

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 830**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/27** (2006.01)

**H02M 5/297** (2006.01)

**H02M 7/483** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2012 E 12715391 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2700154**

54 Título: **Convertidor matricial y procedimiento para generar una tensión alterna en una segunda red de tensión alterna a partir de una tensión alterna en una primera red de tensión alterna por medio de un convertidor matricial**

30 Prioridad:

**19.04.2011 DE 102011007696**

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

**09.02.2016**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München , DE**

72 Inventor/es:

**DAVIES, MARK;  
DOMMASCHK, MIKE;  
LANG, JÖRG y  
WÜRFLINGER, KLAUS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 558 830 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

Convertidor matricial y procedimiento para generar una tensión alterna en una segunda red de tensión alterna a partir de una tensión alterna en una primera red de tensión alterna por medio de un convertidor matricial.

5 La presente invención se relaciona con un convertidor matricial, conectado por un lado, con una primera red de corriente alterna multifase y por otro lado, con una segunda red de corriente alterna multifase, con primeros elementos inductivos de circuito conectados en cada caso con la primera red de corriente alterna, y segundos elementos inductivos de circuito conectados en cada caso con la segunda red de corriente alterna, con una matriz de conmutación, que conecta los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito alejados de la primera red de corriente alterna con los extremos de los segundos elementos inductivos de circuito alejados de la segunda red de corriente alterna, consistiendo la matriz de conmutación en unidades convertidoras controlables, y con una disposición de regulación conectada con las entradas de regulación de las unidades convertidoras controlables, exponiéndose la disposición de regulación a los valores de corriente y tensión medidos de la primera y de la segunda red de corriente alterna.

15 Un convertidor matricial de este tipo se describe en el documento de patente US 6,900,998 B2. En este convertidor matricial conocido los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito en cada caso alejados de la primera red de corriente alterna multifase están conectados a través de en cada caso una unidad convertidora en forma de un módulo de conmutación multinivel con todos los extremos de los segundos elementos inductivos de circuito alejados de las segundas conexiones, para lo que en redes de corriente alterna trifásicas son en total necesarias nueve unidades convertidoras. La disposición de regulación del convertidor matricial conocido se expone a los valores de corriente y tensión medidos de la primera y de la segunda red de corriente alterna y se proyecta de forma que el convertidor matricial se controle empleando una modulación de dirección.

La presente invención se basa en el objeto de proponer un convertidor matricial, no sólo comparativamente sencillo de montar, sino también relativamente sencillo de controlar, para conectar dos redes de corriente alterna de diferentes niveles de tensión y/o diferente frecuencia.

25 Para resolver este objeto en el convertidor matricial del tipo indicado inicialmente se dispone conforme a la invención entre los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito alejados de la primera red de corriente alterna y potencial de tierra en cada caso una primera unidad convertidora en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna, entre los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito alejados de la primera red de corriente alterna y los extremos de los segundos elementos inductivos de circuito alejados de la segunda red de corriente alterna se conecta en cada caso una segunda unidad convertidora en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna; la disposición de regulación está conectada con entradas de regulación de la primera y de la segunda unidades convertidoras de tal manera que la potencia eléctrica que llega al convertidor matricial sea igual a la potencia eléctrica que abandona el convertidor matricial.

35 Una ventaja fundamental del convertidor matricial conforme a la invención consiste en que se monta de modo comparativamente sencillo, pues se las arregla en redes trifásicas de corriente alterna con sólo tres primeras unidades convertidoras y sólo tres segundas unidades convertidoras, o sea que en total precisa sólo seis unidades convertidoras. Otra ventaja esencial consiste en que la disposición de regulación puede implantarse de modo comparativamente sencillo, porque con ella el convertidor matricial sólo precisa controlarse de forma que la potencia eléctrica que llega al convertidor matricial sea igual a la potencia eléctrica que abandona el convertidor matricial, partiendo de la tensión en la primera red de corriente alterna puede ajustarse la tensión en la segunda red de corriente alterna a cualquier especificación correspondientemente deseada respecto a altura y/o frecuencia.

En el convertidor matricial conforme a la invención se pueden emplear unidades convertidoras controlables de diferente ejecución, si son apropiadas para formar, en caso del correspondiente control, fuentes controlables de corriente alterna.

