

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 554**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

G05F 1/70 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2011 PCT/EP2011/068166**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2012 WO12052424**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2011 E 11773713 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2617114**

54 Título: **Equipo de suministro de corriente para una carga no lineal, variable en el tiempo**

30 Prioridad:

19.10.2010 EP 10187992

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

29.11.2019

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

WONG, KWOK TUNG

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 733 554 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

Equipo de suministro de corriente para una carga no lineal, variable en el tiempo

La presente invención se refiere a un equipo de suministro de corriente para una carga no lineal, variable en el tiempo,

- 5 - donde el equipo de suministro de corriente presenta un sistema de corriente con varias fases,
- donde a las fases del sistema de corriente están conectados la carga no lineal, variable en el tiempo, y un compensador de potencia reactiva,
- donde el compensador de potencia reactiva está realizado como convertidor multinivel con varios tramos,
- donde los tramos del convertidor multinivel están conectados por un lado con cada una de las fases del sistema
- 10 de corriente y, por otro lado, entre sí en un punto neutro común,
- donde el equipo de suministro de corriente presenta un circuito de filtrado, a través del cual son filtrables los componentes armónicos de las corrientes de carga y de convertidor,
- donde el circuito de filtrado presenta varios tramos.

15 Las cargas no lineales, variables en el tiempo, como, por ejemplo, los hornos de arco eléctrico de corriente trifásica, pueden tener como consecuencia perturbaciones del sistema considerables, en particular, las llamadas fluctuaciones. Por este motivo, las instalaciones de suministro de corriente para cargas no lineales, variables en el tiempo, presentan por regla general un compensador de potencia reactiva. El compensador de potencia reactiva está conectado en paralelo a la carga no lineal, variable en el tiempo. En el caso más sencillo, el compensador de potencia reactiva puede estar realizado como el llamado TCR (reactor controlado por tiristores), véase, a modo de

20 ejemplo, el documento EP 0 847 612 B1.

Un equipo de suministro de corriente del tipo mencionado al inicio es conocido, por ejemplo, por el documento DE 10 2008 049 610 A1 y por el documento EP 2 202 863 A1.

En el estado de la técnica, se ha mencionado de manera expresa que el convertidor multinivel puede estar conectado de manera alternativa a las fases del sistema de corriente en conexión en estrella o en triángulo. Sin embargo, el convertidor multinivel siempre está en la práctica conectado a las fases del sistema de corriente en conexión en triángulo. La razón de ello consiste en que el convertidor multinivel ha de absorber energía en un momento determinado a través de uno de sus tramos y a la vez debe emitir energía a través de otro de sus tramos. Tanto en el caso de una conexión en triángulo como de una conexión en estrella, esto puede provocar con mucha rapidez que se excedan los límites de tensión permisibles, que tienen como consecuencia el bloqueo del convertidor multinivel.

25

30

Sin embargo, en una conexión del convertidor multinivel en conexión en triángulo, es conocido que se respeten los límites de tensión a través de que dentro del circuito formado por los tramos del convertidor multinivel se genere un flujo de corriente correspondiente que mantenga las tensiones que se produzcan en el marco admisible. Un flujo de corriente cero de este tipo no es posible sin más en una conexión en estrella.

35 Asimismo, se conoce prever dentro del convertidor multinivel un circuito de tensión alterna accionado por alta frecuencia, el cual conecte entre sí los circuitos de tensión continua individuales de todos los módulos de todos los tramos del convertidor multinivel. El intercambio de energía se produce en este diseño a través de una transformación tensión continua-tensión alterna junto con transformación tensión alterna-tensión continua dispuesta a continuación. Este diseño del convertidor multinivel es utilizable tanto en conexión en triángulo como en conexión

40 en estrella. Sin embargo, el diseño del convertidor multinivel es muy complejo en este caso. Asimismo, la transferencia de energía posible por unidad de tiempo es relativamente escasa.

