

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 578 956**

51 Int. Cl.:

F04D 15/00 (2006.01)

F04D 13/00 (2006.01)

H02P 27/16 (2006.01)

H02P 1/46 (2006.01)

H02P 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2010 E 10425330 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2439840**

54 Título: **Método para el control de la bomba de descarga de un aparato electrodoméstico y unidad de procesamiento para la implementación de dicho método**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.08.2016

73 Titular/es:

ASKOLL HOLDING S.R.L. (100.0%)
Via Industria, 30
36031 Povolaro di Dueville (Vicenza), IT

72 Inventor/es:

MARIONI ELIO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 578 956 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para el control de la bomba de descarga de un aparato electrodoméstico y unidad de procesamiento para la implementación de dicho método

5 **Campo de aplicación**

La presente invención, en su aspecto más general, se refiere a un método para el control de una bomba de descarga de un aparato electrodoméstico, así como a una unidad de procesamiento específicamente proporcionada para la implementación de dicho método.

En particular, el método se dirige al control de una bomba de descarga accionada por un motor eléctrico síncrono usado en una máquina lavadora.

15 **Técnica anterior**

Diversos aparatos electrodomésticos, tales como lavadoras y lavavajillas, incluyen una bomba de descarga en su interior para expulsar el agua usada en el lavado hacia la red de desagüe.

20 Dicha bomba de descarga debe tener bajos costes de producción y montaje y poco volumen, en tanto también se respetan los requisitos proporcionados de fiabilidad y durabilidad.

25 En particular, las bombas de descarga accionadas por motores eléctricos síncronos de imán permanente cumplen con los requisitos anteriormente mencionados y, actualmente, se usan ampliamente. Estos motores son generalmente de pequeño tamaño, monofásicos o bifásicos, gestionados por electrónica de control de bajo coste que se limita a gestionar el arranque y parada del motor, detectando también posibles situaciones de bloqueo o sobrecalentamiento.

30 Aunque rentable, dicha solución tiene, sin embargo, el inconveniente de no permitir que se identifiquen inmediatamente los estados de la condición de operación aire-agua de la bomba de descarga. En dichos estados de operación el motor eléctrico no tiene una eficiencia energética óptima; además son muy ruidosos.

35 Otros problemas pueden derivarse de la limitada estabilidad del motor, inadecuada para responder a variaciones bruscas en la carga y, sobre todo, a la necesidad de asegurar el arranque mecánico del propio motor.

Documentos de la técnica anterior que desvelan métodos para el control de motores eléctricos síncronos, pero que fracasan al acometer los inconvenientes anteriormente mencionados, son representados por ejemplo por EP 0 945 973 y US 2007/122289.

40 El problema técnico que forma la base de la presente invención es, por lo tanto, concebir un método para el control de una bomba de descarga del tipo anteriormente mencionado y una unidad de procesamiento respectiva proporcionada para su implementación que permita una optimización de la energía del motor y la gestión de los estados de operación en la condición aire-agua de la bomba de descarga, sin tener un impacto excesivo sobre los costes de producción e instalación, y eliminando definitivamente las limitaciones funcionales de las bombas de arranque mecánico.

Sumario de la invención

50 El problema técnico anteriormente mencionado se resuelve mediante el método definido en la reivindicación 1.

Dicho umbral máximo puede calcularse en función de la tensión de una red eléctrica que alimenta dicho motor eléctrico, en particular puede calcularse como una función lineal de la tensión de dicha red eléctrica.

55 Después de que el motor eléctrico se haya desconectado por haber sido excedido el umbral máximo por el ángulo de encendido requerido, el motor eléctrico puede arrancarse de nuevo ventajosamente después de un tiempo de desconexión temporal dado.

60 Dicho tiempo de desconexión temporal puede calcularse de acuerdo con una función decreciente (por ejemplo una función de proporcionalidad inversa) del tiempo de operación a pleno caudal previa a la desconexión.

Preferentemente, dicho tiempo de desconexión temporal se calcula de modo que no supere un límite máximo predefinido.

65 Durante el curso de la misma operación de descarga de la bomba de descarga, por ejemplo en relación a una etapa de centrifugado de una lavadora servida por la propia bomba, los tiempos de desconexión temporal posterior pueden fijarse de acuerdo con una progresión predefinida. Dicha progresión será preferentemente una creciente hasta que

se establece en un valor límite máximo.

El método puede comprender una etapa de reajuste de la bomba que proporcione una interrupción de la alimentación de una unidad de procesamiento dirigida a calcular los tiempos de desconexión temporales para restaurar a un valor inicial todas las variables que influyen en dicho cálculo.

Durante la etapa de accionamiento de dicho motor eléctrico en estado estable, puede proporcionarse alimentación solamente cuando se cumplen ambas condiciones: la señal de la fuerza contraelectromotriz debe tener el mismo signo que la tensión de la red y la señal de la fuerza contraelectromotriz debe partir de cero.

Puede evaluarse si se ha alcanzado la condición de sincronismo midiendo el desplazamiento de fase entre la corriente de fase y tensión, alcanzándose dicha condición cuando dicho desplazamiento de fase permanece constante durante un número dado de periodos consecutivos. Si no se alcanza la situación de sincronismo dentro de un periodo de tiempo predeterminado, el método puede rearmar el motor eléctrico. Más aún, si la condición de sincronismo no se alcanza después de un número predefinido de intentos de arranque, el método puede detener definitivamente el motor eléctrico.

El problema técnico anteriormente mencionado se resuelve también mediante una unidad de procesamiento definida en la reivindicación 15.

Características y ventajas adicionales de la presente invención quedarán más claras a partir de la descripción a continuación de una realización preferida dada con fines de indicación y no de limitación con referencia a los dibujos adjuntos.