45 Especialmente apropiadas como unidades convertidoras controlables en el convertidor matricial conforme a la invención son las unidades convertidoras multinivel. Estas pueden consistir, por ejemplo, en submódulos de semipuentes. Como especialmente favorable se considera, sin embargo, cuando las unidades convertidoras multinivel modulares consisten en submódulos de puentes en H, porque de este modo se asegura la posibilidad de desconexión y se posibilitan mayores grados de modulación.

50 Resulta especialmente ventajoso cuando los condensadores de los submódulos de puentes en H son condensadores de acumulación con muy alta capacidad en el rango de los faradios, calificados también como SuperCaps. Alternativamente se pueden conectar a los condensadores de ejecución convencional en los submódulos de puentes en H acumuladores de energía, como baterías, en paralelo. Por otro lado, se pueden conectar acumuladores de energía por regulador en el condensador del circuito intermedio.

Los elementos inductivos de circuito se pueden configurar también en el convertidor matricial conforme a la invención de diferente modo. Se considera especialmente favorable cuando los elementos inductivos de circuito son inductores, porque estos se pueden fabricar de manera comparativamente sencilla y, por consiguiente, son económicos.

- 5 En cada caso puede ser sin embargo también favorable cuando los elementos inductivos de circuito son transformadores, porque con ellos se puede optimizar la relación de transmisión del convertidor matricial completo; aparte de esto se pueden satisfacer con ellos requisitos particulares de aislamiento.

10 La invención se basa además en el objeto de realizar un procedimiento para generar una corriente alterna en una segunda red de corriente alterna multifase (N2) a partir de una corriente alterna multifase en una primera red de corriente alterna por medio de un convertidor matricial, que presenta una conexión a la primera red de corriente alterna y la segunda red de corriente alterna, en cada caso primeros elementos inductivos de circuito conectados con la primera red de corriente alterna, y en cada caso segundos elementos inductivos de circuito conectados con la segunda red de corriente alterna, una matriz de conmutación, que conecta los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito alejados de la primera red de corriente alterna con los extremos de los segundos elementos inductivos de circuito alejados de la segunda red de corriente alterna, consistiendo la matriz de conmutación en unidades convertidoras controlables, y una disposición de regulación conectada con las entradas de regulación de las unidades convertidoras controlables, exponiéndose la disposición de regulación a los valores de corriente y tensión medidos de la primera y de la segunda red de corriente alterna.

20 Un procedimiento de este tipo puede encontrarse en el documento de patente US 6,900,998 B2 ya indicado anteriormente. Partiendo de esto se prevé conforme a la invención, que en un convertidor matricial con en cada caso una primera unidad convertidora dispuesta entre los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito alejados de la primera red de corriente alterna y el potencial de tierra en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna y en cada caso una segunda unidad convertidora entre los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito alejados de la primera red de corriente alterna y los extremos de los segundos elementos inductivos de circuito alejados de la segunda red de corriente alterna en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna las unidades convertidoras se controlan por medio de la disposición de regulación de tal manera que la potencia eléctrica que llega al convertidor matricial sea igual a la potencia eléctrica que abandona el convertidor matricial.

25 Con este procedimiento se pueden obtener las ventajas, ya especificadas antes en relación con el convertidor conforme a la invención.

30 Configuraciones favorables del procedimiento conforme a la invención se deducen de las reivindicaciones 7 a 10.

Para la aclaración adicional de la invención se representa en

La Figura 1 un ejemplo de ejecución del convertidor matricial conforme a la invención con inductores como elementos inductivos de circuito y en

- 35 La Figura 2 una representación de principios del convertidor matricial conforme a la invención para una única fase para la explicación ulterior de su modo de operación.

En la Figura 1 se representa un convertidor matricial MU, conectado con una primera red de corriente alterna multifase N1 con los conductores de fase u1, v1 y w1. Por otro lado, el convertidor matricial MU se conecta también con los conductores de fase u2, v2 y w2 de una segunda red de corriente alterna multifase N2.

