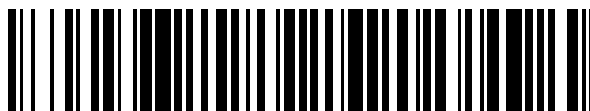


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 002**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 1/32 (2007.01)

H02H 7/122 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2011** **E 11161409 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019** **EP 2398138**

54 Título: **Procedimiento para bloquear un convertidor multimodular**

30 Prioridad:

15.06.2010 DE 102010030078

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

24.03.2020

73 Titular/es:

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Siemens Aktiengesellschaft
80333 München, DE

72 Inventor/es:

HILLER, MARC;
KRUG, DIETMAR y
SOMMER, RAINER

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 750 002 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 para bloquear un convertidor multimodular

5 La presente invención hace referencia a un procedimiento para bloquear un convertidor, con acumuladores de energía eléctrica distribuidos, con al menos dos módulos de fase que respectivamente presentan un ramal de válvula superior e inferior, los cuales respectivamente presentan una pluralidad de submódulos de dos polos conectados eléctricamente en serie, los cuales respectivamente presentan un condensador acumulador unipolar, al cual se encuentra conectado paralelamente de forma eléctrica un circuito en serie de dos interruptores semiconductores de polarización inversa, respectivamente con un diodo conectado de forma antiparalela.

10 Un convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos se conoce por la solicitud DE 101 03 031 A1 y está representado esquemáticamente en la figura 1. Según esta representación, el convertidor 2 presenta tres módulos de fase 4₁, 4₂ y 4₃ que respectivamente presentan un ramal de válvula superior e inferior P1 y N1, así como de P2 y N2, así como de P3 y N3. Esos dos ramales de válvula P1, N1, así como de P2, N2, así como de P3, N3 de cada módulo de fase 4₁, 4₂, así como de 4₃, están interconectas formando un ramal de puente. Un punto de unión de un ramal de válvula superior e inferior P1 y N1, así como de P2 y N2, así como de P3 y N3, está realizado como
15 conexión del lado de tensión alterna L1, L2, así como de L3, del módulo de fase 4₁, 4₂, así como de 4₃. A esas conexiones del lado de tensión alterna L1, L2, así como de L3, está conectado un motor trifásico 6, así como una red de suministro. Los módulos de fase 4₁, 4₂ y 4₃ están conectados eléctricamente de forma paralela unos con respecto a otros, y están conectados con un dispositivo de alimentación de tensión continua, no representado en detalle, el cual está conectado a las conexiones de tensión continua P₀ y N₀ del convertidor 2, con acumuladores de
20 energía eléctrica C_{SM} distribuidos. Entre esas conexiones de tensión continua P₀ y N₀ se aplica una tensión continua U_{dc} generada.

En esa representación del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos puede observarse igualmente que cada ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3 presenta una pluralidad de submódulos de dos polos SM1, SM2, ..., SMn conectados en serie de forma eléctrica. Cada submódulo SM1, SM2, ..., SMn de dos polos,
25 según la representación del submódulo SM 1, presenta un condensador acumulador unipolar C_{SM}, dos interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa, y dos diodos D1 y D2. Los dos interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa están conectados eléctricamente en serie, y ese circuito en serie se conecta paralelamente de forma eléctrica con respecto al condensador acumulador unipolar C_{SM}. De manera antiparalela con respecto a los interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa, se encuentra conectado respectivamente un diodo D1, así como de D2. Esos diodos D1 y D2 forman de este modo respectivamente un diodo libre 21. Un punto de conexión de los dos interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa está
30 realizado como conexión de módulo X2. La conexión negativa del condensador acumulador unipolar C_{SM} forma una segunda conexión de módulo X1. Cuando el condensador acumulador unipolar C_{SM} está cargado, en el mismo se reduce una tensión del condensador U_{SM}.

35 Esas tensiones del condensador U_{SM1}, U_{SM2}, ..., U_{SMn} de los subsistemas de dos polos SM1, SM2, ..., SMn de cada ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3 se suman formando una tensión de la válvula U_{ZP1}, U_{ZN1}, U_{ZP2}, U_{ZN2}, U_{ZP3} y U_{ZN3}. La adición de respectivamente dos tensiones de válvula U_{ZP1}, U_{ZN1}, así como de U_{ZP2} y U_{ZN2}, así como de U_{ZP3} y U_{ZN3} de cada módulo de fase 4₁, 4₂, así como de 4₃, da como resultado la tensión continua U_{dc} que se encuentra presente entre las conexiones de tensión continua P₀ y N₀.

40 Mediante la conformación de dicho subsistema de dos polos SM del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, cada submódulo SM puede controlarse respectivamente en tres estados de conmutación, a saber, en los estados de conmutación I, II y III. En el estado de conmutación I, el interruptor semiconductor S1 de polarización inversa se encuentra en el estado ENCENDIDO y el interruptor semiconductor S2 de polarización inversa se encuentra en el estado APAGADO. Debido a esto, en las conexiones de módulo X2 y X1 del submódulo
45 SM, como tensión en bornes U_{X2X1}, se encuentra presente la tensión del condensador U_{SM}, independientemente de la dirección de la corriente de ramal i_Z circulante. En el estado de conmutación II, el interruptor semiconductor S1 de polarización inversa se encuentra en el estado APAGADO, y el interruptor semiconductor S2 de polarización inversa se encuentra en el estado ENCENDIDO, debido a lo cual en las conexiones de módulo X2 y X1 del submódulo SM se encuentra presente una tensión en bornes U_{X2X1} con la amplitud cero, igualmente de modo independiente de la
50 dirección de una corriente de ramal i_Z circulante. En el estado de conmutación III, los dos interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa se encuentran en el estado APAGADO. La amplitud de la tensión en bornes U_{X2X1} de cada submódulo SM se encuentra en el estado de conmutación III, en función de la dirección de una corriente de ramal i_Z circulante. Si la corriente de ramal es mayor que cero, entonces la amplitud de la tensión en bornes U_{X2X1} del submódulo SM corresponde a la amplitud de la tensión de condensador U_{SM} de ese submódulo SM.
55 En cambio, si la corriente de ramal es inferior a cero, entonces la amplitud de la tensión en bornes es igual a cero. Si no circula una corriente de ramal i_Z y la distribución de la tensión sobre los interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa, del submódulo SM, es simétrica, la amplitud de la tensión en bornes U_{X2X1} corresponde a la mitad de la amplitud de la tensión de condensador U_{SM} del submódulo SM.

