



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 350 945**

(51) Int. Cl.:

**H02M 7/44** (2006.01)

**H02M 5/42** (2006.01)

**H02M 5/458** (2006.01)

**H02P 27/06** (2006.01)

**H02P 27/02** (2006.01)

(12)

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **06123658 .4**

(96) Fecha de presentación : **08.11.2006**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1788697**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **23.05.2007**

(54) Título: **Dispositivo de corrección del factor de potencia para variador de velocidad.**

(30) Prioridad: **22.11.2005 FR 05 53546**

(73) Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE S.A.S.**  
33, rue André Blanchet  
27120 Pacy sur Eure, FR

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**28.01.2011**

(72) Inventor/es: **Grbovic, Petar**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**28.01.2011**

(74) Agente: **Polo Flores, Carlos**

ES 2 350 945 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).

**DISPOSITIVO DE CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA PARA  
VARIADOR DE VELOCIDAD**

**Descripción**

La presente invención se refiere, en general, al  
5 campo de los variadores de velocidad del tipo  
convertidores de frecuencia destinados al control de  
motores eléctricos, y en particular a un dispositivo de  
corrección del factor de potencia monofásico y a su  
circuito de control, integrado en un variador de  
10 velocidad de potencia débil.

De forma conocida en la técnica anterior, un  
variador de velocidad del tipo convertidor de frecuencia  
incluye un rectificador de entrada que suministra una  
tensión continua a partir de una red de alimentación  
15 alterna exterior y un ondulador de modulación por anchura  
de impulsos (MLI o PWM - Pulse Wide Modulation) que  
alimenta un motor alterno trifásico. El variador de  
velocidad incluye también un condensador de gran  
capacidad que está conectado entre el rectificador de  
20 entrada y el ondulador PWM. En las aplicaciones de  
potencia débil, por ejemplo hasta una potencia aproximada  
de 2 kW, el variador de velocidad suele ser alimentado  
por una red de alimentación eléctrica alterna monofásica  
de 110V o 230V.

25 El rectificador de entrada suele utilizar un puente  
de diodos, que suministra una tensión rectificada. La  
potencia consumida instantánea oscila a una frecuencia  
igual al doble de la frecuencia de entrada de la red de  
alimentación alterna (por ejemplo 100 o 120 hertzios).  
30 Sin embargo, a la salida del variador, la carga  
controlada por el variador de velocidad, tal como un  
motor trifásico, necesita una potencia instantánea

- 3 -

constante, si no es así, aparecen una ondulación del par y oscilaciones de velocidad en el motor.

Esta es la razón por la que se exige un importante elemento de almacenamiento de energía como una bobina de inductancia entre la entrada y la salida del variador de velocidad. Es muy frecuente utilizar un gran condensador electrolítico o una serie de condensadores como elemento de almacenamiento. Los diodos del rectificador de entrada conducen durante un periodo corto en torno a la tensión de entrada máxima. Por lo tanto, la corriente de entrada es un impulso corto con una gran amplitud, que comprende la frecuencia fundamental (por ejemplo, 50 o 60 hertzios) y armónicos de frecuencias más elevadas. La corriente de punta puede ser así varias veces superior a la amplitud del armónico fundamental. Una tal corriente de punta plantea numerosos problemas, tales como la reducción de las posibilidades de la red de alimentación, la sobrecarga de la línea del neutro, el sobrecalentamiento de los transformadores de distribución, de los motores, etc. En efecto, cuantos más armónicos existan en la corriente, tanta más importante corriente eficaz RMS (root mean square - media cuadrática) se tendrá para una misma potencia activa dada.

Para reducir los armónicos de entrada y estar conformes en particular con las normas IEC 61000, se utiliza un circuito de compensación de fase, llamado también circuito de corrección del factor de potencia (PFC - Power Factor Correction). En condiciones normales, los circuitos de compensación de fase están basados en un circuito elevador de tensión continua, que está situado a la salida del rectificador de entrada de diodos, de modo que suministre la tensión en el acumulador intermedio de

continua. Los circuitos de compensación de fase suelen estar constituidos por una etapa de potencia y dos bucles de control interconectados, un bucle lento de regulación de la tensión en el acumulador intermedio y un bucle de regulación de la corriente de entrada con una gran banda de paso. El regulador de tensión debe permitir mantener constante la tensión en el acumulador intermedio de corriente continua e independiente de la variación de la carga y de la tensión de entrada. La tarea del regulador de la corriente de entrada es controlar la corriente instantánea de entrada en función del regulador de tensión en el acumulador intermedio y de un perfil de la corriente de referencia exigida para estar conformes a las normas (en particular IEC 61000-3-2 y 61000-3-12).

El documento XP-002401581, "Optimización de las etapas de entrada y de salida en fuentes de alimentación de alto rendimiento" ICIT 2003, describe un dispositivo que incluye un circuito de corrección del factor de potencia.

Según una primera solución, los circuitos de control para elevadores con compensación de fase han sido, durante mucho tiempo, circuitos completamente analógicos para las pequeñas potencias (ver documento US 6.373.734). Un tal circuito de control está constituido, en particular, por un regulador de la tensión en el acumulador intermedio continua, un multiplicador analógico y un regulador de corriente analógico.

