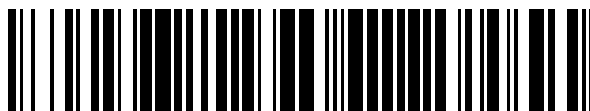


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 627**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2004** **E 04006020 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **03.11.2004** **EP 1473822**

54 Título: **Circuito convertidor de alimentación y procedimiento para controlarlo**

30 Prioridad:

**30.04.2003 DE 10319354**

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

**04.02.2013**

73 Titular/es:

**SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH & CO. KG  
(100.0%)**

**SIGMUNDSTRASSE 200  
90431 NÜRNBERG, DE**

72 Inventor/es:

**SCHREIBER, DEJAN**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 394 627 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**

Circuito convertidor de alimentación y procedimiento para controlarlo

5 La invención describe una instalación de circuito convertidor de alimentación y un procedimiento para controlar el mismo, por ejemplo para utilizarlo en un inversor entre un generador con energía de salida que varía dinámicamente y una red de distribución de energía de media tensión. Las energías de salida que varían dinámicamente de este tipo surgen por ejemplo en el caso de instalaciones de energía eólica, ya que la salida de energía en este caso depende de la velocidad del viento. Las corrientes generadas típicamente son alimentadas en redes de distribución de energía con una tensión de hasta unas pocas decenas de kilovatios y frecuencias de 50 Hz o 60 Hz.

10 La técnica anterior cuando se aplica, como en el caso de las instalaciones de energía eólica, con una salida de energía dinámica que varía temporalmente de los generadores que producen la energía está formada por las siguientes tecnologías.

15 Para salidas de generación de energía de hasta aproximadamente 1 MW, se utilizan generadores con tensiones de hasta 690 V, por lo tanto la tensión en el circuito intermedio o en la conexión de corriente continua al inversor es aproximadamente 1100 V. En los circuitos convertidores de potencia asociados, transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) de clases de tensión de 1200 V o 1700 V a menudo se utilizan como conmutadores de potencia. Para potencias más altas, estas tensiones del circuito intermedio de 1100 V son demasiado bajas, sin embargo, puesto que en este caso las pérdidas, por ejemplo en los cables de conexión, incrementan desproporcionadamente.

20 Por lo tanto, en el caso de generación de energía con potencias desde aproximadamente 1 MW, se utilizan los generadores de media tensión de las clases de tensión normalizada desde 2,2 kV, 3,3 kV, 4,16 kV y 6,3 kV. Las altas tensiones de los circuitos intermedios que resultan a partir de aquí requieren instalaciones en serie en cascada tanto de conmutadores de potencia de alto bloqueo tales como transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) o tiristores controlados por puerta integrada (IGCT) de celdas del convertidor de alimentación, como se sugiere en el documento DE 101 14 075 A1.

25 Una situación comparable resulta para los componentes del rectificador de entrada. Una regla de dimensionado conocida establece que para una entrada de corriente alterna de 400 V de un circuito rectificador de diodo de tres fases, se utilizan los diodos de la clase de tensión de 1400 V. Si se transfieren las directrices de dimensionado de este tipo a los generadores de media tensión, se deben utilizar los diodos individuales de una clase de tensión, los cuales no están disponibles. Por lo tanto, para las aplicaciones de este tipo, los diodos de una clase de tensión inferior se conectan en serie. Para que la tensión inversa a través de los diodos individuales no exceda del valor el cual está predeterminado por su clase de tensión, en este caso se requiere un cableado complejo, por ejemplo por medio de elementos de resistencia capacitiva.

30 Un convertidor de alimentación de múltiples niveles conectado a un sistema de tensión de corriente alterna es conocido a partir del documento GB 2 285 523 A, el cual corresponde al preámbulo de la reivindicación 1.

35 La presente invención tiene el objeto de presentar una instalación de circuito convertidor de alimentación con una entrada de corriente alterna de media tensión y que utiliza componentes normales de clases de tensión menor sin un cableado exterior complicado y también un procedimiento para controlar una instalación de circuito convertidor de alimentación de este tipo, en el que todas las fases de la entrada de tensión de corriente alterna están cargadas uniformemente y de forma tan sinusoidal como sea posible.

