

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 868**

51 Int. Cl.:

**B63H 5/08**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2012 E 12152220 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2620359**

54 Título: **Sistema y procedimiento de puesta en marcha de un motor eléctrico de una unidad de propulsión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.07.2015**

73 Titular/es:

**ABB OY (100.0%)  
Strömbergintie 1  
00380 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**KANERVA, SAMI;  
KAJAVA, MIKKO y  
KOKKILA, KIMMO**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 540 868 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**

Sistema y procedimiento de puesta en marcha de un motor eléctrico de una unidad de propulsión.

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema según el preámbulo de la reivindicación 1.

La invención se refiere también a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 7.

10 El sistema comprende un motor principal que acciona una primera hélice principal y un generador, un circuito de excitación que controla el generador, una unidad de propulsión que comprende un motor eléctrico y una segunda hélice contrarrotatoria accionada por el motor eléctrico, una red eléctrica que conecta el generador y el motor eléctrico, y un interruptor en la red eléctrica que hace posible conectar y desconectar el motor eléctrico y el generador.

15 Un sistema de esta índole se utiliza para impulsar grandes naves tales como, por ejemplo, los buques de pasaje, los transbordadores de pasajeros, cargueros, gabarras, petroleros, rompehielos, barcos off-shore y barcos militares. Los cargueros especialmente grandes utilizan un tal sistema de impulsión provisto de dos hélices contrarrotatorias fijas. Un sistema con una primera hélice principal y una segunda hélice contrarrotatoria aumentará la eficiencia global en un carguero grande en aproximadamente un 5-10% en comparación con un sistema que utiliza solamente una hélice principal.

**25 Antecedentes de la técnica**

La publicación de patente DE 32 07 398 describe una disposición de propulsión con un motor principal que acciona una primera hélice principal y una unidad de propulsión que comprende un motor eléctrico que acciona una segunda hélice contrarrotatoria. El motor principal acciona además un generador. El generador suministra energía eléctrica a través de una red eléctrica al motor eléctrico. Esta red eléctrica puede incluir un interruptor que posibilita la conexión y desconexión del motor eléctrico y el generador. El motor principal y por lo tanto la hélice principal pueden ponerse en marcha primeros manteniendo el interruptor abierto. Esto significa que la segunda hélice gira libremente en el flujo de agua generado por la hélice principal. A continuación, en algún momento más tarde, cuando la segunda hélice ha ganado suficiente velocidad de rotación en el flujo de la primera hélice se cierra el interruptor y el motor eléctrico empieza a accionar la segunda hélice.

35 El poner el motor eléctrico en marcha cuando el rotor del motor eléctrico ya está girando en el flujo de la primera hélice principal reducirá por lo menos en cierta medida, la corriente de puesta en marcha del motor eléctrico. Sin embargo, poner el motor eléctrico en marcha simplemente cerrando el interruptor dará como resultado una puesta en marcha más bien incontrolada del motor eléctrico. La corriente de puesta en marcha aún podría ser bastante alta, así como el par motor de puesta en marcha necesario. Esto tiene que ser considerado en el dimensionamiento del sistema es decir, el interruptor, el generador y el motor. Todos estos componentes tienen que soportar la puesta en marcha en línea directa del motor eléctrico a dicha velocidad de rotación.

**45 Sumario de la invención**

El objeto de la invención es eliminar las desventajas de la puesta en marcha en línea directa de la técnica anterior y proporcionar una solución novedosa para la puesta en marcha de un motor eléctrico de una unidad de propulsión.

50 El sistema según la invención se caracteriza por las características expuestas en la parte caracterizadora de la reivindicación 1.

El procedimiento según la invención se caracteriza por las características expuestas en la parte caracterizadora de la reivindicación 7.

55 El sistema según la invención comprende un circuito de control que controla el circuito de excitación, dicho circuito de control recibe como señales de entrada por lo menos la velocidad de rotación y la tensión del motor eléctrico, con lo cual el circuito de control calcula el par motor del motor eléctrico y regula continuamente el circuito de excitación con el fin de suministrar una tensión, que es inferior a la tensión nominal, al motor eléctrico durante el procedimiento de puesta en marcha.

60 Mediante la regulación de la corriente de excitación del generador a un valor bajo, la tensión del generador será baja en comparación con la tensión nominal del generador. Una baja tensión suministrada por el generador al motor eléctrico se traducirá en una baja corriente en el motor eléctrico. Una baja corriente en el motor eléctrico se traducirá en un bajo par motor en el motor eléctrico. Un bajo par motor en el motor eléctrico se traducirá en una aceleración limitada del motor eléctrico y por lo tanto un puesta en marcha controlado y suave del motor eléctrico. La tensión reducida reducirá la corriente si bien no hay una relación lineal entre la tensión y la corriente.

