

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 720**

51 Int. Cl.:

H02M 5/458 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)

H02M 1/32 (2007.01)

H02H 11/00 (2006.01)

H02H 7/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2002 E 02017833 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2013 EP 1315264**

54 Título: **Procedimiento para vigilar la conexión a tierra de un accionamiento de convertidor de corriente**

30 Prioridad:

27.09.2001 DE 10148740

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

23.12.2013

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)
POSTFACH 12 60
83292 TRAUNREUT, DE**

72 Inventor/es:

**HUBER, NORBERT y
RITZ, FRANZ**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 435 720 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

Procedimiento para vigilar la conexión a tierra de un accionamiento de convertidor de corriente

5 La invención se refiere a un procedimiento para vigilar la conexión a tierra de un accionamiento de convertidor de corriente.

10 Por el documento WO 01/06272 A1 se conoce un procedimiento para un convertidor con el que se puede llevar a cabo, antes de la operación propiamente dicha del convertidor, una prueba de cortocircuitos en los interruptores de semiconductores del convertidor. Para este fin se intenta cargar el circuito intermedio del convertidor con una conexión de carga. Sin embargo, así no se puede detectar una conexión a tierra en el motor conectado.

15 Por el documento US-A-4 253 056 se conoce un detector de conexión a tierra que está compuesto de una conexión de detección conectada de manera paralela a una carga y una fuente de tensión continua. La conexión de detección presenta dos separadores de tensión, cada uno con dos resistencias conectadas en serie, cuya conexión se conecta en cada caso a una entrada de un comparador de tensión. Además, las entradas de comparador se conectan en cada caso por medio de un diodo, que está polarizado en dirección de paso opuesta entre ellas, con potencial de masa o de tierra. Una conexión a tierra que se presenta en el circuito de tensión continua cambia la polaridad en las entradas de comparador y produce una señal de salida del comparador de tensión para indicar la conexión a tierra.

20 Sin embargo, el detector de conexión a tierra conocido indica una conexión a tierra en el circuito de carga solamente en una carga conectada ya en una fuente de tensión continua, es decir, durante la operación en marcha y no antes de conectar la carga a la fuente de tensión de alimentación. Pero si ya existe una conexión a tierra antes de conectar la carga con la fuente de tensión de alimentación, esto puede llevar debido a elevadas corrientes de falla a una destrucción de componentes, en particular, a la destrucción de componentes electrónicos para controlar interruptores de potencia de semiconductores. Esto se explicará haciendo referencia a un convertidor de circuito intermedio representado en la figura 1 para alimentar un motor de corriente trifásica desde una red de corriente trifásica.

30 El convertidor de circuito intermedio trifásico 3, 4, 5 representado en la figura 1 se compone de un rectificador de carga 3 con diodos de carga dispuestos en una conexión de puente de corriente trifásica 31, 32, un circuito intermedio de corriente continua 4 con una resistencia de carga o una fuente de corriente constante 41, un condensador de circuito intermedio 40 y una resistencia de circuito intermedio 42 dispuesta de manera paralela al condensador de circuito intermedio 40 así como un interruptor de potencia de semiconductor 5 con interruptores de semiconductores 51 a 56 dispuestos igualmente en una conexión de puente de corriente trifásica, configurados como IGBT en conjunto, de manera paralela a sus conexiones de carga están conectados diodos de paso libre 61 a 66, los cuales están polarizados de manera no paralela a la dirección de paso de los interruptores de semiconductores 51 a 56. Del lado de entrada, el convertidor de circuito intermedio 3, 4, 5 por medio de un relé de carga 2 está conectado a una red de corriente trifásica de alimentación con las fases L1, L2 y L3 y del lado de salida por medio de las fases R, S y T alimenta a un motor de corriente trifásica 7.

