



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 352 431**

51 Int. Cl.:
H05G 1/54 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03785820 .6**

96 Fecha de presentación : **15.12.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1584220**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.10.2005**

54 Título: **Sistema de alimentación de alta tensión para un equipo de rayos X.**

30 Prioridad: **09.01.2003 DE 103 00 542**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.02.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.02.2011

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es: **Kuhnel, Werner y
Beyerlein, Walter**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 352 431 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).

DESCRIPCION

La invención se refiere a un sistema de alimentación de alta tensión para un equipo de rayos X, compuesto esencialmente por líneas eléctricas colocadas entre un
5 circuito de alta tensión y un tubo de rayos X del equipo de rayos X.

Los tubos de rayos X están constituidos como tubos de alto vacío. Mediante el alto vacío se evitan por principio descargas entre el cátodo y el ánodo del tubo de rayos X al
10 aplicar la tensión de los rayos X, que se mueve en la gama de los kilovoltios. No obstante, son inevitables pequeñas cantidades de gases residuales que impurifican el alto vacío. Ello es así en particular porque en el curso del funcionamiento de los tubos de rayos X se desprenden
15 componentes de material gaseiformes en el interior del tubo. Los gases residuales pueden ionizarse debido a la tensión de los rayos X. Mediante la ionización se llega a una descarga y con ello al cortocircuito dentro del tubo de rayos X.

Las evoluciones en el tiempo de las corrientes de cortocircuito y de los procesos que ello origina para la compensación de cargas en las líneas del sistema de alimentación de alta tensión, presentan en parte pendientes de flanco muy escarpadas, ya que transcurren muy
20 rápidamente. El espectro de perturbación resultante llega por lo tanto hasta la gama superior de los megahercios y tiene una banda muy ancha. Además, originan las corrientes de cortocircuito y de compensación de carga oscilaciones que incluyen sobretensiones, que se extinguen muy
25 lentamente.

Debido a tales señales de perturbación y sobretensiones en el circuito de alta tensión del equipo de rayos X se producen perturbaciones funcionales en los circuitos electrónicos y el equipo de ordenador. A menudo
35 se presentan fallos de los componentes, sobre todo en el

circuito de alta tensión del generador de rayos X. Además de los tiempos de fallo durante el funcionamiento y de costosos daños en el equipo de rayos X, originan las perturbaciones también una elevada carga por radiación en los pacientes a explorar, que han de ser explorados repetidamente debido a los fallos de la instalación.

Por el documento **EP 0 497 517** se conoce un equipo de rayos X en el que se prevén respectivas resistencias limitadoras de la tensión eléctrica en cada lado del tubo de rayos X respecto a masa. Pero las citadas resistencias originan pérdidas de potencia en la corriente de caldeo para calentar el cátodo.

Por el documento **DE 24 02 125** y el documento **JP 54090987** se conocen igualmente equipos de rayos X en los que se prevén componentes limitadores de la tensión, sin tener en cuenta entonces la corriente de caldeo del cátodo.

Es tarea de la invención indicar un equipo de rayos X en el que se atenúen las señales parásitas y las sobretensiones que se presentan debido a cortocircuitos en los tubos de rayos X tan fuertemente que se eviten perturbaciones funcionales en los circuitos electrónicos, así como daños en los componentes dentro del equipo de rayos X y en el que a la vez se mantengan reducidas las pérdidas de potencia de una corriente de caldeo del cátodo.

La invención resuelve esta tarea mediante un equipo de rayos X con las características de la primera reivindicación.

Una idea básica de la invención reside en atenuar las oscilaciones y señales parásitas en el sistema de alimentación de alta tensión del equipo de rayos X, es decir, entre el generador de rayos X y el tubo de rayos X. La atenuación se provoca previendo resistencias de cierre en las líneas de alta tensión del sistema de alimentación de alta tensión. La atenuación mediante resistencias de cierre es especialmente económica y fácil de realizar. Un

transformador para la corriente de caldeo se conecta con el tubo de rayos X a través de inductividades de filtrado adicionales, dispuestas en paralelo a la resistencia de cierre del lado del cátodo.

5 Una configuración ventajosa de la invención resulta cuando las líneas de alta tensión del sistema de alimentación de alta tensión no están dotadas de una resistencia de cierre en ambos extremos, sino solamente en un extremo, es decir, por un lado. Ya una resistencia de
10 cierre por un solo lado puede precisamente provocar una extinción suficientemente rápida de las señales parásitas.

Una variante especialmente ventajosa de esta configuración mejorada resulta disponiendo en cada caso la resistencia de cierre situada en un solo lado en el lado
15 orientado hacia el tubo de rayos X de cada línea de alta tensión. De esta manera puede mantenerse la elevada impedancia de salida del generador de rayos X que ha de mantenerse para el funcionamiento.

En otra configuración ventajosa de la invención, se
20 adapta la impedancia de las resistencias de cierre a la impedancia de la línea correspondiente. Resulta en particular una atenuación suficiente cuando la impedancia de las resistencias de cierre se corresponde con la impedancia de las líneas de alta tensión.

25 Otras configuraciones mejoradas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

A continuación se describen más en detalle ejemplos de ejecución de la invención en base a figuras. Las figuras muestran:

30 figura 1 la estructura básica del circuito de alta tensión de un equipo de rayos X según el estado de la técnica,

figura 2 las tensiones relativas en el sistema de alimentación de alta tensión durante el
35 funcionamiento del equipo de rayos X,

figura 3 las tensiones relativas en el sistema de alimentación inmediatamente después de presentarse un cortocircuito en el tubo de rayos X,

5 figura 4 la línea de alta tensión con resistencias de cierre en paralelo,

figura 5 la línea de alta tensión con resistencias de cierre en serie,

10 figura 6 el circuito de alta tensión de un equipo de rayos X con resistencias de cierre según la invención con inductividades de filtrado para la corriente de caldeo del cátodo,

figura 7 el circuito de alta tensión de un equipo de rayos X con transformador para la corriente de caldeo integrado en el tubo de rayos X,

15

figura 8 el circuito de alta tensión de un equipo rayos X con capacidades de alisamiento de la alta tensión en las salidas del generador de rayos X,

figura 9 evolución simulada de la tensión en el cátodo de un equipo rayos X según el estado de la técnica,

20

figura 10 evolución simulada de la tensión en el cátodo de un equipo de rayos X según la invención.

