(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 629 685**

(51) Int. CI.:

H02P 1/16 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.07.2002 PCT/EP2002/07662**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **30.01.0003 WO03009448**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2002 E 02762335 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 1407536**

(54) Título: **Procedimiento de control de la marcha uniforme de un motor de reluctancia y dispositivo de limitación de la corriente de conexión**

(30) Prioridad:

16.07.2001 DE 10135688
27.06.2002 DE 10229443

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.08.2017

(73) Titular/es:

VORWERK & CO. INTERHOLDING GMBH (100.0%)
MÜHLENWEG 17-37
42275 WUPPERTAL, DE

(72) Inventor/es:

CALDEWEY, UWE y
POPPEN, GÜNTER

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

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

Procedimiento de control de la marcha uniforme de un motor de reluctancia y dispositivo de limitación de la corriente de conexión.

La invención concierne a un procedimiento para controlar un motor de reluctancia según las características del preámbulo de la reivindicación 1.

En los motores de reluctancia conmutados, que son generalmente conocidos, la marcha uniforme del rotor y el arranque del rotor dependen de la posición del mismo con respecto al campo del estator. Así, según la posición del rotor con respecto al campo del estator, el par de giro, especialmente a bajos números de revoluciones, puede ser tan pequeño que el rotor permanezca parado. Asimismo, se ha comprobado que en una posición de un segmento de rotor entre dos bobina de estator se produce una sobreelevación del número de revoluciones debido al alto par de giro que actúa en esta posición.

Se conoce por el documento FR 2161602 A un motor de pasos en el que se efectúa un movimiento paso a paso del rotor mediante una conexión y desconexión de fases. No se proporciona una marcha uniforme del rotor.

Partiendo del estado citado de la técnica, la invención se ocupa del problema de indicar un procedimiento de control de un motor de reluctancia que haga posible una marcha uniforme del rotor, incluso a bajos números de revoluciones.

Este problema se resuelve con el objeto de la reivindicación 1, en la que se consigna que en un instante en el que ya está excitada una primera bobina, concretamente durante el movimiento de un segmento de rotor con respecto a la bobina, se excita ya adicionalmente la segunda bobina siguiente en la dirección de giro del rotor. Esto significa que en una zona en la que un segmento de rotor llega a una proximidad de superposición con respecto a la bobina de estator inmediata siguiente, en cuya situación se tiene que temer una parada o al menos una reducción del número de revoluciones debido al par muy pequeño que aquí actúa, se conecta la fase inmediata siguiente para la compensación del par, con lo que el segmento de rotor gira uniformemente y con estabilidad de marcha por delante de la primera bobina. De manera ventajosa, la conexión de la fase inmediata siguiente se efectúa en una posición de giro del segmento de rotor que, considerado en la dirección de giro del segmento de rotor, está situada en un punto anterior a que se alcance la posición de superposición del segmento de rotor y la bobina.

Se tiene también que en un instante en el que aún no está excitada la primera bobina, se excita ya adicionalmente la segunda bobina siguiente en la dirección de giro del rotor. De este modo, se puede puentear también un agujero de par, con lo que se contrarresta una situación de parada del rotor incluso a bajos números de revoluciones. Además, se garantiza así también el arranque del rotor. Mediante la conexión de la bobina inmediata siguiente o de la fase inmediata siguiente se consigue un solapamiento de fases. Se consigue también una mejora del comportamiento de arranque y del comportamiento de marcha del rotor a bajos números de revoluciones debido a que se aumenta la corriente en la segunda bobina excitada adicionalmente a la primera bobina. Por tanto, además de la excitación de la bobina inmediata siguiente se realiza también una amplificación de corriente, con lo que se consigue una homogeneización de la imagen del par. Se prefiere a este respecto que se aumente la corriente durante un espacio de tiempo prefijado.

La estabilidad de marcha deseada del rotor puede mejorarse, además, haciendo que con un movimiento del segmento del rotor con respecto a una bobina se aumente la intensidad de corriente de esta bobina, efectuándose más preferiblemente este aumento de corriente ante de la excitación adicional de la segunda bobina siguiente. La conexión de la segunda fase siguiente y el aumento de la corriente de la primera bobina se efectúan en función de la posición del rotor con respecto al campo del estator. Para detectar esta posición del rotor, este rotor puede estar unido de manera solidaria en rotación con un disco emisor que posea una asociación unívocamente definida con la posición del rotor, con lo que se puede determinar unívocamente la posición del rotor por medio de medidas adecuadas, como, por ejemplo, sensores. Así, pueden estar definidas también, por ejemplo en el disco emisor, unas formaciones de emisor asociadas a un segmento de rotor que puedan ser detectadas por un sensor estacionario.

