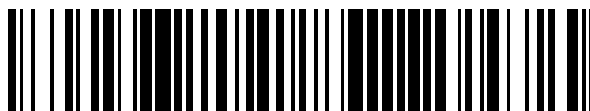


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 097**

51 Int. Cl.:

H02P 6/00 (2006.01)

H02P 25/02 (2006.01)

H02P 25/22 (2006.01)

H02P 25/04 (2006.01)

H02P 25/024 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2009** **E 09166395 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017** **EP 2278700**

54 Título: **Sistema y procedimiento de mando de una máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.08.2017

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR

72 Inventor/es:

HADNI, RACHID;
MICHEL, RAYMOND y
GUILLAUME, MICHEL

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 629 097 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 mando de una máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados

La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento de control de una máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados.

5 La utilización de actuadores electromecánicos, que comprenden un motor eléctrico, y en particular una máquina síncrona de doble estrella, especialmente en los campos aeronáutico y espacial necesitan un elevado nivel de fiabilidad, así como una robustez de funcionamiento en caso de avería con el fin de garantizar la disponibilidad de los recursos necesarios.

10 Existen unos sistemas que implementan una redundancia fría, que consiste en duplicar o triplicar unos subconjuntos del sistema, no utilizados en funcionamiento nominal, pero en los cuales se conmuta el funcionamiento del sistema en caso de avería del subsistema nominal.

Durante una redundancia fría de la parte eléctrica de un sistema, la parte eléctrica nominal del sistema se duplica o se triplica respectivamente en una o dos partes eléctricas redundantes. En caso de avería, el funcionamiento se conmuta en una parte eléctrica redundante del sistema.

15 En este caso, es necesario utilizar un conmutador de potencia resistente en los casos de avería, lo que implica un nivel de complejidad y un coste elevado. Esta solución traslada el problema de robustez en caso de avería hacia el conmutador de potencia.

20 Un ejemplo de realización de dicho sistema de máquina de doble estrella o de tres fases se ilustra en el documento "Arquitecturas segmentadas de alimentación con convertidores modulares para los actuadores de avión Funcionamiento en modos degradados" de F. Meibody-Tabar, B. Davat, R. Meuret y S. Viellard, aparecido en el Journal sur l'enseignement des sciences et technologies de l'information et des systèmes. Volumen 4, Hors-série 1, 13 (2005), por ejemplo, disponible en la dirección web: <http://www.j3ea.org/index.php?option=article&access=standard&Itemid=129&url=/articles/j3ea/pdf/2005/06/j3ea2005613.pdf>.

25 En caso de redundancia fría del motor eléctrico del actuador, durante una avería detectada, el funcionamiento se cambia a un motor redundante. El coste de dicha realización se ve muy aumentado, así como la masa del sistema, lo que es perjudicial en particular en una aplicación espacial.

30 Se ilustra un ejemplo de realización de dicho sistema en el documento "Arquitecturas segmentadas de alimentación con convertidores modulares para los actuadores de avión; funcionamientos en modos degradados" de F. Meibody-Tabar, B. Davat, R. Meuret y S. Viellard, por ejemplo, disponible en la dirección web: http://www.bibsciences.org/bibsup/j3ea/full_HS/vol4_HS1/13/trans/j3ea2005613.ppt.

35 Durante una redundancia caliente, el sistema eléctrico se duplica o se triplica, un sistema de mezcla que debe asegurar la transmisión de la información o potencia hacia la parte mecánica. En caso de avería, solo la parte sana continúa transmitiendo la información hacia la parte mecánica. Durante una redundancia caliente, bien la parte mecánica del motor eléctrico puede redundarse en dos o tres motores, o bien la parte eléctrica, o bien en su totalidad, esto es las dos partes, eléctrica y mecánica. Estas soluciones en redundancia caliente son interesantes con respecto a la redundancia fría ya que permiten una continuidad de servicio durante la avería, no hay reconfiguración del sistema.

40 La figura 1 ilustra una máquina síncrona de doble estrella o MSDE, que es un motor eléctrico síncrono cuyas seis fases o seis ramas están cableadas de tres en tres en estrellas: A1, B1 y C1 son las tres primeras ramas que forman la primera estrella de primer neutro N1, y A2, B2 y C2, son las tres segundas ramas que forman la segunda estrella de segundo neutro N2. El neutro de una estrella es el punto de conexión central de las ramas de la estrella, también la máquina síncrona de doble estrella tiene dos neutros N1 y N2. Estos puntos neutros pueden estar conectados a un elemento de circuito, como una fuente o una impedancia, o dejarlos flotantes. Cuando los dos neutros están

45 conectados se trata de una máquina síncrona de doble estrella con neutros conectados o pilotados, y cuando los dos neutros son flotantes se trata de una máquina síncrona de doble estrella con neutros flotantes o no conectados.

