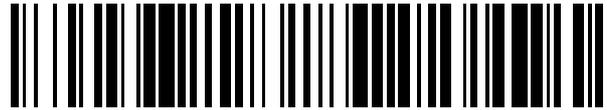


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 095**

51 Int. Cl.:

B60L 7/12 (2006.01)

B60L 9/08 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

H02M 7/797 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2012** **E 12305695 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019** **EP 2677621**

54 Título: **Convertidor reversible controlado monofásico CA-CC con amortiguador de baja pérdida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.06.2020

73 Titular/es:

ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR

72 Inventor/es:

BORUP, MICHAEL;
GREENING, JONATHAN y
LUMLEY, MARTIN

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 767 095 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

Convertidor reversible controlado monofásico CA-CC con amortiguador de baja pérdida

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un convertidor reversible controlado monofásico de CA-CC con un amortiguador de baja pérdida y un circuito de recuperación de energía para conectar, por un lado, a un motor de CC de un vehículo ferroviario y, por el otro lado, a un secundario de un transformador cuyo primario está conectado a un suministro de CA de alto voltaje. Por tanto, el convertidor se encuentra en la interfaz entre una fuente altamente inductiva y una carga altamente inductiva.
- 10 **[0002]** Un convertidor reversible controlado monofásico de CA-CC puede funcionar como un rectificador, para transferir energía desde el lado de CA al lado de CC cuando el motor de CC está en un modo de tracción, o como un inversor para transferir energía desde el lado de CC al lado de CA cuando el motor de CC está en un modo de frenado regenerativo.
- 15 **[0003]** Se conocen rectificadores controlados monofásicos de CA-CC que comprenden puentes controlados para alimentar motores de CC desde suministros de CA.
- 20 **[0004]** El más simple de dichos puentes controlados es un puente semicontrolado que utiliza tiristores (conocidos de otra manera como rectificadores controlados por silicio o SCR) en dos brazos del puente y dos diodos en los otros dos brazos del puente.
- 25 **[0005]** Pero este tipo de puente controlado tiene un factor de potencia bajo y solo puede funcionar para el modo de motorización del motor de CC. El bajo factor de potencia del puente es causado por el período de conducción asimétrica en relación con el voltaje de CA aplicado. Esta asimetría es causada por la incapacidad del tiristor para interrumpir la corriente antes del final natural del ciclo de conducción.
- 30 **[0006]** Muy pocos esquemas proporcionan control del puente para permitir que funcione también como inversor durante el modo de frenado regenerativo del motor de CC. Pero estos esquemas tienen bajo factor de potencia e intervalo de operación restringido en modo regenerativo. Como una solución alternativa a estos convertidores controlados monofásicos de CA-CC existentes, ahora se prefiere usar un motor de CA con un convertidor controlado monofásico de CA-CC que funcione a una frecuencia alta. A continuación, el motor es alimentado por un inversor de CC a CA trifásico.
- 35 **[0007]** El documento US 6 163 472 A describe un convertidor bidireccional para suministrar un motor de CC desde un suministro trifásico y viceversa.
- 40 **[0008]** Un objetivo de la invención es proponer un amortiguador de baja pérdida y un circuito de recuperación de energía aplicado a un convertidor controlado monofásico de CA-CC que permita que el convertidor funcione con un suministro y/o carga altamente inductivo sin incurrir en pérdidas eléctricas excesivas, que también tenga un alto factor de potencia y que también proporcione el intervalo de operación completo en el modo de frenado regenerativo permitido por el motor de tracción.
- 45 **[0009]** Con este fin, la invención proporciona un convertidor y un vehículo ferroviario según las reivindicaciones.
- [0010]** La invención y sus ventajas se entenderán mejor al leer la siguiente descripción proporcionada únicamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos en los que:
- 50 - la figura 1 es un esquema de cableado esquemático del circuito del convertidor controlado monofásico de CA-CC; y
 - las figuras 2 y 3 ilustran el funcionamiento del convertidor de la figura 1, respectivamente en un modo de tracción y un modo de frenado regenerativo.
- 55 **[0011]** El convertidor controlado monofásico CA-CC 10 se representa esquemáticamente en la figura 1.
- [0012]** El convertidor 10 es un dispositivo de cuatro polos que tiene dos terminales de entrada de CA N1 y N2 y dos terminales de salida de CC N3 y N4.
- 60 **[0013]** El convertidor 10 está en la interfaz entre un devanado secundario 12 de un transformador y un motor de CC 14 de un vehículo ferroviario. El convertidor 10 puede funcionar alternativamente en un modo de tracción, donde la energía se transfiere desde el devanado secundario 12 del transformador al motor de CC 14, o en un modo de frenado regenerativo, donde la energía se transfiere desde el motor de CC al devanado secundario 12 del transformador.
- 65 **[0014]** El devanado secundario 12 del transformador está conectado entre los dos terminales de CA N1 y N2

ES 2 767 095 T3

del circuito 10. El devanado secundario 12 del transformador es, desde el circuito 10, equivalente a una fuente de voltaje V_s conectado en serie con una impedancia del tipo de inductancia L_s .