En el procedimiento según la invención se consigue el alisamiento del par empleando una sencilla sensórica de situación del rotor por medio de una alimentación de corriente dependiente del rotor a cada fase individual. Mediante una señal correspondientemente codificada del disco emisor se alimenta la respectiva fase de estator con un valor nominal de corriente calculado. Dado que el motor dispone de un alto par de giro en esta zona, este valor de corriente tiene que ser relativamente bajo para evitar una sobreelevación del número de revoluciones. Cuando el polo del rotor se aproxima más al polo del estator, se garantiza entonces mediante una configuración correspondiente del disco emisor que, al alcanzarse esta zona de menor par, se genere una señal correspondiente. En este punto se aumenta la corriente a través de la bobina en un factor correspondiente que compensa el debilitamiento del par. Dado que se tiene que establecer primeramente la corriente en la bobina de estator inmediata siguiente, el motor dispone de un par de giro muy pequeño en el instante de conmutación.

Por tanto, durante la conmutación no se desconecta inmediatamente la bobina precedente; se aumenta de manera

correspondiente el valor nominal de la corriente. El par de giro decreciente aún existente de la fase vieja se suma al par de giro creciente de la fase nueva.

El par de giro se mantiene casi constante en la suma. La primera bobina se desconecta antes de que se alcance la zona de par negativo. El perfil de corriente conseguido se hace posible, por ejemplo, por un disco emisor que ofrece 24 impulsos por cada revolución.

Se prefiere una ejecución en la que se captan más impulsos, tal como preferiblemente 360 impulsos por cada revolución, con lo que se mejora aún más la homogeneización deseada de la imagen del par. Se hace posible así también una curva de corriente ideal que está adaptada a la evolución del par.

En un perfeccionamiento del procedimiento se ha previsto que una corriente de conexión producida al conectar el motor de reluctancia sea limitada en cuanto a su magnitud. Sin medidas adicionales, la corriente de conexión alcanza valores extremadamente altos que están claramente por encima de los valores nominales. Como consecuencia de esto, es necesaria una medida limitadora de la corriente. Esto se resuelve, por ejemplo, efectuando la limitación por medio de resistencias conectadas en serie.

Estas resistencias son parte de un circuito intermedio a través del cual se pone a disposición una tensión continua para alimentar el motor de reluctancia. Al conectar el motor de reluctancia se carga un condensador electrolítico del circuito intermedio a través de resistencias que son puenteadas después del arranque del motor. Las resistencias se puentean durante el funcionamiento usual del motor de reluctancia.

Como consecuencia de este procedimiento, se limita la corriente de pico a un valor completamente poco crítico, tal como, por ejemplo, a un quinto de la corriente nominal. El puenteo de las resistencias necesario durante el funcionamiento del motor se realiza por medio de un interruptor. Este último puede ser un semiconductor o un relé.

La limitación de la corriente de arranque presupone que deberá estar presente un cierto retardo hasta el arranque del motor de reluctancia. En este caso, se carga el condensador a una tensión nominal, tal como, por ejemplo, en el caso de funcionamiento con una red de 230 voltios en corriente alterna, a una tensión nominal de 325 voltios en corriente continua.

Cuando ha arrancado el motor, se puentean las resistencias por medio del interruptor. Se utiliza aquí preferiblemente un relé unipolar. Preferiblemente, se disponen delante del condensador unas resistencias conectadas en serie. Asimismo, se pueden utilizar a este respecto unas resistencias de corte térmicas que interrumpan la corriente en caso de un calentamiento excesivo.

La limitación de la corriente de conexión puede combinarse también con una vigilancia de la tensión del circuito intermedio, pudiendo recurrirse en este caso a resistencias sencillas en lugar de las resistencias de corte térmicas usuales. Si no se han puenteado las resistencias, se alcanza un estado crítico únicamente cuando circule una corriente determinada que pueda sobrepasar la potencia de pérdida admisible de las resistencias. Esta corriente crítica corresponde entonces también a una tensión determinada en el circuito intermedio, es decir que se ajusta una tensión inferior determinada. En motores de corriente regulada se puede impartir una corriente para detectar el estado del interruptor de puenteo.

La tensión en el circuito intermedio puede medirse antes de la alimentación de corriente. La caída de la tensión durante la alimentación de corriente da entonces una información directa acerca de si está activo el puenteo de las resistencias. Si éste no está activo, se ajustará entonces en las resistencias una caída de tensión correspondientemente alta. Ésta conduce entonces a una irrupción de tensión en el circuito intermedio que puede detectarse de manera fiable. Durante el funcionamiento del motor y en caso de fallo del interruptor de puenteo irrumpirá también la tensión del circuito intermedio en función de la carga del motor.

En este caso, es necesario que se realice la desconexión del motor cuando se caiga por debajo de una tensión determinada. Se efectúa entonces una valoración de la tensión mínima teniendo en cuenta la corriente del motor.

