



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 786**

51 Int. Cl.:
H02P 6/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05773753 .8**

96 Fecha de presentación : **16.07.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1771941**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.04.2007**

54 Título: **Máquina quirúrgica y procedimiento para el control y/o la regulación de una máquina quirúrgica.**

30 Prioridad: **30.07.2004 DE 10 2004 038 415**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.07.2011

73 Titular/es: **AESULAP AG.**
Am Aesculap-Platz
78532 Tuttlingen, DE

72 Inventor/es: **Schneider, Jürgen;**
Högerle, Roland, Alois y
Konrath, Harald

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 362 786 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

Máquina quirúrgica y procedimiento para el control y/o la regulación de una máquina quirúrgica.

La presente invención se refiere a una máquina quirúrgica con un motor eléctrico sin sensores, que presenta un rotor y al menos dos devanados del motor, y con un control del motor para el control y/o la regulación del motor eléctrico.

- 5 Además, la presente invención se refiere a un procedimiento para el control y/o la regulación de una máquina quirúrgica con un motor eléctrico sin sensores, que presenta un rotor y al menos dos devanados del motor, y con un control del motor para el control y/o la regulación del motor eléctrico.

En la cirugía se utilizan de forma creciente máquinas con un suministro de energía independiente de la red. Esto tiene como consecuencia que deben preverse circuitos de conversión, en el caso de baterías o acumuladores utilizados habitualmente como suministros de energía, a fin de proporcionar curvas de tensión y corriente dependientes del tiempo necesarias con varios, en general tres, devanados del motor, a partir de tensiones continuas proporcionadas por los suministros de energía para el funcionamiento de un motor eléctrico.

Debido al suministro de energía independiente de la red, el motor eléctrico debe conmutarse electrónicamente. Además, en particular en el caso de pequeñas velocidades de rotación del motor, es decir, con velocidades de rotación menores de 1000 revoluciones por minuto, se producen elevados requerimientos en el control y/o la regulación del motor. Ya que además se imponen elevadas exigencias en un comportamiento óptimo de arranque del motor bajo carga, así como en su dinámica y al mismo tiempo debe conseguirse el mejor rendimiento posible en cada punto de trabajo, es necesario determinar la posición o ubicación del rotor del motor formado habitualmente por un imán. Solo la posición exacta del rotor permite según la invención poder alimentar con corriente eléctrica las espiras designadas como devanado del motor o estator en el instante de conmutación requerido.

Se conoce la utilización de sistemas sensores para el reconocimiento de la posición, por ejemplo, sistemas Hall digitales o analógicos. En estas realizaciones es desventajoso que los sensores de posición deban integrarse en el motor y conectarse con el control del motor. Por lo tanto, se deben prever contactos correspondientes para cada sensor de posición si el control del motor no está conectado de forma fija con el motor eléctrico. Esto puede provocar corrosión de los contactos durante la limpieza, en particular durante la esterilización de la máquina, y en el caso más grave puede poner fuera de servicio la máquina.

Además, se conoce la utilización de procedimientos de reconocimiento de la posición del sensor sin sensores para aplicaciones en las que no se imponen elevados requerimientos en la dinámica, el momento de arranque y la calidad del motor en el intervalo de bajas velocidades de rotación del motor. Ya que en procedimientos convencionales de conmutación electrónica para motores eléctricos no siempre se alimenta con corriente eléctrica un devanado del motor, para la determinación de la velocidad de rotación real del motor se mide y valora la fuerza contraelectromotriz en el devanado no alimentado con corriente eléctrica.

Los procedimientos de control y regulación conocidos, descritos arriba para máquinas quirúrgicas requieren un elevado coste técnico de conmutación y componentes adicionales, en particular sistemas sensores con sensores de posición, o no son apropiados para hacer arrancar el motor eléctrico con carga de forma orientada desde el estado de reposo y hacerlo funcionar también con velocidades de rotación muy bajas con elevada estabilidad de marcha.

Una máquina quirúrgica y un procedimiento quirúrgico del tipo ya descrito se conocen del documento US 5,689,159. El documento US 6,086,544 da a conocer un dispositivo de control para un dispositivo quirúrgico automático para biopsias. Del documento US 5,994,867 se conocen un procedimiento, así como un dispositivo para el control de una máquina asíncrona sin sensores. Y finalmente en el artículo "FPGA-Based SVPWM control IC for 3-Phase PWM Inverters" procedente de la 26ª Conferencia internacional de Electrónica Industrial, Control e Instrumentación, agosto 1996, páginas 138 a 143, da a conocer un circuito de conmutación y control integrado para convertidores trifásicos PWM.

Por ello el objetivo de la presente invención es mejorar una máquina quirúrgica y un procedimiento para el control y/o la regulación de una máquina quirúrgica del tipo descrito al inicio, de forma que el motor eléctrico pueda hacerse funcionar con un rendimiento óptimo con bajas velocidades de rotación, así como que se haga posible un arranque del motor según lo prescrito también bajo carga.

Este objetivo se resuelve según la reivindicación 1 en el caso de una máquina quirúrgica del tipo descrito al inicio, porque con el control del motor se puede ejecutar un procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) para el control y/o la regulación del motor eléctrico, en el que todos los devanados del motor se pueden alimentar con corriente eléctrica simultáneamente, porque para el control y/o la regulación de una alimentación con corriente eléctrica de los al menos dos devanados del motor se puede determinar una posición del rotor del motor eléctrico, porque para la determinación de la posición de rotor del motor eléctrico, al menos uno de los al menos dos devanados del motor se puede separar del suministro de energía de la máquina por un intervalo de

tiempo $t_{\text{interrupción}}$, porque durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se puede medir una fuerza contraelectromotriz del al menos uno de los dos devanados del motor y porque a partir de la fuerza contraelectromotriz medida se puede calcular una posición real del rotor.

Configurar el control del motor de forma que la máquina quirúrgica se pueda controlar y/o regular mediante procedimientos de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) mejora en particular el arranque del motor y su funcionamiento con velocidades de rotación bajas. El motivo de ello es en particular que, al contrario que en un procedimiento convencional de modulación de duración de impulsos (PWM), se alimentan con corriente eléctrica simultáneamente todos los devanados del motor. Esto significa en particular en un motor eléctrico con tres devanados del motor que no sólo dos, sino los tres devanados del motor se alimentan con corriente eléctrica. En el caso de tres devanados del motor se pueden variar continuamente así respectivamente fases de 60° de un movimiento del rotor del motor eléctrico respecto a los devanados del motor. En los procedimientos de modulación de duración de impulsos (PWM), convencionales o bien utilizados hasta ahora, no podía variarse continuamente un ángulo de campo del campo del estator, sino sólo en pasos de 60° . Ante todo en el caso de bajas velocidades de rotación así se puede conseguir una marcha del motor esencialmente estable. Además, el arranque del motor puede determinarse de forma totalmente orientada independientemente de una posición del rotor del motor eléctrico. Básicamente se podría concebir prescindir de una determinación de la posición del rotor del motor eléctrico. No obstante, para optimizar en particular el arranque del motor eléctrico bajo carga es favorable que para el control y/o la regulación de una alimentación con corriente eléctrica de los al menos dos devanados del rotor pueda determinarse una posición del rotor del motor eléctrico. Mediante el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se puede transferir continuamente el ángulo de campo del campo del estator generado por los devanados del motor alimentados con corriente eléctrica al conocer la posición del rotor, de forma que se consigue un rendimiento óptimo del motor. Además, es ventajoso que para la determinación de la posición de rotor del motor eléctrico, al menos uno de los dos devanados del motor se pueda separar del suministro de energía de la máquina por un intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, que durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se pueda medir una fuerza contraelectromotriz del al menos uno de los al menos dos devanados del motor y que a partir de la fuerza contraelectromotriz medida se pueda calcular una posición real del rotor. Con otras palabras, esto significa que la alimentación simultánea con corriente eléctrica en el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se interrumpe brevemente de forma orientada por un intervalo de tiempo determinado, y en uno, varios o todos los devanados del motor. Durante la breve interrupción se puede determinar entonces la fuerza contraelectromotriz en uno, varios o todos los devanados del motor y gracias a su valor se puede deducir una posición del rotor respecto a los devanados del motor.

Una estructura óptima de la máquina se produce si el control del motor comprende una unidad de control y una unidad de potencia. De esta manera se puede minimizar en particular una absorción de potencia de la máquina cuando el motor eléctrico está parado.

De manera sencilla se puede conseguir una conmutación electrónica dado que la unidad de potencia comprende respectivamente dos transistores de potencia para cada uno de los al menos dos devanados del motor. Así de manera sencilla se pueden aplicar potencias positivas y negativas respecto a un potencial de referencia a los al menos dos devanados del motor, también si sólo se dispone de una fuente de tensión continua como suministro de energía.

La máquina presenta un mantenimiento especialmente sencillo si el motor eléctrico es un motor de corriente continua sin escobillas. En particular el motor eléctrico puede ser conmutado también electrónicamente.

Una determinación de la posición del rotor se puede mejorar posteriormente si todos los devanados del motor se pueden separar simultáneamente del suministro de energía de la máquina por el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. Se puede determinar así simultáneamente la fuerza contraelectromotriz en todos los devanados del motor, de forma que por lo tanto repercuten muy poco las inexactitudes eventuales en la determinación de la fuerza contraelectromotriz en un sólo devanado del motor.

Para que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ permanezca lo más breve posible es favorable si las tensiones en bornas de los al menos dos devanados del motor pueden medirse antes o al inicio del intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ o antes de la medición de la fuerza contraelectromotriz y si aquel devanado del motor en el que se mide la tensión más baja puede conectarse con un potencial de tensión predeterminado. Mediante esta configuración se minimiza el tiempo de oscilación del sistema, es decir, la fuerza contraelectromotriz se puede medir después de un tiempo de espera mínimo.

La estructura de la máquina quirúrgica se vuelve especialmente sencilla si el potencial de tensión predeterminado es la tierra.

Para optimizar ulteriormente una determinación de la posición del rotor, es ventajoso si el control del motor está configurado de forma que la fuerza contraelectromotriz durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ sólo se mide después de un tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$. Con otras palabras, esto significa que, por ejemplo, la alimentación de corriente se interrumpe en al menos un devanado del motor, así comienza el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ y sólo

después del tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$, que habitualmente es más breve que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, se mide la fuerza contraelectromotriz.

Para mejorar adicionalmente la exactitud de la determinación de la posición del rotor es favorable que el control del motor esté configurado de forma que para la determinación de la fuerza contraelectromotriz pueda medirse un desarrollo de la tensión en el o los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado y que el tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$ se corresponda con el tiempo $t_{\text{constante}}$ hasta que las tensiones en bornas del o los devanados del motor no conectados con el potencia de tensión predeterminado sean constantes o casi constantes con respecto al tiempo. Esta configuración permite variar el tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$ según la necesidad. Mediante la determinación del tiempo $t_{\text{constante}}$ se puede ajustar y minimizar de forma orientada el tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$.