- 5 **[0015]** El motor de CC 14 está conectado entre los dos terminales de salida de CC N3 y N4 del circuito 10. El motor de CC 14 es, desde el circuito 10, equivalente a una fuente de voltaje V_m , correspondiente al voltaje de armadura del motor, en serie con una impedancia del tipo inductivo, L_m , correspondiente a la suma de la inductancia del motor de tracción y la inductancia de suavizado.
- 10 **[0016]** El circuito comprende dos puentes: un puente principal 22 y un puente amortiguador 24.
- [0017]** El puente principal 22 es un puente monofásico totalmente controlado que comprende cuatro nodos y cuatro ramas.
- 15 **[0018]** Cada rama Bi del puente principal 22 comprende un dispositivo semiconductor de potencia controlada Ti en serie con un dispositivo electrónico semiconductor de potencia no controlada Di.
- 20 **[0019]** El dispositivo Ti comprende un dispositivo semiconductor controlado no regenerativo, como un IGBT conectado en paralelo con un dispositivo semiconductor no controlado del tipo rectificador, como un diodo. Más precisamente, el ánodo del diodo está conectado al emisor del IGBT y el cátodo del diodo está conectado al colector del IGBT. Cada dispositivo Ti se considerará como un elemento único en todo el presente documento.
- [0020]** El dispositivo electrónico semiconductor de potencia no controlada Di es del tipo rectificador, como un diodo. El ánodo del dispositivo Di está conectado al emisor del dispositivo asociado Ti.
- 25 **[0021]** Esta estructura del puente principal 22 es similar a un puente semicontrolado donde los dos tiristores y los dos diodos son reemplazados cada uno por un IGBT y un diodo. La conmutación forzada de los IGBT permite optimizar el período de conducción dentro de cada semiciclo para mejorar el factor de potencia
- 30 **[0022]** El dispositivo T1 y el dispositivo D1 están conectados de modo que el colector del dispositivo T1 está conectado al terminal N1 y el cátodo del dispositivo D1 está conectado al terminal N3. El dispositivo T2 y el diodo D2 están conectados de modo que el colector del dispositivo T2 está conectado al terminal N4 y el cátodo del dispositivo D2 está conectado al terminal N1.
El dispositivo T3 y el diodo D3 están conectados de modo que el colector del dispositivo T3 está conectado al terminal N2 y el cátodo del dispositivo D3 está conectado al terminal N3.
- 35 **[0023]** El dispositivo T4 y el diodo D4 están conectados de modo que el colector del dispositivo T4 está conectado al terminal N4 y el cátodo del dispositivo D4 está conectado al terminal N2.
- [0023]** El puente amortiguador 24 tiene dos pares de nodos opuestos.
- 40 **[0024]** Los nodos no marcados del primer par están conectados respectivamente a los terminales de entrada de CA N1 y N2 del convertidor 10. El puente amortiguador 24 está por tanto conectado en paralelo al secundario 12.
- [0025]** El segundo par de nodos comprende los nodos N5 y N6.
- 45 **[0026]** Un condensador amortiguador K_s conecta los nodos N5 al nodo N6.
- [0027]** Cada rama Bsi de las cuatro ramas del puente amortiguador 24 comprende un dispositivo semiconductor de potencia controlada Tsi.
- 50 **[0028]** El dispositivo Tsi comprende un dispositivo semiconductor controlado no regenerativo, como un IGBT conectado en paralelo con un dispositivo semiconductor no controlado del tipo rectificador, como un diodo. Más precisamente, el ánodo del diodo está conectado al emisor del IGBT y el cátodo del diodo está conectado al colector del IGBT. Cada dispositivo Tsi se considerará como un elemento único en todo el presente documento.
- 55 **[0029]** El dispositivo Ts1 está conectado de modo que su colector está conectado al terminal N1 y su emisor, al terminal N5.
- [0030]** El dispositivo Ts2 está conectado de modo que su colector al terminal N6 y su emisor, al terminal N1.
- 60 **[0031]** El dispositivo Ts3 está conectado de modo que su colector al terminal N2 y su emisor, al terminal N5.
- [0032]** El dispositivo Ts4 está conectado de modo que su colector al terminal N6 y su emisor, al terminal N2.
- [0033]** Finalmente, el convertidor 10 comprende una unidad de control 26 mostrada esquemáticamente en la figura 1. Esta unidad de control 26 es capaz de encender o apagar cualquier dispositivo entre los dispositivos Ti del

punto principal 22 y TSi del puente amortiguador 24, aplicando una señal de control adaptada en su puerta.

