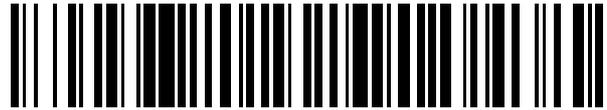


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 001**

51 Int. Cl.:

H02M 7/19 (2006.01)

H02M 7/217 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2004** **E 04028782 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015** **EP 1553689**

54 Título: **Disposición de circuito rectificador de corriente para generadores con potencia variable dinámicamente**

30 Prioridad:

09.01.2004 DE 102004001478

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

13.11.2015

73 Titular/es:

**SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH & CO. KG
(100.0%)
SIGMUNDSTRASSE 200
90431 NÜRNBERG, DE**

72 Inventor/es:

SCHREIBER, DEJAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 551 001 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

Disposición de circuito rectificador de corriente para generadores con potencia variable dinámicamente

La invención describe una disposición de circuito rectificador de corriente para la transformación de una tensión trifásica de medio generador en una tensión continua de alto voltaje para el empleo como convertidor entre un generador con potencia de salida variable dinámicamente y con una conexión de tensión continua de alto voltaje hacia un inversor. Tales potencias de salida variables dinámicamente de los generadores aparecen, por ejemplo en instalaciones de energía eólica. En la disposición de varias instalaciones de energía eólica para formar los llamados parques eólicos se conectan de acuerdo con el estado de la técnica las instalaciones individuales de energía eólica con un inversor común, que sirve para la alimentación de corriente en una red de corriente, con una conexión de tensión continua de alto voltaje.

De acuerdo con el estado de la técnica, en este caso encuentran aplicación para la generación de corriente con preferencia generadores de la clase de tensión media. Las tres fases de las salidas de estos generadores están conectadas con un transformador, que transforma la tensión media en alta tensión del orden de magnitud de 100000 voltios. Esta tensión alterna generada es rectificadora a continuación por medio de un rectificador de diodos de alta tensión y alimentada a la conexión de tensión continua de alto voltaje.

Otra configuración muy moderna de los generadores así como una descripción general de la disposición mencionada anteriormente de instalaciones de energía eólica se ha presentado, por ejemplo, por F. Owman en la Conferencia "Windpower 2001", Junio, Washington, D. C. Los generadores presentados aquí generan directamente una tensión alterna de alto voltaje, con lo que se puede prescindir de un transformador conectado a continuación para la generación de la misma.

En el estado de la técnica descrito es un inconveniente en este caso que, naturalmente las tensiones de salida de las instalaciones de energía eólica individuales no son idénticas, puesto que también dentro de un parque eólico predominan velocidades del viento al menos insignificamente diferentes en lugares diferentes y de esta manera las velocidades giratorias de todos los rotores y, por lo tanto, también la velocidad de rotación de todos los generadores no son idénticas. Esto tiene como consecuencia que las tensiones generadas para la alimentación en la conexión de la tensión continua de alto voltaje tampoco son idénticas. Para poder compensar velocidades giratorias diferentes en al menos una medida insignificante se emplean como generadores con preferencia máquinas síncronas, puesto que estas máquinas síncronas están excitadas desde el exterior. A través de una adaptación adecuada de la excitación de cada generador se pueden adaptar sus velocidades de rotación entre sí. De esta manera es posible mantener constantes las tensiones de salida de todas las instalaciones de energía eólica de un parque eólico y de esta manera posibilitar ya la conexión de la tensión continua de alto voltaje, reduciendo, sin embargo, el rendimiento de la instalación de energía eólica. A pesar de todo, aquí no es posible un empleo de generadores excitados permanentemente, puesto que aquí falta la influencia sobre su velocidad giratoria a través de la excitación externa.

Además, en el estado de la técnica descrito es un inconveniente que en oposición a las velocidades del viento localmente diferentes en un parque eólico, las velocidades del viento diferentes en el tiempo oscilan, naturalmente, esencialmente mucho. Una compensación completa de estas oscilaciones, que conduce a una tensión temporalmente constante de la conexión de la tensión continua de alto voltaje, solamente es posible en una medida limitada.