Por el documento WO 2010/115471 A1, se conoce un equipo de suministro de corriente para una carga no lineal, variable en el tiempo,

- 45 - donde el equipo de suministro de corriente presenta un sistema de corriente con varias fases,
- donde a las fases del sistema de corriente están conectados la carga no lineal, variable en el tiempo, y un compensador de potencia reactiva,
- donde el compensador de potencia reactiva está realizado como convertidor multinivel con varios tramos,
- donde los tramos del convertidor multinivel están conectados por un lado con cada una de las fases del sistema de corriente y, por otro lado, entre sí en un punto neutro común.

50 En este equipo de suministro de corriente, el punto neutro común del convertidor multinivel está conectado con un punto neutro de un transformador en zigzag, de modo que el punto neutro común del convertidor multinivel está conectado con las fases del sistema de corriente tanto a través de los tramos del convertidor multinivel como a través del transformador en zigzag. La conexión a través del transformador en zigzag está configurada de tal modo

que con respecto al sistema de secuencia cero de corriente del sistema de corriente existe una conexión de bajo ohmiaje y con respecto al sistema de secuencia positiva de corriente del sistema de corriente y al sistema de secuencia negativa de corriente del sistema de corriente existe una conexión de alto ohmiaje del punto neutro común del convertidor multinivel con las fases del sistema de corriente.

- 5 El objetivo de la presente invención consiste en configurar un equipo de suministro de corriente del tipo mencionado al inicio de tal modo que el convertidor multinivel sea accionable fácilmente con un funcionamiento seguro sin requerir un bobinado en zigzag.

Este objetivo se consigue mediante un equipo de suministro de corriente con las características de la reivindicación 1. Los diseños ventajosos del equipo de suministro de corriente según la invención son el objeto de las reivindicaciones dependientes 2 a 5.

De acuerdo con la invención, está previsto que un equipo de suministro de corriente del tipo mencionado al inicio se configure de tal modo que

- los tramos del circuito de filtrado estén conectados por un lado con cada una de las fases del sistema de corriente y, por otro lado, entre sí en un punto neutro común del circuito de filtrado,
- 15 - el punto neutro común del convertidor multinivel esté conectado con el punto neutro del circuito de filtrado, de modo que el punto neutro común del convertidor multinivel esté conectado con las fases del sistema de corriente tanto a través de los tramos del convertidor multinivel como a través del circuito de filtrado, y
- la conexión a través del circuito de filtrado esté configurada de tal modo que con respecto al sistema de secuencia cero de corriente del sistema de corriente exista una conexión de bajo ohmiaje y con respecto al sistema de secuencia positiva de corriente del sistema de corriente y al sistema de secuencia negativa de corriente del sistema de corriente exista una conexión de alto ohmiaje del punto neutro común del convertidor multinivel con las fases del sistema de corriente.

Preferentemente, entre el punto neutro común del circuito de filtrado y el punto neutro común del convertidor multinivel está dispuesto un estrangulador. El estrangulador puede estar dimensionado en particular de tal modo que la impedancia combinada del estrangulador y el circuito de filtrado sea cero.

Por regla general, adicionalmente al circuito de filtrado mencionado anteriormente, el equipo de suministro de corriente presenta al menos otro circuito de filtrado, a través del cual son filtrables también los componentes armónicos de las corrientes de carga y de convertidor.

La cantidad de fases del sistema de corriente puede estar determinada en función de las necesidades. Por regla general, hay tres fases.

Otras ventajas y particularidades se obtienen a partir de la siguiente descripción de ejemplos de realización en relación con los dibujos. Muestran en representación esquemática:

FIG 1 la estructura básica de un equipo de suministro de corriente para una carga no lineal, variable en el tiempo,

35 FIG 2 y 3 en cada caso, un posible diseño del equipo de suministro de corriente de la FIG 1, y

FIG 4 un diseño posible según la invención del equipo de suministro de corriente de la FIG 1.