Para una máquina síncrona de doble estrella como se ilustra en la figura 1, que comprende dos estrellas desplazadas 30°, las tres ramas A1, B1 y C1 de la primera estrella están separadas una porción angular de 120°, que corresponden a 360°/N para N = 3, así como las tres ramas A2, B2 y C2 de la segunda estrella.

50 La MSDE desplazada 30° se alimenta mediante dos grupos de fuentes de corriente alterna, estando las corrientes de las ramas o fases de cada estrella alimentados por un grupo respectivo.

Por ejemplo, el documento JP 2003 102189 A da a conocer una máquina síncrona de doble estrella similar a la de la figura 1. El documento JP 61 128770 A describe un sistema de control de una máquina síncrona de doble estrella con neutros conectados que comprende una multitud de unidades de mando asociadas a unos pares de ramas

separadas un ángulo de 0° o 180°.

Un objetivo de la invención es limitar el coste y la masa de un sistema de mando de una MSDE con neutros no conectados, en particular para aplicaciones aeroespaciales o aeronáuticas.

5 Iguualmente, se propone, según un aspecto de la invención, un sistema de mando de una máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados, estando la primera estrella y la segunda estrella, con respectivamente N primeras ramas regularmente separadas y N segunda ramas regularmente separadas, desplazadas entre sí un ángulo tal que dichas 2N ramas formen N pares formados por una primera rama y por una segunda rama separadas un ángulo sustancialmente igual a 90°. El sistema se alimenta mediante una fuente primaria de energía eléctrica y comprende unos medios de conversión de la energía eléctrica emitida por dicha fuente primaria en 2N fuentes secundarias respectivas de alimentación de dichas 2N ramas, siendo N superior o igual a tres. El sistema comprende N unidades de mando respectivas de dos de dichas fuentes secundarias de alimentación asociadas a uno de dichos pares separados un ángulo sustancialmente igual a 90°

15 Dicho sistema permite tener un sistema de mando de una máquina síncrona de doble estrella con fiabilidad mejorada y coste reducido, ya que en particular el número de medios de conversión está limitado, por ejemplo, a seis, para una doble estrella de tres ramas cada una, limitando de este modo el coste y la masa instalada a bordo.

Por ejemplo, el documento JP 2003 102189 A da a conocer una máquina síncrona de doble estrella similar al de la figura 1. El documento JP 61128770A describe un sistema de mando de una máquina síncrona de doble estrella con neutros conectados que comprende una multitud de unidades de mando asociados a unos pares de ramas separadas un ángulo de 0 o 180°.

20 Además, dicho sistema se puede segregar completamente en N partes desde la consigna principal hasta el motor eléctrico, permitiendo asegurar el pilotaje de la máquina síncrona de doble estrella a través de N unidades de mando implementadas de cualquier forma que sea (software, lógica cableada, lógica programada, control analógico) de manera autónoma sin necesitar reconfigurar los órganos de pilotaje en caso de avería.

25 Según una forma de realización, N vale 3, y cada una de dichas dos estrellas comprende 3 ramas regularmente separadas, y están desplazadas un ángulo sustancialmente igual a 30°.

Esta forma de realización es la que presenta la mejor relación coste en relación con la eficacia.

En una forma de realización, dichos medios de conversión comprenden N elementos de conversión respectivamente específicos para uno de dichos pares de ramas separadas un ángulo sustancialmente igual a 90°.

Esta redundancia aumenta la fiabilidad del sistema.

30 Por ejemplo, al menos un elemento de conversión comprende un amplificador de potencia, como un ondulator o un ciclo-convertidor.

Según una forma de realización, dicha fuente primaria de energía eléctrica comprende una batería eléctrica, o N baterías eléctricas conectadas respectivamente a dichos N elementos de conversión, o una alimentación de la red, o N alimentaciones de la red conectadas respectivamente a dichos N elementos de conversión.

35 La invención se puede adaptar a cualquier tipo de fuente primaria de energía eléctrica y cualquier medio de conversión de la energía eléctrica, con corriente continua o corriente alterna.

Según una forma de realización, el sistema comprende, además, un sensor de medición de la posición angular del rotor de dicha máquina y al menos un bucle de retroacción de entre dicho sensor de medición de la posición angular del rotor y una unidad de mando.

40 Dicho bucle de retroacción permite mejorar la precisión del funcionamiento del sistema.

En una forma de realización, el sistema comprende al menos un sensor de medición de la corriente suministrada por una fuente de alimentación secundaria a una máquina virtual bifásica a 90° formada por uno de dichos pares de ramas, y al menos un bucle de retroacción entre dicho sensor de medición de corriente y una unidad de mando.

Dicho bucle de retroacción permite mejorar la precisión del funcionamiento del sistema.

