

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 959**

51 Int. Cl.:

H03K 17/0814 (2006.01)

H02M 3/335 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.04.2005 PCT/FR2005/001026**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.12.2005 WO05122399**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2005 E 05762435 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016 EP 1751861**

54 Título: **Convertidor de potencia**

30 Prioridad:

06.05.2004 FR 0404878

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

16.02.2017

73 Titular/es:

**FAIVELEY TRANSPORT (100.0%)
Immeuble Le Delage, Hall Parc- Bâtiment 6A, 3,
rue du 19 mars 1962
92230 Gennevilliers, FR**

72 Inventor/es:

COYAUD, MARTIN

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 601 959 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 de potencia.

5 El campo de aplicación de la invención es el de la conversión de energía eléctrica.

La invención se refiere más precisamente a los convertidores eléctricos en modo conmutado que utilizan unos medios de conmutación controlados.

10 Encuentra en particular, pero no exclusivamente, aplicación en el campo de la conversión de potencia, por ejemplo para los convertidores de alimentación de redes de a bordo y/o de climatización en los trenes, o también para los convertidores de alimentación de motores.

15 De manera más general, encuentra aplicación para todos los convertidores de potencia (típicamente de 1 W a 100 MW o más).

20 Se ha propuesto ya, en la solicitud de patente EP 1 231 704 de la solicitante, una estructura de convertidor que comprende varios transformadores, que comprenden cada uno un devanado primario y un devanado secundario, asociables en serie y/o en paralelo con la ayuda de medios de conmutación.

Los devanados primarios están efectivamente conectados entre sí, así como a los bornes de entrada de la estructura, a través de medios de conmutación que son aptos para ser controlados para permitir conectar dichos devanados primarios según diferentes configuraciones, en las que están en serie y/o en paralelo.

25 Los devanados secundarios también están conectados entre sí, así como a los bornes de salida de la estructura, a través de medios de conmutación que permiten también diferentes configuraciones de montaje en serie y/o en paralelo.

30 Una estructura de este tipo permite fraccionar el convertidor en varios convertidores en serie para tensiones de entrada elevadas, o disponer de varios convertidores en paralelo para tensiones de entrada bajas.

35 Es posible así tratar unos intervalos de tensión de entrada que corresponden a variaciones de circuitos importantes, sin necesitar para los componentes de los diferentes circuitos primarios y secundarios las mismas dimensiones que en una estructura de convertidor clásico.

Sin embargo, un convertidor de este tipo no es totalmente satisfactorio.

En particular, y entre otros inconvenientes, la posible oscilación de su tensión de entrada está limitada.

40 Con el fin de superar esta limitación, se ha propuesto sobredimensionar la tensión admisible por los medios de conmutación. Sin embargo, esto conlleva en particular una disminución de los rendimientos y un aumento del coste del convertidor.

45 La invención tiene en particular por objetivo proponer una solución que permita extender la oscilación de la tensión de entrada del convertidor, que no conlleve las desventajas mencionadas anteriormente.

50 Para este propósito, la invención propone un convertidor de potencia que comprende una pluralidad de transformadores, estando los devanados primarios de estos transformadores conectados entre sí por unos medios de conmutación, estando sus devanados secundarios conectados también entre sí por unos medios de conmutación, caracterizado por que comprende, para por lo menos uno de dichos medios de conmutación, un circuito eléctrico que comprende:

- un circuito de almacenamiento de energía conectado en paralelo sobre el medio de conmutación,

55 - un circuito de descarga del circuito de almacenamiento de energía, conectado a un primer borne conectado al circuito de almacenamiento de energía y a un segundo borne conectado a por lo menos un nodo del convertidor que presenta un potencial cuya fluctuación, bajo el efecto de la conmutación de los medios de conmutación del convertidor, permite la descarga del circuito de almacenamiento por el circuito de descarga.