25 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo electrónico asociado con un grupo motor-bomba de descarga, comprendiendo dicho dispositivo electrónico una unidad de procesamiento de acuerdo con la presente invención;

La figura 2 representa un diagrama de bloques que ilustra en resumen las varias etapas del método de acuerdo con la presente invención;

La figura 3 muestra la progresión temporal de algunos parámetros en relación al grupo motor-bomba de la fig. 1 durante el control llevado a cabo con el método de acuerdo con la presente invención;

La figura 4 muestra la progresión temporal de la cantidad de agua descargada por una lavadora durante una etapa de centrifugado.

40 Descripción detallada

Con referencia a la figura 1 adjunta, se identifica una bomba de descarga de un aparato electrodoméstico, en particular de una lavadora (no representada en las figuras adjuntas), con el número 50. La bomba de descarga 50 está asociada con un desagüe para la recogida del agua de la lavadora, y se pretende que la vacíe en etapas de lavado dadas llevadas a cabo por el aparato electrodoméstico.

La bomba de descarga 50, de tipo conocido, se acciona mediante un motor eléctrico 1, que en este caso está en la forma de un motor síncrono monofásico de imán permanente.

Un dispositivo electrónico 20, que preferentemente toma la forma de una tarjeta de control, está asociado con el motor eléctrico 1 y se pretende que lo accione a través del control de fase.

Dicho dispositivo electrónico 20 comprende un interruptor estático 21, en este caso específico un interruptor TRIAC, previsto para cortar la corriente suministrada por una red eléctrica 22 de CA y que se dirige a los devanados para el suministro de alimentación al motor eléctrico 1.

El interruptor TRIAC 21 se conecta a una salida de PWM 33 de una unidad de procesamiento 30, que preferentemente toma la forma de un microprocesador.

El dispositivo electrónico 20 tiene una parte para la sincronización con la red 35 que envía a la unidad de procesamiento 30 una señal de sincronización con la red 25, es decir, una señal que tiene un valor unitario cuando la tensión de la red eléctrica tiene valores positivos, un valor cero cuando esta última toma valores negativos; el temporizador para el control de la salida del PWM 33 se sincroniza ventajosamente con la señal de sincronización de la red.

Más aún, el dispositivo electrónico 20 tiene una parte de fuente de alimentación 36 para la unidad de procesamiento

30, también dirigida a alimentar dicha unidad con una señal de referencia de tensión.

La unidad de procesamiento 30 tiene una primera entrada 31, que recibe una señal de tensión de la red 23, y una segunda entrada 32, que por otro lado recibe una señal de tensión a través del interruptor 24.

5 Mediante el procesamiento de dichas señales, la unidad de procesamiento 30 es capaz de llevar a cabo una medición indirecta de la fuerza contraelectromotriz generada por el motor síncrono 1, obtenida como la diferencia entre la señal de la tensión de red 23 y la señal de tensión a través del interruptor 24, en los momentos en los que la corriente es cero. La unidad de procesamiento 30 detecta dicha situación de corriente cero evaluando siempre la
10 señal de tensión a través del interruptor 24 y, en particular, asegurando que dicha señal difiere suficientemente del valor cero.

El método para el control de una bomba de descarga 50 de acuerdo con la presente invención tiene una etapa inicial de arranque del motor eléctrico 1 que acciona la propia bomba de descarga 50.

15 Dicha etapa de arranque inicial, identificada con 100 en el diagrama de bloques de la figura 2, comprende cuatro subetapas sucesivas: alineación, espera, arranque, transición hacia estado estable.

20 La subetapa de alineación (bloque 100a en la figura 2) está dirigida a llevar al rotor del motor eléctrico 1 a una posición de arranque predefinida.

Para obtener este resultado, la unidad de procesamiento 30 controla el interruptor TRIAC 21 de modo que alimente los devanados del motor con una serie de pulsos de corriente generados solo durante un semiperiodo dado, positivo o negativo, de acuerdo con la posición de arranque seleccionada, de la señal de tensión de la red eléctrica 22. En
25 términos de aplicación, el interruptor TRIAC debe así conmutarse a encendido solo cuando la señal de sincronismo de la red 23 toma valores positivos (o negativos de acuerdo con el semiperiodo seleccionado).

30 La subetapa de espera posterior (bloque 100b de la figura 2) está dirigida a permitir que se amortigüen las posibles oscilaciones del rotor del motor eléctrico 1. Al final de la etapa de espera, es por tanto cierto que el rotor se detiene en la posición de arranque predefinida.

La subetapa de arranque posterior (bloque 100c de la figura 2) está dirigida a asegurar que el motor eléctrico 1 realmente arranca.

35 Para este fin, la unidad de procesamiento 30 genera una serie de pulsos de corriente de intensidad creciente (ajustados mediante la variación del ángulo de encendido α en el control de fase) generados esta vez en el semiperiodo de la señal de la tensión de la red eléctrica 22 opuesto al de los pulsos de la etapa de alineación.

40 Cuando la señal de la fuerza contraelectromotriz supera un umbral de control predeterminado (bloque de verificación 100e), comienza la última subetapa de transición hacia el estado estable (100d en la figura 2).

45 Si, por otro lado, el umbral de control para la fuerza contraelectromotriz no se alcanza al final de la serie de pulsos (bloque de verificación 100f), el método de control implementado lleva a cabo las primeras subetapas de arranque una vez más. Si el umbral de control continúa sin ser alcanzado durante un cierto número de intentos de arranque consecutivos (bloque de verificación 100g), el motor eléctrico 1 puede detenerse definitivamente.