Preferentemente el control del motor está configurado de forma que está predeterminado un valor constante para el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. Se puede simplificar así esencialmente el control del motor.

No obstante, según una forma de realización alternativa de la máquina puede ser ventajosa que el control del motor esté configurado de forma que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ pueda modificarse. De este modo se puede aumentar o disminuir en particular el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ en el caso de que el tiempo $t_{\text{constante}}$ sea más largo que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ predeterminado en primer lugar.

Se puede conseguir un funcionamiento optimizado de la máquina si el control del motor está configurado de forma que la duración del intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se pueda predeterminar de forma que durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ las tensiones en bornas del o de los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado adopten un valor de tensión constante o casi constante con respecto al tiempo. En particular en el caso de breves tiempos de disminución, es decir, si el tiempo $t_{\text{constante}}$ es muy pequeño se puede adaptar correspondientemente el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, por lo que resulta mínima la interrupción de la alimentación con corriente eléctrica de los devanados del motor. Con ello se mejora estabilidad de marcha del motor, en particular en el caso de velocidades de rotación bajas y en el arranque.

Preferentemente el control del motor está configurado de forma que puede aumentarse el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ si el tiempo $t_{\text{constante}}$ es mayor que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, y/o que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ puede reducirse si el tiempo $t_{\text{constante}}$ es menor que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. Así se asegura que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ nunca es más largo que lo absolutamente necesario para determinar lo más exactamente posible la fuerza contraelectromotriz a fin de averiguar la posición del rotor.

Básicamente se podría concebir variar periódicamente el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. No obstante, es favorable que el control del motor esté configurado de forma que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ pueda modificarse gradualmente por revolución. En particular es favorable que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ pueda aumentarse o reducirse gradualmente. De esta manera se puede modificar el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, hasta que se corresponde al menos con el tiempo $t_{\text{constante}}$ para poder determinar de forma segura y exacta la fuerza contraelectromotriz.

Según una forma de realización preferida de la invención puede estar previsto que el control del motor esté configurado de forma que una posición teórica del rotor se pueda comparar con la posición real del rotor determinada a partir de la medición de la fuerza contraelectromotriz, y que un ángulo de campo de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) pueda reajustarse conforme a la diferencia determinada entre la posición teórica y la posición real del rotor. El control del motor determina así una desviación de la posición real respecto a la posición teórica del rotor y debido a la desviación determinada de la posición reajusta el ángulo de campo del campo del estator generado por los devanados del motor. Así se puede conseguir un rendimiento óptimo del motor.

Para aumentar adicionalmente la exactitud en la determinación de la fuerza contraelectromotriz es ventajoso que el control del motor esté configurado de forma que la fuerza contraelectromotriz sólo se pueda medir si ha caído a cero la corriente del motor de al menos uno de los al menos dos devanados del motor. Así se pueden evitar eventuales errores de medición condicionados por la circulación de una corriente del motor durante la determinación de una fuerza contraelectromotriz.

Básicamente se podría concebir seleccionar una fuente de tensión de corriente continua dependiente de la red para la máquina quirúrgica. No obstante, es especialmente ventajoso que esté previsto un suministro de energía independiente de la red para el suministro de energía a la máquina. En particular es ventajoso el uso de una batería o bien de un acumulador. También se podría concebir la utilización de una pila de combustible. La máquina se puede utilizar así sin molestas conexiones por cables de la manera deseada en las intervenciones quirúrgicas.

El suministro de energía independiente de la red y el control del motor forman de manera favorable una unidad y la unidad puede conectarse de forma separable con la máquina. Esto tiene en particular la ventaja de que pueden retirarse todas las piezas de la máquina sensibles al calor y a la humedad con finalidades de limpieza, por ejemplo,

para la esterilización de la máquina. La configuración del control del motor y del suministro de energía independiente de la red como unidad acorta un tiempo de preparación de la máquina quirúrgica para el uso.

La estructura de la máquina quirúrgica se vuelve especialmente sencilla si el motor eléctrico presenta tres devanados del motor.

- 5 Según otra forma de realización preferida de la invención puede estar previsto que un intervalo de velocidades de rotación global de la máquina quirúrgica esté subdividido en al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior para velocidades de rotación bajas y en al menos un intervalo de velocidades de rotación superior para velocidades de rotación mayores que el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior, y que el control del motor esté configurado de forma que en el la menos un intervalo de velocidades de rotación inferior pueda ejecutarse el
- 10 procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM). Perfeccionar una máquina quirúrgica de este modo tiene la ventaja de que según el intervalo de velocidades de rotación pueden ejecutarse lo mejor posible procedimientos de control y/o regulación apropiados para el control y/o la regulación de la máquina quirúrgica. Para el intervalo de velocidades de rotación inferior es favorable la ejecución del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM), ya que este procedimiento permite una
- 15 marcha estable del motor, en particular durante el arranque del motor y en el caso de bajas velocidades de rotación.

- Además, es favorable que en el al menos un intervalo de velocidades de rotación superior se pueda ejecutar un segundo procedimiento para el control y/o la regulación de la máquina quirúrgica, el cual sea un procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM). En particular ejecutar un procedimiento convencional de modulación de duración de impulsos (PWM) apoyado por portadora de tres fases con velocidades de rotación elevadas, en lugar del
- 20 procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM), tiene ventajas respecto al rendimiento de la máquina quirúrgica. Así se vuelve más difícil ante todo en el caso de velocidades de rotación más elevadas la determinación de la posición de rotación en el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales, y además este procedimiento amortigua el motor eléctrico con velocidades de rotación elevadas de manera no deseada, lo que repercute de nuevo negativamente en su rendimiento.

- 25 Es favorable si que pueda modificar un valor límite de la velocidad de rotación entre el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior y el al menos un intervalo de velocidades de rotación superior. Esto significa, con otras palabras, que entre un primer y un segundo procedimiento de control y/o regulación se puede conmutar con el valor límite de la velocidad de rotación. Si se desea otro procedimiento de control y/o regulación, por ejemplo, para el intervalo de velocidades de rotación superior o se cambia, así un valor límite inalterable de la velocidad de rotación
- 30 para la conmutación entre el intervalo de velocidades de rotación inferior y el intervalo de velocidades de rotación superior puede influir negativamente, por ejemplo, en un rendimiento de la máquina, de forma que un cambio del valor límite de la velocidad de rotación tiene repercusiones positivas en el rendimiento de la máquina.

- Según otra forma de realización preferida de la invención puede estar previsto que el control del motor esté configurado de forma que una conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) se realice con una primera velocidad de rotación de conmutación, y que una conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) al
- 35 procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se realice con una segunda velocidad de rotación de conmutación. Por ejemplo, la primera velocidad de rotación puede presentar un valor más elevado que la segunda velocidad de rotación de conmutación, de forma que con ello se puede impedir que durante el funcionamiento de la máquina quirúrgica en el intervalo de la velocidad de rotación de conmutación se produzca una conmutación continua entre procedimientos de control y/o regulación diferentes. Entonces no podría garantizarse más una marcha estable del motor, en particular en el intervalo límite. En el caso descrito se produce un tipo de histéresis al elevar la velocidad de rotación y al rebajar la velocidad de rotación, de forma que en el caso de velocidades de rotación entre las dos velocidades de rotación de conmutación se ejecuta según la situación uno u otro procedimiento de control
- 40 y/o regulación.
- 45

- Básicamente se podría concebir configurar la máquina quirúrgica de forma que una conmutación entre diferentes procedimientos de control y/o regulación pueda realizarse manualmente. No obstante, preferentemente el control del motor está configurado de forma que la conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) se realice
- 50 automáticamente en la transición del al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior al al menos un intervalo de velocidades de rotación superior, y a la inversa. Un usuario de la máquina se puede concentrar entonces totalmente en su utilización quirúrgica y no debe preocuparse de la conmutación del intervalo de velocidades inferior al superior, y a la inversa.

- El objetivo propuesto al inicio se resuelve además con un procedimiento del tipo descrito al inicio según la reivindicación 26, porque con el control del motor se ejecuta un procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM), en el que todos los devanados del motor se alimentan con corriente eléctrica simultáneamente, que para el control y/o la regulación de una alimentación con corriente eléctrica de los al menos dos
- 55

devanados de motor se determina una posición del rotor del motor eléctrico, que para la determinación de la posición del rotor del motor eléctrico, al menos uno de los al menos dos devanados de motor se separa de un suministro de energía de la máquina por un intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, que durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se mide la fuerza contraelectromotriz del al menos uno de los al menos dos devanados de motor y que a partir de la fuerza contraelectromotriz medida se calcula una posición real del motor.

Perfeccionar el procedimiento descrito al inicio tiene la ventaja de que todos los devanados del motor se pueden alimentar con corriente eléctrica simultáneamente, por lo que de manera deseada se ajusta y se puede variar continuamente un ángulo de campo del campo del estator predeterminado por los devanados de motor alimentados con corriente eléctrica. En particular en el arranque del motor eléctrico y con velocidades de rotación bajas se puede conseguir con ello un funcionamiento óptimo y una marcha estable del motor eléctrico. Para poder llevar a cabo una alimentación con corriente eléctrica del motor eléctrico de manera óptima es ventajoso si para el control y/o la regulación de una alimentación con corriente eléctrica de los al menos dos devanados del motor se determina una posición del rotor del motor eléctrico. Esto permite alimentar con corriente eléctrica los devanados del motor en función de la posición del rotor. Así un ángulo de campo del campo del estator generado por los devanados del motor alimentados con corriente eléctrica se puede adaptar de forma óptima a la posición del rotor, de tal manera que se puede asegurar un funcionamiento estable y un arranque suave del motor eléctrico. Es favorable que para la determinación de la posición del rotor del motor eléctrico, al menos uno de los al menos dos devanados del motor se separe del suministro de energía de la máquina por un intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, si durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se mide la fuerza contraelectromotriz del al menos uno de los al menos dos devanados del motor y si a partir de la fuerza contraelectromotriz medida se calcula una posición real del rotor. Ya que en el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se alimentan con corriente eléctrica normalmente simultáneamente todos los devanados del motor, una fuerza contraelectromotriz sólo se determina si se interrumpe la alimentación con corriente eléctrica de al menos un devanado del motor. Luego se puede medir la tensión que cae debida a la inducción electromagnética en el devanado del motor no alimentado con corriente eléctrica brevemente como fuerza contraelectromotriz y a partir de su valor se calcula la posición real del rotor.

Es ventajoso que el control del motor comprenda una unidad de control y una unidad de potencia.

Es favorable que la unidad de potencia comprenda respectivamente dos transistores de potencia para cada uno de los al menos dos devanados del motor. Esto permite en particular utilizar una fuente de tensión continua como suministro de energía.

Preferentemente puede estar previsto que el motor eléctrico sea un motor de corriente continua sin escobillas. Se mejora así un mantenimiento sencillo de la máquina quirúrgica.

Preferentemente todos los devanados del motor se separan simultáneamente del suministro de energía de la máquina durante un intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. Esto abre la posibilidad de determinar simultáneamente la fuerza contraelectromotriz en todos los devanados del motor y mejorar de esta manera la exactitud en la determinación de la posición real del rotor.

