

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 861 530**

21 Número de solicitud: 202130547

51 Int. Cl.:

G01R 31/34 (2010.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

15.06.2021

43 Fecha de publicación de la solicitud:

06.10.2021

Fecha de concesión:

01.02.2022

45 Fecha de publicación de la concesión:

08.02.2022

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**Avda. Ramiro de Maeztu, nº 7
28040 MADRID (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**PLATERO GAONA, Carlos Antonio;
PARDO VICENTE, Miguel Ángel ;
SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, José Ángel;
MAHTANI MAHTANI, Kumar Vijay y
GUERRERO GRANADOS, José Manuel**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE FALTAS A TIERRA EN DEVANADOS DE EXCITACIÓN DE MÁQUINAS SÍNCRONAS CON EXCITACIÓN INDIRECTA**

57 Resumen:

Sistema y método de localización de faltas a tierra en devanados de excitación de máquinas síncronas con excitación indirecta basado en la puesta a tierra del neutro del devanado de inducido de la máquina excitatriz mediante una impedancia de alto valor óhmico.

El sistema y método determinan la posición del defecto mediante el análisis de la tensión en la impedancia de puesta a tierra y la corriente de excitación de la máquina excitatriz, gracias al cálculo de las componentes de la tensión en el devanado de excitación de la máquina síncrona.

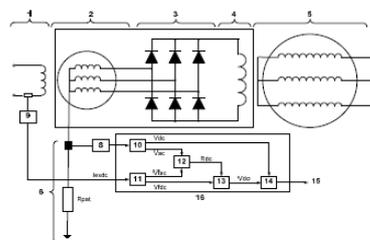


Figura 3

ES 2 861 530 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

DESCRIPCIÓN

SISTEMA Y MÉTODO DE LOCALIZACIÓN DE FALTAS A TIERRA EN DEVANADOS DE EXCITACIÓN DE MÁQUINAS SÍNCRONAS CON

5

EXCITACIÓN INDIRECTA

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención desarrolla un nuevo sistema y método de localización de
faltas a tierra en los devanados de excitación de máquinas síncronas con
10 excitación indirecta sin escobillas, capaz de operar con la máquina en
funcionamiento.

Una clara aplicación son los sistemas de generación de energía eléctrica, en los
que se utilizan generadores síncronos. El sistema y método objeto de la presente
invención permite detectar y localizar la posición del defecto a tierra producido en
15 el devanado de excitación en máquinas con excitación indirecta sin escobillas, sin
necesidad de extraer el rotor de la máquina.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Toda instalación eléctrica debe estar dotada de sistemas de protección que la
hagan segura ante posibles cortocircuitos y otros defectos que puedan causar
20 daños tanto a las propias instalaciones como a las personas.

En el caso de grupos de generación de energía eléctrica, dichas protecciones
deben, además, garantizar el suministro de energía a la red del modo más fiable
posible, tratando de discriminar los niveles de gravedad de las faltas que se
produzcan.

25 El circuito de excitación de un generador es un sistema de corriente continua
aislado de tierra. Una sola falta a tierra no afecta a la operación del generador ni
produce daños de efecto inmediato. Sin embargo, la probabilidad de que ocurra
una segunda falta a tierra es mayor después de que se haya producido la primera.
Cuando se tiene una segunda falta a tierra, una parte del devanado de excitación
30 queda cortocircuitado, produciendo flujos desequilibrados en el entrehierro de la

máquina, que dan como resultado vibraciones y calentamientos.

Al contrario de lo que ocurre en máquinas síncronas con excitación estática en las que la potencia de excitación proviene de una red de corriente alterna, mediante un transformador y un rectificador, eventualmente por autoexcitación, en
5 máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas, dado el régimen giratorio del circuito de excitación, no resulta viable la utilización de relés de protección, ni una protección por inyección de corriente alterna o continua, ni tampoco el método conocido como divisor resistivo o método potenciométrico de corriente continua. En cualquier caso, los métodos mencionados se limitan a
10 señalar la existencia del defecto y no permiten localizar la posición del defecto a tierra.

Existen otros sistemas experimentales extendidos que permiten la detección de faltas a tierra en el devanado de campo de las máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas mediante el análisis de las señales disponibles de
15 tensiones y corrientes. No obstante, la ejecución de estos métodos es generalmente compleja a nivel computacional, además de limitarse a señalar la existencia del defecto y no permitir localizar su posición.

También son conocidos sistemas para la detección de faltas a tierra en devanados de campo de máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas basados
20 en la instalación de anillos y escobillas, que se utilizan únicamente en determinados intervalos de tiempo y por tanto no representan una solución de vigilancia.

Además son conocidos sistemas basados en módulos ópticos o de comunicación por infrarrojos, así como los módulos de comunicación por radiofrecuencia, que a
25 pesar de operar de forma continua, únicamente aportan una señal binaria de disparo o no disparo y tienen una fiabilidad limitada inherente al propio modo de comunicación.