Por lo tanto, las oscilaciones mayores de la velocidad del viento conducen forzosamente a una tensión variable en el tiempo de la conexión de la tensión continua de alto voltaje. El inversor alimentado desde la conexión de la tensión continua de alto voltaje está diseñado para una tensión determinada de esta conexión de la tensión continua de alto voltaje. En el caso de que esta tensión teórica corresponda a la tensión máxima de la conexión de la tensión continua de alto voltaje, esto da como resultado exactamente para esta tensión una alimentación muy efectiva a la red de corriente. No obstante, en este caso a velocidades del viento claramente más reducidas y con los valores de la tensión claramente más reducidos implicados con ello en la conexión de la tensión continua de alto voltaje no es posible ya la alimentación a la red. Por lo tanto, el inversor de acuerdo con el estado de la técnica se diseña para una tensión más reducida, por ejemplo para la mitad de la tensión, que la tensión máxima de la conexión de la tensión continua de alto voltaje. En este diseño, por una parte, con tensión máxima en la conexión de la tensión continua de alto voltaje, la tensión cedida a la red debe alcanzar el mismo valor que en el diseño mencionado anteriormente sobre esta tensión máxima. Por lo tanto, el inversor diseñado para tensión más baja debe sobredimensionarse en comparación con un inversor dimensionado para el valor máximo. Por lo tanto, condicionado por los diferentes valores de la tensión en la conexión de la tensión continua de alto voltaje, no es posible un dimensionado óptimo del inversor para varios estados de funcionamiento, es decir, para diferentes velocidades del viento.

De la misma manera, en el estado de la técnica mencionado es un inconveniente que condicionado por el rectificador de diodos de alta tensión, la corriente del generador es de forma sinusoidal y, por lo tanto, el generador

con número de revoluciones dato no puede ceder su potencia normal, lo que conduce de la misma manera a un rendimiento reducido de la instalación de energía eólica.

5 Por otra parte, se conoce a partir del estado de la técnica, por ejemplo, en el documento US 5.625.545 colocar abierta una disposición en cascada de células del mismo tipo de una funcionalidad determinada. Esta publicación describe un accionamiento AC-AC de dos cuadrantes para motores de corriente alterna. En este caso, encuentra aplicación un transformador con una pluralidad de arrollamientos secundarios. Estos arrollamientos secundarios alimentan células en cascada con salida monofásica de la tensión alterna. Este circuito en serie de las células individuales sirve para la multiplicación de la tensión en una derivación.

10 La presente invención tiene el cometido de presentar una disposición de circuito de rectificador de corriente para la transformación de una tensión alterna en una tensión continua de alto voltaje, que permite el empleo de una pluralidad de realizaciones del generador, genera una tensión continua de alto voltaje constante independiente del número de revoluciones del generador y genera corrientes aproximadamente sinusoidales del generador.

El cometido se soluciona a través de un circuito rectificador de corriente con las características de la reivindicación 1. Los desarrollos preferidos se encuentran en las reivindicaciones dependientes.

15 Una disposición de circuito rectificador de corriente para la conversión de una tensión polifásica, con preferencia trifásica del generador, con preferencia en la zona de la tensión media, en una tensión continua de alto voltaje del tipo de la invención está constituida por los siguientes componentes esenciales: un transformador y una pluralidad de células rectificadoras. El transformador está constituido por al menos un arrollamiento en el lado primario por fase así como una pluralidad de arrollamientos en el lado secundario por fase. Respectivamente, tres de estos arrollamientos en el lado secundario de diferente fase están conectados con una célula rectificadora. Las entradas y salidas de estas células rectificadoras están conectadas entre sí de tal manera que, respectivamente, la salida de una célula está conectada con la entrada de la célula siguiente y de esta manera resulta un circuito en serie en cascada. El transformador se puede suprimir también aquí, en el caso de que se emplee en el lado del generador de tensión media un generador de alta tensión, que proporciona la tensión necesaria directamente en sus salidas.