Según la solicitud DE 101 03 031 A1, solamente los estados de conmutación I y II de los submódulos M del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos se utilizan en el funcionamiento regular de ese convertidor 2. El estado de conmutación III se utiliza solamente en el caso de fallas, como por ejemplo un cortocircuito en sus conexiones de tensión continua P_0 y N_0 , para el funcionamiento en vacío planificado (interrupción del funcionamiento del convertidor) y para tiempos de latencia de conmutación cortos que pueden no considerarse, de los interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa, de un submódulo SM, en el caso de un cambio de estado de conmutación.

En general es conocido el hecho de que un así llamado bloqueo de pulsos se activa para, en el caso de estados de funcionamiento críticos, como por ejemplo sobreintensidades, sobretensiones, una falla de un sistema de activación, una falla de un sistema de regulación, la pérdida de una comunicación entre la válvula del convertidor y el modulador, de esa manera desconectar el convertidor de manera que el mismo, después de esa activación del bloqueo de pulsos, se encuentre en un estado seguro. Según la solicitud DE 10 2004 043 877 A1, ese bloqueo de pulsos se realiza de manera que se bloquean todas las válvulas del convertidor, del convertidor auto-conmutado (convertidor rectificador). Preferentemente, esto tiene lugar mediante la interrupción de la tensión de suministro derivada de una tensión externa, para los optoacopladores de los circuitos de activación asociados.

Si en el caso de un convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos se activa un bloqueo de pulsos, entonces todas las señales de activación de los interruptores semiconductores S1 y S2 de polarización inversa, de todos los submódulos SM1, SM2, ..., SMn de todos los ramales de válvulas P1, N1, P2, N2, P3 y N3 de los módulos de fase 4₁, 4₂ y 4₃ del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, según la figura 1, se bloquean al mismo tiempo.

En la figura 2a, del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos según la figura 1, con el fin de una mayor claridad, se representa en detalle solamente el módulo de fase 4₁. Los submódulos SM1, ..., SM4 del ramal de válvula superior e inferior P1 y N1 de ese módulo de fase 4₁ muestran una distribución del estado de conmutación durante un funcionamiento normal de ese convertidor 2. De los cuatro submódulos SM1, ..., SM4 del ramal de válvula superior P1, los submódulos SM2 a SM4 se encuentran en el estado de conmutación I y el submódulo SM1 se encuentra en el estado de conmutación II. De los submódulos SM1, ..., SM4 del ramal de válvula inferior N1, los submódulos SM1 a SM3 se encuentran en el estado de conmutación II y el submódulo SM4 se encuentra en el estado de conmutación I. De este modo, para la tensión continua U_{dc} que se encuentra presente en las conexiones de tensión continua P_0 y P_0 del convertidor 2, conforme a la amplitud, es válido $U_{dc} = 4 \cdot U_{SM}$. Para la tensión u_{zP} del ramal de válvula superior P1, con respecto a un punto central virtual, es válido $u_{zP} = 3 \cdot U_{SM}$, mientras que para la tensión u_{zN} del ramal de válvula inferior N1 aplica $u_{zN} = 1 \cdot U_{SM}$.

Después de que ha sido activado un bloqueo de pulsos, todos los submódulos SM1 a SM4 del ramal de válvula superior e inferior P1 y N1, pasan al estado de conmutación III. El módulo de fase 4₁ con submódulos SM1 a SM4 en el estado de conmutación III, se representa en la figura 2b. La aplicación del bloqueo de pulsos, por una parte, puede iniciarse por una falla que se produce (por ejemplo sobreintensidades de corriente), desde un dispositivo de control y de regulación del convertidor 2, no representado en detalle y, por otra parte, de forma autónoma, también desde los submódulos SM1 a SM4 (falla o interrupción de la comunicación, sobreintensidad de corriente). Puesto que el momento de la aplicación de un bloqueo de pulsos no puede predecirse, las tensiones u_{zP} y u_{zN} , así como sus variaciones du_{zP}/dt y du_{zN}/dt mediante los ramales de válvula P1 y N1 de un módulo de fase 4₁, se determinan solamente mediante la dirección de la corriente de ramal i_{zP1} y i_{zN1} correspondiente al aplicarse el bloqueo de pulsos.

Suponiendo que la suma de las dos tensiones de ramal u_{zP} y u_{zN} de una fase 4₁, así como de 4₂, así como de 4₃, en el funcionamiento normal, corresponden en promedio a la tensión continua U_{dc} , después de la aplicación de un bloqueo de pulsos resultan las tensiones, así como variaciones de tensión, que se indican en la siguiente tabla.

Dirección de las corrientes de ramal i_{zP}/i_{zN}	pos / pos	pos / neg	neg / pos	neg / neg
u_{zP}	U_{dc}	U_{dc}	0	0
u_{zN}	U_{dc}	0	U_{dc}	0
$u_{zP} + u_{zN}$	$2 U_{dc}$	U_{dc}	U_{dc}	0
$\Delta(u_{zP} + u_{zN})^*$	$+ U_{dc}$	0	0	$- U_{dc}$
* Suposición: suma media de las tensiones de ramal antes del bloqueo de pulsos ($u_{zP} + u_{zN}$) = U_{dc}				

Se supone además que las tensiones de condensador U_{SM} de cada submódulo SM presentan en promedio un valor de $U_{SM} = U_{dc} / n_{sub}$, donde n_{sub} representa la cantidad de los submódulos SM1, ..., SMn conectados en serie por ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3 del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos.