Existen sistemas para la detección de faltas a tierra en devanados de campo de máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas de tipo telemétrico,
30 consistentes en la inyección de corriente continua entre el eje y un punto del circuito de excitación, en los que se mide la corriente de fuga por dicha conexión

y se emite una señal de alta frecuencia de lógica negativa, que no es fiable puesto que su activación depende arbitrariamente de la severidad del defecto con respecto al punto de conexión al circuito de excitación. Además, no permite localizar el defecto a tierra. Son conocidos sistemas análogos por inyección de corriente alterna que solucionan los inconvenientes anteriores, si bien no dejan de requerir la instalación de numerosos elementos propios de la comunicación inalámbrica, esto es, montado sobre el propio eje el emisor y en el entorno la antena y el receptor.

No obstante, los métodos empleados habitualmente para la localización de la posición de un defecto a tierra en el devanado de excitación de máquinas síncronas conllevan el desmontaje de la máquina y la medida de aislamiento del devanado en diferentes puntos hasta encontrar la zona dañada. Evidentemente, estos métodos necesitan que la máquina esté fuera de servicio para realizar la diagnosis.

Conviene tener en cuenta una serie de patentes relacionadas con la invención:

P200900403 Sistema y método de detección de faltas a tierra en sistemas de corriente continua alimentados mediante rectificadores.

Esta patente reivindica un método y sistema para la discriminación de defectos entre el lado de alterna y de continua para máquinas síncronas con excitación estática, mediante la utilización de una resistencia de puesta a tierra entre el neutro del transformador de excitación y tierra. Este sistema detecta defectos en el rotor en caso de existencia de tensión en la resistencia de puesta a tierra, pero esta configuración no es aplicable al caso en el que la excitación se realice de forma indirecta sin escobillas.

P200901881 Sistema y proceso de localización de faltas a tierra en devanados de excitación de máquinas síncronas con excitación estática.

Esta patente reivindica un método y sistema de localización de defectos en devanados de campo de máquinas síncronas con excitación estática, en la que también se utiliza una resistencia de puesta a tierra entre el neutro del

transformador de excitación y tierra, y que tampoco puede aplicarse para el caso en el que la excitación se realice de forma indirecta sin escobillas.

La invención se basa en el empleo de una resistencia de puesta a tierra, pero en este caso y como principal novedad, se conecta al neutro del devanado de inducido de la máquina excitatriz de forma que permite detectar la existencia de un defecto y determinar su localización mediante unas relaciones entre las componentes de continua y alterna de las tensiones en la resistencia de puesta a tierra y la tensión de excitación.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención se refiere a un sistema y método de localización de faltas a tierra en el devanado de excitación de máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas, esto es, la alimentación del devanado de excitación de la máquina síncrona se realiza mediante un puente rectificador giratorio y una máquina excitatriz, que está dotada de un devanado de excitación y de un devanado de inducido giratorio mediante un eje que también incluye el puente rectificador y que está acoplado al eje de giro de la máquina síncrona.

Para realizar la localización del defecto a tierra se instala una resistencia de puesta a tierra de alto valor óhmico entre el neutro del devanado de inducido de la máquina excitatriz y un punto de tierra (Figuras 1 y 2). Esta conexión a tierra se hace accesible mediante un anillo y una escobilla para permitir el giro del devanado de inducido de la máquina excitatriz junto con el puente de diodos. En el caso de tratarse de un devanado de inducido en triángulo se practica un neutro artificial, según es conocido en el estado de la técnica.

El método de localización de defectos en el devanado de excitación de la máquina síncrona se basa en cálculos a partir de las medidas de las componentes alterna y continua de la corriente y de la tensión en la resistencia de puesta a tierra, así como en la medida de la corriente en el devanado de excitación de la máquina excitatriz.

Denominando:

- V_{dc} , componente de continua de la tensión medida en la resistencia de puesta

a tierra.

- V_{ac} , componente de alterna de la tensión medida en la resistencia de puesta a tierra.
 - I_{exdc} , corriente de excitación medida de la máquina excitatriz.
- 5
- V_{fdc} , componente de continua calculada de la tensión en el devanado de excitación de la máquina síncrona.
 - V_{fac} , componente de alterna estimada de la tensión en el devanado de excitación de la máquina síncrona.
 - R_{pat} , valor óhmico de la resistencia de puesta a tierra.
- 10
- R_{dc} , valor óhmico calculado de la resistencia de defecto.
 - V_{dc0} , componente de continua calculada en la resistencia de puesta a tierra en caso de producirse un defecto a tierra en el origen del devanado o extremo alimentado con polaridad negativa.

