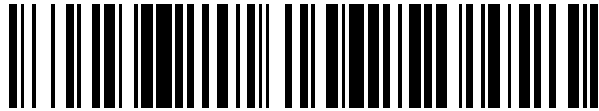


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 494**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.11.2008 PCT/EP2008/065270**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2009 WO09115141**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2008 E 08873419 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2255434**

54 Título: **Procedimiento para controlar un convertidor de potencia multifásico con almacenamiento de energía distribuido a bajas frecuencias de salida**

30 Prioridad:

19.03.2008 DE 102008014898

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

19.04.2018

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

HILLER, MARC

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 664 494 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 controlar un convertidor de potencia multifásico con almacenamiento de energía distribuido a bajas frecuencias de salida.

5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar un convertidor de potencia multifásico con al menos dos módulos de fase presentando una rama de válvulas superior y una inferior teniendo en cada caso al menos dos subsistemas dipolares conectados en serie a bajas frecuencias de salida.

10 Un convertidor de potencia tal con almacenamiento de energía distribuido se conoce gracias a la publicación "Concepto modular de convertidor de potencia para aplicación de acoplamiento a red a altas tensiones", de Rainer Marquardt, Anton Lesnicar y Jürgen Hildinger, impreso en las Actas de la Conferencia de la ETG de 2002. En esta publicación se usa un convertidor de potencia tal para un convertidor de potencia del lado de la red y del lado de la carga, donde estos dos convertidores de potencia con almacenamiento de energía distribuido están acoplados entre sí del lado de la tensión continua.

15 En la FIG 1 se representa a fondo un convertidor de potencia tal con almacenamiento de energía distribuido. Conforme a este sistema de conexión, este circuito convertidor de potencia conocido presenta tres módulos de fase, designados en cada caso con 100. Estos módulos de fase 100 están conectados de manera eléctricamente conductora del lado de la tensión continua en cada caso con un terminal P y/o N con una barra colectora de tensión continua positiva y/o negativa P_0 y/o N_0 . Entre estas dos barras colectoras de tensión continua P_0 y N_0 hay tensión continua U_d . Cada módulo de fase 100 tiene una rama de válvulas superior y una inferior T1 y/o T3 y/o T5 y T2 y/o T4 y/o T6. Cada una de estas ramas de válvulas T1 a T6 presenta un número de subsistemas dipolares 10 conectados eléctricamente en serie. En este diagrama equivalente se representan por rama de válvulas T1, ..., T6 cuatro subsistemas 10. Cada punto de enlace de dos ramas de válvulas T1 y T2 y/o T3 y T4 y/o T5 y T6 de un módulo de fase 100 forma un terminal del lado de la tensión alterna L1 y/o L2 y/o L3 de este módulo de fase 100.

25 En la FIG 2 se representa a fondo un modo de operación de un subsistema dipolar 10 conocido. El sistema de conexión conforme a la FIG 3 representa una variante funcional equivalente. Ambos subsistemas 10 y 11 se describen a fondo en la DE 101 03 031 A1, con lo que también su modo de operación puede extraerse de este documento de patente.

30 Otro modo de operación de un subsistema dipolar 20 se representa a fondo en la FIG 3. Este modo de operación del subsistema dipolar 20 se conoce gracias a la DE 10 2005 041 087 A1. La construcción y el modo de operación de este subsistema dipolar 20 se describe detalladamente en este documento de patente, de forma que aquí puede prescindirse de ello.

35 El número de almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 independientes conectados en serie entre un terminal positivo P y un terminal del lado de la tensión alterna L1 y/o L2 y/o L3 de un módulo de fases 100 se designa como número de conexiones en serie n. Además, es ventajoso, aunque no obligatoriamente necesario, entre un terminal del lado de la tensión alterna L1 y/o L2 y/o L3 y un terminal negativo N de un módulo de fase 100, realizar el mismo número de conexiones en serie n. Conforme a la FIG 1, cada rama de válvulas T1, ..., T6 del convertidor de potencia multifásico presenta cuatro subsistemas dipolares 10, que están conectados eléctricamente en serie. Como estos subsistemas 10 en cada caso sólo tienen un almacenamiento de energía 9 independiente, se origina un número de conexiones en serie de $n=4$. Si en vez de estos subsistemas 10 se utilizaran cuatro subsistemas 20 conformes a la FIG 2, esto se traduciría en un número de conexiones en serie $n=8$, pues cada subsistema 20 tiene dos almacenamientos de energía 29 y 30 independientes.

Para la siguiente explicación se supone que todos los almacenamientos de energía 9 de los subsistemas 10 de cada rama de válvulas T1, ..., T6 de este convertidor de potencia multifásico están cargados en cada caso a la misma tensión U_c . Un procedimiento para cargar estos almacenamientos de energía 9 puede extraerse, por ejemplo, de las actas del congreso de la ETG de 2002.