La última subetapa está dirigida al accionamiento del motor hasta que se alcance la velocidad de sincronismo.

50 En esta última subetapa, la unidad de procesamiento 30 controla el motor de acuerdo con una lógica de encendido específica que tiende a mantener el interruptor TRIAC 21 conduciendo solamente cuando la transición de corriente en los devanados de alimentación del motor eléctrico 1 determina un par de accionamiento en la dirección de rotación del rotor.

En particular, el interruptor TRIAC 21 se conmuta a encendido cuando se dan ambas de las siguientes condiciones:

- 55
- a) la señal de la fuerza contraelectromotriz estimada debe tener el mismo signo que la tensión de la red;
 - b) la señal de la fuerza contraelectromotriz estimada debe partir de cero.

60 Una vez se ha alcanzado la condición de sincronismo del motor eléctrico 1 síncrono, el arranque está completo.

Dicha condición se evalúa (bloque de verificación 100h) a través de la medición del desplazamiento de fase entre la fase de la corriente y la tensión. Si dicho desplazamiento de fase permanece prácticamente constante durante un número dado de periodos consecutivos, se considera que la condición de sincronismo se ha alcanzado. Si la
65 condición de sincronismo no se alcanza dentro de un periodo de tiempo predefinido (bloque de verificación 100i), el método lleva a cabo la etapa de arranque una vez más desde el inicio. Tras un número dado de intentos de

arranque fallidos consecutivos (bloque de verificación 100)), el motor eléctrico 1 puede detenerse definitivamente.

Esto va seguido, en el método de acuerdo con la presente invención, de una etapa de accionamiento de dicho motor eléctrico 1 síncrono en un estado estable a través del control de fase, es decir, mediante la variación del ángulo de encendido α que determina el retardo en la conexión del interruptor TRIAC con respecto al cambio de signo de la tensión de red.

El control de fase se introduce progresivamente, manteniendo las condiciones a) y b) sobre la conexión del interruptor 21 aplicada en la subetapa de transición anteriormente mencionada.

En esta etapa de accionamiento, identificada con 200 en la figura 2, el ángulo de encendido α se controla por realimentación, para optimizar el rendimiento en energía del motor eléctrico 1.

Específicamente, el control de realimentación tiene lugar mediante la identificación de la situación de operación ideal del motor tal como donde la función de la fuerza contraelectromotriz pasa por cero en un punto medio 80a de la meseta de corriente cero 80 establecida por el cierre del interruptor TRIAC 21. Naturalmente, la extensión de la meseta de corriente cero 80 y la posición relativa del punto medio 80a dependen del valor del ángulo de encendido α usado para cada semiperiodo de corriente.

La condición buscada corresponde a hacer cero el desplazamiento de fase entre la corriente de alimentación de los devanados y la fuerza contraelectromotriz generada por el motor síncrono 1, una condición que se sabe que asegura que se optimiza la eficiencia energética del propio motor síncrono (descontando el núcleo).

Gracias a la señal de la fuerza contraelectromotriz procesada en su interior de acuerdo con las formas descritas anteriormente, la unidad de procesamiento 30 es capaz de evaluar cómo se diferencia el comportamiento del motor de la condición de funcionamiento ideal, corrigiendo en consecuencia el ángulo de encendido α del interruptor TRIAC 21 en la realimentación.

La figura 3 ilustra la progresión temporal de la fuerza contraelectromotriz e , de la tensión de red T y de la corriente de estator i durante el funcionamiento normal del motor síncrono 1; los ángulos de encendido usados en los primeros semiperiodos se indican con la letra griega α seguida por subíndices progresivamente crecientes.

Durante la etapa de accionamiento en situación estable, el método de acuerdo con la presente invención comprueba continuamente que la bomba de descarga 1 no está trabajando en condiciones aire-agua (bloque de verificación 300). En dichas condiciones la disminución de la carga produce un gran incremento en la necesidad de cortar la corriente en el algoritmo del control de realimentación. De esta manera, el método en cada semiperiodo verifica que el ángulo de encendido α requerido por el control de realimentación no supera un umbral máximo α_{lim} , indicativo realmente de funcionamiento en condiciones aire-agua de la bomba.

Ventajosamente, dado que el corte requerido también depende de la tensión de red, dicho umbral máximo α_{lim} se obtiene como una función lineal de la propia tensión de red, de acuerdo con una fórmula:

$$\alpha_{lim} = k \cdot V_{red} + c$$

siendo k y V parámetros preestablecidos.

Debería observarse que dicho valor límite debe fijarse de modo que exceda el ángulo de encendido α máximo, obtenido experimentalmente, que el grupo motor-bomba puede requerir en operación a pleno caudal para cada condición de carga requerida por la instalación de la lavadora en la que se instala la bomba, en donde un funcionamiento a pleno caudal significa estar en situación opuesta a la operación en condiciones aire-agua.

Cuando la verificación anteriormente mencionada detecta operación en condiciones aire-agua, el método puede proporcionar la entrada en una etapa de desconexión temporal del motor eléctrico 1 (bloque 400 en la figura 2), es decir, el dispositivo electrónico 20 interrumpe la alimentación a los devanados del motor síncrono durante un tiempo de desconexión temporal.

Una vez ha transcurrido el tiempo de desconexión temporal, el motor se reanuda repitiendo la etapa de arranque 100 descrita anteriormente.

El método de acuerdo con la presente invención puede determinar el tiempo de desconexión temporal del motor eléctrico 1 de acuerdo con diferentes formas alternativas. En particular, se describen en el presente documento a continuación dos formas que son particularmente adecuadas para la gestión de la bomba de descarga 50 durante una etapa de centrifugado de la lavadora con la que está asociada la bomba.