45 Según una forma de realización, dichas unidades de mando comprenden una entrada que recibe una consigna de funcionamiento de dicha máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados.

50 Por ejemplo, dicha consigna de funcionamiento comprende al menos un parámetro de funcionamiento de dicha máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados entre la velocidad de rotación del rotor, el par que tiene que suministrar el rotor, la tensión eléctrica en los bornes de dicha máquina eléctrica, la intensidad de corriente eléctrica en una rama de la máquina eléctrica, o la intensidad de corriente eléctrica suministrada por dicha fuente primaria de energía eléctrica.

De este modo, el sistema se adapta a cualquier tipo de mando de la máquina síncrona de doble estrella.

También se propone, según otro aspecto de la invención, un procedimiento de mando de una máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados, estando la primera estrella y la segunda estrella, cada una con N ramas regularmente separadas, desplazadas entre sí un ángulo tal que dichas 2N ramas formen N pares de ramas de las cuales la primera rama y la segunda rama pertenecen respectivamente a dicha primera estrella y a dicha segunda estrella y forman entre sí un ángulo sustancialmente igual a 90° , en el cual se convierte energía eléctrica liberada por dicha fuente primaria en 2N fuentes secundarias respectivas de alimentación de dichas 2N ramas, siendo N superior o igual a tres, en la cual se utilizan N unidades de mando respectivas de dos de dichas fuentes secundarias de alimentación asociadas a uno de dichos pares de ramas.

5 Se entenderá mejor la invención con el análisis de algunas formas de realización descritas a título de ejemplos en modo alguno limitativos, e ilustradas en los dibujos adjuntos en los que:

- la figura 1 ilustra de forma esquemática una máquina síncrona de doble estrella cada una con tres ramas y neutros no conectados del estado de la técnica; y
- las figuras 2, 3, 4 y 5 ilustran en detalle un sistema según varios aspectos de la invención.

15 En las diferentes figuras, los elementos que llevan las mismas referencias son idénticos.

En la figura 2 se representa un sistema de mando de una máquina MSDE síncrona de doble estrella con neutros no conectados, comprendiendo cada estrella tres ramas. Por supuesto, la invención se puede aplicar a estrellas que tiene un número N de ramas cualquiera.

20 En el caso de estrellas de tres ramas, como se ilustra en la figura 2, estas están desplazadas 30° , de modo que las 6 ramas, p. ej. las tres primeras ramas A1, B1, C1 de la primera estrella y las tres segundas ramas A2, B2, C2 de la segunda estrella, forman tres pares (A1, C2), (C1, B2) y (B1, A2) respectivamente formados por una primera rama de la primera estrella y por una segunda rama de la segunda estrella sustancialmente perpendiculares. De este modo tenemos tres motores virtuales bifásicos a 90° correspondiendo cada uno a uno de dichos pares.

25 A continuación en la descripción, los ejemplos descritos comprenden unas estrellas que tienen tres ramas, p. ej. $N = 3$, pero la invención se aplica a unas estrellas de N ramas, cualquiera que sea N entero superior o igual a tres.

Cada rama de una estrella comprende una bobina o inductancia. Para cada estrella, las tres ramas A1, B1 y C1, o A2, B2 y C2 están separadas 120° ($=360^\circ/N$ para $N = 3$).

30 Una orden o consigna cde de funcionamiento de la MSDE se transmite a tres unidades UC1, UC2 y UC3 de mando, respectivamente específicas para los pares (B1, A2), (C1, B2) y (A1, C2), una fuente SAP de alimentación primaria, que puede ser de corriente continua o de corriente alterna.

35 El sistema comprende, además, un módulo MCE de conversión de la energía eléctrica emitida por dicha fuente SAP primaria en 2N fuentes secundarias respectivas de alimentación de dichas 2N ramas, en este caso de las 6 ramas A1, B1, C1, A2, B2 y C2 de la máquina MSDE síncrona de doble estrella. Las tres unidades UC1, UC2 y UC3 de mando controlan respectivamente la alimentación mediante el módulo MCE de conversión de los pares de ramas o motores (B1, A2), (C1, B2) y (A1, C2) virtuales.

40 Al no estar conectados los neutros N1 y N2 de las dos estrellas, cada motor bifásico virtual está constituido por dos ramas o bobinas que pertenecen, cada una, a unas estrellas eléctricas diferentes. Igualmente, la condición para funcionar correctamente en dos veces tres fases es equilibrar eléctricamente cada estrella. Encontrar esta limitación pilotando la máquina MSDE síncrona de doble estrella en forma de tres motores bifásicos virtuales impone equilibrar las dos estrellas y, por lo tanto, la fuerza solicitada a cada motor (B1, A2), (C1, B2) y (A1, C2) virtual.