El método para calcular la posición de un defecto a tierra en el devanado de excitación de la máquina síncrona es el siguiente (Figura 3):

- 15
- A partir de la medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz I_{exdc} , se calcula, la componente continua de la tensión de excitación teórica en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona V_{fdc} . Para realizar este cálculo existen varios posibles modelos de la máquina excitatriz y el puente rectificador. También se pueden realizar ensayos en fábrica para obtener esta relación. A su vez, conocida la componente de continua y sabiendo que es un puente rectificador basado en diodos se puede calcular la componente de alterna en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona V_{fac} .
- 20
- A partir de la V_{ac} medida y de la V_{fac} estimada se calcula la resistencia de defecto R_{dc} , mediante la siguiente expresión, conocido el valor del parámetro R_{pat} .
- 25

$$R_{dc} = R_{pat} \cdot \left[\frac{V_{fac}}{V_{ac}} - 1 \right]$$

- Conocido el valor de la resistencia de defecto R_{dc} , el siguiente paso consiste en obtener la relación entre V_{dc} y la posición del defecto. Teniendo en cuenta que dicha relación viene determinada por una recta (Figura 4), queda totalmente definida con solo dos de sus puntos. Uno de ellos está determinado por el punto medio del devanado de excitación de la máquina síncrona, ya que, al producirse un defecto a tierra en este punto, no aparece componente de continua en la tensión de la resistencia de puesta a tierra, es decir, $V_{dc} = 0$. Conocido este punto, el valor de la resistencia de defecto R_{dc} condiciona la pendiente de la recta y por lo tanto los valores que en ese caso toma V_{dc} con respecto a la posición del defecto (Figura 5). Si se denomina como 0% el origen del devanado de campo, alimentado con polaridad negativa, y 100% el otro extremo del mismo, alimentado con polaridad positiva (Figura 6), en el caso particular de defecto en 0% el valor que adquiere V_{dc} se denomina V_{dc0} . La expresión para el cálculo de V_{dc0} es la siguiente:

$$V_{dc0} = \frac{V_{fdc}}{2} \cdot \left[\frac{R_{pat}}{R_{dc} + R_{pat}} \right]$$

Nótese que la recta anteriormente indicada, denominada de ahora en adelante recta " V_{dc} – posición del defecto", tiene simetría central. El valor máximo de V_{dc} en caso de defecto se alcanza cuando el fallo se produce en un extremo del devanado de excitación, y se hace nulo si el defecto se produce en el centro del mismo. En el extremo contrario del devanado el valor de V_{dc} vuelve a ser máximo, pero con polaridad opuesta (Figuras 4 y 5).

- Conocida la recta " V_{dc} – posición del defecto", entrando en ella con la V_{dc} medida, se obtiene el punto donde se ha producido el defecto a tierra, en caso de existir.

25

Para ello es sistema de localización de faltas a tierra en devanados de excitación de máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas, mediante una máquina excitatriz, y un puente rectificador, donde las máquinas síncronas están dotadas de un devanado de excitación y de un devanado de inducido, y la maquina excitatriz está dotada de un devanado de excitación y de un devanado de inducido caracterizado por que comprende:

30

- una resistencia de puesta a tierra conectada al neutro del devanado de inducido de la máquina excitatriz, y conectada a
- 5 un equipo de medida de la tensión en dicha resistencia de puesta a tierra mediante un anillo-escobilla;
- un equipo de medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz;
- un bloque de cálculo de las componentes alterna y continua de la tensión en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona, a partir de las señales procedentes del equipo de medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz.
- 10
- un bloque de cálculo de las componentes continua y alterna de la tensión en la resistencia de puesta a tierra a partir de las señales procedentes de equipo de medida de la tensión en la resistencia de puesta a tierra;
- 15
- un bloque de cálculo de una resistencia de defecto, a partir de las componentes de alterna de la tensión obtenidas en la resistencia de puesta a tierra y en el devanado de excitación de la máquina síncrona;
- 20
- un bloque de cálculo de la relación entre la componente de continua de la tensión en la resistencia de defecto obtenida y la posición del defecto a tierra dentro del circuito de excitación de la máquina síncrona, sabiendo que aquella componente es nula si el defecto se produce en el punto medio del devanado de excitación de la máquina;
- 25
- un bloque de cálculo de una recta que relaciona la componente continua de la tensión en la resistencia de puesta a tierra con la posición del defecto dentro del devanado de excitación de la máquina síncrona, sabiendo que la componente de continua de la tensión en la resistencia de defecto es nula si el defecto se produce en el punto medio del devanado de excitación de la máquina síncrona, y donde dicho bloque de cálculo de una recta está
- 30

configurado para calcular la posición del defecto a partir de la componente de continua de la tensión en la resistencia de puesta a tierra.