En la figura 1 se representa la estructura básica de un circuito de alta tensión de un equipo de rayos X según el estado de la técnica. Dentro del generador de rayos X 1 genera un generador de tensión primaria 3 una tensión primaria, que se retransmite a los transformadores de alta tensión 5 y estos la transforman en una tensión alta suficiente para el funcionamiento del tubo de rayos X. La alta tensión a la salida de los transformadores de alta tensión 5 se retransmite a los componentes 7, en los que se ha indicado un diodo rectificador y una capacidad de alisamiento, que la rectifican y alisan. Los componentes 7 transmiten la alta tensión a las resistencias de atenuación 9 (R_D). Las resistencias de atenuación 9 (R_D) tienen la

35

tarea de proteger ampliamente el generador de rayos X 1 frente a sobretensiones y señales parásitas procedentes del sistema de alimentación de alta tensión. Las mismas presentan normalmente valores del orden de magnitud de
5 varios kilohmios.

Al generador de rayos X 1 está conectado mediante un sistema de alimentación de alta tensión intercalado el tubo de rayos X 15, estando compuesto el sistema de alimentación de alta tensión esencialmente por una línea de alta tensión
10 anódica coaxial 11 y una línea de alta tensión catódica coaxial 13. La estructura coaxial de las líneas de alta tensión 11 y 13 se indica mediante la representación en el dibujo como caja en lugar de como línea. La línea de alta tensión anódica 11 conecta la salida del generador de rayos
15 X 1 con el ánodo 17 del tubo de rayos X. Análogamente conecta la línea de alta tensión catódica 13 el cátodo 19 del tubo de rayos X 15. El tubo de rayos X 15 puede estar configurado con dos haces, es decir, como tubo bifocal, por lo que el cátodo 19 está representado esquemáticamente con
20 dos filamentos. Ambos filamentos del cátodo 19 son alimentados por el transformador de caldeo 21 con la corriente de caldeo.

Para reducir los problemas originados por los cortocircuitos que se presentan en el tubo de rayos X 15,
25 se conoce la práctica de prever por un lado en el generador de rayos X 1 resistencias óhmicas de atenuación 9 (R_D) en la gama de los kilohmios y por otro lado prestar atención a que en todo el equipo de rayos X tengan todos los componentes una tierra clara, para garantizar potenciales
30 de referencia inequívocos y evitar bucles de inducción. Así debe evitarse sobre todo un "arrastre" de los potenciales parásitos. La tierra clara de todos los componentes se representa mediante la tierra múltiple 23 de las líneas de alta tensión coaxiales.

La figura 2 muestra una representación esquemática del circuito de alta tensión de un equipo de rayos X según el estado de la técnica. Mediante el generador 31 se genera la tensión de rayos X U_0 y se transmite a través de las resistencias de atenuación 9 (R_D) a las líneas de alta tensión 11 y 13. A través de las líneas de alta tensión 11 y 13 se aplica la tensión al tubo de rayos X, que aquí está dibujado como resistencia de carga 33 (R_L). El circuito de alta tensión se ha representado durante el funcionamiento, es decir, en situación estabilizada. La línea de alta tensión anódica 11 se encuentra en toda su longitud al potencial U_0 y la línea de alta tensión catódica 13 se encuentra en toda su longitud a $-U_0$ voltios. Para mayor claridad de representación, se considera en la figura 3 y en lo que sigue solamente la parte anódica y se deja de considerar la parte catódica. La distribución de potenciales entre las líneas anódicas de alta tensión se indica en la figura 2 mediante flechas, designadas con un más, un menos y U_0 . La caída de potencial en las resistencias de atenuación 9 (R_D) se desprecia.

La figura 3 muestra la misma representación esquemática del circuito de alta tensión según el estado de la técnica que la precedente figura 2, con las mismas referencias. No obstante, la figura 3 muestra el circuito de alta tensión en otro instante, precisamente inmediatamente tras presentarse un cortocircuito en el tubo de rayos X.

La aparición de un cortocircuito en el tubo de rayos X equivale a que la resistencia de carga 33 (R_L) se empequeñezca hasta anularse, es decir, $R_L = 0$. La desaparición de la resistencia de carga 33 (R_L) trae como consecuencia que la tensión en las líneas de alta tensión 11 y 13 caiga bruscamente, porque las cargas que se encuentran en las líneas de alta tensión 11 y 13 pueden fluir saliendo a través del cortocircuito en el tubo de

rayos X. Este tipo de descarga de una línea cargada uniformemente es un problema estándar, perfectamente conocido en la literatura. Aproximadamente puede describirse el proceso de descarga corriendo la mitad de las cargas sobre la línea hacia la izquierda y la otra mitad de las cargas hacia la derecha. De esta manera se mueven las ondas con la mitad de la tensión de salida, es decir, $U_0/2$, sobre cada línea alejándose hacia la izquierda y hacia la derecha. Esto se indica en la figura 3 solamente para la línea de alta tensión anódica 11 mediante flechas, que se indican con + y con $U_0/2$, y que están orientadas hacia la derecha y hacia la izquierda respectivamente a lo largo de la línea de alta tensión 11. Las flechas simbolizan el flujo de salida de las cargas.

