

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 650**

51 Int. Cl.:

H02P 9/00 (2006.01)

H02P 9/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2007 E 11188871 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2013 EP 2424104**

54 Título: **Sistema para caídas de tensión para un aerogenerador de velocidad variable que tiene una máquina excitatriz y un convertidor de potencia no conectado a la red**

30 Prioridad:

29.12.2006 US 618211

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

03.01.2014

73 Titular/es:

**INGETEA POWER TECHNOLOGY, S.A. (100.0%)
Parque Tecnológico de Bizkaia, Edificio 106, 2a
planta
48170 Zamudio (Bizkaia), ES**

72 Inventor/es:

**RIVAS, GREGORIO;
GARMENDIA, IKER;
ELORRIAGA, JOSU;
MAYOR, JESUS;
BARBACHANO, JAVIER;
SOLE, DAVID y
ACEDO, JORGE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 436 650 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

Sistema para caídas de tensión para un aerogenerador de velocidad variable que tiene una máquina excitatriz y un convertidor de potencia no conectado a la red

Antecedentes de la invención**5 Campo de la Invención**

Los métodos y aparatos compatibles con la presente invención están relacionados con el campo de aerogeneradores de velocidad variable, y más particularmente con un aerogenerador de velocidad variable que comprende un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG, *doubly fed induction generator*), una máquina excitatriz, un convertidor estático intermedio no conectado a la red y un sistema de control para mantener el generador de inducción doblemente alimentado conectado a la red durante una situación de baja tensión, y un método para implementar el mismo.

Descripción de la técnica relacionada

En los últimos años, la generación de energía eólica ha aumentado considerablemente por todo el mundo. Por esta razón, las empresas que regulan la red han modificado las especificaciones de conexión de los aerogeneradores a la red eléctrica con el fin de evitar la desconexión de un aerogenerador de la red cuando en la red se produce una situación de baja tensión o algún tipo de perturbación. De este modo, a los aerogeneradores se les exigen otros nuevos requisitos en lo que se refiere a su contribución a la estabilidad de la red cuando se producen perturbaciones de la tensión.

Normalmente, cuando se produce un fallo en la red en un sistema doblemente alimentado, la protección por exceso de corriente del convertidor desconecta el convertidor. Esta protección se activa porque la corriente del rotor no puede ser regulada por el convertidor del lado del rotor debido al cortocircuito que se produce en el lado del estátor del generador doblemente alimentado. Sin embargo, esta inhabilitación por conmutación no es suficiente para proteger el sistema debido a que la corriente del rotor fluye a través de los diodos del convertidor al circuito del Bus de corriente continua, lo que aumenta la tensión en el bus de corriente continua. Este exceso de tensión puede dañar los componentes del convertidor. Por este motivo, el rotor se pone en cortocircuito y el estátor del generador se desconecta de la red. Hasta hace poco este tipo de control se ha implementado en sistemas de aerogeneradores doblemente alimentados. Sin embargo, el crecimiento de la generación de energía eólica está obligando a la creación de nuevas especificaciones de códigos de red, por lo que la generación de energía eólica debe adaptarse a estos nuevos requisitos. Estos requisitos se centran en dos puntos principales: no hay desconexión del aerogenerador respecto a la red y la contribución del aerogenerador a la estabilidad de la red.

Los diferentes fabricantes de aerogeneradores han desarrollado muchas soluciones con el fin de satisfacer los nuevos requisitos de códigos de red. Algunas de estas soluciones se describen en los siguientes documentos:

- US 6.921.985: Este documento muestra un diagrama de bloques en el que el inversor se acopla a la red. Un elemento externo desde el convertidor, como un circuito de palanca, se acopla con la salida del rotor del generador. Este circuito de palanca funciona para derivar la corriente desde el rotor del generador con el fin de proteger el convertidor de potencia cuando se produce un fallo en la red y para mantener el sistema conectado a la red.
- US 2006/016388 A1. Este documento muestra un diagrama de bloques en el que el inversor se acopla a la red. Un elemento externo desde el convertidor, como un circuito de palanca, se conecta con el rotor del generador. Este circuito de palanca se utiliza para desacoplar eléctricamente el convertidor de los devanados del rotor cuando se produce una situación de baja tensión.
- US 7.102.247: Este documento muestra dos diagramas de bloques con diferentes configuraciones. Ambas muestran un convertidor conectado a la red (V1, V2, V3). Se conectan dos elementos externos con el fin de mantener la conexión del sistema a la red cuando se produce un fallo en la red. En este documento, se muestra un circuito de palanca con resistencia y en el sistema de BUS se incluyen algunos elementos adicionales. Estos elementos adicionales se activan cuando se produce un fallo en la red.
- WO 2004/098261: En este documento se muestra un diagrama de bloques en el que un convertidor se conecta a la red. Este documento muestra el circuito de palanca conectado al sistema de BUS. Este circuito de palanca se activa cuando la tensión del BUS aumenta después de una situación de tensión baja.

Sin embargo, cada solución desarrollada y descrita en estos documentos y en otros documentos, tales como WO2004/040748A1 o WO2004/070936A1 tiene una característica común: todas las soluciones incluyen convertidores electrónicos de potencia conectados directamente a la red. Esta característica es la fuente de un problema muy importante cuando se produce una tensión transitoria en la red. Como se explicará, este convertidor del lado de la red presenta una limitación funcional cuando se produce un fallo, porque el convertidor del lado de la red va a funcionar con una menor tensión de red (dependiendo del fallo en la red), por lo que su capacidad de

5 evacuación de energía se reduce. Actualmente, cuando se produce un fallo en la red, la energía de desmagnetización del generador se envía al BUS y debido a la limitación del convertidor del lado de la red, se eleva la tensión en el BUS y podría dañar los componentes del convertidor. Por esta razón, estas soluciones incluyen algunos elementos adicionales conectados principalmente al rotor o al sistema de BUS. Estos elementos adicionales absorben la energía de desmagnetización del generador cuando se produce un fallo en la red con el fin de mantener el aerogenerador conectado a la red y, de este modo, satisfacer las nuevas especificaciones de códigos de red. Todos estos elementos se forman generalmente a partir de una combinación de elementos pasivos, como resistencias, y elementos activos, como conmutadores.

10 En este tipo de soluciones, toda perturbación o fluctuación que se produce en la red afecta directamente al convertidor del lado de la red, por lo que su limitación actual implica que las prestaciones del aerogenerador durante un fallo en la red no están completamente optimizadas.

BAUER P. ET AL: Evaluation of electrical systems for offshore windfarms, INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE, 2000, PISCATAWAY, NJ, EE.UU., IEEE, vol. 3, 8 de octubre de 2000, páginas 1416-1423 ISBN: 0-7803-6401-5 describe unos sistemas eléctricos que utilizan un aerogenerador de velocidad variable.