Según una variante preferida del procedimiento según la invención puede estar previsto que las tensiones en bornas de los al menos dos devanados del motor se midan antes o al inicio del intervalo de interrupción $t_{\text{interrupción}}$ o antes de la medición de la fuerza contraelectromotriz y que aquel devanado del motor en el que se mide la tensión más baja se conecte con un potencia de tensión predeterminado. Ya que básicamente no se debe medir la fuerza contraelectromotriz de todos los devanados del motor para determinar la posición real del rotor, se puede determinar de forma especialmente rápida la fuerza contraelectromotriz por el perfeccionamiento propuesta del procedimiento. En particular se optimiza y acorta así un proceso de respuesta transitoria.

Preferentemente el potencial de tensión predeterminado es la tierra.

Para poder determinar más exactamente la posición del rotor es favorable que la fuerza contraelectromotriz durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se mida sólo después de un tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$. Por ejemplo, el tiempo de respuesta transitoria se puede esperar directamente a partir del inicio de intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. Mediante la espera del tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$ se puede evitar la determinación de un valor erróneo para la fuerza contraelectromotriz, del que se derivaría de nuevo una posición real del motor errónea.

Según otra variante preferida del procedimiento según la invención, puede estar previsto que para la determinación de la fuerza contraelectromotriz se mida un desarrollo de la tensión en el o los devanados del motor conectados con el potencial de tensión predeterminado y que el tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$ se corresponda al menos con un tiempo $t_{\text{constante}}$, hasta que las tensiones en bornas del o los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado sean constantes o casi constantes con respecto al tiempo. La determinación del desarrollo de la tensión en el o los devanados del motor hace posible la determinación de la fuerza contraelectromotriz directamente después de la respuesta transitoria. El intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se puede minimizar de esta manera,

lo que contribuye a una estabilidad de marcha mejorada y a una propiedad de arranque mejorada del motor.

El procedimiento según la invención se vuelve especialmente sencillo si se predetermina un valor constante por el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. Naturalmente, la posición real se puede determinar de forma esencialmente exacta y además, se puede mejorar ulteriormente la estabilidad de la marcha del motor eléctrico si el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se modifica durante el funcionamiento de la máquina. En particular si el tiempo de respuesta transitoria t_{re} respuesta transitoria es más largo que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, el intervalo de tiempo se puede adaptar correspondientemente al tiempo de respuesta transitoria de forma que la fuerza contraelectromotriz se pueda determinar dentro del intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$.

Es ventajoso que la duración del tiempo de interrupción $t_{\text{interrupción}}$ se predetermine de forma que durante el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$, las tensiones en bornas del o los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado adopten un valor de tensión constante o casi constante con respecto al tiempo. Así es posible determinar la fuerza contraelectromotriz en cada devanado del motor deseado si son constantes o esencialmente constantes las tensiones inducidas después de la oscilación del sistema en el o los devanados del motor. Esto aumenta la exactitud en la determinación de la posición del rotor.

Preferentemente puede estar previsto que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se aumente si el tiempo $t_{\text{constante}}$ es mayor que el intervalo de interrupción $t_{\text{interrupción}}$, y/o que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se reduzca si el tiempo $t_{\text{constante}}$ es menor que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$. Mediante este modo de proceder se asegura que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ no sea más largo de lo necesario. Esto asegura una marcha del motor especialmente estable.

Es favorable que el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ se modifique periódicamente gradualmente. En particular esto se puede realizar por revolución del rotor o con una frecuencia de exploración que sea menor que la frecuencia de modulación del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) o del procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM). La modificación gradual puede ser en particular un aumento o reducción. Perfeccionar así el procedimiento según la invención permite una adaptación continua del intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ al tiempo de interrupción realmente necesario para medir de manera necesaria la fuerza contraelectromotriz en al menos un devanado del motor.

Preferentemente después de la medición de la fuerza contraelectromotriz se conectan de nuevo todos los devanados del motor con el suministro de energía de la máquina. Esto puede ocurrir inmediatamente o con un retardo temporal. Cuanto más rápidamente se conectan las líneas del motor de nuevo con el suministro de energía de la máquina, entonces más corto se vuelve el intervalo de tiempo $t_{\text{interrupción}}$ y más estable la marcha del motor.

Además, puede ser ventajoso que una posición teórica del rotor se compare con la posición real del rotor determinada a partir de la medición de la fuerza contraelectromotriz y que un ángulo de campo de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se reajuste conforme a la diferencia determinada entre la posición teórica y real del rotor. Mediante este reajuste se asegura que la alimentación con corriente eléctrica del motor se realiza con un rendimiento óptimo.

Preferentemente se mide la fuerza contraelectromotriz sólo si la corriente del motor de al menos uno de los al menos dos devanados del motor ha caído a cero. Así de manera sencilla se pueden evitar errores de medición en la determinación de la fuerza contraelectromotriz. Esto aumenta la exactitud en la determinación de la posición del rotor.

Para el suministro de energía de la máquina se utiliza ventajosamente un suministro de energía independiente de la red. Éste puede ser en particular una batería o un acumulador. Así la máquina se puede hacer funcionar sin cables. Según otra variante preferida del procedimiento según la invención puede estar previsto que el suministro de energía independiente de la red y el control del motor formen una unidad y que la unidad se conecte con la máquina antes de la puesta en marcha de la máquina. De esta manera es posible limpiar de forma separada la máquina quirúrgica del suministro de energía y del control del motor. Prever una unidad facilita además el ensamblaje y preparación de la máquina para el uso quirúrgico.

Para evitar una descarga antes de tiempo, en particular una autodescarga, del suministro de energía independiente de la red, es ventajoso que un procesador del control del motor sólo se conecte con el suministro de energía independiente de la red si el motor eléctrico está conectado con el control del motor. Habitualmente los procesadores de los controles de motores tienen consumo de energía claramente elevado en comparación a otros componentes del control. Se puede evitar una autodescarga del suministro de energía independiente de la red ya que se posibilita una activación del control del motor sólo después de la conexión misma con el motor eléctrico.

El procedimiento según la invención se puede ejecutar de forma especialmente sencilla si se utiliza un motor eléctrico con tres devanados del motor.

Ventajosamente puede estar previsto que un intervalo de velocidades de rotación global de la máquina quirúrgica se subdivida en al menos un rango inferior para velocidades de rotación bajas y en al menos un intervalo de velocidades

de rotación superior para velocidades de rotación mayores que el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior, y que en el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior se ejecute el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM). El procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) es especialmente ventajoso para velocidades de rotación bajas, no obstante, con velocidades de rotación mayores puede producir una amortiguación del motor y por consiguiente bajar el rendimiento del motor. Por ello es ventajoso prever en el intervalo de velocidades de rotación superior otro procedimiento de control y/o regulación para el control del motor eléctrico.

Es especialmente ventajoso que en el al menos un intervalo de velocidades de rotación superior se ejecute un segundo procedimiento para el control y/o la regulación de la máquina quirúrgica, el cual sea un procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM). Ejecutar este procedimiento en el intervalo de velocidades de rotación superior tiene la ventaja de que no puede aparecer una amortiguación indeseada del motor por utilización del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM). Con otras palabras, por la ejecución de dos diferentes procedimientos de control y/o regulación se mejora el rendimiento del motor eléctrico casi en todo el intervalo de velocidades de rotación.

Es favorable que se modifique un valor límite de velocidad de rotación entre el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior y el al menos un intervalo de velocidades de rotación superior. Según el procedimiento de control y/o regulación aplicado en el intervalo de velocidades de rotación superior se puede realizar una conmutación entre los dos procedimientos a otro valor de velocidad de rotación. El valor límite de velocidad de rotación se selecciona preferentemente de forma que se optimice el rendimiento de ambos procedimientos.

Es especialmente ventajoso que una conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) se realice a una primera velocidad de rotación de conmutación y que una conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se realice a una segunda velocidad de rotación de conmutación. Este perfeccionamiento del procedimiento según la invención evita que en el intervalo de un valor límite de velocidad de rotación entre el intervalo de velocidades de rotación superior y el inferior deba conmutarse continuamente. Por ello se aumenta claramente la estabilidad del motor.

Es especialmente favorable que la conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) se realice automáticamente en la transición del al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior al al menos un intervalo de velocidades de rotación superior, y a la inversa. Esto significa que un usuario no debe conmutar manualmente entre dos procedimientos de control y/o regulación diferentes, sino que se puede concentrar en el uso y la manipulación de la máquina.

La descripción siguiente de una forma de realización preferida de la invención sirve para la explicación más en detalle en relación con el dibujo. Muestran:

- Figura 1: una representación esquemática de una máquina quirúrgica con batería;
- Figura 2: un esquema de principio de conexiones de un inversor trifásico de potencia;
- Figura 3: un esquema de funcionamiento de un inversor trifásico de modulación de duración de impulsos;
- Figura 4: una representación de principio de una modulación de duración de impulsos basada en la portadora;
- Figura 5: una representación esquemática de ocho estados de conexión en la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales;
- Figura 6: una representación esquemática del espacio vectorial de tensiones en la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales;
- Figura 7: un diagrama de desarrollo del procedimiento de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) para el control y/o la regulación de un motor de corriente continua sin escobillas;
- Figura 8: una representación esquemática del desarrollo de la corriente en un devanado del motor en función del tiempo;
- Figura 9: una representación del desarrollo de la corriente en la sección A en la figura 8 con una resolución temporal diez veces mayor;
- Figura 10: una representación esquemática del desarrollo de la tensión de un devanado del motor referido a la tierra del suministro de energía;

Figura 11: el desarrollo de la tensión de la figura 10, no obstante, con resolución temporal 10 veces mayor;

Figura 12: un esquema de principio de una unidad de control de la batería / motor;

Figura 13: un diagrama de conexiones de un control del motor en la máquina con batería representada en la figura 1; y

5 Figura 14: un plan de desarrollo que se corresponde con el diagrama de conexiones en la figura 13 para un funcionamiento de la máquina con batería representada en la figura 1.

10 En la figura 1 está representada una máquina quirúrgica con batería designada en conjunto con la referencia 10, que presenta una carcasa 12, en su una parte está dispuesto un motor eléctrico 14 sin sensores en paralelo al eje longitudinal de esta parte de carcasa y acciona un árbol de accionamiento no representado de la máquina con batería 10. En el extremo del árbol de accionamiento está dispuesto un acoplamiento 16, mediante el que la máquina con batería se puede conectar con herramientas de cualquier tipo, por ejemplo, taladros, fresas, barrenas y también sierras.

15 Un asidero, en el que puede introducirse un cargador 20, sobresale transversalmente de la parte de la carcasa 12 que aloja el motor eléctrico 14. El cargador 20 comprende una batería 22 recargable, así como un control del motor 24. Para la puesta en marcha de la máquina con batería 10 están previstos un botón de gas 26 y un interruptor selector de modos de funcionamiento 28, que pueden presionarse esencialmente en paralelo al eje del motor eléctrico 14 en el asidero 18.

