

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 875 974**

51 Int. Cl.:

H02P 27/14 (2006.01)

H02M 7/483 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2019** E 19212260 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021** EP 3667898

54 Título: **Gestión del número de células de potencia activas de un variador de velocidad**

30 Prioridad:

14.12.2018 FR 1872975

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

11.11.2021

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS
(100.0%)**

**33, rue André Blanchet
27120 Pacy sur Eure, FR**

72 Inventor/es:

**FRAPPE, EMMANUEL;
MALRAIT, FRANÇOIS y
DEVOS, THOMAS**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 875 974 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

Gestión del número de células de potencia activas de un variador de velocidad

Campo técnico de la invención:

5 La invención se refiere a la gestión de un variador de velocidad encargado de la alimentación de un dispositivo eléctrico tal como, por ejemplo, un motor eléctrico.

Estado de la técnica:

10 Según una topología de potencia, una alta tensión es suministrada por un variador de velocidad al poner en serie un cierto número de convertidores de baja tensión (que entonces se denominan células de potencia o "power cell" en inglés). El control de estas células de potencia permite suministrar una tensión a varios niveles, o multiniveles, agregando cada célula de potencia una tensión que permite alcanzar niveles de tensión sucesivos. Tal estado de la técnica se conoce, por ejemplo, por el documento FR-A-3060238.

Se entiende por baja tensión, según las normas europeas, tensiones entre 0 y 1000 voltios en el régimen de tensión alterna y entre 0 y 1500 voltios en el régimen de tensión continua. Se entiende por alta tensión, tensiones superiores a 1000 voltios en régimen de tensión alterna y superiores a 1500 voltios en régimen de tensión continua.

15 Por ejemplo, el variador de velocidad puede comprender N células de potencia, siendo N superior o igual a 1. Cuando el variador de velocidad proporciona una alimentación trifásica, comprende 3*N células de potencia, estando N células de potencia dedicadas a cada una de las tres fases.

En la práctica, a menudo sucede que las N células de potencia sobre cada fase no son necesarias para generar la tensión requerida.

20 En efecto, el nivel de tensión que se aplicará al motor es aproximadamente proporcional a la velocidad del motor. A baja velocidad, por lo tanto, la tensión es baja en comparación con la tensión máxima que es posible administrar cuando las N células de potencia están activas y a plena potencia. Entonces, cada una de las N células administra una tensión baja, lo que de todos modos tiende a envejecer los componentes de la célula de potencia, para acentuar el efecto de las imperfecciones de la fase de potencia y el funcionamiento del sistema de alimentación de energía es entonces subóptimo.

Además, ciertas aplicaciones necesitan una continuidad en la fuente de alimentación. De este modo, en caso de falla de una o varias células de potencia, se pueden implementar soluciones de elusión (o "by-pass" en inglés) de las células de potencia de falla.

30 Además, cuando se requiere una alta tensión en la salida del variador de velocidad, en una configuración que comprende N células de potencia, la elusión de una de ellas pierde un nivel de tensión, y el sistema entonces funciona en modo degradado y no puede suministrar una tensión completa.

35 Con el fin de superar este inconveniente, se puede prever definir configuraciones "N+1" o "N+2" que consiste en agregar células de potencia adicionales que no se utilizan en el funcionamiento normal y que se ponen en funcionamiento en caso de una falla de una o de dos células de potencia, para que el sistema de alimentación siempre pueda suministrar una tensión completa.

De este modo, existe la necesidad de optimizar el uso de las células de potencia de un variador de velocidad encargado de la alimentación de un dispositivo eléctrico, tal como un motor eléctrico.

La presente invención resuelve los inconvenientes mencionados anteriormente.

Exposición de la invención:

40 Un primer aspecto de la invención se refiere a un procedimiento de control de un variador de velocidad que alimenta un motor eléctrico, comprendiendo el variador de velocidad una pluralidad de al menos Ni células de potencia de baja tensión conectadas en serie para al menos una fase del índice i, comprendiendo el procedimiento:

al recibir un control de velocidad, determinación de un número Mi de células suficiente para alimentar el motor a una tensión objetivo V que se determina a partir del control de velocidad;

45 activación de las Mi células de potencia entre las Ni células de potencia, y desactivación de las Ni-Mi otras células de potencia con el fin de alimentar el motor según el control de velocidad.

50 De este modo, a diferencia de las soluciones de la técnica anterior, el número de células de potencia activas no es fijo, esto presenta la ventaja de poder adaptar el número de células de potencia activas a la tensión de salida del variador que se suministra al motor eléctrico. Esto presenta las ventajas de reducir las pérdidas de las células de potencia, de mejorar el estado térmico del variador de velocidad, de mejorar la protección en sobretensión del motor

y de reducir el impacto de las imperfecciones de la fase de conversión de potencia sobre la tensión objetivo en la salida.

5 Las N_i células de potencia pueden corresponder a una fase i de una fuente de alimentación trifásica y las otras fases pueden comprender el mismo número N_i de células de potencia. Como variante, los números N_i de células de potencia del variador de velocidad diferente.

Según un modo de realización, el variador de velocidad comprende varias fases, teniendo cada fase del índice j N_j células de potencia y el número M_i para una fase del índice i puede ser inferior al mínimo de los valores N_j para j variando entre 1 y el número de fases del variador de velocidad.

10 Un tal modo de realización permite asegurar tensiones equilibradas entre las diferentes fases del variador de velocidad.

Como complemento, cada célula de potencia puede ser adecuada para suministrar una tensión de salida inferior a un valor máximo $V_{m\acute{a}x}$, comprendiendo el procedimiento la determinación, a partir del control de velocidad, de la tensión de salida objetivo V del variador de velocidad, y M_i es tal que $M_i * V_{m\acute{a}x} \geq V$.

De este modo, el número M_i permite asegurar que se administre la tensión de salida deseada.

15 Como complemento, M_i puede ser el número entero pequeño, tal como $M_i * V_{m\acute{a}x} \geq V$.

De este modo, se activa el número mínimo de células de potencia requerido para suministrar la tensión de salida deseada y, de este modo, se optimiza el uso del variador de velocidad.

20 Según un modo de realización, antes de la recepción del control de velocidad, el procedimiento puede comprender una fase anterior en la que un número K_i de células de potencia están activas para alimentar el motor, siendo K_i inferior o igual a N_i y siendo K_i diferente de M_i ;
si K_i es superior a M_i , las $K_i - M_i$ células de potencia se pueden desactivar con el fin de alimentar el motor según el control de velocidad;
si no, las $M_i - K_i$ células de potencia se activan con el fin de alimentar el motor según el control de velocidad.

25 Este modo de realización permite de este modo optimizar el funcionamiento del variador de velocidad en función de la recepción de un control de velocidad.

Según un modo de realización, si $|M_i - K_i| \geq 2$, las $|M_i - K_i|$ células de potencia se pueden activar/desactivar una tras otra.

30 Tales activaciones/desactivaciones sucesivas, y no simultáneas, permiten aumentar/disminuir de manera progresiva la tensión sobre el motor minimizando el riesgo de sobretensión tras la conmutación de un interruptor para activar/desactivar una célula de potencia.

Según un modo de realización, el procedimiento puede comprender además la transmisión de señales de control de las M_i células de potencia activas y, para cada célula de potencia activa, la señal de control comprende órdenes de conmutación de ciertos interruptores de un puente en H de la célula de potencia, y cada señal de control se genera a partir de una señal triangular y un valor de tensión de control de referencia.