40 El objeto se consigue mediante una instalación de circuito convertidor de alimentación según la reivindicación 1. Desarrollos preferidos se encuentran en las reivindicaciones subordinadas. Una instalación de circuito convertidor de alimentación de la forma de realización inventiva comprende los siguientes componentes:

- 45 – una entrada de tensión de corriente alterna
- 50 – una instalación de circuito rectificador de múltiples fases para la conversión de tensión de corriente alterna a una tensión de corriente continua y también
- 55 – una conexión en serie de condensadores entre los dos potenciales de la salida de tensión de corriente continua del rectificador.

60 La instalación del circuito rectificador según la invención comprende una primera y una segunda instalación en serie de los componentes del rectificador por fase. Los cátodos de los primeros diodos fijadores de nivel están en cada caso conectados en el punto medio entre los ánodos y los cátodos de todos los componentes del primer rectificador. Los ánodos de los segundos diodos fijadores de nivel están en cada caso conectados en el punto medio entre los ánodos y los cátodos de los componentes del segundo rectificador. Adicionalmente, los ánodos de los primeros diodos fijadores de nivel están en cada caso conectados a los cátodos de los segundos diodos fijadores de nivel con el mismo número ordinal. Las conexiones de número ordinal idéntico de todas las fases están conectadas de forma

similar unas a otras y adicionalmente al punto medio entre los condensadores del mismo y del siguiente número ordinal. El número ordinal respectivo resulta de la cuenta de los componentes respectivos (véase también más adelante en este documento).

5 La ventaja de esta forma de realización es que, por una parte, no es necesario un cableado exterior complejo adicional y por otra parte, los condensadores ya están presentes como condensadores del circuito intermedio en el caso de las aplicaciones anteriormente mencionadas como rectificadores de entrada para las celdas del convertidor de alimentación en cascada. Según la técnica anterior, para una salida de tensión de corriente continua de media  
10 tensión, los condensadores de este tipo siempre deben estar instalados como un circuito en serie, ya que los elementos correspondientes con la resistencia a la tensión requerida no están disponibles.

Por medio de su instalación en serie, los condensadores aseguran una distribución de la tensión definida en la salida de tensión de corriente continua. Por medio de la toma central de los diodos fijadores de nivel entre los  
15 rectificadores, éstos al mismo tiempo aseguran una limitación de la caída de tensión sobre los componentes del convertidor primero y segundo.

En el caso de la utilización de la instalación de circuito convertidor de alimentación de la invención en instalaciones de energía eólica, la tensión de corriente alterna de entrada cambia dinámicamente a lo largo del tiempo y está entre  
20 0 V y unas pocas decenas de kilovoltios. Según la invención, a fin de cargar todas las fases del generador asignado uniformemente y de forma tan sinusoidal como sea posible, cada condensador tiene un conmutador conectado en paralelo. Éstos se conectan por medio de un control de nivel más alto de tal manera que, por una parte, se utilizan uniformemente las celdas del convertidor de alimentación aguas abajo y, por la otra parte, la fuente de entrada se carga de forma tan ideal como es posible.

25 Los diodos o los tiristores o las combinaciones de los mismos conocidas a partir de la técnica anterior se utilizan de forma ventajosa como componentes del rectificador. Los tiristores en este caso tienen la ventaja adicional de que cuando se utilizan en una instalación de energía eólica, en el caso de fallo de la red de distribución que se va a alimentar, el circuito convertidor de alimentación entero se puede separar del generador.

30 La invención se explica con más detalle utilizando las formas de realización ejemplares conjuntamente con las figuras 1 a 5.

La invención se explica con más detalle utilizando las formas de realización ejemplares conjuntamente con las  
35 figuras 1 a 5.

La figura 1 muestra una instalación de circuito convertidor según la técnica anterior.

La figura 2 muestra una instalación de circuito convertidor de alimentación.

40 La figura 3 muestra una instalación de circuito convertidor de alimentación según la invención en un convertidor de corriente alterna de tres fases a corriente continua.

La figura 4 muestra la carga de una entrada de tensión de corriente alterna de un circuito rectificador de tres fases  
45 sin regular.