Una primera forma usa un algoritmo de cálculo calibrado sobre el tiempo de operación a pleno caudal previo del grupo motor-bomba, es decir, el tiempo entre el arranque de la última etapa de arranque 100 y el momento de

detección de las condiciones aire-agua. Naturalmente, para permitir que se determine el tiempo de desconexión temporal de acuerdo con dicha forma, se requiere que dicho tiempo de operación a pleno caudal se ajuste mediante la unidad de procesamiento 30.

5 A partir de dichos datos, el tiempo de desconexión se calcula de acuerdo con una función decreciente del tiempo de operación a pleno caudal previo. En otras palabras, cuanto mayor sea el periodo de operación a pleno caudal del grupo motor-bomba, más corto será el periodo de desconexión que lo sigue.

10 Dicha relación se justifica por el hecho de que el tiempo de operación a pleno caudal es indicativo de la cantidad de agua presente en el desagüe de la lavadora. Cuando hay aún una gran cantidad de agua, una corta espera es suficiente para asegurar que se restauran las condiciones de operación a pleno caudal; cuando hay poco agua, por otro lado, es necesario esperar más tiempo para permitir que la carga de lavado libere parte del agua mantenida elevando el nivel en el desagüe.

15 Debería observarse que, en cualquier caso, es adecuado que el tiempo de desconexión temporal no supere el límite máximo, más allá de lo que se arriesgaría una acumulación de agua que sea mayor que la capacidad de la bomba.

20 El tiempo de desconexión puede calcularse a partir del tiempo de funcionamiento a pleno caudal usando una fórmula de proporcionalidad inversa adecuadamente modificada para impedir que el tiempo de desconexión supere el límite máximo anteriormente mencionado.

25 El método puede comprender una etapa de reajuste de la bomba que prevé la interrupción de la alimentación a la unidad de procesamiento 30 si es necesario reajustar el valor del tiempo de operación a pleno caudal ajustado en la misma, por ejemplo al final de un intento de centrifugado sin éxito.

30 La segunda forma que pueda adoptarse por el método de acuerdo con la presente invención usa tiempos de desconexión temporal progresivamente crecientes. La primera vez que se detecta una condición aire-agua, el método desconecta el motor eléctrico durante un primer tiempo predefinido, por ejemplo 2 s; tras la siguiente detección se aplicará un segundo tiempo predefinido más largo que el primero, por ejemplo 4 s; y así sucesivamente, siguiendo una progresión de tiempos crecientes hasta un límite máximo, por ejemplo 20 s. Una vez se alcanza el límite máximo, la progresión se detiene y el tiempo de desconexión se estabiliza en dicho valor.

35 De hecho, resultados experimentales demuestran que durante la etapa de centrifugado el agua descargada por la lavadora disminuye a lo largo del tiempo. La figura 4, por ejemplo, ilustra la progresión temporal del agua descargada por una bomba de descarga de una lavadora, cargada con 8 kg de esponja, durante una etapa de centrifugado. Las diferentes curvas se refieren a diferentes velocidades de centrifugado. Como puede verse, en todas las velocidades la mayor parte del agua se descarga en las primeras etapas de la operación.

40 También, en esta segunda forma, el método proporciona una etapa de reajuste de la bomba en la que la fuente de alimentación de la unidad de procesamiento 30 se interrumpe según sea necesario para reponer la progresión de los tiempos de desconexión temporal al valor inicial.

45 El método y la unidad de procesamiento descritos anteriormente tienen una serie de ventajas listadas a continuación.

Una primera ventaja se deriva del hecho de que el método y la unidad de procesamiento permiten una operación eficiente en energía y relativamente silenciosa, en particular impidiendo etapas de operación en la condición aire-agua de la bomba de descarga.

50 Una segunda ventaja está representada por el hecho de que el sistema es auto-adaptativo, dado que el control implementado busca cancelar el desplazamiento de fase entre corriente y fuerza contraelectromotriz independientemente del punto de trabajo en el que esté trabajando la bomba de descarga.

55 En particular, el sistema busca la optimización de la energía independientemente de la altura de la instalación de la tubería de descarga, dentro de los límites fijados por el fabricante de la máquina.

Otra ventaja, debido al hecho de que hay un control que hace automáticamente que el motor trabaje en la condición más eficiente en energía, se refiere a la seguridad de la aplicación.

60 Tómese el ejemplo del caso de fallo por bloqueo de la electroválvula, en el que la lavadora carga continuamente agua de la toma de agua, haciendo trabajar a la bomba de descarga continuamente y durante la mayor parte del tiempo en condiciones aire-agua. Dado que en este caso la potencia absorbida se mantiene continuamente en el mínimo necesario, se impide que la bomba se sobrecaliente, y es por ello capaz de trabajar sin interrupciones.

65 Una ventaja adicional se deriva de la detección automática de la pérdida de sincronismo o del bloqueo del rotor del motor eléctrico que acciona la bomba de descarga. Realmente, las condiciones para permitir que se proporciona

alimentación a los devanados de la máquina requieren la medición de un valor de fuerza contraelectromotriz no cero.

5 Otra ventaja se refiere al uso de la salida de PWM que permite una gestión fina del retardo de la conmutación del interruptor TRIAC (con una resolución de unos pocos microsegundos), los métodos y los dispositivos descritos permiten una estabilidad sustancial del control y por lo tanto del motor.

10 En particular, dicho aspecto asegura una buena reactividad y precisión en respuesta a la variación de tensión y carga, que en el ejemplo de aplicación de una electrobomba puede deberse a burbujas de aire o a la presencia de objetos extraños en la cámara de rotación.