El motor eléctrico 14 es un motor de corriente continua sin escobillas y sin sensores, es decir, no están previstos sensores de registro de la velocidad de rotación para la detección de un movimiento del rotor y una posición de un imán del rotor, designado a continuación con rotor, del motor eléctrico 14.

20 En la figura 2 está representada una representación esquemática de un inversor trifásico de potencia, representando V_a , V_b y V_c las tensiones aplicadas en los devanados del motor. En conjunto seis transistores de potencia están conectados por parejas en serie y como parejas respectivamente en paralelo unas respecto a otras y están designadas con Q_1 a Q_6 . En el esquema de conexión, los estados de conexión de los transistores correspondientes Q_1 a Q_6 están designados con $DTPH_x$, estando x para a , b o c . Habitualmente se desconecta el transistor inferior conectado en serie con el transistor superior, si se conecta el transistor superior, y a la inversa.

El esquema de conexión representado en la figura 2 se corresponde tanto a la modulación de duración de impulsos (PWM), como también la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM). Además, los esquemas de conexión de ambos procedimientos se diferencian claramente.

30 En el procedimiento convencional de modulación de duración de impulsos (PWM), que se describe a continuación en referencia a las figuras 3 y 4, se modula una señal de modulación de cada devanado del motor a , b y c en una frecuencia portadora. La frecuencia portadora se selecciona como diente de sierra periódico, de forma que se produce la señal de modulación de duración de impulsos dado que el estado de conexión es entonces "1", si la señal de frecuencia portadora se sitúa por debajo de la señal de modulación. Los transistores Q_1 a Q_6 se conectan entonces correspondientemente, se conecta directamente respectivamente el transistor superior Q_1 , Q_3 o Q_5 o el transistor inferior Q_2 , Q_4 o Q_6 . Sin más es comprensible que en la modulación de duración de impulsos (PWM), convencional representada en las figuras 3 y 4, de un inversor trifásico de potencia permanece sin suministro de corriente eléctrica siempre al menos un devanado del motor. Esto permite un ajuste de un ángulo de campo y del campo del estator constituido por alimentación de corriente de los tres devanados del motor sólo en pasos de 60° .

40 Aquí se diferencia el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM). En la figura 5 está representado esquemáticamente el esquema de conexión de los seis transistores. A cada posición de conexión se le asigna un vector espacio en el espacio por vectores espaciales. Así el vector espacio S_0 se corresponde a una posición de conexión 000 en la que los tres transistores inferiores Q_2 , Q_4 y Q_6 están cerrados. Los vectores espacio indicados en la figura 5 definen la posición de conexión de los pares de transistores conectados en serie, significando un "0" que el transistor inferior está conectado directamente y un "1" que el transistor superior está conectado directamente. En conjunto hay ocho estados de conmutación que pueden representarse por un respectivo vector de tensión U_0 a U_7 , que se corresponden respectivamente con uno de los ocho estados de conmutación. Cada vector de tensión U_1 a U_6 presenta una longitud que se corresponde con un vector unitario, la longitud de los vectores de tensión U_0 y U_7 por el contrario es cero. Con ello los seis vectores de tensión U_1 a U_6 se subdividen el espacio de vectores de tensión en total en seis sectores, estando dirigidos de forma opuesta respectivamente los vectores de tensión U_1 y U_4 , U_2 y U_5 así como U_3 y U_6 y añadiéndose por parejas para formar el vector nulo.

Una tensión de salida U cualquiera se puede variar ahora periódicamente continuamente mediante la alimentación correspondiente de corriente eléctrica de los tres devanados del motor. De este modo se puede ajustar así un ángulo y cualquiera del campo del estator respecto al rotor del motor eléctrico, así no sólo en pasos de 60° como en la modulación de duración de impulsos (PWM) convencional descrita arriba.

Sin embargo, en la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) no se puede determinar sin más una fuerza contraelectromotriz de los devanados del motor, ya que básicamente se alimentan de corriente eléctrica todos los devanados del motor. Por este motivo se interrumpe brevemente la alimentación de corriente eléctrica al menos de una, preferiblemente de todas las líneas del motor. Un plan de desarrollo correspondiente está representado en la figura 7. El control del motor predetermina el esquema de conexión de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) conforme a un requerimiento de la velocidad de rotación deseado por el usuario. Esto significa que después del registro de un funcionamiento de la máquina quirúrgica se transfiere continuamente un ángulo de campo y del campo del estator generado por los devanados del motor alimentados con corriente eléctrica. La rutina de búsqueda representada en la figura 7 se llama en cada impulso de modulación de duración de impulsos. Después del inicio de la rutina se transfiere en primer lugar el ángulo de campo del campo del estator. En este modo de proceder se trabaja con dos frecuencias diferentes. La frecuencia con la que se interrumpe una alimentación de corriente eléctrica del motor es igual o menor que la frecuencia de modulación de duración de impulsos. Por ejemplo, la frecuencia de interrupción puede ser en kHz, en el caso de una frecuencia de modulación de duración de impulsos de ocho kHz. O expresado de otra forma, la frecuencia de modulación de duración de impulsos es preferentemente un múltiplo, en particular un múltiplo entero, de la frecuencia de interrupción o frecuencia de exploración. Así se produce una superposición de dos frecuencias de modulación de duración de impulsos. Con otras palabras, esto significa para el ejemplo indicado que cada ocho revoluciones del rotor se desconectan brevemente las líneas de motor.

Si se alcanza el momento para una interrupción de la alimentación de corriente eléctrica, según está representado en la figura 7, entonces se desconectan todas las líneas del motor. En un paso siguiente se espera hasta que la corriente del motor ha caído a cero. Luego se miden a tierra todas las líneas del motor, o bien devanados del motor y aquella línea del motor con menor tensión se ponen a tierra o bien se conectan con tierra.

Como siguiente se espera hasta que han disminuido las oscilaciones que aparecen debido al proceso de conmutación. Luego se miden todas las líneas del motor, es decir, en todas las líneas del motor se determina simultáneamente la fuerza contraelectromotriz. Tras finalizar las mediciones, las líneas del motor se alimentan nuevamente de corriente eléctrica conforme al procedimiento de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM). Con los valores medidos de fuerza contraelectromotriz se calcula la posición del rotor y se reajusta correspondientemente el ángulo de campo y, lo que ocurre por una adaptación correspondiente del esquema de conexión de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales.

Mediante la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales se puede generar en cada línea del motor un desarrollo casi sinusoidal de la corriente de fase. La corriente de fase en una línea del motor está representada a modo de ejemplo en la figura 8 para algo más de una rotación del rotor. Las zonas emborronadas se originan por la modulación de duración de impulsos. En la zona marcada con A se reconocen interrupciones periódicas en las que la corriente de fase cae a cero. Esto está representado ampliado adicionalmente en la figura 9, y con una resolución temporal diez veces mayor. Ahora se reconocen más claramente las zonas oscuras representadas en la figura 8. Periódicamente, según se ha indicado arriba con una frecuencia ocho veces mayor que la frecuencia de interrupción, se genera una señal de modulación de duración de impulsos. Cada ocho pulsos PWM se interrumpe la alimentación de corriente eléctrica del motor, es decir, la corriente de fase cae a cero lo que se puede reconocer adecuadamente en la zona designada con B en la figura 9.

En las figuras 10 y 11 está representado un desarrollo de la tensión de un devanado del motor referido a la tierra de la batería 22. Mediante la modulación de duración de impulsos se va apagando muy fuertemente la imagen. En la zona señalada con C puede reconocerse una fuerza contraelectromotriz del motor similar a la sinusoidal en las interrupciones de la modulación de duración de impulsos. En la figura 11 se muestra otra vez el desarrollo de la tensión de la figura 10, pero con resolución temporal diez veces mayor. Se reconoce la modulación de duración de impulsos superpuesta por crestas de interferencias.

En las interrupciones ya descritas de la alimentación de corriente eléctrica, así en lugar de cada ocho pulsos, puede reconocerse un desarrollo de la tensión de la fuerza contraelectromotriz del devanado del motor. La fuerza contraelectromotriz, así la tensión inducida en el devanado del motor debido al giro del rotor se acerca penduleando a un valor casi constante después de un tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$. Al final del proceso de oscilación se puede medir la fuerza contraelectromotriz. Esto ocurre para los tres devanados del motor de la misma manera y simultáneamente, de forma que a partir de los tres valores determinados de fuerza contraelectromotriz se puede calcular tanto una velocidad de rotación real del motor 14, como también una posición de rotación del rotor del motor eléctrico 14.

En la figura 12 está representada esquemáticamente la estructura de la unidad de batería 20. Según se ha menciona ya al inicio, comprende la batería 22, así como el control del motor 24. El control del motor 24 comprende entre otros tres componentes esenciales del circuito, es decir, una unidad de procesador 36 con un procesador de señal 38 digital, una etapa de potencia 40 con los seis transistores de potencia Q_1 a Q_6 , así como una unidad de interrupción 42. A

través de dos líneas 32 y 34 está conectada la unidad del circuito de interrupción 42 con la batería 22.

Adicionalmente la unidad del circuito de interrupción está conectada con dos de las tres líneas de conexión 44 del motor eléctrico 14. Las líneas de conexión 44 pueden conectarse de forma separable a través de tres contactos con la unidad de batería 20. Adicionalmente la unidad del circuito de interrupción 42 y la unidad de procesador 36 están conectadas, lo que se simboliza esquemáticamente por la línea 48. La unidad de procesador 36 está conectada con la etapa de potencia 40, lo que se simboliza esquemáticamente por la línea 50.

La unidad del circuito de interrupción sirve para separar de la batería 22 el procesador de señal 38 digital de la unidad de procesador 36, si la unidad de batería 20 no está conectada con el motor eléctrico 14. Con esta finalidad la unidad del circuito de interrupción 42 está conectada a través de dos líneas 52 con dos puntos de contacto 46 del cargador 20, que están conectados con dos líneas de conexión 44 del motor eléctrico si la unidad de batería 20 se introduce en el asidero 18 de la carcasa 12 de la máquina con batería 10. Sólo después de la conexión de la unidad de batería 20 con el motor eléctrico 14 la unidad del circuito de interrupción 42 libera la unidad de procesador 36, es decir, ésta se conecta con la batería 22. De esta manera se impide una autodescarga de la batería 22, ya que la unidad de procesador 36, que tiene un elevado consumo de energía, está fuera de servicio en un estado de almacenamiento, es decir, si la unidad de batería 20 no está conectada con el motor eléctrico 14.

Para la determinación de una velocidad de rotación real del motor eléctrico 14 o bien para la detección de la posición del rotor se pueden utilizar en principio sensores de posición, según se ha descrito al inicio. No obstante, en la máquina con batería 20 propuesta según la invención se prescinde justo de sensores semejantes. No obstante, una determinación de la velocidad de rotación y la posición del rotor se puede averiguar muy exactamente con el procedimiento de identificación. Ejemplos de ello son el observador de Luenberger o filtro de Kalman. Ya que el procesador de señal 38 digital es un procesador con una potencia de cálculo muy rápida y elevada, se puede detectar de forma muy exacta una velocidad de rotación o bien posición del rotor.