El sistema y método descritos aportan las siguientes ventajas frente al estado de la técnica:

- 5 - Localiza el defecto de la falta a tierra sin desmontar la máquina.
- No requiere el empleo de una fuente auxiliar de tensión o corriente para inyectar alguna señal al rotor.
- Reduce los costes y tiempos de mantenimiento, ya que permite un mantenimiento preventivo y específico, frente a un mantenimiento correctivo con falta de información.
- 10 - Mejora de la disponibilidad de los grupos de generación.
- Proporciona la posibilidad de anticiparse a los posibles fallos y a una posible desconexión fortuita, evitando la repercusión económica que pueda derivar de estos hechos (daños materiales, indemnizaciones, multas, etc.)
- 15 - Es de fácil implantación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, una serie de figuras en donde con carácter
20 ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La **Figura 1** muestra un esquema de un sistema en el que tiene aplicación la presente invención, siendo (1), el devanado de excitación de la máquina excitatriz, (2), el devanado de inducido de la máquina excitatriz, (3), el puente rectificador,
25 (4) el devanado de excitación de la máquina síncrona, (5) el devanado de inducido de la máquina síncrona, y (6), la resistencia de puesta a tierra, instalada entre el neutro del devanado de inducido de la máquina excitatriz y tierra, así como el dispositivo anillo-escobilla para medida, representado mediante un cuadrado negro. Los elementos (2), (3) y (4) se encuentran en régimen giratorio en un eje
30 común de la máquina síncrona, representado en la figura 6.

La **Figura 2** muestra un esquema análogo al de la **Figura 1** en el que además se ha representado un defecto a tierra producido en el devanado de excitación de la máquina síncrona con su resistencia de defecto (7). Este defecto normalmente se producirá en el eje de la máquina, que a su vez va puesto a tierra.

La **Figura 3** muestra el esquema de la figura 1, en el que se han incluido los bloques requeridos para llevar a cabo el método de localización de faltas, indicando las expresiones para los diferentes cálculos necesarios, siendo de (1) a (6) los mismos elementos indicados en la Figura 1 y, además:

- (8), el equipo de medida de la tensión en la resistencia de puesta a tierra.
- (9), el equipo de medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz.
- (10), el bloque que calcula las componentes alterna y continua de la tensión en la resistencia de puesta a tierra a partir de las medidas de (8).
- (11), el bloque de cálculo de las componentes alterna y continua de la tensión en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona a partir de la medida de (9).
- (12), el bloque de cálculo de la resistencia de defecto.
- (13), el bloque de cálculo de un punto de la recta " V_{dc} – posición del defecto".
- (14), el bloque de cálculo de la recta " V_{dc} – posición del defecto".
- (15), la señal de salida que indica la posición del defecto.
- (16), el analizador de localización de defectos a tierra.

La **Figura 4** muestra, de forma genérica, la recta " V_{dc} – posición del defecto", que relaciona los valores de la componente de continua de la tensión medida en la resistencia de puesta a tierra V_{dc} con la posición del defecto a tierra dentro del devanado de excitación de la máquina síncrona en la referencia 0-100% que se detalla en la **Figura 6**.

La **Figura 5** muestra, en un caso particular de excitación de la máquina síncrona, las rectas " V_{dc} – posición del defecto", para distintos valores de la resistencia de defecto R_{dc} . Se observa que en todos los casos se mantiene la simetría central

respecto al punto (50%, $V_{dc} = 0$) y para cada valor de $V_{dc0} > 0$ las rectas pasan a por los puntos (0%, $V_{dc} = V_{dc0}$) y (100%, $V_{dc} = -V_{dc0}$) según corresponda.

La **Figura 6** muestra los puntos de 0% y 100% del devanado de excitación de la máquina síncrona, que se han tomado por convenio como los extremos de polaridad negativa y positiva respectivamente. Se ejemplifica para una máquina síncrona de dos pares de polos.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

La presente invención permite localizar defectos a tierra en devanados de campo o de excitación de máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas. El sistema y el método presentan la ventaja de que no se requiere el desmontaje de la máquina para la localización del defecto, siendo capaz de funcionar a voluntad del operador de forma continua o por periodos, de forma no invasiva. Destacan la no necesidad de una fuente auxiliar de tensión o corriente para inyectar alguna señal al rotor de la máquina síncrona.

La **Figura 1** muestra el sistema utilizado para aportar un ejemplo de ejecución práctica de la invención, ilustrativo y no limitativo. Se trata del caso de excitación de una máquina síncrona que se alimenta mediante una máquina excitatriz cuyo rotor está acoplado mecánicamente al rotor de la máquina síncrona. Mientras la máquina excitatriz, de menor potencia, tiene una configuración que comprende un devanado de excitación (1) en el estator y un devanado de inducido (2) en el rotor, la máquina síncrona comprende un devanado de inducido (5) en el estator y un devanado de excitación (4) en el rotor. La salida de la máquina excitatriz se rectifica mediante el puente rectificador (3), generalmente de diodos, rotativo en el eje común. Normalmente se trata de sistemas aislados de tierra, por lo que debe referenciarse a tierra a través de una resistencia de puesta a tierra (6) de alto valor óhmico R_{pat} . Según la **Figura 3**, para la localización del defecto a tierra se mide, la tensión en dicha resistencia de puesta a tierra (6) mediante un equipo (8), o en su defecto se mide la componente continua de la corriente. A partir de esta medida se calcula la tensión de la componente continua V_{dc} y de la componente alterna V_{ac} mediante un bloque (10), y se mide la corriente I_{exdc} que circula por el devanado de excitación (1) de la máquina excitatriz mediante un equipo (9), o en su defecto se mide la tensión entre sus bornes. De esta forma, tal y como fue descrito, a partir

