

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 943**

51 Int. Cl.:

**F03D 9/25** (2006.01)

**H02P 9/14** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

**F03D 7/00** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2010 PCT/EP2010/051103**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.08.2010 WO10086415**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2010 E 10702475 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 2391817**

54 Título: **Método para establecer un nivel de tensión de salida de una central de energía eólica**

30 Prioridad:

**29.01.2009 DK 200900134**

**29.01.2009 US 148114 P**

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

**02.04.2020**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**

**Hedeager 42**

**8200 Aarhus N , DK**

72 Inventor/es:

**GARCIA, JORGE MARTINEZ**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 751 943 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**

Método para establecer un nivel de tensión de salida de una central de energía eólica

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un método para garantizar que los niveles de tensión de turbina eólica dentro de una central de energía eólica no exceden un nivel de seguridad predeterminado.

**10 Antecedentes de la invención**

Las redes de energía internas de las centrales de energía eólica conectan turbinas eólicas individuales de una central de energía eólica a un punto de acoplamiento común (siendo este último el punto en que se alimenta energía a una red de suministro de energía de la central de energía eólica).

15 Con el fin de hacerlo correctamente debe tenerse en cuenta la impedancia de la red de energía interna entre cada una de las turbinas eólicas de la central y el punto de acoplamiento común.

20 Entre los documentos relevantes de la técnica anterior se encuentran el documento EP1512869A1 y Brauner G: "Netzanbindung von Windkraftanlagen" *Elektrotechnik und Informationstechnik*, Springer Verlag, Viena, AT, vol.166, n.º 7/08, 1 de enero de 1999, págs. 428-432.

25 Tal como se ilustra en la figura 1, y se explica con más detalle más adelante, la turbina eólica que experimenta la impedancia más alta hasta el punto de acoplamiento común necesita generar el nivel de tensión de turbina eólica más alto con el fin de compensar caídas de tensión en la red de energía interna. Sin embargo, siguiendo este enfoque, el nivel de tensión de turbina eólica más alto dentro de la central puede llegar a ser peligrosamente próximo o incluso exceder un nivel de tensión superior con el riesgo de dañar la red interna. Además, una exposición prolongada a un nivel de tensión que es más bajo que el nivel de tensión nominal podría ocasionar daños al equipo. Esto se debe a corrientes más altas para mantener constante el nivel de energía.

30 Los perfiles de tensión de turbinas eólicas conectadas a la red de energía interna dependen de los valores de impedancia y de la energía aparente que fluye a través de la red de energía interna.

35 Puede verse como un objeto de realizaciones de la invención proporcionar un método que garantice que no se excede un nivel de tensión predeterminado dentro de la central de energía eólica.

Puede verse como un objeto adicional de realizaciones de la presente invención proporcionar un método que garantice que no se excede un nivel de sobretensión y/o un nivel de subtensión dentro de la central de turbina eólica.

**40 Descripción de la invención**

45 El/Los presente(s) inventor(es) ha(n) encontrado que, mediante la implementación de realizaciones de la presente invención, pueden protegerse de manera efectiva redes de energía interna de centrales de energía eólica.

50 Así, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un método para establecer un nivel de tensión de salida de una central de energía eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas que están conectadas de manera operativa a una red de energía de central, estando adaptadas las turbinas eólicas para suministrar niveles de tensión de turbina eólica individuales a la red de energía de central con el fin de compensar impedancias de red, comprendiendo el método las etapas de determinar el nivel de tensión de turbina más alto entre un número de turbinas eólicas, y establecer el nivel de tensión de salida de la central de energía eólica de acuerdo con el mismo.

55 Es una ventaja de realizaciones de la presente invención que los niveles de tensión de redes de energía interna de centrales de energía eólica pueden mantener márgenes suficientes para niveles de protección de sobretensión y/o subtensión. Siguiendo la idea subyacente a la presente invención, puede evitarse daño a las redes de central de energía internas debido a niveles de sobretensión.

60 Con el fin de determinar el nivel de tensión disponible más alto dentro de una central de energía eólica, puede determinarse el nivel de tensión de turbina eólica de cada turbina eólica de la central. Esto puede lograrse o bien por mediciones o bien por cálculos. Siguiendo este enfoque, también se determina el nivel de tensión más bajo disponible.