El instante de puenteo de las resistencias puede determinarse de maneras diferentes. Es posible primeramente un control de tiempo puro sin vigilancia. Se espera únicamente un tiempo fijo hasta que se maniobre el relé o el interruptor. El tiempo se puede fijar con ayuda de la constante de tiempo de la resistencia y el condensador electrolítico. Es más informativa la observación de la tensión del circuito intermedio después de la conexión. La observación de la evolución de la curva permite reconocer con precisión una manifestación sobre el funcionamiento correcto. Asimismo, se pueden puentear las resistencias tan pronto como ya no varíe fuertemente la tensión del circuito intermedio o ésta haya sobrepasado un valor determinado.

La elección de la variación de la tensión como criterio permite el funcionamiento a diferentes tensiones de entrada sin que sean necesarias variaciones. En conjunto, se pueden hacer por medio de un microcontrolador unos controles de plausibilidad determinados mediante los cuales se pueda testar el funcionamiento de la limitación de la corriente de conexión.

A continuación, se explica la invención con más detalle ayudándose del dibujo adjunto, que representa únicamente un ejemplo de realización. Muestran:

La figura 1, en representación esquemática en perspectiva, un rotor de un motor de reluctancia con un disco emisor unido solidario en rotación con el rotor y con sensores estacionarios para captar la posición del rotor;

La figura 2, una vista esquemática del rotor y las bobinas del estator, con una disposición de los sensores representada en líneas de trazos y puntos, concerniente a una primera posición del rotor;

La figura 3, una representación consecutiva a la figura 2;

La figura 4, una representación consecutiva a la figura 3;

La figura 5, otra representación consecutiva;

La figura 6, un diagrama para ilustrar la magnitud del par de giro en función del ángulo de giro de un segmento de rotor; y

La figura 7, un diagrama de desarrollo concerniente a las señales de los dos sensores cooperantes con el disco emisor del rotor en función de la rotación del rotor.

Se representa y se describe primeramente con referencia a la figura 1 un rotor 1 con cuatro segmentos de rotor 2 angularmente dispuestos alrededor de un eje de rotor x y destinados a asociarse en un motor de reluctancia M de cuatro/seis.

El rotor tetrapolar 1 puede asociarse a un estator no representado con detalle con seis bobinas 3 angularmente dispuestas alrededor del eje de rotación x del rotor 1 (véase la figura 2).

En el rotor 1 está fijado solidariamente en rotación un disco emisor cilíndrico hueco 4 dispuesto coaxialmente al eje x del rotor. En la pared del cilindro de este disco emisor 4 se han tallado sendos pares de salientes emisores 5 asociados a un segmento de rotor 2, formando cada saliente emisor 5 de un par 6, referido al eje de rotación x, un ángulo α de 15º. Los bordes opuestos de salientes emisores contiguos 5 de un par 6 forman igualmente un ángulo β de 15º.

La asociación de los salientes emisores 5 a los segmentos de rotor 2 es unívoca. Así, un saliente emisor 5 de un par 6 está posicionado siempre en el centro del segmento del rotor asociado 2. El otro saliente emisor 5 del par 6 está dispuesto, según la dirección de giro del rotor 1, delante o detrás del segmento de rotor 2 con un decalaje angular respecto del primer saliente emisor 5.

Para captar la situación del rotor están previstos unos sensores 8 que forman barreras de sensores 7 y que están dispuestos en posición estacionaria de tal manera que, en el curso del giro del rotor, los salientes emisores 5 del disco emisor 4 recorran estas barreras de sensores 7.

Los sensores 8 o las barreras de sensores 7 están posicionados, además, de modo que éstos formen, referido al eje de rotación x, un ángulo γ de aproximadamente 45º.

Mediante la disposición anteriormente descrita de los sensores 8 y la configuración del disco emisor 4 se puede conseguir un reconocimiento unívoco de la situación de los segmentos de rotor 2 en función de las bobinas 3, y esto para 24 impulsos por cada revolución. En la figura 7 se representa un esquema de desarrollo correspondiente que se limita a las fases PH_1 y PH_3, estando registrados los ángulos del rotor bajo δ. S_1 muestra las señales de sensor de una primera barrera de sensores al recorrer los salientes emisores 5 y S_2 muestra las señales de la segunda barrera de sensores, cada vez en función del ángulo del rotor. Se puede apreciar que se ha conseguido un esquema de detección que proporciona cuatro resultados diferentes E. El valor de los resultados es digital, con lo que se pueden conseguir valores de resultado entre 0 y 3.

Si el resultado corresponde al valor 1, 2 o 3, se reconoce unívocamente la situación del rotor en este ejemplo de configuración del disco emisor 4. Por el contrario, si se obtiene un valor E de 0, se decide entonces la situación momentánea del rotor después de captar el siguiente valor que debe obtenerse.

Los valores de resultado digitales se utilizan para activar las fases PH_1 a PH_3.

Con ayuda de las figuras 2 a 5, referido a un segmento de rotor 2, se explica seguidamente la obtención de la situación del rotor y la activación de las bobinas 3 o de las fases PH_3 y PH_1.