5 El sistema según la invención hace posible poner el motor eléctrico de la unidad de propulsión en marcha de una manera controlada. La puesta en marcha controlada del motor eléctrico reducirá el sobredimensionamiento del sistema. La limitación de la tensión, de la corriente y del par motor del motor eléctrico durante la puesta en marcha significa que un interruptor más pequeño así como un generador menos robusto y un motor menos robusto se necesitan en el sistema.

10 El procedimiento de puesta en marcha controlada del motor también reducirá el riesgo de que el protector contra sobrecargas se dispare puesto que la corriente del motor eléctrico está controlada y bastante lejos del nivel de disparo durante el procedimiento de puesta en marcha.

La puesta en marcha controlada y suave del motor eléctrico también reducirá las cargas en la segunda hélice y los cojinetes de la segunda hélice conectada al motor eléctrico.

### 15 **Breve descripción de los dibujos**

Algunas formas de realización específicas de la invención se describen a continuación con detalle y con referencia a las figuras anexas, en las cuales:

20 La figura 1 muestra la disposición principal según la invención.

La figura 2 muestra un gráfico del par motor y de la corriente como función de la velocidad de rotación del motor.

25 La figura 3 muestra un gráfico de la velocidad de rotación del motor eléctrico como función del tiempo durante la puesta en marcha del motor eléctrico.

La figura 4 muestra un gráfico de la corriente del motor eléctrico como función del tiempo durante la puesta en marcha del motor eléctrico.

30 Las figuras 5 a 9 muestran gráficos del par motor y de la corriente como función de la velocidad de rotación del motor durante el procedimiento de puesta en marcha del motor eléctrico.

### **Descripción detallada de formas de realización específicas**

35 La figura 1 muestra la disposición principal según la invención. La disposición comprende un motor principal 10 que acciona una primera hélice principal 12 y un generador 20. La disposición comprende además una unidad de propulsión 30 conectada al casco 70 de la nave. La primera hélice principal 12, así como el generador 20 están conectados mediante un primer eje principal 11 al motor principal 10. La hélice principal 12 y / o el generador 20, naturalmente, podrían estar conectados también al motor principal 10 a través de un engranaje. El primer eje principal 11 se extiende fuera del casco 70 de la nave a través de una abertura sellada hermética. La primera hélice principal 12 está conectada al primer eje principal 11 fuera del casco 70 de la nave en la popa de la nave.

40 La unidad de propulsión 30 comprende una cámara 31, una pieza de conexión hueca 31 que conecta la unidad de propulsión 30 al casco 70 de la nave, un motor eléctrico 33 dentro de la cámara 31, un segundo eje 34 conectado al rotor del motor eléctrico 33 y una segunda hélice contrarrotatoria 35 conectada al segundo eje 34. La segunda hélice 35 está situada después de la primera hélice principal 12 en el sentido de avance S de la nave. La hélice principal 12 y la segunda hélice 35 son ventajosamente también co-céntricas. El motor eléctrico 33 puede ser un motor de inducción o un motor síncrono. La unidad de propulsión 30 está fijada al casco 70 de la nave con la pieza de conexión 31. Esto significa que las hélices 12 y 35 permanecerán en una posición fija en relación entre sí y en relación al casco 70 de la nave en todo momento.

45 El gobierno de la nave se realiza mediante un timón separado 50, que está conectado al casco 70 de la nave mediante un eje 51. Un mecanismo de gobierno, que no se muestra en la figura, hace girar el eje 51 y de esta manera también el timón 50 sobre la base de los comandos procedentes del puente de navegación.

50 El generador 20 proporciona energía eléctrica al motor eléctrico 33 a través de una red eléctrica 22. Existe, además, un interruptor 21 en la red eléctrica 22. El generador 20 y el motor eléctrico 33 pueden, de esta manera, ser conectados y desconectados con el interruptor 22.

55 El generador 20 está provisto además de un circuito de excitación 40 para controlar la salida del generador 20. El circuito de excitación 40 regula la corriente de excitación al generador 20 y de esta manera la tensión de salida del generador 20.