El control del motor 24 está configurado de forma que un intervalo de velocidades de rotación del motor eléctrico se subdivide en dos rangos parciales, es decir, un intervalo de velocidades de rotación inferior 54 y un intervalo de velocidades de rotación superior 56, según está representado esquemáticamente en la figura 13. Además, se permite que el control del motor 24 ejecute dos procedimientos de control y/o regulación diferentes para el accionamiento del motor eléctrico 14. Esto es, por un lado, un procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM), que en las figuras 13 y 14 está designado esquemáticamente con A. Por otro lado, un procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) convencional, que en las figuras 13 y 14 está designado esquemáticamente con B.

En el caso de un motor eléctrico 14 con un sistema de registro de la velocidad de rotación, que presenta sensores de posición y sensores de registro de la velocidad de rotación, el procedimiento de control y/o regulación A podría ser también un procedimiento de control y/o regulación en el que se determina una velocidad de rotación real del motor eléctrico 14 mediante los sensores de registro de la velocidad de rotación y se trata por el control del motor 24. En el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) y también en el procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) se averigua una velocidad de rotación real del motor eléctrico 14 por determinación de la fuerza contraelectromotriz.

En referencia a las figuras 13 y 14 a continuación se explica más en detalle el modo de proceder en la conmutación del procedimiento de control y/o regulación A al procedimiento de control y/o regulación B.

El accionamiento del botón de gas 26 por un usuario pone en marcha la máquina con batería 10. En la figura 13 están provistos el inicio / parada con la referencia 58. Si el usuario aumenta la velocidad de rotación del motor eléctrico 14, entonces el control del motor 24 ejecuta el procedimiento de control y/o regulación A hasta alcanzar la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$. Tan pronto como se alcanza la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$ el control del motor 24 conmuta automáticamente al procedimiento de control y/o regulación B. Hasta alcanzar la velocidad de rotación máxima D_{max} del motor eléctrico 14, el motor eléctrico 14 se hace funcionar por el control del motor 24 en el procedimiento de control y/o regulación B. Si el requerimiento de la velocidad de rotación para el motor eléctrico 14 se baja de nuevo por el usuario, así se conserva también para velocidades de rotación del motor eléctrico 14 que son menores que la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$ el procedimiento de control y/o regulación B hasta que se alcanza la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite2}}$. Sólo al alcanzar la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite2}}$ y quedar por debajo de la misma, el control del motor 24 se conmuta de nuevo al procedimiento de control y/o regulación A. Si el requerimiento de velocidad de rotación se aumenta de nuevo, no obstante, entonces se realiza una conmutación al procedimiento de control y/o regulación B sólo de nuevo después de sobrepasar la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$.

Es consecuencia de este esquema de conmutación que en la figura 13 se forma una zona de superposición entre el intervalo de velocidades de rotación inferior 54 y el intervalo de velocidades de rotación superior 56, que está provisto en conjunto de la referencia 60. En la zona de superposición 60, el control del motor 24 puede ejecutar tanto el

procedimiento de control y/o regulación A, como también el procedimiento de control y/o regulación B. No obstante, que procedimiento se ejecuta depende de si el requerimiento de velocidad de rotación se aumenta partiendo de una velocidad de rotación real por debajo de la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite2}}$ o se baja de por encima de la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$. En conjunto resulta la curva de tipo histéresis representada en la figura 13, en la que la zona de superposición 60 se puede recorrer en el sentido antihorario.

El modo de funcionamiento del control del motor 24 para la conmutación entre los dos procesos de control y/o regulación A y B se clarifica mediante la figura 14. El punto de partida es un motor eléctrico 14 parado. Si este se pone en marcha así el control del motor 24 ejecuta el procedimiento de control y/o regulación A. La velocidad de rotación real en el instante t_n se determina a distancias periódicas. Después de la determinación de la velocidad de rotación real en el instante t_n se pregunta si la velocidad de rotación es menor que la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$. Si la velocidad de rotación es menor que la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$, entonces se pregunta si la velocidad de rotación es igual a 0. Si este es el caso entonces el control del motor 24 para el funcionamiento del motor eléctrico 14. Si la velocidad de rotación es menor que la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$, no obstante, mayor que 0 entonces se ejecuta de nuevo el procedimiento de control y/o regulación A.

Si la velocidad de rotación real determinada en el instante t_n es mayor que la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite1}}$, entonces el control del motor 24 conmuta al procedimiento de control y/o conmutación B. La velocidad de rotación real en el instante t_{n+1} se determina además a distancias periódicas y a continuación se compara con la velocidad de rotación real determinada anteriormente en el instante t_n . Si la velocidad de rotación real en el instante t_{n+1} es mayor que la velocidad de rotación en el instante t_n , entonces el control del motor 24 ejecuta además el procedimiento de control y/o regulación B. No obstante, si la velocidad de rotación en el instante real t_{n+1} es menor que la velocidad de rotación real en el instante t_n entonces se compara la velocidad de rotación real con la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite2}}$. Si la velocidad de rotación real es mayor que la velocidad de rotación de conmutación $D_{\text{límite2}}$ entonces el control del motor ejecuta además el procedimiento de control y/o regulación B. En otro caso el control del motor 24 conmuta automáticamente al procedimiento de control y/o regulación A.

La conmutación entre los dos procedimientos de control y/o regulación A y B tiene en particular la ventaja de que un procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) ejecutado con velocidades de rotación elevadas tiene efectos indeseados de amortiguación, por lo que se producen pérdidas en el motor y se influye de forma negativa en el rendimiento de la máquina con batería.

Los dos procedimientos de control y/o regulación A y B pueden ser implementados en el control del motor por hardware o software.

REIVINDICACIONES

- 1.- Máquina quirúrgica (10) con un motor eléctrico (14) sin sensores, que presenta un rotor y al menos dos devanados del motor, y con un control del motor (24) para el control y/o la regulación del motor eléctrico (14), caracterizada porque con el control del motor (24) se ejecuta un procedimiento (A) de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) para el control y/o la regulación del motor eléctrico (14), en el que todos los devanados del motor se alimentan de corriente eléctrica simultáneamente, porque para el control y/o la regulación de una alimentación de corriente eléctrica de los al menos dos devanados del motor se determina una posición de rotor del motor eléctrico (14), porque para la determinación de la posición de rotor del motor eléctrico (14), al menos uno de los al menos dos devanados del motor se separa del suministro de energía (22) de la máquina (10) durante un intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$), porque durante el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se mide una fuerza contraelectromotriz del al menos uno de los al menos dos devanados del motor y porque a partir de la fuerza contraelectromotriz medida se calcula una posición real del rotor.
- 2.- Máquina según la reivindicación precedente, caracterizada porque el control del motor (24) comprende una unidad de control (36) y una unidad de potencia (40).
- 3.- Máquina según la reivindicación 2, caracterizada porque la unidad de potencia (40) comprende respectivamente dos transistores de potencia (Q_1 ; Q_2 ; Q_3 ; Q_4 ; Q_5 ; Q_6) para cada uno de los al menos dos devanados del motor.
- 4.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el motor eléctrico (14) es un motor de corriente continua sin escobillas, conmutado electrónicamente.
- 5.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque todos los devanados del motor se separan simultáneamente durante el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) del suministro de energía (22) de la máquina (10).
- 6.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque las tensiones en bornas de los al menos dos devanados del motor se miden antes o al inicio del intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) o antes de la medición de la fuerza contraelectromotriz y porque aquel devanado del motor en el que se mide la tensión más baja se conecta con un potencial de tensión predeterminado.
- 7.- Máquina según la reivindicación 6, caracterizada porque el potencial de tensión predeterminado es la tierra.
- 8.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que la fuerza contraelectromotriz se mide durante el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) sólo después de un tiempo de respuesta transitoria $t_{\text{de respuesta transitoria}}$.
- 9.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que para la determinación de la fuerza contraelectromotriz se mide un desarrollo de la tensión en el o los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminada, y porque el tiempo de respuesta transitoria ($t_{\text{de respuesta transitoria}}$) se corresponde al menos con un tiempo ($t_{\text{constante}}$) hasta que las tensiones en bornas del o de los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado son constantes o casi constantes con respecto al tiempo.
- 10.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que está predeterminado un valor constante para el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$).
- 11.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que se modifica el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$).
- 12.- Máquina según la reivindicación 11, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que la duración del intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se predetermina de forma que durante el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$), las tensiones en bornas del o de los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado adoptan un valor de tensión constante o casi constante con respecto al tiempo.
- 13.- Máquina según una de las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se aumenta si el tiempo ($t_{\text{constante}}$) es mayor que el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$), y/o porque el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se reduce si el tiempo ($t_{\text{constante}}$) es menor que el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$).
- 14.- Máquina según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se modifica, en particular se aumenta o reduce, progresivamente por revolución.
- 15.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que una posición teórica del rotor se compara con la posición real del rotor determinada a partir

de la medición de la fuerza contraelectromotriz, y porque un ángulo de campo de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se reajusta conforme a la diferencia determinada entre la posición teórica y la posición real del rotor.