La figura 5 muestra la carga de una entrada de tensión de corriente alterna utilizando el procedimiento según la invención para controlar una instalación de circuito convertidor de alimentación según la invención.

50 La figura 1 muestra una instalación de circuito convertidor de corriente alterna a corriente continua para instalaciones de energía eólica según la técnica anterior. Esto consiste en una máquina síncrona como el generador de tensión de corriente alterna (20). La corriente generada en su interior y conducida a través de bobinas de reactancia forma la corriente de entrada para el rectificador de tres fases (10). El último consiste en un primer componente rectificador, en este caso un diodo (16), y un segundo componente rectificador, igualmente un diodo (18), por fase. Alternativamente también son conocidos los tiristores como los componentes del rectificador según la técnica  
55 anterior y son utilizados si tiene que ser posible el aislamiento eléctrico del generador. Un condensador (14) está conectado aguas abajo del rectificador de tres fases y forma el circuito intermedio de corriente continua del convertidor. El inversor aguas abajo, un circuito puente de tres fases, genera una tensión de corriente alterna de tres fases a partir de la tensión de corriente continua del circuito intermedio, en la salida (46) del mismo.

60 El circuito puente de tres fases (40) por su parte consiste en un primer y un segundo conmutador de potencia (42), el cual preferiblemente está formado como un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), por fase, y un diodo compensador (44) conectado en anti paralelo al conmutador respectivo o en cada caso conectado en paralelo a una pluralidad de dichos componentes.

65 La figura 2 muestra una instalación de circuito convertidor de alimentación para una tensión de entrada de tres fases (12) en la gama de media tensión, que consiste en una instalación de circuito rectificador de múltiples fases (30)

- para la conversión de la tensión de corriente alterna de entrada a una tensión de corriente continua y un circuito en serie de cuatro condensadores (32 (1) hasta 32 (4)) entre los dos potenciales de la salida de tensión de corriente continua. La instalación de circuito rectificador (30) consiste en una primera instalación en serie de diodos (36) y una segunda instalación en serie de diodos (38) por fase. En este caso el cátodo del primer diodo (36(1)) forma el potencial positivo de la salida de tensión de corriente continua. El segundo diodo (36(2)) está conectado por su cátodo al ánodo del primer diodo (36(1)); los dos diodos adicionales (36(3), 36(4)) están instalados de forma análoga. Los números después de los símbolos de referencia definen el número ordinal respectivo de los componentes; esta nomenclatura se aplica de forma análoga a todos los otros componentes de las figuras 2 y 3.
- Los diodos (38(1) hasta 38(4)) de la segunda instalación de diodos están instalados de forma análoga a la primera, en este caso el ánodo del cuarto diodo (38(4)) formando el potencial negativo de la salida de tensión de corriente continua.
- Un primer diodo fijador de nivel (50(1) hasta 50(3)) está instalado en cada caso entre los ánodos y los cátodos de los primeros diodos (36(1) hasta 36(4)) de tal manera que los cátodos de los mismos están conectados al punto medio respectivo entre los diodos. De forma análoga, un segundo diodo fijador de nivel (52(1)) hasta 52(3)) está instalado en cada caso entre los ánodos y los cátodos de los segundos diodos (38(1)) hasta 38(4)) de tal manera que los ánodos de los mismos están conectados al punto medio respectivo entre los diodos.
- Los ánodos de los primeros diodos fijadores de nivel y los cátodos de los segundos diodos fijadores de nivel del mismo número ordinal están conectados entre sí, por ejemplo el primer diodo fijador de nivel (50(1)) está conectado al segundo diodo fijador de nivel (52(1)). Estas conexiones de los diodos fijadores de nivel del número ordinal respectivo están conectadas a las conexiones correspondientes de todas las otras fases de la instalación de circuito rectificador (30). Todos los diodos fijadores de nivel (50, 52) del mismo número ordinal están por lo tanto conectados entre sí. Adicionalmente, las conexiones del número ordinal respectivo están conectadas al punto medio entre los condensadores con el mismo y el siguiente número ordinal. Por ejemplo, todos los ánodos de los primeros diodos fijadores de nivel (50(2)) están conectados a los cátodos de los segundos diodos fijadores de nivel (52(2)) y el punto medio entre los condensadores (32(2) y 32(3)).
- Los condensadores (32) forman los condensadores de circuito intermedio para las celdas del convertidor de alimentación en cascada (40, véase la figura 1) según la técnica anterior. La tabla siguiente proporciona un ejemplo del dimensionado del convertidor resultante de corriente alterna a corriente continua.