En la figura 2 el segmento de rotor 2 forma con la bobina siguiente 3 o la fase siguiente PH_3 un ángulo δ de -37,5º. En esta posición un saliente emisor 5 recorre la zona de la barrera de sensores 7 designada con S_2. Por el contrario, la otra barrera de sensores 7 designada con S_1 no emite ninguna señal en esta posición. Como puede apreciarse en el esquema de desarrollo de la figura 7, se deriva de esto un valor de resultado E=2. Este valor de resultado provoca

la alimentación de corriente a la fase PH_3, es decir, a la bobina 3, hacia la cual se mueve el segmento de rotor 2.

El diagrama de corriente I se refiere a la absorción de corriente total del motor M, pero siendo cada bobina alimentada individualmente con corriente. El aumento de la corriente total representado en la posición angular -37,5º resulta de la activación de la fase PH_2 situada delante de la fase PH_3 en la dirección de giro del rotor 1 y activada.

En una posición siguiente del rotor según la figura 3, en la que está formado un ángulo δ de -22,5º, no se emiten señales por la barrera de sensores S_2 ni por la barrera de sensores S_1, lo que tiene como consecuencia un valor de resultado E=0. En función del valor de resultado E=2 previamente obtenido se provoca con este valor de resultado E=0 un aumento de corriente de la fase PH_3 previamente conectada. Preferiblemente, se efectúa en este caso una duplicación de la intensidad de corriente (véase el diafragma de la figura 7).

En el curso del giro adicional del rotor en la dirección de la flecha r el rotor 1 alcanza una posición en la que tanto la primera barrera de sensores S_1 como la segunda barrera de sensores S_2 emiten señales al pasar por los salientes emisores 5. Esto se realiza en un intervalo angular de rotación en el que el segmento de rotor 2 forma con la bobina 3 a ambos lados de una posición de punto muerto un ángulo δ de 7,5º. Con el comienzo de este intervalo en δ =-7,5º según la figura 4 se efectúa, al captar el valor de resultado E=3, una conexión de la fase PH_1 dispuesta detrás de la fase ya conectada PH_3 en la dirección de giro r del rotor 1, con lo que se alcanza un solapamiento de fases. De este modo, se puentea una disminución crítica del par en la zona de superposición del segmento de rotor 2 y la bobina asociada 3 de la fase PH_3, lo que garantiza una marcha del rotor 1 uniforme y exenta de tirones incluso a bajos números de revoluciones.

Como puede apreciarse en el diagrama de corriente de la figura 7, en este intervalo de rotación se triplica la absorción de corriente total.

El solapamiento de fases conseguido está limitado temporalmente de tal manera que aún antes de alcanzar la posición 0º se desconecta la fase PH_3 y, por tanto, se repone nuevamente la absorción de corriente total al valor sencillo, ya que se desconecta la alimentación de corriente a la fase PH_3 y se presenta seguidamente tan solo la alimentación sencilla de corriente a la fase PH_1. El control de tiempo se vigila preferiblemente por medio de un microcontrolador. Actúa primeramente tan solo la bobina o fase siguiente en la dirección de rotación r (aquí la fase PH_1).

Después de sobrepasar la posición 0º entre el segmento de rotor 2 y la bobina de estator asociada 3 los salientes emisores 5 abandonan las barreras de sensores S_2 y S_1 con un ángulo δ de 7,5º. En función del valor de resultado E=3 previamente obtenido se induce un primer aumento de corriente de la fase PH_1 cuando se capta el valor de resultado E=0 ahora existente. A continuación, se efectúa el mismo esquema de desarrollo que se ha descrito, pero ahora referido a la fase PH_1 y a la fase PH_2 dispuesta detrás de ella.

El diagrama de la figura 6 muestra las curvas de par en función del ángulo de rotación δ al excitarse una primera fase PH_3 y al producirse una situación adicional subsiguiente de la fase PH_1. Se puede apreciar que las curvas de par ascienden primero con mucha pendiente y descienden hasta una orientación plana después de sobrepasar un máximo, no alcanzando el par un valor crítico próximo a 0 en ningún intervalo angular por solapamiento de fases, sino que, por el contrario, se logra por adición de pares una homogeneización aproximada del par.

Como consecuencia del procedimiento anteriormente descrito según la invención se orilla el peligro de una marcha no uniforme del rotor 1 y, además, de incluso una situación de parada del mismo. Asimismo, mediante el solapamiento de fases y la regulación de corriente dependiente de la situación del rotor se contrarresta una sobreelevación del número de revoluciones del rotor 1.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar un motor de reluctancia con un rotor (1) y un estator, en el que el rotor (1) presenta una pluralidad de segmentos de rotor (2) y el estator tiene un número de bobinas (3) dependiente de la misma, tal como concretamente seis bobinas (3) en el caso de cuatro segmentos de rotor (2), y con un dispositivo de control que aplica una tensión a una bobina (3) de una respectiva fase (PH_1 a PH_3) del estator, **caracterizado** por que en un instante en el que está ya excitada una primera bobina (3), concretamente al moverse un segmento de rotor (2) con respecto a la bobina (3), se excita ya adicionalmente la segunda bobina (3) siguiente en la dirección de giro (r) del rotor (1).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por un aumento de corriente en una segunda bobina (3) excitada adicionalmente a la primera bobina (3).