60 La disposición comprende además un circuito de control 60 para controlar el circuito de excitación 40. El circuito de control 60 recibe como señales de medición, por lo menos, la velocidad de rotación N y la tensión U del motor eléctrico 33. El circuito de control 60 calcula el par motor T del motor eléctrico 33 sobre la base de los valores

medidos de velocidad de rotación N y la tensión U. Este cálculo del par motor T se puede hacer basado en el circuito equivalente del motor eléctrico con procedimientos estándar conocidos por un experto en la técnica.

La figura 2 muestra un gráfico del par motor y de la corriente como función de la velocidad de rotación del motor. El gráfico A muestra la corriente  $I/I_n$ , el gráfico B muestra el par motor  $T/T_n$  y el gráfico C muestra el par motor de la carga en el árbol del motor eléctrico 33 como función de la velocidad de rotación  $N/N_s$  del motor eléctrico 33. La idea es bajar el gráfico B que representa el par motor del motor eléctrico 33 y de esta manera también el gráfico A que representa la corriente del motor eléctrico 33 durante la puesta en marcha del motor eléctrico 33. Durante el periodo de rotación libre el par motor del motor eléctrico 33 es cero puesto que la segunda hélice 35 gira libremente en el flujo de la hélice principal 12. A medida que el motor eléctrico 33 se acelera el par motor aumenta rápidamente, es decir, en un pequeño aumento de velocidad al nivel de la curva de par motor de carga de la segunda hélice. La diferencia en el par motor entre el motor eléctrico 33 y la segunda hélice 35 es o bien un par motor de aceleración o un par motor retardador y cuando dichos pares son iguales, entonces la velocidad del motor eléctrico 33 está a un nivel constante.

La ecuación mecánica de un movimiento de rotación es:  $T(M) - T(L) = J \cdot (d^2 \theta / dt^2)$ , donde

T (M) es el par motor del motor eléctrico  
 T(L) es el par motor de la carga  
 J es la masa de inercia del sistema  
 $\theta$  es la velocidad angular

El motor eléctrico 33 se pondrá en marcha en un punto en el cual la segunda hélice 35 ha alcanzado una velocidad predeterminada de puesta en marcha cuando está girando libremente en el flujo de la primera hélice principal 12. La primera hélice principal 12 crea un flujo y dicho flujo provoca que la segunda hélice 35 gire libremente en dicho flujo. Después de algún tiempo la segunda hélice 35 siempre alcanzará una velocidad de rotación de régimen permanente es decir, una velocidad natural de rotación libre, que es proporcional a la velocidad de rotación de la primera hélice principal 12 cuando la velocidad de rotación de la primera hélice principal 12 cambia. La velocidad de puesta en marcha predeterminada de la segunda hélice 35 es de  $\pm 10\%$  de la velocidad natural de rotación libre de la segunda hélice 35. Esta velocidad natural de rotación libre de la segunda hélice 35 depende del diseño de la primera hélice principal 12 y de la segunda hélice 35. Dicha velocidad natural de rotación libre es por lo tanto específica para cada nave y se halla normalmente en el intervalo de 50 a 70% de la velocidad síncrona del motor eléctrico 33. La velocidad síncrona del motor eléctrico 33 depende de la velocidad de rotación del generador 20 y por lo tanto la velocidad de rotación del motor principal 10. La corriente de puesta en marcha y la duración de la corriente de puesta en marcha estarán limitadas hasta cierto punto debido al hecho de que el rotor en el motor eléctrico 33 ya está girando cuando la puesta en marcha del motor eléctrico 33 tiene lugar.

La unidad de control 60 se encarga de una puesta en marcha controlada del motor eléctrico. El circuito de control 60 calcula el par motor T del motor eléctrico 33 sobre la base de los valores medidos, es decir, la velocidad de rotación N y la tensión U del motor eléctrico 33 y regula la corriente del circuito de excitación 40 durante la puesta en marcha del motor eléctrico 33 de modo que la tensión U y por lo tanto la corriente I y de ese modo el par motor T del motor eléctrico 33 no superen los valores predeterminados durante la puesta en marcha. El control del par motor T también controlará la aceleración del motor eléctrico 33 durante la puesta en marcha.

La figura 3 muestra un gráfico de la velocidad de rotación del motor eléctrico como función del tiempo durante la puesta en marcha del motor eléctrico. La velocidad de rotación N1 se refiere a la velocidad del motor eléctrico 33 cuando está girando libremente en el flujo de la primera hélice principal 12 antes de la puesta en marcha del motor eléctrico 33. La velocidad de rotación N2 se refiere a la velocidad de rotación de régimen permanente del motor eléctrico 33 después de la puesta en marcha. El circuito de control 60 controla la corriente del circuito de excitación 40 de modo que la tensión U y con ello la corriente I y por lo tanto el par motor T y por lo tanto la aceleración del motor 33 durante la puesta en marcha estén limitados de acuerdo a la rampa en la figura.