Es posible también trabajar cerca del ángulo límite más allá del que el motor perdería su sincronismo, dada la reactividad con la que es posible corregir el control.

15 Esto da una ventaja adicional dado que, al ser capaz de trabajar en condiciones óptimas a lo largo de todo el intervalo de la tensión de operación, hay una eficiencia incrementada del dispositivo.

REIVINDICACIONES

1. Método para el control de una bomba de descarga (50) de un aparato electrodoméstico, que comprende las siguientes etapas:

5 arranque de un motor eléctrico (1) síncrono monofásico de imán permanente que acciona dicha bomba de descarga (50) hasta que se alcanza la velocidad de sincronismo;
 accionamiento de dicho motor eléctrico (1) síncrono a velocidad de operación normal a través del control de fase mediante la variación del ángulo de encendido (α), en el que dicho ángulo de encendido (α) determina el retardo en la conmutación de un interruptor estático (21), concebido para cortar la corriente suministrada por una red eléctrica (22) de CA y dirigida a los devanados del motor eléctrico síncrono (1), con respecto al cambio de signo de la tensión de red, desconectándose el interruptor estático (21) cuando la forma de onda de la corriente suministrada por la red eléctrica (22) de CA vuelve a cero, de modo que la función de la corriente de fase que alimenta al motor eléctrico (1) tiene una meseta de corriente cero (80), fijada mediante el cierre del interruptor estático (21), que se extiende desde el punto en el que la forma de onda de la corriente suministrada por la red eléctrica (22) de CA vuelve a cero hasta la siguiente conexión del interruptor estático (21);
 10 en el que, durante el accionamiento de dicho motor síncrono (1) en estado estable a través del control de fase, dicho ángulo de encendido (α) se controla por realimentación para cancelar la diferencia de fase entre el punto medio (80a) de dicha meseta de corriente cero (80), y el punto de cruce por cero de una señal de fuerza contraelectromotriz (fcem) relativo a la misma fase;
 15 caracterizado por que, en el control de la realimentación del ángulo de encendido (α) el motor eléctrico síncrono (1) desconecta, de modo que necesita ser arrancado nuevo, si el ángulo de encendido (α) requerido supera un umbral máximo (α_{lim}), en el que la superación de dicho umbral máximo (α_{lim}) indica la operación de la bomba de descarga (50) en condiciones de aire-agua.

25 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que dicho umbral máximo (α_{lim}) se calcula como una función de la tensión de una red eléctrica (22) que alimenta dicho motor eléctrico (1).

30 3. Método de acuerdo con la reivindicación 2 en el que dicho umbral máximo (α_{lim}) se calcula como una función lineal de la tensión de dicha red eléctrica (22).

35 4. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que, después de la desconexión del motor eléctrico (1) debido a que se ha excedido el umbral máximo (α_{lim}) por el ángulo de encendido (α) requerido, el motor eléctrico (1) se arranca de nuevo ventajosamente después de un tiempo de desconexión temporal dado.

5. Método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho tiempo de desconexión temporal se calcula de acuerdo con una función decreciente del tiempo de operación a pleno caudal previo a la desconexión.

40 6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicho tiempo de desconexión temporal se calcula de acuerdo con una función de proporcionalidad inversa del tiempo de operación a pleno caudal previo a la desconexión.

7. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 o 6, en el que dicho tiempo de desconexión temporal se calcula de modo que no exceda un límite máximo predefinido.

45 8. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que, durante una operación de descarga simple de la bomba de descarga (50), los tiempos de desconexión temporal posteriores se fijan de acuerdo con una progresión predefinida.

50 9. Método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dicha progresión es una progresión creciente que se estabiliza en un valor límite máximo.

10. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 9, que también comprende una etapa de reajuste de la bomba en la que la fuente de alimentación de una unidad de procesamiento (30) prevista para calcular los tiempos de desconexión temporales se interrumpe para restaurar todas las variables que influyen en dicho cálculo a un valor inicial.

55 11. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que durante la etapa de accionamiento de dicho motor eléctrico (1) en estado estable, puede proporcionarse alimentación solamente cuando se cumplen ambas condiciones: la señal de la fuerza contraelectromotriz debe tener el mismo signo que la tensión de la red y la señal de la fuerza contraelectromotriz debe partir desde cero.

60 12. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el alcance de la condición de sincronismo se evalúa a través de la medición del desplazamiento de fase entre la corriente de fase y tensión, alcanzándose dicha condición cuando dicho desplazamiento de fase permanece constante durante un número dado de periodos consecutivos.

65 13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que si no se alcanza la condición de sincronismo dentro de un

periodo de tiempo predefinido el motor eléctrico (1) se reanuda.

14. Método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que si la condición de sincronismo no se alcanza después de un número predefinido de intentos de arranque, el motor eléctrico (1) se detiene definitivamente.

5 15. Unidad de procesamiento (30) para el control de una bomba de descarga (50), estando dispuesta dicha unidad de procesamiento (30) para controlar un interruptor (21) para el suministro de alimentación a un motor eléctrico (1) síncrono que acciona dicha bomba de descarga (50); comprendiendo dicha unidad de procesamiento (30):

10 medios para el control del interruptor (21) de modo que se arranque el motor eléctrico (1) síncrono monofásico de imanes permanentes hasta que se alcance una velocidad de sincronismo;