15 **Compendio de la invención**

Unos ejemplos de realizaciones de la presente invención descrita en esta memoria superan las desventajas mencionadas anteriormente y otras desventajas no descritas anteriormente. Además, la presente invención no es necesaria para superar las desventajas descritas anteriormente, y un ejemplo de realización de la presente invención puede no superar alguno de los problemas descritos anteriormente. Por consiguiente, en los ejemplos de realizaciones descritos en esta memoria, las prestaciones del aerogenerador durante los fallos de la red están optimizadas porque no hay electrónica de potencia conectada a la red. El sistema actual con una máquina excitatriz garantiza que el convertidor del lado del excitador funciona en todo momento con una tensión estable.

Según un aspecto de un ejemplo de realización descrito en esta memoria, se proporciona un aerogenerador de velocidad variable según se establece en la reivindicación 1.

25 Según esta topología, la electrónica de potencia no está conectada a la red. De este modo, la energía solo se entrega a la red a través del estátor del generador de inducción doblemente alimentado y las perturbaciones de tensión no afectan directamente al convertidor del lado del excitador.

Se ha de entender que la descripción general precedente y la siguiente descripción detallada son solo ejemplos y explicaciones y no son restrictivos de la invención, que se define en las reivindicaciones.

30 **Breve descripción de los dibujos.**

La invención y su modo de funcionamiento se entenderán más plenamente a partir de la siguiente descripción detallada cuando se tome con los dibujos incorporados, en los que los números de referencia similares corresponden a elementos similares.

35 Figura 1: Ilustra un diagrama de circuito para un aerogenerador de velocidad variable que tiene una máquina excitatriz y un convertidor de potencia que no está conectado a la red, según un ejemplo de realización.

Figura 2: Ilustra una implementación de un diagrama de circuito para un aerogenerador de velocidad variable que tiene una topología convencional en el que un convertidor de potencia está conectado a la red.

Figura 3: Ilustra el circuito eléctrico equivalente de una máquina asíncrona.

Figura 4: Ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de un Controlador de máquina excitatriz.

40 Figura 5: Ilustra un diagrama de bloques de un ejemplo de realización de la máquina excitatriz utilizada como suministro de energía.

Figura 6: Es un gráfico de un perfil típico de tensión que ha de cumplirse y es necesario para algunos códigos de conexión a la red.

45 Figura 7: Es un gráfico de un ejemplo de la Tensión de estátor del generador de inducción doblemente alimentado de un ejemplo de realización durante un fallo en la red.

Figura 8: Es un gráfico de un ejemplo de las corrientes de rotor, estátor y excitador durante un fallo en la red.

Descripción detallada

A continuación se describe un aerogenerador de velocidad variable y su modo de control cuando se producen perturbaciones de tensión en la red. Se hará referencia a varios dibujos sólo como ilustración para una mejor

comprensión de la descripción. Por otra parte, a lo largo de la descripción se usarán los mismos números de referencia que hacen referencia a piezas iguales o similares.

El sistema generador de aerogenerador de velocidad variable se muestra en líneas generales en la Fig. 1. En este ejemplo de realización, el sistema de velocidad variable comprende una o más palas (101) de rotor y un buje de rotor que se conecta a una cadena de impulsión. La cadena de impulsión comprende principalmente un árbol (102) de turbina, una caja de engranajes (103), un árbol (104) de rotor y un generador de inducción doblemente alimentado (105). El estátor del generador de inducción doblemente alimentado (110) puede conectarse a la red utilizando uno o más contactores o disyuntores de circuito (115). El sistema también comprende una máquina excitatriz (112), tal como una máquina asincrónica, una máquina de CC, una máquina sincrónica (por ejemplo imán permanente) o una máquina eléctrica invertible que funciona como un motor o como un generador, que se acopla mecánicamente a la cadena de impulsión. Como se muestra en la Fig. 1, la máquina excitatriz (112) se puede acoplar a la cadena de impulsión por medio de un árbol (113) conectado en un extremo a la máquina excitatriz y conectado en el otro extremo al rotor del DFIG (110, 111). La máquina excitatriz también se conecta a dos convertidores electrónicos activos de potencia (122, 125) unidos por un bus de enlace de corriente continua (124) (es decir, un convertidor de acoplamiento paralelo, *back to back converter*) con uno de los lados de CA conectado al circuito del rotor del generador de inducción doblemente alimentado y el otro lado de CA conectado a la máquina excitatriz (112).

Como alternativa, en lugar de un convertidor de acoplamiento paralelo se puede conectar un cicloconvertidor, un convertidor matricial o cualquier otro tipo de convertidor bidireccional. La unidad de control del convertidor (CCU) (100) lleva a cabo la regulación de potencia del generador de inducción doblemente alimentado y de la máquina excitatriz. El sistema comprende unos filtros, tal como un filtro dV/dt (120) que se conecta al circuito del rotor del generador de inducción doblemente alimentado con el fin de protegerlo contra las variaciones bruscas de tensión producidas por los conmutadores activos del convertidor electrónico de potencia. Por otra parte, un filtro dV/dt (127) se conecta entre el convertidor electrónico de potencia y la máquina excitatriz.

Un aspecto adicional de este ejemplo de realización es que no hay ningún convertidor de potencia conectado a la red. En la Fig. 2, se muestra un sistema clásico de inducción doblemente alimentado. El convertidor de potencia (201) se conecta a la red, de modo que le afectan las fluctuaciones de la red. En lugar de eso, en el presente ejemplo de realización el convertidor de potencia (125) se conecta a la máquina excitatriz, de modo que puede trabajar con una tensión estable, totalmente independiente de la tensión de la red.

Como ejemplo ilustrativo de la presente invención se describe un método que puede utilizarse cuando se produce un fallo en la red. Durante esa situación, las corrientes del estátor, las corrientes del rotor y la tensión del rotor muestran una primera transición cuya duración y magnitud depende de los parámetros eléctricos de la máquina de R's (301), Ls (302), L'r (303), Rr/s (304), Lm (305), Rc (307). En la Fig. 3 se muestra un circuito eléctrico equivalente de una máquina asincrónica, que incluye ese tipo de parámetros eléctricos: la impedancia de la red y el perfil de la perturbación de tensión: velocidad de rotación, profundidad e instante. Por lo tanto, en este ejemplo ilustrativo de la presente invención, durante esta primera transición, la máquina excitatriz convierte la energía eléctrica, debido a la desmagnetización del generador, en energía mecánica.