3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** por que se aumenta la corriente durante un espacio de tiempo prefijado.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por que se limita en cuanto a su magnitud una corriente de conexión producida al conectar el motor de reluctancia (M).

5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** por que se efectúa la limitación por medio de resistencias antepuestas (11).

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** por que se carga un condensador a través de las resistencias antepuestas (11) y se puentean las resistencias (11) después del arranque del motor de reluctancia (M).

7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado** por que el condensador es un condensador electrolítico (10).

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado** por que el puenteo se realiza por medio de un interruptor (13).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** por que el interruptor (13) es un semiconductor o un relé (14).

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado** por que se realiza el puenteo únicamente cuando está cargado el condensador.

Fig. 1

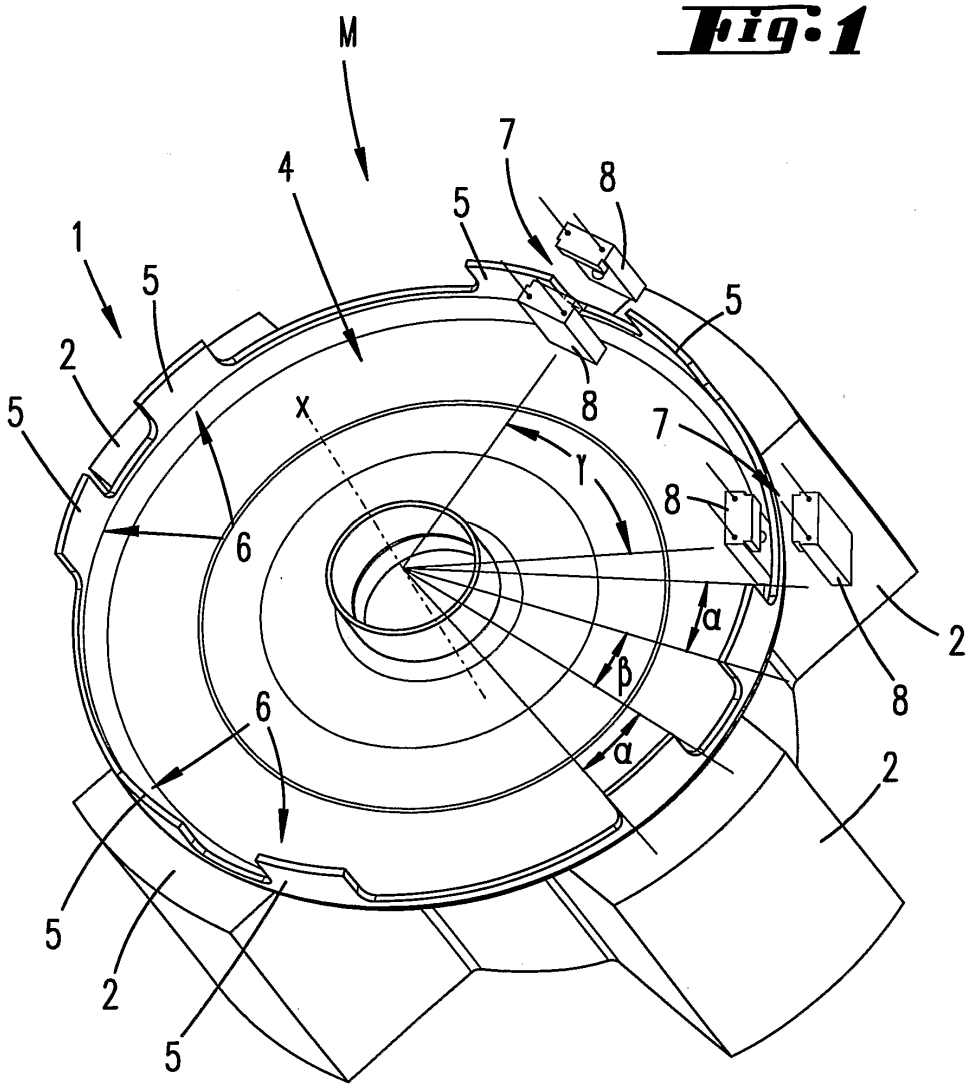

Fig: 2

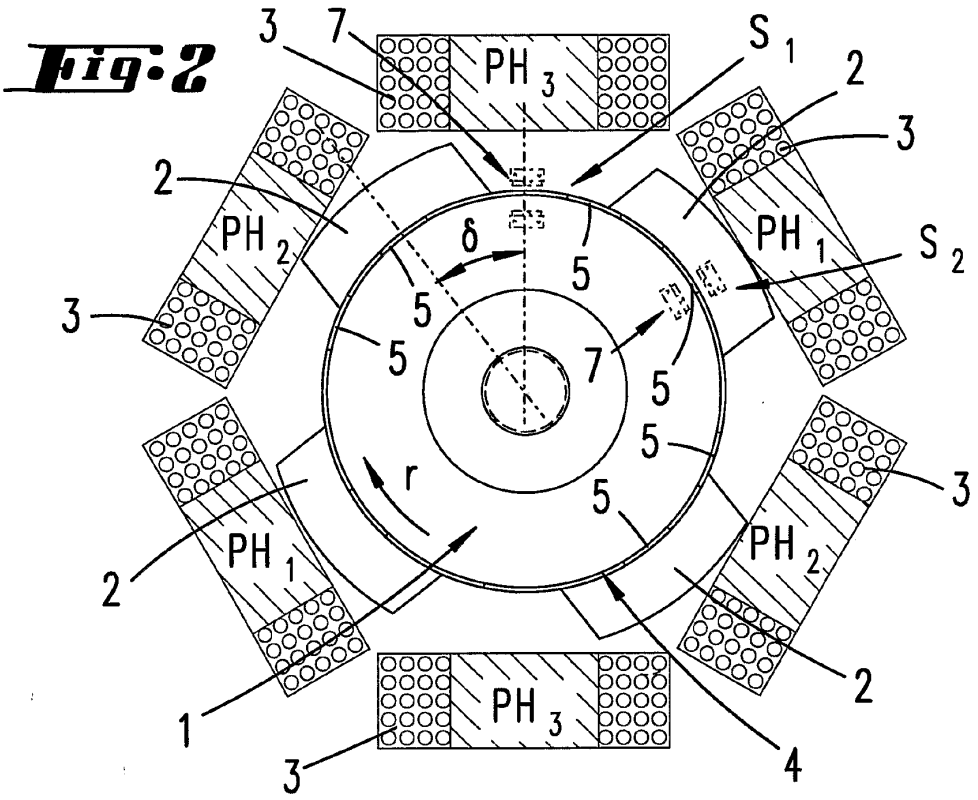
PH 3
PH 2
PH 1
PH 1
PH 2
PH 3
S 1
S 2
δ
r
1
2
3
4
5
7

Fig: 3

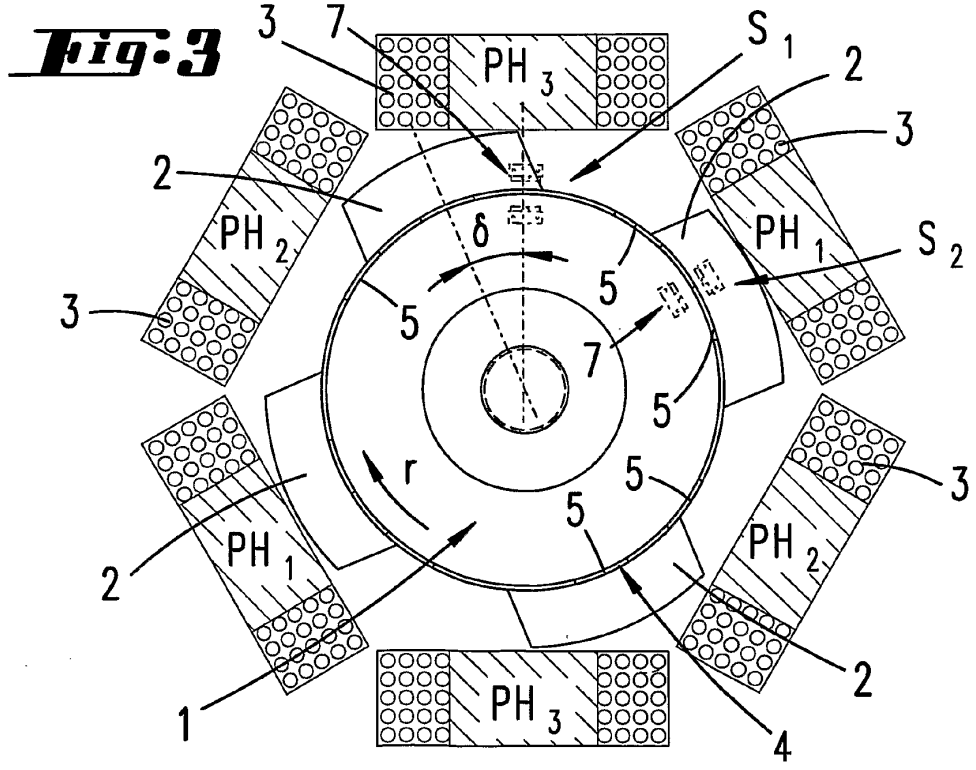
PH 3
PH 2
PH 1
PH 1
PH 2
PH 3
S 1
S 2
δ
r
1
2
3
4
5
7