El regulador de corriente suministra una orden al circuito de corrección del factor de potencia. Puede funcionar según varios modos, tales como, por ejemplo, control de la corriente máxima o por medio de una frecuencia de corte constante, tiempo de conducción

- 5 -

constante y frecuencia de corte variable, control en modo integral y control por histéresis de la corriente de punta. El multiplicador analógico recibe, a la entrada, una señal de medida de la tensión rectificada y una 5 consigna de corrección procedente del regulador de la tensión en el acumulador intermedio continua para proporcionar, a la salida, una corriente de referencia al regulador de corriente.

Todas estas operaciones de servicio pueden estar 10 integradas en un solo componente. No obstante, un tal componente es de alto coste y complejo, en particular en razón del multiplicador a realizar en tecnología analógica.

Una segunda solución, que suele utilizarse, está 15 constituida por un dispositivo completamente numérico (o digital). Todas las operaciones de control del circuito de corrección del factor de potencia, incluida la regulación de la tensión en el acumulador intermedio, el cálculo de la señal de corrección y la regulación de la 20 corriente se realizan, entonces, con la ayuda de un microprocesador. Los rendimientos requeridos del microprocesador dependen de la frecuencia de conmutación del circuito de compensación de fase así como del tiempo necesario para las demás operaciones (por ejemplo: 25 estimaciones, cálculos, PLL (Phase Lock Loop - Bucle de bloqueo de fase), etc...). En particular, la función de regulación de corriente por modulación de anchura de impulsos PWM, que proporciona la señal de control del módulo PFC del variador, así como la función de 30 generación de perfil a partir de una medida de la corriente rectificada, son funciones que pueden ser muy consumidoras de tiempo, cuando se realizan en tecnología

digital.

Como los rendimientos exigidos son, en general, bastante elevados, una tal solución completamente digital necesita utilizar un procesador de señal digital de alto rendimiento, en particular si este procesador debe generar igualmente los algoritmos utilizados por el variador de velocidad para el control del motor. Si no es así, la utilización de un microprocesador suplementario dedicado para el circuito de compensación de fase sería también posible, pero esta solución se considerará, no obstante, onerosa.

El objetivo de la invención es, por lo tanto, dar a conocer un dispositivo simple y económico de corrección del factor de potencia, adaptado a un variador de velocidad alimentado en monofásico, de modo que esté conforme con las normas IEC61000 sobre la limitación del nivel de la corriente de armónicos emitidos.

Para ello, la invención describe un variador de velocidad para motor eléctrico trifásico, según la reivindicación 1, que comprende un módulo rectificador que proporciona una tensión rectificada a partir de una red eléctrica monofásica alterna, un módulo elevador de tensión que suministra una tensión en el acumulador intermedio regulada a partir de dicha tensión rectificada, un módulo ondulador alimentado por dicha tensión en el acumulador intermedio y que suministra una tensión de control al motor eléctrico trifásico a partir de una consigna de control y una unidad de procesamiento digital, que genera dicha consigna de control. El variador de velocidad está caracterizado porque comprende un dispositivo híbrido de corrección del factor de potencia, que controla el módulo elevador de tensión y

que incluye un circuito digital provisto de un módulo regulador de tensión, que genera una señal de corrección a partir de una señal de medida de dicha tensión en el acumulador intermedio y un circuito analógico que genera 5 una señal de control al módulo elevador a partir de una señal de medida de dicha tensión rectificada y a partir de dicha señal de corrección. El circuito analógico está constituido por un circuito limitador que recibe, a la entrada, la señal de medida de dicha tensión rectificada 10 y que genera, a la salida, una señal recortada de forma prácticamente trapezoidal.

Como el dispositivo de corrección de factor de potencia es de diseño híbrido, es decir, en tecnología analógica y en tecnología numérica (digital), un tal dispositivo permite, en efecto, combinar las ventajas de 15 las dos tecnologías, a saber:

- un circuito digital capaz de efectuar un bucle de regulación de la tensión, de alto rendimiento, en el acumulador intermedio del variador para generar una señal 20 de corrección regulada convertida en PWM (MLI),

- un circuito analógico cuya función es realizar un bucle de regulación de corriente a partir de esta señal de corrección PWM y a partir de una señal de medida de la tensión rectificada. El circuito analógico sirve, además, 25 para limitar previamente, de forma simple, esta señal de medida según una forma determinada. El circuito analógico suministra, a continuación, una señal de regulación a un conmutador estático del módulo elevador de tensión del variador.

30 Para optimizar la solución, el circuito digital está preferentemente integrado en la unidad de procesamiento del variador que tiene la función, en particular, de

calcular los bucles de regulación y de control del motor del variador de velocidad. De este modo, se evita ventajosamente la utilización de una unidad de procesamiento específica.

5 Otras características y ventajas aparecerán en la descripción detallada, que sigue, haciendo referencia a una forma de realización dada a título de ejemplo y representada por los dibujos adjuntos en los que:

10 - la figura 1 representa un diagrama simplificado de una forma de realización de un variador de velocidad conforme a la invención,

- la figura 2 detalla el módulo elevador de tensión del variador de velocidad de la figura 1,

15 - las figuras 3 y 4 detallan, respectivamente, el circuito analógico y el circuito digital de un dispositivo híbrido de corrección del factor de potencia del variador de velocidad,

20 - la figura 5 representa un diagrama de las señales que circulan en el dispositivo híbrido de corrección del factor de potencia,

- la figura 6 detalla un ejemplo de circuito de conmutación del dispositivo híbrido de corrección del factor de potencia,

25 - la figura 7 detalla un ejemplo de circuito limitador del dispositivo híbrido de corrección del factor de potencia,

- la figura 8 representa una variante de la forma de realización de la figura 1.

