

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 433**

51 Int. Cl.:

H01F 29/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.12.2009 PCT/EP2009/067207**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.07.2010 WO10072623**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2009 E 09797014 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **11.04.2018 EP 2361435**

54 Título: **Transformador para la transformación entre media y baja tensión con cambio de tomas y procedimiento para su funcionamiento**

30 Prioridad:

22.12.2008 DE 102008064487

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

01.08.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**GRIEPENTROG, GERD y
MAIER, REINHARD**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

DESCRIPCIÓN

Transformador para la transformación entre media y baja tensión con cambio de tomas y procedimiento para su funcionamiento.

La invención se refiere a un transformador para la transformación entre media y baja tensión con cambio de tomas.

5 El documento DE 10 102 310 C1 desvela una transformación conforme al preámbulo de la reivindicación 1.

10 Las redes de distribución de energía están sometidas a fluctuaciones de tensión, en especial a causa de las impedancias de los componentes de red y de las cargas variables. Es necesario procurar que las fluctuaciones se mantengan lo más reducidas posibles. Para esto en los transformadores entre alta y media tensión se utilizan cambios de tomas. El cambio de tomas compensa las fluctuaciones de tensión que se producen en el caso de variaciones de carga al modificar la relación de multiplicación. Con este fin al menos uno de los devanados del transformador está dotado de una serie de derivaciones, que se enlazan eléctricamente mediante un mecanismo de selector. Asimismo está previsto un conmutador de carga, que lleva a cabo la conmutación entre dos posiciones de selector sin interrupciones, incluso bajo una carga. Se evita un cortocircuito en el devanado al forzarse el flujo de corriente durante un breve espacio de tiempo a través de resistencias.

15 Es posible que en el futuro el suministro de energía se realice de forma descentralizada en comparación con la situación actual. Esto quiere decir que la generación de energía tiene lugar más cerca del consumidor que hoy en día en un mayor número de instalaciones más pequeñas en cada caso. Estas instalaciones son por ejemplo instalaciones fotovoltaicas, centrales eólicas y plantas de biomasa o también centrales térmicas de ciclo combinado más pequeñas. Las centrales más pequeñas son al menos en principio muy ventajosas a causa del acoplamiento energía-calor que puede aplicarse antes. Si la corriente generada no puede extraerse directamente, se requiere una alimentación desde la red de baja tensión a la red de media tensión, para hacer posible una transferencia con pocas pérdidas a través de tramos largos. Para esto es necesario disponer en el transformador de distribución una relación de multiplicación variable.

20 La tarea de la presente invención consiste en indicar un transformador para la transformación entre media y baja tensión con cambio de tomas, que tenga una estructura especialmente sencilla. Otra tarea de la invención consiste en indicar un procedimiento operativo para un transformador de este tipo.

Esta tarea es resuelta mediante un transformador con las particularidades de la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas se indican unas configuraciones y unos perfeccionamientos ventajosos. La tarea es también resuelta mediante un procedimiento con las particularidades de la reivindicación 7.

30 El transformador conforme a la invención presenta un cambio de tomas. Con ello uno de los devanados del transformador, de forma preferida el devanado secundario en el lado de baja tensión presenta dos derivaciones terminales y al menos dos derivaciones centrales. Asimismo está prevista al menos una instalación de conmutación para la conexión eléctrica conmutable de al menos una de las derivaciones a una línea de salida del transformador. Por último está previsto al menos un dispositivo conmutador semiconductor, que está conectado eléctricamente a la línea de salida y directamente a una de las derivaciones terminales.

35 De forma preferida una de las derivaciones terminales está conectada directamente a una primera línea de salida del transformador y no se modifica ulteriormente para el cambio de tomas o se utiliza de forma especial. La segunda derivación terminal en el otro extremo del devanado, por el contrario, se utiliza junto con la o las derivaciones adicionales para el cambio de tomas y las derivaciones están conectadas para esto, de una forma más compleja, a la segunda línea de salida del transformador.

40 La instalación de conmutación comprende conforme a la invención unos conmutadores mecánicos, que presentan ventajosamente una resistencia de paso especialmente reducida, y hace posible de forma especialmente preferida una conexión y desconexión independiente de derivaciones aisladas.