45 Las tensiones $u_1(t)$, ..., $u_6(t)$ en las ramas de válvulas T1, ..., T6, designadas también como tensión de rama de válvulas $u_1(t)$, ..., $u_6(t)$, se componen de una variable de tensión continua $1/2U_d$ y de una variable de tensión alterna $u_{10}(t)$, $u_{20}(t)$, $u_{30}(t)$. Esta variable de tensión alterna $u_{10}(t)$ y/o $u_{20}(t)$ y/o $u_{30}(t)$ presenta, por un lado, una frecuencia y una amplitud de una tensión de salida deseada del convertidor de potencia. Estas variables de tensión alterna $u_{10}(t)$, $u_{20}(t)$ y $u_{30}(t)$ se refieren conforme a la FIG 1 a un punto central ficticio 0 entre ambas barras colectoras de tensión continua P_0 y N_0 . Esto conlleva tensiones de salida sinusoidales del convertidor $u_{10}(t)$, $u_{20}(t)$ y $u_{30}(t)$, donde para las amplitudes de las tensiones referidas al punto central 0 $u_{10}(t)$, $u_{20}(t)$ y $u_{30}(t)$ tiene que valer que cada amplitud de una variable de tensión alterna $u_{10}(t)$, $u_{20}(t)$ y $u_{30}(t)$ tiene que ser siempre menor que la mitad de la tensión continua U_d . La tensión $u_1(t)$ y/o $u_2(t)$ y/o $u_3(t)$ y/o $u_4(t)$ y/o $u_5(t)$ y/o $u_6(t)$ de una rama de válvulas T1 y/o T2 y/o T3 y/o T4 y/o T5 y/o T6 tiene que ser, por consiguiente, siempre positiva, pues todos los subsistemas dipolares 10 conectados en serie de una rama de válvulas T1, ..., T6, independientemente de la dirección de la corriente de la rama de válvulas,

en todos los estados de conmutación sólo pueden generar un cortocircuito o una tensión positiva en los bornes de salida X1 y X2 de cada subsistema dipolar 10. Las tensiones negativas no son posibles debido a la estructura de estos subsistemas dipolares 10, 11 y/o 20. Por consiguiente, la tensión de válvula $u_1(t)$ y/o $u_2(t)$ y/o $u_3(t)$ y/o $u_4(t)$ y/o $u_5(t)$ y/o $u_6(t)$ de cada rama de válvulas T1 y/o T2 y/o T3 y/o T4 y/o T5 y/o T6 puede variar entre cero y n veces una tensión del condensador U_c del almacenamiento de energía 9 y/o 29, 30 independiente de n.

En la FIG 5 se representan una curva de la tensión de rama de válvulas $u_1(t)$ y de la corriente de rama de válvulas $i_1(t)$ de la rama de válvulas T1 del módulo de fase 100 del convertidor de potencia multifásico conforme a la FIG 1 en el diagrama a lo largo del tiempo t. Si se multiplicaran ambas curvas, se obtendría la evolución temporal de una potencia instantánea $P_{T1}(t)$ de esta rama de válvulas T1, que se ilustra en un diagrama a lo largo del tiempo t en la FIG 6. Si se integrara esta potencia instantánea $P_{T1}(t)$ de la rama de válvulas T1 a lo largo de un periodo de la tensión de la rama de válvulas $u_1(t)$ (que corresponde a las áreas bajo las secciones de curva de la curva de la potencia instantánea $P_{T1}(t)$) se obtendría en el estado estacionario siempre el valor cero. Esto significa que los almacenamientos de energía 9 de los subsistemas dipolares 10 en esta rama de válvulas T1 en total no absorben o liberan ninguna energía. Lo mismo es válido también para todas las otras ramas de válvulas T2, ..., T6 del convertidor de potencia multifásico según la FIG 1.

De esto se deduce que el contenido energético de cada almacenamiento de energía 9 de cada rama de válvulas T1, ..., T6 del convertidor de potencia multifásico según la FIG 1 y, por tanto, este convertidor de potencia multifásico será estacionariamente constante. Por este motivo, estos subsistemas dipolares 10 y/o 11 y/o 20 tampoco necesitan ningún suministro de potencia activa a los respectivos terminales de tensión continua del almacenamiento de energía 9 y/o 29, 30.

El dimensionamiento de un contenido energético de cada almacenamiento de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20 de cada rama de válvulas T1, ..., T6 se lleva a cabo más favorablemente según el aumento de energía máximo necesario. Además, hay que tener en cuenta que la fluctuación de la tensión ΔU superpuesta al valor medio de tensión estacionaria en los almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 no puede superar un valor límite máximo predeterminado. Esta tensión máxima está determinada por la resistencia a la tensión de los interruptores semiconductores desconectables usados en los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20 y almacenamientos de energía 9 y/o 29,30, aunque también por consideraciones de ingeniería de control. Un factor decisivo al dimensionar el almacenamiento de energía 9 y/o 29,30 es la frecuencia de salida del convertidor de potencia multifásico conforme a la FIG 1. Cuanto menor sea esta frecuencia de salida, tanto mayor será el aumento de energía por periodo en el almacenamiento de energía 9 y/o 29,30. Esto significa que, para una fluctuación de la tensión ΔU predeterminada, el tamaño necesario del almacenamiento de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20 con frecuencia decreciente hasta la operación en tensión continua (frecuencia igual a cero) será de hiperbólico a infinito.

Esta relación de fluctuación de la tensión ΔU y frecuencia de salida f del convertidor de potencia multifásico conforme a la FIG 1 se representa en un diagrama conforme a la FIG 7. En este diagrama se representan una curva hiperbólica A para la fluctuación de la tensión de un almacenamiento de energía (línea continua) y una curva hiperbólica B para la fluctuación de la tensión al usar tres almacenamientos parciales de energía paralelos por almacenamiento de energía 9 y/o 29, 30, es decir el triple de capacidad del circuito intermedio (línea discontinua). De la curva hiperbólica A puede deducirse que, partiendo de una frecuencia de salida $f=50\text{Hz}$, la fluctuación de la tensión ΔU aumenta considerablemente al disminuir la frecuencia. Si a la mitad de la frecuencia de salida, la fluctuación de la tensión ΔU debiera ser igual a la fluctuación de la tensión ΔU a la frecuencia de salida $f=50\text{Hz}$, el valor de un almacenamiento de energía 9 y/o 29,30 de un subsistema dipolar 10,11 y/o 20 tendría que ser un múltiplo mayor.