60 Unos aspectos preferidos, pero no limitativos, del convertidor según la invención son los siguientes:

- el convertidor comprende un circuito eléctrico del tipo expuesto anteriormente para cada uno de los medios de conmutación,

65 - el circuito de almacenamiento de energía comprende en serie por lo menos un medio de almacenamiento de energía y por lo menos una válvula,

- el primer borne del circuito de descarga está conectado al nodo del circuito de almacenamiento de energía constituido por el enlace entre el medio de almacenamiento y la válvula,
- 5 - el circuito de descarga comprende por lo menos un medio de descarga de energía; puede también comprender una válvula en serie con dicho medio de descarga de energía,
- los circuitos de almacenamiento y de descarga están conectados de tal manera que el circuito de almacenamiento de energía se descarga a través del circuito de descarga durante el ciclo de funcionamiento del convertidor.

Otras características, objetivos y ventajas de la invención aparecerán a partir de la lectura de la descripción detallada siguiente, y en relación con las figuras 1 a 4 adjuntas, dadas a título de ejemplos no limitativos y en las que se han representado diferentes variantes de realización de un convertidor según la invención.

15 La invención se refiere a un convertidor de potencia que comprende una pluralidad de transformadores, estando los devanados primarios de estos transformadores conectados entre sí por unos medios de conmutación, estando sus devanados secundarios conectados asimismo entre sí por unos medios de conmutación.

20 El convertidor puede ser alimentado por una tensión continua o alterna.

El convertidor está destinado en particular a ser utilizado en una instalación ferroviaria, fija o móvil.

25 El funcionamiento del convertidor se basa en el modo conmutado de los valores eléctricos con la ayuda de medios de conmutación. Los medios de conmutación utilizados pueden ser unos interruptores unidireccionales o bidireccionales, tales como diodos, tiristores, tiristores GTO, tiristores IGCT, triacs, transistores de tipo FET, bipolares, IGBT, MOSFET, MBS o similares, o unas asociaciones de estos interruptores.

30 El convertidor según la invención comprende más particularmente, para por lo menos uno de los medios de conmutación, y preferentemente para cada uno de los medios de conmutación, un circuito eléctrico que comprende:

- un circuito de almacenamiento de energía conectado en paralelo sobre el medio de conmutación,
- 35 - un circuito de descarga del circuito de almacenamiento de energía, conectado a un primer borne conectado al circuito de almacenamiento de energía y a un segundo borne conectado a por lo menos un nodo del convertidor que presenta un potencial que puede ser inferior al que presenta el circuito de almacenamiento, con el fin de permitir la descarga del circuito de almacenamiento por medio del circuito de descarga.

40 La figura 1 representa un modo de realización posible del circuito primario de un convertidor según la invención.

Se entiende que en la figura 1 se ilustra sólo una parte del circuito primario (constituida por tres devanados primarios P_0 , P_1 , P_2), en la que las líneas discontinuas representan unos conductores eléctricos que conectan dicha parte del circuito primario a los demás niveles que constituyen el circuito primario.

45 El circuito primario comprende así dos conductores eléctricos C_1 , C_2 , cuyos extremos inferiores por un lado y los extremos superiores por otro lado están conectados juntos de manera que los dos conductores eléctricos C_1 , C_2 del circuito primario estén conectados en paralelo entre los bornes de entrada del convertidor.

50 Cada conductor eléctrico C_1 , C_2 comprende unos medios de conmutación en serie, I_1 , I'_1 y I_2 , I'_2 respectivamente para la parte del circuito primario representada en la figura 1.

55 Los devanados primarios P_0 , P_1 , P_2 están conectados entre sí por los medios de conmutación I_1 , I'_1 y I_2 , I'_2 , conectando los medios de conmutación I_1 , I'_1 los niveles del circuito primario constituidos por los devanados P_0 y P_1 , conectando los medios de conmutación I_2 , I'_2 los niveles del circuito primario constituidos por los devanados P_1 y P_2 .

Se han representado las inductancias de fuga respectivas de los devanados primarios P_0 , P_1 y P_2 bajo las referencias L_0 , L_1 y L_2 .