65 El nivel de tensión de salida de la central de energía eólica puede establecerse para diferir de un nivel de tensión de un punto de acoplamiento común en una cantidad menor o igual a una diferencia entre el nivel de tensión de turbina eólica más alto y el nivel de tensión de un punto de acoplamiento común. El punto de acoplamiento común es el punto en el que la central de energía eólica alimenta energía a una red de suministro de energía externa a la que

están conectados los consumidores.

En una realización de la presente invención, el nivel de tensión de salida de central de energía eólica se establece para diferir del nivel de tensión del punto de acoplamiento común en una cantidad igual a aproximadamente la mitad de la diferencia entre el nivel de tensión de turbina eólica más alto y el nivel de tensión de un punto de acoplamiento común.

Por ejemplo, la central de energía eólica puede alimentar energía eléctrica a una red de suministro de energía de 110 kV. Por tanto, la tensión en un punto de acoplamiento común (PCC),  $V_{pcc}$ , es igual a 110 kV. La tensión de central de energía eólica,  $V_{pp}$ , puede, por ejemplo, ser del orden de alrededor de 30 kV. Por tanto, se necesita un transformador de energía para hacer coincidir la  $V_{pp}$  con la  $V_{pcc}$ .

Sin embargo, cabe señalar que dado que la  $V_{pcc}$  es fija y dado que un transformador de energía tiene una impedancia intrínseca no despreciable que varía con la cantidad de energía inyectada en la red de suministro de energía, es necesario variar la tensión de central de energía,  $V_{pp}$ , con respecto a la cantidad de energía inyectada en la red de suministro de energía. Por tanto, la tensión de central de energía,  $V_{pp}$ , se desplazará hacia arriba y hacia abajo dependiendo de la cantidad de energía inyectada en la red de suministro de energía.

Según la presente invención, el nivel de  $V_{pp}$  puede desplazarse con el fin de evitar que niveles de tensión de turbina eólica individuales dentro de la central de energía eólica excedan los niveles de protección frente a sobretensión y/o subtensión predeterminados. Dado que la  $V_{pcc}$  debe mantenerse constante a un nivel dado (por ejemplo, 110 kV), la relación del transformador debe ser variable. Una manera de implementar una relación de transformador variable es usar un transformador que comprende un cambiador de tomas para cambiar la relación del transformador para ajustes entre la  $V_{pp}$  y la  $V_{pcc}$ .

En otra realización de la presente invención, los niveles de tensión disponibles más altos y más bajos de turbinas eólicas de la central pueden usarse para calcular la tensión de salida de central de energía eólica. Por ejemplo, la tensión de salida central de energía eólica puede reducirse con respecto a la tensión de red de suministro de energía en una cantidad igual a la mitad de la diferencia entre los niveles de tensión disponibles más altos y más bajos.

En aún otra realización, pueden aplicarse factores de ponderación por multiplicación a cada una de las tensiones de turbina eólica con el fin de calcular el nuevo punto establecido de tensión para el nivel de tensión en el punto de acoplamiento común.

El nivel de tensión de salida central de energía eólica puede establecerse para ser inferior al nivel de tensión del punto de acoplamiento común. Para cumplir con esto, el nivel de tensión de turbina eólica de cada turbina eólica se reduce en consecuencia. Con el fin de hacer coincidir la tensión de red de suministro de energía en el punto de acoplamiento común, pueden proporcionarse medios apropiados para convertir el nivel de tensión de salida de central de energía eólica en un nivel de tensión que coincide con un nivel de tensión de un punto de acoplamiento común. Tales medios para convertir el nivel de tensión de salida de central de energía eólica a un nivel de tensión que coincide con el nivel de tensión de un punto de acoplamiento común pueden comprender un transformador opcionalmente con una relación variable entre bobinas primarias y secundarias. Una relación variable entre bobinas primarias y secundarias facilita que la tensión de salida de la central de energía eólica pueda desplazarse si así lo requiere la demanda.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una central de energía eólica que comprende medios de control para establecer un nivel de tensión de salida de dicha central de energía eólica, comprendiendo la central de energía eólica una pluralidad de turbinas eólicas que están conectadas de manera operativa a una red de energía de central, estando adaptadas las turbinas eólicas para suministrar niveles individuales de tensión de turbina eólica a la red de energía de central con el fin de compensar impedancias de red, comprendiendo los medios de control medios para determinar el nivel de tensión de turbina eólica más alto de entre un número de turbinas eólicas, y medios para establecer el nivel de tensión de salida de la central de energía eólica de acuerdo con el mismo.