45 El condensador de circuito intermedio 40 se alimenta por medio de la resistencia de carga o la fuente de corriente constante 41, respectivamente, nivela la tensión de salida del rectificador de carga 3 y almacena la energía de circuito intermedio. A este respecto, la resistencia de carga o la fuente de corriente constante 41 limita la corriente de conexión, puesto que el condensador de circuito intermedio por lo general muy grande 40 en estado no cargado actúa como un cortocircuito que causa una corriente de conexión muy elevada. Esta última llevaría a una destrucción de componentes del convertidor de circuito intermedio, entre otros el relé de carga 2, el rectificador 3, el condensador de circuito intermedio 40, uno o más diodos de paso libre 61 a 66, fusibles preconnectados y/o de vías conductoras de la platina de circuito de conexión.

50 La electrónica de control conectada a las conexiones de control de los interruptores de potencia de semiconductores 51 a 56 determina la frecuencia de control y por medio de las superficies de tiempo de corriente y tensión determina la tensión del motor del lado de la salida o la corriente del motor, en donde el control de las fases de motor individuales R, S, T se realiza en una modulación de amplitud de impulsos. A este respecto, los diodos de paso libre 61 a 66 conectados de manera no paralela a la dirección de paso de los interruptores de potencia de semiconductores 51 a 56 se encargan del flujo de corriente cuando se desconecta el interruptor de potencia de semiconductor asignado a ellos 51 a 56.

60 En el ejemplo de realización representado en la figura 1 al estar cargado el condensador de circuito intermedio 40 en la conexión negativa -UZ del condensador de circuito intermedio 40 existe, por ejemplo, una tensión de -280 V y en la conexión positiva +UZ del condensador de circuito intermedio 40 existe una tensión de +280 V frente al potencial de masa o de tierra. Si se conectan los tres interruptores de fase del relé de carga 2 y así el rectificador de carga 3 en la red de corriente trifásica de alimentación 1, el rectificador de carga 3 genera en el lado de tensión continua una tensión de aproximadamente 560 V que cae por completo en la resistencia de carga 41 puesto que el condensador de circuito intermedio 40 durante la conexión todavía está descargado y por eso actúa como cortocircuito. La resistencia de carga 41 limita la corriente de carga poco después de la conexión del relé de carga 2 y ambas

conexiones +UZ y -UZ del condensador de circuito intermedio 40 se encuentran en este momento de conexión en -280 V frente al potencial de masa o de tierra. Con el aumento de la carga del condensador de circuito intermedio 40 aumenta el potencial de la conexión positiva +UZ del condensador de circuito intermedio 40 a +280 V.

5 Si antes o durante del procedimiento de conexión se presenta una conexión a tierra en una fase o en varias fases R, S, T antes de que el condensador de circuito intermedio 40 esté cargado, la conexión positiva +UZ del condensador de circuito intermedio 40 es en hasta 280 V más negativa que el potencial de masa o de tierra. A través de esto, cuando se cierra el relé de carga 2 fluye una corriente de cortocircuito por medio de uno de los diodos de paso libre 57 a 62, el condensador de circuito intermedio 40 y un diodo de ambos ramales de diodos 31, 32 del rectificador de carga, es decir, fluye una corriente de cortocircuito entre la conexión positiva +UZ del condensador de circuito intermedio 40 y el potencial de masa o de tierra que carga repentinamente el condensador de circuito intermedio 40, de modo que existe el peligro antes mencionado de la destrucción de componentes del rectificador de circuito intermedio.

15 La figura 1 muestra en líneas punteadas una conexión a tierra de la fase T que durante el cierre del relé de carga 2 lleva a que el diodo de paso libre 65 se vuelve conductor, de modo que una corriente de cortocircuito fluye por el diodo de paso libre 65, el condensador de circuito intermedio 40 y los diodos de carga 32 del rectificador de carga 3, lo que puede llevar a la destrucción descrita anteriormente de la electrónica de control del convertidor de circuito intermedio.