60 Los medios de conmutación I_1 , I'_1 , I_2 , I'_2 representados en esta figura son unos interruptores unidireccionales, denominados a continuación interruptores.

En esta figura 1, con el fin de permitir una mejor legibilidad, se representa un solo circuito que comprende un circuito de almacenamiento y un circuito de descarga, y esto para el interruptor I_1 .

65 Se entenderá, no obstante, que un circuito de este tipo está destinado preferentemente a ser asociado a cada uno de los medios de conmutación del convertidor.

El circuito de almacenamiento, conectado en paralelo sobre el interruptor I_1 , comprende una válvula en serie con un medio de almacenamiento de energía.

5 La válvula representada en la presente memoria a título de ejemplo es más precisamente un diodo D_C . El medio de almacenamiento de energía representado en la presente memoria es una capacidad C .

10 El circuito de descarga permite conectar el nodo constituido por el enlace entre el diodo D_C y la capacidad C a por lo menos un nodo del convertidor seleccionado de tal manera que presenta un potencial que permite la descarga del circuito de almacenamiento por medio del circuito de descarga.

El nodo N_2 seleccionado en este caso es el constituido por el enlace entre el devanado P_2 y el conductor eléctrico C_2 .

15 Se conecta así mediante el circuito eléctrico que comprende los circuitos de almacenamiento y de descarga el nodo N_1 constituido por el enlace entre el devanado P_1 y el conductor C_1 al nodo N_2 constituido por el enlace entre el devanado P_2 del nivel superior y el otro conductor C_2 .

20 Se explota más precisamente, como se detallará a continuación, la fluctuación del potencial del nodo N_2 del convertidor determinada por la secuencia de las conmutaciones de las medias de conmutación del convertidor.

El circuito de descarga comprende un medio de descarga que puede ser conectado en serie con una válvula (en este caso el diodo D_D).

25 Dicho medio de descarga puede ser un medio apto para limitar la intensidad de descarga y suavizar la energía, tal como, por ejemplo, una inductancia (como es el caso de la inductancia L_D representada en la presente memoria).

30 La figura 2 ilustra otro modo de realización posible de la invención según el cual el circuito de descarga no comprende ninguna válvula.

Las figuras 3 y 4 ilustran, por su parte, unas variantes de las figuras 1 y 2 según las cuales el nodo N_2 seleccionado no lo es en un nivel superior sino en un nivel inferior.

35 Así, se conecta, en el marco de estas figuras 3 y 4, mediante el circuito eléctrico que comprende los circuitos de almacenamiento y de descarga, el nodo N_1 constituido por el enlace entre el devanado P_1 y el conductor C_1 al nodo N_2 constituido por el enlace entre el devanado P_0 del nivel inferior y el otro conductor C_2 .

40 Se entenderá que estas diferentes variantes son particularmente útiles cuando se trata de "equipar" los medios de conmutación de los niveles respectivamente inferior y superior de una estructura de convertidor. En efecto, para estos niveles, no existe un nivel más bajo, o respectivamente más alto, sobre el cual se puede buscar el potencial fluctuante que permite la descarga del circuito de almacenamiento.

45 Las variantes según las figuras 3 y 4 según las cuales se conectan "hacia abajo" se pueden utilizar así para el nivel superior de una estructura de convertidor, en donde las figuras 1 y 2, según las cuales se conectan "hacia arriba", pueden ser utilizadas para el nivel inferior.

Se señalará por otro lado que las variantes ilustradas por las figuras 2 y 4, según las cuales el circuito de descarga no comprende ninguna válvula, permiten operar una mejor descarga del circuito de descarga.

50 Se precisa que las válvulas de las cuales se ha hablado anteriormente, tanto a nivel del circuito de almacenamiento como del circuito de descarga, pueden ser controladas o no, con el fin de asegurar su bloqueo/desbloqueo.