- 40 El convertidor matricial MU se conecta en primeras conexiones Ku1, Kv1 y Kw1 a los conductores de fase u1, v1 y w1 de la primera red de corriente alterna N1. Con estas primeras conexiones Ku1, Kv1 y Kw1 se conectan los primeros elementos inductivos de circuito Su1, Sv1 y Sw1 en cada caso con su extremo. Los extremos Eu1 y Ev1, así como Ew1 de los elementos inductivos de circuito Su1, Sv1 y Sw1 alejados de las primeras conexiones Ku1, Kv1 y Kw1 y, por tanto, de la primera red de corriente alterna N1 están conectados con en cada caso una primera unidad convertidora Uu1, Uv1 y Uw1 de una matriz de conmutación MA. Por el lado de la salida se conectan estas primeras unidades convertidoras Uu1, Uv1 y Uw1 en conjunto al potencial de tierra M.

- 45 Tal y como muestra además la Figura 1, los extremos Eu1, Ev1 y Ew1 de los primeros elementos inductivos de circuito Su1, Sv1 y Sw1 están también conectados con las segundas unidades convertidoras Uu2, Uv2 y Uw2, que se conectan a su vez por el lado de la salida a los extremos Eu2, Ev2 y Ew2 de los segundos elementos inductivos de circuito Su2, Sv2 y Sw2 alejados de la segunda red de corriente alterna N2. Estos elementos de circuito Su2, Sv2 y Sw2 se conectan a través de las segundas conexiones Ku2, Kv2 y Kw2 a la segunda red de corriente alterna N2.

La Figura 1 permite además identificar, que cada una de las unidades convertidoras Uu1, Uv1 y Uw1 o Uu2, Uv2 y Uw2 se ejecuta como convertidor multinivel modular con en cada caso un número n de submódulos SM, tal y como se conoce. Los submódulos SM se configuran como así llamada conexión de puentes en H, lo que asimismo se conoce y no precisa describirse aquí en detalle. Las conexiones de control de estos submódulos SM sólo se sugieren aquí también.

El número de submódulo SM en la primera y la segunda unidades convertidoras Uu1, Uv1 y Uw1 o Uu2, Uv2 y Uw2 se selecciona considerando la amplitud de tensión deseada en la segunda red de corriente alterna N2, cuando la primera red de corriente alterna N1 sea la red alimentadora.

De la Figura 1 puede deducirse además que al convertidor matricial MU se le asigna una disposición de regulación R, que se expone por el lado de entrada a los valores medidos de la primera y de la segunda red de corriente alterna N1 o N2. A tal fin se dispone en el conductor de fase u1 un transductor de corriente Stu1, al que la sucede un dispositivo de procesamiento del valor medido Mu1i, del que se transmite una corriente proporcional a la respectiva corriente en el conductor de fase u1 a una entrada Eu1i. La tensión en el conductor de fase u1 se registra por medio de un convertidor de tensión Spu1, al que le sucede un conversor del valor medido Mu1u. Una tensión proporcional a la tensión en el conductor de fase u1 llega a través de una entrada Eu1u a la disposición de regulación R. Otras entradas de la disposición de regulación R, sólo esquemáticamente representadas, se prevén para llevar de manera correspondiente los valores medidos de corriente y tensión en los conductores de fase v1 y w1 a la disposición de regulación R.

Correspondientemente se registran también valores medidos de corriente y tensión en los conductores de fase u2, v2 y w2 de la segunda red de corriente alterna N2, introduciendo a través de un transductor de corriente Stu2 y un dispositivo de procesamiento del valor medido Mu2i un valor de corriente a través de una entrada Eu2i de la disposición de regulación R; la correspondiente tensión en el conductor de fase u2 se introduce por medio de un transformador de tensión Spu2 con posterior dispositivo de procesamiento del valor medido Mu2u a través de otra entrada Eu2u del disposición de regulación R. Otras entradas indicadas sólo esquemáticamente en la disposición de regulación R sirven para registrar de manera correspondiente los valores medidos de corriente y tensión en los conductores de fase v2 y w2 e introducirlos en la disposición de regulación R para su procesamiento ulterior.

La disposición de regulación R está además provista de salidas de control SA1 a SAn, que se conectan de manera no representada a las diferentes entradas de control de los submódulos SM. En una correspondiente interpretación de la disposición de regulación R, los submódulos SM individuales se pueden controlar de forma que se formen dos fuentes de corriente alterna de la primera y segunda unidades convertidoras Uu1, Uv1 y Uw1 o Uu2, Uv2 y Uw2, que conduzcan a una corriente alterna con las deseadas altura y/o frecuencia en la red de corriente alterna N2; además por medio de la disposición de regulación R se cuida de que la potencia entrante en los convertidores matriciales MU desde la primera red de corriente alterna N1 sea igual a la potencia alimentada en la segunda red de corriente alterna N2.