45 Con ello la instalación de conmutación, convenientemente de forma alternativa, conecta algunas de las derivaciones a la segunda línea de salida del transformador.

El transformador conforme a la invención presenta ventajosamente una estructura sencilla y con poco mantenimiento, a causa del conmutador semiconductor, y hace posible un cambio de tomas sin interrupción de carga en el margen de media a baja tensión.

50 El cambio de tomas contiene convenientemente, aunque no necesariamente, una instalación de control que lleva a cabo autónomamente un control de la conmutación de carga. Para esto la instalación de control presenta convenientemente unos medios, que hacen posible un reconocimiento de cuándo debería tener lugar una

conmutación. Con ello puede tratarse por ejemplo de unos medios para determinar tensión y/o corriente en el lado de entrada o de salida. Mediante estos se establece si es necesaria una conmutación al detectarse por ejemplo, en el caso de una carga en el lado de salida aumentada, la lenta disminución correspondiente de la tensión de salida. Alternativamente el control de la conmutación de carga puede llevarse a cabo también desde fuera del cambio de tomas. En este caso el cambio de tomas presenta convenientemente unos medios, que hacen posible un control desde el exterior. Con ello puede tratarse de un control remoto indirecto, por ejemplo digital, que se transforma en el cambio de tomas mediante una instalación de control en la activación real del conmutador. También puede tratarse de un control directo, analógico desde el exterior, que puede realizarse dado el caso incluso sin una instalación de control interna, por ejemplo mediante el envío directo desde el exterior de una corriente a un actuador del elemento de conmutación.

Es especialmente ventajoso que la instalación de conmutación esté conectada solamente a las derivaciones adicionales, es decir formulado en negativo, que no esté conectada a las derivaciones terminales. Es entonces conveniente que existan varias derivaciones adicionales, es decir por lo menos dos. También es conveniente entonces que el dispositivo conmutador semiconductor esté conectado a una de las derivaciones terminales. Esta estructura permite un funcionamiento especialmente ventajoso.

En el caso de éste, en cuanto aparece como necesaria una conmutación, se conecta el dispositivo conmutador semiconductor. Esta conexión se realiza de forma preferida en paso por cero de la tensión alterna, en donde se tiene en cuenta convenientemente un retraso de conexión del o de los conmutadores semiconductores del dispositivo conmutador semiconductor, es decir por ejemplo un retraso de encendido de tiristores. Por medio de esto se evita un salto de tensión.

Si está conectado el dispositivo conmutador semiconductor se produce un cortocircuito en el devanado, ya que existe una conexión directa entre una de las derivaciones adicionales a través del elemento de conmutación, el dispositivo conmutador semiconductor, con la derivación terminal. A causa de esto en este circuito de corriente se establecerá una corriente. Para frenar el establecimiento de esta corriente está prevista de forma preferida una inductividad en serie con el dispositivo conmutador semiconductor. Alternativa o adicionalmente puede estar también previsto un elemento resistivo para limitar la corriente.

Mediante la disposición relativa del dispositivo conmutador semiconductor en la derivación terminal y del elemento de conmutación en una de las derivaciones adicionales, la corriente en el circuito de cortocircuito en el devanado está contrapuesta a la corriente de carga. Consiguientemente se alcanza por ello un momento en el que la corriente en el circuito de cortocircuito en el devanado adopta el mismo valor que la corriente de carga y, de este modo, a través del elemento de conmutación ya no fluye ninguna corriente. Expresado de otra manera, la corriente de carga en este momento está conmutada por completo al dispositivo conmutador semiconductor.

Este momento se utiliza para desconectar la conexión mediante el elemento de conmutación. Debido a que en el periodo en el que no fluye corriente o muy poca a través del elemento de conmutación, también cae poca tensión a través del mismo de forma correspondiente, la desconexión sin arco eléctrico es posible y por ello especialmente protectora para el elemento de conmutación. Alternativamente la apertura del elemento de conmutación también puede llevarse a cabo antes del paso por cero, en especial en un momento en el que el dispositivo conmutador semiconductor conduzca ya seguro. En este caso al abrir el elemento de conmutación se producirá un arco eléctrico, que se extingue sin embargo en el curso de la conmutación de corriente muy rápidamente, normalmente en un margen de microsegundos, ya que la corriente sí desaparece a través del elemento de conmutación. Una vez extinguido el arco eléctrico, ya no se produce de nuevo al aumentar la tensión a través del elemento de conmutación.