20 Una célula rectificadora de acuerdo con la invención está constituida, por su parte, por un rectificador de entrada y por dos convertidores ascendentes conectados en serie, de manera que la toma media del arrollamiento secundario del transformador está conectada con los puntos medios del circuito en serie de los convertidores ascendentes.

A continuación se explica de forma ejemplar la idea de la invención con la ayuda de las figuras 1 a 4.

30 La figura 1 muestra una disposición de circuito rectificador de corriente para la generación de una tensión de la red a partir de una pluralidad de salidas del generador conectadas a través de una conexión de la tensión continua de alto voltaje de acuerdo con el estado de la técnica.

La figura 2 muestra una configuración de una célula rectificadora de una disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la invención.

35 La figura 3 muestra una configuración de una disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la invención.

La figura 4 muestra en una simulación la tensión del generador, generada a través de una disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la invención de una y tres fases.

40 La figura 1 muestra una disposición de circuito para la alimentación de la energía generada en el parque eólico a una red de corriente (62), que está constituida por una pluralidad de salidas de generador (22) conectadas a través de una conexión de tensión continua de alto voltaje (70) de instalaciones de energía eólica individuales de acuerdo con el estado de la técnica. La instalación de energía eólica presenta un generador (20) conectado por medio de un engranaje o directamente con el rotor (10). De acuerdo con el estado de la técnica, éste es con preferencia un generador síncrono de tensión media excitado desde el exterior por ejemplo de la clase de la tensión 3 x 4,18 kV. Las salidas (22) del generador (20) están conectadas con un transformador (30) y sus salidas (32) están conectadas de nuevo con un rectificador de diodos de alta tensión (40). Esta combinación de transformador (30) y rectificador de diodos de alta tensión (40) genera en los dos conductos (72, 74) de la conexión de corriente continua de alto voltaje (70) una tensión continua de 2 x 140 kV, estando su punto neutro puesto a tierra.

45 Las salidas (42, 44) de los rectificadores de diodos de alta tensión (40) están conectadas en paralelo entre sí y forman la fuente de la conexión de tensión continua de alto voltaje (70). Por medio de esta conexión de tensión continua de alto voltaje (70) se transmite la energía de las instalaciones de energía eólica a través de un trayecto de varios kilómetros, por ejemplo en la zona de la costa, hacia un inversor (50) común para todas las instalaciones de energía eólica. Este inversor (50) está conectado por medio de otro transformador (60) con la red de corriente (62) a alimentar.