Para la aclaración ulterior del modo de acción del convertidor matricial conforme a la invención sirve la Figura 2, en la que se aclara para ejemplificar en base a una fase el control del convertidor matricial. El convertidor MU1 aquí representado, que contiene por ejemplo mentalmente ambas unidades convertidoras Uu1 y Uu2 según la Figura 1, se encuentra, por un lado, en una primera red de corriente alterna N11 (por ejemplo, el conductor de fase u1 según la Fig. 1), en la que hay una tensión u1. El convertidor MU1 se expone a esta tensión U1. Una fuente de corriente alterna W2 del convertidor MU1 corresponde en el ejemplo seleccionado a la primera unidad convertidora Uu1 y produce otra tensión del convertidor Uc2; la fuente de corriente alterna W2 se encuentra conectada, por un lado, al potencial de tierra M y, por otro lado, con otra fuente de corriente alterna W3, que corresponde a la segunda unidad convertidora Uu2 según la Fig. 1. En esta otra fuente de corriente alterna W2 aparece una tensión del convertidor adicional Uc3. Mediante la disposición de regulación aquí no representada se emprende un control de las unidades convertidoras o de las fuentes de corriente alterna W2 y W3 de tal manera que la potencia P1 alimentada a través del estrangulador X1 (elemento inductivo de circuito Su1) por la red de corriente alterna N11 corresponda a la potencia P2 liberada a través del estrangulador X2 (segundo elemento inductivo de circuito Su2 según la Fig. 1) en la segunda red N2 con una tensión U2. Por consiguiente, se cuida siempre de que, considerando la diferencia entre la tensión U1 y la tensión U2, ambas potencias P1 y P2 sean igual de grandes, lo que puede representarse en forma de fórmula del siguiente modo:

$$P1 = \{U1 \cdot Uc1 \cdot \text{sen}(\delta1)\} / X1 \quad (1)$$

$$P2 = \{U2 \cdot Uc2 \cdot \text{sen}(\delta2)\} / X2 \quad (2)$$

En estas ecuaciones (1) y (2)  $\delta1$  y  $\delta2$  son las diferencias de fase en los elementos de circuito inductivos X1 y X2. La Tensión Uc1 se da mediante la ecuación (3):

$$U_{c1} = (U_{c2} + U_{c3}). \quad (3)$$

5 Esto deja claro que mediante el control del flujo de potencia es posible ajustar, para una tensión  $U_1$  dada anteriormente o tensión en el conductor de fase  $u_1$  conforme a la Fig. 1 mediante control de las fuentes de corriente alterna  $W_2$  y  $W_3$  o de la primera y la segunda unidad convertidora  $Uu_1$  y  $Uu_2$  la altura de tensión, fase y frecuencia de las tensiones  $U_{c2}$  y  $U_{c3}$  de forma que en la segunda red de corriente alterna  $N_{21}$  o  $N_2$  conforme a la Fig. 1 se origine la deseada tensión  $U_2$ .