En el diagrama conforme a la FIG 8 se representan una curva de la tensión de la rama de válvulas $u_1(t)$ con una frecuencia de salida $f=50\text{Hz}$ y una curva de esta tensión de la rama de válvulas $u_1(t)$ con una frecuencia de salida $f=5\text{Hz}$ a lo largo del tiempo t. La amplitud de la tensión de la rama de válvulas $u_1(t)$ con una frecuencia de salida $f=5\text{Hz}$ se ha reducido según una curva característica u-f. Calculando de nuevo considerando la correspondiente corriente de la rama de válvulas en la rama de válvulas T1 del convertidor de potencia multifásico conforme a la FIG 1, se obtiene una potencia instantánea $P_{T1}(t)$ asociada a una frecuencia de salida $f=50\text{Hz}$ y $f=5\text{Hz}$. Estas dos curvas de la potencia instantánea $P_{T1}(t)$ de la rama de válvulas T1 se representan en el diagrama de la FIG 9 a lo largo del tiempo t. El aumento de energía a la frecuencia de salida $f=5\text{Hz}$ ha crecido considerablemente en comparación con el aumento de energía a la frecuencia de salida $f=50\text{Hz}$. En este ejemplo representado, el aumento de energía a $f=5\text{Hz}$ es 25 veces mayor que a $f=50\text{Hz}$.

Para obtener también en este punto de operación ($f=5\text{Hz}$) la misma fluctuación de la tensión ΔU que a la frecuencia de salida $f=50\text{Hz}$, se tendría que dimensionar el almacenamiento de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20 mayor en un factor de 25.

Para obtener una solución atractiva respecto a tamaño y costes, resulta ventajoso que el diseño del almacenamiento de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20 de las ramas de válvulas T1, ..., T6 del convertidor

de potencia multifásico conforme a la FIG 1 se realice para un punto nominal. Esto significa que en este punto nominal el aumento de energía conlleva ya una fluctuación de la tensión ΔU admisible máxima predeterminada. Para un funcionamiento a bajas frecuencias, o sea inferiores a una frecuencia nominal f_N , hasta una operación en CC pura ($f=0$ Hz), tal y como ocurre al arrancar los accionamientos, no pueden usarse los procedimientos de control conformes al estado actual de la técnica para un diseño realista y competitivo del almacenamiento de energía 9 y/o 29,30 del subsistema dipolar empleado 10,11 y/o 20.

La invención se basa ahora en el objeto de especificar un procedimiento para controlar un convertidor de potencia multifásico con almacenamiento de energía distribuido, por el cual se posibilite un funcionamiento a bajas frecuencias de salida hasta la operación en CC.

10 Este objeto se resuelve conforme a la invención con las características de la reivindicación 1.

Conforme a la invención, a un valor teórico de todas las tensiones de rama de válvulas del convertidor de potencia multifásico con almacenamiento de energía distribuido se le superpone una tensión en modo común. Como esta tensión alterna superpuesta altera simultáneamente los potenciales de todos los tres terminales del lado de la tensión alterna del convertidor de potencia multifásico con almacenamiento de energía distribuido en comparación con los potenciales de sus barras colectoras de tensión continua, esta tensión alterna modulada se designada como tensión en modo común. Mediante la tensión en modo común superpuesta se asegura que las tensiones de salida conductor-conductor del convertidor de potencia multifásico con almacenamiento de energía distribuido permanezcan inalteradas.

20 En un modo de operación favorable del procedimiento conforme a la invención, la tensión en modo común se preddefine de tal manera, que la fluctuación de la tensión de todos los almacenamientos de energía 9 y/o 29, 30 no superen un valor máximo predeterminado. De este modo, la tensión máxima en los almacenamientos de energía permanece asimismo por debajo de un valor máximo predeterminado, que se selecciona conforme a la resistencia a la tensión del semiconductor y del almacenamiento de energía.

25 En otro modo de operación favorable del procedimiento conforme a la invención, la tensión en modo común se preddefine de tal manera que en cada caso no se supere un valor máximo predeterminado para las corrientes de rama de válvulas. De este modo se limitan a un valor las pérdidas de paso y de conmutación que aparecen en los interruptores semiconductores desconectables de los subsistemas dipolares empleados.

30 En otro modo de operación favorable del procedimiento conforme a la invención, la amplitud de la tensión en modo común es inversamente proporcional al aumento de la frecuencia de salida. De este modo se logra que esta tensión en modo común sólo sea efectiva en una banda de frecuencia inferior a una frecuencia nominal.

Otras ordenaciones favorables del procedimiento conforme a la invención pueden encontrarse en las subreivindicaciones 5 a 9.

Para explicar adicionalmente la invención se hace referencia a los dibujos, en base a los cuales debería describirse más a fondo el procedimiento conforme a la invención.

35 FIG 1 muestra un diagrama de un convertidor de potencia trifásico conocido con almacenamiento de energía distribuido, las

FIG 2 a 4 muestran en cada caso un diagrama equivalente de un subsistema dipolar del convertidor de potencia según la FIG 1, en la

40 FIG 5 se representan en un diagrama a lo largo del tiempo t una tensión de rama de válvulas y una correspondiente corriente de rama de válvulas, mientras que en la

FIG 6 se representa en un diagrama a lo largo del tiempo t una potencia instantánea correspondiente a la tensión de rama de válvulas y a la corriente de rama de válvulas conforme a la FIG 5 a lo largo del tiempo t , la

FIG 7 muestra en un diagrama la fluctuación de la tensión en función de la frecuencia de salida del convertidor de potencia conforme a la FIG 1, en la