De acuerdo con la FIG. 1, una carga no lineal, variable en el tiempo 1 está realizada (meramente a modo de ejemplo) como horno de arco eléctrico. Al horno de arco eléctrico 1 se le suministra energía eléctrica a través de un sistema de corriente 2. El sistema de corriente 2 presenta varias fases 3. El horno de arco eléctrico 1 está conectado a las fases 3 del sistema de corriente 2. La cantidad de fases 3 puede estar determinada en función de las necesidades. Por regla general, y de manera correspondiente con la representación de la FIG 1, hay tres fases 3.

La tensión que se aplica al horno de arco eléctrico 1 es relativamente baja por regla general. Ésta se encuentra normalmente en el intervalo de entre varios cientos de voltios y dos kilovoltios. Por el contrario, la tensión del sistema de corriente 2 es considerablemente mayor por regla general. Generalmente, se encuentra en el intervalo de los kilovoltios de dos cifras o apenas por encima. Las tensiones habituales del sistema de corriente 2 son 11 kilovoltios, 30 kilovoltios y 110 kilovoltios. Por lo tanto, entre el horno de arco eléctrico 1 y las fases 3 del sistema de corriente 2 está dispuesto un transformador de horno. Sin embargo, en el marco de la presente invención, el transformador de horno solo tiene una importancia secundaria, por lo que no aparece representado en la FIG 1.

El sistema de corriente 2 puede ser sistema de corriente externo de mayor tamaño. De manera alternativa, puede tratarse de un sistema de corriente interno del usuario del horno de arco eléctrico 1. En el caso de un sistema de

corriente interno, puede tratarse de un sistema de corriente autónomo. De manera alternativa, el equipo de suministro de corriente puede presentar un transformador de red 4 a través del cual se le puede suministrar energía eléctrica de una red externa a las fases 3 del sistema de corriente 2. La red externa puede presentar una tensión relativamente elevada de, por ejemplo, 110 kilovoltios o 380 kilovoltios.

5 A las fases 3 del sistema de corriente 2 está además conectado un compensador de potencia reactiva 5. El compensador de potencia reactiva 5 está realizado como convertidor multinivel con varios tramos 6. De acuerdo con la FIG 1, los tramos 6 del convertidor multinivel 5 están conectados por un lado con cada una de las fases 3 del sistema de corriente 2 y, por otro lado, entre sí en un punto neutro 7 común.

10 Los convertidores multinivel 5 son conocidos en general como tales. En ellos, cada tramo 6 se compone de una conexión en serie multinivel de módulos, donde cada módulo comprende un condensador de almacenamiento e interruptores semiconductores de conmutación autónoma. La expresión "de conmutación autónoma" significa que los interruptores semiconductores son conectables y desconectables por señales de control suministradas desde fuera a los interruptores semiconductores. Los interruptores semiconductores de conmutación autónoma pueden estar realizados, por ejemplo, como IGBT o como tiristores GTO. Por lo tanto, la expresión "de conmutación autónoma" se encuentra en contraposición a la expresión "dirigido por la red". Esta expresión significa que el elemento de conexión respectivo puede ser conectado de manera dirigida, pero no puede ser desconectado por una señal de control externa. Un ejemplo de un elemento de conexión semiconductor dirigido por la red es un tiristor "normal".

20 Los interruptores semiconductores de cada módulo son conectables con independencia de los interruptores semiconductores de los otros módulos del mismo tramo 6 y de los otros tramos 6. Dependiendo del estado de conexión respectivo de los interruptores semiconductores del módulo correspondiente, el condensador de almacenamiento respectivo del módulo respectivo está puentado o activo de manera alternativa. A modo de ejemplo de los documentos US 6 075 350 A y EP 2 202 863 A1, se pueden extraer detalles relativos a la estructura, modo de funcionamiento y accionamiento del convertidor multinivel 5.

25 Por regla general, el equipo de suministro de corriente también presenta al menos un circuito de filtrado 8, 9. En la FIG 1, aparecen representados dos de tales circuitos de filtrado 8, 9. A través de cada circuito de filtrado 8, 9 son filtrables los componentes armónicos de las corrientes de carga y de convertidor. Los componentes armónicos están causados por el funcionamiento del horno de arco eléctrico 1.