20 La presente invención tiene como objetivo proveer un procedimiento para vigilar la conexión a tierra de un accionamiento de convertidor de corriente de la clase mencionada inicialmente que detecta una conexión a tierra antes de conectar el convertidor de corriente con una fuente de tensión de alimentación con medios técnicos sencillos de conexión.

25 Este objetivo se logra de acuerdo con la invención a través de las características de la reivindicación 1.

30 El procedimiento de acuerdo con la invención hace posible detectar una conexión a tierra en la salida del accionamiento de convertidor de corriente con una conexión eléctrica sencilla de antemano y emitir una señal correspondiente que indica la conexión a tierra o que bloquea un cierre de un interruptor de tensión de red.

35 La solución de acuerdo con la invención se basa en el conocimiento de que ya antes de cerrar el dispositivo de conexión, es decir antes de conectar el convertidor de corriente con la fuente de tensión de alimentación se verifica si se puede desplazar el potencial de la conexión negativa del condensador de carga o de circuito intermedio. Si no es posible un desplazamiento de la conexión negativa del condensador de carga de circuito intermedio, entonces existe una conexión a tierra en una de las fases de carga, mientras que con una conexión de carga intacta la tensión de verificación superpuesta al potencial de la conexión negativa del condensador de carga o de circuito intermedio lleva a un desplazamiento correspondiente del potencial de la conexión negativa, de modo que el dispositivo de conexión se puede liberar para conectar el convertidor de corriente con la fuente de tensión de alimentación.

40 Una configuración ventajosa del procedimiento de acuerdo con la invención contempla comparar el potencial de la conexión del condensador después de aplicar la tensión de verificación con un potencial de referencia y, en caso de una desviación preestablecida del potencial de la conexión del condensador con respecto al potencial de referencia, bloquear el dispositivo de conexión.

45 De acuerdo con la invención, en un convertidor de circuito intermedio que está conectado del lado de la entrada por medio de un relé de carga con una red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación y del lado de la salida con uno o más accionamientos electromotores y en cuyo circuito intermedio están dispuestos un condensador de circuito intermedio y una resistencia de carga o una fuente de corriente constante, la conexión negativa del condensador de circuito intermedio se carga con la tensión de verificación y en caso de una modificación preestablecida de la conexión negativa del condensador de circuito intermedio frente al potencial de masa o de tierra se libera el dispositivo de conexión.

55 También en esta aplicación especial del procedimiento de acuerdo con la invención se puede aplicar una tensión de verificación negativa en la conexión negativa del condensador de circuito intermedio y se puede comparar con un potencial de referencia, de modo que se libera el dispositivo de conexión cuando el potencial de la conexión negativa del condensador de circuito intermedio se ubica en o por debajo del potencial de referencia.

60 Como alternativa se puede aplicar una tensión de verificación positiva en la conexión de potencial negativo del condensador de circuito intermedio, compararla con un potencial de referencia y liberar el dispositivo de conexión cuando el potencial de la conexión de potencial negativo del condensador de circuito intermedio del potencial de referencia se ubica en o por encima del potencial de referencia.

65 La tensión de verificación negativa o positiva en ambas variantes del procedimiento puede obtenerse gracias a que se aplican las semiondas negativas o positivas de la red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación por medio de una resistencia de elevado valor óhmico en la conexión negativa del condensador de circuito

intermedio.

5 El dispositivo de activación puede constar de un dispositivo para liberar o bloquear el dispositivo de conexión y/o un dispositivo de indicación que se conecta con la salida del comparador. Para evitar conexiones erróneas y para garantizar así que no se destruyan componentes del convertidor de circuito intermedio a través de una corriente de cortocircuito demasiado elevada, se debe dar prioridad a la liberación o al bloqueo del dispositivo de conexión para conectar el convertidor de corriente a la fuente de tensión de alimentación, en donde de manera adicional a la liberación o el bloqueo del dispositivo de conexión es de ventaja una indicación correspondiente para dar al usuario la posibilidad de buscar y corregir fallas. La indicación propiamente dicha puede constar de una señal óptica o acústica o una combinación de ambas formas de señales.