35 Como complemento, según un primer modo de realización, durante la fase anterior, las K_i señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi / K_i$ se utilizan para generar las señales de control respectivas, equivalentes a los valores respectivos V^{ref}_t de tensiones de control de referencia, t variando entre 1 y K_i .

40 Después de la recepción del control de velocidad, M_i señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi / M_i$ se utilizan para generar las respectivas señales de control, equivalentes a nuevos valores respectivos V^{ref}_t de tensiones de control de referencia, t variando entre 1 y K_i , siendo los nuevos valores determinados a partir del control de velocidad.

45 El término "equivalente" significa que cada uno de los valores de tensión de control de referencia se compara con una de las señales triangulares con el fin de determinar las señales de control que permiten la conmutación de los interruptores de un puente en H de una célula de potencia. Tal comparación se comprenderá mejor a la vista de las explicaciones que se dan a continuación con referencia a las figuras 4 y 5.

El primer modo de realización permite adaptar el número de células de potencia activas a la tensión requerida, minimizando al mismo tiempo el contenido armónico de la tensión en la salida del variador de velocidad.

Como variante, según un segundo modo de realización, si K_i es superior a M_i :

50 durante la fase anterior, Las K_i señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi / K_i$ se utilizan para generar las señales de controles respectivas, equivalentes a los valores respectivos V^{ref}_t de tensiones de control de referencia, t variando entre 1 y K_i ;

después de la recepción del control de velocidad, Las K_i señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi/K_i$ se utilizan para generar las señales de controles respectivas, equivalentes a nuevos valores respectivos V_i^{ref} de tensiones de control de referencia, i variando entre 1 y K_i , los K_i - M_i nuevos valores V_i^{ref} se fijan iguales a cero. Esto es lo mismo que desactivar las K_i - M_i células de potencia fijando sus relaciones cíclicas en cero.

5 El segundo modo de realización es más rápido y fácil de implementar que el primer modo de realización, en detrimento de la calidad de la tensión en la salida del variador de velocidad.

Según un modo de realización, el variador de velocidad puede comprender, para cada célula de potencia, un interruptor adecuado para conectar y desconectar la célula de potencia de la serie de células de potencia, el interruptor de una célula de potencia activa está abierto y el interruptor de una célula de potencia inactiva está cerrado.

10 De este modo, las células de potencia se pueden desactivar y activar por medio de un interruptor de elusión o "bypass" en inglés.

Según un modo de realización, el procedimiento puede comprender además la selección de M_i células de potencia de entre las N_i células de potencia de en función de un criterio dado, y la activación de las M_i células de potencia seleccionadas.

15 De este modo, el uso del variador de velocidad y, en particular, de las células de potencia, se optimiza.

Como complemento, cada una de las al menos N_i células de potencia puede asociarse con un contador que mide un tiempo de funcionamiento de la célula de potencia, y el criterio dado puede depender de los respectivos tiempos de funcionamiento de las células de potencia.

20 De este modo, los envejecimientos/tiempos de funcionamiento de las células de potencia se controlan según la invención.

Como complemento, las M_i células de potencia pueden seleccionarse para reducir una diferencia tipo entre los tiempos de funcionamiento de las células de potencia.

25 De este modo, se asegura un envejecimiento homogéneo de las células de potencia y, por lo tanto, un aumento de la vida útil del variador de velocidad.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un programa informático ejecutable por una unidad de cálculo y que comprende instrucciones para, cuando se ejecuta por la unidad de cálculo, implementar las etapas de un procedimiento según el primer aspecto de la invención.

30 Un tercer aspecto de la invención se refiere a un dispositivo de control de un variador de velocidad que alimenta un motor eléctrico, comprendiendo el variador de velocidad una pluralidad de al menos N_i de células de potencia de baja tensión conectadas en serie para al menos una fase del índice i , comprendiendo el dispositivo de control:

una interfaz configurada para recibir un control de velocidad;

una unidad de cálculo configurada para determinar un número M_i de células suficiente para alimentar el motor a una tensión determinada a partir del control de velocidad;

35 activación de las M_i células de potencia entre las N_i células de potencia, y desactivación de las N_i - M_i otras células de potencia con el fin de alimentar el motor según el control de velocidad.

40 Según un modo de realización, el dispositivo puede comprender un procesador de señal digital que comprende la interfaz para la recepción del control de velocidad, controlando el procesador de señal digital además un circuito impreso programable, estando las respectivas salidas del circuito impreso programable conectadas a las N_i células de potencia, y las señales de control pueden transmitirse a las células de control de las M_i células de potencia activas.

Breve descripción de las figuras:

A título de ejemplo solamente, los modos de realización de la invención se describirán con referencia a los dibujos, entre los que:

45 [FIG. 1] - la figura 1 ilustra un sistema de pilotaje de la alimentación de un motor eléctrico según un modo de realización de la invención;

[FIG. 2a] [FIG. 2b] - las figuras 2a y 2b muestran la evolución del número de células de potencia activas en función de la tensión de salida del variador de velocidad deseado y en función de la tensión de salida de una célula de potencia;

50 [FIG. 3] - la figura 3 ilustra la estructura de un dispositivo de control según un modo de realización de la

invención;

[FIG. 4] - la figura 4 ilustra las señales de control administradas por el dispositivo de control según un primer modo de realización de la invención;

5 [FIG. 5] - la figura 5 ilustra las señales de control administradas por el dispositivo de control según un segundo modo de realización de la invención;

[FIG. 6] - la figura 6 es un diagrama que ilustra las etapas de un procedimiento según un modo de realización de la invención.

Descripción detallada:

10 La figura 1 presenta un sistema de alimentación de un motor eléctrico 100, tal como un motor de inducción, por ejemplo, alimentado por una alimentación variable trifásica. Tal motor se da a título de ejemplo, pero no podría restringir la invención a este único ejemplo, siendo la invención aplicable a cualquier motor alimentado por un variador de velocidad que comprende varias células de potencia.

15 Un variador de velocidad 102 comprende un transformador 111 que recibe una alimentación variable trifásica del sector 110. El secundario del transformador 111 está conectado a una fase de potencia. El transformador 111 puede ser un transformador de múltiples devanados para administrar tensiones a varias células de potencia descritas a continuación.

La fase de potencia según la invención puede comprender una o varias células de potencia de bajo tensión 101. En el ejemplo ilustrado en la figura 1, el motor recibe una alimentación trifásica y la fase de potencia comprende $3*(N+1)$ células de potencia, con $N+1$ células de potencia dedicadas para cada fase, siendo N superior o igual a 2.

20 Con referencia a la figura 1, se representa un sistema de $3*(N+1)$ células de potencia, estando una célula de potencia reservada por fase en caso de avería de una de las células de potencia activa. Tal ejemplo se ofrece únicamente con fines ilustrativos. En efecto, la invención también se aplica a un sistema con N células de potencia (o $3*N$ para una alimentación trifásica), o a un sistema con $N+2$ (o más de $N+2$) células de potencia (o $3*(N+2)$ para alimentación trifásica). Además, cada fase i de un variador de velocidad puede comprender un número N_i de células de potencia, con N_i de valores diferentes, y la invención se puede aplicar independientemente a cada una de las fases.