45 FIG 8 se representan en un diagrama a lo largo del tiempo t una tensión de rama de válvulas del convertidor de potencia según la FIG 1 a una frecuencia de salida de 50Hz y 5Hz, en la

FIG 9 se ilustran en un diagrama a lo largo del tiempo t las correspondientes potencias instantáneas, la

FIG 10 muestra en un diagrama a lo largo del tiempo t una tensión de rama de válvulas a una frecuencia de salida $f=5\text{Hz}$ con una tensión en modo común no igual y/o igual a cero, en la

FIG 11 se representan en un diagrama a lo largo del tiempo t tres tensiones de rama de válvulas del convertidor de potencia según la FIG 1 en cada caso con una tensión en modo común no igual a cero y la

5 FIG 12 muestra un modo de operación favorable del convertidor de potencia trifásico según la FIG 1.

Tal y como se describió ya inicialmente, para los perfiles temporales de las tensiones de rama de válvulas $u_1(t)$, ..., $u_6(t)$ se aplican las siguientes ecuaciones:

$$u_1(t) \sim 1/2 \cdot U_d - u_{10}(t),$$

$$u_2(t) \sim 1/2 \cdot U_d + u_{10}(t),$$

$$u_3(t) \sim 1/2 \cdot U_d - u_{20}(t),$$

$$u_4(t) \sim 1/2 \cdot U_d + u_{20}(t),$$

$$u_5(t) \sim 1/2 \cdot U_d - u_{30}(t),$$

$$u_6(t) \sim 1/2 \cdot U_d + u_{30}(t).$$

10 Esto significa, que cada rama de válvulas T1, ..., T6 produce en cualquier instante siempre la mitad de la tensión continua U_d entre las barras colectoras de tensión continua P_0 y N_0 comunes a todos los módulos de fase 100. Esta variable de corriente continua es generalmente un componente sinusoidal con una frecuencia predeterminada y superpuesto a una amplitud deseada de una tensión de salida del convertidor de potencia $u_{10}(t)$, $u_{20}(t)$ y/o $u_{30}(t)$, que está referido a un punto central ficticio entre las barras colectoras de tensión P_0 y N_0 .

15 Conforme a la invención a estas tensiones de rama de válvulas $u_1(t)$, ..., $u_6(t)$, se les superpone en cada caso una tensión en modo común $u_{CM}(t)$ de tal manera que las tensiones de salida concatenadas no sean tenidas en cuenta. Para los perfiles temporales de estas tensiones de rama de válvulas $u_1(t)$, ..., $u_6(t)$ valen entonces las siguientes ecuaciones:

$$u_1(t) \sim 1/2 \cdot U_d - u_{10}(t) + u_{CM}(t),$$

$$u_2(t) \sim 1/2 \cdot U_d + u_{10}(t) - u_{CM}(t),$$

$$u_3(t) \sim 1/2 \cdot U_d - u_{20}(t) + u_{CM}(t),$$

$$u_4(t) \sim 1/2 \cdot U_d + u_{20}(t) - u_{CM}(t),$$

$$u_5(t) \sim 1/2 \cdot U_d - u_{30}(t) + u_{CM}(t),$$

$$u_6(t) \sim 1/2 \cdot U_d + u_{30}(t) - u_{CM}(t).$$

5 En el diagrama conforme a la FIG 10 se representan una tensión de rama de válvulas $u_1(t)$ a una frecuencia de salida $f=5\text{Hz}$ con una tensión en modo común $u_{CM}(t)$ una vez no igual a cero y una vez igual a cero a lo largo del tiempo t . De la evolución de la señal de la tensión de rama de válvulas $u_1(t)$ con una tensión en modo común $u_{CM}(t)$ superpuesta no igual a cero, se desprende que esta tensión en modo común $u_{CM}(t)$ es sinusoidal y su amplitud es tal que el valor pico $\hat{u}_1(t)$ de la tensión de rama de válvulas $u_1(t)$ satisface una condición límite superior, de forma que sea válido:

$$0 < u_1(t) < U_d$$

10 Dado que las corrientes de salida del convertidor de potencia $i_{L1}(t), i_{L2}(t)$ e $i_{L3}(t)$, se designan también como corrientes de carga $i_{L1}(t), i_{L2}(t)$ e $i_{L3}(t)$ y, por consiguiente, también las potencias de rama de válvulas $P_{T1}(t), \dots, P_{T6}(t)$ de cada rama de válvulas $T1, \dots, T6$ durante la operación con una pequeña frecuencia de salida f hasta una frecuencia inicial $f=0$ (operación en CC) presentan en el transcurso temporal sólo muy pocos o ningún cero (FIG 9), es suficiente, en comparación con la operación a frecuencia nominal f_N con el mismo tamaño del almacenamiento de energía, ahora no más la simetrización del almacenamiento de energía 9 dentro de una rama de válvulas $T1, \dots, T6$ y con ello dentro de un periodo eléctrico de una tensión de salida del convertidor de potencia $u_{10}(t), u_{20}(t)$ y/o $u_{30}(t)$. Los periodos, en los que las ramas de válvulas $T1, \dots, T6$ están sometidas en cada caso a una dirección de corriente de válvula constante, son demasiado largos durante la operación sin tensión en modo común $u_{CM}(t)$ modulada. De este modo los almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20 utilizados se descargan y/o cargan demasiado, lo que provocaría una fluctuación de la tensión ΔU inaceptablemente alta en los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20.