de la corriente I_{exdc} se calcula la componente continua de la tensión de excitación teórica en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona V_{fdc} , mediante un bloque (11), que como fue comentado, para realizar este cálculo existen varios posibles modelos de la máquina excitatriz y el puente rectificador, o
 5 también se pueden realizar ensayos en fábrica para obtener esta relación. Una vez conocida la componente de continua V_{fdc} y sabiendo que el puente rectificador es del tipo que comprende diodos, se puede calcular la componente de alterna en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona V_{fac} , mediante dicho bloque (11). A partir del valor de la resistencia R_{pat} , de V_{fac} y de V_{ac} se puede
 10 calcular la resistencia de defecto (7), R_{dc} , según la ecuación que fue anteriormente expuesta en el apartado de descripción de la invención.

La siguiente fase consiste en obtener la relación entre V_{dc} y la posición del defecto que viene determinada por una recta, como la representada en la figura 4, que se calcula mediante el bloque (14), y que queda definida por dos de sus puntos, uno
 15 de los cuales está determinado por el punto medio del devanado de excitación (4) de la máquina síncrona, en el que al producirse un defecto a tierra no aparece componente continua en la tensión, por lo que $V_{dc}=0$. Conocido este punto el valor de la resistencia de defecto R_{dc} condiciona la pendiente de la recta, y en consecuencia los de V_{dc} con respecto a la posición del defecto, tal y como se
 20 aprecia en la figura 5.

Si se denomina como 0% el origen del devanado de excitación (4), alimentado con polaridad negativa, y 100% el otro extremo del mismo, alimentando con polaridad positiva, como se muestra en la figura 6, en el caso particular de defecto en 0% el valor que adquiere V_{dc} se denomina V_{dc0} , cuyo valor se calcula según la ecuación
 25 que fue señalada con anterioridad, mediante un bloque (13), de forma que se permite calcular la recta comentada, que tiene simetría central y se denomina “ V_{dc} - posición de defecto”, cuyo cálculo realiza el bloque (14).

En el caso de existir un defecto a tierra, una vez conocida esta recta, entrando en ella con el valor de V_{dc} , el bloque (14) obtiene el punto donde se ha producido el defecto a tierra, y genera una señal de salida (15) que indica la posición en la que
 30 se ha producido el defecto.

Se considera en el ejemplo de ejecución práctica que ambas máquinas síncronas

son trifásicas y que el devanado de inducido de la máquina excitatriz (2) está conectado en estrella, conexión que permite realizar la puesta a tierra del neutro tal como se muestra en la **Figura 1**. En caso de que dicho devanado de inducido (2) tenga una conexión en triángulo se puede utilizar algún método de puesta a tierra basado en un neutro artificial.

Para conectar el neutro del inducido (2) de la máquina excitatriz a la resistencia de puesta a tierra (6) se debe utilizar un anillo y una escobilla, ya que esta resistencia se encuentra fuera de la máquina.

Según se ha descrito, el sistema y método permiten determinar el punto del devanado de excitación de la máquina síncrona en el que se localiza el defecto a tierra, independientemente del valor de la resistencia de dicho defecto. El tipo de faltas que el sistema localiza son las representadas de forma genérica en la **Figura 2**. Nótese que en el caso particular de fallo a tierra con resistencia de defecto nula o fallo franco, el valor máximo indicado como V_{dc0} corresponde a la mitad de la componente de continua de la tensión de alimentación del devanado de excitación de la máquina síncrona (4), cuya estimación se ha denominado V_{fdc} . El valor V_{dc0} se reduce según aumenta el valor de la resistencia de defecto (7) hasta anularse para valores elevados de resistencias de defecto, similares a los valores de la resistencia de aislamiento del rotor.

El análisis de las señales medidas se ejemplifica de forma ilustrativa y no limitativa en la **Figura 3**, que muestra un diagrama de bloques, que permite llevar a cabo la ejecución del método de localización de faltas descrito. Un fallo a tierra en el devanado de excitación de la máquina síncrona (4) hará que circule una corriente de falta por la resistencia de puesta a tierra.