25 Cada célula de potencia 101 recibe en la entrada la alimentación trifásica procedente de uno de los secundarios del transformador 111 y puede comprender un rectificador (no representado en la figura 1) en la entrada, siendo el rectificador adecuado para rectificar la alimentación trifásica recibida para suministrar una tensión continua. La tensión rectificadora continua obtenida para cada célula de potencia 101 también se llama tensión de bus de corriente continua, CC o tensión de bus. El rectificador puede comprender un puente de diodos, un puente de tiristores o cualquier otro sistema conocido para rectificar una tensión.

30 En la salida del rectificador, cada célula de potencia 101 puede comprender una capacidad adecuada para almacenar energía eléctrica, así como un módulo de generación de tensión que recibe señales de modulación por ancho de pulsos PWM (para "*Pulse Width Modulation*" en inglés). Tal módulo de generación puede comprender un puente en H que comprende cuatro interruptores controlados de dos en dos. Un sistema de electrónica de potencia que utiliza tal principio de tensión cortado se aplica al motor 100, por fase, una tensión que es proporcional a una o varias tensiones rectificadas. De media, la proporción aplicada corresponde a la relación entre la tensión objetivo y la tensión de referencia rectificadora (definida a continuación). El funcionamiento de un puente en H es bien conocido y no se describirá más en la presente solicitud.

Los interruptores de puente H pueden ser transistores de tipo IGBT (para "*Insulated Gate Bipolar Transistor*") Que presentan la ventaja de poder conmutarse rápidamente.

Los interruptores de una célula de potencia 101 son controlados por una célula de control 103 de la célula de potencia 101.

35 El sistema comprende además un dispositivo de control 120 adecuado para pilotar la alimentación eléctrica del motor 100. Para tal efecto, el dispositivo de control 120 puede controlar las células de control 103 de las células de potencia 101. El dispositivo de control 120 también puede controlar los interruptores 105, lo que permite poner en serie un subconjunto de las $N+1$ células de potencia para cada fase. Como variante, estos interruptores están controlados por el dispositivo de control 120 por medio de las células de control 103.

50 Las células de potencia 101 pueden recibir señales de control desde el dispositivo de control 120 a partir de las cuales las células de potencia 101 pueden controlar los interruptores del puente en H.

Como variante, las células de potencia 101 pueden recibir tensiones de referencia desde el dispositivo de control 120 a partir de las cuales las células de potencia 101 pueden determinar la proporción PWM (la relación cíclica) a aplicar a la tensión rectificadora, y de este modo determinar los controles a enviar a los interruptores del puente en H.

5 Las tensiones trifásicas que alimentan el motor 100 se obtienen de este modo sumando las tensiones de salida PWM de las células de potencia 101 para las que los interruptores 105 están abiertos. Se dice que una célula está "activa" cuando su interruptor 105 está abierto y cuando la relación cíclica que aplica no es cero. De este modo, una célula de potencia para la que el interruptor 105 está abierto, pero para la que la relación cíclica es cero puede considerarse como desactivada. De este modo, una célula activa puede considerarse como cualquier célula de potencia que administra una tensión distinta de cero en la salida.

Según la técnica anterior, el número de células de potencia activas es fijo y, de este modo, en el caso de una baja tensión que se administra al motor 100, cada célula de potencia 101 proporciona pequeños pulsos de tensión.

10 Por el contrario, la invención propone determinar el número de células de potencia 101 activas, entre las células de potencia de una fase, en función de la amplitud de la tensión de motor de referencia recibida por el dispositivo de control 120 (o determinada por el dispositivo de control 120 a partir de un control de velocidad). Se puede seleccionar el mismo número para las otras fases. Como variante, se pueden seleccionar diferentes números de células activas para las diferentes fases.

15 La figura 2a ilustra la evolución del número de células de potencia 101 activas, en función de la amplitud de la tensión de motor de referencia, según un modo de realización de la invención.

La tensión de motor de referencia se indica en el control recibido por el dispositivo de control 120. Como variante, la tensión de motor de referencia se puede corregir con el fin de tener en cuenta las fallas en la fase de potencia.

20 Se observa en la figura 2a que los valores de umbral de tensión se pueden usar para decidir si activar o desactivar una o varias de las células de potencia 101 de una fase dada. Como se ilustra en la figura 2a, los umbrales usados para disminuir el número de células activas pueden ser respectivamente inferiores a los umbrales usados para aumentar el número de células activas. En efecto, esto permite reducir el número de operaciones de activación/desactivación, reduciendo de este modo las pérdidas de potencia y optimizando de este modo el uso del sistema de alimentación. Además, si se desactivan varias células de potencia, son una tras otra y no todas de manera simultánea.

25 Además, como el número de células activas que se reduce:

- el estado térmico del variador de velocidad 102 se mejora; y
- como cada célula de potencia 101 es imperfecta, se reduce el impacto de las imperfecciones de la fase de potencia sobre la tensión deseada sobre el motor 100.

30 La figura 2b ilustra la tensión administrada en la salida de cada célula de potencia 101 en función del número de células de potencia activas, según un modo de realización de la invención.

En las soluciones de la técnica anterior en las que se fija el número de células de potencia activas, la tensión administrada por cada célula de potencia 101 aumenta linealmente con la tensión de motor de referencia.

La figura 3 ilustra la estructura del dispositivo de control 120 según un modo de realización de la invención.

35 El dispositivo de control 120 comprende un procesador 300 tal como un procesador de señal digital, DSP (para "*Digital Signal Processor*" en inglés), así como un circuito integrado programable 301 de tipo FPGA, para "*Field-Programmable Gate Array*" en inglés.

40 El procesador 300 está configurado para determinar las tensiones de referencia de motor a transmitir a la FPGA 301. En particular, el procesador 300 comprende un módulo ePWM 302 configurado para recibir una primera tensión de motor de referencia en la entrada, calculada previamente por otros componentes del procesador 300 no detallados en la figura 3.

A partir de la tensión de motor de referencia, el módulo ePWM 302 puede calcular órdenes de control, tales como las órdenes de control PWM. Las órdenes de control se generan por la comparación de señales triangulares y de tensiones de control de referencia.

45 Cada célula de control 103 de una célula de potencia 101 está destinada a una señal de control PWM procedente de la comparación de señales triangulares y de la tensión de control de referencia con el fin de determinar cuándo deben conmutarse los transistores IGBT del puente H, la célula de potencia 101 proporciona de este modo una tensión de salida en forma de modulación por ancho de pulsos PWM

50 No obstante, el número de señales de control correspondientes a cada IGBT se vuelve demasiado grande, según un modo de realización de la invención, se puede insertar una FPGA 301 entre el procesador 300 y las células de potencia 101 y, por lo tanto, las órdenes de control procedentes del procesador 300 no se transmiten directamente a las células de potencia 101.

En este caso, el módulo ePWM 302 envía las tensiones de referencia a la FPGA 301. Este envío se puede realizar,

por ejemplo, por medio de señales PWM para las cuales las relaciones cíclicas corresponden a las tensiones de las tres fases del motor. Sin pérdida de generalidad, se pueden utilizar otros medios de comunicación.

A partir de la tensión de motor de referencia, el módulo ePWM 302 puede calcular órdenes de control, tales como las órdenes de control PWM. Las órdenes de control se generan por la comparación de señales triangulares y de tensiones de control de referencia,

La FPGA 301 puede comprender en la entrada una unidad de integración 303 adecuada para integrar la señal PWM enviada por el módulo ePWM 302 para recuperar las tensiones del motor de referencia.