En el circuito de alta tensión chocan las ondas que discurren alejándose entre sí tanto en la izquierda como también en la derecha contra puntos de salto de impedancia. Éstos son a la izquierda las resistencias de atenuación 9 (R_D) y a la derecha el cortocircuito en el tubo de rayos X, es decir, la resistencia de carga 33 (R_L), que ha tomado el valor $R_L = 0$. Los puntos de salto brusco en la impedancia reflejan las ondas que discurren alejándose entre sí, provocando un cortocircuito un factor de reflexión $r = -1$. Las ondas reflejadas en un cortocircuito cambian por lo tanto, tal como se sabe, de signo, cambiando en el caso presente su tensión por lo tanto de $+ U_0/2$ a $- U_0/2$. Las ondas reflejadas corren a continuación de nuevo una hacia otra, se encuentran y discurren de nuevo alejándose, hasta que de nuevo se reflejan en los puntos del salto de la impedancia de línea. Para las ondas que discurren hacia acá y hacia allá resulta una duración de la oscilación que depende de la longitud de las líneas de alta tensión 11 y 13. Tras un cuarto de la duración de esta oscilación, la línea de alta tensión toma en toda su longitud la tensión 0 tras la mitad de la duración de la oscilación la tensión U_0

y tras tres cuartos de la duración de la oscilación de nuevo la tensión 0, hasta que el proceso de oscilación comienza a repetirse tras la duración de una oscilación completa. La oscilación prosigue básicamente sin fin, pero en la realidad se ve atenuada por las pérdidas en las líneas.

Para simplificar se ha descrito el proceso sólo para la línea de alta tensión anódica 11, pero los fenómenos discurren en la línea de alta tensión catódica 13 por principio de forma análoga a lo anterior con el signo cambiado.

Como resultado, se obtiene sobre las líneas de alta tensión 11 y 13 una oscilación en la que sobre la correspondiente línea ciertamente no se presenta ninguna sobretensión, pero que alternativamente asume las tensiones $+ U_0$ y $- U_0$. Por lo tanto se presenta en las resistencias de atenuación 9 (R_D) en el curso de la oscilación el doble de la tensión, es decir, $2 U_0$. Para una longitud de las líneas de alta tensión de por ejemplo 12 m resulta una duración de la oscilación de 266 nanosegundos, es decir, una frecuencia del orden de magnitud de varios megahercios. Esta oscilación, que ha de considerarse como señal parásita, y las sobretensiones que entonces se presentan, pueden provocar fallos de los componentes y perturbaciones en el funcionamiento del equipo de rayos X.

La figura 4 muestra la parte anódica de un circuito de alta tensión de un equipo de rayos X con un componente rectificador y atenuador 7, resistencia de atenuación 9 (R_D), línea de alta tensión coaxial 11 y tubo de rayos X 15 puestos a tierra a través de las puestas a tierra 23. Esta estructura tradicional se complementa mediante la resistencia de cierre 37 (R_A), que cierra el extremo del lado del generador de rayos X de la línea de alta tensión 11, y que mediante la resistencia de cierre 38 (R_A) cierra el extremo del lado del tubo de rayos X de la línea de alta

tensión 11. Las resistencias de cierre 37, 38 (R_A) están conectadas en paralelo y se encuentran por lo tanto entre el extremo correspondiente de la línea de alta tensión 11 y la puesta a tierra 23. Las mismas pueden unirse mediante soldadura. Para la impedancia de línea de las líneas de alta tensión 11, 13 en el circuito de alta tensión de un equipo de rayos X, son usuales valores de unos 40 a 50 ohmios. Las resistencias de cierre 39 (R_A) presentan por lo tanto un valor de unos 45 ohmios, ya que su efecto amortiguador es óptimo cuando su impedancia se corresponde con las de las líneas de alta tensión 11, 13.

No obstante, el cierre por sí solo con resistencias de cierre en paralelo 37, 38 (R_A) no sería aplicable en la práctica, ya que durante el servicio en ambas resistencias de cierre 37 (R_A) y 38 (R_A) estaría aplicada toda la tensión de servicio y caería hacia masa, lo cual, daría lugar a pérdidas de potencia permanentes y extremadamente altas. Además, la resistencia de cierre 38 (R_A) del lado del tubo de rayos X estaría cortocircuitada por el cortocircuito en el tubo de rayos X 15 y con ello no establecería ningún efecto de atenuación.

Por ello se prevén, complementariamente a las resistencias de cierre 37, 38 (R_A), capacidades de alisamiento de alta tensión 41 (C_H) conectadas en serie entre las mismas y la puesta a tierra 23. Las capacidades de alisamiento de alta tensión 41 (C_H) tienen la misión de dejar pasar las señales parásitas de alta frecuencia y las sobretensiones hacia tierra 23 y por el contrario bloquear las señales útiles de baja frecuencia y de tensión continua. Por lo tanto las mismas sirven como filtro pasoalto, cuya frecuencia ha de elegirse tal que las señales parásitas puedan fluir hacia tierra, pero en cuanto a las señales útiles no resulta ninguna potencia de pérdidas. Las capacidades de alisamiento de alta tensión 41 (C_H) impiden además que la resistencia de cierre 38 (R_A)

del lado del tubo de rayos X se cortocircuite debido al cortocircuito en el tubo de rayos X 15 y por lo tanto quede sin efecto. Debido a las elevadas frecuencias de las señales parásitas, se necesita un filtro pasoalto con una frecuencia límite relativamente elevada, por lo que se elige como capacidad para las capacidades de alisamiento de alta tensión 41 (C_H) un valor en el orden de magnitud de unos 50 nanofaradios. Pueden utilizarse por ejemplo condensadores cerámicos o de láminas que pueden unirse mediante soldadura.

La figura 5 muestra una variante del circuito a diferencia de la conexión en paralelo de las resistencias de cierre. Se representa el componente rectificador y atenuador 7, la línea de alta tensión coaxial 11, inclusive las tierras 23, así como el tubo de rayos X 15. Además se representan las resistencias de cierre 39 (R_A), pero esta vez en conexión serie entre la línea de alta tensión 11 y el componente 7, así como entre la línea de alta tensión 11 y el tubo de rayos X 15. La resistencia de cierre 39 (R_A) de bajo ohmiaje del lado del generador de rayos X sustituye entonces a la resistencia de atenuación (R_D) de alto ohmiaje que se prevé normalmente, que protege al componente 7, así como al generador de rayos X a conectar detrás, no representado en la figura 5, frente a sobretensiones.