En esta tabla puede observarse que, con respecto a la variación de tensión en los ramales de una fase, los dos peores casos se presentan durante la aplicación de un bloqueo de pulsos. La variación de tensión máxima de la suma de las tensiones de ramal u_{ZP} y u_{ZN} de un módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃ asciende a $6 \pm U_{dc}$, y se presenta cuando ambas corrientes de ramal i_{ZP} e i_{ZN} de un módulo de fase 4 presentan los mismos signos. El estado mencionado se mantiene hasta que una de las corrientes de ramal se conmuta a cero.

Mediante la conexión del estado de conmutación III, en los submódulos SM2, SM3, SM4 del ramal de válvula superior P1 y en el submódulo SM4 del ramal de válvula inferior N1 del módulo de fase 4₁ se producen conmutaciones desde el interruptor semiconductor S1 de polarización inversa a un diodo D2 de los submódulos mencionados, cuando antes de la aplicación del bloqueo de pulsos la suma de las tensiones de ramal u_{ZP} y u_{ZN} de un módulo de fase 4₁, en promedio es igual a la tensión continua U_{dc} entre las conexiones de tensión continua P₀ y N₀, y las corrientes de ramal i_{ZP} y i_{ZN} tienen un signo negativo. En el submódulo SM1 del ramal de válvula superior P1 y en los submódulos SM1, SM2, SM3 del ramal de válvula inferior N1 del módulo de fase 4₁, al conectarse el estado de conmutación III no se producen conmutaciones cuando antes de la aplicación del bloqueo de pulsos la suma de las tensiones de ramal u_{ZP} y u_{ZN} de un módulo de fase 4₁, en promedio, es igual a la tensión continua U_{dc} y las corrientes de ramal i_{ZP} y i_{ZN} tienen un signo negativo, puesto que antes de la conexión del estado de conmutación III, el diodo D2 ha conducido la corriente de ramal correspondiente.

En cambio, mediante la conexión del estado de conmutación II, en los submódulos SM1 del ramal de válvula superior P1 y en los submódulos SM1, SM2, SM3 del ramal de válvula inferior N1 del módulo de fase 4₁ se producen conmutaciones desde el interruptor semiconductor S2 de polarización inversa al diodo D1 de los submódulos mencionados, cuando antes de la aplicación del bloqueo de pulsos la suma de las tensiones de ramal u_{ZP} y u_{ZN} de un módulo de fase 4₁, en promedio es igual a la tensión continua U_{dc} entre las conexiones de tensión continua P₀ y N₀, y las corrientes de ramal i_{ZP} y i_{ZN} tienen un signo positivo. En los submódulos SM2, SM3, SM4 del ramal de válvula superior P1 y en el submódulo SM4 del ramal de válvula inferior N1 del módulo de fase 4₁, al conectarse el estado de conmutación III no se producen conmutaciones cuando antes de la aplicación del bloqueo de pulsos la suma de las tensiones de ramal u_{ZP} y u_{ZN} de un módulo de fase 4₁, en promedio, es igual a la tensión continua U_{dc} y las corrientes de ramal i_{ZP} y i_{ZN} tienen un signo negativo, puesto que antes de la conexión del estado de conmutación III, el diodo D1 ha conducido la corriente de ramal correspondiente.

Para cada variación de tensión que se produce durante un proceso de conmutación se supone por submódulo SM una tasa de variación de tensión de un interruptor semiconductor S1, así como de S2, de polarización inversa, la cual por ejemplo puede ascender a $4\text{ k}\mu/\text{ms}$. De una tasa de variación de tensión sobre los dos ramales de válvula P1 y N1 del módulo de fase 4₁, resulta entonces un valor de $16\text{ k}\mu/\text{ms}$, puesto que cuatro submódulos SM del módulo de fase 4₁, antes de la aplicación de un bloqueo de pulsos, se encuentran en el estado de conmutación I. Cuantos más submódulos SM se utilicen por ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3 del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, tanto más elevado es el valor de la variación de tensión por módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃.

Para obtener un desarrollo lo más sinusoidal posible de una tensión de salida u_{L10} , así como de u_{L20} , así como de u_{L30} en la salida L1, así como de L2, así como de L3, de un módulo de fase 4₁, así como de 4₂, así como de 4₃, del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, se utilizan por ejemplo doce y más submódulos SM por ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3. En el caso de doce submódulos SM por ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3, la tasa de variación de tensión asciende ya a $48\text{ k}\mu/\text{ms}$.

Si la tensión continua U_{dc} , que se aplica en las conexiones de tensión continua P₀ y N₀ del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, se supone como constante, entonces la tasa de variación de tensión mencionada actúa tanto sobre una bobina de ahogo del ramal L_Z, así como también sobre una bobina de ahogo de parasitarias L_{dc} en el circuito de tensión continua. Esa carga de tensión de la bobina de ahogo del ramal L_Z implica un tamaño de construcción más grande, debido a la utilización de aislamientos reforzados.

Con respecto a las tensiones de salida u_{L10} , u_{L20} y u_{L30} del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, en comparación con las tensiones u_{ZP} y u_{ZN} , resultan otras condiciones del peor de los casos. Mediante la figura 3a y la figura 3b se explica una situación del peor de los casos con respecto a las variaciones de tensión en las tensiones de fase u_{L10} del módulo de fase 4₁ del convertidor 2 según la figura 1.

Según la distribución del estado de conmutación de los submódulos SM1 a SM4 de los ramales de válvula P1 y N1 del módulo de fase 4₁ del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos de la figura 1, los submódulos SM1 a SM4 del ramal de válvula P1 se encuentran todos en estado de conmutación II. Por el contrario, los submódulos SM1 a SM4 del ramal de válvula inferior N1 se encuentran todos en el estado de conmutación I. La tensión de fase u_{L10} , que es igual a la mitad de la diferencia de las tensiones de la válvula u_{ZN} y u_{ZP} , asciende a $U_{dc}/2$. Si se aplica un bloqueo de pulsos, entonces resulta una variación de tensión que depende de la dirección de corriente, de las corrientes ramal i_{ZP} e i_{ZN} , en la tensión de fase u_{L10} . En la siguiente tabla puede observarse una

ES 2 750 002 T3

vista de conjunto de las tensiones, así como de las variaciones de tensión sobre los ramales de válvula P y N de un módulo de fase 4, después de la aplicación de un bloqueo de pulsos.

