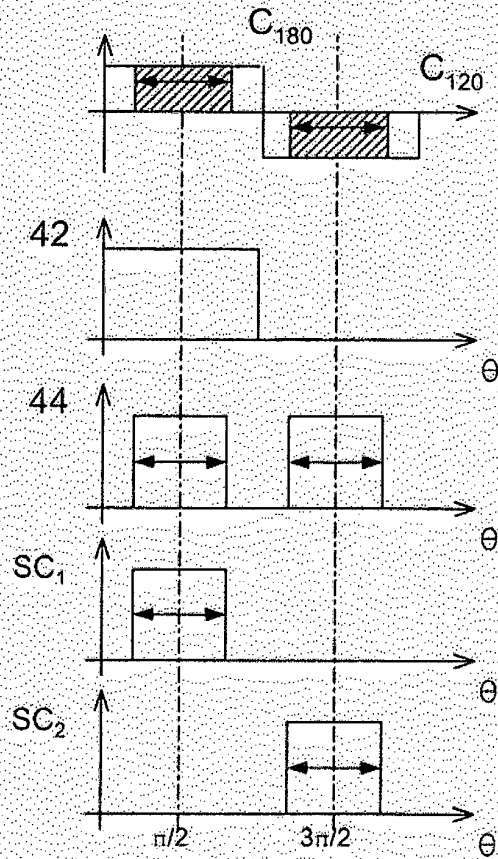


Fig. 4a

Fig. 4b

Fig. 4c

Fig. 4d

Fig. 4e

Fig. 2

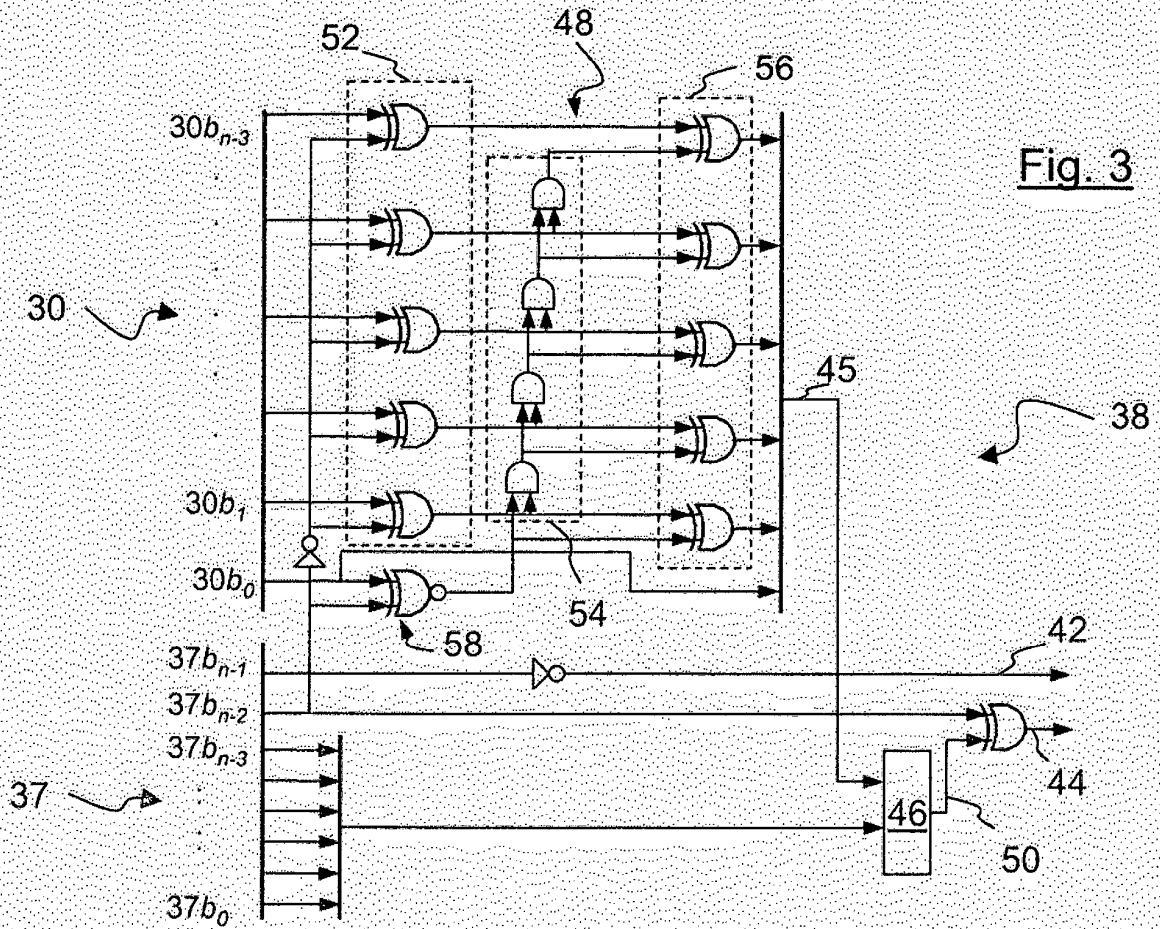
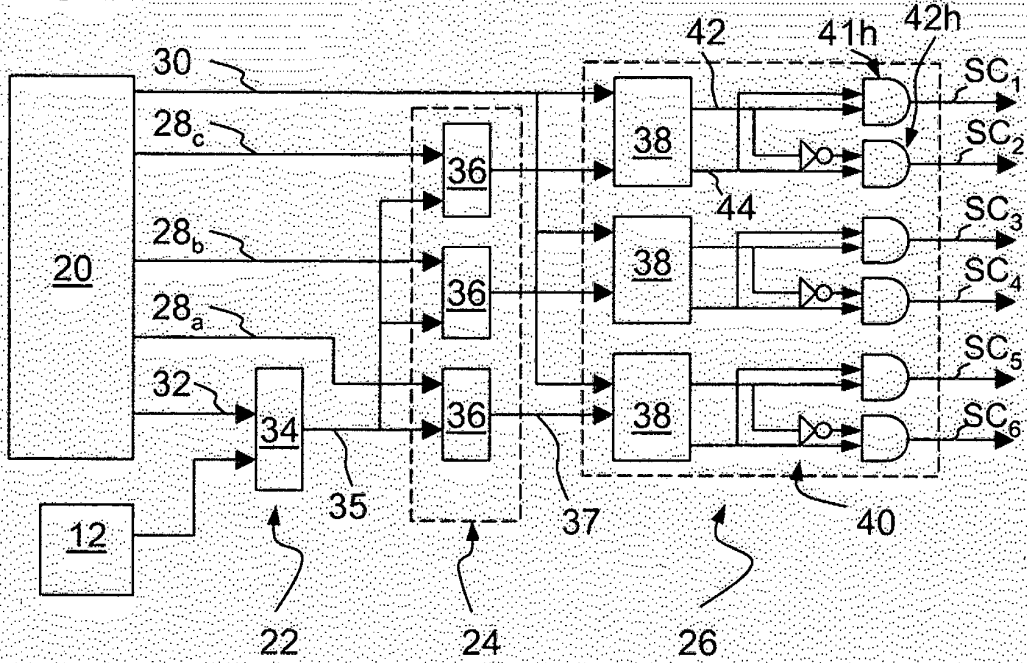


Fig. 3