Funcionamiento del convertidor en modo de tracción

- 5 **[0034]** El funcionamiento del convertidor 10 en modo de tracción es muy similar a la de un rectificador semicontrolado monofásico de CA-CC convencional, excepto que la corriente I_s en la rama secundaria B_s se conmuta forzosamente, en lugar de depender de la conmutación natural.
- 10 **[0035]** En el modo de tracción, los dispositivos T3 y T4 del puente principal se encienden permanentemente como se ilustra en los gráficos correspondientes de la figura 2. Por tanto, se establece una trayectoria de rueda libre del circuito del motor a lo largo de la rama B_m del motor y las ramas B4 y B3 del puente principal 22.
- 15 **[0036]** El instante A corresponde al comienzo del semiperíodo positivo del voltaje V_s del devanado secundario del transformador.
- 20 **[0037]** Entre el instante A y el instante B, donde se encenderá el dispositivo T1, la corriente I_s del motor cae linealmente a medida que la energía eléctrica circulada en la trayectoria de rueda libre se convierte en energía mecánica por el motor de CC 14.
- 25 **[0038]** A través del ciclo de funcionamiento anterior del convertidor 10, el condensador K_s se carga a un voltaje V_{Ks0} en exceso del voltaje pico $V_{smáx}$ del voltaje secundario V_s del transformador.
- 30 **[0039]** El voltaje de salida en los terminales de salida N3 y N4 es bajo. Representa la suma de las caídas de voltaje directo de los dispositivos T4, D4, T3 y D3.
- 35 **[0040]** En el punto B, el dispositivo T1 del puente principal 22 está encendido.
- 40 **[0041]** Cuando se enciende el dispositivo T1, la corriente I_m del motor es la suma de la corriente secundaria I_s del transformador y la corriente I_3 en la tercera rama B3.
- 45 **[0042]** La corriente secundaria I_s del transformador en la rama B_s aumenta a una velocidad determinada por V_s y L_s .
- 50 **[0043]** Al principio, la corriente I_m del motor no se ve afectada ya que el voltaje en T3 y D3 permanece bajo. Esta situación persiste hasta que la corriente I_3 en la tercera rama B3 ha caído a cero (punto C en la figura 2). A continuación, el diodo D3 se polariza inversamente y se interrumpe la trayectoria de rueda libre.
- 55 **[0044]** En el punto C, la corriente I_m del motor sigue a la corriente secundaria I_s . Comienza a aumentar a una velocidad determinada por la diferencia entre el voltaje V_m del motor y el voltaje secundario V_s del transformador y la suma de la inductancia secundaria L_s del transformador y la inductancia L_m del motor.
- 60 **[0045]** La corriente I_m del motor continúa aumentando hasta el final del período de conducción definido por el punto E en la figura 2 donde el dispositivo T1 de la primera rama del puente principal 22 está apagado.
- 65 **[0046]** Cuando se interrumpe la corriente secundaria I_s del transformador, es necesario gestionar la energía almacenada en el devanado secundario 12 del transformador para que se supriman los voltajes de conmutación excesivos.
- [0047]** Con este fin, en un punto D antes del punto E, los dispositivos TS2 y TS3 del puente amortiguador 24 están encendidos, al mismo tiempo.
- [0048]** Debido a que el voltaje a través del condensador K_s excede el voltaje pico $V_{smáx}$ del voltaje secundario V_s del transformador, cuando los dispositivos TS2 y TS3 están encendidos, el condensador K_s comienza a descargarse tanto en la rama B_m del motor (a través de la rama B1 del puente principal 22) como en la rama secundaria B_s .
- [0049]** La corriente I_m del motor es entonces la suma de la corriente de descarga correspondiente I_{Ks} y la corriente secundaria I_s del transformador.
- 60 **[0050]** La corriente de descarga I_{Ks} aumenta a una velocidad determinada por la diferencia entre el voltaje V_{Ks} del condensador y el voltaje secundario instantáneo

V_s del transformador y la inductancia secundaria L_s del transformador. Se supone que la inductancia L_m del motor es mucho mayor que la inductancia secundaria L_s del transformador y puede ignorarse a los efectos de esta descripción.

65

[0051] Debido a que la corriente I_m del motor es esencialmente constante a corto plazo, el aumento de la corriente I_Ks está acompañado por una disminución correspondiente de la corriente I_s en el transformador secundario.

[0052] Se permite que esta corriente de descarga I_Ks aumente hasta que sea aproximadamente igual a la mitad de la corriente I_m del motor. El tiempo entre el punto D y el punto E se elige para que esto ocurra en el punto E.

[0053] En el punto E, el dispositivo T1 del puente principal 22 está apagado. Este es el final del período de conducción.