La figura 4 muestra un gráfico de la corriente del motor eléctrico como función del tiempo durante la puesta en marcha del motor eléctrico. La corriente I1 se refiere a la corriente de régimen permanente del motor eléctrico 33 cuando está funcionando a la velocidad de rotación de régimen permanente después de la puesta en marcha. La corriente I2 se refiere a la corriente máxima que el motor eléctrico 33 absorbe durante la puesta en marcha. El circuito de control 60 controla el circuito de excitación 40 de modo que la tensión U y por lo tanto la corriente I y por lo tanto el par motor T y por lo tanto la aceleración del motor 33 estén limitados durante la puesta en marcha de modo que el valor I2 de la corriente I no se supera durante la puesta en marcha como se muestra en el gráfico en la figura.

Las figuras 5 a 10 muestran gráficos del par motor y de la corriente como función de la velocidad de rotación del motor durante el procedimiento de puesta en marcha del motor eléctrico. Estas figuras describen el principio de todo el procedimiento de puesta en marcha del motor eléctrico.

## ES 2 540 868 T3

5 En el punto A1 en la figura 5 el motor eléctrico 33 gira libremente en el flujo de agua de la hélice principal 12. La velocidad de rotación del motor eléctrico 33 es de aproximadamente un 60% de la velocidad síncrona del motor eléctrico 33. El generador 20 gira con el árbol principal 11 sin excitación, es decir, la tensión U es cero. Cuando el interruptor 21 está cerrado, el motor eléctrico 33 no produce ningún par motor y el sistema permanece en el estado inicial. La velocidad del motor eléctrico 33 aumenta según la curva de rotación libre hasta que el par motor del motor eléctrico 33 supera el par motor en régimen permanente de la segunda hélice 35.

10 En el punto A2 en la figura 6 la tensión se incrementa ligeramente por la excitación 40 del generador 20. El motor eléctrico 33 funciona todavía a baja tensión produciendo un par motor, que es igual al par motor de carga de la segunda hélice 35. Se ha de aumentar el par motor del motor eléctrico 33 cuando la velocidad del motor eléctrico 33 aumenta a fin de ser capaz de superar el par motor de carga de la segunda hélice 35.

15 En el punto A3 en la figura 7 la excitación 40 del generador 20 aumenta hasta un punto en el cual el par motor del motor eléctrico 33 supera el par motor de carga de la segunda hélice 35. El motor eléctrico 33 se acelerará en esta situación en la que el par motor del motor eléctrico 33 es mayor que el par motor de carga de la segunda hélice 35.

20 En el punto A4 en la figura 8 la excitación 40 del generador 20 se controla de forma continua con el fin de mantener la tensión y con ello la corriente y de ese modo el par motor y por lo tanto la aceleración del motor eléctrico 33 en un valor predeterminado.

25 En el punto A5 en la figura 9 el par motor del motor eléctrico 33 aumenta rápidamente con la velocidad. Es posible que en este punto haya una necesidad de limitar la aceleración reduciendo temporalmente la excitación del generador. También la corriente puede ser controlada por la excitación 40 del generador 20 en cierta medida, pero el par motor del motor eléctrico 33 debe mantenerse a un nivel suficiente por encima del par motor de carga de la segunda hélice 35.

30 En el punto A6 en la figura 10 el motor eléctrico 33 funciona casi a la velocidad síncrona y la tensión nominal. El procedimiento de puesta en marcha ha terminado y el motor eléctrico 33 así como la segunda hélice 35 siguen la velocidad de la hélice principal 12 de forma automática.

Después de esto, cuando el procedimiento de puesta en marcha ha terminado, la velocidad de la primera hélice principal 12 puede ser acelerada a su velocidad nominal y entonces también se acelera la velocidad de la segunda hélice a su velocidad nominal.

35 La velocidad de rotación de la primera hélice principal 12 y la velocidad de rotación de la segunda hélice 35 son diferentes. Esto se consigue, por ejemplo, por tener diferentes números de polos en el generador 20 y en el motor 33. El generador 20 podría, por ejemplo, ser un generador de 12 polos y el motor eléctrico 33 un motor eléctrico de 10 polos. En una situación en la que el motor principal 10 gira a una velocidad de 100 rpm es decir, el generador 20, al estar conectado directamente al árbol 11 del motor principal 10, también girará a la misma velocidad de rotación de 100 rpm. El motor eléctrico 33 en esta situación girará a la velocidad de 120 rpm. La relación entre la velocidad de rotación de la primera hélice principal 12 y la velocidad de rotación de la segunda hélice 35 se mantiene constante en el funcionamiento normal cuando la segunda hélice 35 es accionada por el motor eléctrico 33.