55 Se precisa en este caso, a título de ejemplo, que para una frecuencia de conmutación de aproximadamente 20 kHz y una tensión primaria de aproximadamente 400V, los valores de los diferentes componentes eléctricos del convertidor son típicamente los siguientes: la inductancia L_1 es de aproximadamente 5 μ H, la capacidad C de aproximadamente 100 nF, la inductancia L_D de aproximadamente 1 mH, siendo los diodos D_C y D_D seleccionados en función de la potencia del convertidor.

60 Se entenderá también que los ejemplos de realización ilustrados en las figuras 1 a 4 se transponen fácilmente al circuito secundario del convertidor, así como a la configuración dual de la estructura del convertidor descrito hasta ahora.

A continuación, se describe un ciclo de funcionamiento (que comprende las etapas referenciadas 1 a 6 siguientes) del convertidor según el modo de realización posible de la invención ilustrado en la figura 1.

65 Este ciclo de funcionamiento está establecido más particularmente por la ley de control de la conmutación de los

medios de conmutación.

5 Se considera que el medio de almacenamiento del circuito de almacenamiento de energía se descarga al principio del ciclo. 1) En la apertura del interruptor I_1 , la corriente que atraviesa las diferentes inductancias de fuga (entre ellas la inductancia L_1 asociada al devanado P_1) y la que procede de la entrada del convertidor se derivan en la capacidad C a través del diodo D_C . Esto provoca la carga de la capacidad C .

10 La corriente residual en el interruptor I_1 es débil, lo cual tiene el efecto de limitar las pérdidas en la apertura del interruptor.

15 Se habla entonces de conmutación OFF suave del medio de conmutación, por oposición a la conmutación denominada dura, que se observa clásicamente en ausencia del circuito de descarga. 2) La capacidad C se carga y absorbe la energía de las diferentes inductancias de fuga (entre ellas la inductancia L_1) de los transformadores solicitados por la conmutación del interruptor I_1 , y esto hasta el bloqueo del diodo D_C en conmutación suave gracias a las diferentes inductancias de fuga.

20 Este efecto limita las sobretensiones aplicadas sobre el interruptor I_1 , y evita así el sobredimensionamiento de la persistencia en tensión del interruptor. 3) La capacidad C permanece cargada siempre que el circuito de descarga constituido por la inductancia L_2 y por el diodo D_D no esté activado.

La variación de la diferencia de potencial entre los nodos N_1 y N_2 está por supuesto determinada por la ley de control de la conmutación de los medios de conmutación. 4) El interruptor I_1 se cierra sin que se active el circuito eléctrico que comprende los circuitos de almacenamiento y de descarga.

25 El cierre del interruptor I_1 se realiza a través de las diferentes inductancias de fuga (incluyendo la inductancia L_1) lo cual limita las pérdidas en el cierre del interruptor.

30 Se habla entonces de conmutación ON suave del medio de conmutación, por oposición a la conmutación denominada dura, que se observa clásicamente en ausencia de dicho circuito eléctrico. 5) Cuando la tensión en los bornes de circuito de descarga constituido por la inductancia L_2 y por el diodo D_D se vuelve negativa por disminución del potencial del nodo N_2 , el condensador C se descarga progresivamente a través del circuito de descarga.

35 La tensión de la capacidad C disminuye progresivamente gracias a la inductancia L_D . La corriente se instaure progresivamente, lo cual tiene por efecto realizar el desbloqueo del diodo D_D por conmutación ON suave. 6) La corriente residual que circula en el circuito de descarga constituida por la inductancia L_D y por el diodo D_D se evacua a través del diodo D_C en los transformadores e interruptores cerrados presentes entre los nodos N_1 y N_2 , hasta la descarga total o parcial de la energía contenida en la inductancia L_D . La corriente disminuye progresivamente, lo cual tiene por efecto la operación del bloqueo del diodo D_D por conmutación OFF suave.

40 Durante la etapa 1) del ciclo de funcionamiento, la capacidad C puede almacenar la energía de las diferentes inductancias de fuga (incluyendo la inductancia L_1) y la que procede de la entrada del convertidor.