10 **[0054]** Cuando el dispositivo T1 se apaga, la corriente I_m del motor se conmuta en la trayectoria de rueda libre, no polarizándose ya el diodo D3 en sentido inverso.

[0055] Cuando el dispositivo T1 se apaga, la corriente secundaria I_s del transformador debe continuar fluyendo. La trayectoria que está disponible es a través del condensador KS. A continuación, la corriente I_K del condensador se invierte y aumenta el voltaje VK del condensador a través de KS. La trayectoria de corriente hacia el condensador KS es a través de los diodos antiparalelos incorporados dentro de los dispositivos TS2 y TS3 del puente amortiguador 24. Por tanto, los dispositivos TS2 y TS3 se conmutan naturalmente por inversión de corriente y el uso de sus diodos antiparalelos.

20 **[0056]** La corriente secundaria I_s del transformador continúa disminuyendo a una velocidad determinada por la diferencia entre el voltaje V_{ks} del condensador y el voltaje secundario instantáneo V_s del transformador y la inductancia secundaria L_s del transformador.

[0057] Debido a que los dispositivos TS2 y TS3 del puente amortiguador 24 están apagados, el circuito no sonará y la corriente I_s en el secundario del transformador simplemente caerá a cero (punto F en la figura 2), dejando el voltaje V_{ks} del condensador en el mismo nivel que antes de que se encendieran los dispositivos TS2 y TS3, es decir, en V_{ks0} .

30 **[0058]** El convertidor 10 ahora vuelve a su estado como al comienzo del semiciclo positivo (punto A).

[0059] El semiciclo negativo sigue el mismo patrón pero utiliza, en el puente principal 22, el dispositivo T2 en lugar del dispositivo T1 para aplicar el voltaje secundario V_s del transformador a la rama del motor y, en el puente amortiguador, los dispositivos TS1 y TS4 en lugar de los dispositivos TS2 y TS3 para el procedimiento de apagado.

35 **Funcionamiento del convertidor en modo de frenado regenerativo.**

[0060] En el frenado regenerativo, el circuito del motor de tracción se reconfigura para que la corriente de frenado se acumule en la misma dirección que en el modo de tracción.

40 **[0061]** En el modo de frenado regenerativo, los dispositivos T3 y T4 del puente principal 22 se utilizan activamente como se ilustra en los gráficos correspondientes de la figura 3.

[0062] El punto Z corresponde al comienzo del semiperíodo positivo del voltaje secundario V_s del transformador.

45 **[0063]** En el punto Z, los dispositivos T1 y T2 están apagados y T3 y T4 están encendidos. Por tanto, la corriente I_m del motor aumenta a medida que el motor de tracción convierte la energía mecánica que surge de la desaceleración del vehículo ferroviario en energía eléctrica.

50 **[0064]** A través del funcionamiento previo del circuito, el capacitor K_s se carga a un voltaje V_{ks0} en exceso del voltaje pico $V_{s\max}$ del voltaje secundario V_s del transformador.

[0065] El voltaje en los terminales de salida es bajo. Representa la suma de las caídas de voltaje directo de los dispositivos T4, D4, T3 y D3 que forman la trayectoria de rueda libre.

55 **[0066]** La corriente I_s del motor en la trayectoria de rueda libre solo se puede interrumpir apagando el dispositivo T3 o el dispositivo T4 del puente principal 22.

[0067] Como se ilustra en la figura 3, en el punto W del ciclo, se elegirá para apagar el dispositivo T4.

60 **[0068]** Antes de que esto se produzca, debe establecerse una trayectoria para permitir que la corriente I_m del motor continúe fluyendo y la finalidad del circuito es forzar que la corriente I_m del motor fluya hacia el devanado del transformador, es decir, en la rama secundaria B_s del transformador.

65 **[0069]** En el punto Y, justo antes de apagar el dispositivo T4, se enciende el dispositivo T2 del puente principal

22. En este punto del ciclo, el valor del voltaje secundario instantáneo V_s del transformador significa que el diodo D2 en la rama B2 del puente principal 22 se polariza inversamente y no fluye corriente I_2 a través de esta segunda rama B2, es decir, a través del dispositivo T2.

5 **[0070]** La corriente I_m del motor continúa aumentando.

[0071] En este punto, es necesario interrumpir la corriente I_m del motor, asegurándose de que la energía almacenada en el circuito del motor se gestione de modo que se supriman los voltajes de conmutación excesivos.

10 **[0072]** Con este fin, la primera etapa consiste en encender los dispositivos TS2 y TS3 del puente amortiguador en el punto X.

[0073] Debido a que el voltaje V_{Ks} a través del condensador K_s excede el voltaje pico $V_{s\text{máx}}$ del voltaje secundario V_s del transformador, cuando los dispositivos TS2 y TS3 están encendidos, el condensador K_s comienza a descargarse en la rama secundaria B_s del transformador.