20 Mediante la modulación de una tensión en modo común $u_{CM}(t)$ se fuerza un intercambio de energía entre los subsistemas 10,11 y 20 presentes en estado de conmutación II ($UX = UC$) de los módulos de fase 100 conectados a las barras colectoras de tensión continua P_0 y N_0 del convertidor de potencia multifásico conforme a la FIG 1. Si los potenciales de las tensiones de salida del convertidor de potencia $u_{10}(t), u_{20}(t)$ y $u_{30}(t)$ estuvieran cerca de la barra colectora de tensión continua P_0 (FIG 11), los almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas 10,11 y/o 20 de las ramas inferiores de válvulas $T2, T4, T6$ igualarían su contenido energético. Si el potencial de las tensiones de salida del convertidor de potencia $u_{10}(t), u_{20}(t)$ y $u_{30}(t)$ estuviera cerca de la barra colectora de tensión continua N_0 del convertidor de potencia multifásico conforme a la FIG 1, los almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas 10,11 y/o 20 de las ramas superiores de válvulas $T1, T3$ y $T5$ igualarían su contenido energético.

30 Esta aproximación de los contenidos energéticos conlleva una corriente adicional de rama de válvulas, que es componente de una corriente de compensación existente. En este caso, el balance de energía sería pasivo, es decir, sin interferencia de un control/regulación de nivel superior. Por otra parte, también es posible influir específicamente en el balance de energía influyendo activamente en las corrientes de rama de válvulas. En este caso, se usaría el procedimiento conocido a partir de la especificación de patente 10 2005 045 090.

35 La tensión en modo común $u_{CM}(t)$ puede utilizarse, sin embargo, independientemente del tipo de balance de energía (pasivo o activo). Sólo mediante el desplazamiento simultáneo de los potenciales de las tensiones de salida del convertidor de potencia $u_{10}(t), u_{20}(t)$ y $u_{30}(t)$, debido a una tensión en modo común $u_{CM}(t)$, es posible limitar el aumento de energía del almacenamiento de energía mediante corrientes de compensación de tal forma que la altura de estas corrientes de compensación no provoque un sobredimensionamiento desfavorable del semiconductor.

40 La corriente de rama de válvulas adicional conlleva mayores pérdidas de paso y de conmutación en los interruptores semiconductores desconectables de los subsistemas dipolares 10,11 y/o 20 empleados. De este modo se obtiene, sin embargo, un dimensionamiento más favorable del almacenamiento de energía de los subsistemas 10,11 y/o 20 usados. Es decir, este inconveniente se considera pequeño respecto a la ventaja (dimensionamiento más favorable del almacenamiento de energía).

45 Al seleccionar la amplitud, forma de la curva (sinusoidal, trapezoidal, triangular, ...) y frecuencia de la tensión en modo común $u_{CM}(t)$, se tienen al diseñar en principio muchos grados de libertad. Los siguientes puntos juegan un papel importante en el dimensionamiento de la tensión de modo común $u_{CM}(t)$:

- Más favorablemente se selecciona la velocidad máxima de variación

$$\left. \frac{du_{CM}(t)}{dt} \right|_{\max}$$

de la tensión en modo común $u_{CM}(t)$ superpuesta de tal forma que no tengan que conectarse simultáneamente varios almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas 10,11 y/o 20 usados de una rama de válvulas T1, ..., T6, para seguir la curva de valor teórico predeterminada. De este modo se renunciaría de nuevo parcialmente a la ventaja del menor rendimiento de aislamiento del motor debido a los bajos niveles de salto de tensión, en comparación con los inversores con menos etapas. Aparte de esto, los bajos niveles de salto de tensión actúan positivamente sobre la altura del cojinete y las corrientes del eje y, por lo tanto, aumentan la vida útil del accionamiento.

- Cuanto más tiempo se permanezca con los potenciales cerca de los terminales de la barra colectora de tensión continua P_0 y/o N_0 del convertidor de potencia multifásico conforme a la FIG 1, tanto mejor pueden igualarse entre ellos los contenidos energéticos de los almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 de los submódulos 10,11 y/o 20 presentes en estado conmutado II. Por este motivo, una curva trapezoidal de la tensión en modo común $u_{CM}(t)$ con una fase de valle de onda pronunciada parece particularmente ventajosa, pero no es obligatoriamente necesaria.

- La tensión en modo común $u_{CM}(t)$ se tiene que dimensionar de tal forma que las corrientes de rama de válvulas resultantes no superen los valores máximos especificados.

- La tensión en modo común $u_{CM}(t)$ se tiene que dimensionar de tal forma que la fluctuación de la tensión ΔU resultante en los almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas 10,11 y/o 20 utilizados no supere los valores máximos especificados.

Al usar la modulación conforme a la invención de una tensión en modo común $u_{CM}(t)$ se debe tener cuidado al emplear motores de red estándar de que no se supere la máxima tensión conductor-tierra u_{LE} en el motor, para no dañar el aislamiento del motor. En un convertidor de potencia no conectado a tierra con desacoplamiento galvánico de la red de alimentación a través de un transformador del lado de la alimentación, el potencial del punto neutro del devanado de la máquina, debido a las condiciones capacitivas, está cerca del potencial de tierra. Sincronizando el convertidor de potencia, las condiciones de potencial en el convertidor de potencia se mueven independientemente. Como resultado, a veces se encuentra cerca del potencial de tierra la barra colectora de CC positiva P_0 , a veces la barra colectora de CC negativa N_0 . Además, puede ocurrir a altas tensiones en modo común $u_{CM}(t)$, que toda la tensión del circuito intermedio U_d se aplique como tensión conductor-tierra u_{LE} a los terminales de la máquina. Para el valor máximo \hat{u}_{LE} de la tensión conductor-tierra u_{LE} se aplica por consiguiente en condiciones normales como máximo:

$$\hat{u}_{LE} = U_d = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_M$$

con U_M : valor efectivo de la tensión conductor-conductor del motor.