En caso de fallo de uno de los N subsistemas (UCi, MCE o EMI, o rama de la máquina eléctrica), se inhibe el subsistema que falla para encontrar un funcionamiento en circuito abierto, de este modo el pilotaje hace trabajar en igualdad los N-1 ($N-1 = 2$ en los ejemplos descritos para los cuales $N = 3$) motores virtuales restantes.

45 Ningún caso de simple avería conduce a un funcionamiento en el cual un motor virtual asume la carga total.

50 El pilotaje o control de la máquina MSDE síncrona de doble estrella con neutros no conectados se realiza mediante un control vectorial. El control vectorial de un motor síncrono consiste en inyectar en las ramas del estator unas corrientes que permiten posicionar de forma precisa al vector de inducción estática. Mediante una medición de la posición del rotor, el pilotaje es capaz, gracias al control vectorial, de posicionar sistemáticamente al vector de inducción estática en cuadratura con el vector de inducción rotórica, lo que hará que aparezca el par de rotación.

Se han desarrollado unas herramientas matemáticas, como las transformadas de Park, o de Concordia para estudiar el control vectorial y el auto-pilotaje. Estas herramientas matemáticas permiten reducir un motor polifásico en n fases autopilotado en magnitudes continuas: corriente directa, corriente en cuadratura, o corriente homopolar y sus impedancias asociadas.

5 Las transformadas de Park permiten pasar de magnitudes hexafásicas a unas magnitudes continuas con el fin de controlar la velocidad y/o la posición angular del motor. Para una máquina síncrona de doble estrella, existe una multitud de matrices de transformación, según las hipótesis de trabajo, que conducen a diferentes herramientas metodológicas para la modelización de las máquinas polifásicas, como por ejemplo aquellas mencionadas en la Tesis de Doctorado: “Modelización Dinámica y Mando de una MSDE Alimentada por Onduladores MLI en Modo Normal y en Modo Degradado” realizada por Mourad Merabtene.

A partir de la modelización matemática del algoritmo de pilotaje de la máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados es posible pilotar la máquina síncrona de doble estrella en modo degradado sin por ello reconfigurar el algoritmo de pilotaje al contrario que en las conclusiones hechas en la Tesis citada con anterioridad.

10 De este modo, el algoritmo de control se implementan N subsistemas de pilotaje que funcionan de manera autónoma sin interacción con los otros N-1 subsistemas de pilotaje. Por lo tanto, el pilotaje de la máquina síncrona de doble estrella está asegurado por N subsistemas de pilotaje en modo nominal y por N-1 subsistemas de pilotaje en caso de avería de uno de los N subsistemas.

15 En efecto, en caso de apertura de una de las bobinas o ramas de la máquina síncrona de doble estrella, se produce una ondulación de par a causa del desequilibrado de la alimentación de la máquina síncrona de doble estrella, pero si se abre la bobina que es ortogonal a esta, sin cambiar el algoritmo, se constata que el sistema se reequilibra de forma natural y la ondulación de par desaparece.

De este modo, un sistema según la invención permite garantizar el rendimiento en caso de avería cortando la alimentación del motor bifásico virtual sin reconfigurar el algoritmo de pilotaje de una unidad de mando.

20 Además, no es necesario reconfigurar una unidad de control, ya que las otras dos se adaptan y ya son operativas, lo que es importante, por ejemplo, durante una fase de despegue de un cohete o de una aeronave, periodo durante el cual una avería no debe conllevar una reconfiguración demasiado larga de una unidad de mando, que podría conllevar graves consecuencias.

25 El sistema según la invención permite pasar de una máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados a tres motores bifásicos virtuales.

El módulo MCE de conversión puede comprender 3 elementos de conversión EM1, EM2 y EM3 respectivamente específicos para uno de dichos pares de ramas separados un ángulo sustancialmente igual a 90°, que forman un motor virtual bifásico a 90°, como se ilustra en la figura 3, que comprende un amplificador de potencia como un ondulator o un ciclo-convertidor.

30 Además, y de manera independiente, la fuente SAP de alimentación primaria puede comprender tres baterías BAT1, BAT2 y BAT3, como se representa en la figura 4.

De este modo, la robustez de sistema se mejora, limitando los riesgos de propagación de averías como consecuencia de la segregación de los subsistemas que controlan las máquinas virtuales.

35 El sistema también puede comprender un sensor CA de medición de la posición angular del rotor de la máquina síncrona de doble estrella y al menos un bucle de retroacción de entre el sensor CA de medición de la posición angular del rotor y al menos una unidad de mando, en este caso en la figura 5, un bucle de retroacción en cada una de las tres unidades UC1, UC2 y UC3 de mando. Además, de manera opcional, el sistema puede comprender al menos un sensor de medición de la corriente suministrada por una fuente de alimentación secundaria a una máquina virtual bifásica a 90° formada por uno de dichos pares de ramas, y al menos un bucle de retroacción de
40 entre dicho sensor de medición de corriente y una unidad de mando.