Es ventajoso que el transformador comprenda unos medios para determinar un valor que represente la tensión a través del elemento de conmutación y/o la corriente a través del elemento de conmutación, ya que después puede determinarse directamente el momento para abrir el elemento de conmutación. Este momento se da en el procedimiento operativo antes descrito, por ejemplo si la corriente es precisamente cero. Otra posibilidad es producir la apertura del elemento de conmutación cuando la corriente o la tensión, en especial los valores máximos de éstas dentro de cada periodo, descienda por debajo de un umbral determinado que sea un poco mayor que cero. Otra alternativa consiste en determinar el momento para la apertura del elemento de conmutación con base en un control de tiempo en función del momento de conexión del dispositivo conmutador semiconductor, por ejemplo 2 ms después de la conexión del dispositivo conmutador semiconductor.

Después de la apertura mediante el elemento de conmutación el dispositivo conmutador semiconductor soporta la corriente de carga y se anula el cortocircuito en el devanado.

A continuación el elemento de conmutación se cierra de nuevo para establecer una conexión a otra de las derivaciones adicionales del devanado. También para esto es ventajoso que se elija un momento apropiado para el cierre de la conexión. Para esto puede elegirse por ejemplo un momento en el que la tensión a través del elemento de conmutación se corresponda exactamente con la tensión a través del dispositivo conmutador semiconductor. Con

ello se parte de que a causa de los conmutadores semiconductores a través del dispositivo conmutador semiconductor cae siempre una tensión reducida. Al cerrar el elemento de conmutación es ventajoso tener en cuenta el tiempo de cierre que necesita el elemento de conmutación para establecer el contacto eléctrico. Un cierre en el momento citado hace posible evitar saltos de tensión. Un método alternativo consiste en producir el cierre del elemento de conmutación si la tensión, a causa de la frecuencia de red, muestra precisamente un paso por cero.

Después de que el elemento de conmutación haya establecido de nuevo una conexión eléctrica, el dispositivo conmutador semiconductor puede desconectarse o bien, según el conmutador semiconductor utilizado, anularse el encendido.

En una configuración de la invención está previsto como conmutador semiconductor un circuito de tiristores. Es ventajoso que éste pueda auto-desconectarse y de este modo haga posible una activación sencilla. El circuito de tiristores se compone de forma preferida de dos elementos tiristores conectados en antiparalelo, en donde cada uno de los elementos tiristores se compone de un tiristor o de un circuito paralelo y/o en serie de tiristores. También pueden utilizarse otros elementos constructivos eléctricos junto con los tiristores.

Alternativamente a los tiristores pueden utilizarse como conmutadores semiconductores también conmutadores semiconductores desconectables, en especial transistores, GTO (Gate Turn-off Thyristor) o IGCT (*Integrated Gate Commutated Transistor*). Por medio de esto se hace posible una desconexión activa de la línea a través del conmutador semiconductor, lo que a su vez acorta la duración del cortocircuito en el devanado a través del elemento de conmutación cerrado y del conmutador semiconductor que conduce.

En una configuración preferida de la invención se han previsto unos medios para determinar la corriente en la región del elemento de conmutación o del conmutador semiconductor.

A continuación mediante el dibujo se explican con más detalle unos ejemplos de ejecución para la invención preferidos, aunque en ningún caso limitadores, Con ello las particularidades se han representado esquematizadas y las particularidades correspondientes se han marcado con los mismos símbolos de referencia. Las figuras muestran con ello en detalle:

la figura 1 un primer transformador con devanado secundario pasante con cambio de tomas,

la figura 2 un diagrama de desarrollo para el cambio de tomas con el primer transformador.