15 **[0074]** La corriente de descarga I_{Ks} correspondiente aumenta a una velocidad determinada por la diferencia entre el voltaje V_{Ks} y el voltaje secundario instantáneo V_s del transformador y la inductancia secundaria L_s del transformador.

20 **[0075]** Se permite que la corriente de descarga I_{Ks} aumente hasta que la corriente I_{Ks} en el condensador y la corriente secundaria I_s del transformador sea aproximadamente igual a la mitad de la corriente I_m del motor.

25 **[0076]** Esto corresponde al punto W en la figura 3.

[0077] Al mismo tiempo, la segunda etapa consiste en apagar el dispositivo T4.

[0078] La corriente I_{Ks} del condensador se invierte a continuación y la corriente I_s del motor se divide aproximadamente por igual entre la trayectoria a través del condensador K_s y la trayectoria a través de la rama secundaria (rama B_s) del transformador.

30 **[0079]** La corriente I_{Ks} del condensador disminuye a medida que la corriente secundaria I_s del transformador aumenta hasta que, en el punto S, la corriente secundaria I_s iguala a la corriente I_m del motor y la corriente I_{Ks} del condensador llega a cero.

35 **[0080]** Siempre que los dispositivos TS2 y TS3 del puente amortiguador 24 se apaguen en el punto U entre los puntos W y S, el circuito no sonará y la corriente en el condensador K_s simplemente caerá a cero, dejando el voltaje V_{Ks} en el mismo nivel (es decir, igual a V_{Ks0}) como antes de que los dispositivos TS2 y TS3 se encendieran.

40 **[0081]** Tenga en cuenta que los dispositivos TS2 y TS3 del puente amortiguador 24 se conmutan naturalmente por inversión de corriente y el uso de sus diodos antiparalelos.

[0082] La corriente I_m del motor disminuye durante el período de conducción del transformador, después del punto W, a medida que la energía almacenada en el circuito del motor se transfiere al suministro.

45 **[0083]** El encendido del dispositivo T4 del puente principal finaliza el período de conducción (punto R).

[0084] Cuando se enciende el dispositivo T4, la corriente I_s del motor se conmuta en la trayectoria de rueda libre. Pero, inicialmente, la corriente secundaria I_s del transformador debe continuar fluyendo.

50 **[0085]** La corriente secundaria I_s del transformador disminuye a una velocidad determinada por el voltaje secundario instantáneo V_s del transformador y la inductancia secundaria L_s del transformador. A medida que la corriente secundaria I_s del transformador disminuye, la corriente I_4 a través de la cuarta rama del puente principal 22 aumenta hasta que la corriente secundaria I_s del transformador llega a cero (punto Q).

55 **[0086]** El circuito está ahora en la misma condición que al comienzo del semiciclo (punto Z).

[0087] La segunda mitad del ciclo es una repetición de la primera pero usando los dispositivos T1 y T3 del puente principal 22 en lugar de los dispositivos T1 y T4 y los dispositivos TS1 y TS4 del puente amortiguador en lugar de los dispositivos TS2 y TS3.

[0088] El convertidor descrito anteriormente proporciona un control de cuatro cuadrantes de un motor de tracción de CC de un vehículo ferroviario como un tren, un tranvía o similar.

65 **[0089]** La conmutación forzada del puente principal permite mantener un alto factor de potencia tanto en el

modo de tracción como en el modo de frenado regenerativo debido al puente amortiguador de recuperación de energía que asegura bajas pérdidas generales. Más precisamente, grandes corrientes en el devanado secundario del transformador se transfieren primero a un condensador amortiguador y a continuación se liberan del condensador amortiguador al motor de CC o al devanado secundario del transformador en un punto adecuado en el ciclo de voltaje de CA, dependiendo este punto adecuado de si el convertidor realmente funciona como un rectificador o un inversor.