En este caso, cada una de las fuentes secundarias del sistema de la figura 5 comprende un bucle de retroacción de cada uno de los seis sensores CC1, CC2, CC3, CC4, CC5 y CC6 de medición de corriente I1, I2, I3, I4, I5 e I6. Por supuesto, se trata del número máximo de bucles de retroacción posible, pero también es posible un número más limitado de bucles de retroacción.

45 Estos bucles de retroacción de datos medidos permiten que las unidades de mando mejoren la precisión de mando de la máquina MSDE síncrona de doble estrella.

Por lo tanto, se aplica un sistema según la invención al mando de cualquier máquina síncrona de doble estrella con neutros no conectados, por ejemplo, una máquina síncrona de doble estrella de un actuador electromecánico.

La robustez de dicho sistema se ve, de este modo, mejorada con un coste reducido.

50

REIVINDICACIONES

1. Sistema de mando de una máquina (MSDE) síncrona de doble estrella con neutros (N1, N2) no conectados, estando la primera estrella y la segunda estrella, con respectivamente N primeras ramas (A1, B1, C1) regularmente separadas y N segundas ramas (A2, B2, C2) regularmente separadas, desplazadas entre sí un ángulo tal que dichas 2N ramas forman N pares ((B1, A2), (C1, B2) y (A1, C2)) formados por una primera rama y por una segunda rama separadas según un ángulo sustancialmente igual a 90°, siendo N superior o igual a tres, estando el sistema alimentado por una fuente (SAP) primaria de energía eléctrica y comprendiendo unos medios (MCE) de conversión de la energía eléctrica emitida por dicha fuente (SAP) primaria en 2N fuentes secundarias respectivas de alimentaciones de dichas 2N ramas, **caracterizado porque** comprende N unidades (UC1, UC2, UC3) de mando respectivas de dos de dichas fuentes secundarias de alimentación asociadas a uno de dichos pares ((B1, A2), (C1, B2), (A1, C2)) de ramas separadas según un ángulo sustancialmente igual a 90°.
2. Sistema según la reivindicación 1, en el cual, N valiendo 3, cada una de dichas dos estrellas comprende 3 ramas ((A1, B1, C1), (A2, B2, C2)) regularmente separadas, y están desplazadas según un ángulo sustancialmente igual a 30°.
3. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual dichos medios (MCE) de conversión comprenden N elementos (EM1, EM2, EM3) de conversión respectivamente específicos para uno de dichos pares de ramas ((B1, A2), (C1, B2), (A1, C2)) separadas un ángulo sustancialmente igual a 90°.
4. Sistema según la reivindicación 3, en el cual al menos un elemento (EM1, EM2, EM3) de conversión comprende un amplificador de potencia.
5. Sistema según la reivindicación 4, en el cual un amplificador de potencia comprende un ondulador o un ciclo-convertidor.
6. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual dicha fuente (SAP) primaria de energía eléctrica comprende una batería eléctrica, o N baterías (BAT1, BAT2, BAT3) eléctricas conectadas respectivamente a dichos N elementos (EM1, EM2, EM3) de conversión, o una alimentación por la red, o N alimentaciones por la red conectadas respectivamente a dichos N elementos (EM1, EM2, EM3) de conversión.
7. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores que comprende, además, un sensor (CA) de medición de la posición angular del rotor de dicha máquina (MSDE) y al menos un bucle de retroacción de entre dicho sensor (CA) de medición de la posición angular del rotor y una unidad (UC1, UC2, UC3) de mando.
8. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos un sensor (CC1, CC2, CC3, CC4, CC5, CC6) de medición de la corriente suministrada por una fuente de alimentación secundaria a una máquina virtual bifásica de 90° formada por uno de dichos pares de ramas ((B1, A2), (C1, B2), (A1, C2)), y al menos un bucle de retroacción de entre dicho sensor (CC1, CC2, CC3, CC4, CC5, CC6) de medición de corriente y una unidad (UC1, UC2, UC3) de mando.
9. Sistema según una de las reivindicaciones anteriores, en el cual dichas unidades (UC1, UC2, UC3) de mando comprenden una entrada que recibe una consigna (cde) de funcionamiento de dicha máquina (MSDE) síncrona de doble estrella con neutros (N1, N2) no conectados.
10. Sistema según la reivindicación 9, en el cual dicha consigna (cde) de funcionamiento comprende al menos un parámetro de funcionamiento de dicha máquina (MSDE) síncrona de doble estrella con neutros (N1, N2) no conectados entre la velocidad de rotación del rotor, el par a suministrar por el rotor, la tensión eléctrica en los bornes de dicha máquina eléctrica, la intensidad de corriente eléctrica en una rama de la máquina eléctrica, o la intensidad de corriente eléctrica suministrada por dicha fuente primaria de energía eléctrica.
11. Procedimiento de mando de una máquina (MSDE) síncrona de doble estrella con neutros (N1, N2) no conectados, estando la primera estrella y la segunda estrella, con respectivamente N primeras ramas (A1, B1, C1) regularmente separadas y N segundas ramas (A2, B2, C2) regularmente separadas, desplazadas entre sí según un ángulo tal que dichas 2N ramas forman N pares ((B1, A2), (C1, B2) y (A1, C2)) formados por una primera rama y por una segunda rama separadas según un ángulo sustancialmente igual a 90°, siendo N superior o igual a tres, **caracterizado porque** se utilizan N unidades (UC1, UC2, UC3) de mando respectivas de dos de dichas fuentes secundarias de alimentación asociadas a uno de dichos pares de ramas ((B1, A2), (C1, B2) y (A1, C2)).