- 5 16.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que la fuerza contraelectromotriz sólo se mide si la corriente del motor de al menos uno de los al menos dos devanados del motor ha caído a cero.
- 17.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque está previsto un suministro de energía (22) independiente de la red para el suministro de energía de la máquina (10), en particular una batería.
- 10 18.- Máquina según la reivindicación 17, caracterizada porque el suministro de energía (22) independiente de la red y el control del motor (24) forman una unidad (20) y porque la unidad (20) está unida de forma separable con la máquina (10).
- 19.- Máquina según una de las reivindicaciones 17 ó 18, caracterizada porque el control del motor (24) comprende un circuito de conexión (42) que sólo conecta un procesador (38) del control del motor (24) con el suministro de energía (22) independiente de la red si el motor eléctrico (14) está conectado con el control del motor (24).
- 15 20.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque el motor eléctrico (14) presenta tres devanados del motor.
- 20 21.- Máquina según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque un intervalo de velocidades de rotación global (54, 56) de la máquina quirúrgica (10) está subdividido en al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior (54) para velocidades de rotación bajas y en al menos un intervalo de velocidades de rotación superior (56) para velocidades de rotación más elevadas que el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior (54), y el control del motor (24) está configurado de forma que en el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior (54) se ejecuta el procedimiento (A) de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM).
- 25 22.- Máquina según la reivindicación 21, caracterizada porque en al menos un intervalo de velocidades de rotación superior (56) se ejecuta un segundo procedimiento para el control y/o la regulación de la máquina quirúrgica (10), el cual es un procedimiento (B) de modulación de duración de impulsos (PWM).
- 23.- Máquina según una de las reivindicaciones 21 ó 22, caracterizada porque se modifica un valor límite de velocidad de rotación ($D_{límite1}$, $D_{límite2}$) entre el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior (54) y el al menos un intervalo de velocidades superior (56).
- 30 24.- Máquina según una de las reivindicaciones 21 a 23, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que una conmutación del procedimiento (A) de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento (B) de modulación de duración de impulsos (PWM) se realiza con una primera velocidad de rotación de conmutación ($D_{límite1}$), y porque una conmutación del procedimiento (B) de modulación de duración de impulsos (PWM) al procedimiento (A) de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se realiza con una segunda velocidad de rotación de conmutación ($D_{límite2}$).
- 35 25.- Máquina según una de las reivindicaciones 21 a 24, caracterizada porque el control del motor (24) está configurado de forma que la conmutación del procedimiento (A) de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento (B) de modulación de duración de impulsos (PWM) se realiza automáticamente en la transición del al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior (54) al al menos un intervalo de velocidades de rotación superior (56), y a la inversa.
- 40 26.- Procedimiento para el control y/o la regulación de una máquina quirúrgica con un motor eléctrico sin sensores, que presenta un rotor y al menos dos devanados del motor, y con un control del motor para el control y/o la regulación del motor eléctrico, caracterizado porque con el control del motor se ejecuta un procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM), en el que todos los devanados del motor se alimentan de corriente eléctrica simultáneamente, porque para el control y/o la regulación de una alimentación de corriente eléctrica de los al menos dos devanados del motor se determina una posición de rotor del motor eléctrico, porque para la determinación de la posición de rotor del motor eléctrico, al menos uno de los al menos dos devanados del motor se separa del suministro de energía de la máquina durante un intervalo de tiempo ($t_{interrupción}$), porque durante el intervalo de tiempo ($t_{interrupción}$) se mide la fuerza contraelectromotriz del al menos uno de los al menos dos devanados del motor y porque a partir de la fuerza contraelectromotriz medida se calcula una posición real del rotor.
- 45 27.- Procedimiento según la reivindicación 26, caracterizado porque el control del motor comprende una unidad de control y una unidad de potencia.
- 50 28.- Procedimiento según la reivindicación 27, caracterizado porque la unidad de potencia comprende respectivamente

dos transistores de potencia para cada uno de los al menos dos devanados del motor.

29.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 28, caracterizado porque el motor eléctrico es un motor de corriente continua sin escobillas.

5 30.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 29, caracterizado porque todos los devanados del motor se separan simultáneamente durante el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) del suministro de energía de la máquina.

31.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 30, caracterizado porque la tensiones en bornas de los al menos dos devanados del motor se miden antes o al inicio del intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) o antes de la medición de la fuerza contraelectromotriz, y porque aquel devanado del motor en el que se mide la tensión más baja se conecta con un potencial de tensión predeterminado.

10 32.- Procedimiento según la reivindicación 31, caracterizado porque el potencial de tensión predeterminado es la tierra.

33.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 32, caracterizado porque la fuerza contraelectromotriz se mide durante el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) sólo después de un tiempo de respuesta transitoria ($t_{\text{de respuesta transitoria}}$).

15 34.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 33, caracterizado porque para la determinación de la fuerza contraelectromotriz se mide un desarrollo de la tensión en el o los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado, y porque el tiempo de respuesta transitoria ($t_{\text{de respuesta transitoria}}$) se corresponde al menos con un tiempo ($t_{\text{constante}}$) hasta que las tensiones en bornas del o de los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado son constantes o casi constantes con respecto al tiempo.

35.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 34, caracterizado porque se predetermina un valor constante para el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$).

20 36.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 35, caracterizado porque el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se modifica durante el funcionamiento de la máquina.

25 37.- Procedimiento según la reivindicación 36, caracterizado porque la duración del intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se predetermina de forma que durante el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) las tensiones en bornas del o de los devanados del motor no conectados con el potencial de tensión predeterminado adoptan un valor de tensión constante o casi constante con respecto al tiempo.

38.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 36 ó 37, caracterizado porque el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se aumenta si el tiempo ($t_{\text{constante}}$) es mayor que el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) y/o porque el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) se reduce si el tiempo ($t_{\text{constante}}$) es menor que el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$).

30 39.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 36 a 38, caracterizado porque el intervalo de tiempo ($t_{\text{interrupción}}$) periódicamente se modifica, en particular se aumenta o reduce, progresivamente, en particular por revolución.

40.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 39, caracterizado porque después de la medición de la fuerza contraelectromotriz todos los devanados del motor se conectan nuevamente con el suministro de energía de la máquina.

35 41.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 40, caracterizado porque una posición teórica del rotor se compara con la posición real del rotor determinada a partir de la medición de la fuerza contraelectromotriz, y porque un ángulo de campo de la modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) se reajusta conforme a la diferencia determinada entre la posición teórica y la posición real del rotor.

42.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 41, caracterizado porque la fuerza contraelectromotriz sólo se mide si la corriente del motor de al menos uno de los al menos dos devanados del motor ha caído a cero.

40 43.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 42, caracterizado porque se utiliza un suministro de energía independiente de la red para el suministro de energía de la máquina, en particular una batería.

44.- Procedimiento según la reivindicación 43, caracterizado porque el suministro de energía independiente de la red y el control del motor forman una unidad y porque la unidad está unida con la máquina antes de la puesta en marcha de la máquina.

45 45.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 43 ó 44, caracterizado porque un procesador del control del motor sólo se conecta con el suministro de energía independiente de la red si el motor eléctrico (14) está conectado con el control del motor.

46.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 45, caracterizado porque se utiliza un motor eléctrico con

tres devanados del motor.

- 5 47.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 26 a 46, caracterizado porque un intervalo de velocidades de rotación global de la máquina quirúrgica está subdividido en al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior para velocidades de rotación bajas y en al menos un intervalo de velocidades de rotación superior para velocidades de rotación más elevadas que el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior, y porque en el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior se ejecuta el procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM).
- 10 48.- Procedimiento según la reivindicación 47, caracterizado porque en él al menos un intervalo de velocidades de rotación superior se ejecuta un segundo procedimiento para el control y/o la regulación de la máquina quirúrgica, el cual es un procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM).
- 49.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 47 ó 48, caracterizado porque se modifica un valor límite de velocidad de rotación entre el al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior y el al menos un intervalo de velocidades superior.
- 15 50.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 47 a 49, caracterizado porque se realiza una conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) a una primera velocidad de rotación de conmutación, y porque se realiza una conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) a una segunda velocidad de rotación de conmutación.
- 20 51.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 47 a 50, caracterizado porque la conmutación del procedimiento de modulación de duración de impulsos por vectores espaciales (SVPWM) al procedimiento de modulación de duración de impulsos (PWM) se realiza automáticamente en la transición del al menos un intervalo de velocidades de rotación inferior al al menos un intervalo de velocidades de rotación superior, y a la inversa.