45 El diámetro de la primera hélice principal 12 es también normalmente mayor que el diámetro de la segunda hélice 35.

La primera hélice principal 12 y la segunda hélice 35 son ambas las llamadas hélices de paso fijo, es decir, las palas de las hélices 12, 35 no son ajustables.

50 El motor principal es ventajosamente un motor diésel de dos tiempos de baja velocidad, con una potencia de por lo menos 2MW. La potencia del motor principal 10 se consume en la primera hélice principal 12 y el generador 20. La potencia de la primera hélice principal 12 es de por lo menos 1 MW y la potencia de la segunda hélice 35 es también de por lo menos 1 MW. La potencia del generador 20 y del motor eléctrico 33 es la misma por ejemplo de por lo menos 1 MW.

55 El generador 20 suministra energía solamente al motor eléctrico 33.

60 El circuito de control 60 puede ser un circuito de control separado o puede estar integrado por ejemplo, en el control de propulsión global de todo el sistema.

65 Una vez que el motor eléctrico 33 se ha puesto en marcha y está funcionando a la velocidad de régimen permanente, entonces el circuito de excitación 40 controla la tensión U del motor eléctrico 33. El par motor de carga depende de la velocidad de rotación o de algún factor externo. La relación entre un cambio en la tensión suministrada al motor eléctrico 33 y la capacidad del motor eléctrico 33 para producir par motor es una relación cuadrada. El par motor del motor eléctrico 33 se ajusta al mismo nivel que el par motor de la carga y el motor eléctrico 33 consume la corriente de la red que se necesite para producir dicho par motor.

Es necesario medir la velocidad de rotación N y la tensión U del motor eléctrico 33 con el fin de poder controlar la puesta en marcha del motor eléctrico 33. La corriente I del motor eléctrico 33 se estima sobre la base del cálculo del par motor T.

5 El interruptor 21 en la red eléctrica 22 no es un elemento necesario para realizar la invención. El interruptor 21 es más bien una protección a fin de evitar que se suministre corriente al motor eléctrico 33 por la magnetización residual en una situación en la que no se deba suministrar corriente alguna al motor eléctrico 33.

10 La puesta en marcha del motor eléctrico 33 se puede realizar a diferentes velocidades del motor principal 10. Los ejemplos muestran un procedimiento de puesta en marcha en una situación en la que el motor principal 10 gira a la velocidad nominal. El par motor de carga de la segunda hélice 35 depende naturalmente de la velocidad de rotación real de la primera hélice principal 12. El par motor de carga de la segunda hélice 35 es naturalmente más alto cuando el motor principal 10 gira a velocidad nominal en comparación con la situación en la que el motor principal 10  
15 gira a una velocidad de, por ejemplo, un 70% de la velocidad nominal.

Los ejemplos de las formas de realización de la presente invención presentadas anteriormente no están destinados a limitar el alcance de la invención solamente a estas formas de realización. Se pueden realizar distintas modificaciones en la invención dentro del alcance de las reivindicaciones.  
20

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema para la puesta en marcha de un motor en una unidad de propulsión, comprendiendo dicho sistema:

- 5 - un motor principal (10),
- una primera hélice principal (12) accionada por el motor principal (10),
- un generador (20) accionado por el motor principal (10),
- 10 - un circuito de excitación (40) que controla el generador (20),
- una unidad de propulsión (30) que comprende un motor eléctrico (33) y una segunda hélice contrarrotatoria (35) accionada por el motor eléctrico (33),
- 15 - una red eléctrica (22) que conecta el motor eléctrico (33) y el generador (20), y

caracterizado por que el sistema comprende asimismo:

- 20 - un circuito de control (60) que controla el circuito de excitación (40) durante la puesta en marcha del motor eléctrico (33), recibiendo dicho circuito de control (60) como señales de entrada por lo menos la velocidad de rotación (N) y la tensión (U) del motor eléctrico (33),
- 25 - calculando el circuito de control (60) asimismo el par motor (T) del motor eléctrico (33) sobre la base de la velocidad de rotación (N) y la tensión (U) medidas y regula continuamente el circuito de excitación (40) con el fin de suministrar una tensión (U), que está por debajo de la tensión nominal, al motor eléctrico (33) durante el procedimiento de puesta en marcha.