Tensión de entrada en (12) - valor pico de la tensión línea a línea	4000 V
Clase de tensión de los diodos (36, 38)	1700 V
Clase de tensión de los diodos fijadores de nivel (50, 52)	1700 V
Tensión del circuito intermedio (total)	4000 V
Tensión a través de cada condensador (32)	1000 V
Clase de tensión de los transistores bipolares de puerta aislada y los diodos compensadores en (40)	1700 V
Tensión de salida del circuito puente respectivo (40)	3 x 660 V

- La figura 3 muestra una instalación de circuito convertidor de alimentación según la invención en un convertidor de corriente alterna de tres fases a corriente continua de una instalación de energía eólica. La tensión de entrada generada por el generador accionado por el viento (20) está presente en la entrada (12). Esta tensión tiene un perfil el cual cambia dinámicamente a lo largo del tiempo debido a la excitación no constante y está entre 0 V y 4000 V (valor pico de la tensión línea a línea). La instalación del circuito rectificador (30) según la invención como ha sido descrita en detalle con referencia a la figura 2 está conectada aguas abajo.

- La instalación de circuito convertidor de alimentación también tiene conmutadores (60) y un diodo (62), dichos conmutadores estando conectados en paralelo a los condensadores respectivos (32) y el diodo respectivo (62) estando conectado entre el colector del conmutador (60) y el condensador (32). Cuando están conectados, estos conmutadores pueden puentear los condensadores asignados a ellos y los circuitos puente de tres fases (40) aguas abajo de los últimos. Un control de nivel más alto puede entonces activar o desactivar estos circuitos puente como se requiera, dependiendo de la tensión de entrada. La posición de conmutación respectiva también tiene un efecto en el perfil de la tensión de entrada a través de los diodos fijadores de nivel (50, 52). Mediante la selección adecuada de la posición del conmutador, todas las fases del generador asociado (20) pueden ser cargadas uniformemente y aproximadamente de forma sinusoidal. Mediante la selección adecuada de los estados de conmutación, la salida de la tensión de corriente continua también se puede mantener constante y, dentro de unos límites, independiente de la tensión de entrada (véase la figura 5).

- La figura 4 muestra la carga de una fase de la entrada de tensión de corriente alterna de un circuito rectificador de tres fases sin regular. La parte superior muestra el perfil de la corriente ( $I_{in}$ ) de una fase de entrada; las otras dos fases de entrada son idénticas, únicamente desplazadas 120 grados en cada caso. La carga de todas las tres fases es idéntica, pero la forma de la curva claramente se desvía de un perfil sinusoidal deseado. La parte inferior traza la

tensión de corriente continua de salida del rectificador de entrada. Ésta varía alrededor de un valor promedio de aproximadamente  $1,35 \times V_{in}$  (tensión de entrada).

5 La figura 5 muestra la carga de una entrada de tensión de corriente alterna que utiliza el procedimiento según la invención para controlar una instalación de circuito convertidor de alimentación según la invención. En esta configuración del procedimiento según la invención, dos de los cuatro conmutadores (60, figura 3) son accionados, abiertos o cerrados, simultáneamente a una frecuencia de 1 kHz. Los otros dos conmutadores son accionados de la misma manera pero con un desplazamiento de fase de un cuarto de periodo. La curva envolvente del perfil de la corriente de una fase de entrada mostrada a título de ejemplo es aproximadamente sinusoidal. A una frecuencia de 10 conmutación más elevada de los conmutadores (60), este perfil de la tensión se aproxima al perfil sinusoidal deseado. La carga de las fases respectivas es por supuesto idéntica.

