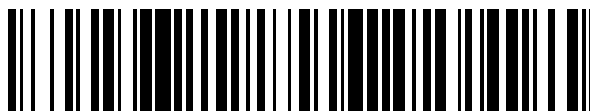


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 710 555**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/32** (2007.01)

**H02M 5/458** (2006.01)

**H02H 7/12** (2006.01)

**H02M 3/337** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2011 PCT/EP2011/067061**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.04.2012 WO12045666**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2011 E 11766964 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2625776**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para proteger una fuente de alimentación ESP para sobretensiones transitorias en la red eléctrica**

30 Prioridad:

**06.10.2010 EP 10186733**

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

**25.04.2019**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH  
(100.0%)**

**Brown Boveri Strasse 7  
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**RANSTAD, PER y  
LINNÉR, JÖRGEN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 710 555 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**

Procedimiento y dispositivo para proteger una fuente de alimentación ESP para sobretensiones transitorias en la red eléctrica

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere al campo de las alimentaciones de potencia, por ejemplo, para la operación de dispositivos tales como precipitadores electrostáticos. Además, se refiere a procedimientos de operación de tales alimentaciones de potencia, así como los usos de dichas alimentaciones de potencia.

**Técnica anterior**

10 Con la creciente preocupación por la contaminación ambiental, la reducción de las emisiones de partículas mediante el uso de Precipitadores Electrostáticos (ESP) es un tema muy importante para las centrales eléctricas de carbón. Los ESP son colectores de polvo altamente adecuados. Su diseño es robusto y son muy fiables. Además, son los más eficaces. Los grados de separación por encima del 99,9 % no son inusuales. Ya que, en comparación con los filtros de tela, sus costes de operación son bajos y el riesgo de daños y paros debido a trastornos funcionales es considerablemente menor, son una elección natural en muchos casos. En un ESP, el gas contaminado se conduce  
15 entre electrodos conectados a una alimentación de potencia ESP. Generalmente, este es un transformador de alta tensión con control de tiristores en el lado primario y un puente rectificador en el lado secundario. Esta disposición está conectada a la red eléctrica de CA normal y, por lo tanto, se suministra a una frecuencia, que es de 50 o 60 Hz. El control de potencia se efectúa variando los retardos de disparo de los tiristores. Cuanto menor sea el ángulo de retardo, es decir, cuanto más largo es el período de conducción, más corriente se suministra al ESP y mayor será la  
20 tensión entre los electrodos del ESP.

Los ESP modernos se dividen en varias secciones de bus para aumentar la eficacia de recolección. Cada una de estas secciones de bus tiene su propia alimentación de potencia (PS), que se controla individualmente y tiene un intervalo de potencia de salida típico de 10-200 kW y un intervalo de tensión de salida de 30-150 kVDC.

25 Las alimentaciones de potencia del ESP moderno a menudo se basan en convertidores resonantes con el fin de usar las no idealidades del transformador y tener una conmutación suave para un amplio intervalo de operación. Una alimentación de potencia ejemplar para ESP se conoce a partir del documento US 2009/0129124 A1.

La protección contra sobretensiones para convertidores con rectificadores conmutados de frecuencia de línea se conoce a partir del documento DE 10 2007 007 922 A1.

30 Adicionalmente, el uso de la tasa de cambio de tensión como una entrada al controlador de tensión de enlace de CC se conoce a partir del documento US 2007/0121354 A1. El documento EP1870994 desvela un convertidor de CA/CA de alta frecuencia de un precipitador electrostático.

**Sumario de la invención**

La presente invención se define en la reivindicación 1.

35 Una alimentación de potencia ESP contiene todo el equipo necesario para soportar una única sección de bus ESP con alta tensión. Los principales bloques electrónicos de la alimentación de potencia ESP son unidades de conversión, unidades de alta tensión, y unidades de control. La unidad de conversión está realizando la conversión de frecuencia de la potencia entrante que generalmente se basa en los transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) en un llamado puente de tipo H. La unidad de alta tensión es un transformador con rectificador. La unidad de control adapta el flujo de potencia a la sección del bus de acuerdo con las condiciones operativas reales.

40 En caso de una sobretensión transitoria en la red eléctrica, existe el riesgo de una sobretensión en el enlace de CC en tal alimentación de potencia. Como consecuencia, puede producirse una falla de IGBT debido a una sobretensión a través de un transistor del puente de tipo H, que está en el estado de bloqueo.

Los problemas asociados con este efecto se resuelven mediante el dispositivo y el procedimiento de acuerdo con esta invención y como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

45 Concretamente, la presente invención se refiere a una unidad de conversión de alimentación de potencia, en particular, para un precipitador electrostático, que convierte la frecuencia de la alimentación de entrada alterna en salida alterna de alta frecuencia mediante la rectificación de la alimentación de entrada alterna en un rectificador a una corriente continua, que, a su vez, las convierte a corriente alterna en un inversor de puente completo en un circuito de puente de tipo H con interruptores controlados por una unidad de control. Específicamente, de acuerdo  
50 con la invención, en el lado de entrada del rectificador se proporciona al menos una circuitería de protección contra sobretensiones. La expresión circuitería de protección contra sobretensiones no pretende significar fusibles simples en las líneas de entrada, sino que se refiere a la protección contra sobretensiones de las líneas con respecto a tierra y/o entre las fases individuales de la entrada. De acuerdo con una primera realización preferente, por lo tanto, la

circuitería de protección contra sobretensiones comprende, al menos, una circuitería de limitación de tensión, normalmente se basa en varistores tal como los varistores de óxido de metal, limitando la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación de entrada alterna o entre los niveles de la corriente continua, respectivamente.

5 De acuerdo, aún, con otra realización preferente, la circuitería de protección contra sobretensiones comprende al menos una circuitería de limitación de tensión adicional que limita la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación de entrada alterna y a tierra o entre los niveles de la corriente directa y a tierra.

Una realización preferente adicional se caracteriza porque la circuitería de protección contra sobretensiones comprende al menos un inductor en cada una de las fases de la alimentación de entrada alterna, respectivamente.