30 Cada circuito de filtrado 8, 9 está configurado para una frecuencia de filtrado determinada. Cada circuito de filtrado 8, 9 presenta varios tramos 10, 11. Cada tramo 10, 11 del circuito de filtrado 8, 9 correspondiente está conectado por un lado con cada una de las fases 3 del sistema de corriente 2. Asimismo, los tramos 10, 11 del circuito de filtrado 8, 9 correspondiente están conectados entre sí en un punto neutro 12, 13 común respectivo del circuito de filtrado 8, 9 respectivo.

35 En los circuitos de filtrado 8, 9, se acumula una potencia de filtrado correspondiente que ha de ser compensada. Por regla general, las potencias de filtrado de los circuitos de filtrado 8, 9 son diferentes entre sí. Los circuitos de filtrado 8, 9 están configurados para la potencia de filtrado a compensar en cada caso.

40 Los tramos 6 individuales del convertidor multinivel 5 deben alojar y emitir corrientes. Las corrientes que fluyen en los tramos 6 particulares del convertidor multinivel 5 son diferentes entre sí por regla general. En contraposición a una conexión en triángulo de los tramos 6, en la que los tramos 6 del convertidor multinivel 5 están conectados en cada caso con dos de las fases 3 del sistema de corriente 2, una corriente de circuito dentro del convertidor multinivel 5 no es posible, o bien, al menos no es posible sin más. En relación con las FIG 2 a 4, a continuación se explican diseños del equipo de suministro de corriente de la FIG 1 en los que la corriente cero (indicada con I_0 en las FIG 2 a 4) puede ponerse en práctica de otro modo.

45 De acuerdo con las FIG 2 y 3, hay un bobinado en zigzag 14. El bobinado en zigzag 14 está conectado a las fases 3 del sistema de corriente 2. En el diseño de acuerdo con la FIG 2, el bobinado en zigzag 14 está incorporado como bobinado secundario en el transformador de red 4. Por lo tanto, asume la función "normal" del bobinado secundario consistente en alimentar las fases 3 del sistema de corriente 2 desde la red externa. En el diseño de acuerdo con la FIG 3, el bobinado en zigzag 14 está realizado como transformador en zigzag diferente con respecto al transformador de red 4.

50 También el sistema de secuencia cero de corriente presenta tres vectores de igual amplitud, denominados a continuación A", B" y C". El desplazamiento de fase de los vectores A", B" y C" de manera relativa entre sí es cero. Por lo tanto, los vectores A", B" y C" rotan de manera cofásica. Éstos rotan en la misma dirección que los vectores A, B, C del sistema de secuencia positiva de corriente.

Las corrientes descritas a través de los vectores A, A' y A" fluyen en una de las fases 3 del sistema de corriente 2. Las corrientes B, B' y B" fluyen en otra de las fases 3 del sistema de corriente 2. Las corrientes C, C' y C" fluyen en

la tercera de las fases 3 del sistema de corriente 2.

5 Las amplitudes de los vectores A, B, C del sistema de secuencia positiva de corriente, de los vectores A', B', C' del sistema de secuencia negativa de corriente y de los vectores A", B", C" del sistema de secuencia cero de corriente pueden ser diferentes. También los ángulos de fase del vector A con respecto al vector A' y con respecto al vector A" pueden ser diferentes entre sí. El sistema de secuencia positiva de corriente, el sistema de secuencia negativa de corriente y el sistema de secuencia cero de corriente definen conjuntamente las corrientes que fluyen en las fases 3 del sistema de corriente 2.

10 En el diseño de la FIG 2, el punto neutro 15 (común) del bobinado en zigzag 14 puede estar puesto a tierra. En el diseño de la FIG 3, uno de los dos puntos neutros 15, 16 del transformador de red 4 y el transformador en zigzag 14 puede estar puesto a tierra. Como alternativa, en el diseño de la FIG 3 es posible que ninguno de los dos puntos neutros 15, 16 del transformador de red 4 y el transformador en zigzag 14 esté puesto a tierra. Sin embargo, no deberían estar puestos a tierra los dos puntos neutros 15, 16.