Puesto que la resistencia de atenuación R_D que normalmente se prevé se encuentra en el orden de magnitud de varios kiloohmios, no ofrece la resistencia de cierre 39 (R_A), que se encuentra en el orden de magnitud de varias decenas de ohmios, la misma protección frente a sobretensiones en el generador de rayos X 1. El generador de rayos X 1 debería por lo tanto estar dimensionado lo suficientemente robusto como para resistir en el caso de un cortocircuito en el tubo de rayos X 15 corrientes en la gama de los kiloamperios.

En una variante modificada del circuito de la figura 5, no presentan las resistencias de cierre 39 (R_A) la misma impedancia que las líneas de alta tensión de cierre 11, 13, sino el doble de impedancia o más, es decir, al menos 90 ohmios. Mediante este dimensionado se provoca una descarga bastante aperiódica de las líneas de alta tensión 11, 13. La descarga aperiódica progresa escalonadamente y exige más tiempo que la descarga mediante resistencias de cierre 39 (R_A) con la impedancia óptima de 45 ohmios. El mayor dimensionado de las resistencias de cierre 39 (R_A) tiene no obstante la ventaja de que se limita más fuertemente la corriente de cortocircuito en el lado del tubo de rayos X. Un inconveniente reside en la mayor potencia de pérdidas permanente, originada por la caída de la alta tensión a través de las resistencias de cierre 39 (R_A). Además, durante el funcionamiento de un equipo de rayos X así equipado hay que tener en cuenta que la tensión del tubo de rayos X medida en el lado del generador de rayos X se mide a la inversa de la caída de tensión incrementada. Esto puede compensarse no obstante mediante una corrección de cálculo del valor de medida.

La figura 6 muestra un circuito de alta tensión mejorado bajo los aspectos descritos, según la invención. En el mismo se ha realizado en cuanto a las resistencias de cierre un compromiso en tanto en cuanto aquí tanto la línea de alta tensión anódica 11 como también la línea de alta tensión catódica 13 sólo están cerradas en cada caso por un lado mediante una resistencia de cierre 39 (R_A). La impedancia de las resistencias de cierre 39 (R_A) es aproximadamente del mismo valor que la impedancia de línea de las líneas de alta tensión 11 y 13, es decir, aproximadamente 45 ohmios. La figura 6 muestra el generador de rayos X 1, el generador de la tensión primaria 3 que se encuentra en el mismo, los transformadores de alta tensión 5, los componentes rectificadores y atenuadores 7, las

resistencias de atenuación 9 (R_D), así como el transformador para la corriente de caldeo 21. El generador de rayos X 1 está unido mediante las líneas de alta tensión 11 y 13 coaxiales conectadas con la puesta a tierra 23 con el tubo de rayos X 15.

Las resistencias de cierre 39 (R_A) están dispuestas en conexión serie entre las líneas de alta tensión 11 y 13 y el tubo de rayos X 15. El cierre por un solo lado de las líneas de alta tensión 11 y 13 impide que aparezca una oscilación duradera al presentarse un cortocircuito en el tubo de rayos X 15.

De ambas ondas que discurren alejándose entre sí para equilibrar la carga en las líneas de alta tensión 11 y 13, con la tensión $+ U_0/2$ y $- U_0/2$ respectivamente, se refleja solamente la que discurre en cada caso en dirección hacia el generador de rayos X 1, ya que solamente se presenta un salto de impedancia en el lado del generador. En la dirección dotada de las resistencias de cierre 39 (R_A) hacia el tubo de rayos X 15, siguen discurrendo las ondas sin reflejarse y las cargas pueden fluir hacia fuera. Por ello finaliza el proceso de compensación de cargas tras una única reflexión. El cierre solamente por un lado de las líneas de alta tensión 11 y 13 ofrece así una extinción suficientemente rápida de las señales parásitas y con ello una atenuación suficiente de las sobretensiones.

En el lado de alta tensión catódico se presenta la particularidad de que al cátodo no sólo se lleva la parte negativa de la tensión del tubo de rayos X, sino adicionalmente también la corriente de caldeo para el cátodo. En un tubo bifocal usual existen por lo tanto en total tres líneas, que alimentan ambos filamentos del cátodo con corriente de caldeo y con la tensión catódica de rayos X. Si se insertarse en la alimentación de la corriente de caldeo igualmente una resistencia de cierre, entonces se originarían pérdidas inadmisiblemente altas en

la corriente de caldeo, que siempre serían de varios amperios. Puesto que las tres resistencias de cierre estarían conectadas a las líneas en paralelo entre sí, deberían las mismas además presentar un valor de la
5 resistencia tres veces mayor que la resistencia de cierre simple 39 (R_A), con lo que las pérdidas por la corriente de caldeo incluso se triplicarían.

Para proteger pese a ello al transformador de la corriente de caldeo 21 en el caso de un cortocircuito en el
10 tubo de rayos X 15 frente a sobretensiones y señales parásitas, se introducen por lo tanto, en lugar de resistencias de cierre, inductividades de filtrado 40 adicionales. Estas inductividades de filtrado adicionales 40 se realizan como reactancias compensadas en corriente y
15 por lo general se unen mediante soldadura. Las mismas tienen la tarea de bloquear las señales parásitas de alta frecuencia en la línea de alta tensión 13 y por el contrario dejar pasar la corriente de caldeo de baja frecuencia. En este sentido funcionan como un filtrado
20 pasobajo. Para este fin están dispuestas las mismas en un circuito serie entre el tubo de rayos X 15 y la línea de alta tensión 13, así como el transformador de corriente de caldeo 21 y conectadas en paralelo a la resistencia de cierre 39 (R_A). La magnitud de las inductividades de
25 filtrado 40 ha de dimensionarse en función de las señales parásitas en la línea de alta tensión 13 y 11. Puesto que las señales parásitas se mueven en la gama de los megahercios y la corriente de caldeo usualmente en la gama de los kilohercios, han de dimensionarse las inductividades
30 de filtrado 40 con una magnitud de unos 50 microhenry.