Bloqueo de pulsos	Dirección de las corrientes de ramal i_{zp}/i_{zn}	pos / pos	pos / neg	neg / pos	neg / neg
Antes	U _{ZP}	0	0	0	0
	U _{ZN}	U _{dc}	U _{dc}	U _{dc}	U _{dc}
	U _{dc}	U _{dc} /2	U _{dc} /2	U _{dc} /2	U _{dc} /2
Después	U _{ZP}	U _{dc}	U _{dc}	0	0
	U _{ZN}	U _{dc}	0	U _{dc}	0
	u _{L10}	0	- U _{dc} /2	U _{dc} /2	0
	Δu_{L10}	- U _{dc} /2	- U _{dc}	0	- U _{dc} /2
	$\Delta(U_{ZP} + U_{ZN})^*$	U _{dc}	0	0	- U _{dc}

* Suposición: Tensión de condensador de un submódulo $U_{SM,X} = U_{dc}/n_{sub}$

5 El peor de los casos, con respecto a la variación de tensión en la tensión de fase u_{L10} , así como de u_{L20} , así como de u_{L30} , después de la aplicación de un bloqueo de pulsos, se produce cuando antes de la aplicación del bloqueo de pulsos se dan las siguientes condiciones:

- todos los submódulos de un ramal de válvula, por ejemplo del ramal de válvula N1, de un módulo de fase, se encuentran en el estado de conmutación I

10 - todos los submódulos de un ramal de válvula correspondiente, por ejemplo del ramal de válvula P1, de un módulo de fase, se encuentran en el estado de conmutación II

- la corriente de ramal, por ejemplo la corriente de ramal i_{ZN} , en el ramal de válvula con los submódulos que se encuentran en el estado de conmutación I, presenta un signo negativo, y

- la corriente de ramal, por ejemplo la corriente de ramal i_{ZN} , en el ramal de válvula con los submódulos que se encuentran en el estado de conmutación II, presenta un signo positivo.

15 Bajos esas condiciones, la tensión de fase u_{L10} salta de $U_{dc}/2$ a $-U_{dc}/2$, así como de $-U_{dc}/2$ a $U_{dc}/2$. La variación de la tensión de fase u_{L10} , bajo esas condiciones, asciende de este modo a $\pm U_{dc}$. Si se parte del hecho de que en cada submódulo SM1 a SM4 de cada ramal de válvula P1 y N1, de un módulo de fase 4₁, debido a la conmutación desde un interruptor semiconductor S1, así como de S2, de polarización inversa, a un diodo D2, así como de D1, se presenta una tasa de variación de tensión de por ejemplo $4\mu\text{V/ms}$ sobre cada submódulo SM del módulo de fase 4₁, entonces para la tasa de variación de tensión, de la tensión de fase u_{L10}/dt , así como de u_{L20}/dt , así como de u_{L30}/dt , resulta un valor de $16\mu\text{V/ms}$ en el caso de cuatro submódulos SM por ramal de válvula P y N, y un valor de $48\mu\text{V/ms}$ en el caso de doce submódulos SM por ramal de válvula P y N de un módulo de fase 4₁.

25 Para una tensión entre fases u_{L1L2} , en el peor de los casos, en donde dos tensiones de fase saltan a $\pm U_{dc}$ de forma opuesta, esto significa que mediante una impedancia de salida (bobinado del estator de un motor trifásico 6 conectado) se presenta una variación de tensión de $\Delta u_{L1L2} \pm 2U_{dc}$, así como una tasa de variación de tensión de $32\mu\text{V/ms}$, cuando se utilizan cuatro submódulos SM por ramal de válvula P y N de un módulo de fase 4₁, así como de $96\mu\text{V/ms}$, cuando se utilizan doce submódulos SM por ramal de válvula P y N de un módulo de fase 4₁. Para que una línea de suministro de tensión continua, del lado de la red, y un motor trifásico 6 conectado del lado de carga no resulten seriamente dañados al presentarse los peores casos, esos componentes deben estar diseñados para una tasa de variación de tensión mucho más elevada, debido a lo cual se originan costes adicionales, de una magnitud considerable.

30 El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento para bloquear un convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos, donde en los peores casos la carga de tensión esté reducida en un grado considerable.

35 Dicho objeto, según la invención, se soluciona con los pasos del procedimiento de la reivindicación 1.

40 Debido a que no todos los submódulos del convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos se controlan de forma simultánea, sino en la forma de escalón de señal en función del tiempo, en el estado de conmutación III, por escalón de señal en función del tiempo se presenta sólo la carga de tensión, en correspondencia con una tasa de variación de tensión de un submódulo. La cantidad de los escalones de señal en función del tiempo corresponde a la cantidad de los submódulos de un ramal de válvula del convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos. Es decir, que por escalón de señal en función del tiempo se controla

siempre sólo un submódulo de un ramal de válvula superior y/o inferior, respectivamente de un módulo de fase, desde el estado de conmutación I o II real, hacia el estado de conmutación III. En el caso de cuatro submódulos por ramal de válvula del convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos se necesitan cuatro escalones de señal en función del tiempo para implementar completamente un bloqueo de pulsos aplicado.

5 La ventaja esencial de este procedimiento según la invención reside en el hecho de que la carga de tensión corresponde como máximo a la tasa de variación de tensión de los dos submódulos. Esa reducción de la carga de tensión es tanto más elevada cuantos más submódulos estén proporcionados para cada ramal de válvula del convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos. Para que las tensiones de salida de fase del
10 convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos puedan ser lo más sinusoidales posible (elevada cantidad de escalones de señal en función del tiempo), la cantidad de submódulos utilizados por ramal de válvula deber ser de doce y más.