Los módulos 302 y 303 son opcionales y solo se usan en el caso en el que el procesador 300 está inicialmente concebido para suministrar órdenes de control directamente a un número limitado de células de potencia 101, y donde la FPGA 301 se agrega en la salida según los modos de realización de la invención, sin tener que cambiar el procesador 300. No obstante, el módulo 303 no es útil cuando el módulo 302 del procesador 300 no está presente y cuando el procesador 300 suministra directamente una primera tensión de motor de referencia a la FPGA 301, sin codificación de las tensiones de referencia por una PWM.

De este modo, según un modo de realización sin los módulos 302 y 303, la tensión de motor de referencia procedente del procesador 300 se transmite directamente a un módulo de generación de control PWM 304 de la FPGA 301.

El módulo 304 toma una tensión de motor de referencia en la entrada, la tensión de bus rectificadora de las células de potencia y, según la invención, el número de células activas para una fase con el fin de generar órdenes de control PWM con destino a las células de control 103 de las células de potencia 101. Las órdenes de control se pueden transmitir a las células de potencia 101 a través de un módulo de transmisión 305. No se une ninguna restricción al módulo de transmisión que pueda comprender un conjunto de fibras para transportar las señales de control con un aislamiento galvánico.

La invención propone modificar el número de células de potencia 101 activas por fase en función de la tensión de motor de referencia (procedente de la unidad de integración 303 o procedente directamente del procesador 300, según el modo de realización considerado). El número de células de potencia 101 activas por fase puede ser determinado por el procesador 300 o por la FPGA 301, por ejemplo, a partir de las curvas presentadas en las figuras 2a y 2b o de manera más general a partir de un juego de reglas que indican un número de células de potencia 101 activas para cada nivel de tensión, en fase de aceleración o de desaceleración del motor. Dos modos de realización presentados a continuación se prevén para este propósito.

Según un primer modo de realización de la invención, ilustrado con referencia a la figura 4, el cambio del número de células de potencia activas se sincroniza entre el procesador 300 y la FPGA 301. La figura 4 ilustra las señales de control cuando durante el paso de una configuración en la que tres células de potencia 101 están activas a una configuración en la que dos células de potencia 101 están activas, para una fase determinada, en el instante 404. Por supuesto, tales configuraciones dependen de la situación y se dan sólo a título ilustrativo. La figura 4 corresponde a señales de control para una sola fase entre las tres fases que alimentan el motor 100 de la figura 1.

En la configuración anterior con tres células de potencia 101 activas, las señales triangulares 401, 402 y 403 son generadas por la FPGA 301 para tres células de potencia 101 de la primera fase. Estas señales triangulares están asociadas con las respectivas tensiones de control de referencia $V_{1,1}^{ref}$, $V_{1,2}^{ref}$ y $V_{1,3}^{ref}$ para comparación y generación de órdenes de control PWM a enviar a las células de potencia en cuestión. Los primeros índices "1" de las notaciones $V_{1,1}^{ref}$, $V_{1,2}^{ref}$ y $V_{1,3}^{ref}$ designan la primera fase entre las tres fases del variador de velocidad 102. La invención es igualmente aplicable a las otras fases.

Las señales triangulares tienen un cambio de fase igual a 2π dividido por el número de células activas, o bien, $2\pi/3$ en el ejemplo ilustrado en la figura 4. Tal compensación hace posible evitar picos de tensión cuando se suman las tensiones de salida de las células de potencia 101 activas para alimentar el motor 100.

El período del DSP 300 que proporciona las señales triangulares en la salida, corresponde entonces a un tercio del período de una señal triangular.

En el instante 404, se determina según la invención que el número de células de potencia 101 activas se reduce a 2. Tal determinación puede ser consecutiva a la recepción de un nuevo control de velocidad y/o al cálculo de un nuevo valor de tensión de motor de referencia, en particular, de un valor inferior a un valor anterior.

La frecuencia del DSP 300 se modifica entonces para adaptarse a tal reducción. En el ejemplo considerado, el período del DSP 300 se multiplica por 1,5 (por lo que la frecuencia se reduce en un tercio).

La unidad 304 genera entonces dos señales triangulares 405 y 406 para las dos células de potencia 101 activas.

La unidad 304 calcula además los nuevos valores de $V_{1,1}^{ref}$ y $V_{1,2}^{ref}$ correspondiente a las señales triangulares 405 y 406. Los nuevos valores $V_{1,1}^{ref}$ y $V_{1,2}^{ref}$ se calculan para suministrar la tensión de salida objetivo para alimentar el

motor 100. El valor $V_{1,3}^{ref}$ no se calcula ya que la célula 101_{1,3} se desactiva después del tiempo 404. Las señales de control PWM entonces se generan y transmiten a las dos células de potencia 101_{1,1} y 101_{1,2} activas.

El primer modo de realización permite minimizar el contenido de armónicos de la señal en la salida del variador de velocidad 102 y, de este modo, mejora la calidad de la señal.

- 5 Según un segundo modo de realización, solo el FPGA 301 adapta su funcionamiento para reducir el número de células de potencia 101 activas, sin que esto afecte al funcionamiento del procesador 300.

La FPGA 301 suministra de este modo durante una fase previa las señales triangulares 501 a 503 asociadas respectivamente con las respectivas tensiones de control de referencia $V_{1,1}^{ref}$, $V_{1,2}^{ref}$ y $V_{1,3}^{ref}$.

- 10 En el instante 504, se determina un cambio en el número de células de potencia 101 activas de tres a dos, por ejemplo, en razón de la recepción de un nuevo control de velocidad y/o al cálculo de una nueva tensión de motor de referencia.

El período T_{DSP} del procesador 300 no se modifica y las señales triangulares permanecen de este modo desfasadas en $2\pi/3$.

- 15 La FPGA 301 recalcula los valores $V_{1,1}^{ref}$ y $V_{1,2}^{ref}$ para realizar la tensión de salida objetivo del variador de velocidad y fija el valor $V_{1,3}^{ref}$ en cero. La relación cíclica aplicada por la célula de potencia 101_{1,3} por lo tanto, es igual a 0 y la tensión en la salida de esta célula de potencia 101_{1,3} es cero. La célula de potencia 101_{1,3} entonces puede considerarse como inactiva. El segundo modo de realización permite de este modo adaptar el número de células de potencia 101 activas sin requerir sincronización entre el procesador 300 y la FPGA 301 y por lo tanto sin afectar el funcionamiento del procesador 300.

- 20 Según unos modos de realización complementarios de la invención, en el momento de la desactivación de una célula o de varias células de potencia, o durante una avería de una célula de potencia, la o las células de potencia 101 a desactivar pueden seleccionarse para gestionar los envejecimientos/tiempos de funcionamiento de las células respectivas de potencia 101. La gestión de los tiempos de funcionamiento respectivos de las células de potencia se puede implementar independientemente de la modificación del número de células de potencia activas en un variador de velocidad, presentada anteriormente.

25 Se presentan varios casos de figura.

Primer caso:

- 30 En el primer caso, el variador de velocidad 102 comprende N células de potencia 101 por fase. Cuando la tensión de motor de referencia calculada o el control de velocidad no requieren utilizar todas las células de potencia 101, las células de potencia 101 inactivas pueden seleccionarse en función de los respectivos envejecimientos de las células de potencia 101. Por ejemplo, cada célula de potencia 101 puede comprender un contador activado cuando se activa la célula de potencia 101 y se desactiva cuando la célula de potencia 101 está desactivada, para medir el envejecimiento de la célula de potencia.