En una forma de ejecución mejorada de este circuito, sería posible realizar las inductividades de filtrado 40 en el lado de alta tensión catódico como reactancias compensadas en cuanto al corriente, para seguir reduciendo
35 la inductividad total frente a la corriente de caldeo sin

reducir la efectividad del filtrado frente a las señales parásitas de alta frecuencia.

La figura 7 muestra otra variante bastante modificada en cuanto a la alimentación del cátodo con corriente de caldeo. La figura 7 muestra el circuito de alta tensión con el generador de rayos X 1 y los módulos internos ya conocidos por las figuras precedentes. Al generador de rayos X 1 están conectadas la línea de alta tensión anódica 11 y la línea de alta tensión catódica 13, estando unidas las mismas a su vez con las resistencias de cierre 39 (R_A) en conexión serie. En la estructura tradicional mostrada hasta ahora del equipo de rayos X, el transformador de corriente de caldeo 21 está dispuesto en la periferia del tubo de rayos X 15, aproximadamente en el generador de rayos X 1 o dentro de la cuba de alta tensión que rodea el tubo de rayos X 15 para proteger el entorno frente a la alta tensión y a la radiación. Contrariamente a esta estructura tradicional, está dispuesto el transformador para la corriente de caldeo 21 en la figura 7 dentro del tubo de rayos X 15. De esta manera está desacoplado de antemano el transformador de la corriente de caldeo 21 de los procesos perturbadores en la línea de alta tensión 13. Por lo tanto no ha de disponerse ninguna inductividad de filtrado adicional para filtrar sobretensiones o señales parásitas antes del sistema de alimentación de corriente de caldeo.

Queda claro que esta variante de la invención hace necesario un cambio en la estructura de todo el equipo de rayos X. Por el contrario pueden realizarse modificaciones como complementar con resistencias de cierre e inductividades de filtrado adicionales con un coste claramente inferior.

La figura 8 muestra otra variante del circuito de alta tensión, en la que las líneas de alta tensión 11 y 13 están dotadas igualmente en cada caso por un lado de la

resistencia de cierre 39 (R_A). La figura 8 muestra el generador de rayos X 1 con las resistencias de atenuación 9 (R_D) y por lo demás los mismos componentes que en las figuras precedentes. Al generador de rayos X 1 están conectados, tanto en el lado anódico como también en el lado catódico, las resistencias de cierre 39 (R_A), con las que a su vez están unidas las líneas de alta tensión coaxiales 11 y 13 con las correspondientes puestas a tierra 23. Las resistencias de cierre 39 (R_A) están conectadas en serie entre las líneas de alta tensión 11 y 13 y el generador de rayos X 1. En el generador de rayos X están dispuestas además, de la manera usual, resistencias de atenuación 9 (R_D), dimensionadas con la magnitud usual de varios kilohmios. Las resistencias de cierre 39 (R_A) están dispuestas por lo tanto adicionalmente a las resistencias de atenuación 9 (R_D) dentro del generador de rayos X 1.

Entre las resistencias de cierre 39 (R_A) y las resistencias de atenuación 9 (R_D) del generador de rayos X, están previstas capacidades de alisamiento de alta tensión 41 (C_H), por lo general condensadores cerámicos o laminares que se unen por soldadura. Las capacidades de alisamiento de alta tensión 41 (C_H) están conectadas con el correspondiente punto de unión entre las resistencias de atenuación 9 (R_D) y las resistencias de cierre 39 (R_A), así como con la correspondiente puesta a tierra 23. Por lo tanto las mismas están conectadas en paralelo a las resistencias de atenuación 9 (R_D) y en paralelo a las resistencias de cierre 39 (R_A).

Las líneas de alta tensión 11 y 13 se cierran en esta variante del circuito con la conexión serie de las correspondientes resistencias de cierre de 39 (R_A) y la correspondiente capacidad de alisamiento de alta tensión 41 (C_H). Para que aproximadamente sólo contribuya la resistencia óhmica de las resistencias de cierre 39 (R_A) a la impedancia de línea, deben elegirse las capacidades de

alisamiento de alta tensión $41 (C_H)$ suficientemente altas como para actuar con bajo ohmiaje con respecto a los fenómenos de compensación en las líneas de alta tensión 11 y 13. Con el valor de unos 50 nanofaradios necesario para este fin, es de interés esta variante del circuito en particular en equipos de rayos X en cuyo circuito de alta tensión está prevista de antemano una gran capacidad de alisamiento de alta tensión.

La figura 9 muestra una simulación de la evolución de la tensión en el cátodo de un circuito de alta tensión tradicional de un equipo de rayos X, tal como el que se representa en la figura 1. En la figura 9 se representa la alta tensión catódica a lo largo del tiempo, partiéndose de una alta tensión típica de los rayos X de 100 kV. A 50 nanosegundos se simula un cortocircuito en el tubo de rayos X, que puede observarse claramente en la caída brusca de la tensión catódica. El cortocircuito se impone bruscamente y finaliza igualmente de manera brusca a 300 ns. Se representan dos evoluciones de la tensión, de las cuales una se ha tomado al principio de la línea de alta tensión 13 y la otra al final de la línea de alta tensión 13. Pueden observarse claramente fuertes señales parásitas que continúan hacia el final del cortocircuito a lo largo de más tiempo y con claras puntas de sobretensiones. Durante la presencia de estas perturbaciones no sería posible un funcionamiento adecuado del tubo de rayos X y también podrían presentarse defectos en los componentes.