10 Preferentemente, se proporciona al menos una circuitería de limitación de tensión, opcionalmente en combinación con al menos una circuitería de limitación de tensión adicional provisto en el lado de entrada del al menos un inductor y se proporciona al menos una circuitería de limitación de tensión, opcionalmente en combinación con al menos una circuitería de limitación de tensión adicional provisto en el lado de salida del al menos un inductor.

15 Una circuitería de limitación de tensión adicional provista en el lado de salida del al menos un inductor podría no ser suficiente para proteger el rectificador durante cambios transitorios. Los rápidos aumentos en la tensión de entrada son efectivos sin retardo en el lado de entrada del al menos un inductor y también podrían dañar el inductor. Por lo tanto, la circuitería limitadora de tensión provista en el lado de entrada de al menos un inductor es más eficaz para la protección durante transiciones rápidas.

20 Debido a las típicas no idealidades de la circuitería de limitación de tensión y, con el fin de controlar de manera segura la tasa máxima de cambio de tensión/corriente que llega a los interruptores del puente, esta combinación particular de dos circuiterías de limitación de tensión dispuestas a ambos lados del inductor ha demostrado ser altamente eficaz.

Típicamente, los interruptores del puente de tipo H son al menos cuatro elementos de conmutación, preferentemente, al menos cuatro elementos IGBT controlados por una misma unidad de control.

25 Con el fin de proteger completamente los elementos de conmutación de la sobretensión, de acuerdo con otra realización preferente, se provee al menos un elemento o sensor para la detección de la tensión y/o la corriente, así como su comportamiento temporal (tasa de cambio) en las líneas de la sección de corriente continua, los valores de salida de qué elemento se usan en/operativamente unido a la unidad de control para el control de los interruptores.

30 La unidad de control, cuando se alcanzan valores de umbral en la tensión y/o la corriente, así como su comportamiento temporal, se adapta para que los interruptores pasen al estado de apagado de bloqueo. Preferentemente, el apagado es iniciado por la unidad de control cuando los valores detectados están alcanzando un valor de umbral superior, o un valor de umbral inferior, o alcanzando una tasa de cambio del valor, o por un valor de umbral calculado dinámicamente basándose en valores de umbral superior/inferior fijos y la tasa actual de cambio del valor.

35 En una forma de realización adicional, el apagado se inicia por la lógica de protección independiente. Esto permite una respuesta más rápida a los cambios peligrosos en la tensión que el uso de la tensión en el controlador de tensión. En particular, la lógica de protección independiente es más rápida que el propio control de tensión. La combinación de un control de tensión con una lógica de protección permite operar a tensiones más altas, mejorando así el rendimiento y ampliando el intervalo de operación del dispositivo.

40 Normalmente en la alimentación de entrada alterna hay una entrada trifásica, opcionalmente protegida por fusibles en cada una de las líneas.

De acuerdo con una realización preferente en concreto, la circuitería de protección contra sobretensiones incluye varistores, preferentemente varistores de óxido de metal, en la que, además, preferentemente, al menos una circuitería de limitación de tensión y/o la circuitería de limitación de tensión adicional se basa esencialmente de manera exclusiva en varistores, preferentemente conectada en la respectiva circuitería delta.

45 Aún más concretamente, preferentemente la circuitería de protección contra sobretensiones comprende al menos una circuitería de limitación basándose en variadores de tensión que limita la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación de entrada alterna trifásica, en la que la circuitería de protección contra sobretensiones comprende, además, al menos una circuitería de limitación basándose en variadores de tensión que limita la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación de entrada alterna trifásica y a tierra, en la que  
50 la circuitería de protección contra sobretensiones comprende al menos un inductor en cada una de las fases de la alimentación de entrada alterna trifásica, y en la que se proporciona al menos una circuitería de limitación de tensión, en combinación con al menos una circuitería de limitación de tensión adicional provisto en el lado de entrada del al menos un inductor y se proporciona al menos una circuitería de limitación de tensión, en combinación con al menos una circuitería de limitación de tensión adicional provisto en el lado de salida del al menos un inductor.

55 La unidad de conversión de la alimentación de potencia tal como se describió anteriormente se puede usar de la

siguiente manera: preferentemente, se provee al menos un elemento o sensor para la detección de la tensión y/o la corriente, y/o su comportamiento temporal en las líneas de la sección de corriente continua, y los valores de medición de este elemento se usan la unidad de control para el control de los interruptores.

5 De acuerdo con un uso preferente de la unidad de conversión de la alimentación de potencia, la protección contra sobretensiones de la unidad de conversión de la alimentación de potencia se efectúa por que la unidad de control, al detectar/recibir valores de umbral en la tensión medida y/o la corriente y/o el comportamiento temporal del mismo, convierte todos los interruptores del puente de tipo H en el estado de apagado de bloqueo.

10 Preferentemente, el apagado es iniciado alcanzando un valor de umbral superior, o un valor de umbral inferior, o alcanzando una tasa máxima de cambio del valor, o por un umbral calculado dinámicamente basándose en valores de umbral superior/inferior fijos y la tasa medida de cambio del valor. En este último caso, el objetivo del control es asegurarse de que está absolutamente excluido que los valores de tensión/corriente alcancen los interruptores que dañan este elemento de construcción. Correspondientemente en la tasa de cambio de la tensión, por ejemplo, es lento, es seguro apagar los elementos de conmutación esencialmente al alcanzar un valor de umbral fijo. Sin embargo, si la tasa de cambio es alta, el valor de umbral debe adaptarse con el fin de tener en cuenta que el sistema no reaccionará instantáneamente ante la señal de apagado, y tener en cuenta que, debido a esto, el valor de la tensión visto por el dispositivo puede aumentar peligrosamente justo después de la conmutación de la señal. En términos generales, por lo tanto, se puede decir que cuanto mayor sea la tasa de cambio detectada, más conservador será el valor de umbral se debe establecer. Entonces, cuanto mayor sea la tasa de cambio al acercarse a los valores críticos, menor será el valor umbral tiene que ser elegido.