2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que la primera hélice principal (12) y el generador (20) están conectados directamente al primer árbol principal (11) del motor principal (10).

3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la segunda hélice (35) está conectada directamente a través de un segundo árbol (34) al rotor del motor eléctrico (33).

35 4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la primera hélice principal (12) y la segunda hélice (35) son ambas denominadas hélices de paso fijo, es decir, las palas de las hélices (12, 35) no son ajustables.

40 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el circuito de control (60) es un circuito de control separado.

6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el circuito de control (60) está integrado en un sistema de control de propulsión global.

45 7. Procedimiento para la puesta en marcha de un motor en una unidad de propulsión en un sistema, que comprende:

- un motor principal (10),
- una primera hélice principal (12) accionada por el motor principal (10),
- 50 - un generador (20) accionado por el motor principal (10),
- un circuito de excitación (40) que controla el generador (20),
- 55 - una unidad de propulsión (30) que comprende un motor eléctrico (33) y una segunda hélice contrarrotatoria (35) accionada por el motor eléctrico (33),
- una red eléctrica (22) que conecta el generador (20) con el motor eléctrico (33), y caracterizado por que el procedimiento comprende las etapas siguientes:
- 60 - controlar el circuito de excitación (40) con un circuito de control (60) durante la puesta en marcha del motor eléctrico (33),
- 65 - medir por lo menos la velocidad de rotación (N) y la tensión (U) del motor eléctrico (33),

## ES 2 540 868 T3

- suministrar la velocidad de rotación (N) medida y la tensión (U) medida del motor eléctrico (33) como señales de entrada al circuito de control (60),
  - 5 - calcular el par motor (T) del motor eléctrico (33) en el circuito de control (60) sobre la base de la velocidad de rotación (N) medida y la tensión (U) medida,
  - regular el circuito de excitación (40) de forma continua durante la puesta en marcha del motor eléctrico (33) con el circuito de control (60) con el fin de suministrar una tensión (U), que está por debajo de la tensión nominal, al motor eléctrico (33) durante el procedimiento de puesta en marcha.
- 10 8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que limita la aceleración del motor eléctrico (33) durante el procedimiento de puesta en marcha del motor eléctrico (33) mediante la limitación de la tensión (U) suministrada al motor eléctrico (33).