15 Como alternativa a la presencia de un bobinado en zigzag (véanse los diseños según la FIG 2 y FIG 3), según la FIG 4 es posible de acuerdo con la invención que el punto neutro 7 común del convertidor multinivel 5 esté conectado con el punto neutro 12, 13 de uno de los circuitos de filtrado 8, 9. En el diseño de acuerdo con la FIG 4, el punto neutro 7 común del convertidor multinivel 5 está por tanto conectado con las fases 3 del sistema de corriente 2 a través de los tramos 6 del convertidor multinivel 5 por un lado y, por otro lado, a través del circuito de filtrado 8 correspondiente.

20 También en el diseño de acuerdo con la FIG 4, la conexión a través del circuito de filtrado 8 correspondiente está configurada de tal modo que (en relación con esta conexión) con respecto al sistema de secuencia cero de corriente del sistema de corriente 2 existe una conexión de bajo ohmiaje y con respecto al sistema de secuencia positiva de corriente del sistema de corriente 2 y al sistema de secuencia negativa de corriente del sistema de corriente 2 existe una conexión de alto ohmiaje del punto neutro 7 común del convertidor multinivel 5 con las fases 3 del sistema de corriente 2. Para este fin, a modo de ejemplo y de manera correspondiente a la FIG 4, puede haber dispuesto un estrangulador 17 entre el punto neutro 12 común del circuito de filtrado 8 y el punto neutro 7 común del convertidor multinivel 5. El estrangulador 17 puede estar dimensionado en particular de tal modo que la impedancia combinada del estrangulador 17 y el circuito de filtrado 8 sea cero.

30 La presente invención presenta numerosas ventajas. En particular, la carga de tensión del convertidor multinivel 5 es menor en el diseño de acuerdo con la invención que en una conexión en triángulo en el factor 1,7320. Por lo tanto, el equipo de suministro de corriente de acuerdo con la invención puede ponerse en práctica con la misma eficiencia de manera considerablemente más económica que un equipo de suministro de corriente comparable del estado de la técnica. En nuevas instalaciones en las que el bobinado en zigzag 14 pueda ser incorporado como bobinado secundario en el transformador de red 4, son posibles ahorros de entre el 20 % y el 40 %. También es posible que haya un ahorro en el caso de un equipamiento posterior, también si aquél es algo menor.

35 La descripción anterior sirve exclusivamente para explicar la presente invención. En cambio, el alcance de la protección de la presente invención ha de estar determinado exclusivamente por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Equipo de suministro de corriente para una carga no lineal, variable en el tiempo (1),

- donde el equipo de suministro de corriente presenta un sistema de corriente (2) con varias fases (3),
- donde a las fases (3) del sistema de corriente (2) está conectados la carga no lineal, variable en el tiempo (1), y un compensador de potencia reactiva (5),
- donde el compensador de potencia reactiva (5) está realizado como convertidor multinivel con varios tramos (6),
- donde los tramos (6) del convertidor multinivel (5) están conectados por un lado con cada una de las fases (3) del sistema de corriente (2) y, por otro lado, entre sí en un punto neutro (7) común,
- donde el equipo de suministro de corriente presenta un circuito de filtrado (8), a través del cual son filtrables los componentes armónicos de las corrientes de carga y de convertidor,
- donde el circuito de filtrado (8) presenta varios tramos (10),

caracterizado por que

- los tramos (10) del circuito de filtrado (8) están conectados por un lado con cada una de las fases (3) del sistema de corriente (2) y, por otro lado, entre sí en un punto neutro (12) común del circuito de filtrado (8),
- el punto neutro (7) común del convertidor multinivel (5) está conectado con el punto neutro (12) del circuito de filtrado (8), de modo que el punto neutro (7) común del convertidor multinivel (5) está conectado con las fases (3) del sistema de corriente (2) tanto a través de los tramos (6) del convertidor multinivel (5) como a través del circuito de filtrado (8), y
- la conexión a través del circuito de filtrado (8) está configurada de tal modo que con respecto al sistema de secuencia cero de corriente del sistema de corriente (2) existe una conexión de bajo ohmiaje y con respecto al sistema de secuencia positiva de corriente del sistema de corriente (2) y al sistema de secuencia negativa de corriente del sistema de corriente (2) existe una conexión de alto ohmiaje del punto neutro (7) común del convertidor multinivel (5) con las fases (3) del sistema de corriente (2).