Aunque son posibles aún mayores tensiones del circuito intermedio U_d y, por consiguiente, mayores valores para \hat{u}_{LE} , conducen sin embargo a un diseño desfavorable del convertidor de potencia.

En los motores de red estándar, que están diseñados para funcionar directamente en la red de alimentación sinusoidal, el máximo valor admisible \hat{u}_{LE} de la tensión conductor-tierra u_{LE} es en cambio menor en un factor de 2:

$$\hat{u}_{LEred} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_M$$

Para resolver este problema resulta ventajoso conectar el punto central ficticio del circuito intermedio al potencial de tierra. Esto puede realizarse con la ayuda de una resistencia 40, por medio de un condensador 50 o por medio de una conexión en paralelo de una resistencia 40 y un condensador 50 conforme a la FIG 12. De este modo se reduce a la mitad la carga máxima de tensión y la tensión conductor-tierra máxima en los terminales de la máquina puede reducirse así al valor máximo \hat{u}_{LEred} con suministro de red sinusoidal.

Por medio de este procedimiento conforme a la invención, el convertidor conocido gracias a las actas del congreso ETG de 2002, que del lado de la red y del lado de la carga presenta un convertidor de potencia trifásico con almacenamientos de energía distribuidos conforme a la FIG 1, puede emplearse como inversor de accionamiento, que puede arrancarse desde la situación de parado. En esta aplicación se logra que, incluso a bajas frecuencias

ES 2 664 494 T3

hasta la operación en corriente continua de este convertidor, los almacenamientos de energía 9 y/o 29,30 de los subsistemas usados 10,11 y/o 20 puedan dimensionarse de manera óptima.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para controlar un convertidor de potencia multifásico con al menos dos módulos de fase (100) presentando una rama de válvulas superior y una inferior (T1,...,T6) teniendo en cada caso al menos dos subsistemas dipolares (10,11) conectados en serie a bajas frecuencias de salida (f), donde en cada caso se superpone a un valor teórico ($u_1(t), \dots, u_6(t)$) de una tensión de la rama de válvulas una tensión en modo común ($u_{CM}(t)$) de tal manera que una suma de dos tensiones de rama de válvulas ($u_1(t), u_2(t)$ y/o $u_3(t), u_4(t)$ y/o $u_5(t), u_6(t)$) de cada módulo de fase (100) sea igual a una tensión de circuito intermedio (U_d) de este convertidor de potencia multifásico.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la tensión en modo común ($u_{CM}(t)$) se predefine de tal manera, que una fluctuación predeterminada de la tensión (ΔU) no supere un valor máximo (U_{max}) predeterminado.
3. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la tensión en modo común ($u_{CM}(t)$) se predefine de tal manera, que en cada caso no supere una corriente de rama de válvulas resultante (i_1, \dots, i_6).
- 15 4. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque una amplitud de la tensión en modo común ($u_{CM}(t)$) es inversamente proporcional al aumento de una frecuencia de salida (f) del convertidor de potencia multifásico.
5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la tensión en modo común ($u_{CM}(t)$) es trapezoidal.
- 20 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la tensión en modo común es sinusoidal.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la tensión en modo común ($u_{CM}(t)$) es triangular.
8. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la tensión en modo común ($u_{CM}(t)$) se predefine de tal manera, que para un valor máximo (\hat{u}_{LE}) de una tensión conductor-tierra (u_{LE}) presente en los bornes de conexión de un motor se cumpla la siguiente condición:
- 25

$$\hat{u}_{LE} \leq U_d \leq \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_M$$

con U_M : valor efectivo de la tensión del motor conductor-conductor.

- 30 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la tensión en modo común (Common-Mode, $u_{CM}(t)$) se predefine de tal manera, que para un valor máximo (\hat{u}_{LE}) de una tensión conductor-tierra (u_{LE}) presente en los bornes de conexión de un motor de red estándar, que está diseñado para operar directamente sobre una red de alimentación sinusoidal, se cumpla la siguiente condición:

$$\hat{u}_{LEred} \leq \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_M$$

- 35 con U_M : valor efectivo de la tensión del motor conductor-conductor.