La figura 10 muestra la misma simulación tomando como base un circuito según la invención tal como el que se representa en la figura 6. Se representa de nuevo la tensión catódica a lo largo del tiempo. Ambas evoluciones de la tensión representan de nuevo la tensión al principio y al final respectivamente de la línea de alta tensión 13. A 50 ns se establece bruscamente un cortocircuito en el tubo de rayos X, que finaliza igualmente de manera brusca

tras 300 ns. Tras finalizar el cortocircuito desaparecen por completo las sobretensiones y las señales parásitas. En lugar de ello, aumenta la tensión catódica, atenuada por la resistencia de cierre y las inductancias de filtrado, una y otra vez. Tras unos 7 microsegundos, un espacio de tiempo que no se ha representado en la figura 10, alcanza el cátodo de nuevo la tensión de servicio.

Mediante la introducción de resistencias de cierre e inductancias de filtrado conectadas en paralelo a las mismas, es posible por lo tanto proteger en muy amplia medida el equipo de rayos X frente a perturbaciones y daños debidos a las consecuencias de un cortocircuito en el tubo de rayos X. Debe solamente aceptarse un corto tiempo hasta que tras finalizar un cortocircuito en el tubo de rayos X se alcanza de nuevo la tensión de rayos X, con lo que puede proseguirse con el servicio del equipo de rayos X.

20

25

30

35

REIVINDICACIONES

1. Sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) para un equipo de rayos X con un tubo de rayos X (15) y un generador de rayos X (1) para generar la alta tensión necesaria para el funcionamiento del tubo de rayos X (15), presentando el sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) una línea (11, 13) eléctricamente conductora para conectar el generador de rayos X (1) con el tubo de rayos X (15), presentando la línea (11, 13) un extremo por el que puede conectarse con el generador de rayos X (1) y otro extremo por el que puede conectarse con el tubo de rayos X (15), estando unido al menos un extremo de la línea (11, 13) con una resistencia eléctrica de cierre (39), que está dispuesta entre la línea (11, 13) y el generador de rayos X (1) o entre la línea (11, 13) y el tubo de rayos X (15), pudiendo conectarse mediante el sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) un cátodo (19) del tubo de rayos X (15) con un transformador (21) para generar una corriente de caldeo para el cátodo (19), **caracterizado porque** en cada línea eléctrica para conectar el transformador para la corriente de caldeo (21) y el cátodo (19) está dispuesta una inductividad de filtrado (40), en particular del orden de magnitud de 50 μH , en conexión serie, porque con el extremo de la línea (13) que puede unirse con el cátodo (19) está unida una resistencia de cierre (39) en conexión serie para la unión del generador de rayos X (1) y el cátodo (15), porque con esta línea (13) puede conectarse también el transformador para la corriente de caldeo (21) y porque cada una de las citadas inductividades de filtrado (40) está dispuesta en paralelo a la resistencia de cierre (39).

2. Sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) según la reivindicación 1,
caracterizado porque la resistencia de cierre (39) y/o las resistencias de cierre (39) pueden disponerse en
5 conexión serie entre la línea (11, 13) y el generador de rayos X (1) o el tubo de rayos X (15).
3. Sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la impedancia de la resistencia de
10 cierre (39) y/o de las resistencias de cierre (39) son de igual magnitud o al menos el doble de la impedancia de línea correspondiente a la línea unida con la misma (11, 13).
4. Sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23)
15 según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque en cada caso está unida exactamente una resistencia de cierre (39) con una línea (11) para la conexión del generador de rayos X (1) y un ánodo (17) del tubo de rayos X (1) y con una línea (13) para la
20 conexión del generador de rayos X.
5. Sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque las citadas inductividades de filtrado (40) están realizadas como reactancia
25 compensada en corriente.
6. Sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque una resistencia de cierre (39) está unida por el extremo de una línea (11, 13) que puede
30 unirse con el generador de rayos X (1) para conectar el generador de rayos X (1) y el tubo de rayos X (15) y porque con la unión entre el generador de rayos X (1) y la resistencia de cierre (39) puede conectarse una capacidad de alisamiento de alta tensión (41) en serie

con la puesta a tierra (23), en particular del orden de magnitud de 50 nF.

7. Sistema de alimentación de alta tensión (11, 13, 23) según la reivindicación 1, 2, 3, 4, 5, 6 ó 7,

5 **caracterizado porque** las resistencias de cierre (39) están conectadas en cada caso con los extremos de las líneas (11, 13) que pueden conectarse con el tubo de rayos X (1) para unir el generador de rayos X (1) y el tubo de rayos X (15).