- 35 A título de ejemplo, si se requieren M células de potencia 101 activas para una fase en función del control de velocidad o de la tensión de motor de referencia, M siendo inferior a N, se desactivan las N-M células de potencia que tienen el mayor envejecimiento, lo que permite homogeneizar el envejecimiento de las células de potencia 101. De manera más general, las M células de potencia 101 a activar se seleccionan para reducir la diferencia estándar de los tiempos de funcionamiento/envejecimiento de las células de potencia 101. De manera alternativa, las N-M células de potencia 101 que tienen el menor envejecimiento están desactivadas, lo que hace posible forzar el envejecimiento de ciertas de las células de potencia 101 que luego serán reemplazadas por nuevas células de potencia.

Segundo caso:

- 40 En el segundo caso, el variador de velocidad 102 comprende al menos N+1 células de potencia 101 por fase, de este modo, con al menos una célula de potencia de reemplazo para paliar la falla o avería de una célula de potencia 101 activa.

45 Cuando son necesarias N células de potencia 101 por fase debido a la tensión de motor de referencia, de la tensión de motor de control o del control de velocidad (funcionamiento a potencia total o casi), la célula de potencia de reemplazo, quien esta inactiva, se puede seleccionar en función de los envejecimientos respectivos de las células de potencia, como se trató para el primer caso. De este modo, la célula de potencia de reemplazo no está fija.

- 50 Asimismo, cuando se requieren M células de potencia activas por fase en función de la tensión de motor de referencia, de la tensión de motor de control o del control de velocidad, M siendo inferior a N, las N-M+1 células de potencia que tienen los mayores envejecimientos se desactivan, lo que permite homogeneizar el envejecimiento de las células de potencia 101. De manera más general, las M células de potencia a activar se seleccionan para reducir la diferencia estándar de los tiempos de funcionamiento/envejecimiento de las células de potencia 101. De manera

alternativa, las $N-M+1$ células de potencia que tienen los menores envejecimientos se desactivan, lo que hace posible forzar el envejecimiento de las otras células de potencia 101 que luego serán reemplazadas por nuevas células de potencia.

Tercer caso:

- 5 En el tercer caso, el variador de velocidad 102 comprende N células de potencia 101 por fase, y una avería o una falla se produce sobre una de las células de potencia 101.

En este caso, la célula de potencia 101 en falla se desactiva, y el dispositivo de control 120 controla el variador de velocidad según una configuración con $N-1$ células de potencia, por lo tanto, activando entre 0 y $N-1$ células de potencia 101 en función de la tensión de motor de referencia. Dicho de otro modo, el dispositivo de control 120 disminuye la tensión máxima que puede suministrar el variador de velocidad de 102.

Cuarto caso:

En el cuarto caso, se considera que el variador de velocidad 102 comprende un número N_i de células de potencia 101 por fase, siendo i un índice de fase (que puede variar entre 1 y 3 en el caso de un variador de velocidad trifásico, por ejemplo).

- 15 En caso de falla sobre una célula de potencia de una fase i , la configuración de la rama i del variador de velocidad se reduce en 1.

De este modo, la tensión máxima que se puede alcanzar conservando un equilibrio entre las fases, corresponde al mínimo entre los valores máximos alcanzables para cada fase.

- 20 Se define $V_{\text{máx}}^{\text{Variador}}$ como tal tensión máxima, es igual a $\text{mín}(N_i \cdot V_{\text{máx}})$, $\text{mín}()$ es la función mínima cuando el índice i varía, y $V_{\text{máx}}$ es la tensión máxima que puede suministrar una célula de potencia.

En función de la tensión de motor de referencia o del control de velocidad, se determina un número mínimo de célula de potencia necesario por fase L_i , pudiendo L_i variar entre 1 y $\text{mín}(N_i)$.

De este modo, para cada fase i , se puede aplicar una tensión al motor activando un número M_i de células de potencia comprendido entre L_i y N_i , pudiendo M_i ser diferente por fase.

- 25 De este modo, se puede prever activar más células de potencia que el número L_i que es necesario al mínimo para realizar la tensión de motor de referencia o el control de velocidad, lo que puede permitir implementar una estrategia de envejecimiento selectivo de las células de potencia. De este modo, la elección del valor M_i para cada fase puede ser función de un criterio de envejecimiento de las células de potencia, o de cualquier otro criterio predefinido.

- 30 La figura 6 es un diagrama que ilustra las etapas de un procedimiento según un modo de realización de la invención. Se entenderá que la presentación se refiere a una fase determinada entre potencialmente varias fases.

En una etapa 600, durante una fase anterior, las K células de potencia 101 del variador de velocidad 102 están activas y las $N-K$ células de potencia 101 están inactivas. Tal configuración puede adoptarse tras la recepción de un control de velocidad anterior y el tratamiento del control de velocidad por el procesador 300 y la FPGA 301.

- 35 En una etapa 601, el procesador 300 recibe un nuevo control de velocidad y trata el control de velocidad con el fin de deducir de él una primera tensión de motor de referencia.

- 40 En una etapa 602, o la primera tensión de motor de referencia obtenida se transmite directamente al módulo 304 de la FPGA, o bien, es tratada por los módulos 302 y 303 con el fin de obtener la segunda tensión de motor de referencia transmitida al módulo 304 de la FPGA. En un modo de realización que comprende los módulos 302 y 303, el procesador 300 determina además un número M de células de potencia a activar y la frecuencia del procesador 300 se modifica para suministrar señales triangulares en función del número M , de acuerdo con la figura 4.

Las señales de control se determinan entonces en una etapa 603, como se describió anteriormente.

- 45 Anteriormente, y en paralelo, se ha determinado un número M de células de potencia a activar en una etapa 604, como se ha descrito anteriormente, basándose en el control de velocidad (o tensiones derivadas del control de velocidad). Según una etapa 605 opcional, se seleccionan M células de potencia entre N o $N+1$ (o más), en función de un criterio dado. En este caso, las señales de control se generan preferentemente para las M células de potencia seleccionadas.

Se pueden seleccionar varios números M_i para varias fases de índices i del variador de velocidad, comprendiendo cada fase de índice i N_i células de potencia. El número M_i está entonces comprendido entre K_i y N_i como se detalló anteriormente.

- 50 las M células de potencia se activan seguidamente (o permanecen en su estado activo) y las $N-M$ células de

potencia se desactivan, en una etapa 606. Pueden proporcionarse interruptores de derivación 105 dedicados para este propósito para las células de potencia, y los interruptores están cerrados para las células desactivadas y abiertos para las células activadas. Como variante, una célula de potencia se puede desactivar aplicándole una relación cíclica cero, aunque su interruptor de derivación 105 estuviera abierto.

- 5 Las señales de control se transmiten luego en una etapa 607 a las células de control 103 de las células de potencia 101 (por ejemplo, M células de potencia 101 activas).

En una etapa 608, las células de potencia 101 activas generan las respectivas tensiones de salida en función de las señales de control recibidas, para realizar la tensión de motor de referencia.

- 10 Aunque la presente invención se ha descrito anteriormente con referencia a modos de realización particulares, la invención no se limita en modo alguno a las formas descritas. La invención sólo está limitada por lo que se define en las reivindicaciones y otros modos de realización distintos a los descritos anteriormente pueden caer dentro del alcance de las reivindicaciones.