30 Haciendo referencia a la figura 1, un variador de velocidad está destinado al control y a la regulación de un motor eléctrico alterno trifásico M, de tipo asincrono. El variador de velocidad está alimentado por

- 9 -

una red eléctrica alterna monofásica exterior 5. El variador comprende un módulo rectificador 10 que recibe, a la entrada, la red eléctrica 5 de modo que se proporcione, a la salida, una tensión de entrada  $V_{IN}$  rectificada 15. El módulo rectificador 10 está, por ejemplo, constituido por un puente de diodos de tipo conocido, que permite suministrar fácilmente una señal periódica rectificada a partir de la red alterna de entrada 5.

En flujo ascendente del módulo rectificador 10, el variador comprende un módulo elevador de tensión 40 conectado al módulo rectificador 10. A partir de la tensión rectificada  $V_{IN}$  15, el módulo elevador 40 tiene la función de proporcionar una tensión regulada en el acumulador intermedio de corriente continua  $V_{bus}$  45.

El variador comprende, a continuación, un módulo ondulador 50 del tipo PWM alimentado por la tensión regulada en el acumulador intermedio de corriente continua  $V_{bus}$  45 y destinado a suministrar una tensión de control en las tres fases del motor M a partir de una consigna de control. Esta consigna de control procede de una unidad de procesamiento (no representada en las figuras) del variador. Esta unidad de procesamiento tiene como función, en particular, la gestión del control del motor (llamada también MCC Motor Control Core) y está basada en un microcontrolador, un microprocesador, un procesador DSP (Procesador de Señal Digital) o equivalente.

Como se indica en la figura 2, el módulo elevador de tensión 40 del variador de velocidad posee una estructura conocida que comprende una inductancia 41 (llamada, a veces, inductancia elevadora (denominada boost) conectada

- 10 -

entre el terminal positivo de la tensión rectificada  $V_{IN}$  15 y el ánodo de un diodo 42 (diodo elevador). El cátodo del diodo 42 está conectado a la salida del módulo elevador 40, es decir, al terminal positivo de la tensión 5 en el acumulador intermedio de corriente continua  $V_{bus}$  45. Un condensador en el acumulador intermedio de corriente continua 43 (por ejemplo del tipo condensador electrolítico) está conectado entre el cátodo del diodo 42 y el terminal negativo de la tensión en el acumulador 10 intermedio de corriente continua  $V_{bus}$  45. Un conmutador 44 (preferentemente del tipo conmutador estático, como un transistor de potencia) posee un extremo conectado entre la inductancia 41 y el ánodo del diodo 42 y otro extremo conectado al terminal negativo de la tensión rectificada 15  $V_{IN}$  15. Estos dos extremos están conectados cuando el conmutador 44 está cerrado y están desconectados cuando el conmutador 44 está abierto. El conmutador 44 está regulado por una señal de regulación 25 procedente de un dispositivo de corrección del factor de potencia del 20 variador.

Según la invención, el dispositivo de corrección del factor de potencia del variador es un circuito híbrido, es decir, realizado en tecnología numérica (digital) y en tecnología analógica.

25 Por lo tanto, comprende un primer circuito digital 30 que recibe, a la entrada, una señal de medida 46 representativa de la tensión en el acumulador intermedio  $V_{bus}$ . Esta señal de medida 46 puede, por supuesto, obtenerse a partir de la tensión en el acumulador 30 intermedio de corriente continua  $V_{bus}$  45 mediante un puente divisor no representado en las figuras. Según la forma de realización de la figura 4, el circuito digital

- 11 -

30 comprende un convertidor analógico/digital 31 conectado a la señal de entrada 46. La salida del convertidor 31 está conectada a una de las entradas de un sumador 32, cuya otra entrada recibe un valor de consigna 5 36 de tensión en el acumulador intermedio  $V_{bus\ ref}$ . Este valor de consigna  $V_{bus\ ref}$  se puede generar por la unidad de procesamiento del variador por diferentes medios no aquí detallados (cálculo interno, consigna exterior, etc.).

10 La salida del sumador 32 suministra, por lo tanto, la diferencia entre las señales 36 y 46, es decir, una señal  $V_{err}$ , que representa el error en la tensión en el acumulador intermedio de corriente continua. Esta diferencia  $V_{err}$  se recibe por un módulo regulador de 15 tensión 33, que proporciona, a la salida, una señal de corrección regulada que permitirá corregir la tensión en el acumulador intermedio de corriente continua bus 45. A continuación, la señal de corrección se convierte en una señal de tipo PWM por un circuito modulador PWM 34, que 20 proporciona la señal de corrección  $V_{PWM}$  35 como salida del circuito digital 30.

El dispositivo de corrección del factor de potencia comprende, además, un segundo circuito analógico 20, que recibe, a la entrada, la señal de corrección  $V_{PWM}$  35.