Cuando se produce una situación de baja tensión, la parte de magnetización (305) de la máquina asincrónica (110) va a tratar de mantener el flujo en la máquina. Este flujo no puede cambiar instantáneamente, por lo que aparecerá como una tensión diferencial (309) entre la tensión de red (308) y la tensión de magnetización (307) en la máquina. Esta tensión (309) es proporcional al flujo y a la velocidad de rotación. Esta tensión diferencial (309) generará un exceso de corriente en el estátor, sólo limitada por la inductancia de fugas (302) del estátor y la resistencia (301) del estátor. Debido a la relación entre el estátor y el rotor, bastante similar a la relación entre el primario y el secundario de un transformador, el efecto de la transición en las corrientes del estátor también aparece en las corrientes del rotor.

En el caso de un generador doblemente alimentado, el rotor del generador se conecta eléctricamente a un convertidor electrónico de potencia. Por tanto, las corrientes del rotor durante esta transición, debido a la desmagnetización del generador, fluyen desde el rotor al Sistema de Bus de CC a través del convertidor electrónico de potencia. En las soluciones convencionales el convertidor del lado de la red no es capaz de evacuar esta energía porque la tensión residual de la red se reduce, por lo que la tensión de CC se eleva y los elementos electrónicos de potencia pueden dañarse.

Para resolver el problema mencionado, las diferentes soluciones desarrolladas necesitan sistemas adicionales para absorber esta transición energética debido a la limitación impuesta de tener un segundo convertidor electrónico de potencia conectado a la red. Las susodichas patentes US6.921.985, US2006/016388A1, US7.102.247, W02004/098261 explican diferentes soluciones. Sin embargo, esas configuraciones tienen una muy reducida capacidad de evacuación de energía. Por esta razón, cuando se produce una situación de baja tensión esta energía tiene que ser disipada en elementos pasivos porque de otro modo el sistema de bus de corriente continua y los conmutadores del convertidor pueden dañarse. Estos elementos pueden tener diferentes topologías y pueden conectarse con el rotor o con el sistema de Bus de corriente continua.

Funcionamiento con fallo en la red

Por otra parte, en este ejemplo, cuando se produce una situación de baja tensión, el funcionamiento tiene dos procesos. Estos procesos pueden producirse al mismo tiempo, pero se explican por separado para un mejor entendimiento:

- 5 - Primer proceso: Transferencia de energía entre el circuito del rotor y el sistema cinético mecánico a través del sistema del convertidor y la máquina excitatriz.
- Segundo proceso: Hacer que el sistema vaya a las condiciones nominales con el fin de generar las corrientes y la potencia según los diferentes requisitos.

Primer Proceso

10 En este ejemplo, no hay ninguna limitación como en otras soluciones. El convertidor (125) del lado de excitación mantiene su capacidad de evacuación energética porque la tensión en los terminales (129) de la máquina excitatriz se mantiene estable o por lo menos en un intervalo de trabajo. Esta tensión depende principalmente de la velocidad, por lo que la estabilidad está garantizada por la inercia de la cadena de impulsión, por lo que las eventuales fluctuaciones de velocidad cuando se produce una situación de baja tensión no es necesario que sean significativas con el fin de cambiar drásticamente la tensión.

15 En un ejemplo, la energía debida a la desmagnetización del generador doblemente alimentado (110) durante la situación de baja tensión fluye a través de los convertidores (122, 125) y de la máquina excitatriz (112), y se convierte en energía mecánica. Por lo tanto, toda la energía se transfiere a la cadena de impulsión. Cuando se produce una situación de baja tensión, debido a un exceso de tensión generado en el rotor (111), las corrientes (121) del rotor fluyen al sistema de Bus de corriente continua (124) a través del convertidor (122, 202) del lado del rotor. Con el fin de recuperar esta primera transición en el menor tiempo posible, el convertidor (125) del lado de excitación podría trabajar a su máxima capacidad de corriente, manteniendo bajo control la tensión en el BUS en todo momento. Este límite de corriente se calcula mediante la unidad de control principal que se hace cargo de las condiciones de trabajo. Cuando la tensión de excitación (129) se mantiene estable, el convertidor (125) tiene una gran capacidad de evacuación energética. Esta energía es enviada al excitador que la guardará como energía cinética. Por tanto, esta capacidad máxima permite que esta primera transición sea reducida a unos milisegundos.

20 Cuando se produce un fallo en la red, tal y como se muestra en la Fig. 6, que muestra un perfil típico de un fallo en la red, las corrientes del estátor, del rotor y del convertidor del lado de excitación (801), (802), (803) presentan una evolución eléctrica que se muestra en la Fig. 8. En esta figura se puede observar cómo fluyen las corrientes desde el rotor a la máquina excitatriz. El convertidor del lado de excitación funciona a su máxima capacidad de corriente durante los primeros aproximadamente 50 milisegundos con el fin de evacuar toda la energía debida a la desmagnetización del generador. La unidad de control principal hace que el convertidor (125) trabaje en esta corriente máxima. El tiempo de trabajo en esta corriente puede variar dependiendo de las características de la situación de baja tensión y de los parámetros eléctricos del sistema.

25 La oscilación que aparece en las corrientes corresponde a la frecuencia de rotación mecánica del generador. La corriente (803) del convertidor del lado de excitación tiende a cero una vez que el generador está completamente desmagnetizado. Por otra parte, al mismo tiempo que se produce la situación de baja tensión en la red, el convertidor del lado del rotor intenta generar la corriente reactiva nominal según una especificación típica. Por tanto, los valores finales medios de las corrientes del estátor y del rotor corresponden a las condiciones de corriente nominal del sistema. Las oscilaciones se ven mitigadas por el control, como se explicará más adelante. El efecto de esta generación de corriente reactiva se puede ver en la Fig. 7, en la que se muestra la tensión en el estátor. En aproximadamente los primeros 25 milisegundos, la tensión en el estátor cae un 50%, y debido a la estrategia de soporte para la red, generando corriente reactiva, la tensión en el estátor sube al 65% con respecto al valor nominal. Se ha explicado una estrategia de soporte para la red, suministrando corriente reactiva a la red, pero durante la situación en la red se pueden adoptar otras estrategias de control.

30 Por ejemplo, el funcionamiento del convertidor (125) del lado de excitación es controlado por la unidad de control principal (100) que regula cómo se evacua la energía a la máquina excitatriz mediante el control de los conmutadores activos del convertidor electrónico de potencia. La Fig. 4 muestra cómo se controlan los conmutadores del convertidor de potencia (125). Con el fin de evacuar muy rápido la energía, el sistema de control en la unidad de control principal utiliza detección algorítmica de baja tensión y cálculo de corriente instantánea máxima disponible mediante los conmutadores, establecido por el regulador (407) del Bus de corriente continua. Este algoritmo de baja tensión se basa en las corrientes medidas en el estátor y en el rotor. La unidad de control principal (100) establece la corriente máxima que se puede suministrar a los conmutadores del convertidor (125) sobre la base del límite de temperatura en el semiconductor, la frecuencia de conmutación y otros parámetros. En un ejemplo, la frecuencia de conmutación podría ser variable. Por tanto, el regulador (407) de Bus de corriente continua establece un Sp_IEq que es la corriente verdadera a transferir a la máquina excitatriz (112). En un ejemplo esta Sp_IEq es la corriente máxima disponible para el convertidor (125).