Si los submódulos de un módulo de fase se controlan escalonados en función del tiempo en el orden desde fuera hacia dentro o desde dentro hacia fuera, respectivamente hacia el estado de conmutación III, no modifica nada en el valor de la reducción de la carga de tensión y en el intervalo de tiempo para la implementación de un bloqueo de
15 pulsos.

En un procedimiento ventajoso, el intervalo de tiempo mínimo entre dos escalones de señal en función del tiempo es igual a un tiempo de latencia de desconexión (delay time) de un interruptor semiconductor de polarización inversa, de un submódulo. Gracias a esto se asegura que después de transcurrido el intervalo de tiempo más mínimo de dos
20 escalones de señal en función del tiempo consecutivos, un submódulo de un ramal de válvula superior e inferior, de cada módulo de fase del convertidor con acumuladores de energía eléctrica distribuidos, haya finalizado el cambio de estado de conmutación.

Para continuar con la explicación se hace referencia al dibujo en el que se ilustra el procedimiento según la invención.

25 La figura 1 muestra un esquema de circuito equivalente de un convertidor conocido con acumuladores de energía eléctrica distribuidos.

Las figuras 2a, 2b muestran distribuciones del estado de conmutación de los submódulos de un módulo de fase del convertidor según la figura 1, antes y después de la aplicación de un bloqueo de pulsos.

Las figuras 3a, 3b muestran distribuciones del estado de conmutación de los submódulos de un módulo de fase del convertidor según la figura 1, antes y después de la aplicación de un bloqueo de pulsos.

30 Las figuras 4a a 4e ilustran respectivamente distribuciones del estado de conmutación de los submódulos de un módulo de fase del convertidor según la figura 1, las cuales se producen mediante el procedimiento según la invención.

Mediante las figuras 4a a 4e se explicará ahora en detalle el procedimiento según la invención para bloquear un convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos según la figura 1. De acuerdo con el
35 procedimiento según la invención, después de la aplicación de un bloqueo de pulsos, los submódulos SM1 a SM4 de un ramal de válvula superior e inferior P1 y N1 de cada módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃ del convertidor 2 ya no se controlan de forma simultánea hacia el estado de conmutación III, sino con la forma de señal tipo escalón en función del tiempo. Ese escalonamiento de señal en función del tiempo de la ejecución de un bloqueo de pulsos aplicado está representado mediante cuatro distribuciones del estado de conmutación de los submódulos SM1 a SM4 de los
40 ramales de válvula P1 y N1 del módulo de fase 4₁, donde las flechas entre respectivamente dos distribuciones del estado de conmutación del módulo de fase 4₁ según las figuras 4b a 4e simbolizan respectivamente un intervalo de tiempo Δt predeterminado en el caso de una implementación con una señal en escalones en función del tiempo o gradual de la ejecución de un bloqueo de pulsos aplicado.

En la figura 4a se representa el módulo de fase 4₁ del convertidor 2 según la figura 1 con una distribución aleatoria del estado de conmutación de los submódulos SM1 a SM4 de su ramal de válvula superior e inferior P1 y N1. De los submódulos SM1 a SM4 de los ramales de válvula P1 y N1 del módulo de fase 4₁, los submódulos SM1 y SM2 se encuentran respectivamente en el estado de conmutación II, mientras que los submódulos SM3 y SM4 respectivamente se encuentran en el estado de conmutación I. Si se aplica ahora un pulso de bloqueo, entonces en un primer paso, en el momento t1 (figura 4b), se controla respectivamente un submódulo SM1 del ramal de válvula superior e inferior P1 y N1, hacia el estado de conmutación III. Después de transcurrido un intervalo de tiempo Δt
50 predeterminado, por tanto en el momento t2 (figura 4c), se controla respectivamente otro submódulo SM2 del ramal de válvula superior e inferior P1 y N1 del módulo de fase 4₁, hacia el estado de conmutación III. Después de transcurrido otro intervalo de tiempo Δt predeterminado, por tanto en el momento t3 (figura 4d), se controla respectivamente otro submódulo SM3 del ramal de válvula superior e inferior P1 y N1 de ese módulo de fase 4₁,

5 hacia el estado de conmutación III. Después de transcurrido otro intervalo de tiempo Δt predeterminado, en el momento t_4 (figura 4e), se controla otro submódulo SM4 del ramal de válvula superior e inferior P1 y N1 de ese módulo de fase 4₁, hacia el estado de conmutación III. De este modo, en el momento t_4 , todos los submódulos SM1 a SM4 de cada ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3 del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, se encuentran en el estado de conmutación III, con lo cual, un bloqueo de pulsos aplicado está implementado en la forma de escalón de señal según la invención.

10 Como un escalonamiento de señal en función del tiempo, entre los pasos del procedimiento individuales (figuras 4b a 4e) se presenta respectivamente un intervalo de tiempo Δt predeterminado que, preferentemente, corresponde a un así llamado "delay time" (tiempo de latencia) de un interruptor semiconductor S1, así como de S2, de polarización inversa, de un submódulo SM. Ese tiempo de latencia de un interruptor semiconductor S1, así como de S2, de polarización inversa, de un submódulo SM, es el intervalo de tiempo Δt más mínimo que puede implementarse. Después de transcurrido respectivamente el intervalo de tiempo Δt más mínimo está finalizado un cambio de estado de conmutación de un submódulo SM. Gracias a esto se asegura que en cada altura de tiempo de la ejecución de señal escalonada de un bloqueo de pulsos aplicado, la carga de tensión corresponda como máximo sólo a la tasa de variación de tensión de los dos submódulos SM.

15 En el caso de una tasa de variación de tensión de por ejemplo 4kV/ms por submódulo SM, la carga du/dt máxima por cambio de estado de conmutación asciende sólo a 8kV/ms frente a 16kV/ms en el caso de una ejecución convencional de un bloque de pulsos. Es decir, que con el procedimiento según la invención se reduce al menos a la mitad la carga de tensión para tensiones internas del convertidor y tensiones de salida de fase.