[0090] Cabe señalar que la acción de amortiguación del puente amortiguador del convertidor es pasiva. La acción de recuperación de energía del puente amortiguador está activa.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor reversible monofásico de CA-CC con amortiguador de baja pérdida que tiene un par de terminales de entrada (N1, N2) destinados a conectarse a un secundario de un transformador cuyo primario está conectado a un suministro de CA de alto voltaje, y un par de terminales de salida (N3, N4) destinados a conectarse a un motor de CC de un vehículo ferroviario, comprendiendo dicho convertidor un puente principal y una unidad de control (26), **caracterizado porque**
- dicho puente principal (22) es un puente totalmente controlado por fuerza conmutada que tiene un primer par de terminales opuestos conectados a los terminales de entrada del convertidor y un segundo par de terminales opuestos conectados a los terminales de salida de los convertidores, comprendiendo cada rama (Bi) del puente controlado un dispositivo semiconductor de potencia controlada (Ti) en serie con un dispositivo electrónico semiconductor de potencia no controlada (Di);
 - dicho puente principal (22) está configurado para transmitir una potencia al motor de CC cuando dicho motor de CC está en un modo de tracción y transmitir una potencia al secundario del transformador cuando dicho motor de CC está en un modo de frenado regenerativo, con la misma dirección de flujo de corriente en el motor de CC en ambos modos debido a una reconfiguración del convertidor por la unidad de control (26);
 - el convertidor comprende además un puente amortiguador (24) que comprende un primer par de terminales opuestos (N5, N6) conectados al terminal de entrada del convertidor y un segundo par de terminales opuestos conectados entre sí por medio de un condensador (Ks), comprendiendo cada rama del puente amortiguador un dispositivo semiconductor de potencia controlada (Tsi); y
 - dichos dispositivos semiconductores de potencia controlada (Ti; Tsi) están configurados para ser encendidos o apagados por la unidad de control de modo que dicho condensador almacene energía desde el secundario y libere dicha energía al motor al final del período conductivo en modo de tracción o al secundario al comienzo del período conductivo en un modo de frenado regenerativo.
2. El convertidor reversible monofásico de CA-CC según la reivindicación 1, **caracterizado porque** cada dispositivo semiconductor de potencia controlada (Ti) del puente principal comprende un dispositivo semiconductor controlado no regenerativo, preferentemente un IGBT, conectado en paralelo con un dispositivo semiconductor no controlado del tipo rectificador, preferentemente un diodo.
3. El convertidor reversible monofásico de CA-CC según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado porque** cada dispositivo electrónico semiconductor de potencia no controlada (Di) del puente principal es del tipo rectificador, preferentemente un diodo.
4. El convertidor reversible monofásico de CA-CC según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** cada dispositivo semiconductor de potencia controlada (Tsi) del puente amortiguador comprende un dispositivo semiconductor controlado no regenerativo, preferentemente un IGBT, conectado en paralelo con un dispositivo semiconductor no controlado del tipo rectificador, preferentemente un diodo.
5. El convertidor reversible monofásico de CA-CC según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el puente amortiguador es pasivo en modo de amortiguación y activo en modo de recuperación de energía.
6. Vehículo ferroviario que comprende un transformador, un convertidor reversible monofásico de CA-CC y al menos un motor de CC, estando conectado dicho convertidor entre un secundario del transformador, cuyo primario está destinado a conectarse con un suministro de CA, y el motor de CC, donde dicho convertidor es un convertidor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