20 Un posible esquema de control puede ser dado por el cálculo de una función de control  $F(u(t))$  como una función de la presente tensión  $u(t)$  en las líneas en la sección de corriente continua (tensión de enlace de CC), cuya función depende del valor de tensión medida actualmente  $u(t)$  y de una primera derivada  $u'(t)$  del mismo. Opcionalmente también se puede tener en cuenta una segunda derivada  $u''(t)$ . Cada una de las derivadas se puede multiplicar por las constantes A y B que conducen a la siguiente ecuación:

25 
$$F(u(t)) = u(t) + A u'(t) + B u''(t).$$

El control debería preferentemente no solo controlar dependiendo del valor de  $F(u(t))$ , sino también en  $u(t)$ , así pues, el valor actual de la tensión medida del enlace de CC. En otras palabras, tomando  $U_{max}$  como el valor máximo permitido de la tensión en el Enlace-CC, la señal de conmutación de detención debe ser iniciada por la unidad de control cuando al menos una de las siguientes dos condiciones:

30 
$$F(u(t)) > U_{max}$$

$$u(t) > U_{max}$$

se ha satisfecho. El esquema de control correspondiente también puede complementarse con una dependencia de la corriente medida en el enlace de CC.

35 Típicamente, la tasa máxima de cambio del valor, por lo que la tasa de cambio de valor que, cuando se excede, conduce a un apagado automático de todos los interruptores, está en el intervalo de 0,1-10 kV/ms, preferentemente en el intervalo de 0,5-2 kV/ms.

Típicamente, el valor de umbral superior está en el intervalo de (800 V) - (2000 V), preferentemente en el intervalo de (900 V) - (1200 V). El valor de umbral inferior está normalmente en el intervalo de (0 V) - (700 V), preferentemente, en el intervalo de (350 V)-(550 V).

40 La presente invención se refiere a un uso de una alimentación de potencia como se describió anteriormente, aún más preferentemente usando el procedimiento de operación anterior, para el funcionamiento de un precipitador electrostático, en el que preferentemente se usan al menos dos alimentaciones de potencia, cada una para al menos una sección de bus del precipitador electrostático.

Otras realizaciones de la invención se establecen en las reivindicaciones dependientes.

45 **Breve descripción de los dibujos**

Se describen las realizaciones preferentes de la invención en lo siguiente con referencia a los dibujos, que tienen el objeto de ilustrar las presentes realizaciones preferentes de la invención y no con el objeto de limitar la misma. En los dibujos,

- 50 la figura 1 muestra un esquema de instalación ESP típico, específicamente un sistema con varias secciones de bus secuenciales controladas por 24 alimentaciones de potencia;
- la figura 2 a) muestra un esquema de una única alimentación de potencia ESP de alta frecuencia, b) un esquema de una alimentación de potencia ESP de frecuencia monofásica típica, c) un diagrama de

- la figura 3 bloques de una única alimentación de potencia ESP de alta frecuencia;
- la Fig. 4 muestra un detalle de un tramo de puente del inversor de puente completo;
- 5 la figura 5, muestra la tensión en función del tiempo bajo la acción de conmutación IGBT, las líneas de cuadrícula indican 10 ms, por lo que el período de pulso es de alrededor de 40 ms;
- la figura 6, como ejemplo, muestra la conectividad de un grupo de 3 alimentaciones de potencia ESP con un motor de ventilador ESP;
- la figura 7 muestra la tensión del tramo del puente,  $U_a$ , cuando se detiene la conmutación de IGBT, las líneas de cuadrícula indican 200 ms;
- 10 la figura 8 muestra un diagrama de circuito de una unidad de conversión de una alimentación de potencia ESP con circuitería de protección; y
- la figura 8 muestra esquemáticamente los posibles elementos del esquema de control en función de la tensión del enlace de CC.

### **Descripción de realizaciones preferentes**

15 Por lo general, un sistema ESP se divide en varias secciones de bus para mejorar la eficacia de recolección de partículas. En sistemas pequeños, solo 2 o 3 secciones de bus están conectadas en serie y varias secciones de bus grandes están conectadas en paralelo y en serie. Las diferentes alimentaciones de potencia con diferentes niveles de potencia a menudo energizan las secciones de bus para optimizar la eficacia de recolección de la sección del bus único.

20 La figura 1 muestra una instalación ESP típica con varias secciones de bus secuenciales controladas por 24 alimentaciones de potencia. El precipitador electrostático 5 comprende un canal lateral de entrada en el que un flujo 4 de gas cargado con partículas, por ejemplo, polvo de carbón, entra en el ESP. El ESP tiene un campo de entrada 6, seguido por los campos 7 centrales y termina por un campo 8 de salida, cuya salida está conectada a una pila 9 a través de la cual el gas 10 de escape limpio sale al medio ambiente. Por lo tanto, el ESP se secciona mecánicamente en campos conectados en serie y celdas conectadas en paralelo para usar la eficacia de recolección. Cada posición de campo/celda se llama una sección de bus. Una alimentación de potencia ESP alimenta una sola sección de bus con alta tensión.

30 Cada uno de los campos 6 - 8 tiene dos filas de sistemas precipitadores de potencia individual (cuatro celdas y seis campos), conduciendo a 24 secciones de bus, y para este fin se proporcionan 24 alimentaciones de potencia (PS) para la energización de los precipitadores. Las alimentaciones de potencia se energizan a través de la alimentación común 1, que, a través de una línea 2 de baja o media tensión y transformadores de distribución 3 se conectan a las alimentaciones de potencia individuales. En otras palabras, la totalidad de las alimentaciones de potencia está conectada a un sistema 1 de alimentación común y si estas alimentaciones de potencia o al menos una fracción de las mismas se operan en modo pulsado, la carga en la red principal puede estar muy desequilibrada.