15 medios para el control del interruptor (21) de modo que accione dicho motor eléctrico (1) síncrono a velocidad de operación normal a través del control de fase mediante la variación del ángulo de encendido (α), en el que dicho ángulo de encendido (α) determina el retardo en la conexión de un interruptor estático (21), previsto para cortar la corriente suministrada por una red eléctrica (22) de CA y dirigido a los devanados del motor eléctrico (1) síncrono, con respecto al cambio de signo de la tensión de red, siendo desconectado el interruptor estático (21) cuando la forma de onda de la corriente suministrada por la red eléctrica (22) de CA vuelve a cero, de modo que la función de la corriente de fase suministrada al motor eléctrico (1) tiene una meseta de corriente cero (80), fijada mediante el cierre del interruptor estático (21), extendiéndose desde el punto en el que la forma de onda de la corriente suministrada por la red eléctrica (22) de CA se vuelve a cero a la siguiente conexión del interruptor estático (21);

20 medios para el control por realimentación, en el accionamiento de dicho motor síncrono (1) en estado estable a través del control de fase, de dicho ángulo de encendido (α) para cancelar la diferencia de fase entre el punto medio (80a) de dicha meseta de corriente cero (80), y el punto de cruce por cero de una señal de fuerza contraelectromotriz (f_{cem}) con relación a la misma fase;

25 caracterizado por que comprende además medios para el control que, en el control de la realimentación del ángulo de encendido (α), el motor eléctrico (1) síncrono se desconecta, de modo que es necesario arrancarlo de nuevo, si el ángulo de encendido (α) requerido excede un umbral máximo (α_{lim}), en donde exceder dicho umbral máximo (α_{lim}) indica la operación de la bomba de descarga (50) en condiciones aire-agua.