15 La tensión de corriente continua de la salida se puede mantener constante a diferentes tensiones de entrada por medio de un ciclo de trabajo adecuado del accionamiento de los conmutadores (60). Adicionalmente, la calidad de las corrientes del generador se puede controlar mediante una selección adecuada del desplazamiento de fase del accionamiento y del ciclo de trabajo de los conmutadores individuales (60).

20 Con el procedimiento según la invención, la tensión de corriente continua de la señal de salida es cargada con una ondulación de seis veces la frecuencia de conmutación de los conmutadores (60), como se representa en la parte inferior. Sin embargo, esto no tiene una influencia negativa en la función de los módulos del convertidor de alimentación aguas abajo (40, figura 3).

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una instalación de circuito convertidor de alimentación, que consiste en una entrada de tensión de corriente alterna (12), una instalación de circuito rectificador de múltiples fases (30) para convertir la tensión de corriente alterna en una tensión de corriente continua y un circuito en serie de condensadores (32) entre los dos potenciales de la salida de la tensión de corriente continua, en la que la instalación de circuito rectificador (30) consiste en una primera instalación en serie de componentes del rectificador (36) y una segunda instalación en serie de componentes del rectificador (38) por fase y en la que los cátodos de primeros diodos fijadores de nivel (50) están en cada caso conectados entre los ánodos y los cátodos de los componentes del primer rectificador (36) y los ánodos de los segundos diodos fijadores de nivel (52) están en cada caso conectados entre los ánodos y los cátodos de los componentes del segundo rectificador (38) y los ánodos de los primeros diodos fijadores de nivel (50) en cada fase están conectados a los cátodos de los segundos diodos fijadores de nivel (52) del mismo número ordinal y estas conexiones del mismo número ordinal de todas las fases están conectadas entre sí y al punto medio entre los condensadores (32) del mismo y del siguiente número ordinal, caracterizada porque un conmutador (60) está conectado en cada caso en paralelo a los condensadores (32) y un diodo (62) está conectado en cada caso entre los colectores respectivos del conmutador (60) y el condensador asociado (32).
- 10
- 15
- 20 2. La instalación de circuito convertidor de alimentación según la reivindicación 1 en la que los componentes del rectificador son diodos o tiristores o una combinación adecuada de diodos y tiristores.
- 25 3. La instalación de circuito convertidor de alimentación según la reivindicación 1 en la que los condensadores (32) son los condensadores del circuito intermedio de un módulo convertidor de alimentación (40).
4. Un procedimiento para controlar una instalación de circuito convertidor de alimentación según la reivindicación 1 en el que los conmutadores (60) son conmutados a un ciclo de trabajo adecuado y a una frecuencia tal que se produce una carga de corriente sinusoidal uniforme de la entrada de tensión de corriente alterna.

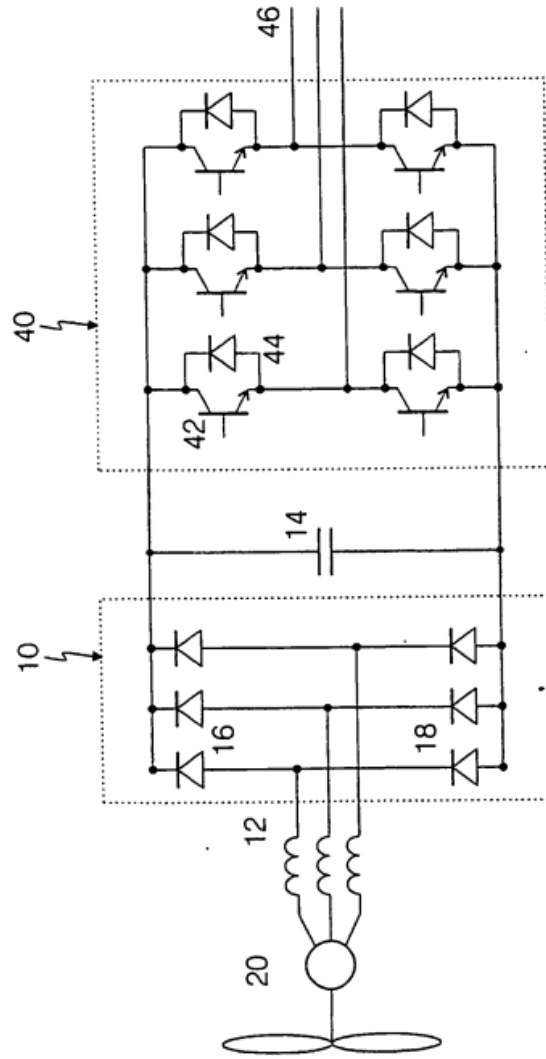


Fig. 1 (Stand der Technik)  
(Estado de la técnica)