35 En la figura 2a se ilustra una alimentación 11 de potencia para alimentar una de las secciones de bus individuales en una configuración de acuerdo con la figura 1. En el lado de entrada, la alimentación 11 de potencia está conectada a la red 1 y primero comprende un rectificador 12 de entrada. En el lado de salida del rectificador 12a de entrada se proporciona corriente continua (CC) y, entre los niveles, se ubica un condensador 18 de enlace de CC. Esta corriente continua se alimenta a través de un inversor 13 de puente completo con un número de transistores activados de manera correspondiente. La operación del inversor 13 de puente completo se controla por los conductores 22 y, a su vez, se controla por una unidad 23 de control. La corriente alterna en el lado de salida del inversor 13 de puente completo ingresa a un tanque resonante y una unidad 14 de transformación, el circuito resonante dado por una disposición en serie de un condensador 19 y un inductor 20 seguido de un transformador 21. En el lado de salida, la unidad 14 puede acoplarse a un rectificador 15 de salida cuyo lado de salida se acopla luego a los electrodos de los precipitadores 5 electrostáticos.

45 Para la operación pulsada de tal alimentación de potencia, el inversor de puente completo se opera en modo pulsado a través de la unidad 23 de control y los controladores 22. Con el fin de controlar todo el sistema, se proporciona un sensor 16 de corriente y tensión, cuya salida se usa para controlar la unidad 23.

50 La presente invención no está limitada a alimentaciones de potencia trifásicas (alta frecuencia) como se ilustra en la figura 2a y también, más esquemáticamente, en la figura 2c, que normalmente operan a una frecuencia en el tanque resonante en el intervalo de 20 a 200 kHz. También son posibles las unidades de procesamiento de potencia de frecuencia de red como se ilustra en la figura 2b, donde se conecta una red monofásica 1 a la unidad 17, transformada por un transformador 21 y rectificadora para el uso final en el ESP después del rectificador 15 de salida.

55 Por lo tanto, en la alimentación de potencia ESP, la alimentación trifásica se rectifica y la tensión del enlace de CC (+U<sub>dc</sub>, -U<sub>dc</sub>) se aplica a través del puente 13 de tipo H ( $U_a$ ,  $U_b$ ). Los IGBT 48 del puente se controlan de tal manera que se alimenta una tensión de onda cuadrada de frecuencia variable a la unidad de alta tensión.

Una descripción más detallada de la conmutación del módulo IGBT de la unidad de conversión y su tensión nominal de la siguiente manera: la figura 3 muestra una pata 40 de puente del puente de tipo H. Cada una de las puertas incluye un IGBT 48 en paralelo con un condensador 46 y un diodo 47. El tramo 40 del puente se opera de tal manera

que una válvula (por ejemplo, el IGBT 24 superior) está en el estado ENCENDIDO (es decir, en el estado de conducción) y la complementaria (por ejemplo, el IGBT 25 inferior) está en el estado APAGADO (es decir, en el estado de bloqueo).

5 Las posibles causas de las sobretensiones transitorias pueden ser rayos, conexión/desconexión de bancos de condensadores o cortocircuitos en equipos conectados, etc. Un ejemplo típico se ilustra en la figura 5, que ilustra una situación en la que varias alimentaciones de potencia ESP para diferentes secciones de bus del precipitador electrostático están alimentadas por una línea 26 de distribución común. Las alimentaciones de potencia ESP individuales 11 comprenden una unidad 23 de control que entre sí están conectadas a través de la línea 27 de comunicaciones. En tal sistema, puede haber una falla de circuito en una de las alimentaciones de potencia ESP o en una carga 28 diferente adicional conectada a la misma red 1 a través de la línea 26 de distribución común. Tal carga adicional puede ser, por ejemplo, el motor 28 para el ventilador que está forzando el flujo de gas a través de la carcasa del ESP. Cuando los fusibles de protección para el ventilador 28 desconectan el cortocircuito, se induce una tensión transitoria muy alta que impacta fuertemente en las otras cargas conectadas a la misma línea 26 de distribución, es decir, que tiene un gran impacto en las alimentaciones 11 de potencia ESP.

15 Si se detiene la operación de conmutación de los IGBT y ambos IGBT 24, 25 en un tramo 40 del puente están en estado de bloqueo, la tensión del enlace de CC se compartirá de manera uniforme entre los dos IGBT 24, 25. En consecuencia, la capacidad de bloqueo del puente 40 de tipo H es el doble de la capacidad de bloqueo de un solo IGBT. Por lo tanto, los IGBT pueden protegerse en condiciones de sobretensión al detener la acción de conmutación. La figura 6 muestra la tensión 29 del tramo del puente,  $U_a$ , cuando se detiene la acción de conmutación (indicada por la flecha 30). En la figura se puede ver que la tensión a través de un IGBT se establece en el 50 % de la tensión del enlace de CC en 200 - 400 ms.

25 LA solución propuesta, además de esta supervisión de esquema de control, la tensión, y su pendiente en los niveles de CC y el apagado de los IGBT con el fin de protegerlos, puede contener una circuitería de protección, lo que limita la tasa de aumento de la tensión del enlace de CC como resultado de una sobretensión transitoria, y un análisis en tiempo real de la dinámica de la tensión del enlace de CC. Cuando el análisis arroja una situación peligrosa, un riesgo próximo para una falla IGBT (sobretensión), la conmutación de los IGBT se detiene. La operación de conmutación se reinicia automáticamente cuando las condiciones en el enlace de CC vuelven a la normalidad.

En la figura 7 se ilustra un diagrama de circuito correspondiente estructurado de una alimentación de potencia ESP.

30 La circuitería de protección contiene dos dispositivos 34 y 35 de protección contra sobretensiones y un inductor 37. Los dispositivos 34 y 35 de protección contra sobretensiones son conjuntos de varistores 45 (varistores de óxido de metal), un grupo 33 que protege el nivel de cada línea con respecto a tierra 32 y un grupo 36 que protege la diferencia de tensión entre las líneas. Los dispositivos 34 y 35 de protección contra sobretensiones están posicionados a ambos lados del inductor 37.