Los medios para establecer el nivel de tensión de salida de la central de energía eólica pueden comprender medios para establecer y proporcionar señales de control de tensión a cada una de la pluralidad de turbinas eólicas que forman la central de energía eólica, en los que cada una de dichas señales de control de tensión es un nivel representativo de un nivel de tensión de turbina eólica que va a generarse por una turbina eólica dada.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se explicará ahora más detalladamente con referencia a las figuras adjuntas, en las que

la figura 1 muestra un método de la técnica anterior, y

la figura 2 muestra una realización de la presente invención.

5 Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en detalle en el presente documento. Sin embargo, debe entenderse que no se pretende que la invención esté limitada a las formas particulares dadas a conocer. Más bien, la invención pretende cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que se encuentran dentro del espíritu y el alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

### Descripción detallada de los dibujos

10 El principio subyacente a la presente invención puede aplicarse a centrales de energía eólicas completas, así como a subgrupos de turbinas eólicas dentro de una central de energía eólica.

15 La figura 1 ilustra un método conocido para compensar impedancias en una red de central de energía interna. Tal como se muestra en la figura 1, cinco generadores de turbinas eólicas, WTG1- WTG5, están conectados de manera operativa a una red de central de energía interna. La red de central de energía está conectada a una red de suministro de energía externa (no mostrada) en un punto de acoplamiento común PCC. En este punto de acoplamiento común, el nivel de tensión de la central debe coincidir con el nivel de tensión de la red de suministro de energía. Esta tensión se indica como  $V_{pcc}$ .

20 Con el fin de compensar impedancias de red Z1- Z5, las tensiones de turbina eólica generadas V1-V5 a partir de las respectivas de WTG1-WTG5 serán normalmente como se ilustra en la figura 1, donde la WTG5 genera la tensión más baja y la WTG1 genera la tensión más alta, indicándose la diferencia entre esta última y el nivel de tensión en el PCC,  $V_{pcc}$ , como  $\Delta V_{m\acute{a}x}$  en la figura 1.

25 Para proteger la red de central de energía interna frente a sobretensiones se añade un margen de  $\Delta V_{OVP}$  a  $\Delta V_{m\acute{a}x}$ . Por tanto, si la tensión de red de central de energía alcanza un nivel de  $\Delta V_{m\acute{a}x} + \Delta V_{OVP}$  por encima de la  $V_{pcc}$ , puede dañarse la red de energía interna. El mismo procedimiento podría aplicarse para la protección frente a sobretensiones en relación con daños a dispositivos.

30 La presente invención pretende evitar que se alcance un nivel de tensión permitido máximo y/o mínimo dentro de una central de energía eólica, o incluso se exceda, impidiendo así daños a los equipos dentro de la central de energía eólica.

35 Una realización de la presente invención se representa en la figura 2. Tal como se observa, la tensión de salida de la central de energía eólica,  $V_{pp}$ , se ha reducido en  $\Delta V_{m\acute{a}x}/2$  de modo que la diferencia entre la  $V_{pcc}$  y la  $V_{pp}$  equivale a  $\Delta V_{m\acute{a}x}/2$ . Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la diferencia entre la  $V_{pcc}$  y la  $V_{pp}$  puede elegirse de manera diferente, es decir, elegirse para ser diferente de  $\Delta V_{m\acute{a}x}/2$ . Al desplazar la  $V_{pp}$  una cantidad de  $\Delta V_{m\acute{a}x}/2$ , se proporciona un margen aumentado a los niveles de protecciones frente a sobretensión.

40 En la realización ilustrada en la figura 2, el margen con respecto al nivel de protección frente a sobretensión se ha incrementado en una cantidad de  $\Delta V_{m\acute{a}x}/2$ . Por otro lado, el margen con respecto al nivel de protección frente a subtensión se ha reducido en una cantidad de  $\Delta V_{m\acute{a}x}/2$ . Sin embargo, los márgenes con respecto a los niveles de protección frente a tensión se distribuyen más uniformemente en comparación con métodos conocidos.