En un ejemplo, la unidad de control principal (100) establece el tiempo que está trabajando el convertidor (125) del lado de excitación en su corriente máxima. En un ejemplo, esto es fijo y podría ser fijado y calculado por la unidad de control principal. En otro ejemplo, este tiempo podría ser variable y depender de las variables eléctricas del sistema: A_{v_Ubus} , corriente (121) del rotor y corriente (118) del estátor y otras variables. En un ejemplo, se cumplen los siguientes criterios,

- $A_{v_Ubus} < \text{Porcentaje de la máxima tensión en el BUS};$
- Corriente (121) del rotor $< \text{Porcentaje de la máxima corriente del rotor};$
- Corriente (118) del estátor $< \text{Porcentaje de la máxima corriente del estátor}.$

Segundo Proceso

10 Un efecto generado en un generador doblemente alimentado cuando se produce un fallo en la red es la oscilación que aparece en las corrientes. Esta oscilación corresponde a la frecuencia de rotación del generador. Cuando se produce un fallo en la red, el flujo del estátor no gira, por lo que es visto por el rotor como un vector de rotación inversa. Es importante reducir esta oscilación, o por lo menos compensarla, mediante algunos mecanismos de control implementados en los circuitos de control.

15 Las ecuaciones de la máquina asincrónica en el sistema de referencia de rotación de dos ejes dependen de la corriente del rotor y de los parámetros eléctricos del sistema.

En consecuencia, el sistema de rotor dependerá de las corrientes del rotor por un lado y de la corriente de magnetización con una dependencia de la frecuencia de la velocidad del rotor por otro lado.

20 Por tanto, cuando se produce un fallo en la red, los circuitos de regulación de corriente deben detectar estas oscilaciones durante el fallo con el fin de mantener el sistema bajo control. Una vez que el sistema de control detecta estas oscilaciones, debe tratar de reducir estas oscilaciones para minimizar el tiempo de esta transición y llevar el sistema a las condiciones exigidas por las diferentes normativas.

En un ejemplo, este segundo proceso podría comenzar algunos milisegundos después de que haya comenzado el primer proceso. La unidad de control principal decide cuando debe comenzar este segundo proceso.

25 Durante este segundo proceso, se pueden tener en cuenta diferentes estrategias.

En un ejemplo, puede utilizarse una estrategia de soporte para la red que suministra corriente reactiva o potencia reactiva a la red.

En otro ejemplo, puede utilizarse una estrategia de soporte para la red que suministra corriente verdadera o potencia verdadera a la red.

30 En otro ejemplo, puede utilizarse una estrategia de control mixta, en donde a la red puede suministrarse corriente verdadera y reactiva y potencia verdadera y reactiva.

Sistema EMPS

35 Una información adicional relacionada con un ejemplo de realización de la presente invención es el uso de la máquina excitatriz (112) como suministro de energía para generar diferentes suministros estables. La tensión (129) generada por el excitador depende de la velocidad de rotación, de modo que cuando el sistema alcanza una cierta velocidad la tensión generada por el generador excitador es suficiente para generar los suministros de energía (502), (508), mostrados en la Fig. 5, requeridos por el sistema.

40 En un ejemplo de realización ilustrado en la Fig. 5, el sistema tiene dos sistemas CA/CC (503) (502) basados en semiconductores que generan dos suministros diferentes de tensión de CC. Algunos diodos (509) (510) se colocan en la salida de CC con el fin de desacoplar los dos suministros de tensión (sistemas CA/CC (502), (503)). El sistema (502) generará una tensión V_2 y el sistema (503) generará una tensión V_1 . Por tanto, el suministro de tensión de CC será igual a la mayor de V_1 y V_2 . Usualmente V_1 es un poco más grande que V_2 .

45 Desde el suministro de energía de tensión de CC, se pueden conectar varios sistemas de suministro auxiliar de energía con el fin de generar los suministros auxiliares independientes necesarios para el sistema. Estos sistemas de suministro auxiliar de energía son sistemas de CC/CC (507) o CC/CA (505) y se basan en semiconductores, elementos pasivos y otros elementos eléctricos.

En un ejemplo de realización, con el fin de aislar cada sistema, en la entrada de los sistemas CC/CC o CC/CA pueden colocarse algunos conmutadores o contactores (504) (506).

En un ejemplo de realización, el proceso de suministro auxiliar de energía tiene diferentes etapas:

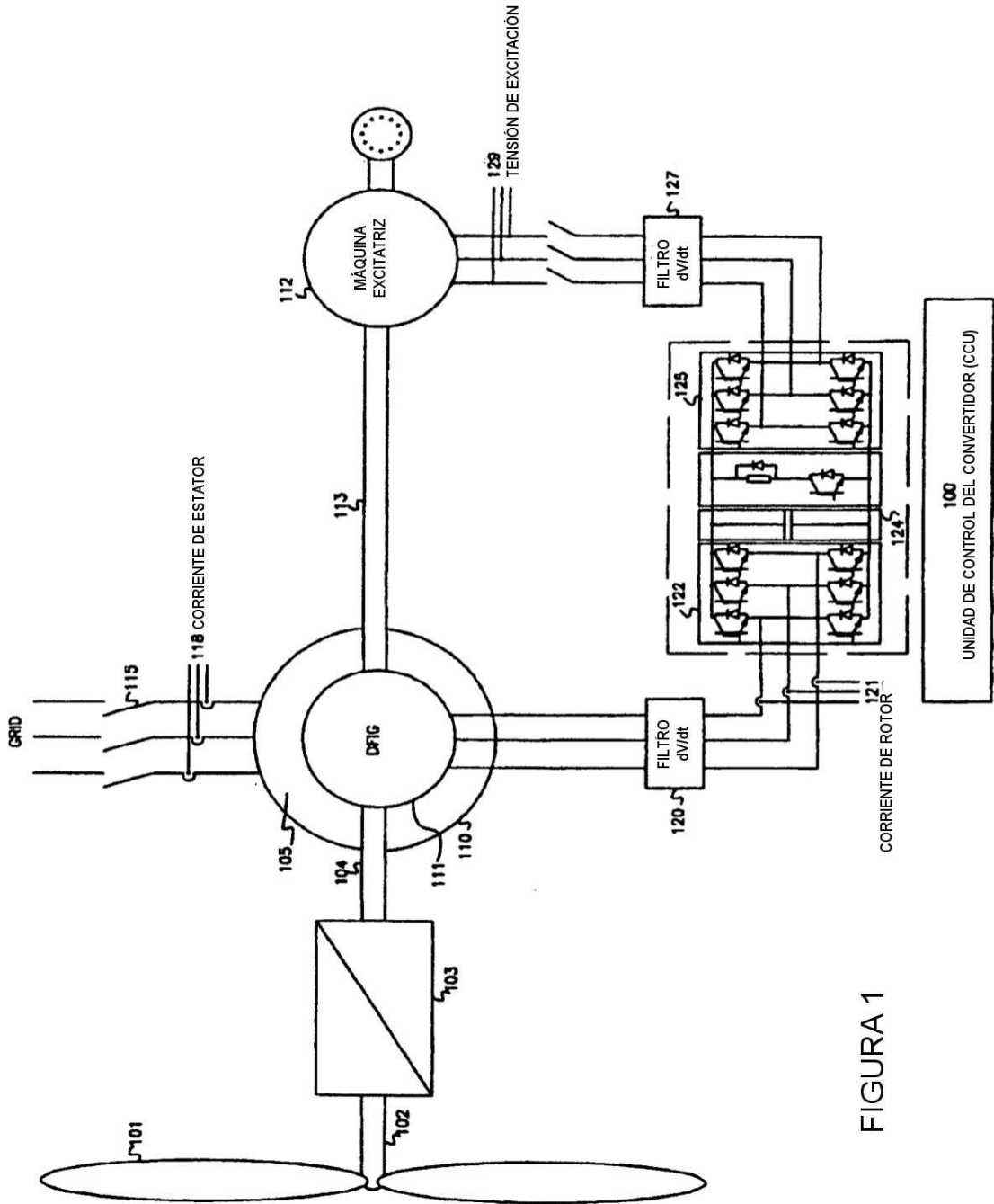
ES 2 436 650 T3

- 5 - El conmutador o contactor 501 está cerrado, por lo que el suministro principal de energía proviene de la red. El sistema CC/CA (502) genera un nivel de tensión V2 de modo que los suministros auxiliares de tensión se generan cuando los contactores (504) (506) están cerrados. Antes de que el generador llegue a un valor de velocidad establecido, valor speed_I, las fuentes de los suministros auxiliares de potencia se generan desde la red. El conmutador o contactor (501) estará siempre cerrado mientras que la velocidad del generador se encuentre por debajo del valor speed_I.
- 10 - Una vez que la velocidad del generador alcanza el valor de velocidad, el sistema CA/CC (503) genera suficiente tensión V2 para tener una tensión de CC para generar los diferentes suministros auxiliares de tensión, entonces el conmutador contactor (501) se abre. La tensión auxiliar se genera a partir del sistema CA/CC (503) mientras que la velocidad del generador es mayor que un valor speed_I.

En un ejemplo ilustrativo, con el fin de mejorar la redundancia del sistema de suministro de energía, el conmutador o contactor 501 puede mantenerse cerrado.

REIVINDICACIONES

1. Un aerogenerador de velocidad variable que comprende:
un árbol (104) de rotor que incluye por lo menos una pala (101)
una cadena de impulsión acoplada al árbol de rotor, la cadena de impulsión incluye un generador de inducción
5 doblemente alimentado (DFIG), dicho DFIG (110, 111) tiene por lo menos un estátor que se puede conectar a una red de energía eléctrica;
una máquina excitatriz (112) acoplada con la cadena de impulsión; y
un dispositivo de conversión de potencia (125) acoplado eléctricamente a un rotor del generador de inducción
10 doblemente alimentado y a la máquina excitatriz para transferir energía eléctrica entre el rotor y la máquina excitatriz, en donde el dispositivo de conversión de potencia (125) está aislado de la red, de tal manera que la energía solo se entrega a la red a través del estátor del DFIG;
en donde la máquina excitatriz se utiliza como suministro de energía para los componentes del aerogenerador cuando la velocidad del generador se encuentra al mismo nivel o por encima de un valor predefinido.
- 15 2. El sistema de aerogenerador de velocidad variable de la reivindicación 1, que comprende además: unos medios (502, 503) para generar energía de corriente alterna (CA) y de corriente continua (CC) en respuesta a la velocidad del generador que está al mismo nivel o por encima de un valor predefinido.
3. El sistema de aerogenerador de velocidad variable de la reivindicación 1, que comprende además: unos
medios (502) para generar un suministro auxiliar de energía de corriente alterna (CA); y
unos medios (508) para generar un suministro auxiliar de energía de corriente continua (CC).
- 20 4. El sistema de aerogenerador de velocidad variable de la reivindicación 1, que comprende además: un convertidor (503) de corriente alterna/corriente continua (CA/CC) acoplado a la máquina excitatriz que genera un suministro de energía de corriente continua (CC); y un convertidor (502) de corriente continua/corriente alterna (CC/CA) conectado al suministro de energía de CC que genera un suministro auxiliar de energía de corriente alterna (CA).