Las figuras hacen referencia a ejemplos de ejecución para transformadores. Estos se ejecutan en una aplicación real de forma conveniente trifásicamente. Para una mejor visión general, sin embargo, las figuras sólo representan una ejecución monofásica. Por el mismo motivo los conmutadores escalonados presentan en los ejemplos de ejecución solamente tres posibilidades de ajuste para la relación de multiplicación, mientras que en realidad los conmutadores escalonados pueden ajustar con frecuencia más de tres relaciones de multiplicación. La invención puede aplicarse también bien con más de tres relaciones de multiplicación. La tensión en el lado de los devanados primarios debe ser por ejemplo de 10 kV, mientras que en el lado del devanado secundario se entrega una tensión de 400 V.

La figura 1 muestra con ello un transformador 1 con un cambio de tomas. El transformador 1 presenta, además de un devanado primario no considerado con más detalle en este ejemplo de ejecución, un devanado secundario pasante. El devanado secundario pasante se compone de unas partes primera a cuarta 17a...d. La primera parte 17a comprende con ello aproximadamente el 70% de la longitud de devanado del devanado secundario, mientras que las partes segunda, tercera y cuarta 17b...d comprenden en cada caso aproximadamente el 10% de la longitud de devanado. La representación en la figura 1 no es con ello exactamente a escala. De los porcentajes relativos en el devanado secundario se obtienen las relaciones de multiplicación ajustables, y está claro que son posibles también unas divisiones completamente diferentes del devanado secundario. Las partes 17a...d se definen mediante unas derivaciones primera, segunda y tercera 2, 3, 4, en donde la primera derivación 2 ocupa aproximadamente el 70% de la longitud de devanado del devanado secundario, la segunda derivación 3 aproximadamente el 80% de la longitud de devanado del devanado secundario y la tercera derivación 4 aproximadamente el 90% del devanado secundario. Al principio del devanado secundario está conectada una primera línea de salida 11 del transformador 1. Una segunda línea de transformador 12 del transformador 1 está conectada de una forma más compleja a las derivaciones 2, 3, 4, para materializar el cambio de tomas.

Para el cambio de tomas está previsto un conmutador mecánico 20, cuya conexión central está conectada conforme a la figura 1 a la segunda línea de salida 12. El conmutador 20 puede establecer una conexión entre su conexión central y una primera, segunda o tercera conexión 13, 14, 15. La primera conexión 13 conecta la derivación 2 y una de las conexiones del conmutador mecánico 20. La segunda conexión 14 conecta la segunda derivación 3 a una conexión adicional del conmutador y la tercera conexión 15 conecta la tercera derivación 4 a una última conexión del conmutador mecánico 20. Con ello el conmutador 20 está configurado convenientemente de tal modo, que la anulación y el establecimiento de la conexión entre las conexiones pueden realizarse con independencia la una del

otro, con lo que por lo tanto varios elementos de conmutación mecánicos forman juntos el conmutador 20.

Asimismo entre la derivación terminal 52 del devanado secundario y la segunda línea de salida 12 existe una cuarta conexión 18, que conduce a través de un circuito de tiristores 5, que se compone de dos tiristores conectados en antiparalelo. La estructura formada por dos tiristores es aquí a modo de ejemplo. Según la carga esperada aquí uno de los tiristores puede representar en cada caso un circuito serie y/o un circuito paralelo formado por varios elementos tiristores. También aquí en lugar de los tiristores pueden utilizarse otros elementos como IGBT, GTO, etc. En serie con el circuito de tiristores 5 está prevista una inductividad 53, que se usa para el retraso de la corriente en el caso de un cortocircuito en el devanado.

En cada una de las conexiones 13, 14, 15, 18 así como en la región de la conexión central del conmutador 20 está previsto un punto de medición 7...10. Asimismo se dispone de un control 6. El control 6 puede establecer la tensión en los puntos de medición 7...10 y controlar, con base en los valores establecidos, el circuito de tiristores 5 y el conmutador 20.

El desarrollo de una conmutación de carga a modo de ejemplo con la estructura conforme a la figura 1 se explica a continuación con base en la figura 2. En un primer paso 21 se parte de que el conmutador mecánico 20 establece una conexión eléctrica entre la segunda línea de salida 12 y la primera conexión 13. Un primer recorrido de corriente 26 conduce por lo tanto desde la primera línea de salida 11, a través de la primera parte 17a del devanado secundario y la primera conexión 13, hasta la segunda línea de salida 12. Con ello se utiliza por lo tanto aproximadamente el 70% del devanado secundario. Los tiristores no están encendidos.