**REIVINDICACIONES**

1. Convertidor matricial (MU), conectado, por un lado, con una primera red de corriente alterna multifase (N1) y, por otro lado, con una segunda red de corriente alterna multifase (N2),
- 5 • con en cada caso primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) conectados con la primera red de corriente alterna (N1), y en cada caso segundos elementos inductivos de circuito (Su2, Sv2, Sw2) conectados con la segunda red de corriente alterna (N2),
  - 10 • con una matriz de conmutación (MA), que conecta los extremos (Eu1, Ev1, Ew1) de los primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) alejados de la primera red de corriente alterna (N1) con los extremos (Eu2, Ev2, Ew2) de los segundos elementos inductivos de circuito (Su2, Sv2, Sw2) alejados de la segunda red de corriente alterna (N2), con lo que
  - la matriz de conmutación (MA) consiste en unidades convertidoras controlables (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2),
  - con una disposición de regulación (R) conectada con las entradas de regulación de las unidades convertidoras controlables (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2),
  - 15 • en donde se expone la disposición de regulación (R) a los valores de corriente y tensión medidos de la primera y de la segunda red de corriente alterna (N1, N2), y
  - en donde se conecta entre los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) alejados de la primera red de corriente alterna (N1) (Eu1, Ev1, Ew1) y los extremos de los segundos elementos inductivos de circuito (Su2, Sv2, Sw2) alejados de la segunda red de corriente alterna (N2) (Eu2, Ev2, Ew2) en cada caso una segunda unidad convertidora (Uu2, Uv2, Uw2) en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna,
  - 20 caracterizado porque
  - entre los extremos de los primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) alejados de la primera red de corriente alterna (N1) y potencial de tierra (M) se dispone en cada caso una primera unidad convertidora (Uu1, Uv1, Uw1) en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna, y
  - 25 • la disposición de regulación (R) se conecta con entradas de regulación de la primera y de la segunda unidades convertidoras (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2) de tal manera que la potencia eléctrica que llega al convertidor matricial (MU) sea igual a la potencia eléctrica que abandona el convertidor matricial (MU).
2. Convertidor matricial según la reivindicación 1, caracterizado porque
- la primera y la segunda unidades convertidoras (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2) son unidades convertidoras multinivel.
- 30 3. Convertidor matricial según la reivindicación 2, caracterizado porque
- las unidades convertidoras multinivel (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2) consisten en submódulos de puentes en H.
4. Convertidor matricial según la reivindicación 3, caracterizado porque
- los condensadores de los submódulos de puentes en H son condensadores de acumulación con capacidad muy alta (supercapacitores).
- 35 5. Convertidor matricial según la reivindicación 3, caracterizado porque
- a los condensadores de los submódulos de puentes en H se les conectan acumuladores de energía en paralelo.
6. Convertidor matricial según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque
- los elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1; Su2, Sv2, Sw2) son inductores.
- 40 7. Convertidor matricial según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque

- los elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1; Su2, Sv2, Sw2) son transformadores.

8. Procedimiento para generar una corriente alterna en una segunda red de corriente alterna multifase (N2) a partir de una corriente alterna multifase (N1) en una primera red de corriente alterna por medio de un convertidor matricial (MU), que presenta

- 5
- una conexión a la primera red de corriente alterna (N1) y la segunda red de corriente alterna (N2),

- en cada caso primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) conectados con la primera red de corriente alterna (N1), y en cada caso segundos elementos inductivos de circuito (Su2, Sv2, Sw2) conectados con la segunda red de corriente alterna (N2),

- 10
- una matriz de conmutación (MA), que conecta los extremos (Eu1, Ev1, Ew1) de los primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) alejados de la primera red de corriente alterna (N1) con los extremos (Eu2, Ev2, Ew2) de los segundos elementos inductivos de circuito (Su2, Sv2, Sw2) alejados de la segunda red de corriente alterna (N2),

- consistiendo la matriz de conmutación (MA) en unidades convertidoras controlables (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2),

- 15
- una disposición de regulación (R) conectada con las entradas de regulación de las unidades convertidoras controlables (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2),

- exponiéndose la disposición de regulación (R) a los valores de corriente y tensión medidos de la primera y de la segunda red de corriente alterna (N1, N2),

caracterizado porque

- 20
- en un convertidor matricial (MU) con extremos (u1, Ev1, Ew1) de los primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) alejados en cada caso de la primera red de corriente alterna (N1) de una primer unidad convertidora (Uu1, Uv1, Uw1) dispuesta entre la primera red de corriente alterna (N1) y potencial de tierra (M) en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna y en cada caso de una segunda unidad convertidora (Uu2, Uv2, Uw2) conectado entre los extremos (Eu1, Ev1, Ew1) de los primeros elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1) alejados de la primera red de corriente alterna (N1) y los extremos (u2, Ev2, Ew2) de los segundos elementos inductivos de circuito (Su2, Sv2, Sw2) alejados de la segunda red de corriente alterna (N2) en una ejecución como fuente controlable de corriente alterna, las unidades convertidoras (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2) se controlan por

25

medio de la disposición de regulación (R) de tal manera que la potencia eléctrica que llega al convertidor matricial (MU) sea igual a la potencia eléctrica que abandona el convertidor matricial (MU).

9. Procedimiento según la Reivindicación 8, caracterizado porque

- 30
- como primera y segunda unidades convertidoras (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2) se usan unidades convertidoras multinivel.