- La figura 2 muestra una configuración de una célula rectificadora (100) de la disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la invención, como se conoce, por ejemplo, a partir del documento US 5.499.178. Ésta está constituida por tres fases de entrada, en las que está dispuesta una bobina (150). Estas tres fases de entrada de la tensión alterna de entrada se convierten en un rectificador trifásico de puente (110) en una tensión continua. Entre las dos salidas del rectificador de puente está conectado un circuito en serie de dos conmutadores semiconductores de potencia (122, 124), aquí dos IGBT (transistor bipolar de puerta aislada), respectivamente, con un diodo (126, 128) conectado antiparalelo. La salida positiva del rectificador de puente está conectada, además, con el ánodo de un diodo (132), el diodo de salida, cuyo cátodo forma la salida (152) de la célula rectificadora (100).
- La salida negativa del rectificador de puente está conectada con el cátodo de otro diodo (134), el diodo de entrada, cuyo ánodo forma la entrada (154) de la célula rectificadora (100). Además, entre la entrada (154) y la salida (152) de la célula rectificadora (100) está conectada una disposición en serie de dos condensadores (142, 144).
- La toma media de las tres fases de entrada está conectada con el punto medio de los dos conmutadores de semiconductores de potencia (122, 124) conectados en serie y con el punto medio de los dos condensadores (142, 144) conectados en serie.
- Esta disposición de los conmutadores de semiconductores de potencia (122, 124), de los diodos (126, 128) conectados a tal fin en paralelo y del diodo de entrada (154) y del diodo de salida (152), de los condensadores (142, 144) y de las bobinas (150) forma dos convertidores ascendentes conectados en serie. Las bobinas (150) pueden estar dispuestas en este caso, como se representa, en las entradas de la tensión alterna del rectificador de diodos. De manera alternativa, una primera bobina de primer convertidor ascendente (180) puede estar dispuesta entre la salida positiva del rectificador de entrada (110) y el colector del primer conmutador de semiconductores de potencia (122), así como la segunda bobina del segundo convertidor ascendente (190) puede estar dispuesta entre la salida negativa del rectificador de entrada (110) y el emisor del segundo conmutador de semiconductores de potencia (124).
- Como conmutadores de semiconductores de potencia (122, 124) pueden estar dispuestos aquí de forma ejemplar IGCT (tiristores conmutadores de puerta aislada) o con preferencia IGBTs (transistores bipolares de puerta aislada) de acuerdo con el estado de la técnica. Una utilización de IGBTs con una tensión nominal de 1700V permitiría, en virtud de su circuito en serie (122, 124) y sus reglas de dimensionado conocidas una tensión continua entre la entrada (154) y la salida (152) de la célula rectificadora (100) de más de 2400V.
- La funcionalidad decisiva de la célula rectificadora (100) de acuerdo con la invención está en el arrollamiento de los convertidores ascendentes (180, 190). A través de la disposición propuesta de estos convertidores ascendentes, en el caso de tensión de entrada variable y, por lo tanto, de tensión de paso continua variable en la salida del rectificador (110) se puede generar una tensión continua alta constante entre la entrada (154) y la salida (152) de la célula rectificadora (100).
- La figura 3 muestra una configuración de una disposición de circuito rectificador de corriente. Se representa una instalación de energía eólica con un rotor (10), que acciona un generador (20), aquí de forma ejemplar un generador síncrono de imán permanente de la clase de la tensión 3 x 6,3kV. Como generadores (20) se pueden emplear de la misma manera otros tipos diferentes de máquinas de corriente trifásica, por ejemplo máquinas síncronas excitadas desde el exterior.
- El generador (20) genera corriente alterna trifásica, que varía en su desarrollo temporal tanto en la tensión como también en la intensidad de la corriente como también en la frecuencia. La tensión generada en las tres fases se aplica, respectivamente, en el arrollamiento (210) del lado primario de un transformador (200). En el lado secundario, este transformador (200) presenta por cada fase una pluralidad de arrollamientos (220) en el lado secundario. Respectivamente, tres arrollamientos (220) en el lado secundario de fase diferente forman la tensión alterna de entrada de las células rectificadoras (100).
- Estas células rectificadoras (100) están conectadas en serie de tal manera que en cada caso la entrada (154) de una célula rectificadora (100) está conectada con la salida (152) de la célula rectificadora (100) siguiente. El punto medio de este circuito en serie se encuentra en este caso en potencial de tierra (74) para generar una tensión de salida de 2 x 140kV. En función de las clases de la tensión de los condensadores (140) y de los componentes de semiconductores de potencia, es decir, los conmutadores de semiconductores de potencia (122, 124) y los diodos (112, 126, 132, 134) está dispuesta a tal fin una pluralidad de células rectificadoras (100) en serie.
- Por medio de esta disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la invención se puede mantener siempre constante la tensión de la conexión de tensión continua de alto voltaje (70) sobre una zona desde una décima hasta la tensión de salida total de los generadores (20). De esta manera, la energía generada se puede alimentar a partir de las porciones esenciales de las velocidades existentes del viento en las instalaciones individuales de energía eólica en un parque eólico por medio de un inversor dispuesto a continuación de la conexión de tensión de alto voltaje (70) en una red de corriente.