35 De hecho, debido a la falta de idealidad de los componentes de los dispositivos de protección contra sobretensiones, no puede excluirse que un solo dispositivo de protección contra sobretensiones no sea suficiente. En otras palabras, el primer dispositivo 34 de protección contra sobretensiones puede no excluir que en un corto período de tiempo un valor de alta tensión llegue al inductor 37. Con el fin de amortiguar aún más dicho valor de alta tensión, se proporciona el dispositivo 35 de protección adicional. En la combinación de los elementos 34, 35 y 37, la tasa de aumento de la tensión del enlace de CC es limitada. El inductor 37 está conectado en serie a la alimentación 1 trifásica (en serie con fusibles adicionales 31). En el ejemplo de una implementación de este tipo como se muestra en la figura 2, un inductor 37 y un inductor de CC 38 (nivel de CC negativo) y 39 (nivel de CC positivo) se han incorporado en el diseño. Los dispositivos 34 y 35 de protección contra sobretensiones se agregan a ambos lados de los inductores 37. Esta circuitería 34 y 35 de protección limita la tensión a través del inductor 37 y el inductor 38/39 de CC y, por lo tanto, limita la pendiente de la corriente de entrada al enlace de CC de la unidad de conversión. Una tasa de pendiente limitada es positiva cuando se detectan tensiones anormales de los enlaces de CC y ayudará a evitar que los componentes electrónicos de potencia fallen.

El controlador 23 realiza continuamente un análisis dinámico de la tensión del enlace de CC medida con los sensores 41 y decide rápidamente detener la acción de conmutación de los módulos IGBT cuando la tensión del enlace de CC en un tramo del IGBT amenaza con dañar los IGBT.

50 Un ejemplo del análisis de la dinámica de tensión de enlace de CC si es como sigue (ver figura 8):

1. La tensión del enlace de CC a través de un tramo IGBT ha alcanzado un nivel más alto que el límite "alta tensión de enlace de CC" 43; si se cumple esta condición, todos los IGBT se apagan por el control 23.
2. La tensión del enlace de CC a través de un tramo IGBT ha alcanzado un nivel más bajo que el límite "baja tensión de enlace de CC" 44; si se cumple esta condición, todos los IGBT están desactivados por el control 23.
- 55 3. La pendiente de la tensión del enlace de CC a través de un tramo IGBT aumenta/disminuye demasiado rápido (voltios/segundo); si se cumple esta condición, todos los IGBT se apagan por el control 23. Normalmente, los cambios de tensión en el intervalo de kilovoltios por milisegundo se consideran demasiado rápidos.

Los niveles 43 y 44 se pueden establecer como valores fijos no dinámicos. Sin embargo, ventajosamente se implementa un control de combinación que toma en cuenta la pendiente y los valores máximos. En otras palabras, el nivel 43 máximo, así como el nivel 44 mínimo pueden determinarse dinámicamente en función de la pendiente. Si, por ejemplo, la tensión del enlace de CC aumenta/disminuye rápidamente, se debe elegir un nivel 43 máximo inferior y un nivel 44 mínimo superior para tener en cuenta que el sistema no reaccionará instantáneamente. Por lo tanto, dependiendo de la velocidad de aproximación de los valores de nivel, este último deberá adaptarse para garantizar que la calificación de los IGBT no se exceda debido a los efectos del tiempo de reacción.

El controlador 23 realiza continuamente un análisis de la dinámica de tensión de enlace de CC. La circuitería 34, 35, 37 de protección añadida al diseño limita la pendiente de la corriente de entrada al convertidor y, por lo tanto, la tasa de aumento de la tensión del enlace de CC en caso de una sobretensión transitoria en la red eléctrica. Esto conduce a una mayor confiabilidad de la alimentación de potencia ESP y permite el reinicio automático después de una sobretensión transitoria.

El inductor 37 también se puede incorporar en el diseño de la unidad de conversión con diferentes configuraciones.

Ejemplos de diferentes configuraciones:

1. Solo en el lado de CA del rectificador de entrada (solo los elementos 37 como se ilustra en la figura 7);
2. A ambos lados del rectificador de entrada (como se ilustra en la figura 7). Las partes importantes son los dispositivos de protección contra sobretensiones a ambos lados de la inductancia.

Se puede realizar de diferentes maneras el análisis de la dinámica de tensión de enlace de CC. Lo que es importante es que la conmutación de IGBT se detiene con un margen de tiempo suficiente para la situación peligrosa con el fin de evitar fallas.

El esquema propuesto también se puede usar de manera más general en cualquier equipo de conversión que contenga un puente IGBT rígido por tensión que tenga un enlace de CC supervisado por un sistema de control.

**Lista de signos de referencia**

- |    |                                                                    |
|----|--------------------------------------------------------------------|
| 1  | alimentación común, red                                            |
| 25 | 2 línea de nivel de baja o media tensión                           |
|    | 3 transformador de distribuciones                                  |
|    | 4 flujo de gas cargado de partículas, por ejemplo, polvo de carbón |
|    | 5 precipitadores electrostáticos                                   |
|    | 6 campo de entrada                                                 |
| 30 | 7 campos intermedios                                               |
|    | 8 campo de salida                                                  |
|    | 9 pila                                                             |
|    | 10 gases de escape limpios                                         |
|    | 11 alimentación de potencia                                        |
| 35 | 12 rectificador de entrada                                         |
|    | 13 inversor de puente completo, puente de tipo H                   |
|    | 14 tanque resonante y transformador                                |
|    | 15 rectificador de salida                                          |
|    | 16 sensor de corriente y/o tensión                                 |
| 40 | 17 bloques de tiristores                                           |
|    | 18 condensador de enlace CC                                        |
|    | 19 condensador en serie                                            |
|    | 20 inductor en serie                                               |
|    | 21 transformador                                                   |
| 45 | 22 conductores                                                     |
|    | 23 unidad de control                                               |
|    | 24 puerta 1                                                        |
|    | 25 puerta 2                                                        |
|    | 26 línea de distribución                                           |
| 50 | 27 interfaz de comunicación                                        |
|    | 28 carga adicional, motor del ventilador                           |
|    | 29 tensión del tramo de puente en función del tiempo               |
|    | 30 conmutación IGBT de detención, ambos IGBT están apagados        |
|    | 31 fusibles                                                        |
| 55 | 32 a tierra                                                        |
|    | 33 varistores para protección con respecto a tierra                |
|    | 34 circuitería de protección en el lado de entrada del inductor    |
|    | 35 circuitería de protección en el lado de salida del inductor     |
|    | 36 varistores para protección entre niveles trifásicos             |