10. Procedimiento según la Reivindicación 9, caracterizado porque

- como unidades convertidoras multinivel (Uu1, Uv1, Uw1; Uu2, Uv2, Uw2) se utilizan submódulos de puentes en H.

11. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque

- 35
- como elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1; Su2, Sv2, Sw2) se emplean inductores.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque

- como elementos inductivos de circuito (Su1, Sv1, Sw1; Su2, Sv2, Sw2) se utilizan transformadores.

FIG 1

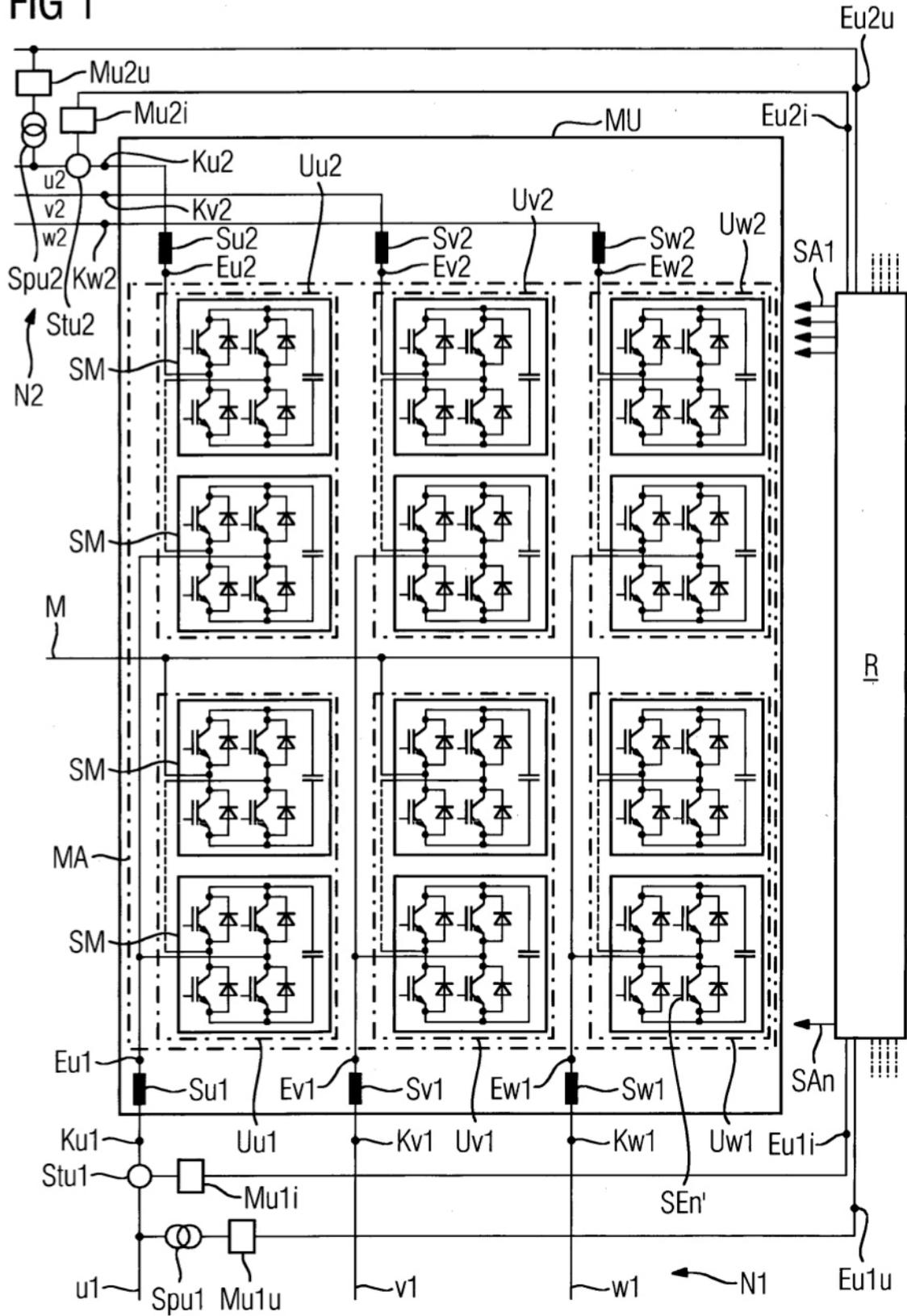


FIG 2