- 5 La figura 4 muestra en una simulación la tensión del generador generada a través de un circuito rectificador de corriente de acuerdo con la invención en unidades discretas de una o bien de tres fases. En la parte superior de la figura 4 se representa la curva de la tensión en función del tiempo en una fase del generador, en la parte inferior se representa la curva de la tensión de todas las tres fases del generador. Con la excepción de los puntos de anulación, esta curva del tiempo se compensa a través de la disposición de circuito rectificador de corriente en una curva de forma sinusoidal deseable. Solamente en el caso de una curva de la tensión del generador aproximadamente de forma sinusoidal, el generador puede ceder su potencia máxima. De este modo a través de la disposición de circuito rectificador de corriente presentado se puede elevar la eficiencia de las instalaciones de energía eólica.
- 10 A través de la disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la invención se puede regular y adaptar el par motor del generador, de manera que en una zona amplia de diferentes velocidades del viento está disponible siempre la potencia máxima del generador. Esto eleva en comparación con el estado de la técnica el rendimiento de una instalación de energía eólica al menos en un 10 %.

15

20

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Disposición de circuito rectificador de corriente para la transformación de una tensión de generador polifásica en una tensión continua de alto voltaje, que está constituida por un transformador (200) con al menos un arrollamiento (210) en el lado primario por fase así como por una pluralidad de arrollamientos (220) en el lado secundario por fase, en la que, respectivamente, uno de los arrollamientos (220) en el lado secundario de diferente fase presenta una toma media y está conectado con una célula rectificadora (100) y estas células rectificadoras están conectadas entre sí con sus entradas de tensión continua (154) y sus salidas de tensión continua (152), en la que las células rectificadoras (100) están constituidas, respectivamente, por un rectificador de entrada (110) conectado con los arrollamientos secundarios (220) del transformador (200) y por dos convertidores descendentes (180, 190) conectados en serie y las tomas centrales de los arrollamientos secundarios (220) del transformador (200) están conectadas, respectivamente, con el punto medio del circuito en serie de los convertidores ascendentes de la célula rectificadora conectada con el arrollamiento secundario y en la que el punto medio del circuito en serie de las células rectificadoras (100) se encuentra en potencial de tierra (74).
- 10 2.- Disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el rectificador de entrada (110) es un rectificador trifásico de diodos.
- 15 3.- Disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada convertidor ascendente está constituido por un conmutador de semiconductores de potencia (122, 124) con diodo (126, 128) conectado antiparalelo de al menos una bobina (150), con un diodo (132, 134) y un condensador (142, 144).
- 20 4.- Disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el circuito en serie de los convertidores ascendentes está configurado como un circuito en serie de dos conmutadores de semiconductores de potencia (122, 124), respectivamente, con diodo (126, 128) conectado antiparalelo al mismo de al menos dos bobinas (150), con un circuito en serie de condensadores (142, 144) así como, respectivamente, con un diodo (154) en la entrada y con un diodo (152) en la salida de la célula rectificadora (100), en la que el colector del primer conmutador de semiconductores de potencia (122) está conectado con una salida positiva del rectificador de entrada (110) y el emisor del segundo conmutador de potencia (124) está conectado con la salida negativa del rectificador de entrada (110), el ánodo del diodo de salida (132) está conectado con el colector del primer conmutador de semiconductores de potencia (122) y la salida positiva del rectificador de entrada (110), el diodo está conectado con el primer condensador (142) y con la salida (152) de la célula rectificadora (100), el cátodo del diodo de entrada (134) está conectado con el emisor del segundo conmutador de semiconductores (124) y con la salida negativa del rectificador de entrada (110), el ánodo está conectado con el segundo condensador (144) y con la entrada de la célula rectificadora (110) y el pivote medio del arrollamiento secundario (220) del transformador (200) está conectado con el punto medio del circuito en serie de los conmutadores semiconductores de potencia (122, 124) y con el punto medio del circuito en serie de los condensadores (142, 144).
- 25 5.- Disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la bobina del primer convertidor ascendente (180) está dispuesta entre la salida positiva el rectificador de entrada (110) y el colector del primer conmutador de semiconductores de potencia (122) y la bobina del segundo convertidor ascendente (190) está dispuesta entre la salida negativa del rectificador de entrada (110) y el emisor del segundo conmutador de semiconductores (124).
- 30 6.- Disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en la que las bobinas (150) de los convertidores ascendentes (180, 190) están dispuestas en las entradas de la tensión alterna del rectificador (110).
- 35 7.- Disposición de circuito rectificador de corriente de acuerdo con la reivindicación 1, en la que los conmutadores de semiconductores de potencia (122, 124) son IGBTs (transistores bipolares de puerta aislada) o IGCT (tiristores conmutador de puerta aislada).
- 40
- 45