15 En un convertidor de circuito intermedio con un rectificador de carga conectado del lado de entrada por medio de un relé de carga con una red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación, un condensador de circuito intermedio conectado con el rectificador de carga por medio de una resistencia de carga o una fuente de corriente constante se puede conectar una primera entrada del comparador por medio de un separador de tensión tanto con la conexión de potencial negativo del condensador de circuito intermedio como también por medio de una resistencia de carga y una conexión de diodos con la red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación y se puede aplicar una tensión de referencia en la segunda entrada.

20 Se puede generar una tensión de verificación negativa o positiva como superposición de tensión continua para la detección de conexión a tierra a través de una conexión de diodos conectada del lado de cátodo o del lado de ánodo con la red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación y se puede aplicar en una entrada del comparador, mientras que en la segunda entrada del comparador se aplica una tensión de referencia negativa o positiva.

25 De manera alternativa a la formación de una tensión de verificación negativa o positiva para una detección de conexión a tierra a través de una superposición de tensión continua se puede prever también una tensión alterna como tensión de verificación para una detección de conexión a tierra a través de una superposición de tensión alterna. En esta forma de realización, la primera entrada del comparador se conecta por medio de un separador de tensión en el cátodo de un diodo cuyo ánodo se conecta con la conexión de potencial negativo del condensador de circuito intermedio y por medio de una resistencia con la red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación y en la segunda entrada del comparador se aplica una tensión de referencia positiva, en donde se conecta de manera paralela un condensador a la una resistencia conectada con potencial de masa o de tierra del separador de tensión.

35 El procedimiento de acuerdo con la invención es apropiado, de manera particular, para detectar una conexión a tierra en una o más fases en una pluralidad de componentes de potencia conectados en un circuito intermedio de convertidor de corriente, en particular, de motores de corriente alterna y de corriente trifásica, puesto que el procedimiento de acuerdo con la invención verifica todas las fases de las conexiones de carga al mismo tiempo en busca de una conexión a tierra, sin que sea necesario aplicar corriente a una de las fases de carga.

Se describirá de manera más detallada la idea fundamental de la invención haciendo referencia a ejemplos de realización ilustrados en el dibujo de las figuras, en las que:

45 La figura 1 muestra una conexión para vigilar la conexión a tierra de un convertidor de circuito intermedio con una conexión de detección de conexión a tierra a través de una superposición de tensión continua negativa;

50 La figura 2 muestra una conexión como en la figura 1 con una conexión de detección de conexión a tierra a través de una superposición de tensión continua positiva y

La figura 3 muestra una conexión como en las figuras 1 y 2 con una conexión de detección de conexión a tierra a través de una superposición de tensión alterna.

55 La figura 1 muestra un convertidor de circuito intermedio de corriente trifásica 3, 4, 5 conectado a una red de corriente trifásica de alimentación 1 por medio de un relé de carga 2 para alimentar un motor de corriente trifásica 7 con las fases R, S, T como se describió anteriormente para describir el problema en el que se basa la invención haciendo referencia a la figura 1.

60 La conexión de detección de conexión a tierra enmarcada se compone de una conexión de diodos 9 para generar una tensión de verificación, un comparador 8, un separador de tensión 11, 12 y una conexión de tensión de referencia 13. La tensión de verificación negativa en el ejemplo de realización de acuerdo con la figura 1 se genera mediante la conexión de diodos 9 que comprende los tres diodos 91, 92, 93 conectados del lado del cátodo a las fases L1, L2, L3 de la red de corriente trifásica de alimentación 1. Los ánodos conectados entre ellos de los diodos 91, 92, 93 se conectan por medio de una resistencia de elevado valor óhmico 10 con la conexión negativa -UZ del condensador de circuito intermedio 40 que es al mismo tiempo el punto de conexión de un separador de tensión que

se forma con dos resistencias conectadas en serie 11, 12.