FIG 1

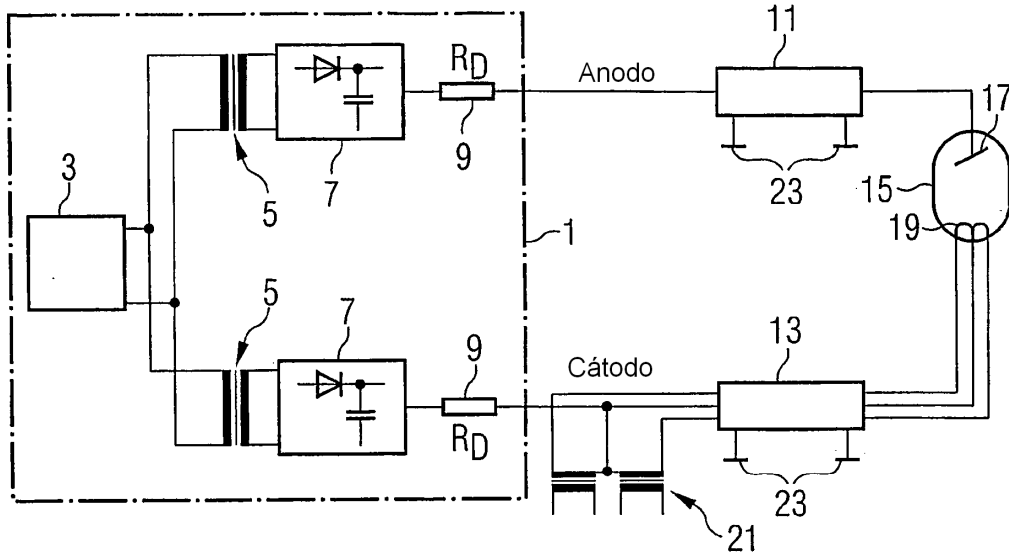


FIG 2

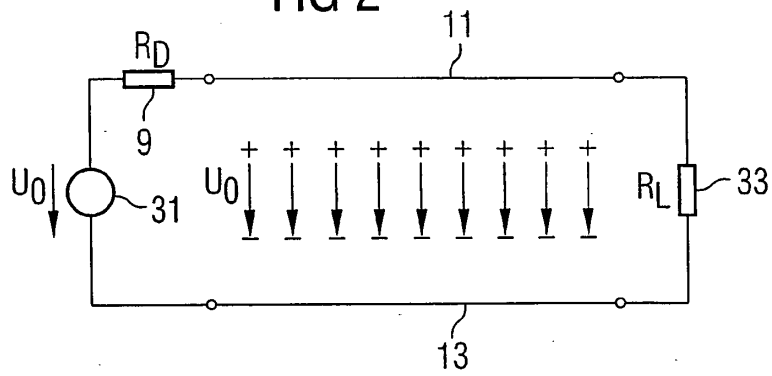


FIG 3

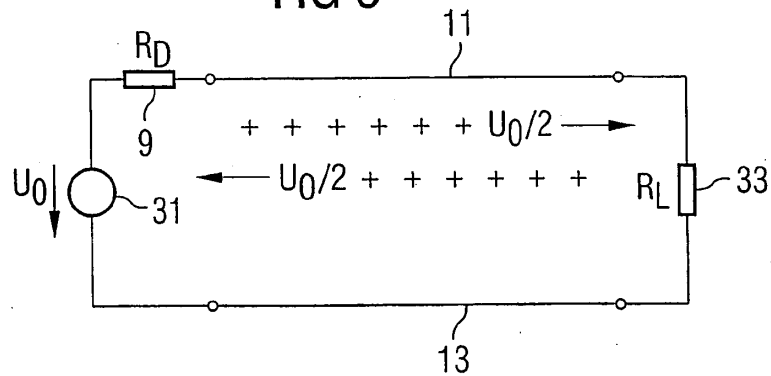


FIG 4

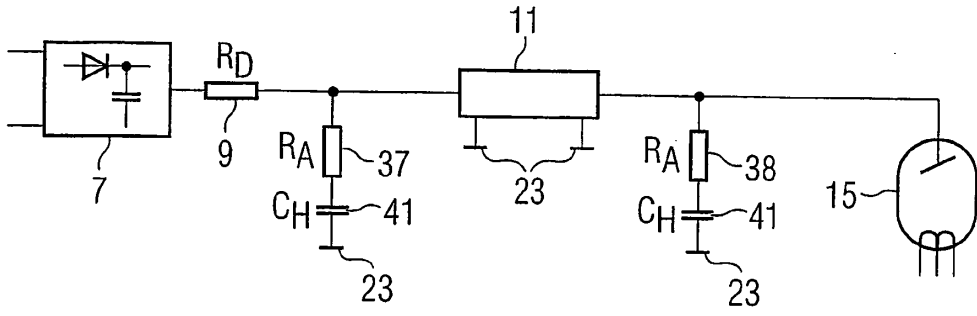


FIG 5

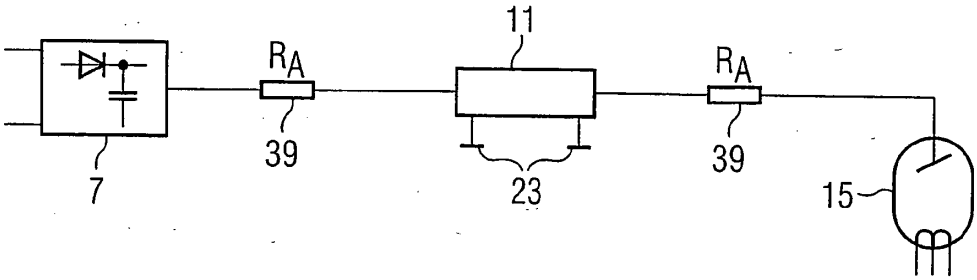