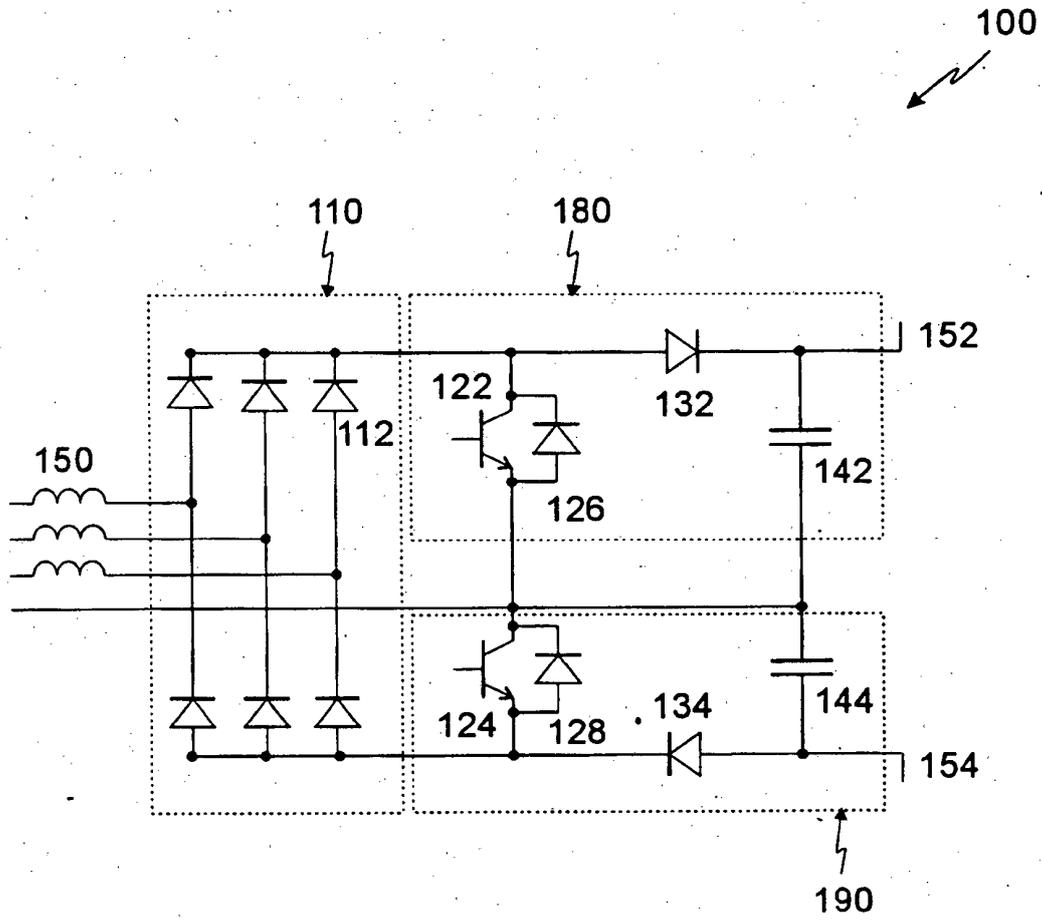


Fig. 2