25 Según la forma de realización representada en la figura 3, el circuito analógico 20 comprende un circuito limitador 21 (llamado también *Shape Generator*), que recibe, a la entrada, una señal de medida 12 representativa de la tensión periódica rectificada  $V_{IN}$ . 30 Esta señal de medida 12 se puede obtener a partir de la tensión rectificada  $V_{IN}$  15 mediante un puente divisor no representado en las figuras. En la forma de realización

- 12 -

preferida, el circuito limitador 21 tiene por función generar, lo más simplemente posible, una señal recortada  $V_{SG}$  26, cuyo perfil es prácticamente trapezoidal, limitando la señal de medida 12 a un valor predeterminado 5  $V_0$  (ver figura 5).

Un ejemplo de representación del esquema de principio de funcionamiento del circuito limitador 21 se representa en la figura 7. La señal de entrada 12, que representa  $V_{IN}$ , está conectada a un puente divisor de 10 resistencias formado por dos resistencias R1 y R2 en serie (o mediante dos grupos de resistencias R1 y R2 en serie). El punto medio del puente divisor entre las resistencias R1 y R2 está conectado al ánodo de un diodo de limitación D1, cuyo cátodo está conectado a una fuente 15 de tensión de limitación del valor  $V_0$ . El punto medio del puente divisor suministra también la señal de salida  $V_{SG}$  26 de forma trapezoidal del circuito limitador 21.

En la iniciación operativa, el valor de la señal periódica  $V_{SG}(t)$  progresó con el valor de la señal 20 periódica  $V_{IN}(t)$  con un ratio  $(R2/R1+R2)$ , hasta alcanzar el valor  $V_0$ . Este instante corresponde a un ángulo  $\alpha_0$ . Luego, el valor de  $V_{SG}(t)$  queda al nivel de  $V_0$  hasta el instante en el que alcanza el valor  $(\pi - \alpha_0)$ ,  $\omega$  que 25 representa la frecuencia de la señal periódica  $V_{IN}(t)$ . Por último, a partir del instante,  $V_{SG}(t)$  sigue, de nuevo, el valor de la señal periódica  $V_{IN}(t)$  y la relación  $(R2/R1+R2)$ , según se indica en la figura 5. El ángulo  $\alpha_0$  representa el ángulo del flanco ascendente/descendente de  $V_{SG}(t)$  y su valor depende de la 30 relación  $(R2/R1+R2)$  del puente divisor. Así:

$$V_{SG}(t) = V_{IN}(t) * (R2/R1+R2) \text{ cuando: } 0 \leq \omega t < \alpha_0$$

- 13 -

$$V_{SG}(t) = V_0 \text{ cuando: } \alpha_o \leq \omega t < \pi - \alpha_o$$

$$V_{SG}(t) = V_{IN}(t) * (R2/R1+R2) \text{ cuando: } \pi - \alpha_o \leq \omega t < \pi$$

Una elección prudente de los valores R1 y R2 permite optimizar el valor del ángulo  $\alpha_o$ . Preferentemente, un 5 ángulo  $\alpha_o$  comprendido entre  $5^\circ$  y  $300^\circ$  proporciona resultados satisfactorios, que permiten minimizar los armónicos generados por el variador de velocidad y poder minimizar así la magnitud del condensador en el acumulador intermedio de corriente continua 43. Por otro 10 lado, la forma trapezoidal de la señal recortada  $V_{SG}$  26 proporciona mejores resultados que una forma sinusoidal de amplitud atenuada y es más sencilla de realizar que una forma en escalera que necesitaría medios de procesamiento digital, consumidores de tiempo en el 15 circuito limitador 21.

El circuito analógico 20 comprende, a continuación, un circuito de conmutación 22 (denominado también Switching Network), que recibe, a la entrada, la señal  $V_{SG}$  26 así como la señal de corrección  $V_{PWM}$  35, de modo 20 que se genere, a la salida, una señal 27 (ver figura 5). Un ejemplo simplificado del esquema de principio de funcionamiento del circuito de conmutación 22 se proporciona en la figura 6. La señal de salida 27 se conmuta alternativamente, bien sea hacia la señal 26, 25 bien sea hacia el cero (Masa) en función de los impulsos procedentes de la señal 35 gracias a dos conmutadores S1 y S2 accionado, respectivamente, por la señal 35 y por la inversa de la señal 35.

La señal de salida 27 del circuito de conmutación 22 30 se introduce, a continuación, en un filtro de paso bajo 23 para proporcionar una señal de referencia de corriente 28 analógica. Esta señal 28 representa así la señal de

- 14 -

referencia para la corriente presente a la entrada del módulo elevador de tensión 40.

El circuito analógico 20 comprende, a continuación, un regulador de corriente 24 cuya entrada es la señal de referencia de corriente 28 y cuya otra entrada es una señal de medida 13 representativa de la corriente de entrada  $I_{IN}$  proporcionada al módulo elevador de tensión 40. A la salida, el regulador de corriente 24 genera una señal TOR ("Todo o nada") de regulación 25 que se aplicará en la rejilla del conmutador estático 44 para abrir o cerrar este conmutador.

Según una forma de realización simple, representada en la figura 5, el regulador de corriente 24 puede ser un regulador simple del tipo de histéresis, que proporcione una salida TOR ("Todo o nada"), en donde:

- cuando la señal 28 se hace superior a  $I_{IN} + \epsilon$ , entonces la señal de regulación 25 ordena un cierre del conmutador 44, de modo que se pueda aumentar  $I_{IN}$  y
- cuando la señal 28 se hace inferior a  $I_{IN} - \epsilon$ , entonces la señal de regulación 25 ordena una apertura del conmutador 44, representando  $\epsilon$  el valor de la histéresis.