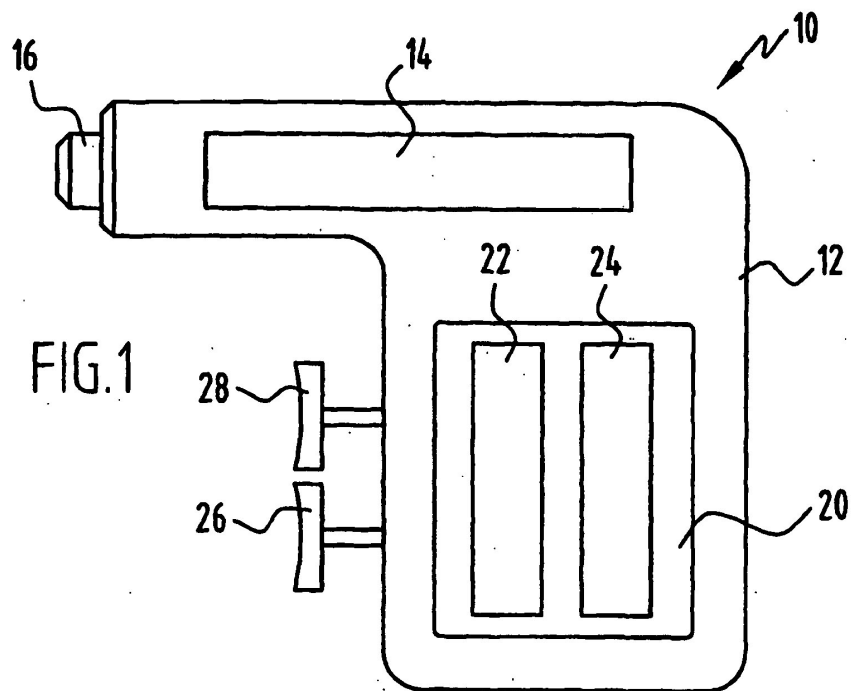


FIG. 2

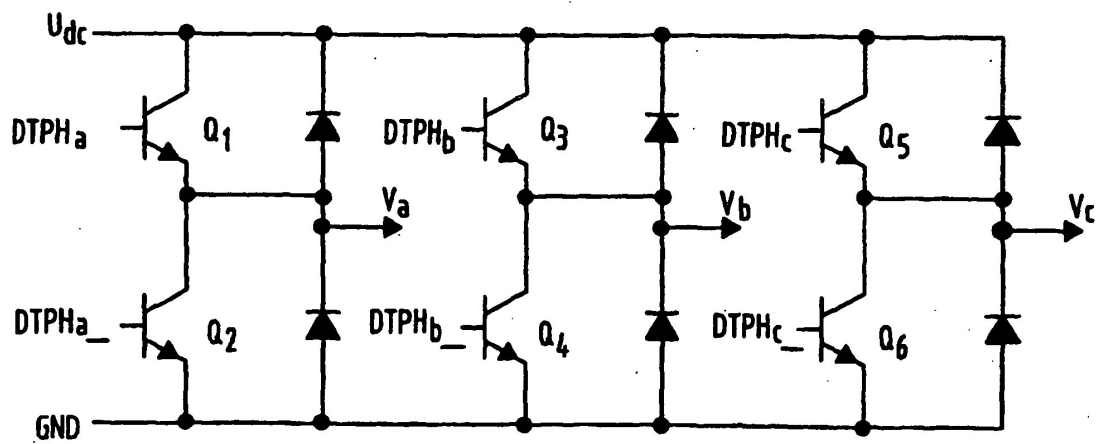


FIG.3

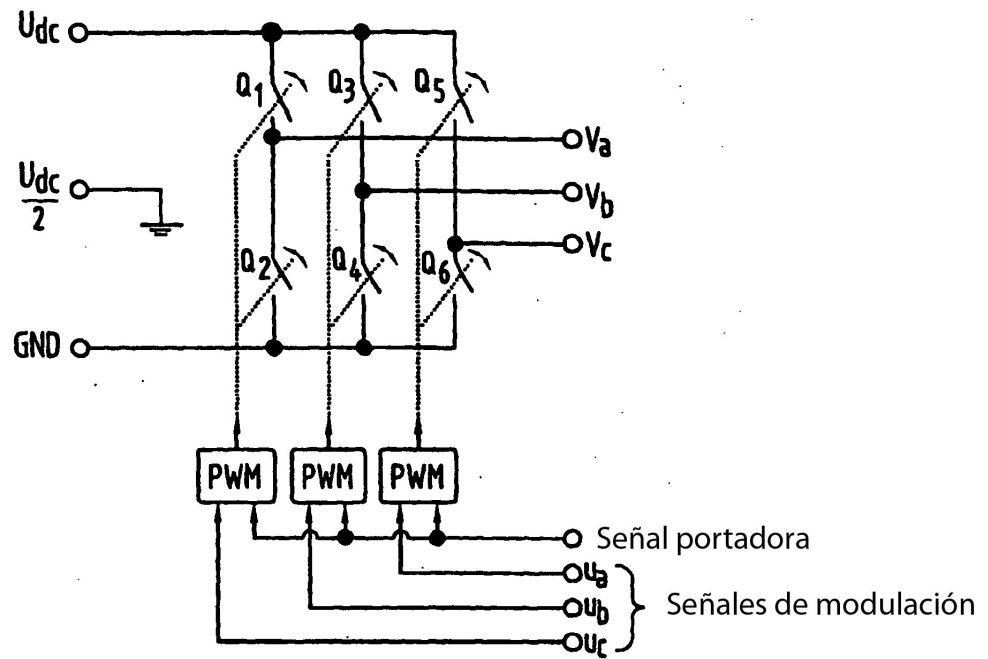


FIG.4

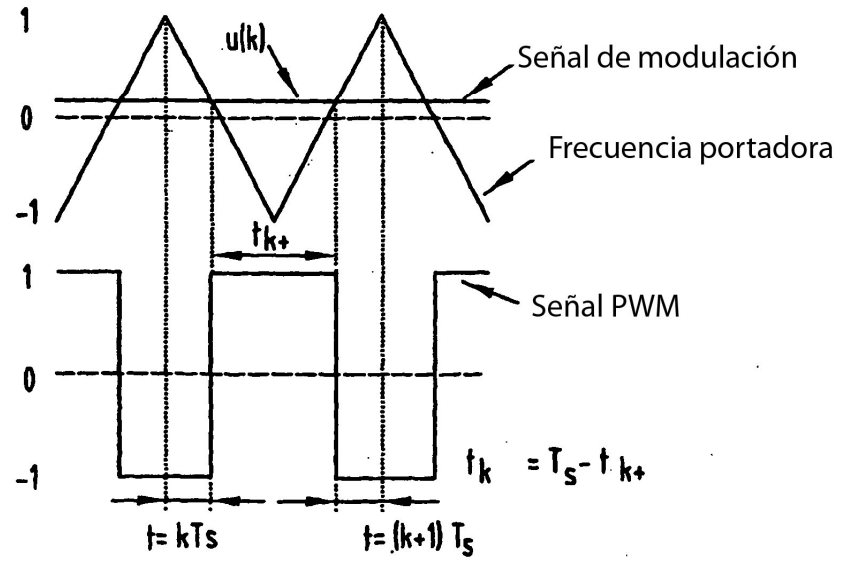


FIG.5

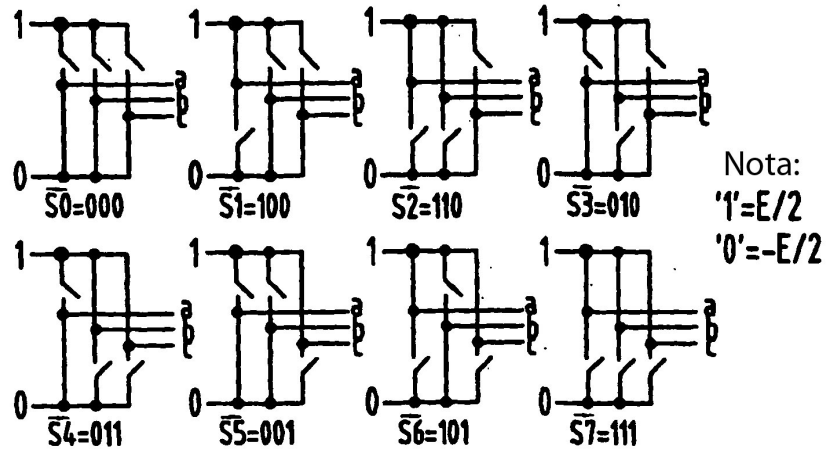


FIG.6

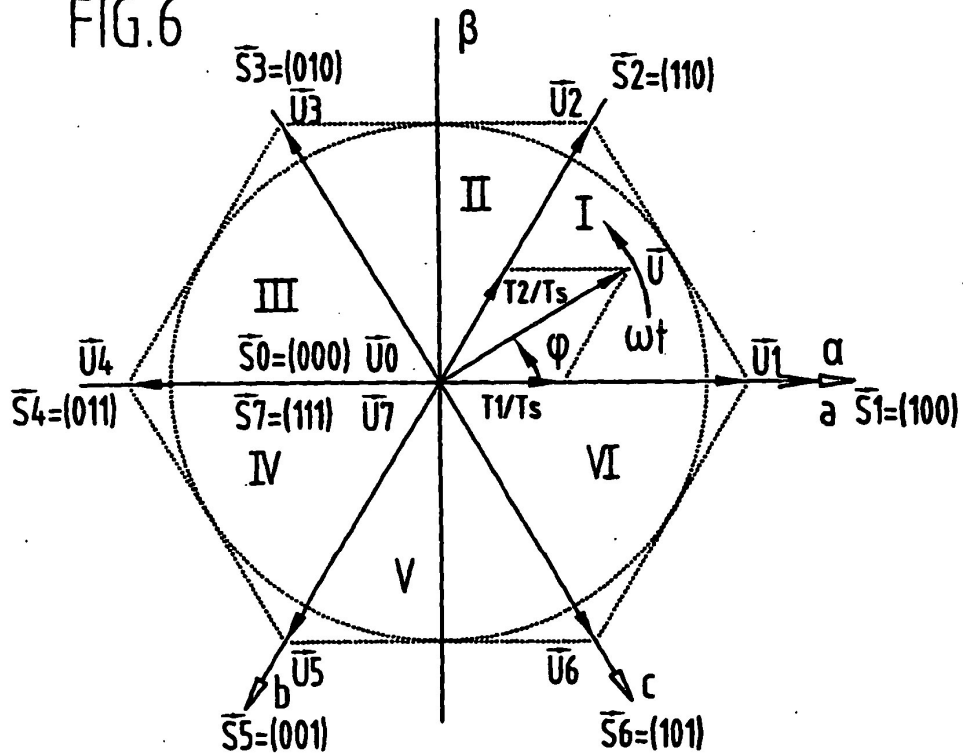


FIG.7

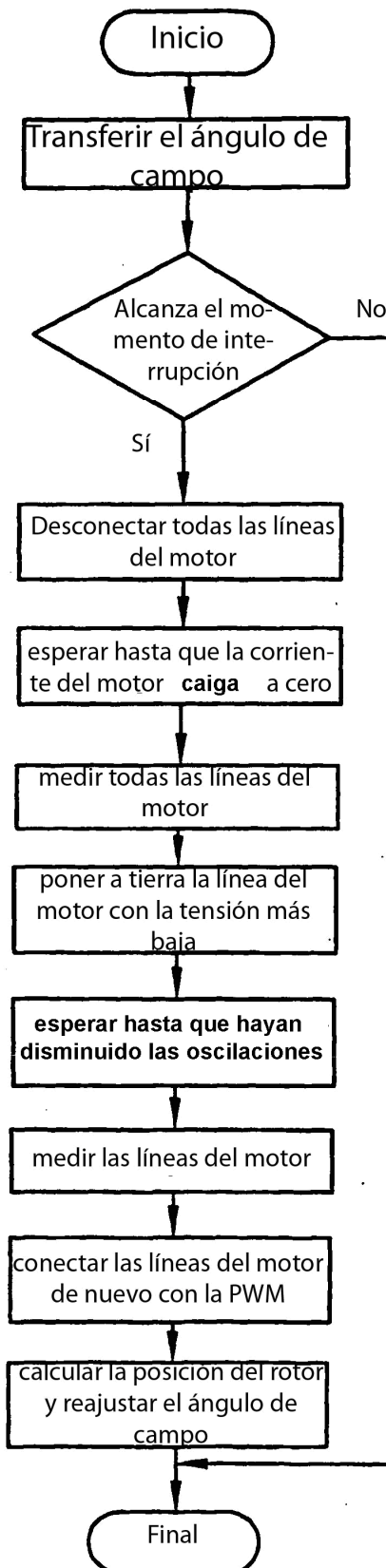