45 Este almacenamiento de energía tiene por efecto permitir la utilización del circuito de almacenamiento de energía como una fuente de tensión temporal y variable (dependiendo esta fuente de la corriente inyectada en el circuito de almacenamiento de energía).

50 La tensión media aplicable en la entrada del convertidor puede así ser aumentada, lo cual permite en particular limitar el número de niveles de medios de conmutación necesarios en el convertidor para tener su tensión máxima de funcionamiento.

El convertidor según la invención dispone así de una oscilación de la tensión de entrada superior a la de un convertidor clásico.

55 En particular, esta mejora de la oscilación de la tensión de entrada se obtiene sin sobredimensionamiento de los medios de conmutación.

60 A título de ejemplo, para un convertidor clásico que dispone de una potencia de 50 kW, la tensión máxima que puede ser alcanzada es de aproximadamente 2800 V. Para un convertidor según la invención que dispone de una misma potencia, la tensión máxima es claramente superior, típicamente superior a 8000 V.

El convertidor según la invención presenta también otras ventajas con respecto a los convertidores clásicos que no disponen, para la totalidad o parte de los medios de conmutación, de un circuito eléctrico que comprende los circuitos de almacenamiento y de descarga presentados anteriormente.

65 * Los convertidores clásicos presentan en efecto unas pérdidas de conmutación importantes, en particular debido a una utilización de los medios de conmutación en conmutación denominada dura, lo cual tiene por

efecto limitar el aumento de la frecuencia y degradar el rendimiento de conversión.

La utilización según la invención de los medios de conmutación en conmutación suave permite limitar, incluso anular (en particular en conmutación OFF) las pérdidas de conmutación.

5 El rendimiento de conversión del convertidor se ve así mejorado.

La frecuencia de conmutación del convertidor se puede aumentar, lo cual mejora así las posibilidades de integración de convertidor y la eficacia de la regulación.

10 * En los convertidores clásicos, las inductancias de fuga de los transformadores generan unas sobretensiones, lo cual implica recurrir a un dimensionamiento particular de los medios de conmutación.

15 En el marco de la invención, el impacto de los componentes parásitos (tales como las inductancias de fuga de los transformadores) en el dimensionamiento de los medios de conmutación está limitado.

* Las fases de arranque y de parada de los convertidores clásicos plantean un problema. Necesitan en particular un dispositivo adicional de precarga de su circuito secundario para poder ser iniciadas.

20 En efecto, el control de la corriente de entrada de un convertidor clásico es posible gracias a la tensión presente en los devanados de los transformadores. La ausencia de tensión en el circuito secundario conduce a la ausencia de tensión sobre los devanados de los transformadores en el primario y por lo tanto a la imposibilidad de controlar la corriente de arranque del convertidor clásico.

25 La parada momentánea o permanente, durante la fase de arranque o durante el funcionamiento normal no es previsible por lo tanto sin interrumpir el circuito primario. La interrupción del circuito primario del convertidor clásico, en carga o en el arranque, provoca la aparición de tensiones susceptibles de destruir los medios de conmutación.

30 El convertidor según la invención permite la interrupción del circuito primario desviando la energía del circuito primario a los medios de almacenamiento de energía. Presenta simultáneamente la propiedad de hacer desaparecer una tensión en sus bornes que compensa la tensión del circuito de entrada, y permite el control de la corriente. La precarga del circuito secundario de un convertidor según la invención se puede realizar sin ningún dispositivo externo, simplemente controlando los medios de conmutación del convertidor según la invención.