30

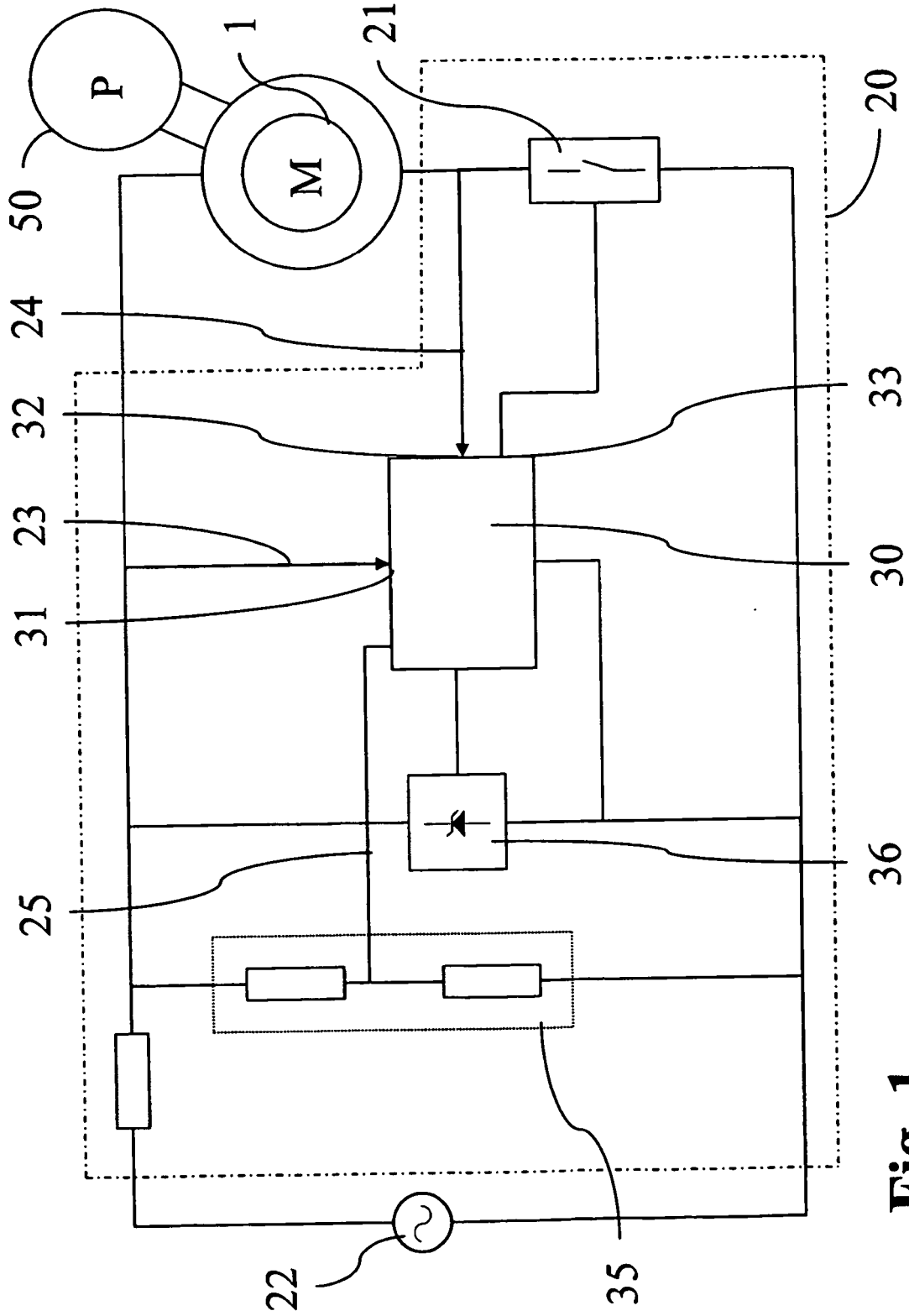


Fig. 1

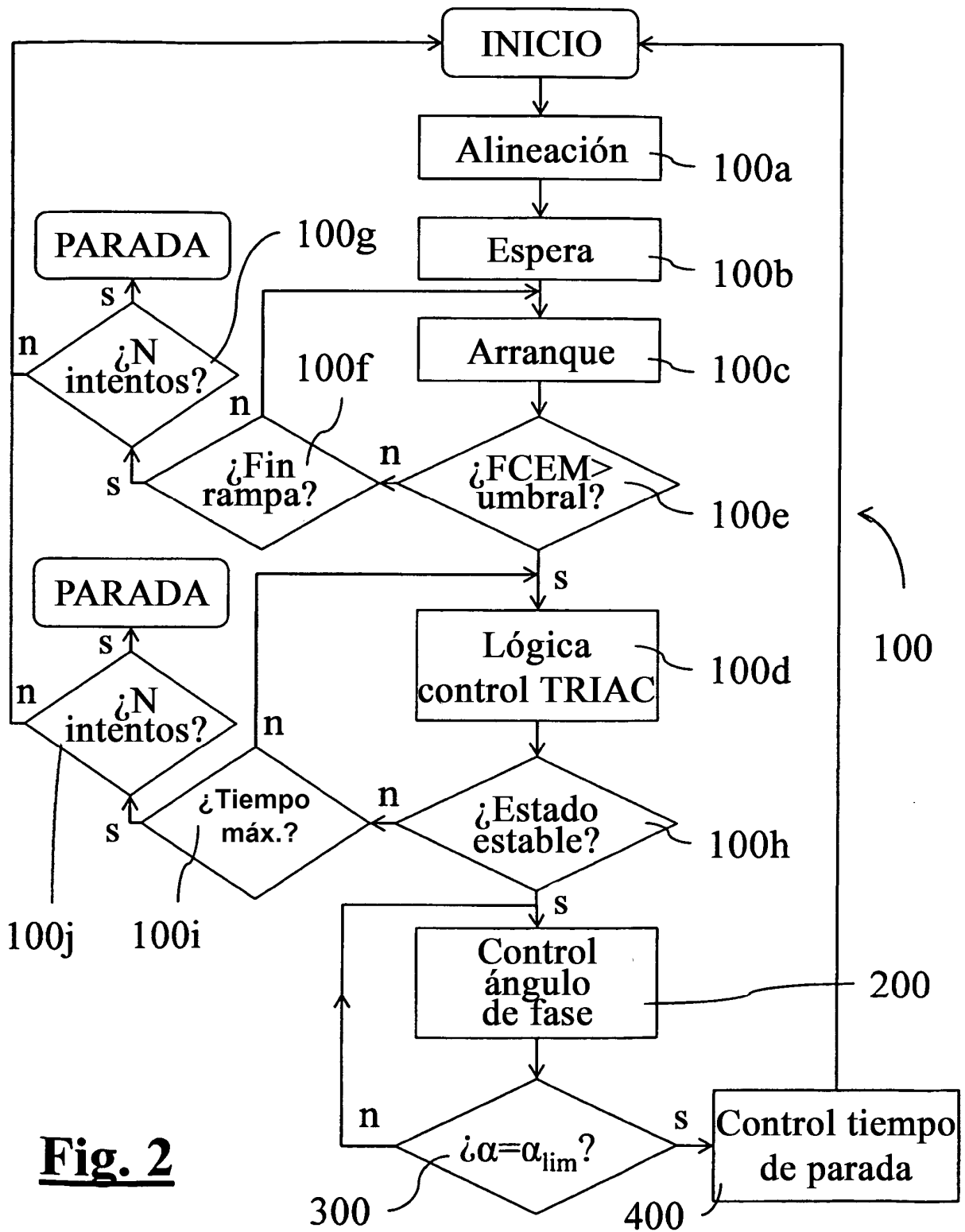
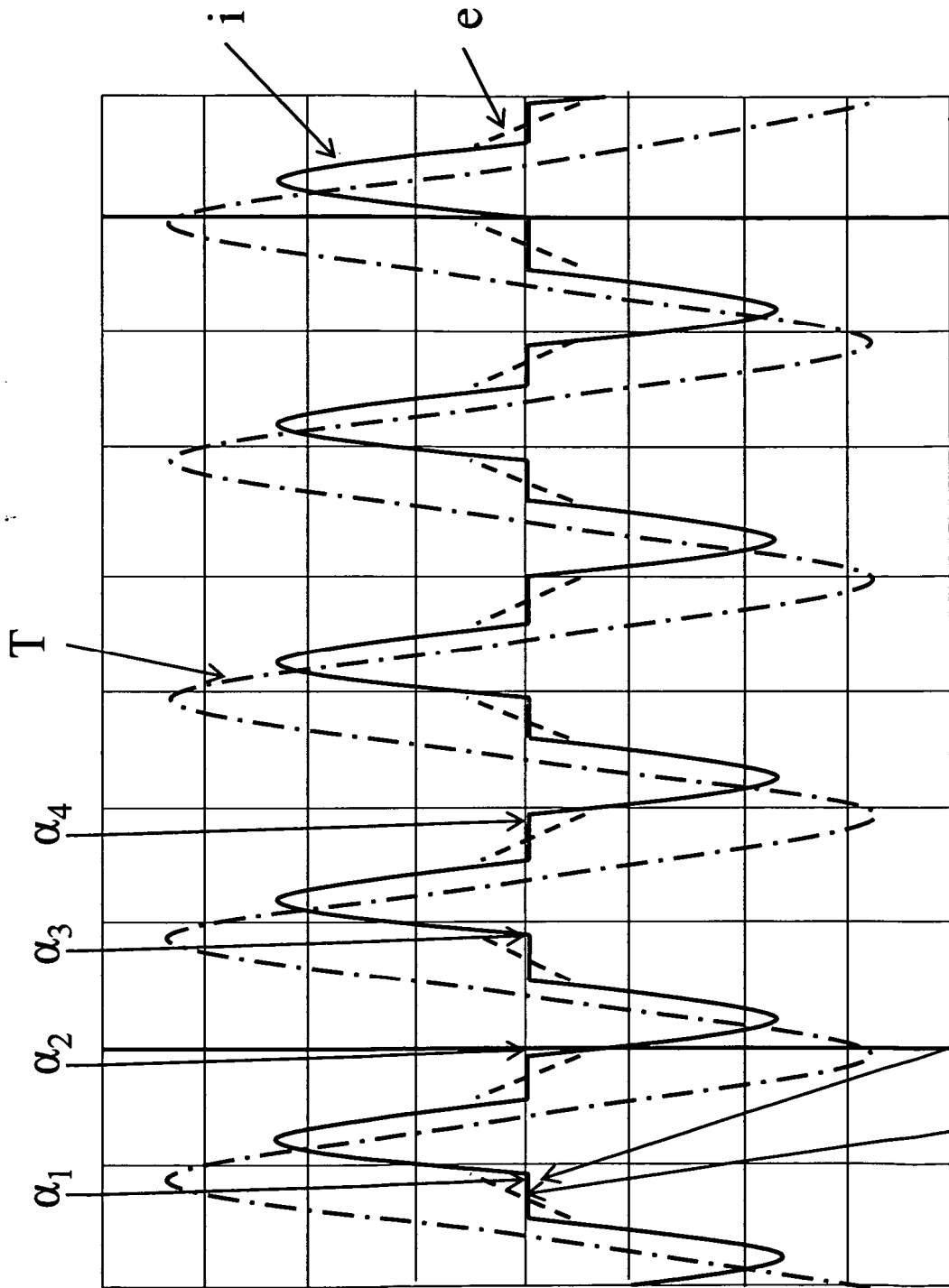