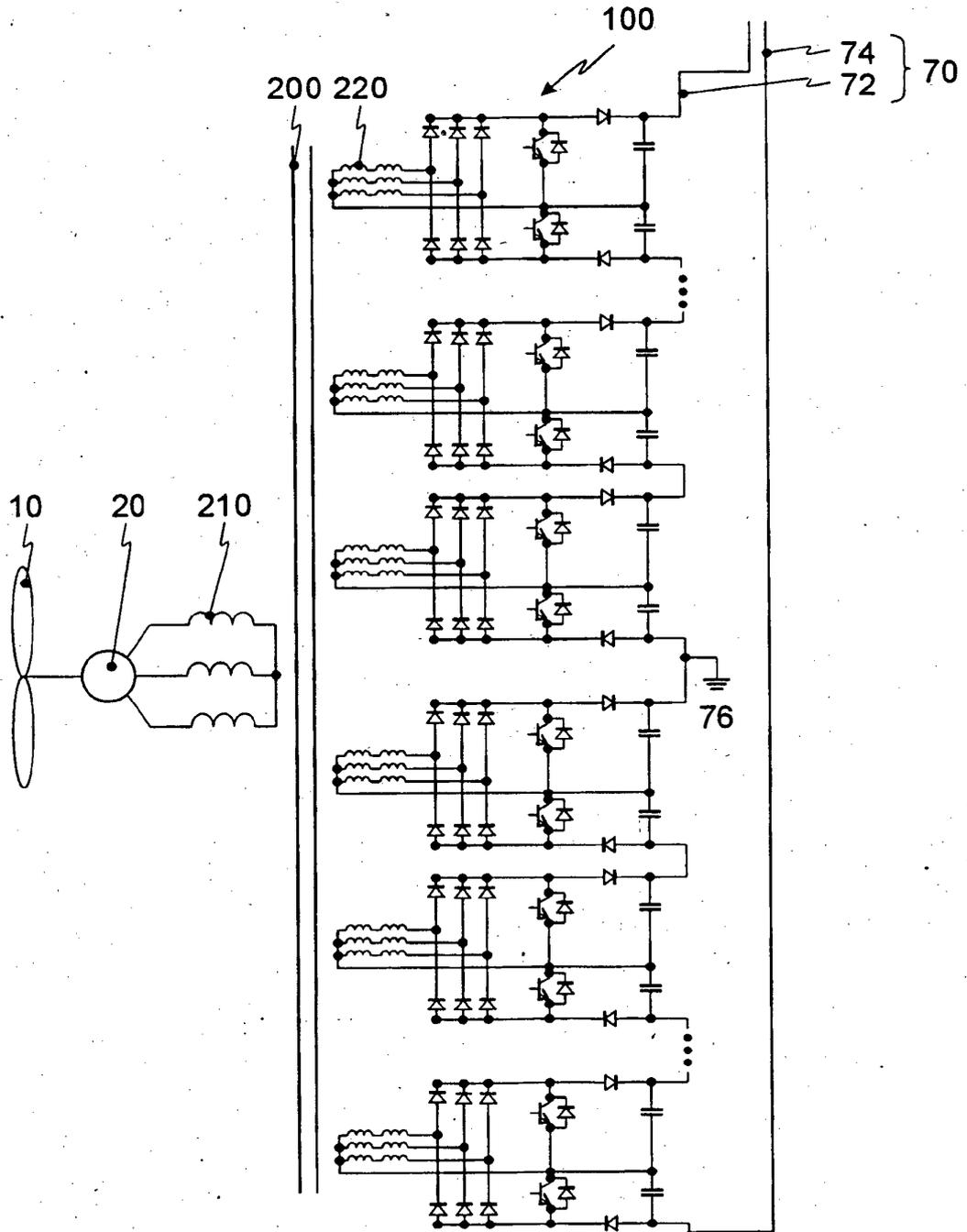


Fig. 3