## ES 2 710 555 T3

	37	inductor
	38	inductor CC en nivel negativo
	39	inductor CC en nivel positivo
	40	medio puente de inversor
5	41	sensor para tensión/corriente de nivel CC
	42	pendiente de tensión de enlace CC
	43	umbral superior del enlace CC
	44	umbral inferior del enlace CC
	45	varistor de óxido de metal, MOV
10	46	condensador
	47	diodos
	48	elemento de conmutación, IGBT
	Ua, Ub,	Tensión de tramo de puente
	+ Udc	tensión de enlace CC positivo
15	-Udc	tensión de enlace CC negativo
	t	tiempo



## REIVINDICACIONES

1. Unidad de conversión de alimentación de potencia, en particular, para un precipitador electrostático, que convierte la frecuencia de la alimentación (1) de entrada alterna en salida (Ua, Ub) alterna de alta frecuencia mediante la rectificación de la alimentación de entrada alterna (1) en un rectificador (12) a una corriente continua (Udc), que se convierte a corriente alterna en un inversor (13) de puente completo en un circuito de puente de tipo H con interruptores (48) controlados por una unidad (23) de control, **caracterizada porque** en el lado de entrada del rectificador (12) se proporciona al menos una circuitería (34, 35, 37) de protección contra sobretensiones, en la que la circuitería (34, 35, 37) de protección contra sobretensiones comprende al menos un inductor (37) en cada una de las fases de la alimentación (1) de entrada alterna, respectivamente, y en la que al menos una circuitería (36) limitadora de tensión está provista en el lado de entrada de al menos un inductor (37).
2. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la circuitería (34, 35, 37) de protección contra sobretensiones comprende al menos una circuitería (36) de limitación de tensión que limita la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación (1) de entrada alterna, respectivamente, en la que preferentemente la circuitería (34, 35, 37) de protección contra sobretensiones comprende, además, al menos una circuitería (33) de limitación de tensión adicional que limita la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación (1) de entrada alterna y a tierra (32).
3. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que se proporciona al menos una circuitería (36) de limitación de tensión en combinación con al menos una circuitería (33) de limitación de tensión adicional provisto en el lado de entrada del al menos un inductor (37).
4. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con la reivindicación 2, así como la reivindicación 3, en la que se proporciona al menos una circuitería (36) de limitación de tensión, opcionalmente en combinación con al menos una circuitería (33) de limitación de tensión adicional provisto en el lado de entrada del al menos un inductor (37-39) y se proporciona al menos una circuitería (36) de limitación de tensión, opcionalmente en combinación con al menos una circuitería (33) de limitación de tensión adicional provisto en el lado de salida del al menos un inductor (37-39).
5. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los interruptores (48) del puente de tipo H son al menos cuatro elementos de conmutación, preferentemente al menos cuatro elementos de transistor bipolar de puerta aislada (48) controlados por la misma unidad (23) de control.
6. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con la reivindicación 5, en la que se proporciona al menos un elemento (41) para la detección de una tensión (Udc) y/o una corriente, así como su comportamiento temporal en las líneas de una sección de corriente continua, los valores de salida de qué elemento (41) se usan en la unidad (23) de control para el control de los interruptores (48).
7. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la unidad (23) de control, cuando se alcanzan valores de umbral en la tensión (Udc) y/o la corriente, así como su comportamiento temporal, se adapta para que los interruptores (48) pasen al estado de apagado de bloqueo.
8. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con la reivindicación 7, en la que la unidad (23) de control está adaptada para iniciar el apagado cuando la tensión (Udc) y/o la corriente alcanza un valor de umbral superior, o un valor de umbral inferior, o una tasa de cambio del valor, o un valor de umbral calculado dinámicamente basándose en valores de umbral superior/inferior fijos y la tasa actual de cambio del valor.
9. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con la reivindicación 8, en la que la tasa máxima de cambio del valor está en el intervalo de 0,1 a 10 kV/ms, preferentemente en el intervalo de 0,5 a 2 kV/ms, y/o en la que el valor de umbral superior está en el intervalo de 800 V a 2000 V, preferentemente en el intervalo de 900 V a 1200 V, y/o en el valor de umbral inferior está en el intervalo de 0 V a 700 V, preferentemente en el intervalo de 350 kV a 550 kV.
10. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que en la alimentación (1) de entrada alterna hay una entrada trifásica, opcionalmente protegida por fusibles (31) en cada una de las líneas.
11. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la circuitería de protección contra sobretensiones incluye varistores (45), preferentemente varistores de óxido de metal, en la que, además, preferentemente, al menos una circuitería (36) de limitación de tensión y/o la circuitería (33) de limitación de tensión adicional se basa esencialmente de manera exclusiva en varistores (45), preferentemente conectada en la respectiva circuitería delta.

12. Unidad de conversión de alimentación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la circuitería (34, 35, 37-39, 45) de protección contra sobretensiones comprende al menos una circuitería (36) de limitación basándose en variadores (45) de tensión que limita la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación (1) de entrada alterna trifásica, en la que la circuitería (34, 35, 37-39, 45) de protección contra sobretensiones comprende además al menos una circuitería (33) de limitación basándose en variadores (45) de tensión que limita la tensión máxima entre las fases individuales de la alimentación (1) de entrada alterna trifásica y a tierra (32), en la que la circuitería (34, 35, 37-39, 45) de protección contra sobretensiones comprende al menos un inductor (37, 38, 39) en cada una de las fases de la alimentación (1) de entrada alterna trifásica, y en la que se proporciona al menos una circuitería (36) de limitación de tensión, en combinación con al menos una circuitería (33) de limitación de tensión adicional provisto en el lado de entrada del al menos un inductor (37-39) y se proporciona al menos una circuitería (36) de limitación de tensión, en combinación con al menos una circuitería (33) de limitación de tensión adicional provisto en el lado de salida del al menos un inductor (37-39).
13. Uso de una alimentación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12 para la operación de un precipitador electrostático, en el que preferentemente se usan al menos dos alimentaciones de potencia, cada una para al menos una sección de bus del precipitador electrostático.