35 * En el marco de la invención, los frentes de tensión debidos a los medios de conmutación son limitados, lo cual tiene por efecto mejorar los rendimientos del convertidor en términos de compatibilidad electromagnética.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de potencia que comprende una pluralidad de transformadores, estando los devanados primarios (P_0 , P_1 , P_2) de estos transformadores conectados entre sí por unos medios de conmutación (I_1 , I_2 , I'_1 , I'_2), estando sus devanados secundarios conectados también entre sí por unos medios de conmutación,
- 5 caracterizado por que comprende, para por lo menos uno de dichos medios de conmutación, un circuito eléctrico que comprende:
- 10 - un circuito (D_c , C) de almacenamiento de energía conectado en paralelo sobre el medio de conmutación,
- un circuito de descarga del circuito de almacenamiento de energía, conectado a un primer borne conectado al circuito de almacenamiento de energía y a un segundo borne conectado por lo menos a un nodo (N_2) del convertidor que presenta un potencial cuya fluctuación, bajo el efecto de la conmutación de los medios de conmutación del convertidor, permite la descarga del circuito de almacenamiento por el circuito de descarga.
- 15
2. Convertidor según la reivindicación anterior, caracterizado por que comprende dicho circuito eléctrico para cada uno de los medios de conmutación.
- 20
3. Convertidor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el circuito de almacenamiento de energía comprende en serie por lo menos un medio de almacenamiento de energía y por lo menos una válvula.
4. Convertidor según la reivindicación anterior, caracterizado por que el primer borne del circuito de descarga está conectado al nodo del circuito de almacenamiento de energía constituido por el enlace entre el medio de almacenamiento y la válvula.
- 25
5. Convertidor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el circuito de descarga comprende por lo menos un medio de descarga de energía.
- 30
6. Convertidor según la reivindicación anterior, caracterizado por que el circuito de descarga comprende además por lo menos una válvula en serie con dicho medio de descarga de energía.