45 Pueden aplicarse diversos esquemas diferentes para desplazar la  $V_{pp}$ . Estos diversos esquemas pueden ser de naturaleza dinámica o estática. De hecho, el esquema puede ser de naturaleza adaptativa para ajustarse a variaciones dinámicas de una red de suministro de energía.

50 A modo de ejemplo, los generadores de turbina eólica de la central que proporcionan las tensiones de salida más altas y más bajas pueden utilizarse para calcular un valor medio que puede usarse como parámetro de entrada a un sistema de control. Alternativamente, las tensiones de salida de los generadores de turbina eólica de la central pueden ponderarse aplicando factores de ponderación y multiplicar estos factores con las respectivas tensiones de turbina eólica. Los factores de ponderación pueden derivarse a partir de la impedancia entre el punto donde se mide la  $V_{pp}$  y cada generador de turbina eólica individual. Los valores de impedancia pueden basarse en mediciones reales o en cálculos basados en impedancias de transformador y cable.

55 Con el fin de conectarse apropiadamente a una red de suministro de energía, es necesario transformar la  $V_{pp}$  a un nivel de tensión que coincide con la  $V_{pcc}$ . Para lograr esto, puede aplicarse un transformador adecuado. A menudo, el transformador tiene un cambiador de tomas que puede usarse para cambiar la relación del transformador para ajustes entre  $V_{pp}$  y  $V_{pcc}$ . Dependiendo de los parámetros específicos de sitio, puede variar el intervalo del cual puede ajustarse la relación de transformador.

60 En resumen, la presente invención se refiere a una idea que aborda el problema de evitar que los niveles de tensión de turbina eólica dentro de una central de energía eólica excedan niveles de protección frente a sobretensión y/o subtensión predeterminados. En particular, la presente invención se refiere al desplazamiento de un nivel de tensión

de salida de una central de energía eólica con el fin de proteger una red de central de energía interna frente a sobretensiones.

En términos de números reales, pueden aplicarse los siguientes niveles de tensión:

5

$$V_{pp} = 30 \text{ kV} = 1 \text{ p.u.}$$

$$\Delta V_{\text{máx}} = 1,1 \text{ p.u.}$$

$$\Delta V_{\text{OVP}} = 1,12 \text{ p.u.}$$

$$V_{pcc} = 110 \text{ kV.}$$

10 Obviamente, se requiere un transformador de energía para hacer coincidir la  $V_{pp}$  con la  $V_{pcc}$ . Dado que la  $V_{pp}$  es variable y la  $V_{pcc}$  debe mantenerse constante a 110 kV, la relación de transformador debe ser variable. Tal como se mencionó anteriormente, una manera de implementar una relación de transformador variable es usar un transformador que comprende un cambiador de tomas para cambiar la relación de transformador para ajustes entre la  $V_{pp}$  y la  $V_{pcc}$ . Cabe señalar que los niveles de tensión mencionados anteriormente solo sirven de ejemplo y, obviamente, pueden elegirse de manera diferente.