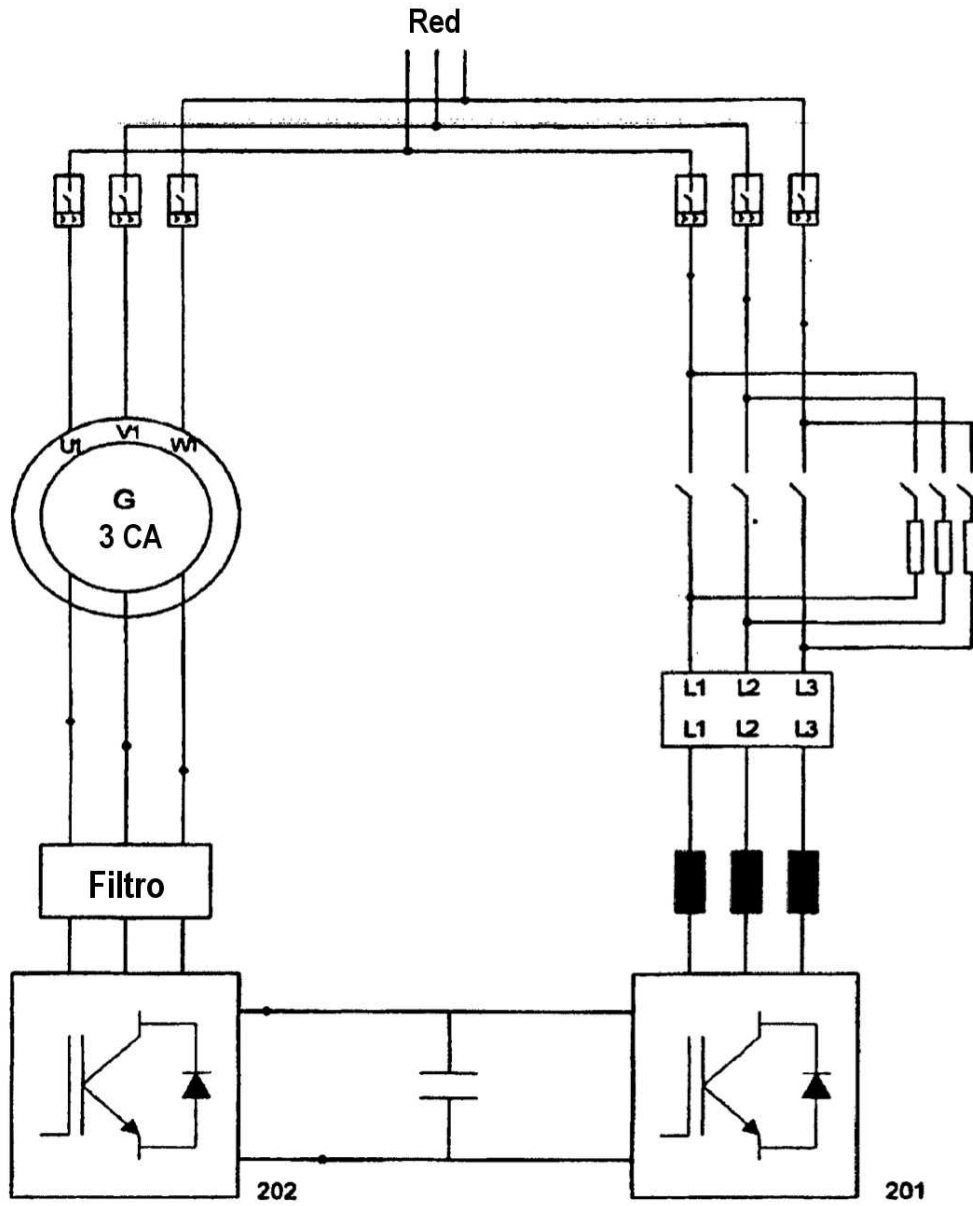


Fig. 2

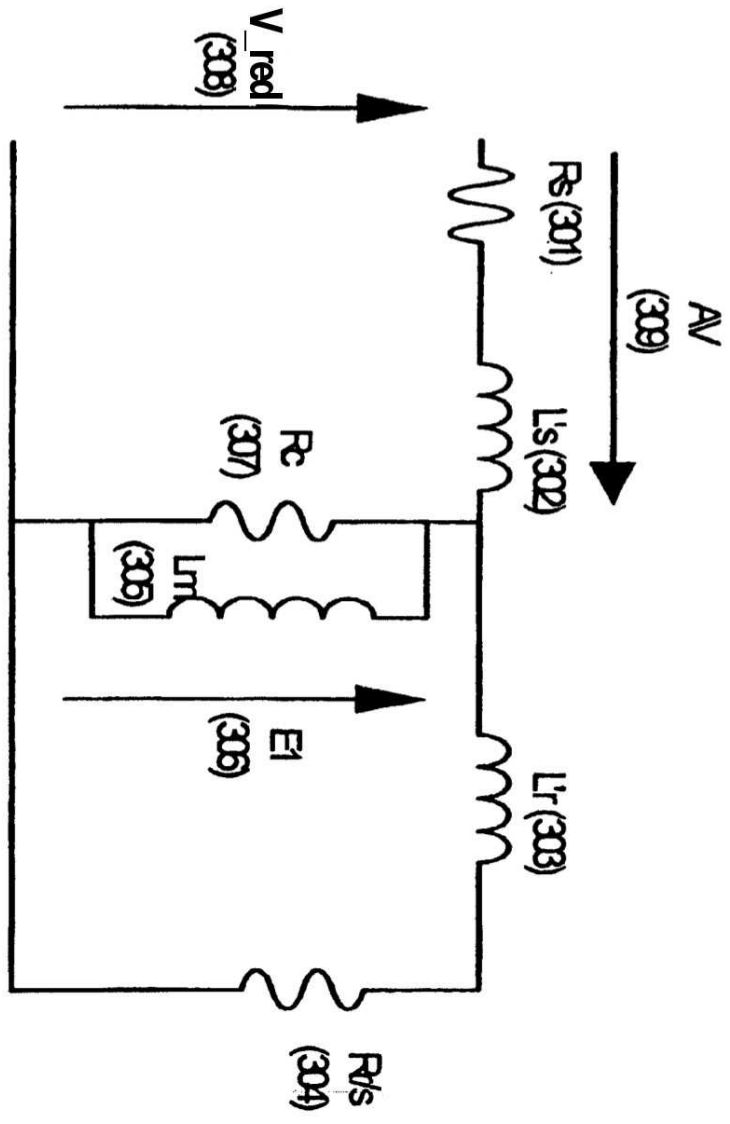


Fig. 3

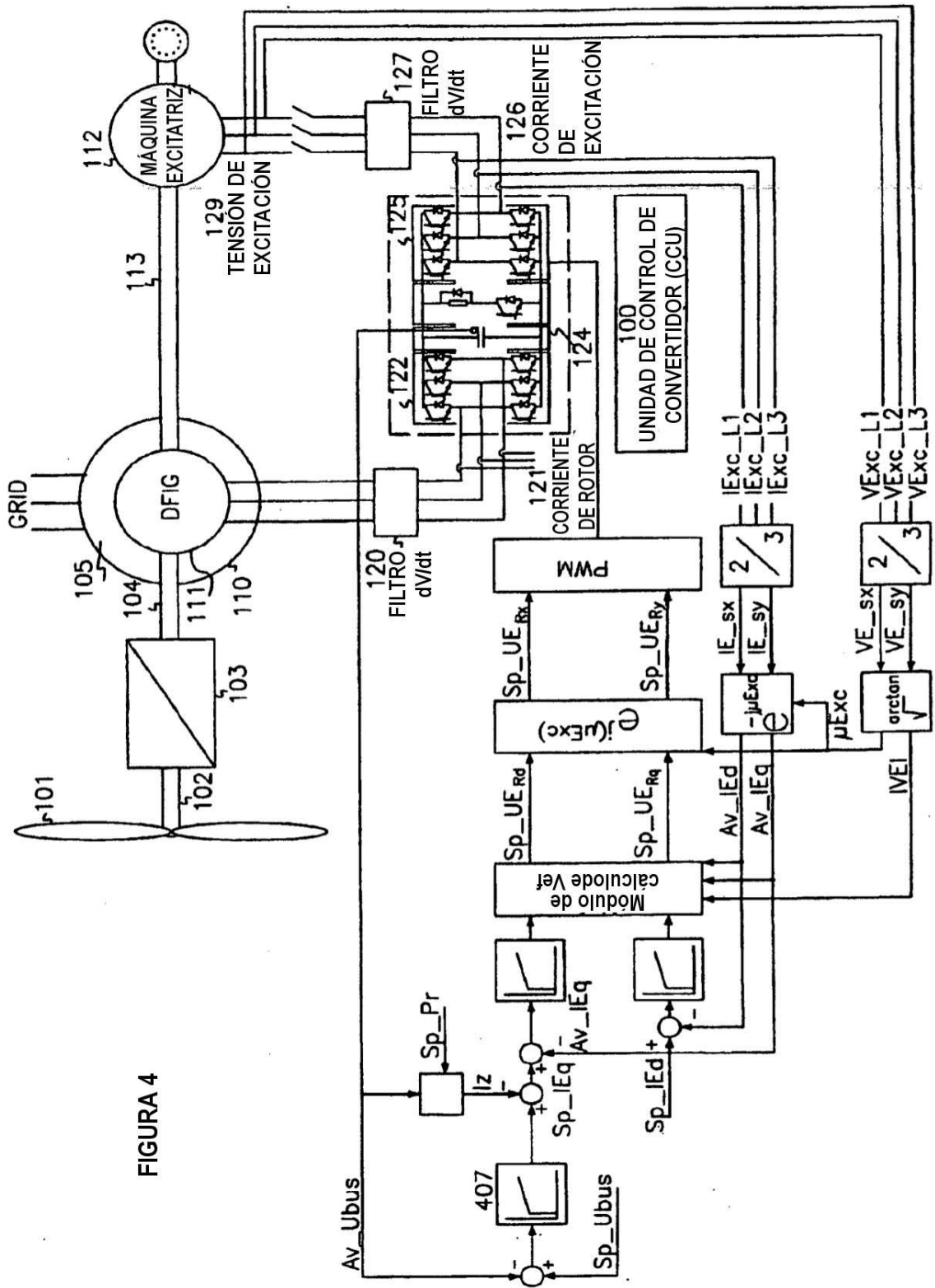