En un segundo paso 22 se lleva a cabo una conmutación. Con ello el conmutador mecánico 20 conmuta entre sus conexiones de tal modo, que en lugar de la primera derivación 2 se conecta la segunda derivación 3 a la segunda línea de salida 12. Durante la conmutación el circuito de tiristores 5 asume la corriente. Esto pasa sin interrupciones, en donde la conmutación exacta se representa a modo de ejemplo más adelante. El segundo recorrido de corriente 27 conduce por lo tanto durante la conmutación desde la primera línea de salida 11, a través de todas las partes 17a...d del devanado secundario. Además de esto conduce, a través de la cuarta conexión 18 y de este modo del circuito de tiristores 5, hasta la segunda línea de salida 12. Con ello se utiliza el devanado secundario completo. En cuanto se ha conmutado el conmutador mecánico 20, finaliza el encendido del circuito de tiristores 5.

Después de la conmutación se obtiene el estado que se utiliza en el tercer paso 23. Aquí se utiliza aproximadamente el 80% del devanado secundario y el tercer recorrido de corriente 28 conduce desde la primera línea de salida 11, a través de las partes primera y segunda 17a, b del devanado secundario y la segunda conexión 14, hasta la segunda línea de salida 12.

En un cuarto paso 24 se lleva de nuevo a cabo una conmutación. Con ello el conmutador mecánico 20 conmuta entre sus conexiones de tal modo, que en lugar de la segunda derivación 3 se conecta la tercera derivación 4 a la segunda línea de salida 12. Durante la conmutación el circuito de tiristores 5 asume a su vez la corriente. El cuarto recorrido de corriente 29 conduce por lo tanto durante la conmutación desde la primera línea de salida 11, a través del devanado secundario completo. Además de esto conduce a través de la cuarta conexión 18 y de este modo del circuito de tiristores 5, hasta la segunda línea de salida 12. En cuanto el conmutador mecánico 20 ha conmutado, finaliza el encendido del circuito de tiristores 5.

Después de la conmutación se obtiene el estado que se utiliza en el quinto paso 25. Aquí se utiliza el 90% del devanado secundario y el recorrido de corriente conduce desde la primera línea de salida 11, a través de las partes primera, segunda y tercera 17a...c del devanado secundario y la tercera conexión 15, hasta la segunda línea de salida 12.

Conmutaciones adicionales se llevan a cabo de forma análoga. Con ello el conmutador mecánico 20 no tiene que conmutar entre tomas 2, 3, 4 situadas de forma adyacente, sino que la conmutación puede realizarse entre cualquiera de las derivaciones, es decir, por ejemplo directamente entre la primera derivación 2 y la tercera derivación 4 o a la inversa.

El procedimiento con el que se lleva a cabo una conmutación se quiere explicar a continuación con base en un ejemplo. Se parte de que el control 6 determina que parece necesaria una conmutación entre dos de las derivaciones. Después de esto el control es responsable de un encendido de los tiristores en el circuito de tiristores 5. El momento del encendido se elige con ello de tal modo, que no se produce ningún salto de tensión. Para esto se utiliza idealmente un momento que está situado dentro de un margen de tiempo antes de un paso por cero de la tensión de red, en donde el margen de tiempo se corresponde con el retraso de encendido de los tiristores. Por medio de esto se consigue que los tiristores en el paso a cero de la tensión puedan asumir en principio la corriente de carga.

Si los tiristores están conduciendo, mediante la conexión a través del conmutador 20 y los tiristores se produce un

cortocircuito en el devanado, en el que está contenida una parte del devanado secundario. En este circuito de cortocircuito puede fluir una corriente muy elevada. La velocidad operativa se limita en este ejemplo de ejecución mediante la inductividad 53.

5 Mediante la disposición relativa de los tiristores en la derivación terminal 52 y del conmutador 20 en una de las otras derivaciones 2, 3, 4 la corriente en el circuito de cortocircuito en el devanado está contrapuesta a la corriente de carga. En consecuencia se alcanza por ello un momento, en el que la corriente en el circuito de cortocircuito en el devanado asume el mismo valor que la corriente de carga y, de este modo, a través del conmutador 20 ya no fluye corriente.