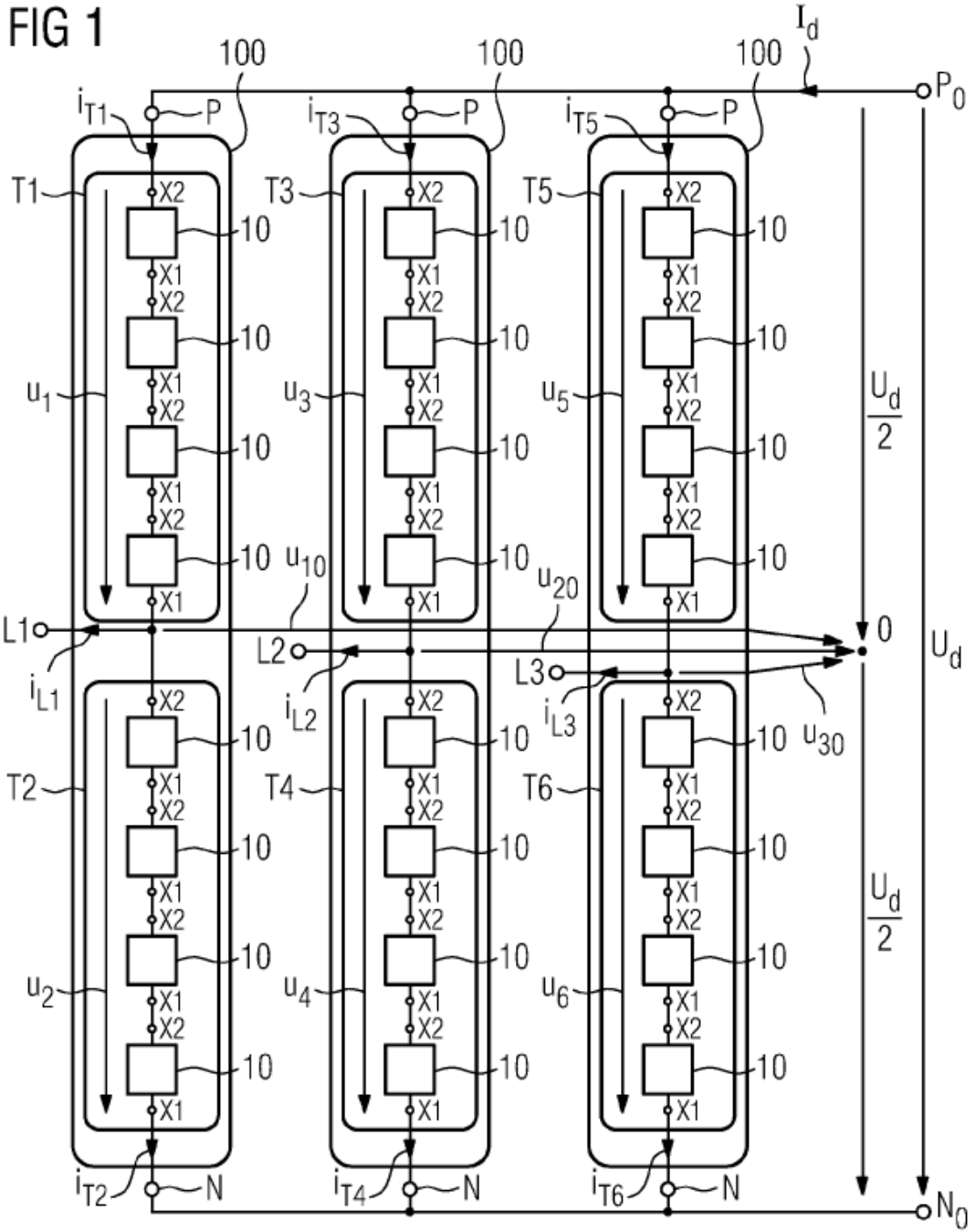


FIG 2

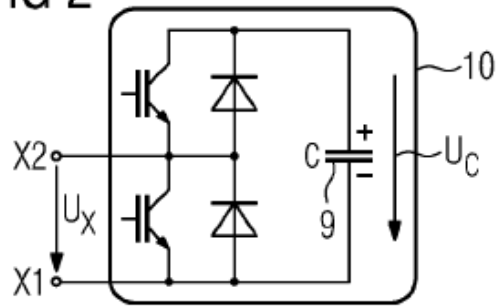


FIG 3

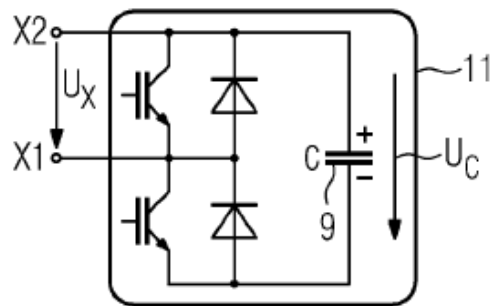
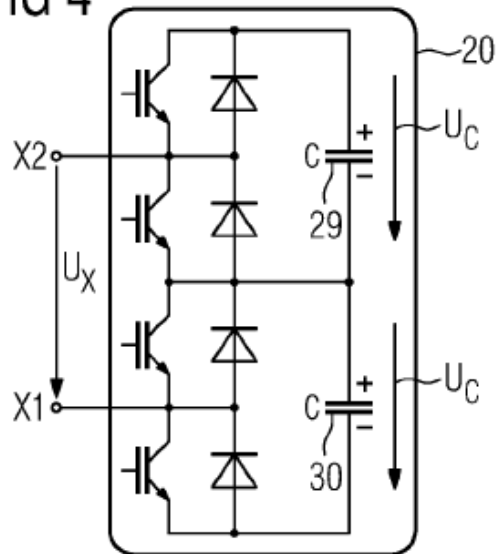