FIG.8

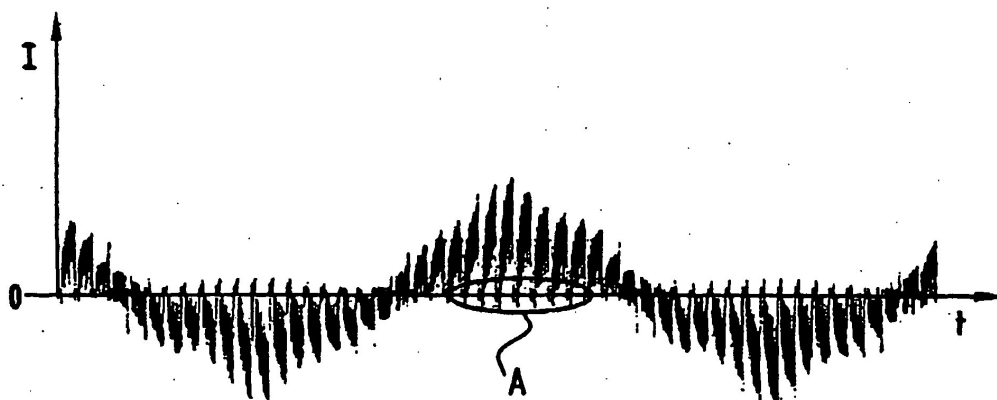


FIG.9

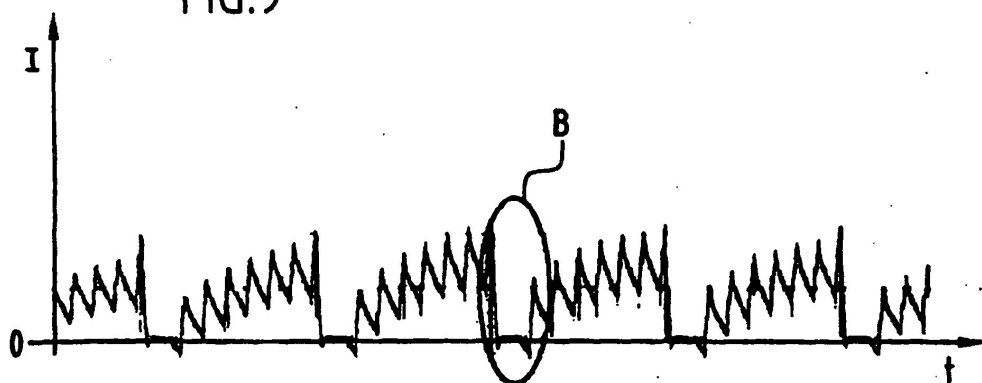


FIG.10

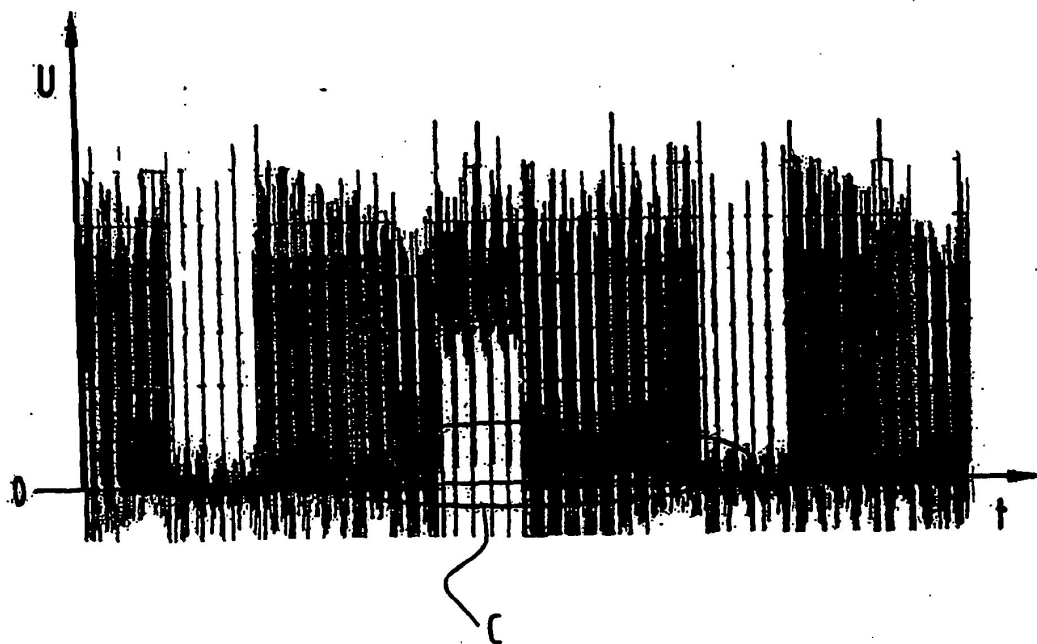
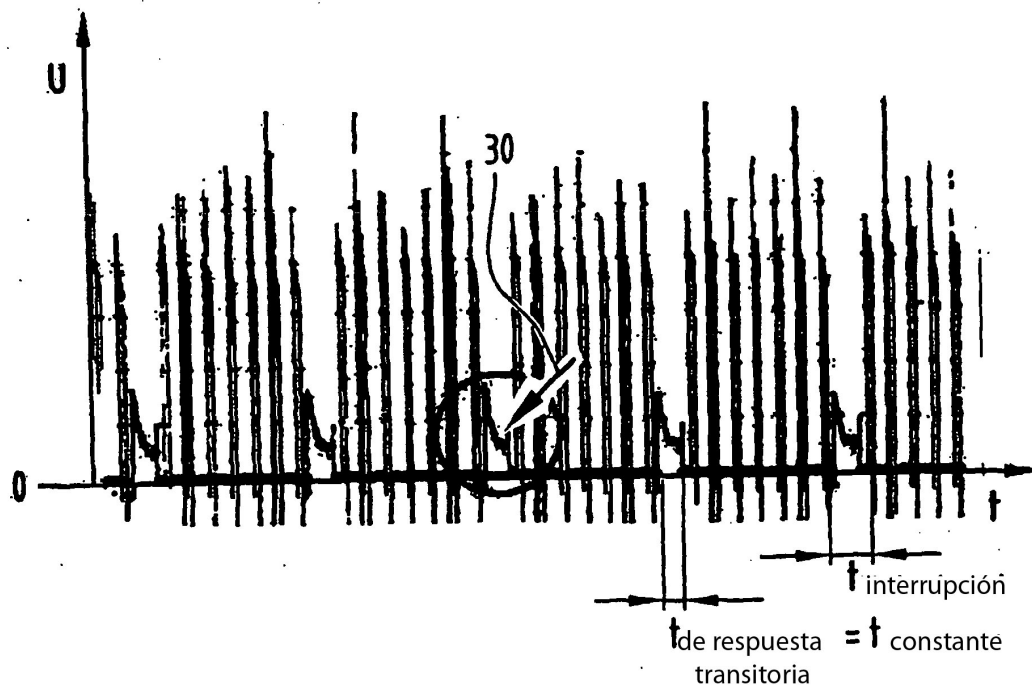


FIG.11



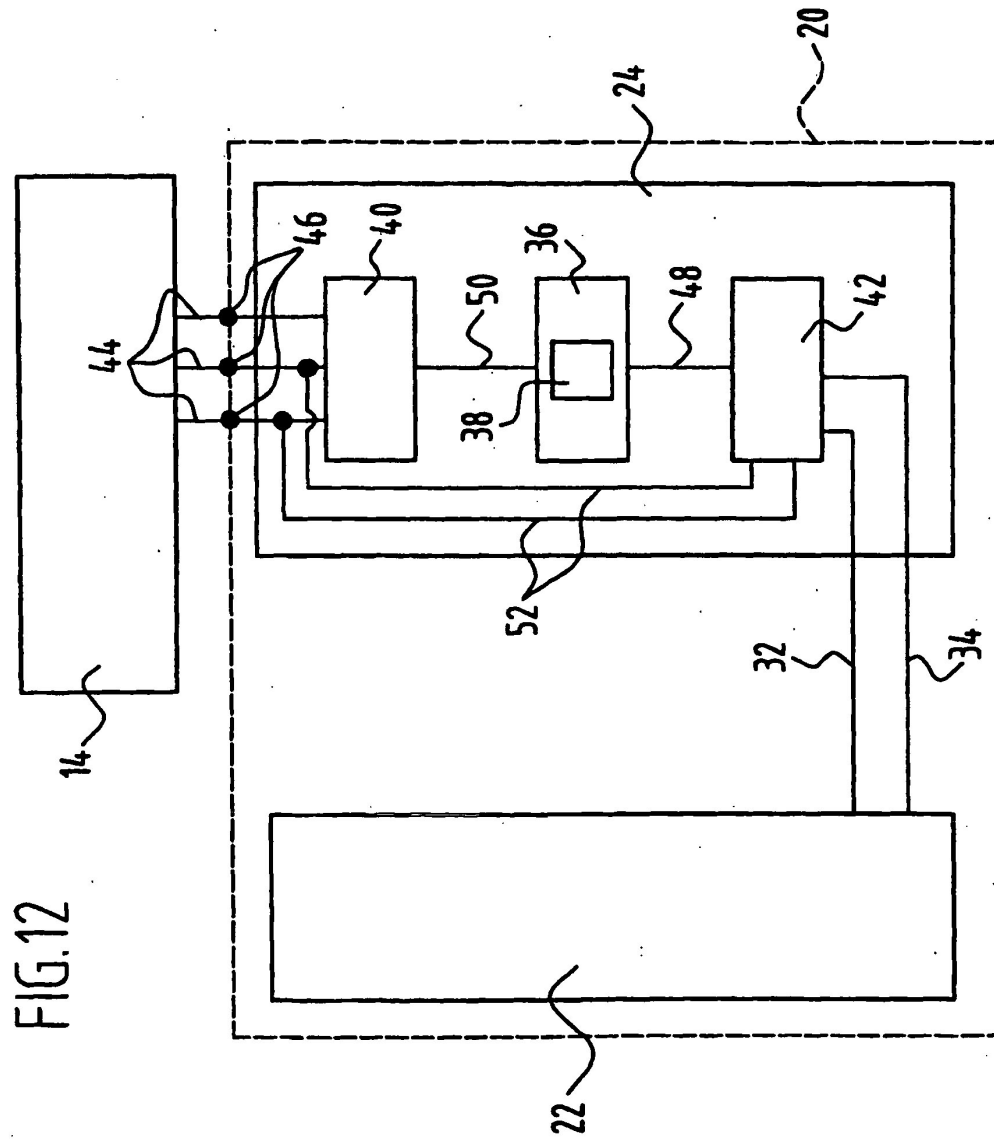


FIG.13

Procedimiento de control
y/o regulación

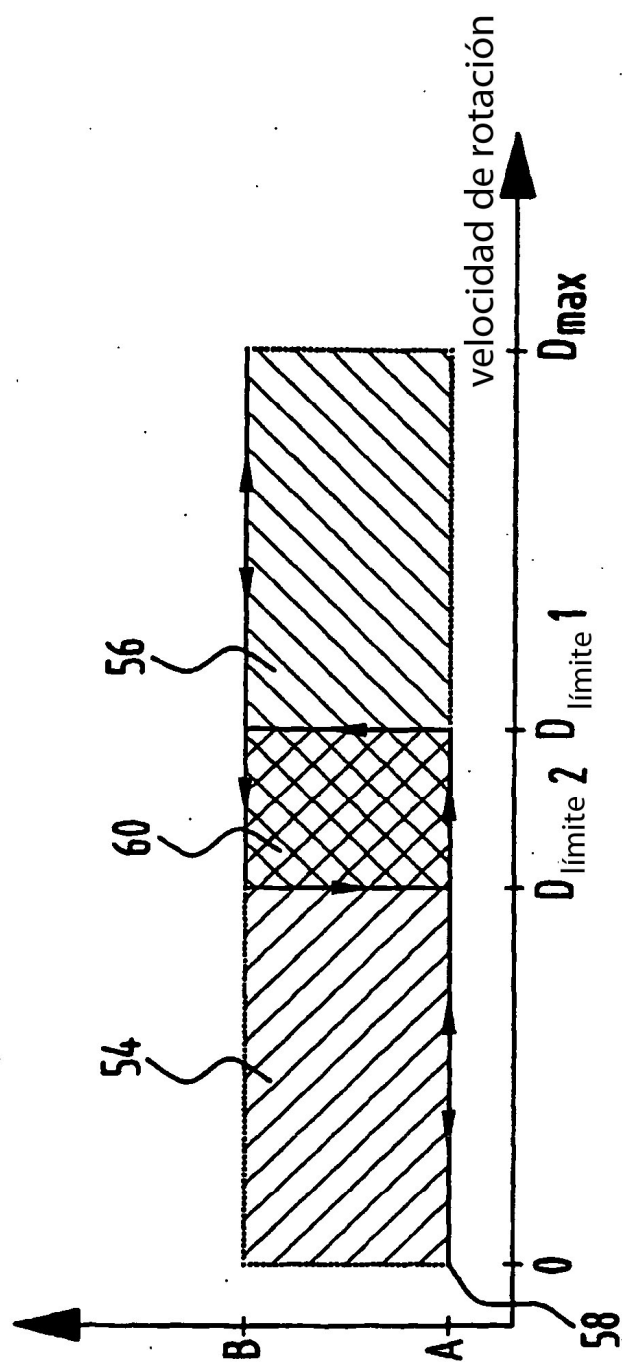


FIG.14