20 En esta ejecución con una señal en escalones en función del tiempo de un bloqueo de pulsos aplicado, según la invención, no deben controlarse respectivamente un submódulo SM de un ramal de válvula superior e inferior, de manera simultánea, hacia el estado de conmutación III, sino que también sólo puede controlarse un submódulo SM por módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃, hacia el estado de conmutación III. No es relevante con qué submódulo SM de un módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃ se comienza. Para la reducción de la carga du/dt tampoco es relevante el orden según el cual se controlan los submódulos SM de un ramal de válvula superior e inferior P1, N1, P2, N2, P3 y N3, así como de un módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃, hacia el estado de conmutación III.

25 Es importante que entre los cambios de estado de conmutación respectivamente de un submódulo M de un ramal de válvula superior e inferior P1, N1, P2, N2, P3 y N3, así como de un módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃, se encuentre presente un desplazamiento temporal.

30 Si se controla respectivamente hacia el estado de conmutación III sólo un submódulo SM de un módulo de fase 4₁, 4₂ y 4₃ del convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos según la figura 1, en la ejecución con una señal en escalones en función del tiempo de un intervalo de pulso aplicado, en lugar de cuatro alturas de tiempo según la figura 4 se necesita el doble de alturas de tiempo, a saber ocho alturas de tiempo, hasta que haya sido implementado un bloqueo de pulsos aplicado. De manera correspondiente, para la implementación de un bloque de pulsos aplicado se necesita esencialmente más tiempo. En el caso de una cantidad de submódulos de doce y más por ramal de válvula P1, N1, P2, N2, P3 y N3 del convertidor 2 según la figura 1, dependiendo del caso de aplicación del convertidor, debe verificarse si pueden cumplirse las funciones de protección que se inician con el bloqueo de pulsos.

35 El bloqueo de pulsos se aplica para, en estados de funcionamiento críticos, por ejemplo en el caso de sobretensiones de corriente, sobretensiones o falla de la activación, desconectar el convertidor 2 con acumuladores de energía eléctrica C_{SM} distribuidos, de manera que el mismo, después del accionamiento del bloqueo de pulsos, se encuentre en un estado seguro. Debido a esos casos de falla, para la desconexión del convertidor 2 no se dispone de un tiempo ilimitado.

40 Por ese motivo se aplica el procedimiento según la invención, en donde por altura de tiempo se controlan hacia el estado de conmutación III al mismo tiempo dos submódulos, a saber, un submódulo en el ramal de válvula P1, P2, P3 y un submódulo SM en el ramal de válvula inferior N1, N2, N3.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para bloquear un convertidor (2) con acumuladores de energía eléctrica (C_{sm}) distribuidos, con al menos dos módulos de fase ($4_1, 4_2, 4_3$) que respectivamente presentan un ramal de válvula superior e inferior ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$), las cuales respectivamente presentan una pluralidad de submódulos ($SM1, SM2, \dots, SMn$) de dos polos, conectados eléctricamente en serie, los cuales respectivamente presentan un condensador acumulador (C_{SM}) unipolar, al cual se encuentra conectado paralelamente de forma eléctrica un circuito en serie de dos interruptores semiconductores ($S1,S2$) de polarización inversa, respectivamente con un diodo ($D1,D2$) conectado de forma antiparalela, con los siguientes pasos del procedimiento:
- 10 a) activación de un bloqueo de pulsos para el control escalonado en función del tiempo de los submódulos ($SM1, SM2, \dots, SMn$) del convertidor (2) hacia un estado de conmutación III, debido a un error que se produce durante el funcionamiento de ese convertidor (2), donde en el estado de conmutación III los dos interruptores semiconductores ($S1,S2$) se encuentran en el estado desconectado,
- b) control de un estado de conmutación de un subsistema de dos polos ($SM1$) de cada ramal de válvula ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$) hacia el estado de conmutación III, después de la aplicación del bloqueo de pulsos,
- 15 c) control de un estado de conmutación de otro submódulo ($SM2$) de cada ramal de válvula ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$), hacia un estado de conmutación III, después de transcurrido un intervalo de tiempo (Δt) predeterminado, y
- d) repetición del paso del procedimiento c) hasta que se hayan controlado todos los submódulos de dos polos ($SM1,SM2, \dots, SMn$) de cada ramal de válvula ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$) en el estado de conmutación III.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el control del estado de conmutación, escalonado en función del tiempo, de los subsistemas de dos polos ($SM1,SM2, \dots, SMn$) de cada ramal de válvula ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$) del convertidor (2) con acumuladores de energía eléctrica (C_{SM}) distribuidos comienza con un subsistema de dos polos externo ($SM1$) de un ramal de válvula superior e inferior ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$) de cada módulo de fase ($4_1, 4_2, 4_3$).
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el control del estado de conmutación, escalonado en función del tiempo, de los subsistemas de dos polos ($SM1,SM2, \dots, SMn$) de cada ramal de válvula ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$) del convertidor (2) con acumuladores de energía eléctrica (C_{SM}) distribuidos comienza con un subsistema de dos polos interno (SMn) de un ramal de válvula superior e inferior ($P1,N1,P2,N2,P3,N3$) de cada módulo de fase ($4_1, 4_2, 4_3$).
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el intervalo de tiempo (Δt) predeterminado es igual a un tiempo de latencia de desconexión de un interruptor semiconductor ($S1,S2$), de polarización inversa, de un subsistema de dos polos ($SM1,SM2, \dots, SMn$).
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en el estado de conmutación III de un submódulo de dos polos ($SM1,SM2, \dots, SMn$), los dos interruptores semiconductores ($S1,S2$) de ese submódulo de dos polos ($SM1, SM2, \dots, SMn$) están desconectados.