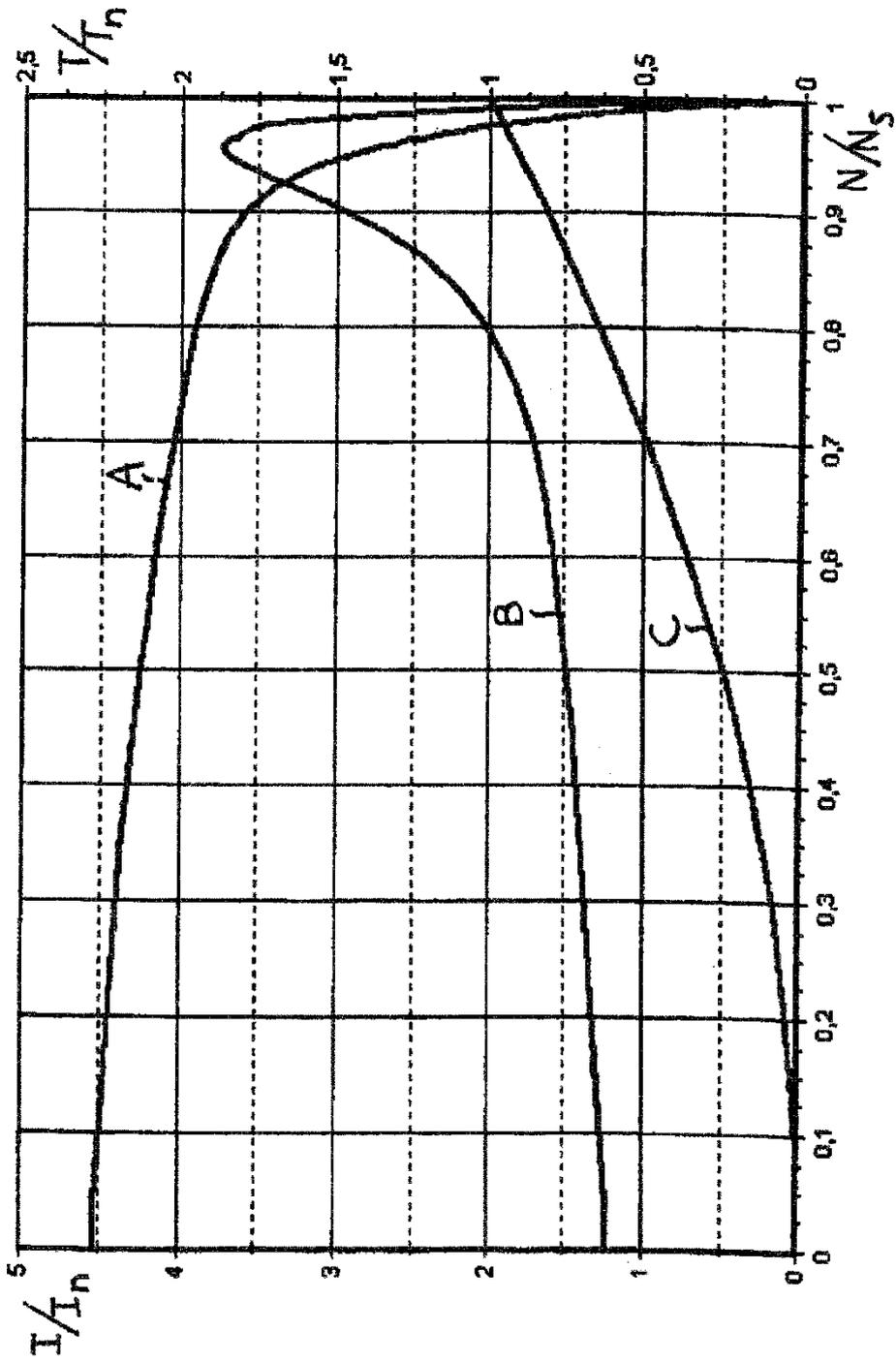


FIG. 2

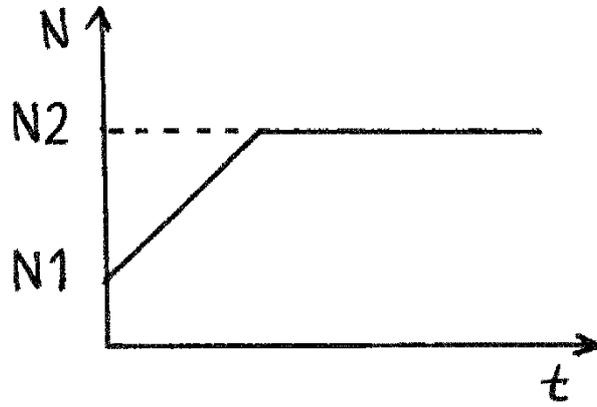


FIG. 3

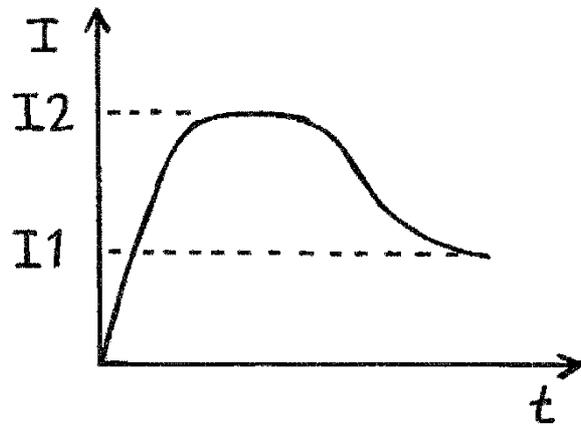


FIG. 4



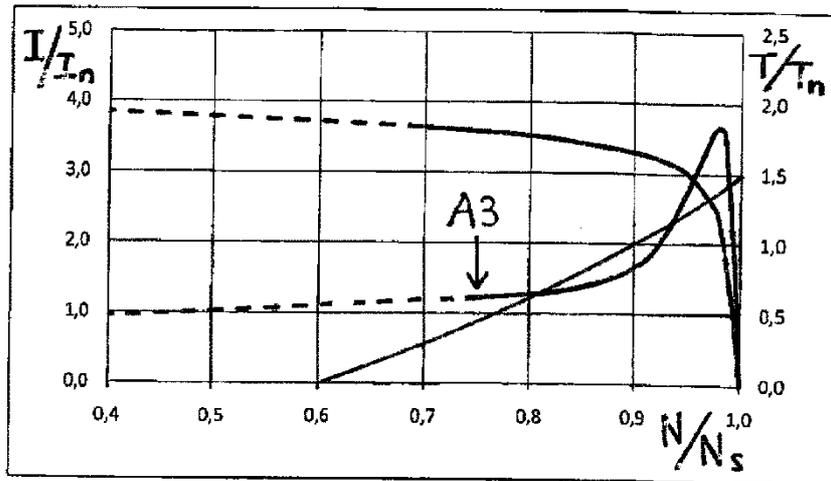