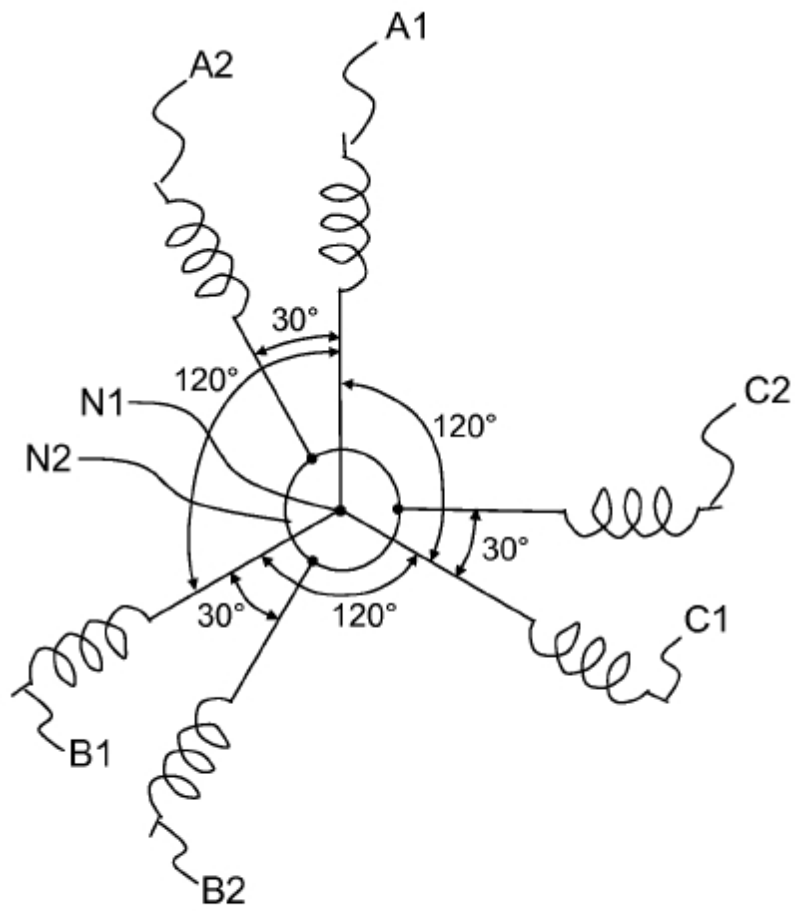


FIG.1

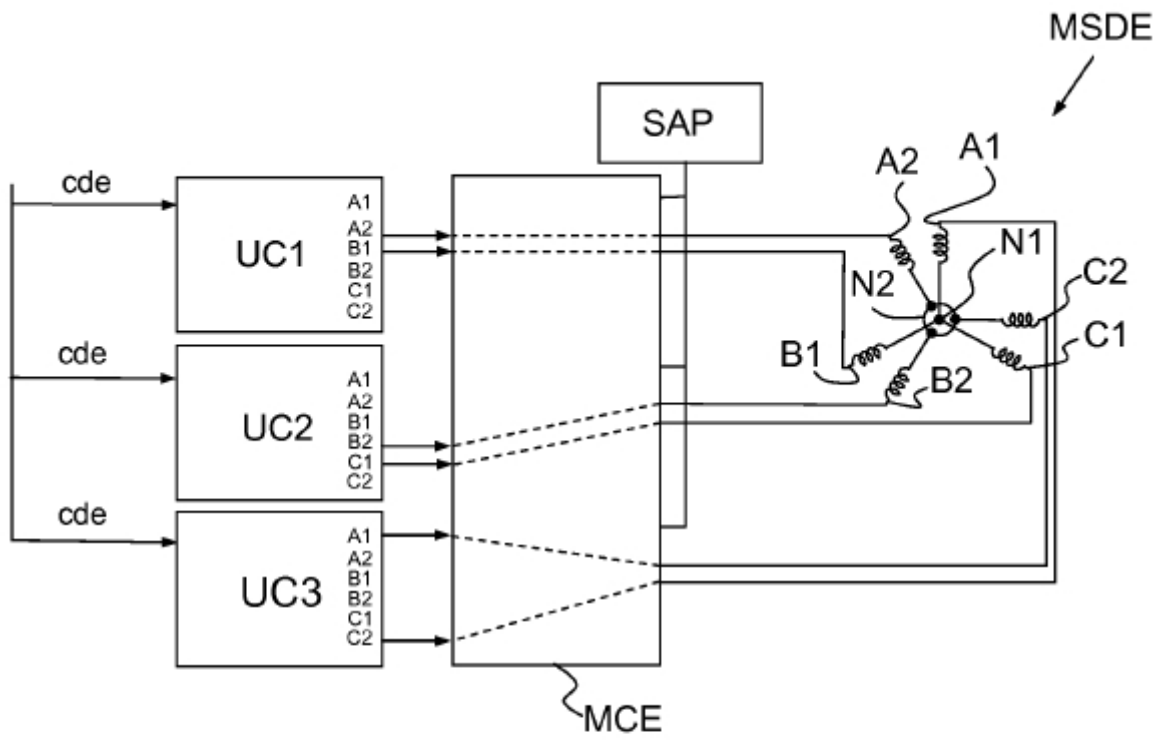