Fig: 4

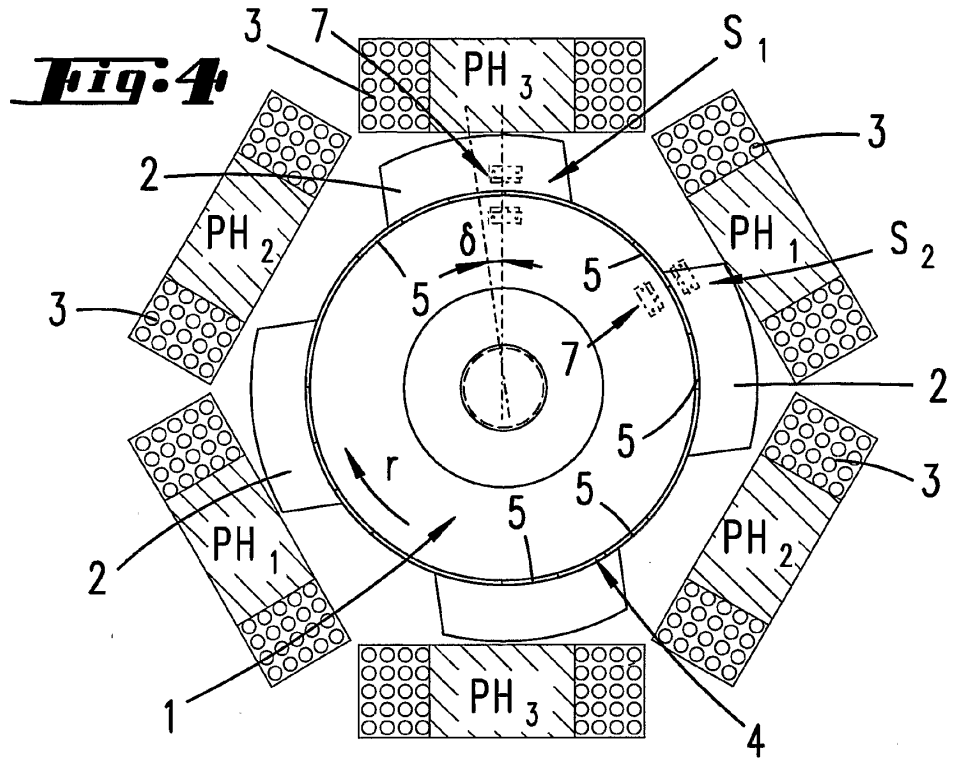
3
7
PH 3
S 1
3
2
PH 2
PH 1
S 2
δ
5
5
3
7
2
5
r
3
5
5
2
PH 1
PH 2
1
PH 3
4

Fig: 5

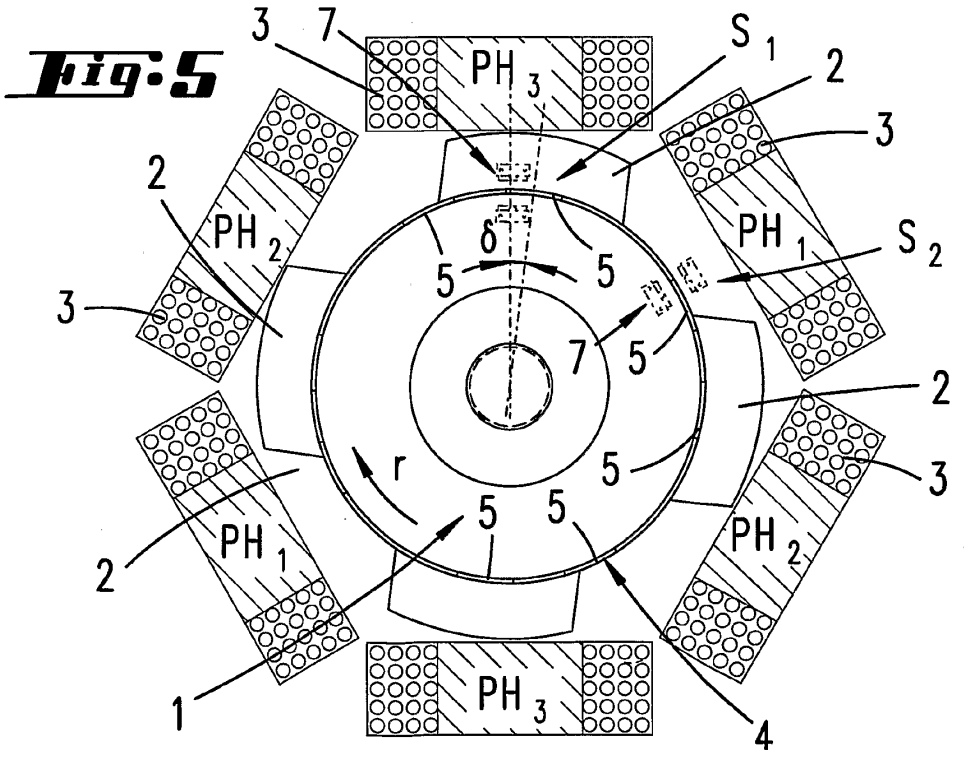
3
7
PH 3
S 1
2
3
2
PH 2
PH 1
S 2
δ
5
5
3
7
5
2
5
r
3
5
5
2
PH 1
PH 2
1
PH 3
4