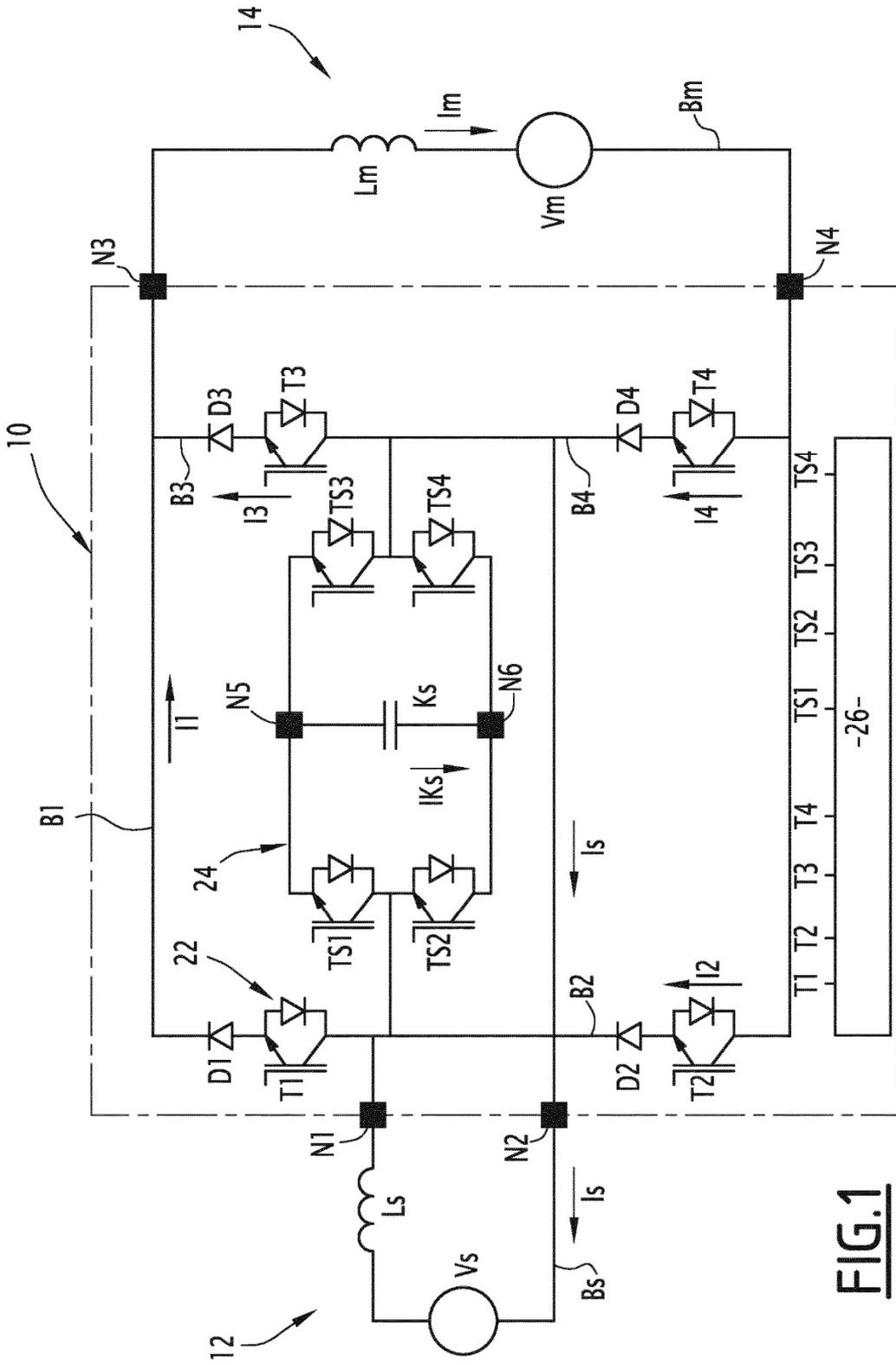


FIG.1

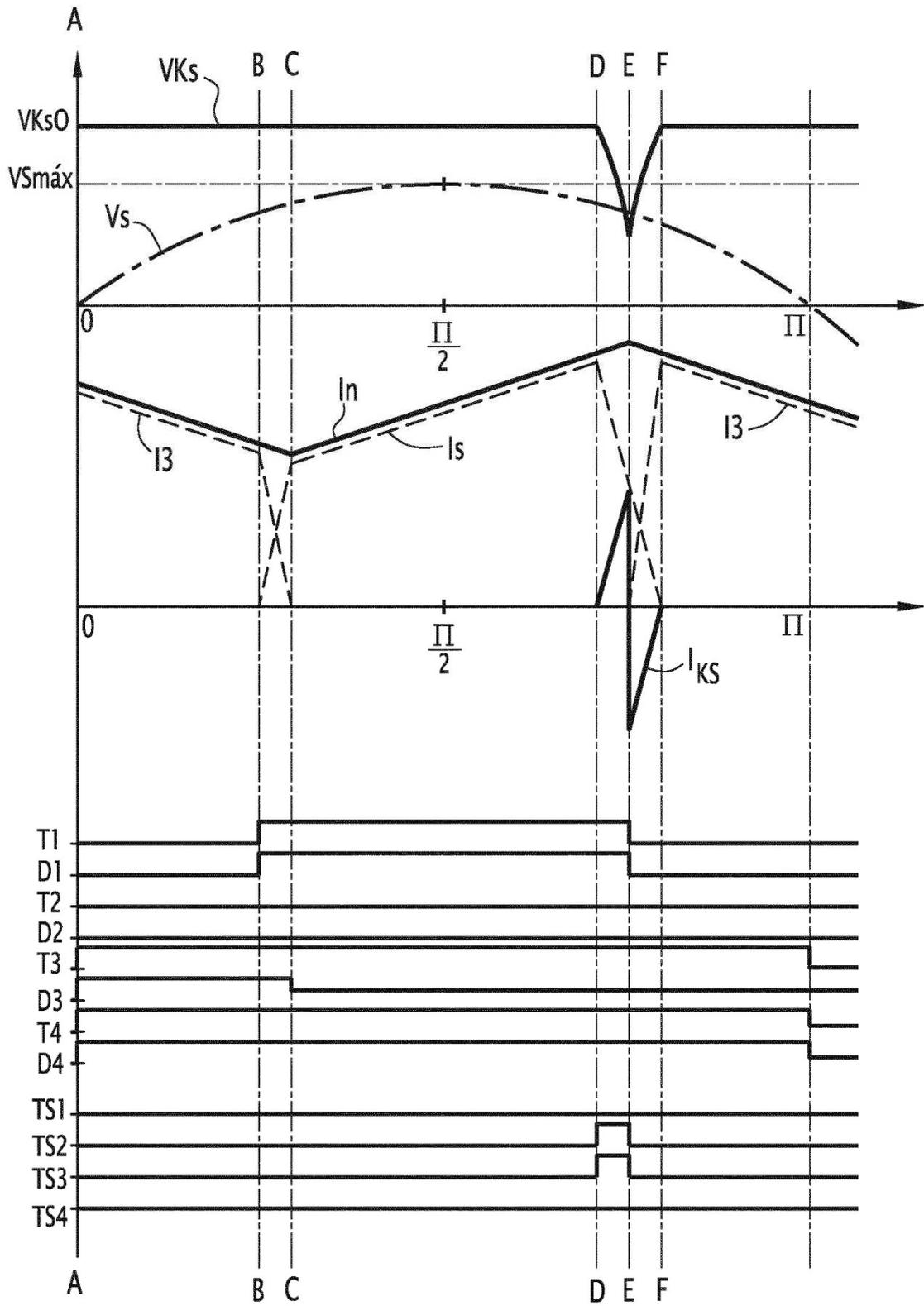