2. Equipo de suministro de corriente según la reivindicación 1,

caracterizado por que

entre el punto neutro (12) común del circuito de filtrado (8) y el punto neutro (7) común del convertidor multinivel (5) está dispuesto un estrangulador (17).

3. Equipo de suministro de corriente según la reivindicación 2,

caracterizado por que

el estrangulador (17) está dimensionado de tal modo que la impedancia combinada del estrangulador (17) y el circuito de filtrado (8) es cero.

4. Equipo de suministro de corriente según la reivindicación 1, 2 o 3,

caracterizado por que

el equipo de suministro de corriente presenta al menos otro circuito de filtrado (9), a través del cual son filtrables los componentes armónicos de las corrientes de carga y de convertidor.

5. Equipo de suministro de corriente según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado por que

el número de fases (3) del sistema de corriente (2) es tres.

FIG 1

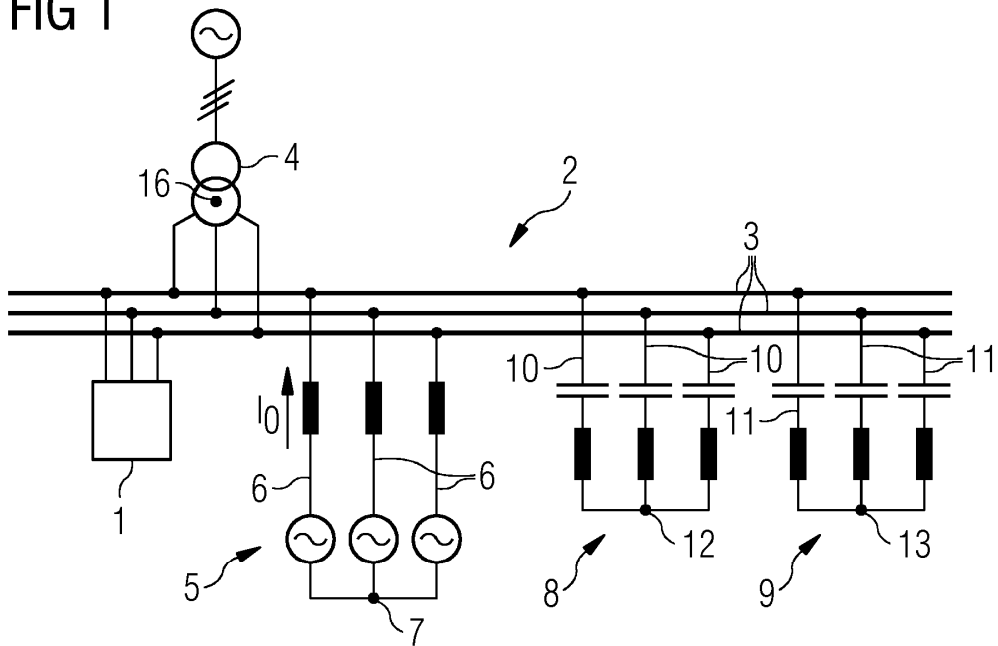


FIG 2

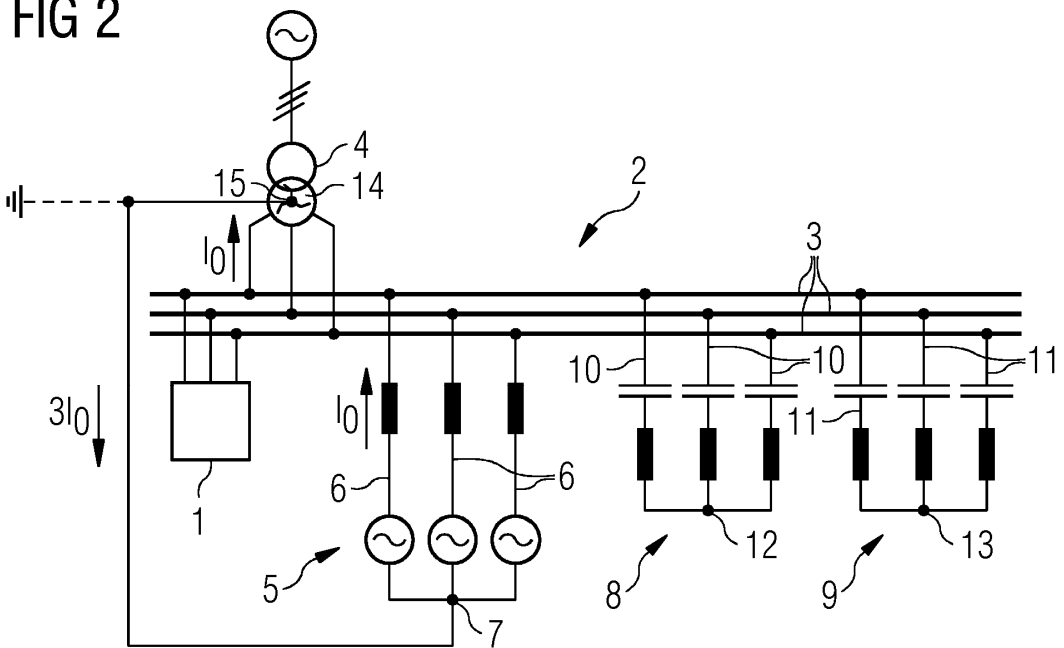


FIG 3

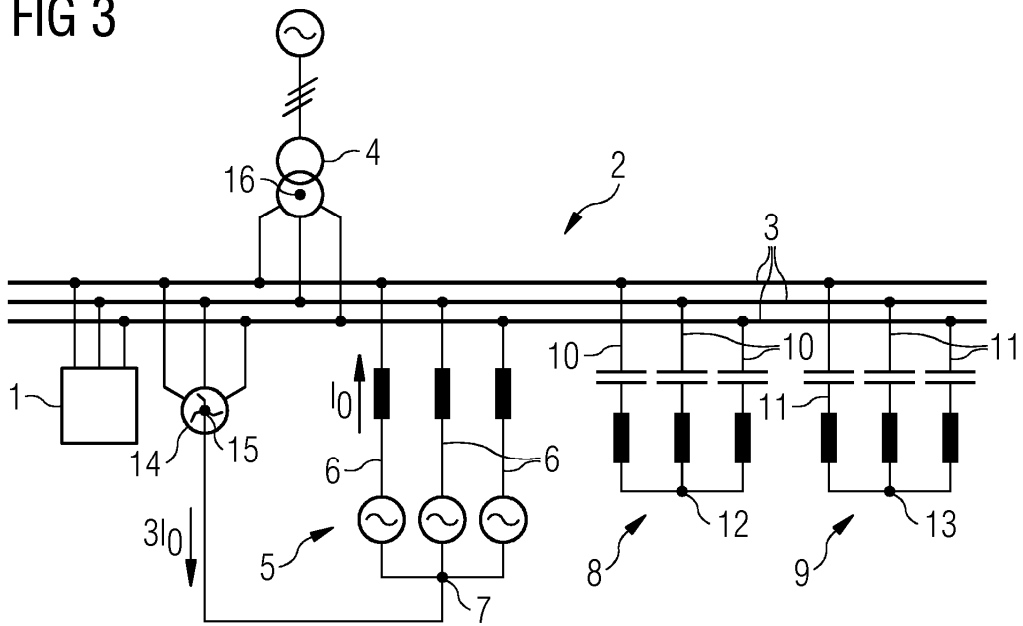


FIG 4