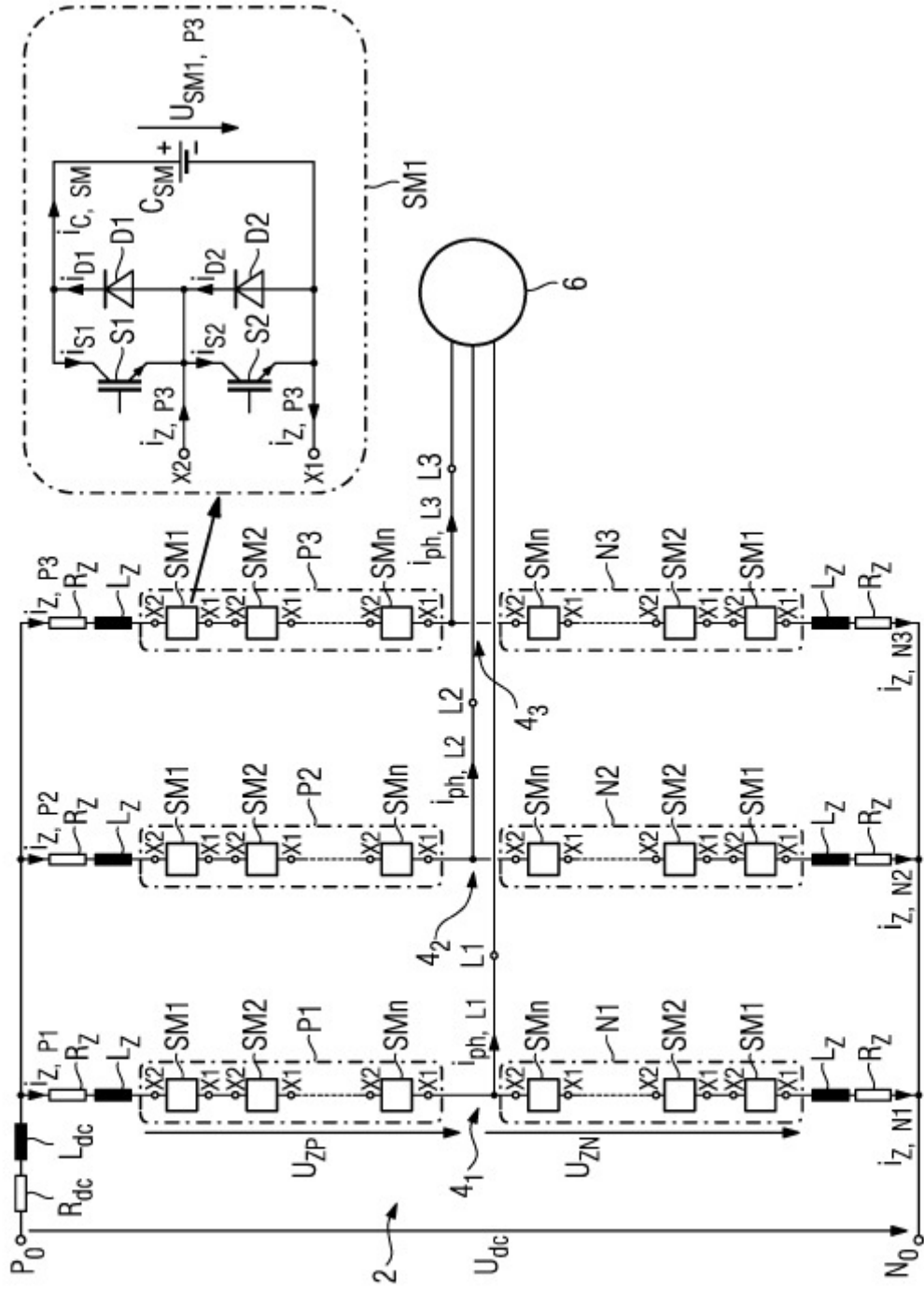


FIG 1

FIG 2A

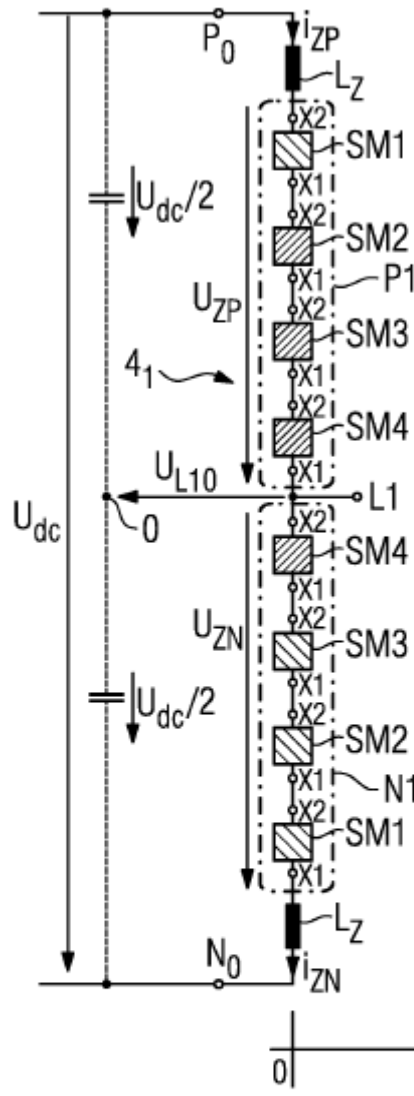
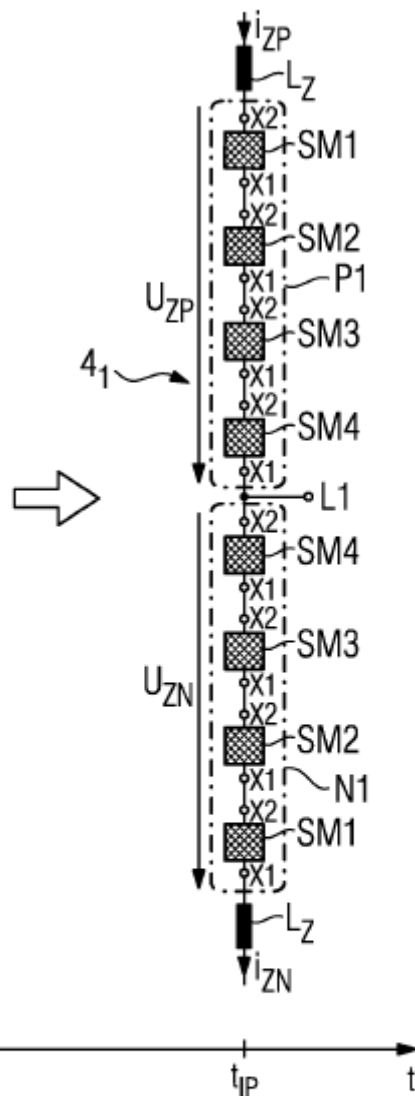