La orden de regulación 25 se transmite a la rejilla del conmutador 44 mediante un circuito clásico de tipo gate driver (excitador de puerta de transistor), no representado en las figuras.

La figura 8 describe una variante de la forma de realización de la figura 1 de la invención en donde se introduce un modo de funcionamiento suplementario (modo de reserva o modo en stand-by) que permite forzar la apertura del conmutador 44 cuando el variador de velocidad no comprende carga del motor, por ejemplo en

- 15 -

caso de motor parado. Esta funcionalidad permite, en particular, minimizar el consumo de energía eléctrica evitando descargar inútilmente el condensador en el acumulador intermedio.

5       Para ello, una señal de medida 47 representativa de la corriente de carga del variador se envía hacia un convertidor analógico/digital 37 del circuito digital 30. La salida del convertidor 37 se envía al módulo regulador de tensión 33. En esta variante, el módulo 33 realiza, 10 por lo tanto, una función suplementaria de selección entre dos modos de funcionamiento: un modo de régimen "normal" que corresponde al funcionamiento normal descrito anteriormente y un modo de régimen "stand-by" en el que el módulo 33 activa una señal de inhibición INB 15 con destino al regulador de corriente 24. Cuando la señal de inhibición INB está activa, entonces el regulador de corriente 24 fuerza la señal de control 25 de modo que controle la apertura del conmutador 44.

El módulo 33 selecciona el modo de régimen de 20 funcionamiento "stand-by" cuando la señal 47 indica que no circula ninguna corriente de carga, es decir, cuando detecta que no hay carga del motor. Además, se podría considerar, de forma equivalente, que la información de detección de ausencia de carga de motor regulada por el 25 módulo regulador de tensión 33 sea efectuada por otros medios (por ejemplo, mediante una detección de motor parado).

Cuando la señal 47 indica que está presente una 30 corriente de carga, el módulo 33 selecciona el modo de funcionamiento "normal", de modo que regule la apertura y el cierre del conmutador 44 según se describió anteriormente.

- 16 -

Queda entendido que se puede, sin salirse del marco de la invención, según se define en las reivindicaciones adjuntas, imaginar otras variantes y perfeccionamientos de detalle e incluso considerar la posibilidad de emplear 5 medios equivalentes.

**REIVINDICACIONES**

1.- Variador de velocidad para motor eléctrico trifásico (M), que comprende:

5 - un módulo rectificador (10) que suministra una tensión rectificada (15) a partir de una red eléctrica monofásica alterna (5),

10 - un módulo elevador de tensión (40) que proporciona una tensión regulada en el acumulador intermedio de corriente continua (45) a partir de dicha tensión rectificada (15),

15 - un módulo ondulador (50) alimentado por dicha tensión en el acumulador intermedio de corriente continua (45) y que suministra una tensión de control al motor eléctrico trifásico (M) a partir de una consigna de control,

- una unidad de procesamiento digital que proporciona dicha consigna de control,

20 caracterizado porque el variador de velocidad comprende un dispositivo híbrido de corrección del factor de potencia que regula el módulo elevador de tensión (40) y que comprende:

25 - un circuito digital (30) provisto de un módulo regulador de tensión (33) que genera una señal de corrección (35) a partir de una señal de medida (46) de dicha tensión en el acumulador intermedio,

30 - un circuito analógico (20) que genera una señal de regulación (25) al módulo elevador (40) a partir de una señal de medida (12) de dicha tensión rectificada y a partir de dicha señal de corrección (35), el circuito analógico (20) que comprende un circuito limitador (21) que recibe, a la entrada, la señal de medida (12) de dicha tensión rectificada y que genera, a la salida, una

señal recortada (26) de forma prácticamente trapezoidal.

2.- Variador de velocidad según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito digital (30) está integrado en dicha unidad de procesamiento.

5 3.- Variador de velocidad según la reivindicación 1, caracterizado porque la señal de corrección (35) es una señal de modulación por anchura de impulsos PWM.

10 4.- Variador de velocidad según la reivindicación 1, caracterizado porque el módulo elevador (40) comprende un conmutador estático (44) accionado por dicha señal de regulación (25).

15 5.- Variador de velocidad según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito limitador (21) comprende un puente divisor de resistencias (R1, R2) y un diodo de limitación (D1), cuyo ánodo está conectado a un punto medio del puente divisor.

20 6.- Variador de velocidad según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito analógico (20) comprende un circuito de conmutación (22) que recibe, a la entrada, dicha señal recortada (26) y dicha señal de corrección (35) para generar una señal de referencia de corriente (28).

25 7.- Variador de velocidad según la reivindicación 6, caracterizado porque el circuito analógico (20) comprende un regulador de corriente (24) que es un regulador simple del tipo de histéresis y que recibe, a la entrada, dicha señal de referencia de corriente (28) y una señal de medida (13) de corriente para suministrar, a la salida, dicha señal de regulación (25) al conmutador (44).

30 8.- Variador de velocidad según la reivindicación 1, caracterizado porque el módulo regulador de tensión (33) fuerza al regulador de corriente (24) a proporcionar una

- 19 -

señal de regulación (25) que ordena la apertura del  
comutador (44) en caso de ausencia de corriente de carga  
del variador.