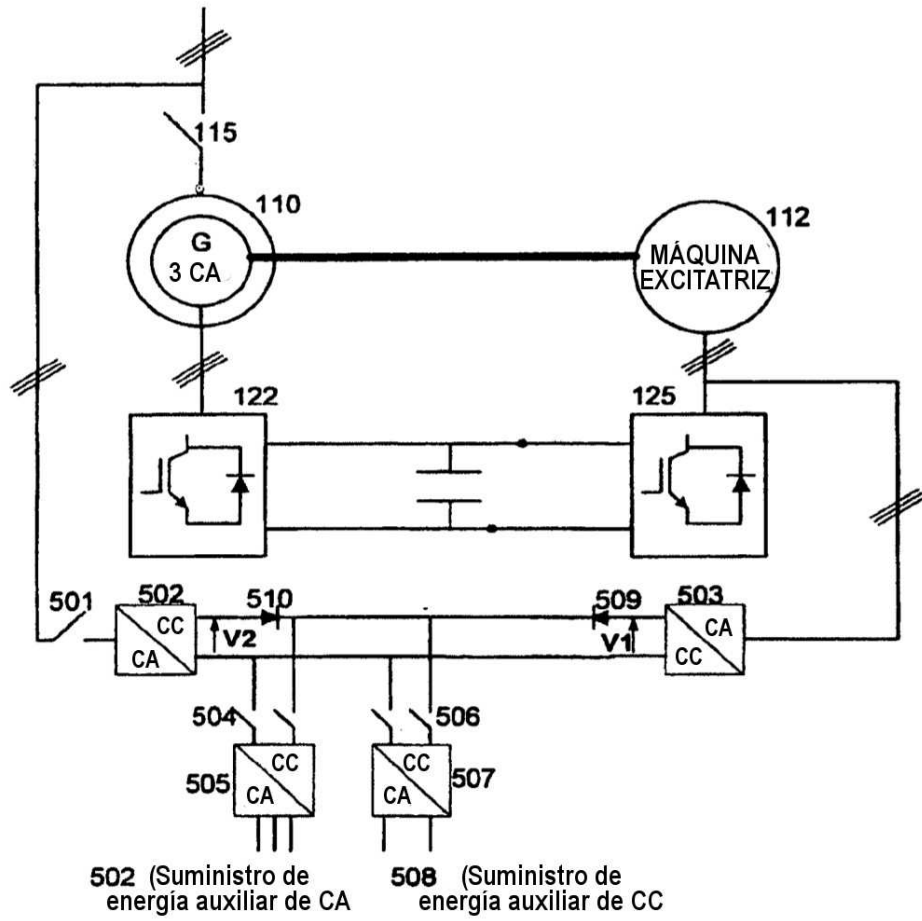


FIGURA 4



502 (Suministro de energía auxiliar de CA)

508 (Suministro de energía auxiliar de CC)