FIG 2B



$S_Z = \text{I}$

$U_{X2X1} = U_{SM, x}$



$S_Z = \text{II}$

$U_{X2X1} = 0$



$S_Z = \text{III}$

$U_{X2X1} = f(i_{ZP/N})$

FIG 3A

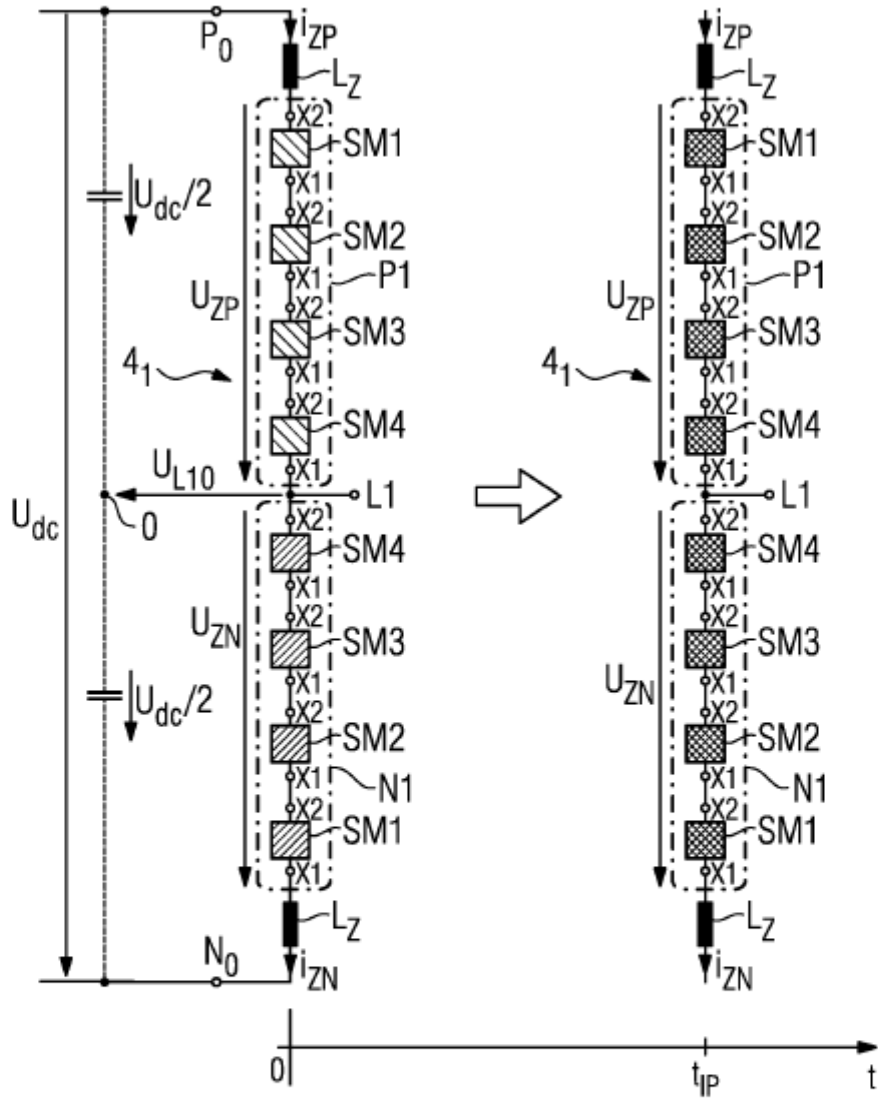
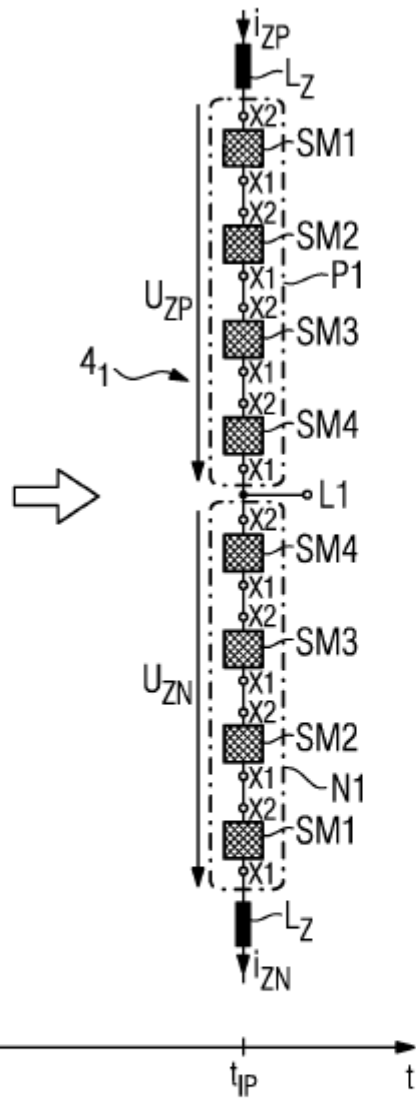


FIG 3B



$S_z = \text{I}$

$U_{X2X1} = U_{SM, x}$



$S_z = \text{II}$

$U_{X2X1} = 0$



$S_z = \text{III}$

$U_{X2X1} = f(i_{ZP/N})$