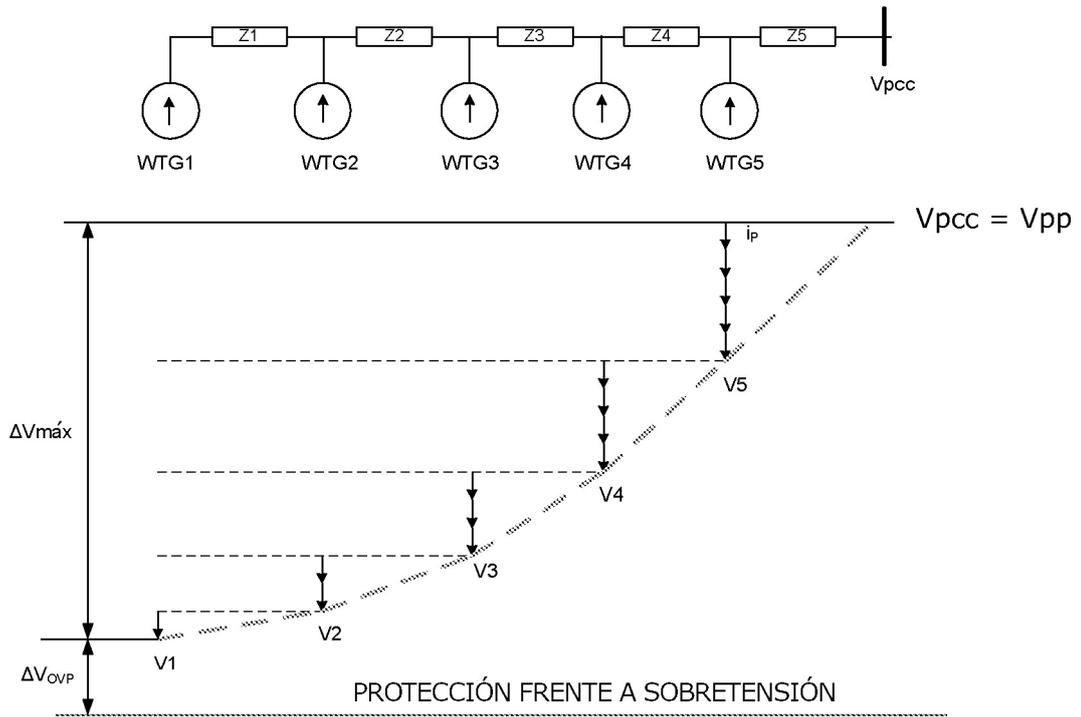
15 Cualquier intervalo o valor de dispositivo dado en el presente documento podrá extenderse o alterarse sin perder el efecto buscado, tal como será evidente para el experto en la técnica.

20 Se entenderá que los beneficios y ventajas descritos anteriormente pueden referirse a una realización o pueden referirse a varias realizaciones. Se entenderá además que la referencia a "un" elemento se refiere a uno o más de esos elementos.

25 Se entenderá que la descripción anterior de una realización preferida se da a modo de ejemplo solamente y que pueden hacerse diversas modificaciones por los expertos en la técnica. La memoria descriptiva, los ejemplos y los datos anteriores proporcionan una descripción completa de la estructura y el uso de realizaciones a modo de ejemplo de la invención. Aunque anteriormente se han descrito diversas realizaciones de la invención con un grado determinado de particularidad, o con referencia a una o más realizaciones individuales, los expertos en la técnica podrán realizar numerosas alteraciones a las realizaciones dadas a conocer sin apartarse de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para establecer un nivel de tensión de salida de una central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) que comprende una pluralidad de turbinas eólicas que se conectan de manera operativa a una red de energía de central, estando adaptadas las turbinas eólicas para suministrar niveles de tensión de turbina eólica individuales ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ ) a la red de energía de central con el fin de compensar impedancias de red, estando caracterizado el método por comprender las etapas de determinar el nivel de tensión de turbina eólica más alto entre un número de turbinas eólicas, y establecer el nivel de tensión de salida de la central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) de acuerdo con el mismo.
2. Un método según la reivindicación 1, en el que se determina el nivel de tensión de turbina eólica ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ ) de cada turbina eólica para determinar el nivel de tensión de turbina eólica más alto.
3. Un método según la reivindicación 2, en el que se determina un nivel de tensión medio a partir de los niveles de tensión de turbina eólica más alto y más bajo de entre un número de turbinas eólicas, y en el que se establece el nivel de tensión de salida de la central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) de acuerdo con el mismo.
4. Un método según la reivindicación 2, en el que se aplican factores de ponderación por multiplicación a cada uno de los niveles de tensión de turbina eólica determinados ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ ), y en el que se establece el nivel de tensión de salida de la central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) de acuerdo con el mismo.
5. Un método según la reivindicación 2, en el que el nivel de tensión de salida de central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) se establece para diferir de un nivel de tensión de un punto de acoplamiento común ( $V_{pcc}$ ) en una cantidad menor o igual a una diferencia entre un nivel de tensión de turbina eólica más alto y el nivel de tensión de un punto de acoplamiento común ( $V_{pcc}$ ).
6. Un método según la reivindicación 5, en el que el nivel de tensión de salida de central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) se establece para diferir del nivel de tensión del punto de acoplamiento común ( $V_{pcc}$ ) en una cantidad igual a aproximadamente la mitad de la diferencia entre el nivel de tensión de turbina eólica más alto y el nivel de tensión de un punto de acoplamiento común ( $V_{pcc}$ ).
7. Un método según la reivindicación 5 o 6, en el que el nivel de tensión de salida de central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) se establece para que sea más bajo que el nivel de tensión del punto de acoplamiento común ( $V_{pcc}$ ).
8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 5-7, que comprende, además, la etapa de proporcionar medios para convertir el nivel de tensión de salida de central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) a un nivel de tensión que coincide con un nivel de tensión de un punto de acoplamiento común ( $V_{pcc}$ ).
9. Un método según la reivindicación 8, en el que los medios para convertir el nivel de tensión de salida de central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) a un nivel de tensión que coincide con el nivel de tensión de un punto de acoplamiento común ( $V_{pcc}$ ) comprenden un transformador con una relación variable entre bobinas primaria y secundaria.
10. Una central de energía eólica que comprende medios de control para establecer un nivel de tensión de salida ( $V_{pp}$ ) de dicha central de energía eólica, comprendiendo dicha central de energía eólica una pluralidad de turbinas eólicas que se conectan de manera operativa a una red de energía de central, estando adaptadas las turbinas eólicas para suministrar niveles de tensión de turbina eólica individuales ( $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$ ) a la red de energía de central con el fin de compensar impedancias de red, caracterizada porque los medios de control comprenden medios para determinar el nivel de tensión de turbina eólica más alto entre un número de turbinas eólicas, y medios para establecer el nivel de tensión de salida de la central de energía eólica ( $V_{pp}$ ) de acuerdo con el mismo.