La señal de salida (15), representa una información, alarma o disparo, ajustada según necesidad. El ajuste del método debe conferirle fiabilidad, por lo que no es recomendable ajustar un umbral de activación excesivamente bajo dada la normal circulación de corrientes parásitas a tierra, ni tampoco excesivamente alto.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de localización de faltas a tierra en devanados de excitación de máquinas síncronas con excitación indirecta sin escobillas, mediante una máquina excitatriz, y un puente rectificador (3), donde las máquinas síncronas están dotadas de un devanado de excitación (4) y de un devanado de inducido (5), y la maquina excitatriz está dotada de un devanado de excitación (1) y de un devanado de inducido (2) caracterizado por que comprende:
- 5
 - 10
 - una resistencia de puesta a tierra (6) conectada al neutro del devanado de inducido de la máquina excitatriz (2), y conectada a
 - un equipo de medida de la tensión en dicha resistencia de puesta a tierra (8) mediante un anillo-escobilla;
 - un equipo de medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz (9);
 - 15
 - un bloque de cálculo de las componentes alterna y continua de la tensión en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona (11), a partir de las señales procedentes del equipo de medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz (9).
 - 20
 - un bloque de cálculo de las componentes continua y alterna de la tensión en la resistencia de puesta a tierra (10) a partir de las señales procedentes de equipo de medida de la tensión en la resistencia de puesta a tierra (8);
 - 25
 - un bloque de cálculo de una resistencia de defecto (12), a partir de las componentes de alterna de la tensión obtenidas en la resistencia de puesta a tierra (6) y en el devanado de excitación (4) de la máquina síncrona;
 - un bloque de cálculo (13) de la relación entre la componente de continua de la tensión en la resistencia de defecto obtenida y la posición del defecto a tierra dentro del circuito de excitación de la máquina síncrona, sabiendo que aquella componente es nula si el defecto se produce en el punto medio
 - 30

del devanado de excitación de la máquina;

- un bloque de cálculo de una recta (14) que relaciona la componente continua de la tensión en la resistencia de puesta a tierra con la posición del defecto dentro del devanado de excitación de la máquina síncrona, sabiendo que la componente de continua de la tensión en la resistencia de defecto es nula si el defecto se produce en el punto medio del devanado de excitación de la máquina síncrona, y donde dicho bloque de cálculo de una recta (14) está configurado para calcular la posición del defecto a partir de la componente de continua de la tensión en la resistencia de puesta a tierra.
- 5
- 10
2. Sistema, según la reivindicación 1, donde el bloque de cálculo de la recta (14) está configurado para generar una señal (15) indicativa de la posición del defecto y de su existencia.
- 15
3. Método de localización de faltas a tierra en devanados de excitación de máquinas síncronas dotadas de un devanado de excitación (4) y un devanado de inducido (5) con excitación indirecta sin escobillas, , mediante una máquina excitatriz, y un puente rectificador (3), donde la maquina excitatriz está dotada de un devanado de excitación (1) y de un devanado de inducido (2) caracterizado por que comprende,
- 20
- una etapa de medida de la tensión en una impedancia de puesta a tierra (6) conectada al neutro del devanado de inducido de la máquina excitatriz
- 25
- una etapa de medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz;
 - una etapa de cálculo de las componentes de continua y alterna de la tensión en bornes del devanado de excitación de la máquina síncrona a partir de las señales procedentes de la etapa de medida de la corriente que circula por el devanado de excitación de la máquina excitatriz.
- 30

- una etapa de cálculo de las componentes continua y alterna de la tensión en la resistencia de puesta a tierra a partir de las señales procedentes de la etapa de medida de la tensión en la impedancia de puesta a tierra (6);
- 5
- una etapa de cálculo de una resistencia de defecto a partir de las componentes de alterna de la tensión obtenidas en la resistencia de puesta a tierra (6) y en el devanado de excitación(4) de la máquina síncrona;
- 10
- una etapa de cálculo de la relación entre la componente de continua de la tensión en la resistencia de defecto obtenida y la posición del defecto a tierra dentro del circuito de excitación de la máquina síncrona, sabiendo que aquella componente es nula si el defecto se produce en el punto medio del devanado de excitación de la máquina síncrona;
- 15
- una etapa de cálculo de una recta que relaciona la componente continua de la tensión en la resistencia de puesta a tierra con la posición del defecto dentro del devanado de excitación de la máquina síncrona, sabiendo que la componente de continua de la tensión en la resistencia de defecto es nula en si el defecto se produce en el punto medio del devanado de excitación de la máquina síncrona,
- 20
- una etapa de cálculo de la posición del defecto accediendo a la recta calculada con el valor de la componente continua de la tensión en la resistencia de puesta a tierra medida.
- 25
4. Método, según la reivindicación 1, **que comprende** generar y emitir una señal (15) indicativa de la posición del defecto detectado.