9.- Variador de velocidad según la reivindicación 8,  
5 caracterizado porque el circuito digital (30) recibe una  
señal de medida (47) representativa de la corriente de  
carga del variador.

1 / 4

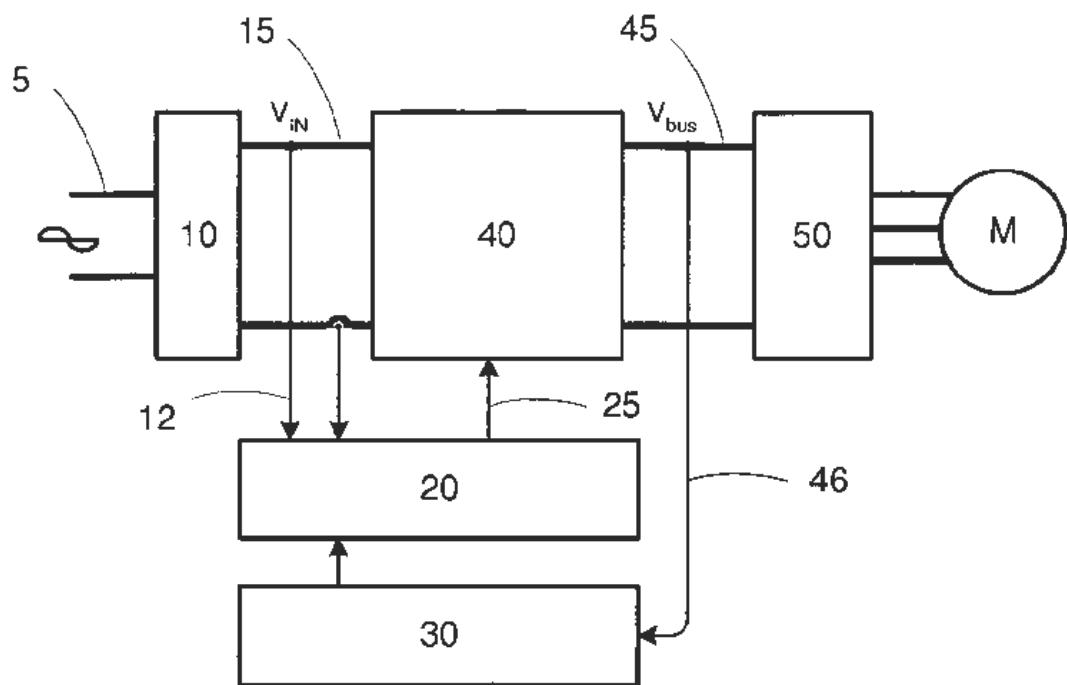


Figura 1

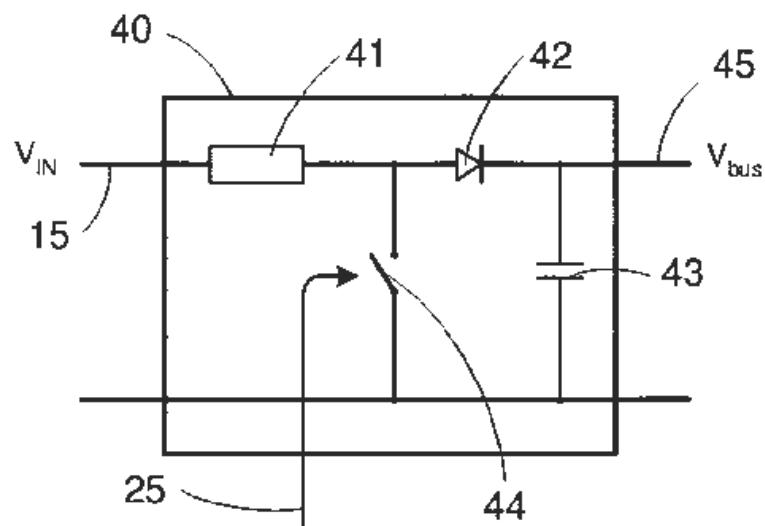
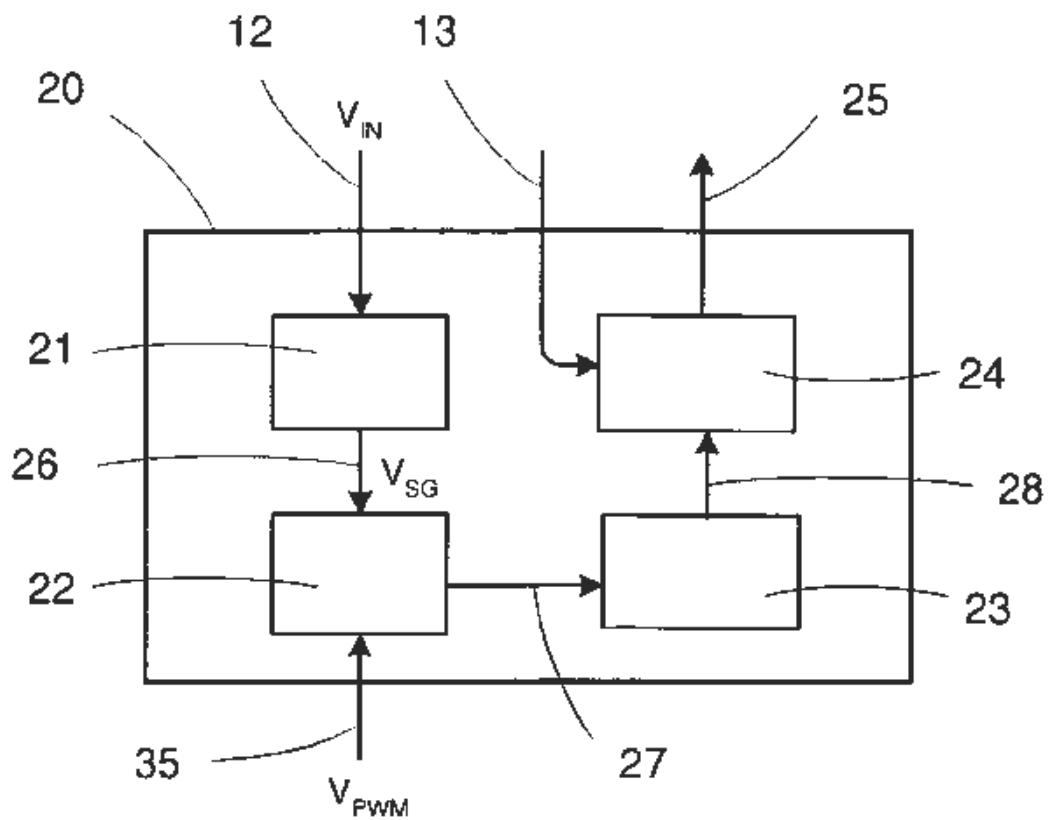
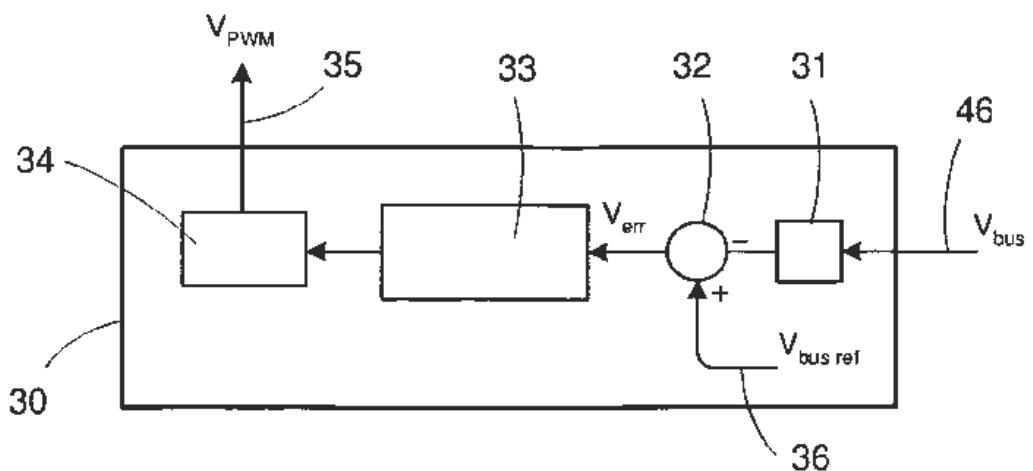