El separador de tensión 11, 12 se conecta con potencial de masa o de tierra y la conexión de las dos resistencias del separador de tensión 11, 12 se conectan con una primera entrada E1 del comparador 8. En la segunda entrada E2 del comparador 8 se aplica una tensión de referencia $-U_{ref}$ de $-5V$, por ejemplo. La salida del comparador 8 se conecta con un dispositivo activador no ilustrado de manera más detallada, por ejemplo, una conexión de control para el relé de carga 2 y/o un dispositivo de indicación.

A continuación se describirá de manera más detallada la función de la conexión de detección de conexión a tierra de acuerdo con la figura 1.

Los diodos 91, 92, 93 de la conexión de diodos 9 aplican las semiondas negativas de la tensión de alimentación de la red de corriente trifásica de alimentación 1 por medio de la resistencia de elevado valor óhmico 10 en la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40. A través de esto se origina un flujo de corriente de pocos miliamperios que sin embargo debe mover el potencial de la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 a valores más negativos cuando no existe una conexión a tierra. En el caso ideal, el potencial de la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 al aplicar la tensión de verificación es de $-280 V$. Sin embargo, por razones técnicas de conexión, la tensión en la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 incluso al no existir una conexión a tierra en una de las fases R, S, T del motor de corriente trifásica 7 se ubica por debajo de este valor, de modo que se puede preestablecer como criterio, por ejemplo, que con un potencial en la conexión negativa de $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 de aproximadamente $-50 V$ o por debajo no existe una conexión a tierra.

Con la ayuda del separador de tensión formado a partir de las resistencias separadoras de tensión 11, 12 se reduce la tensión aplicada en la primera entrada E1 del comparador 8 por el factor 10 y se compara con la tensión de referencia aplicada en la segunda entrada E2 del comparador 8 $-U_{ref}$ de aproximadamente $-5 V$. Si en la primera entrada E1 del comparador 8 se aplica un potencial menor que en la segunda entrada E2, el comparador 8 emite una señal de liberación al relé de carga 2.

Si por el contrario existe una conexión a tierra en una de las tres fases R, S, T en la salida del convertidor de circuito intermedio 3, 4, 5, entonces no puede seguir la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 de la tensión de verificación negativa, es decir, no puede ir a un potencial negativo, puesto que por medio del diodo de paso libre 65 en el caso de una conexión a tierra en la fase T y en el condensador de circuito intermedio todavía no cargado en el momento de la conexión 40 no puede disminuir más que la tensión de diodos, de modo que no se puede alcanzar el criterio de conexión de por ejemplo $-50 V$ mientras el condensador de circuito intermedio 40 está descargado. En este caso, el comparador 8 emite una señal correspondiente al dispositivo de activación, por ejemplo, una señal de bloqueo al relé de carga 2 y eventualmente una señal a un dispositivo de indicación óptica y/o acústica.

En la conexión de acuerdo con la figura 2 se genera en la conexión de reconocimiento de conexión a tierra una tensión de verificación positiva y, de manera correspondiente a esta última, se lleva la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 a un potencial positivo. Esto se genera a través de la rotación de las conexiones de la conexión de diodos 9, es decir, la conexión de diodos modificada 9' presenta tres diodos 91', 92', 93' conectados del lado del ánodo a las fases L1, L2, L3 de la red de corriente trifásica de alimentación 1, cuyos cátodos se conectan por medio de la resistencia de elevado valor óhmico 10 con la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40.

En esta forma de realización, la detección de conexión a tierra funciona también con el condensador de circuito intermedio cargado 40, puesto que con un potencial positivo en la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 el diodo de paso libre 66 (en el caso de una conexión a tierra en la fase T) y nuevamente se puede alcanzar solamente la tensión de diodo del diodo de paso libre 66.