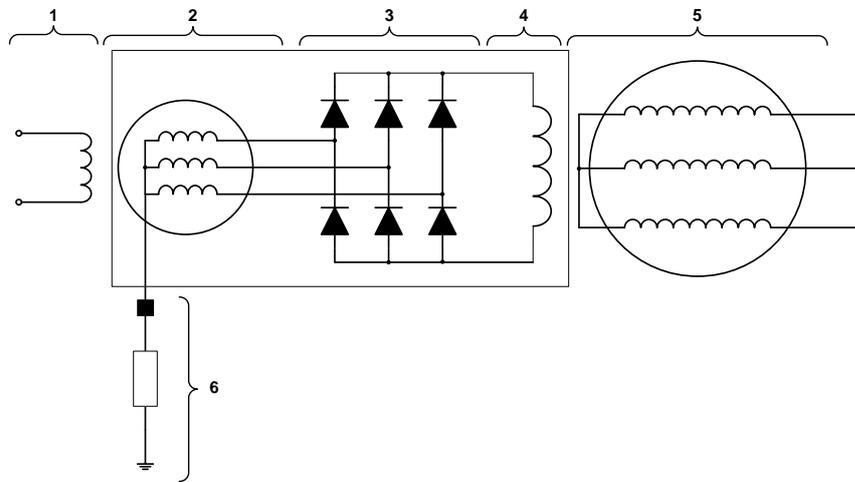


Figura 1

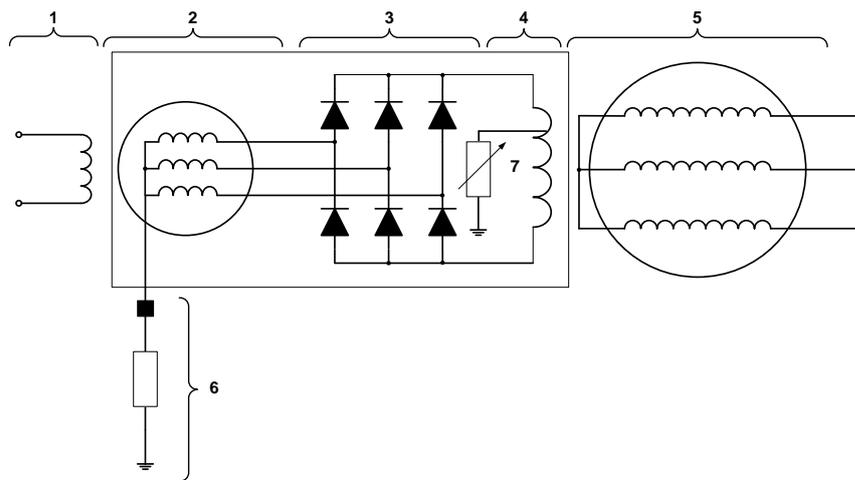


Figura 2

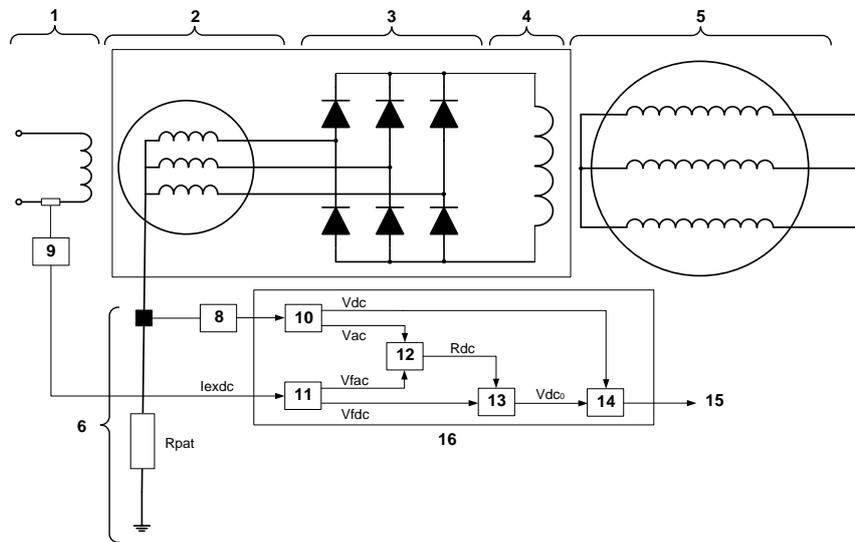


Figura 3