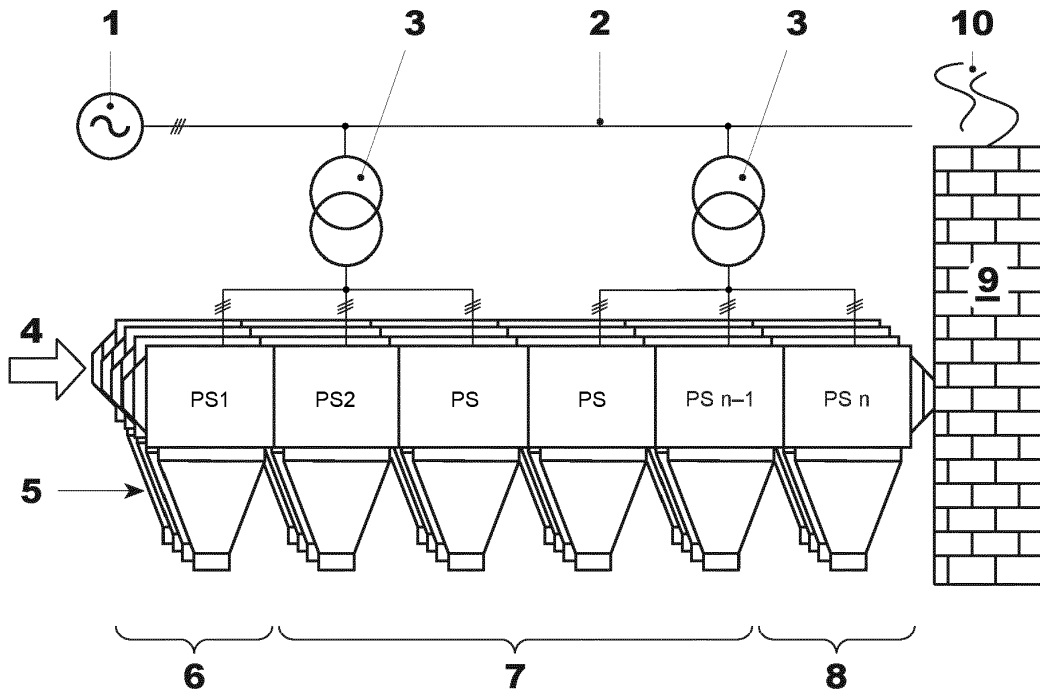


FIG. 1

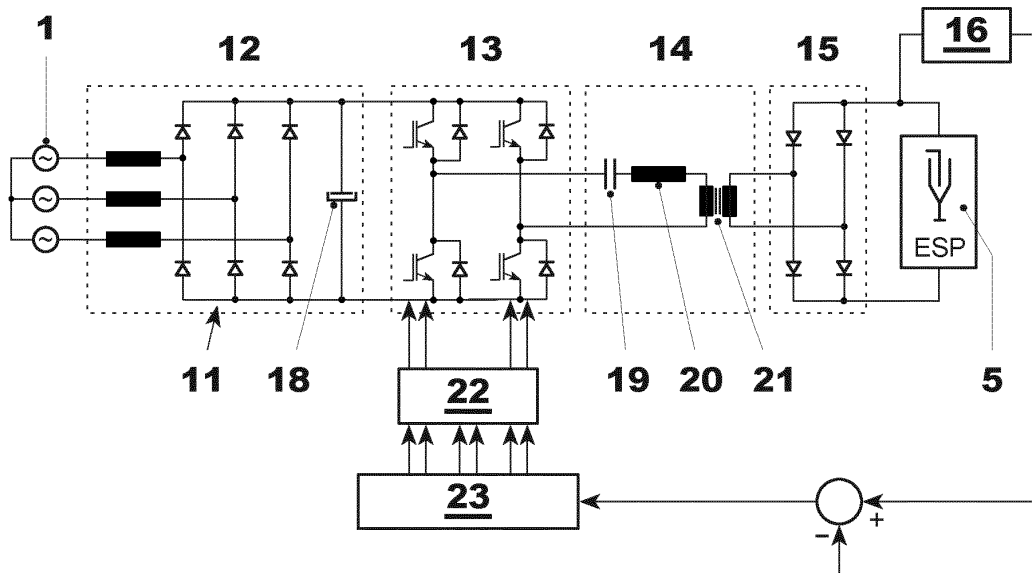


FIG. 2a

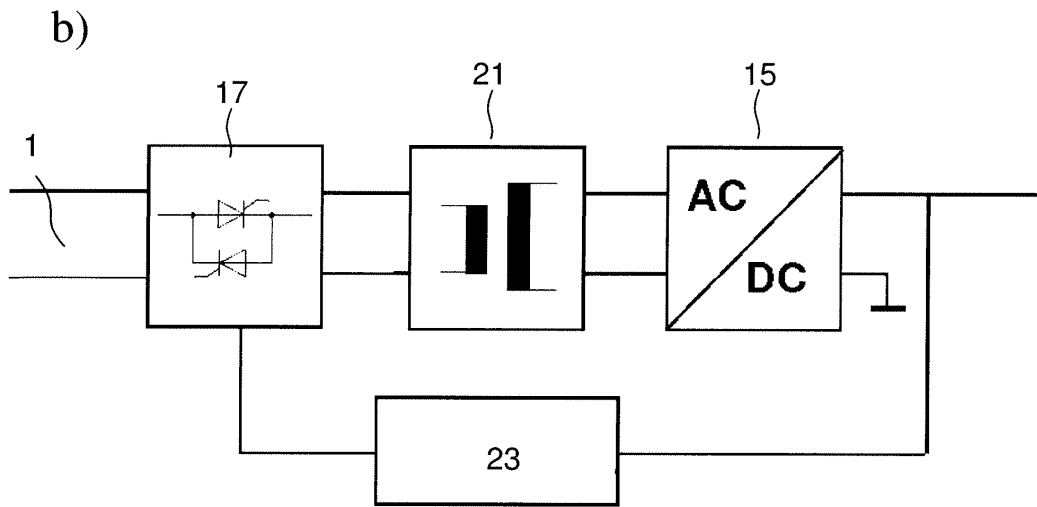


FIG. 2

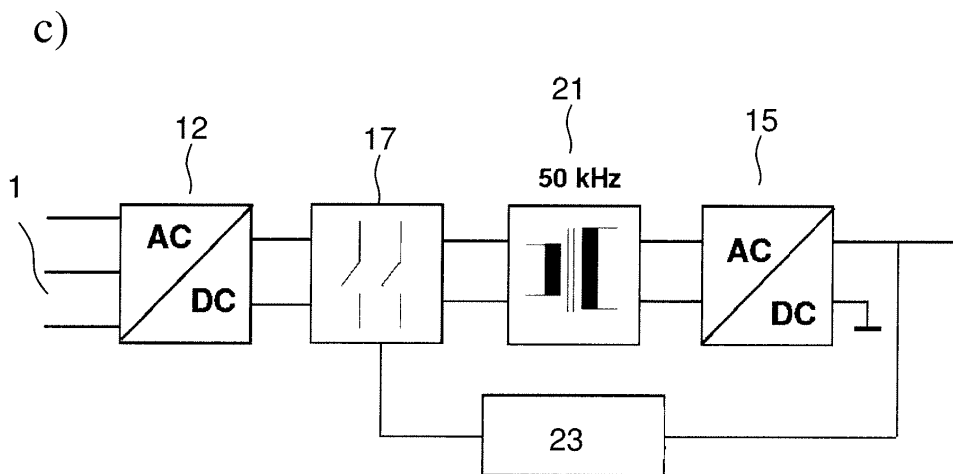


FIG. 2