Fig:6

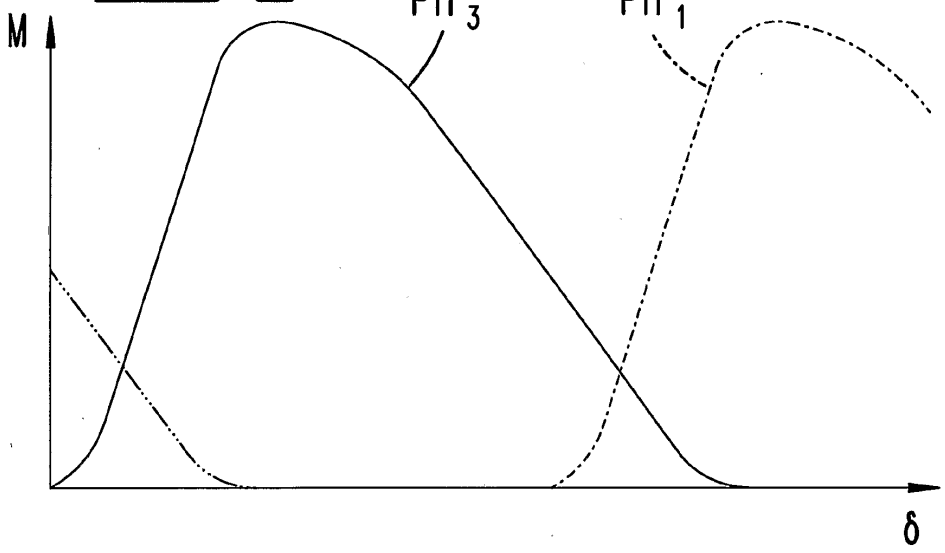
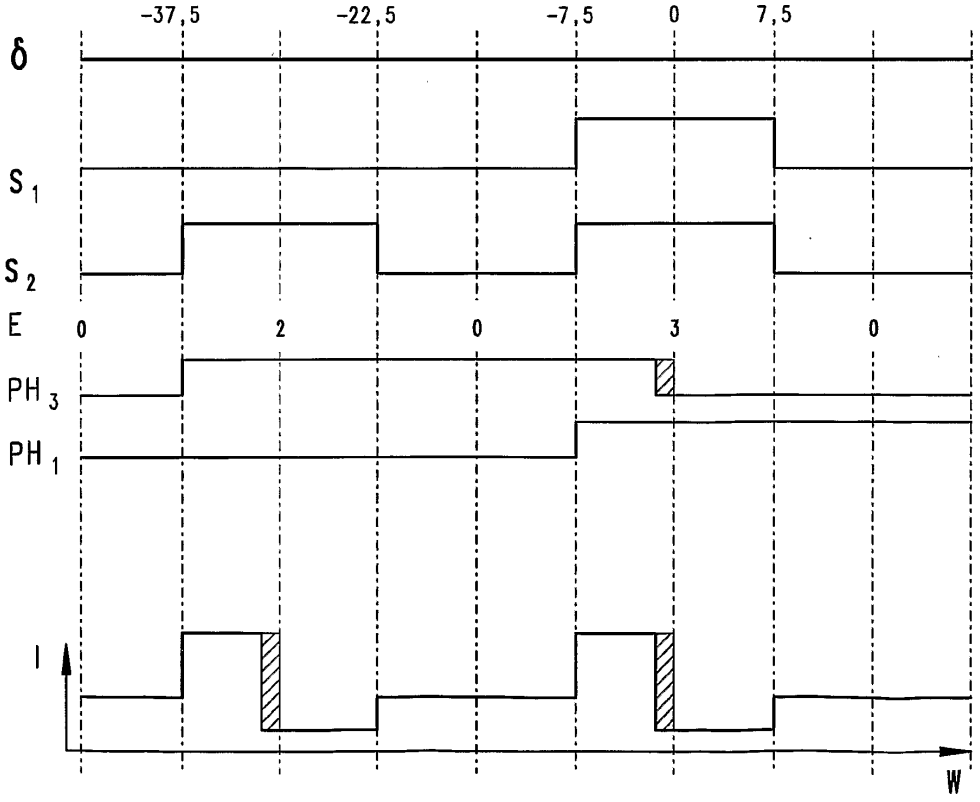
Fig:7