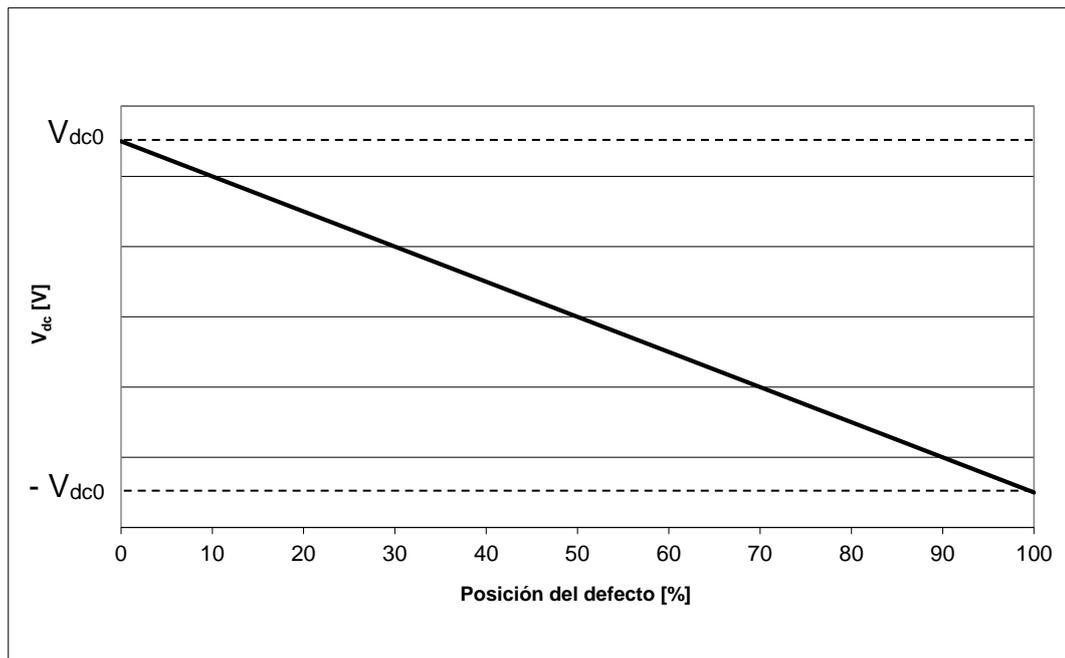


Figura 4

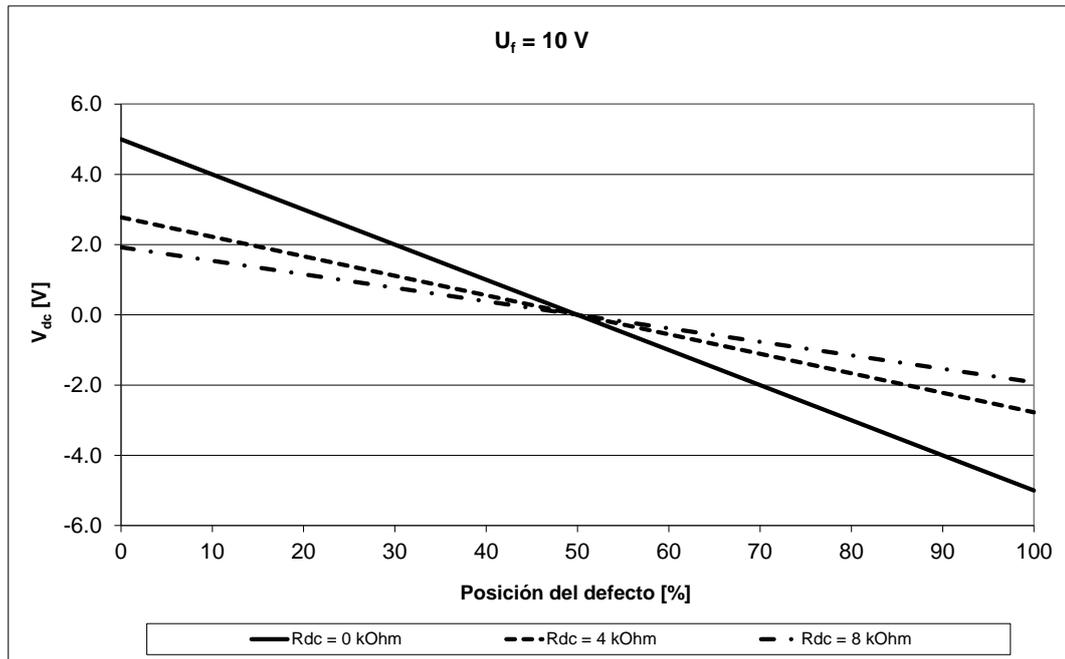


Figura 5

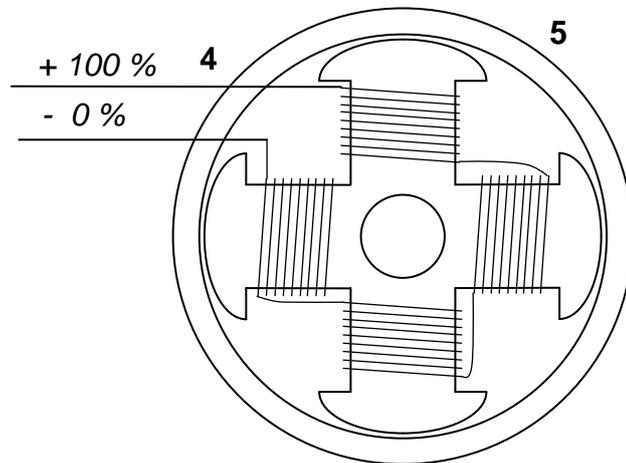


Figura 6