Una desventaja en esta forma de realización de una conexión de detección de conexión a tierra es que en la resistencia de elevado valor óhmico 10 se aplica una tensión de aproximadamente $560 V$ ($-280 V$ de la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 y $+280 V$ de la tensión de verificación positiva, es decir, de la tensión en los ánodos de los diodos 91', 92', 93') de modo que la resistencia de elevado valor óhmico 10 consume energía constantemente. Sin embargo, si el potencial de ambos lados de la resistencia de elevado valor óhmico 10 es, por ejemplo, de $-280 V$, entonces no se aplica tensión en la resistencia de elevado valor óhmico 10, de modo que en este caso no se consume energía.

En una conexión de detección de conexión a tierra más simplificada de acuerdo con la figura 3 se omite la conexión de diodos 9. Por medio de una resistencia 14 conectada directamente en la una fase L1 de la red de corriente trifásica de alimentación 1 se aplica una tensión alterna en la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40. Por medio de un diodo 15 conectado del lado del ánodo con la conexión negativa $-UZ$ del condensador de circuito intermedio 40 se selecciona la parte positiva del potencial de tensión alterna resultante y se aplica por medio de un separador de tensión formado por dos resistencias separadoras de tensión 16, 17 en la primera entrada E1 del comparador 8.

ES 2 435 720 T3

Un condensador 18 conectado de manera paralela a la segunda resistencia separadora de tensión 17 sirve en esta conexión para nivelar la señal aplicada en la primera entrada E1 del comparador 8.

- 5 Una tensión de referencia 13 aplicada en la segunda entrada E2 del comparador 8 sirve como en los ejemplos de realización descritos anteriormente como criterio para la emisión de una señal de conexión de liberación o de bloqueo del comparador 8 de la conexión de detección de conexión a tierra en el relé de carga 2 o una señal en el dispositivo de indicación conectado posteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para vigilar la conexión a tierra en el control de un convertidor de circuito intermedio (3, 4, 5) que está conectado del lado de entrada por medio de un relé de carga (2) con una red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación (1) y del lado de salida con uno o más accionamientos electromotores (7) y en su circuito intermedio (4) está dispuesto un condensador de circuito intermedio (40) conectado entre un potencial positivo (+Uz) y un potencial negativo (-UZ) del circuito intermedio (4) que almacena la energía de circuito intermedio y que es alimentado por medio de una resistencia de carga o una fuente de corriente constante (41), **caracterizado por que** se aplica una conexión negativa (-UZ) del condensador de circuito intermedio (40) con una tensión de verificación y que con una modificación preestablecida del potencial de la conexión negativa (-UZ) del condensador de circuito intermedio (40) frente al potencial de masa o de tierra se cierra el relé de carga (2), en donde como tensión de verificación sirven ya sea semiondas negativas o positivas aplicadas por medio de una resistencia de elevado valor óhmico de la red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación (1) o bien una tensión alterna aplicada por medio de la resistencia de elevado valor óhmico (10, 14) de una fase (L1) de la red de corriente alterna o de corriente trifásica de alimentación (1).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se aplica una tensión de verificación negativa en la conexión negativa (-UZ) del condensador de circuito intermedio (40) y su potencial se compara con un potencial de referencia (Uref) y porque se cierra el relé de carga (2), cuando el potencial de la conexión negativa (-UZ) del condensador de circuito intermedio 40 se ubica en o por debajo del potencial de referencia (Uref).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** se aplica una tensión de verificación positiva en la conexión negativa (-UZ) del condensador de circuito intermedio (40) y se compara su potencial con un potencial de referencia (Uref) y porque se cierra el relé de carga (2) cuando el potencial de la conexión negativa (-UZ) del condensador de circuito intermedio (40) se ubica en o por debajo del potencial de referencia (Uref).