FIG 6

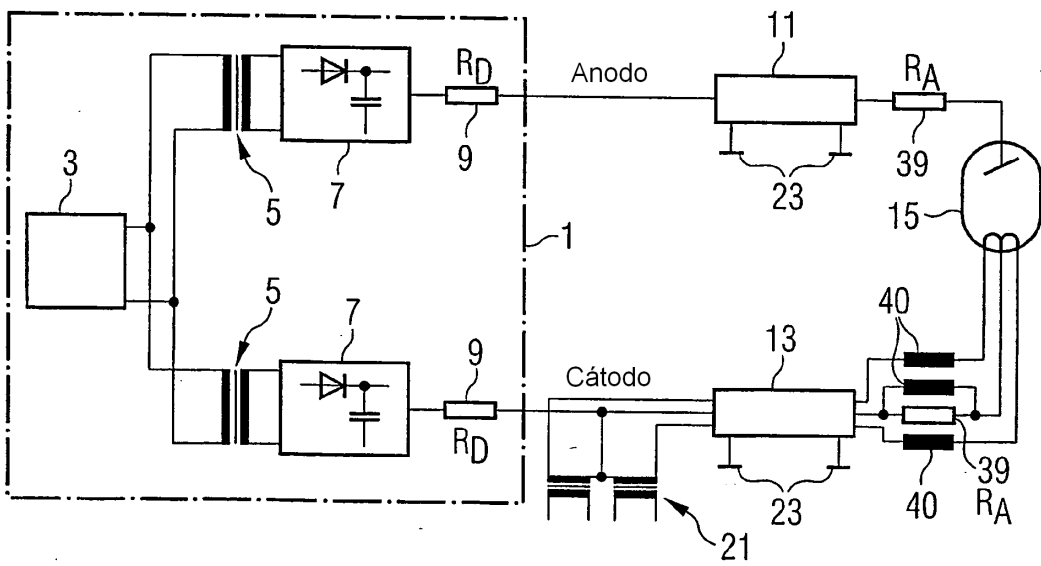


FIG 7

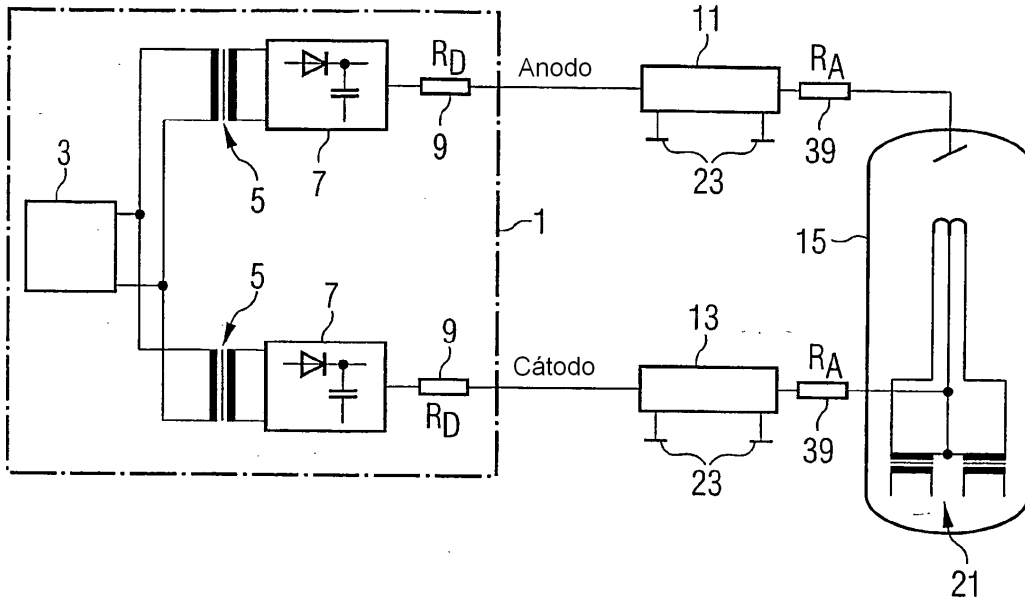


FIG 8

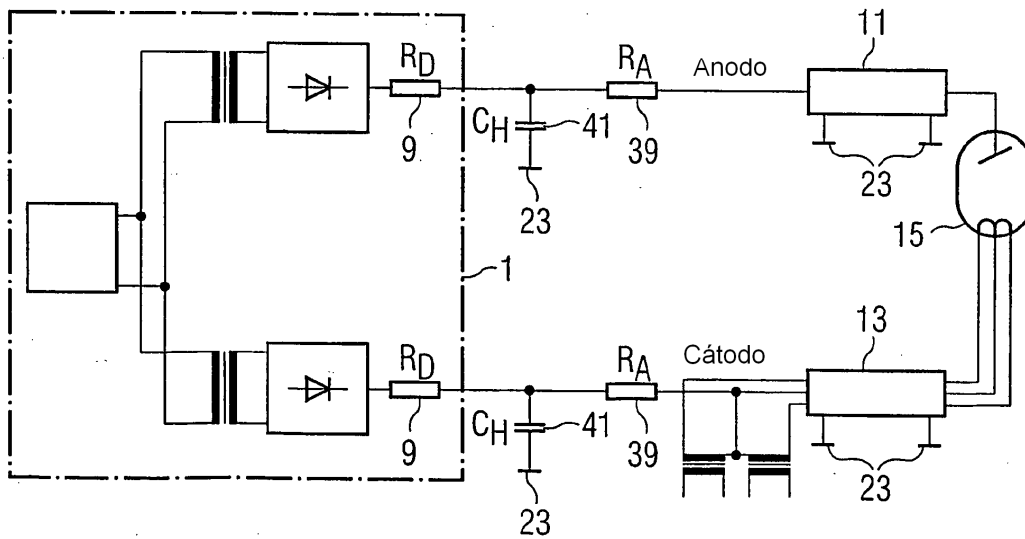


FIG 9

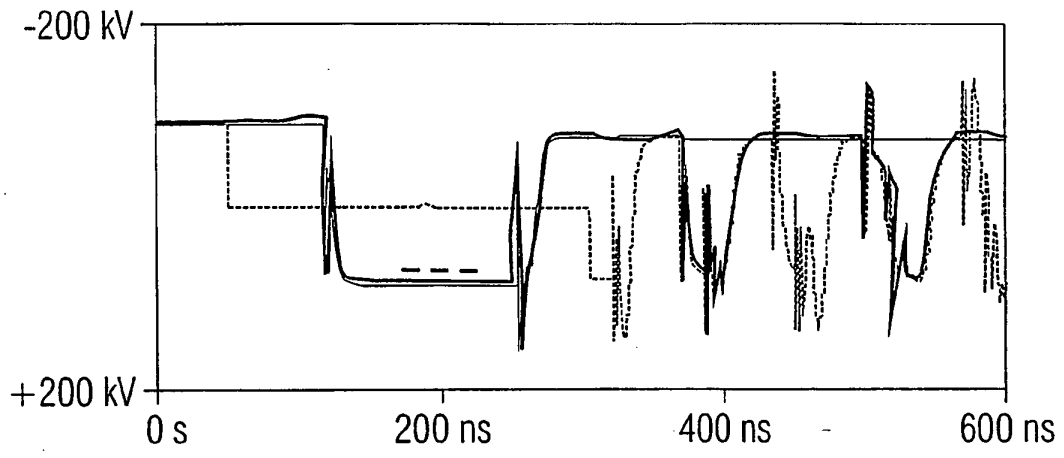


FIG 10