- 15 Además, aunque los modos de realización se han descrito anteriormente como una combinación de componentes y/o funciones, se entenderá que pueden obtenerse modos de realización alternativos mediante otras combinaciones de componentes y/o funciones sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de control de un variador de velocidad (102) que alimenta un motor eléctrico (100), comprendiendo el variador de velocidad una pluralidad de al menos Ni células de potencia (101) de baja tensión conectadas en serie para al menos una fase del índice i, que comprende:
 - 5 al recibir un control de velocidad (601), la determinación (604) de un número Mi de células suficiente para alimentar el motor a una tensión de salida objetivo V que se determina a partir del control de velocidad; la activación (606) de las Mi células de potencia entre las Ni células de potencia, y la desactivación (606) de las Ni-Mi células de potencia restantes con el fin de alimentar el motor según el control de velocidad.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el variador de velocidad comprende varias fases, teniendo cada fase del índice j Nj células de potencia; en el que el número Mi para una fase del índice i es inferior al mínimo de los valores Nj para j variando entre 1 y el número de fases del variador de velocidad.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que cada célula de potencia (101) es adecuada para suministrar una tensión de salida inferior a un valor máximo $V_{m\acute{a}x}$, comprendiendo el procedimiento la determinación, a partir del control de velocidad, de la tensión de salida objetivo V del variador de velocidad (102),
 - 15 en el que Mi es tal que $Mi \cdot V_{m\acute{a}x} \geq V$.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que Mi es el número entero más pequeño tal que $Mi \cdot V_{m\acute{a}x} \geq V$.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, antes de la recepción (601) del control de velocidad, el procedimiento comprende una fase anterior (600) en la que un número Ki de células de potencia (101)
 - 20 se activan para alimentar el motor, siendo Ki inferior o igual a Ni y siendo Ki diferente de Mi; en el que, si Ki es superior a Mi, las Ki-Mi células de potencia se desactivan con el fin de alimentar el motor (100) según el control de velocidad; si no, las Mi-Ki células de potencia se activan con el fin de alimentar el motor según el control de velocidad.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que si $|Mi - Ki| \geq 2$, las $|Mi - Ki|$ células de potencia se activan/desactivan una tras otra.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la transmisión de señales de control a las células de control (103) de Mi células de potencia (101) activas de la fase i;
 - 30 en el que, para cada célula de potencia (101) activa, la señal de control comprende órdenes de conmutación de ciertos interruptores de un puente en H de la célula de potencia, y en el que cada señal de control se genera a partir de una señal triangular y de un valor de tensión de control de referencia.
8. Procedimiento según las reivindicaciones 5 y 7, en el que, durante la fase anterior, las Ki señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi/Ki$ se utilizan para generar las señales de control respectivas, equivalentes a los valores respectivos V^{ref}_t de tensiones de control de referencia, t variando entre 1 y Ki; y
 - 35 en el que, después de la recepción del control de velocidad, Mi señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi/Mi$ se utilizan para generar las respectivas señales de control, equivalentes a nuevos valores respectivos V^{ref}_t de tensiones de control de referencia, t variando entre 1 y Mi, siendo los nuevos valores determinados a partir del control de velocidad.
9. Procedimiento según las reivindicaciones 5 y 7, en el que, si Ki es superior a Mi,
 - 40 durante la fase anterior, las Ki señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi/Ki$ se utilizan para generar las señales de control respectivas, equivalentes a los valores respectivos V^{ref}_t de tensiones de control de referencia, t variando entre 1 y Ki; y en el que, después de la recepción del control de velocidad, las Ki señales triangulares desfasadas entre sí en $2\pi/Ki$ se utilizan para generar las señales de control respectivas, equivalentes a nuevos valores respectivos V^{ref}_t de tensiones de control de referencia, i variando entre 1 y Ki, siendo los nuevos valores determinados a partir del control de velocidad, y en el que los Ki-Mi nuevos valores V^{ref}_t se fijan iguales a cero.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el variador de velocidad (102) comprende, para cada célula de potencia (101), un interruptor adecuado para conectar y desconectar la célula de potencia de la serie de células de potencia;
 - 50 en el que el interruptor de una célula de potencia activa está abierto y el interruptor de una célula de potencia inactiva está cerrado.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la selección de Mi células de potencia (101) de entre las Ni células de potencia (101) en función de un criterio dado, y la activación de las Mi células de potencia (101) seleccionadas.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que cada una de las al menos Ni células de potencia (101) se
 - 55 asocia con un contador que mide un tiempo de funcionamiento de la célula de potencia, y en el que el criterio dado

depende de los respectivos tiempos de funcionamiento de las células de potencia (101).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que las M_i células de potencia (101) se seleccionan para reducir una diferencia estándar entre el criterio dado, que puede depender del tiempo de funcionamiento de las células de potencia.

5 14. Un programa informático ejecutable por una unidad de cálculo (300; 301) y que comprende instrucciones para, cuando se ejecuta por la unidad de cálculo, implemente las etapas de un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13.

10 15. Dispositivo de control de un variador de velocidad (102) que alimenta un motor eléctrico (100), comprendiendo el variador de velocidad una pluralidad de al menos N_i células de potencia (101) de baja tensión conectadas en serie para al menos una fase de índice i , comprendiendo el dispositivo de control:

una interfaz configurada para recibir un control de velocidad;

una unidad de cálculo (300; 301) configurada para determinar un número M_i de células suficiente para alimentar el motor a una tensión determinada a partir del control de velocidad y para activar las células de potencia M_i entre las N_i células de potencia, y desactivar las $N_i - M_i$ células de potencia restantes con el fin de alimentar el motor según el control de velocidad.

15 16. Dispositivo de control según la reivindicación 15, que comprende un procesador de señal digital que comprende la interfaz para la recepción del control de velocidad, controlando el procesador de señal digital además un circuito impreso programable, estando las respectivas salidas del circuito impreso programable conectadas a las N_i células de potencia,
20 en el que las señales de control se transmiten a las células de control de las M_i células de potencia activas.

[Fig. 1]