Fig. 5

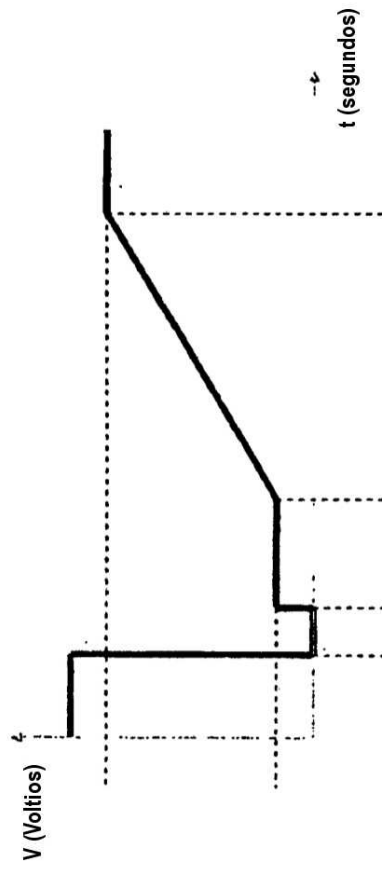


Fig.6

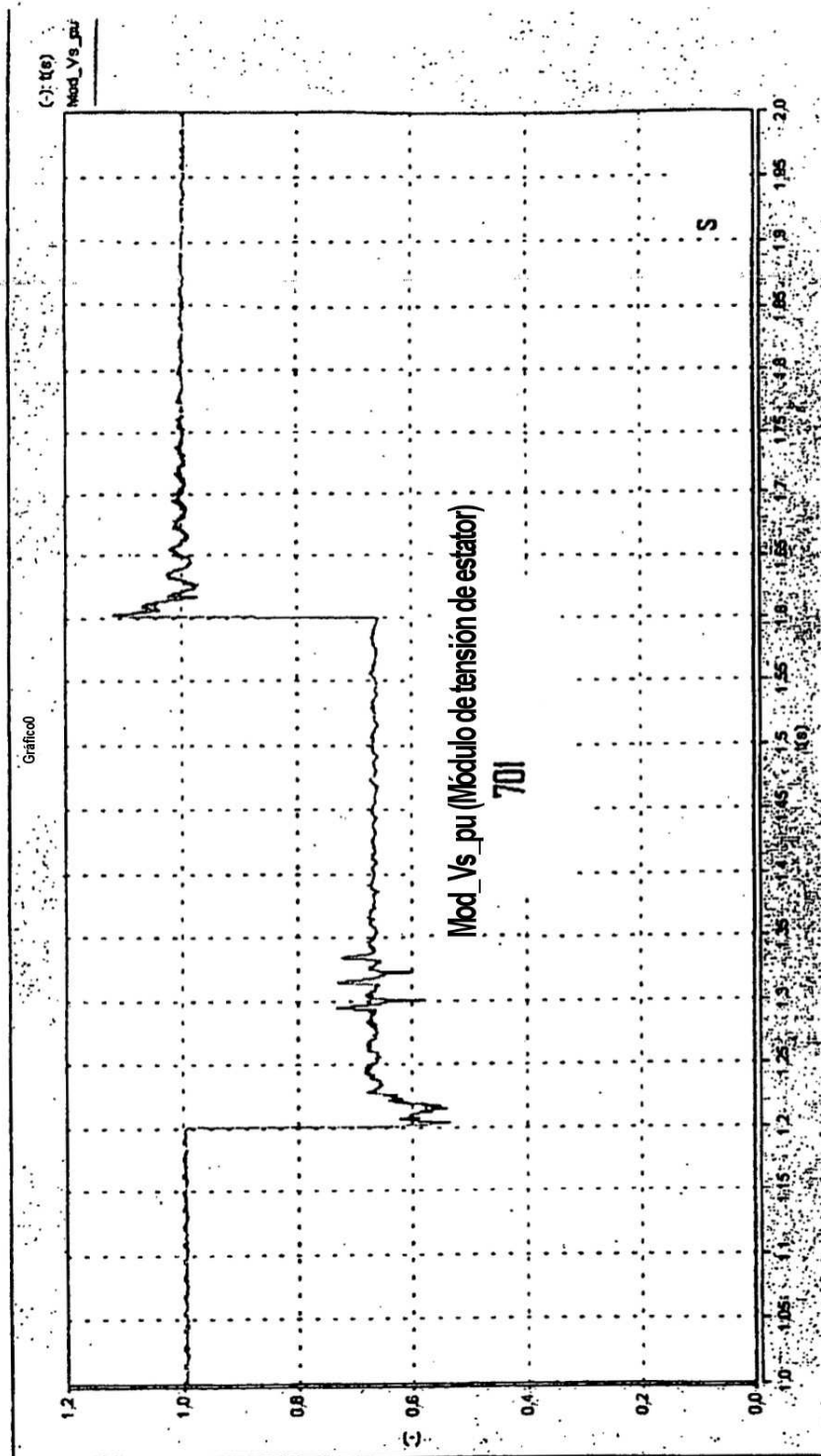


Fig 7

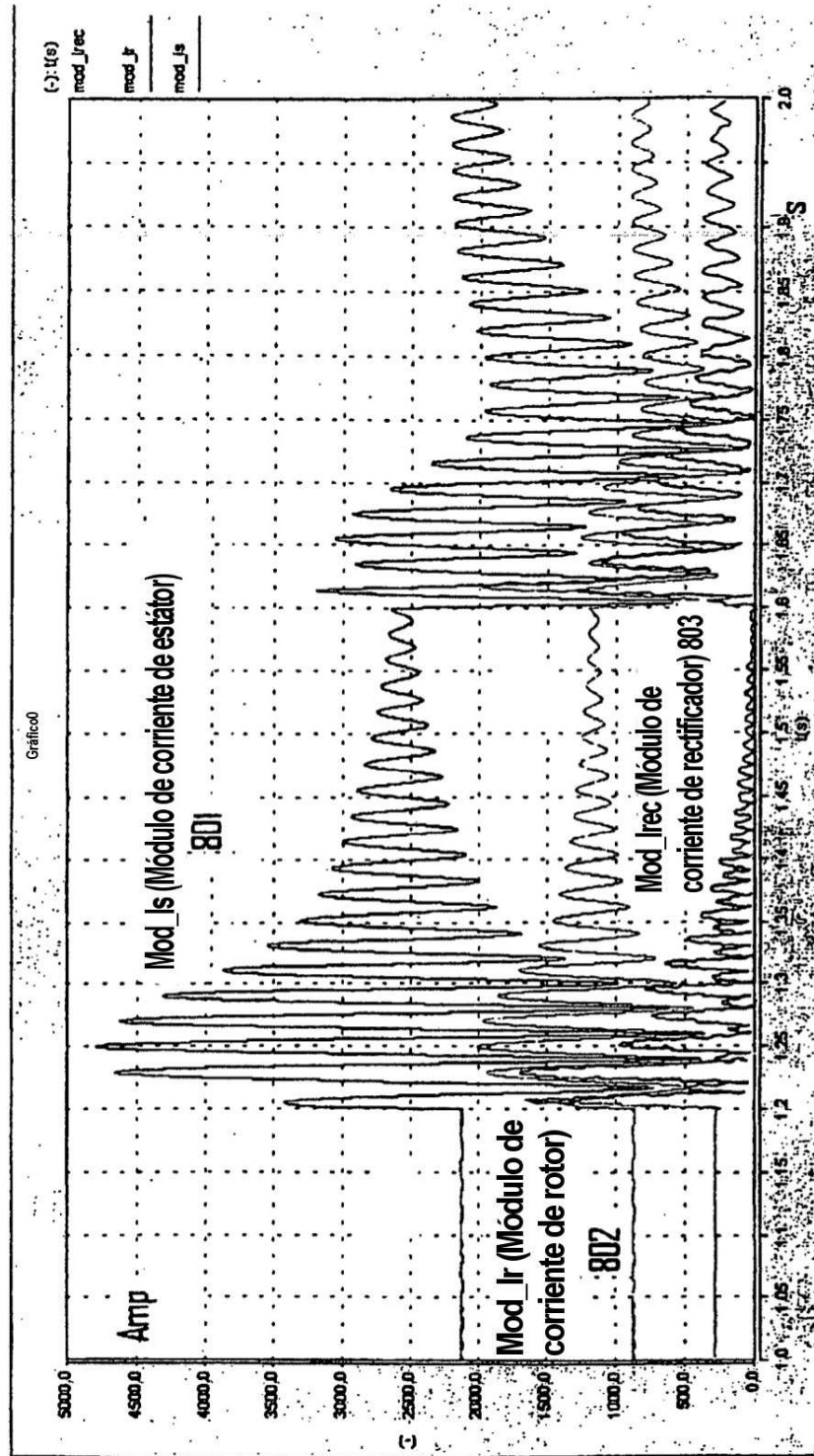


Fig.8