Figura 2

**Figura 3****Figura 4**

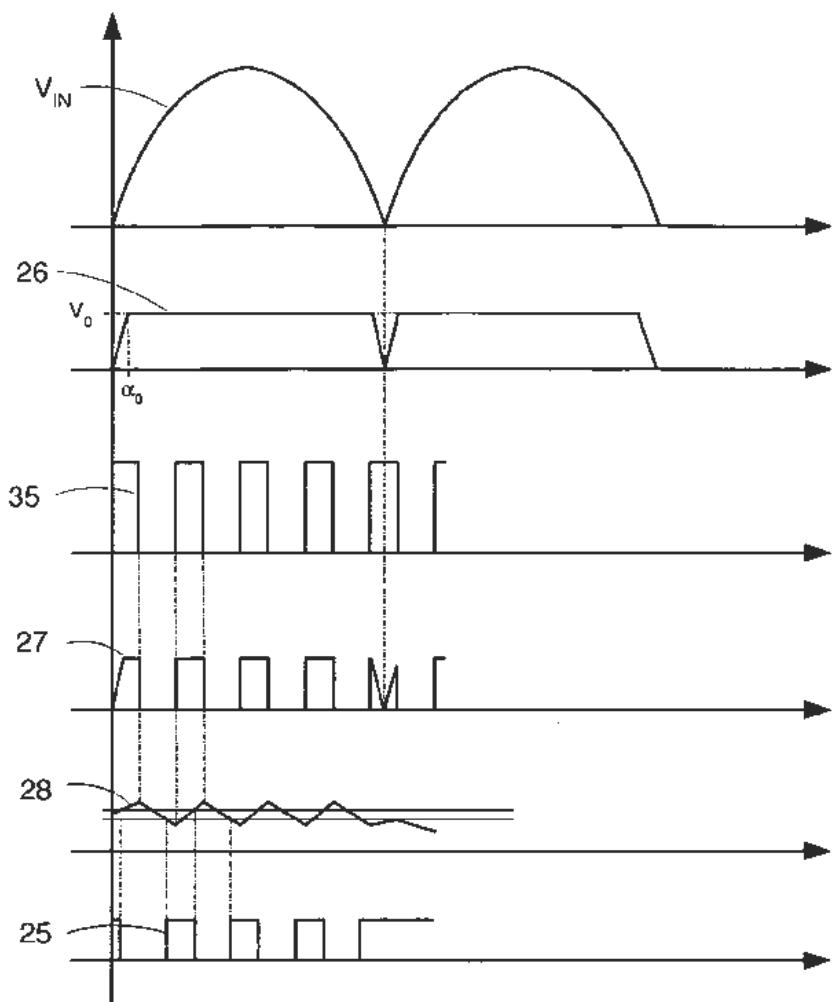


Figura 5

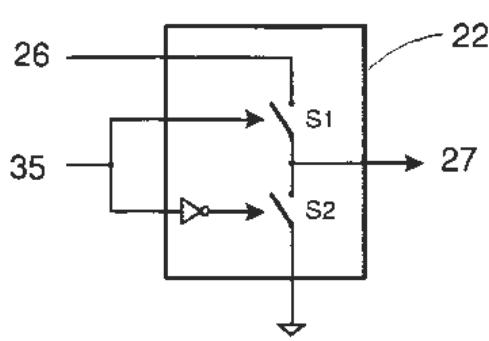


Figura 6

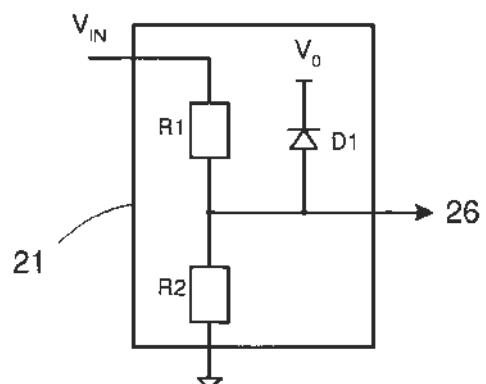
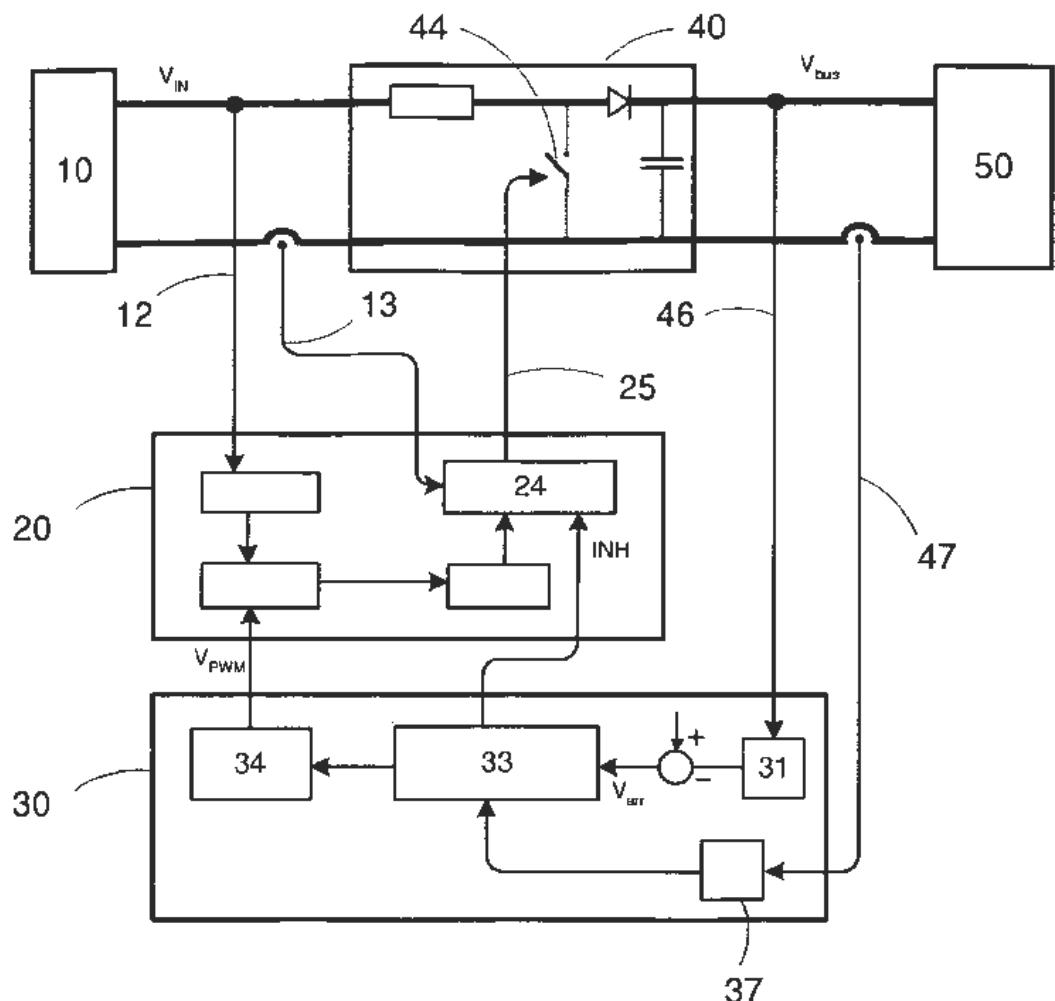


Figura 7

**Figura 8**