FIG. 2

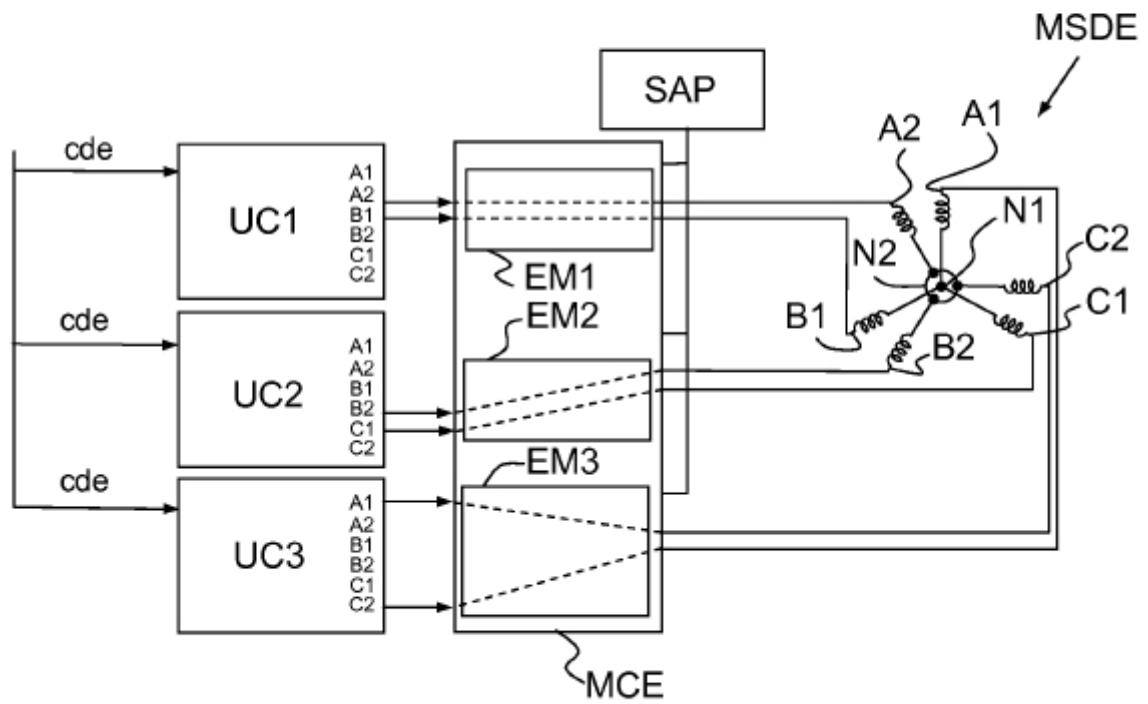


FIG. 3