FIG. 7

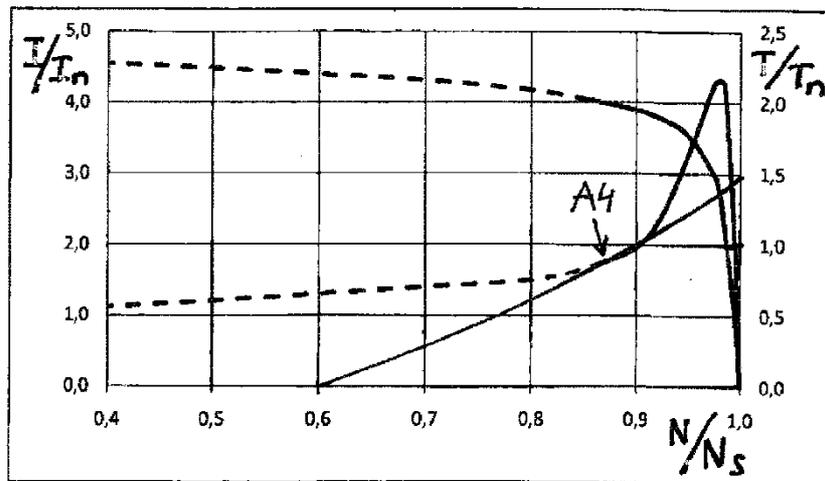


FIG. 8

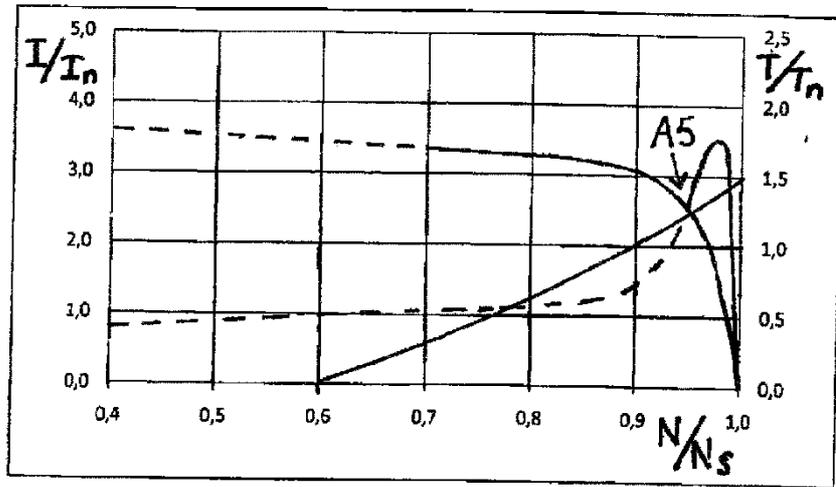


FIG. 9

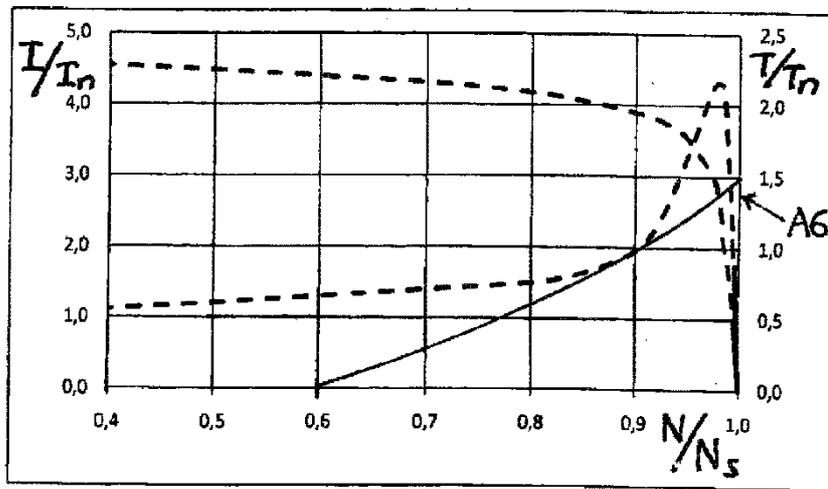


FIG. 10