## TÉCNICA ANTERIOR

Fig. 1

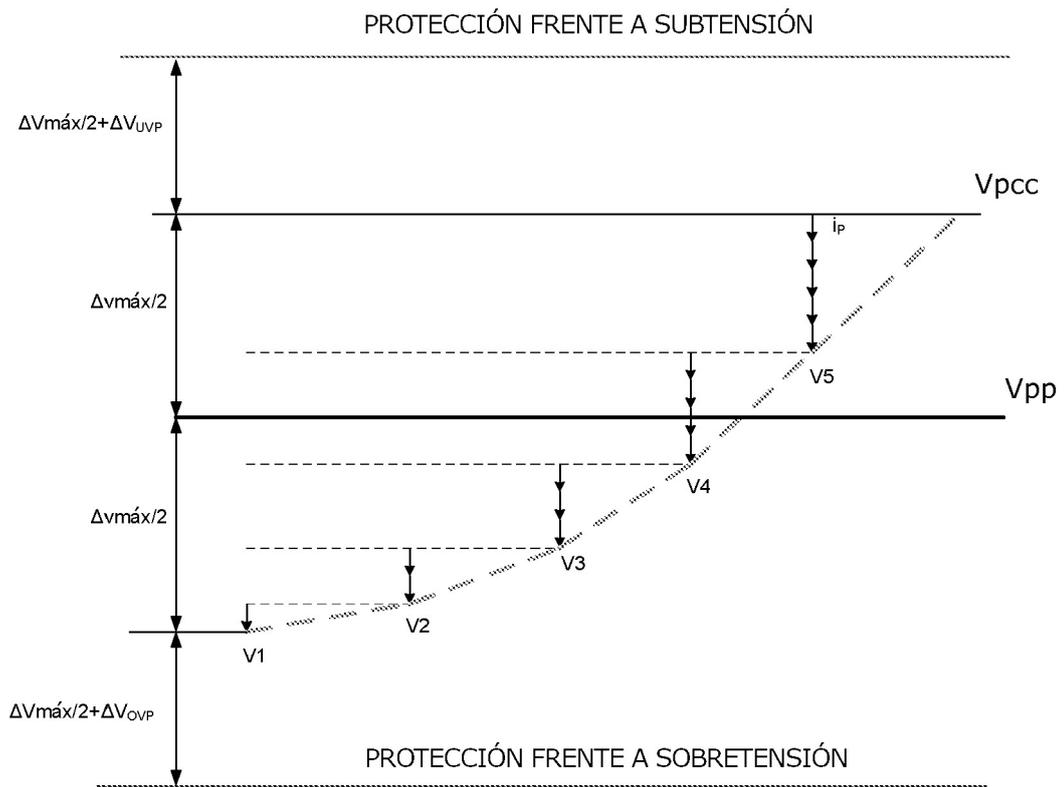


Fig. 2