Fig. 1

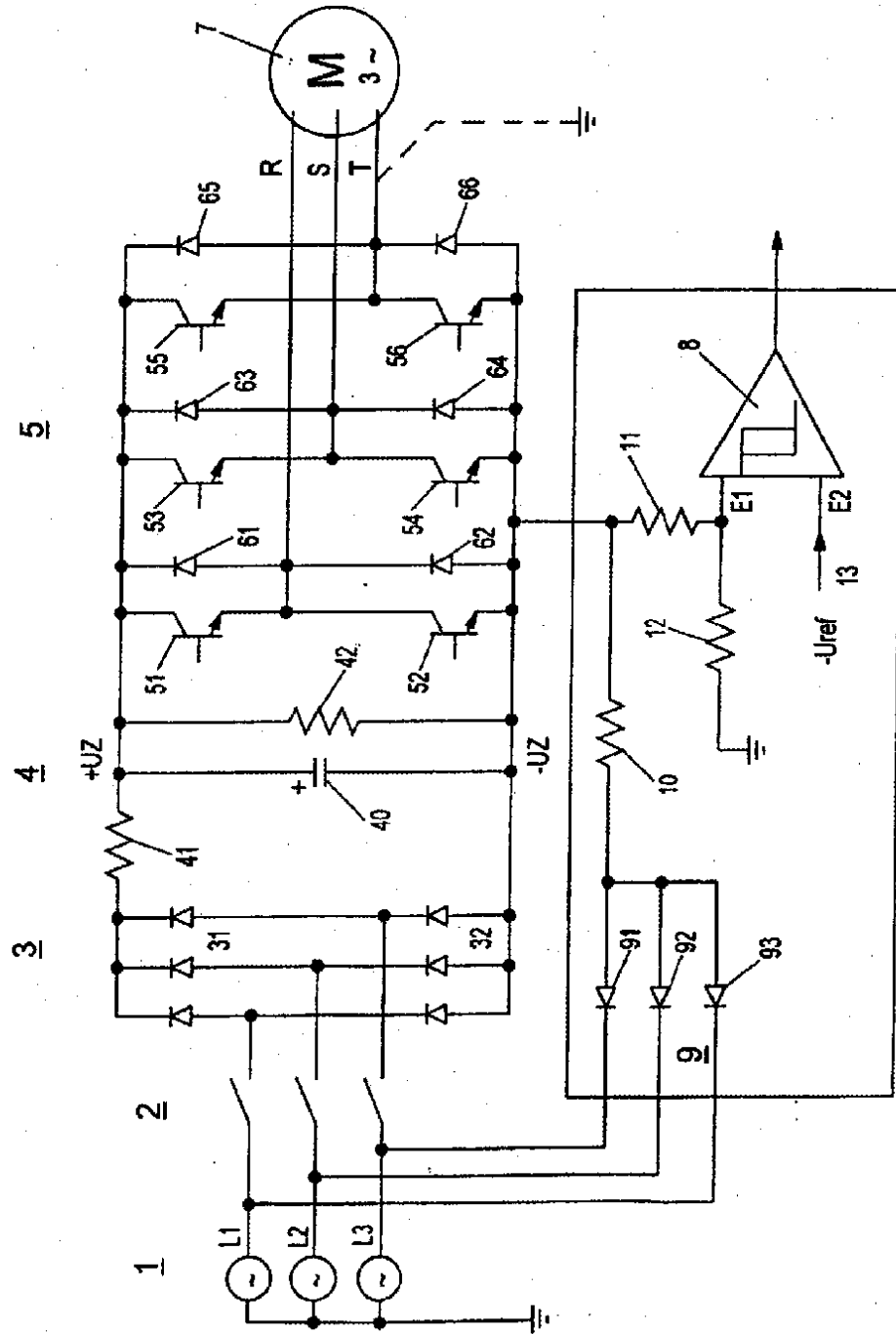