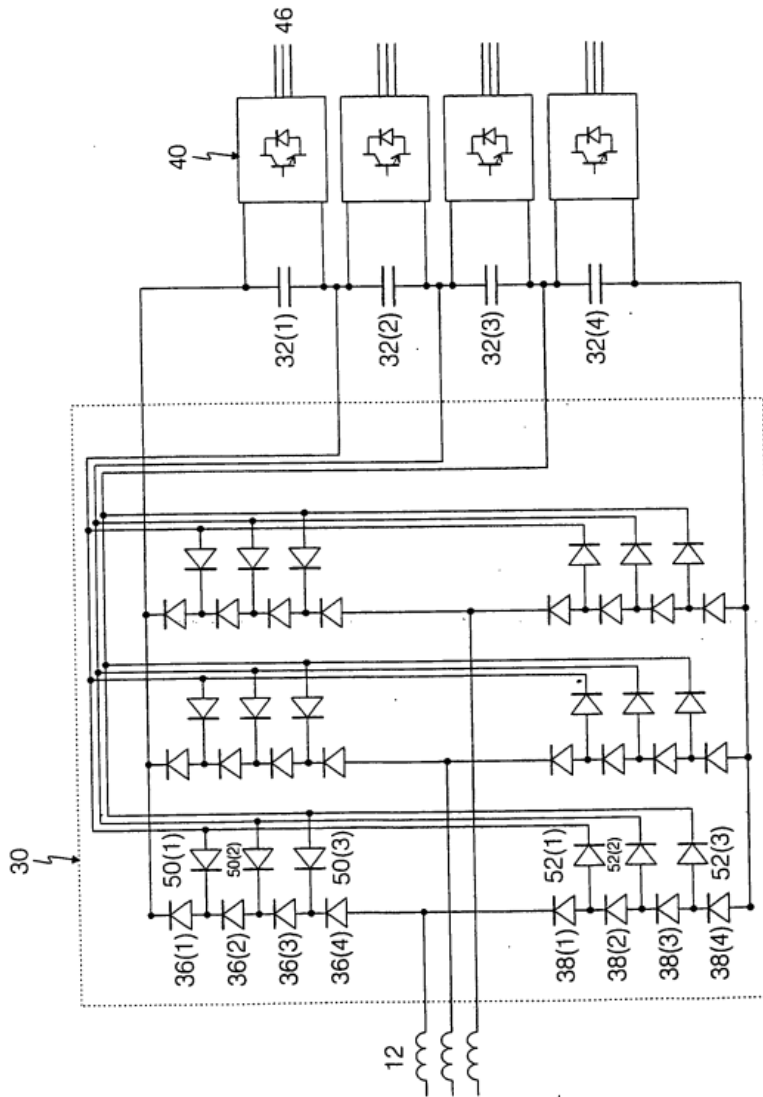


Fig. 2



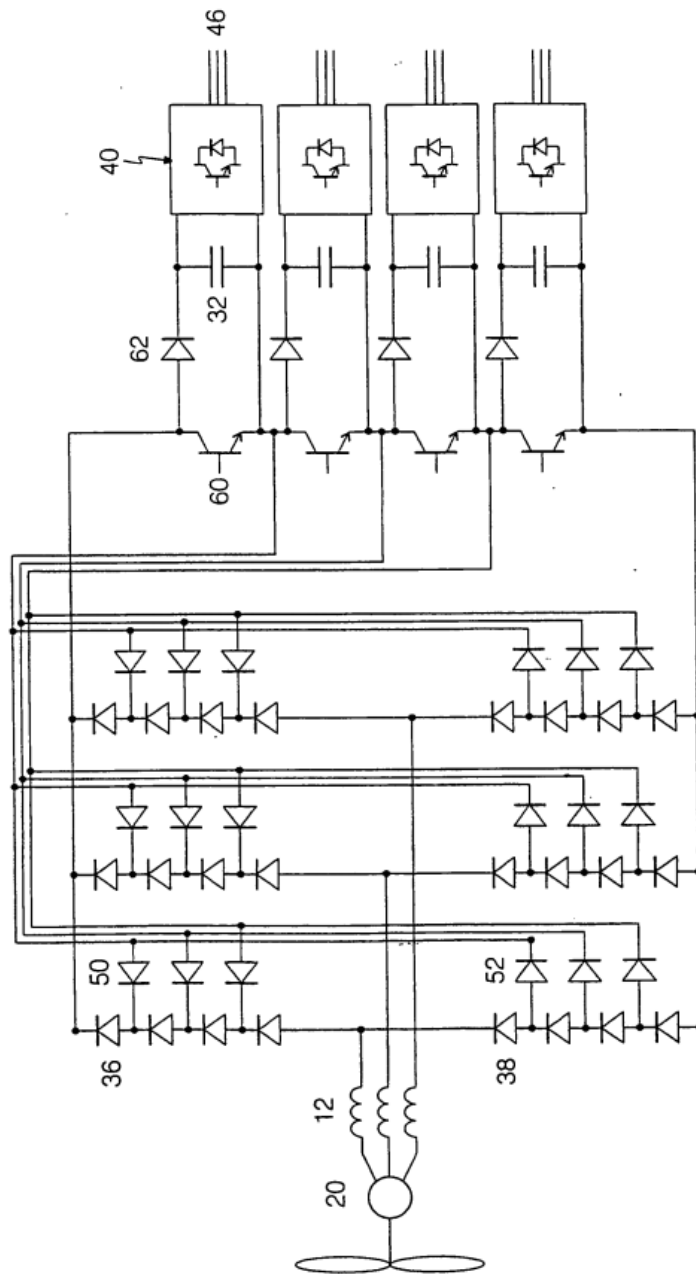


Fig. 3