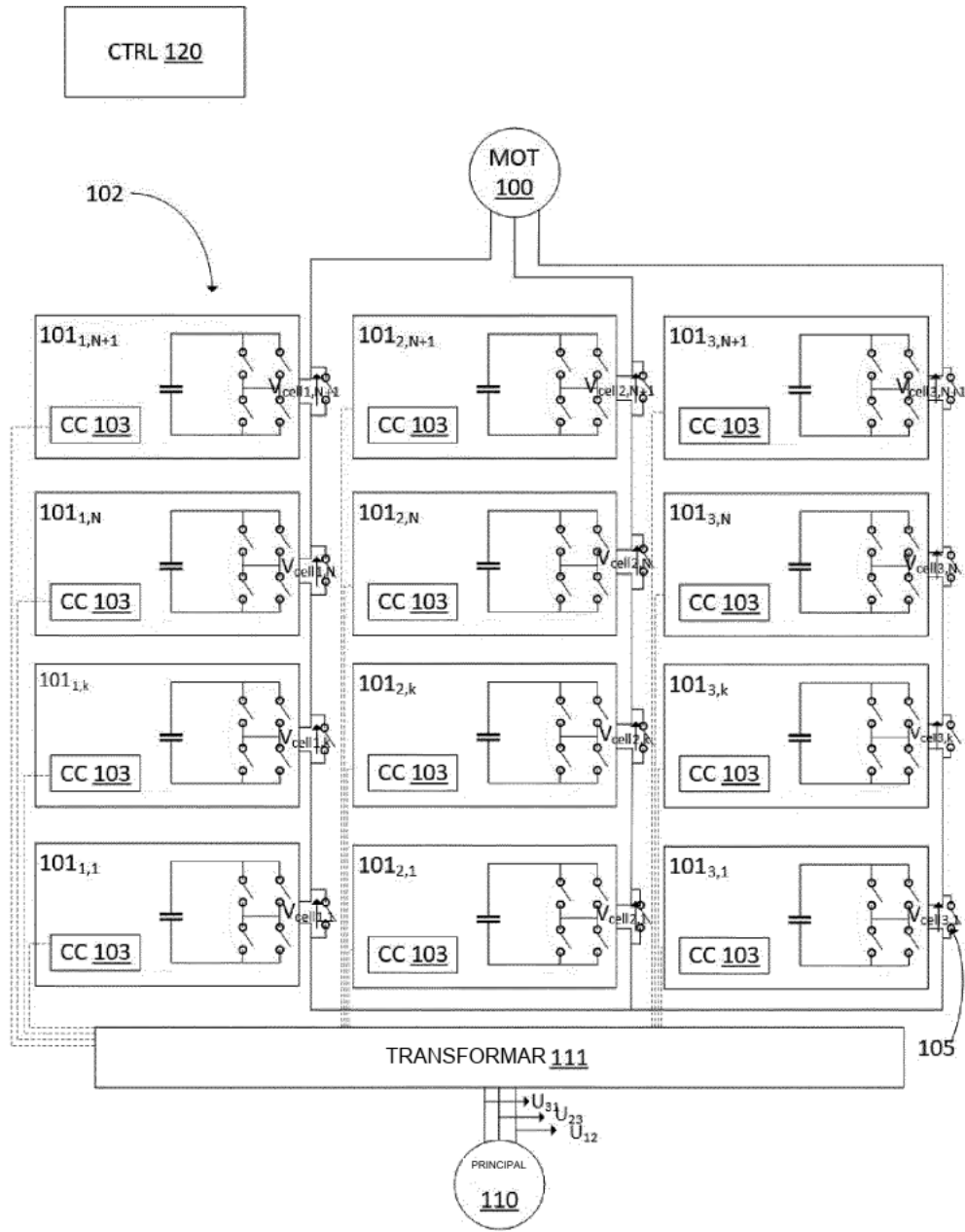


FIG. 1

[Fig. 2a]

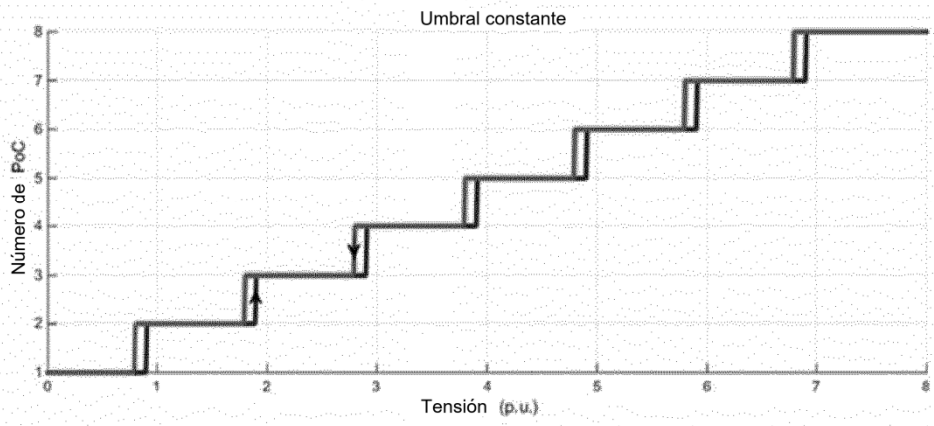


FIG. 2a

[Fig. 2b]

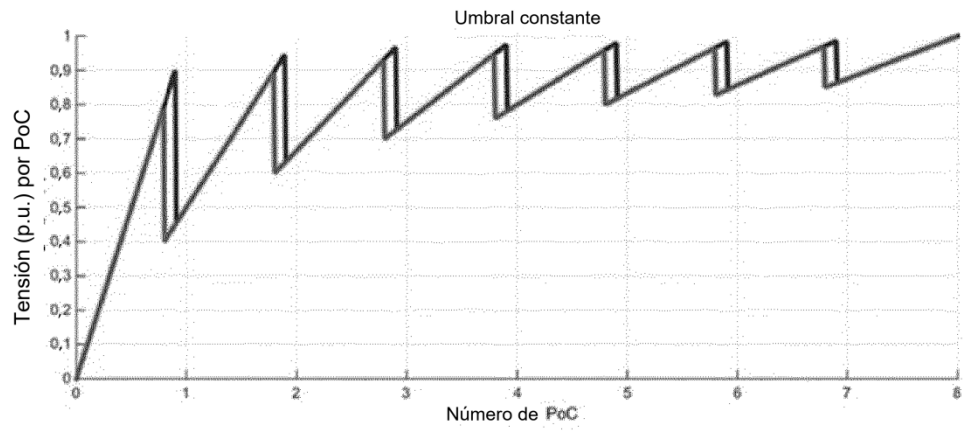


FIG. 2b

[Fig. 3]