FIG.2

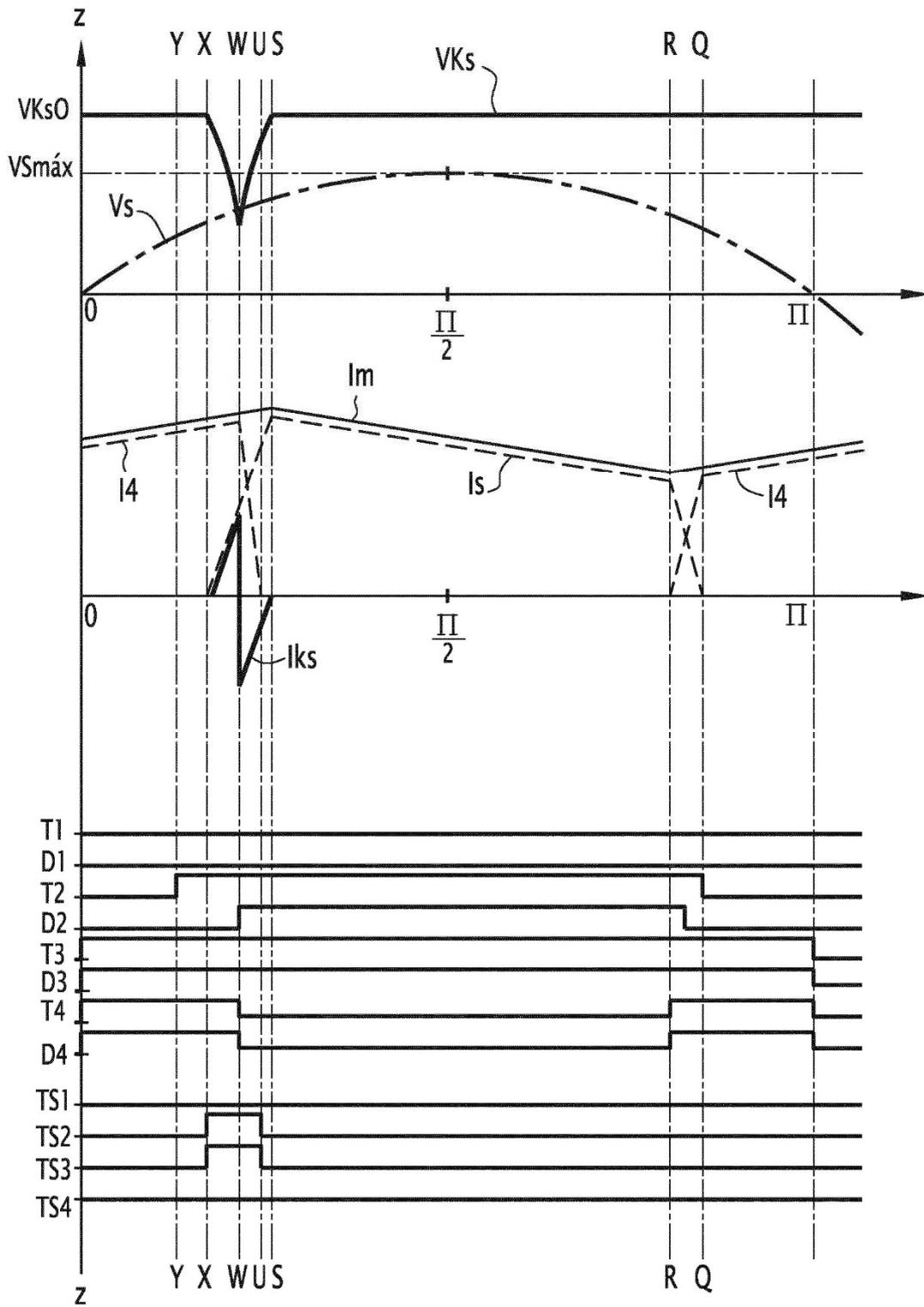


FIG.3