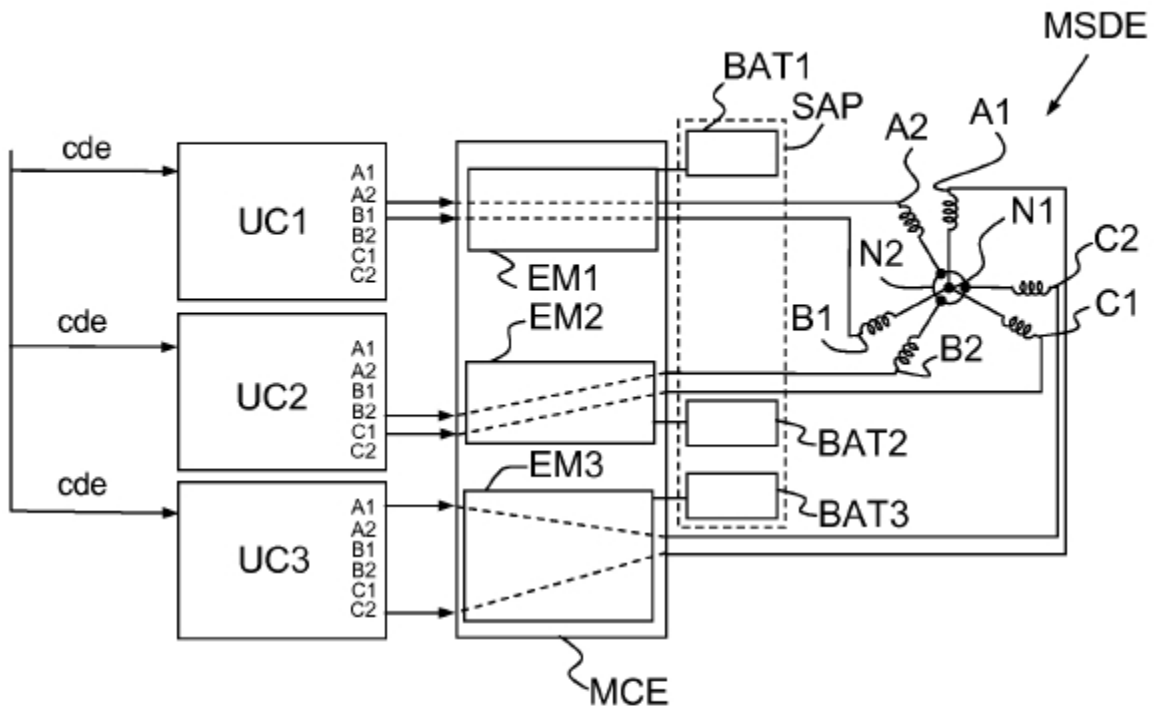


FIG.4

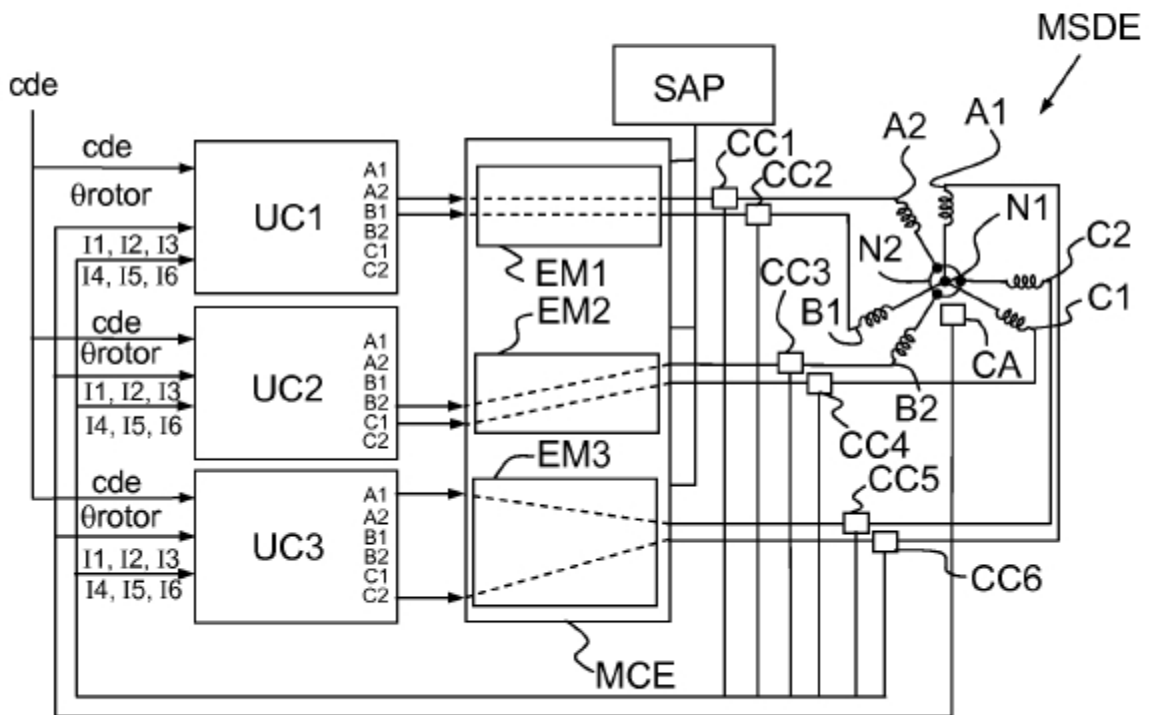


FIG.5