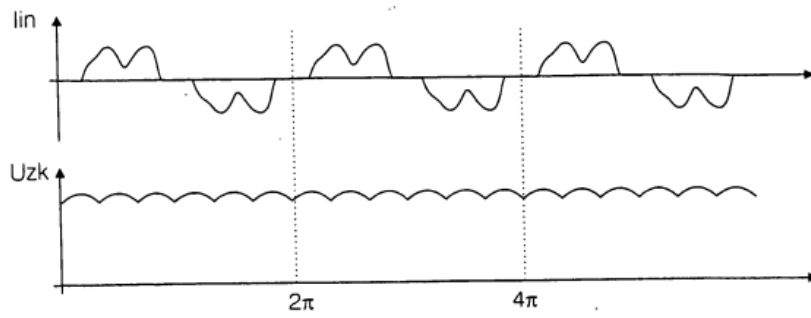


Fig. 4

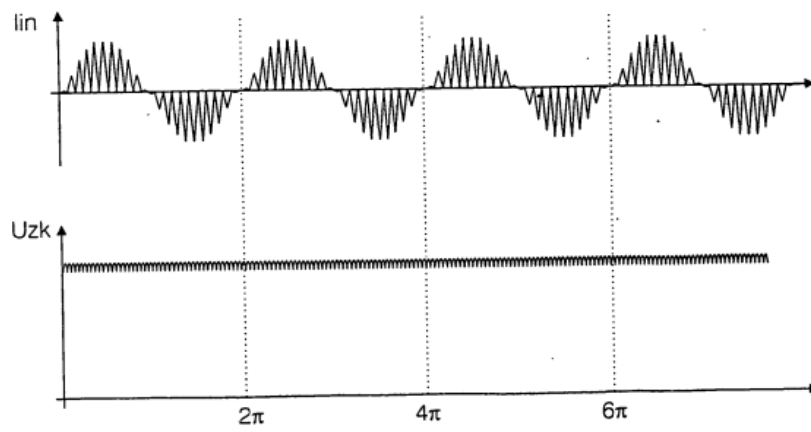


Fig. 5