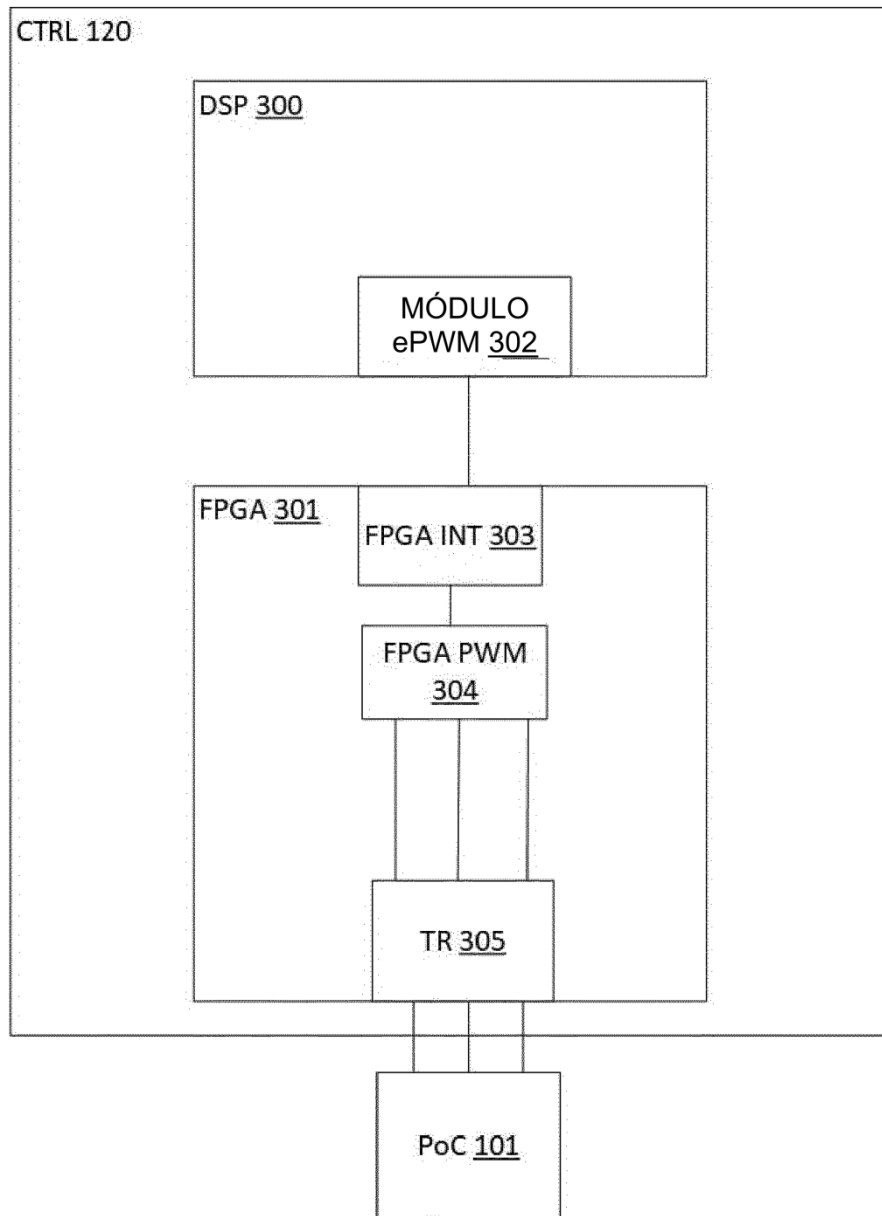


FIG. 3

[Fig. 4]

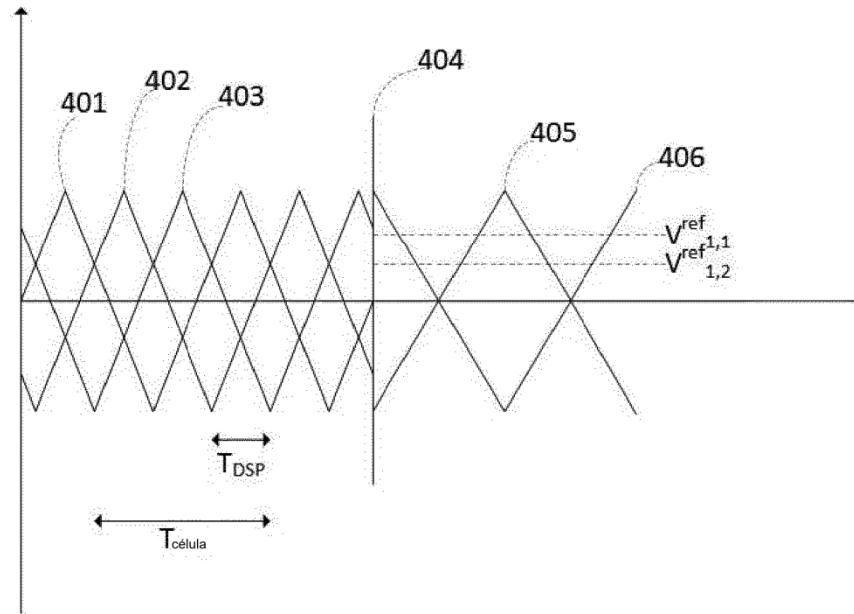


FIG. 4

[Fig. 5]

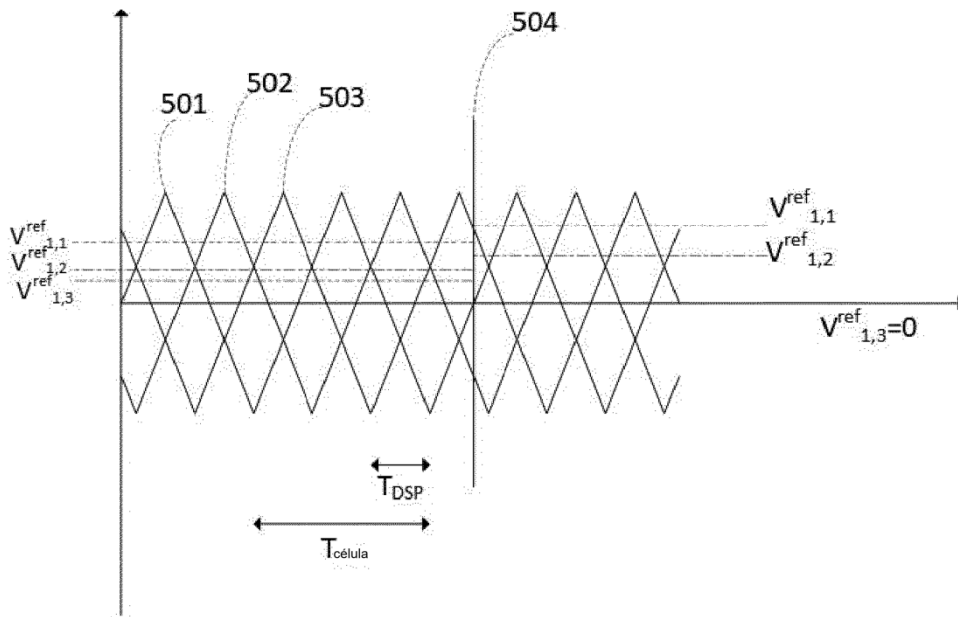


FIG. 5

[Fig. 6]

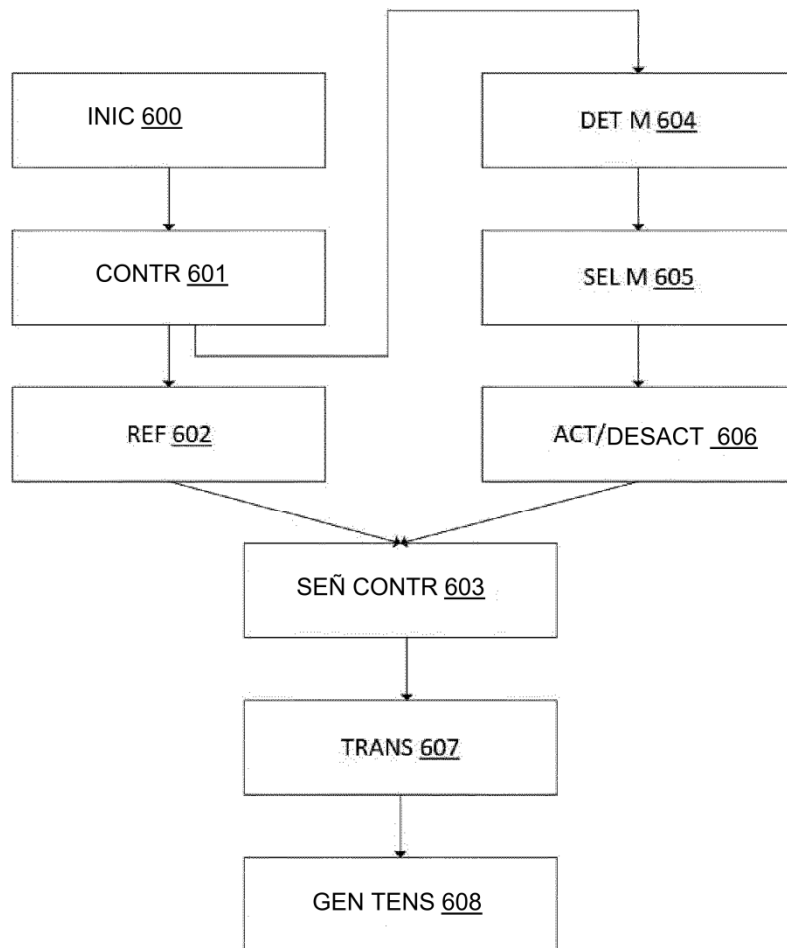


FIG. 6