Fig. 2



80a 80

Fig. 3

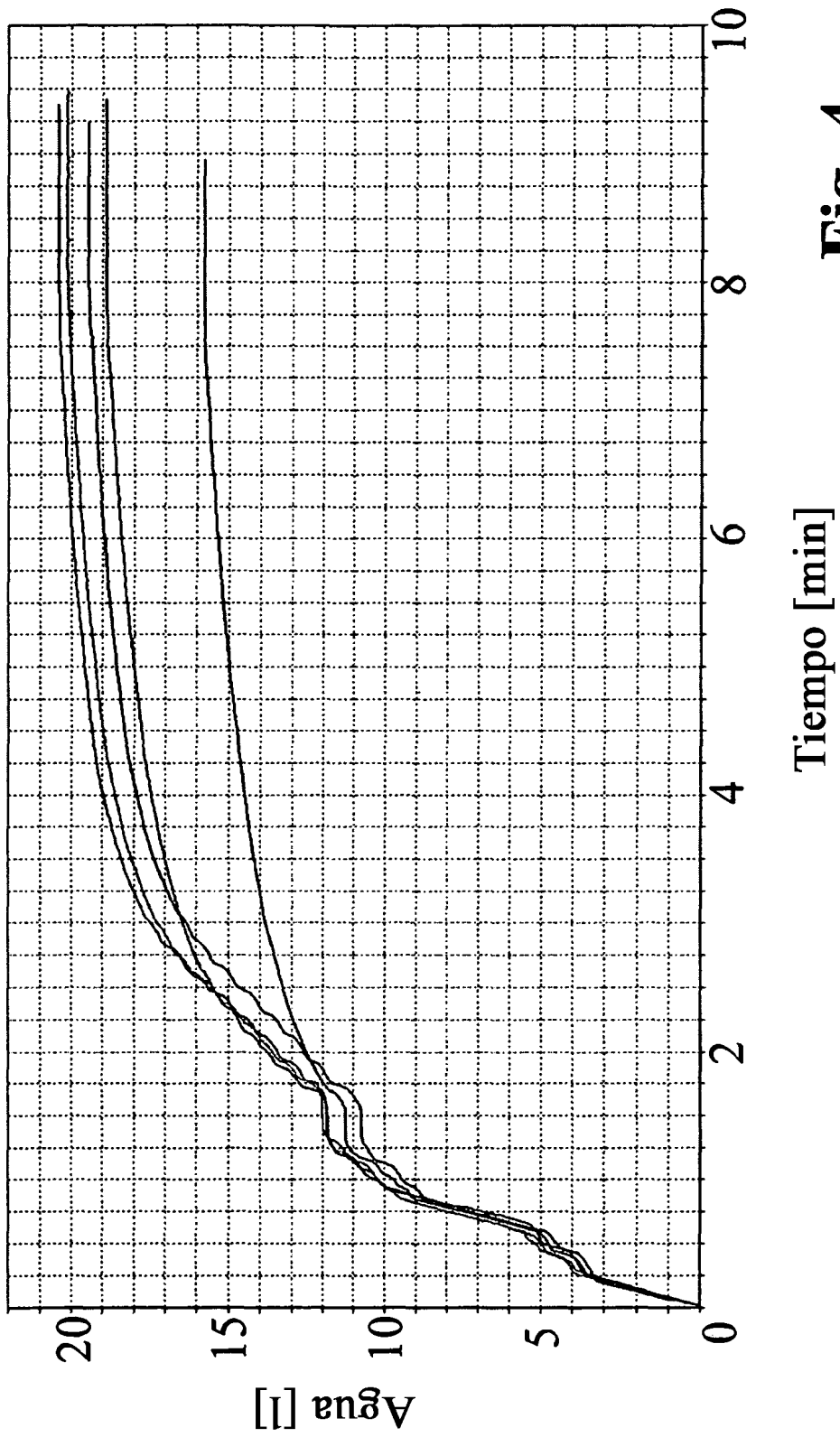


Fig. 4