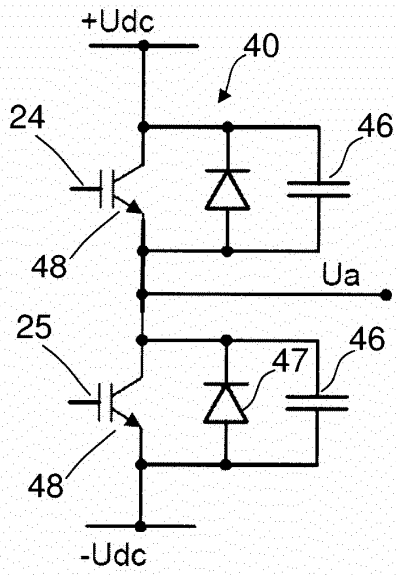


FIG. 3

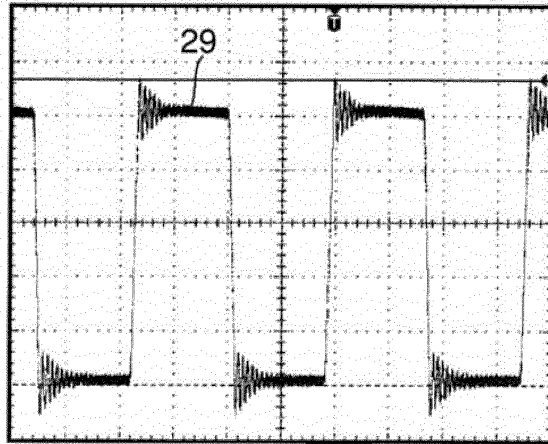


FIG. 4

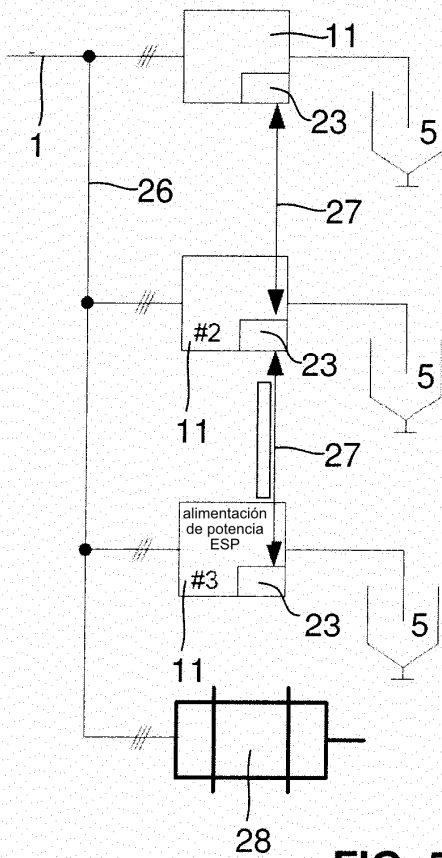


FIG. 5

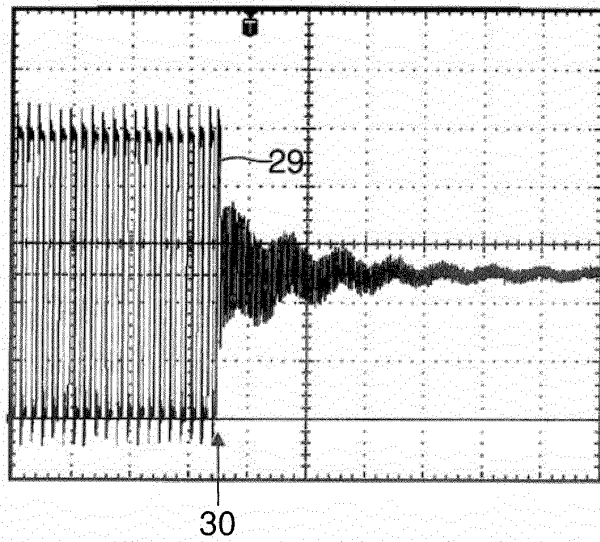


FIG. 6