10 Este momento se utiliza para desconectar la conexión a través del conmutador. La apertura del conmutador se lleva a cabo con ello de forma preferida poco antes del esperado paso por cero, en especial en un momento en el que los tiristores ya conducen con seguridad. En este caso, al abrir el elemento de conmutación se producirá un arco eléctrico, que sin embargo se extingue en el curso de la conmutación de corriente muy rápidamente, normalmente en un margen de microsegundos, ya que la corriente a través del elemento de conmutador sí desaparece. Una vez
15 extinguido el arco eléctrico, ya no se produce de nuevo al aumentar la tensión a través del elemento de conmutación. Para una conmutación suave es conveniente que el conmutador 20 se active para la apertura de la conexión, de tal modo que sólo se abra si los tiristores ya están conduciendo.

20 En consecuencia los tiristores transportan la corriente de carga y, mediante la apertura del conmutador 20, se anula el cortocircuito en el devanado. Un cierre de la nueva conexión del conmutador 20 tiene lugar de forma preferida en un paso por cero natural de la tensión de red, para alcanzar a su vez una transición suave de la línea. Debido a que después del cierre del conmutador 20 existe de nuevo un cortocircuito de toma de tierra, es conveniente terminar el encendido de los tiristores a tiempo antes del paso por cero, para impedir una conducción simultánea de los tiristores con el conmutador 20.

REIVINDICACIONES

1. Transformador (1) para la transformación entre media y baja tensión con un cambio de tomas, en donde:
- uno de los devanados (17a,..., 17d) del transformador presenta dos derivaciones terminales (51, 52) y al menos dos derivaciones centrales (2, 3, 4)
- 5
- está prevista al menos una instalación de conmutación (20) para la conexión eléctrica conmutable de una de las derivaciones centrales a una línea de salida (12) del transformador,
 - la instalación de conmutación (20) presenta conmutadores mecánicos (20) y
 - está previsto al menos un dispositivo conmutador semiconductor (5), que está conectado eléctricamente a la línea de salida, **caracterizado por que** el dispositivo conmutador semiconductor está conectado directamente a una de las derivaciones terminales.
- 10
2. Transformador (1) conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que están previstos unos medios para determinar un valor que representa la tensión a través del elemento de conmutación y/o la corriente mediante el elemento de conmutación.
3. Transformador (1) conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que están previstos unos medios para determinar un valor que representa la tensión a través del dispositivo conmutador semiconductor.
- 15
4. Transformador (1) conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo conmutador semiconductor (5) comprende dos elementos semiconductores conectados en antiparalelo, en particular dos tiristores.
5. Transformador (1) conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo conmutador semiconductor (5) presenta unos elementos semiconductores desconectables, en especial transistores, GTO o IGCT.
- 20
6. Transformador (1) conforme a una de las reivindicaciones anteriores, en el que en serie con el dispositivo conmutador semiconductor (5) está prevista una inductividad (53) o una resistencia.
7. Procedimiento para hacer funcionar un transformador (1) para la transformación entre media y baja tensión con cambio de tomas conforme a una de las reivindicaciones anteriores, que presenta un dispositivo conmutador semiconductor para la toma de la corriente temporal durante el proceso de conmutación de una instalación de conmutación, en donde durante un proceso de conmutación de la instalación de conmutación se determina un primer momento, en el que el flujo de corriente a través de la instalación de conmutación es precisamente cero, y en ese momento se abre la instalación de conmutación.
- 25
8. Procedimiento conforme a la reivindicación 7, en el que el dispositivo conmutador semiconductor se conecta poco antes de un paso por cero.
- 30
9. Procedimiento conforme a la reivindicación 7 u 8, en el que después de la apertura de la instalación de conmutación se determina un segundo momento, en el que la tensión entre la derivación meta de la instalación de conmutación y la línea de salida del transformador se corresponde con la tensión a través del dispositivo conmutador semiconductor, y en ese momento se cierra la instalación de conmutación.
- 35
10. Procedimiento conforme a la reivindicación 9, en el que se tiene en cuenta una duración de cierre del elemento de conmutación a la hora de determinar el segundo momento.

FIG 2