Fig. 2

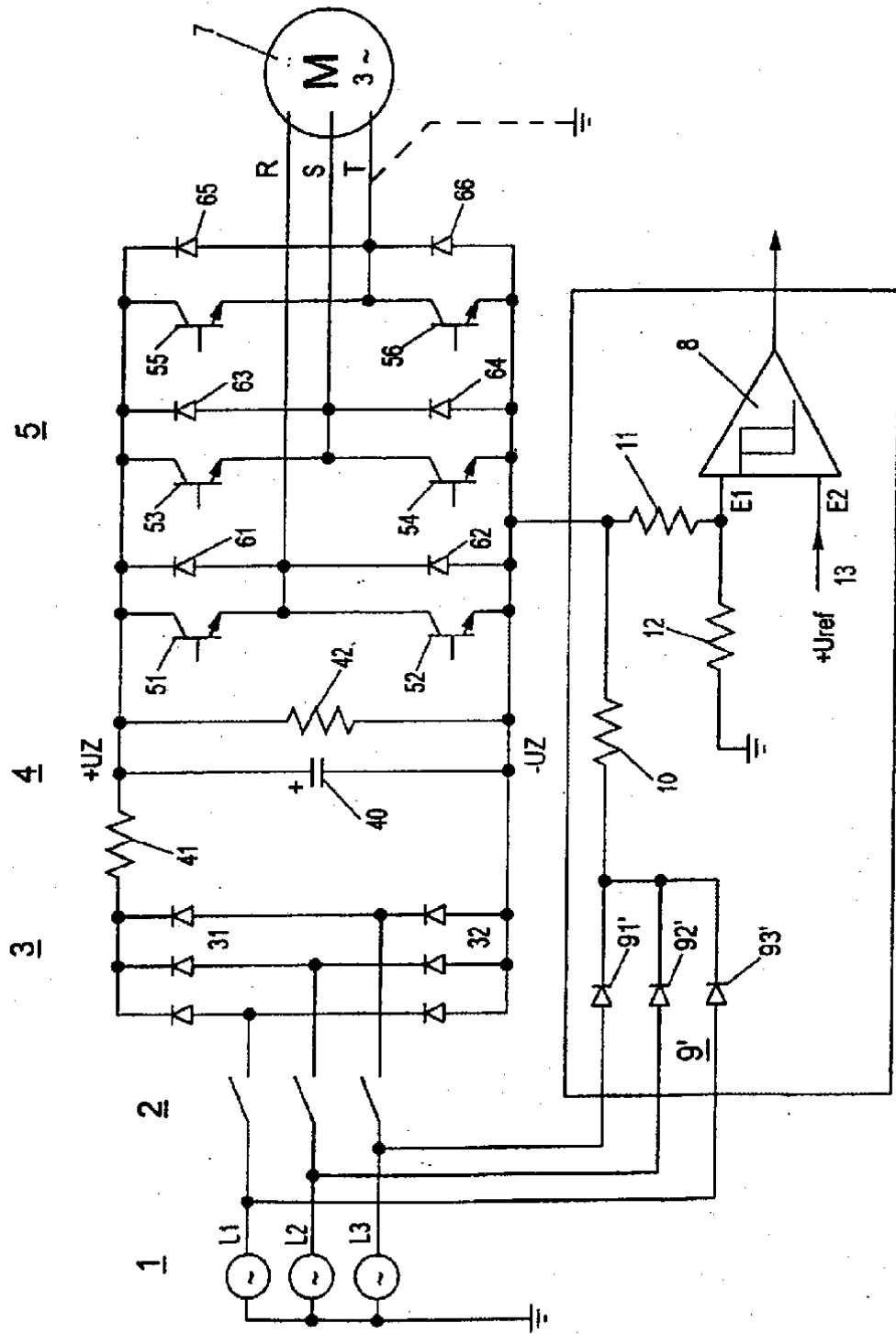


Fig. 3