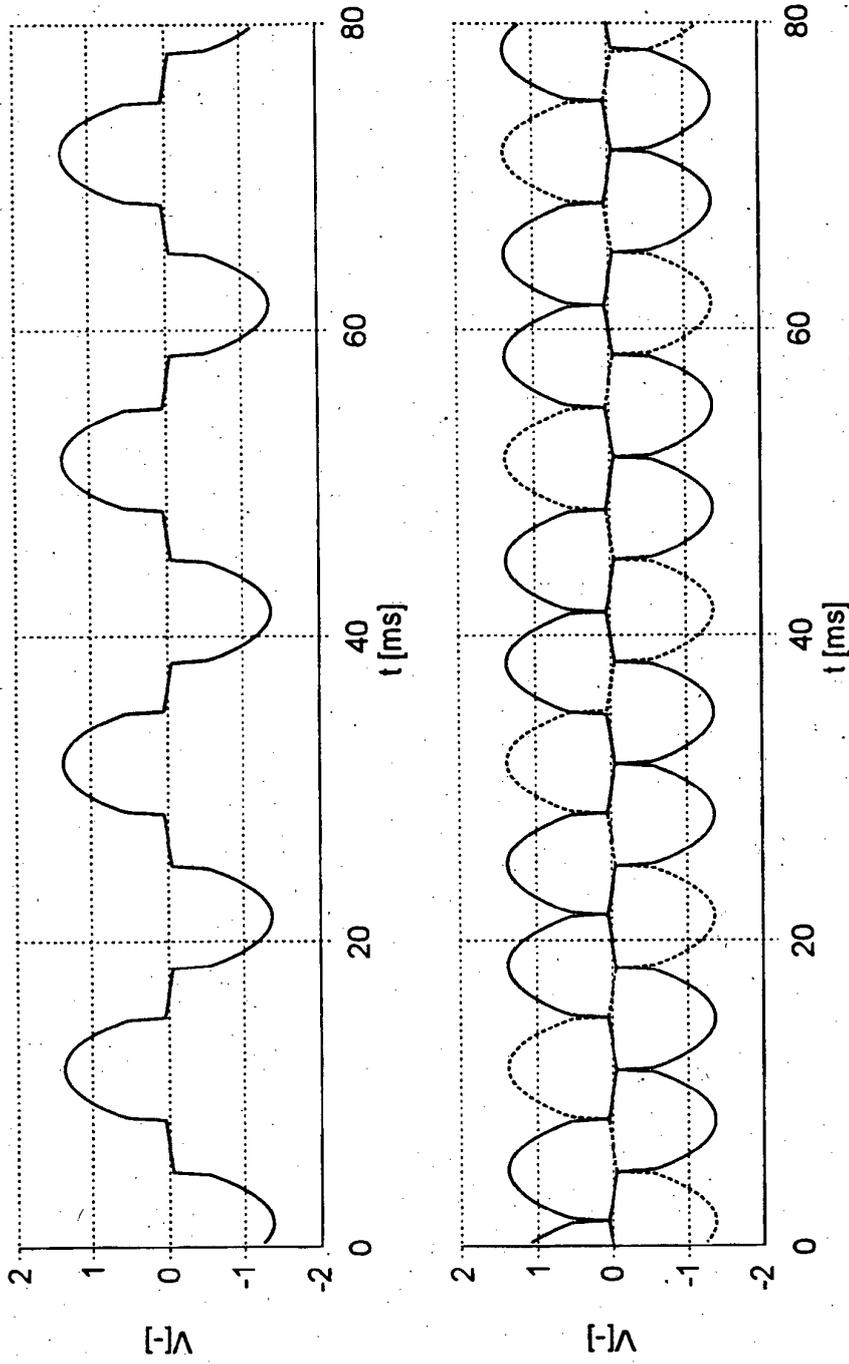


Fig. 4