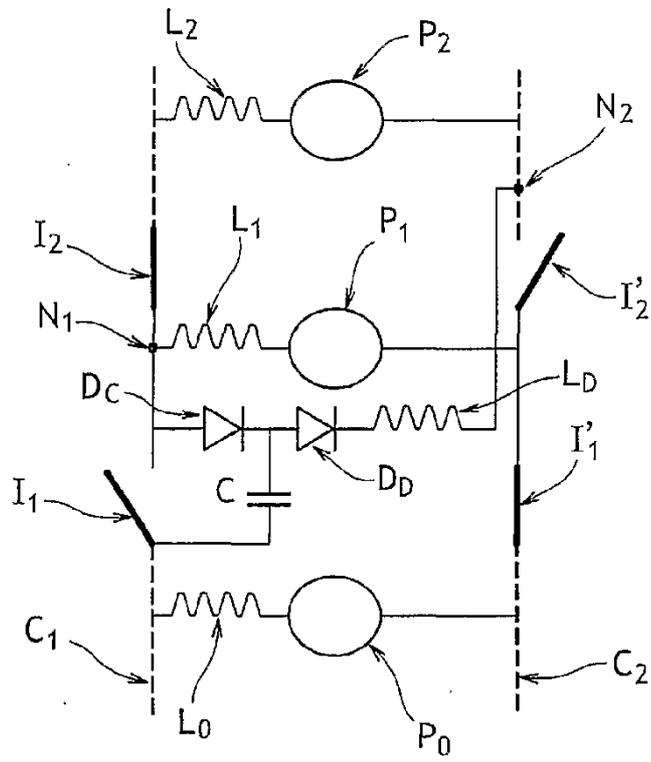


FIG.1

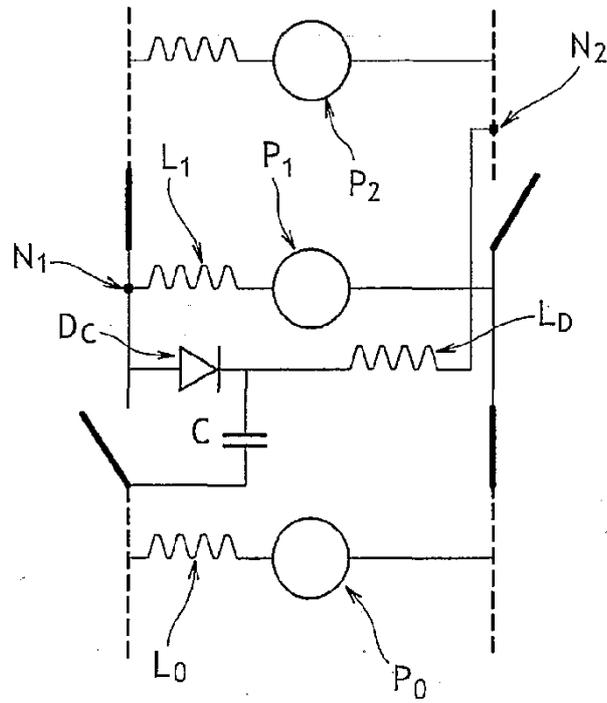


FIG.2

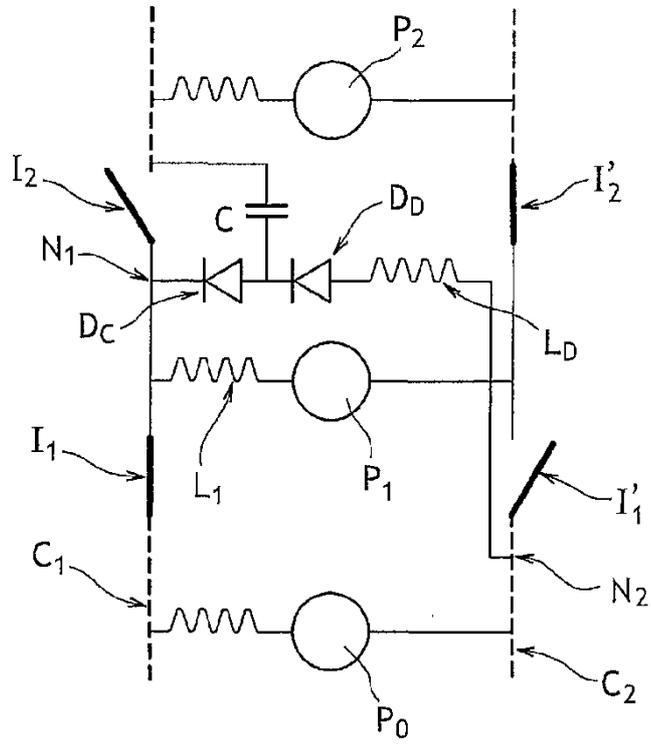


FIG.3

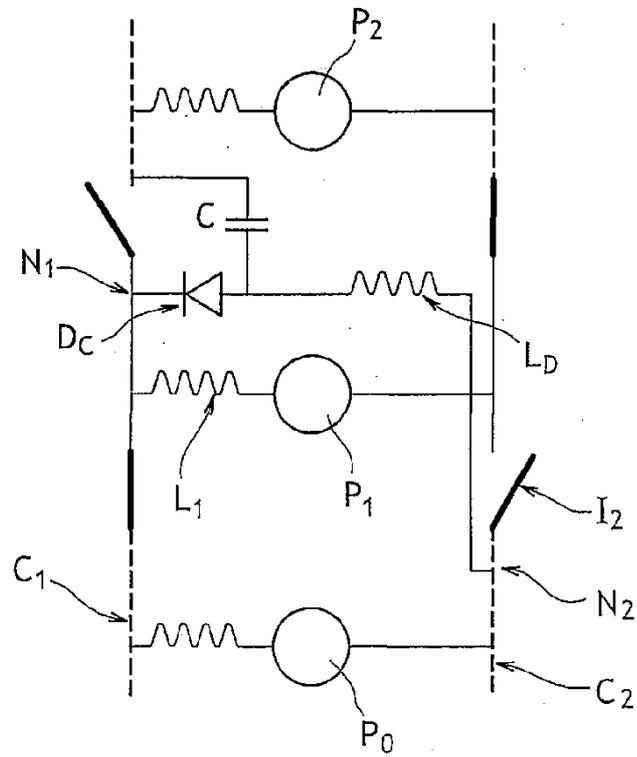


FIG.4