FIG 4



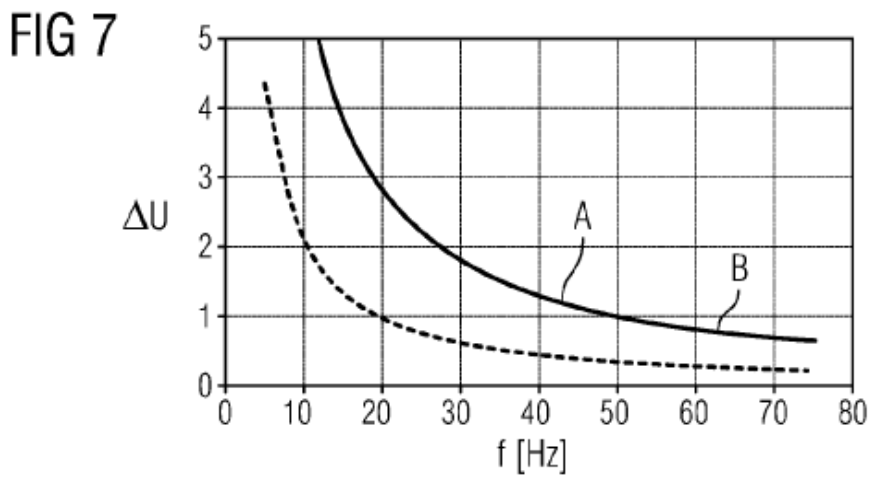
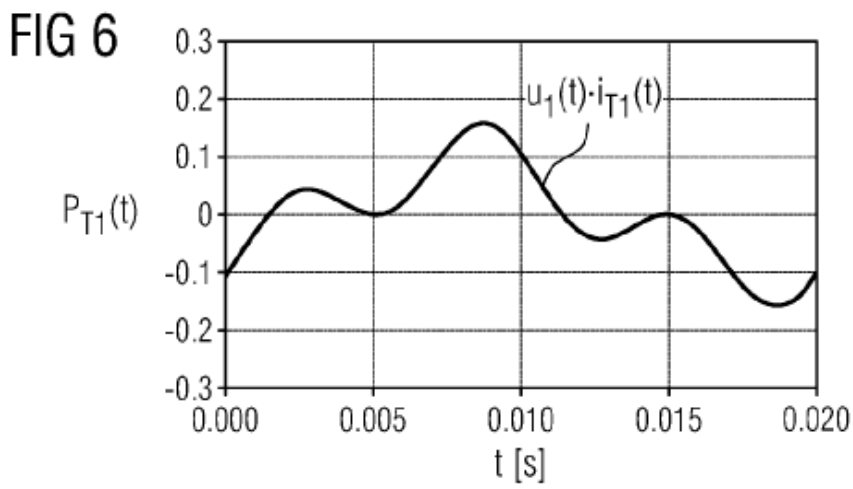
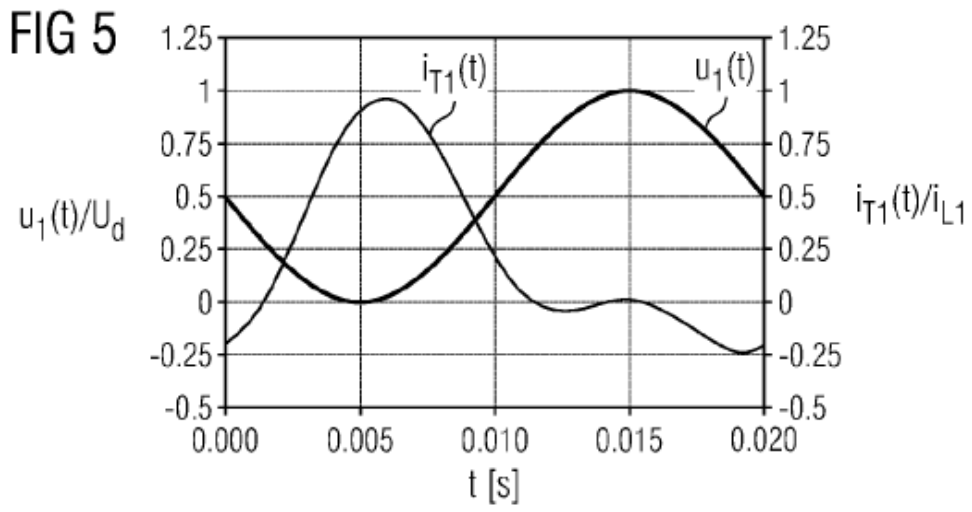


FIG 8

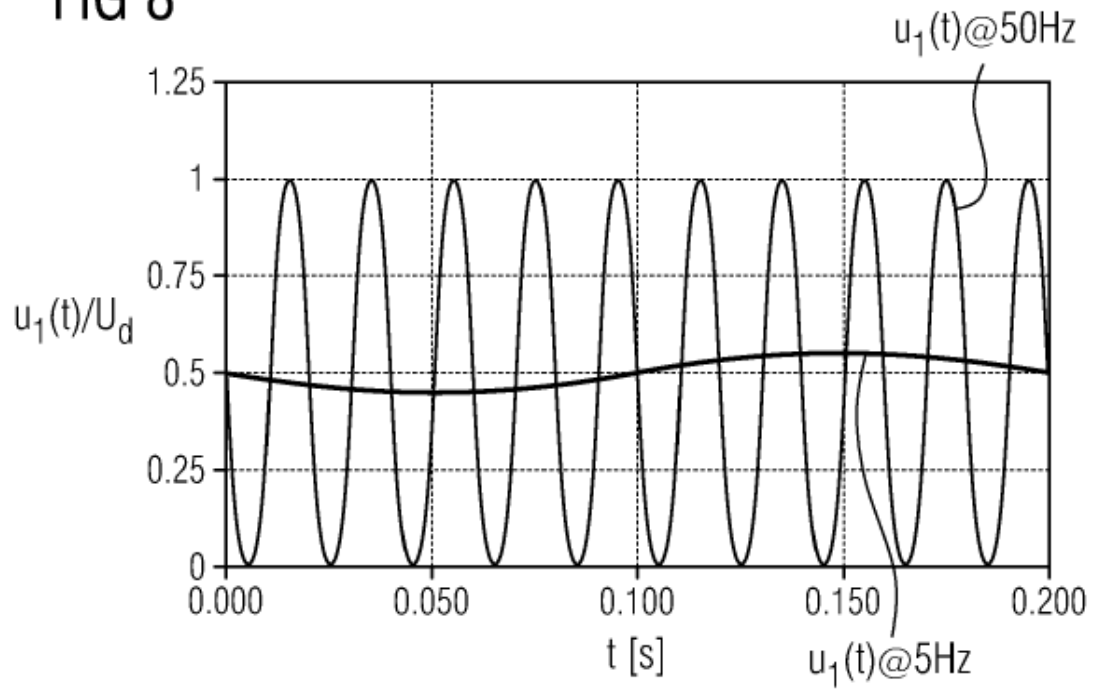


FIG 9

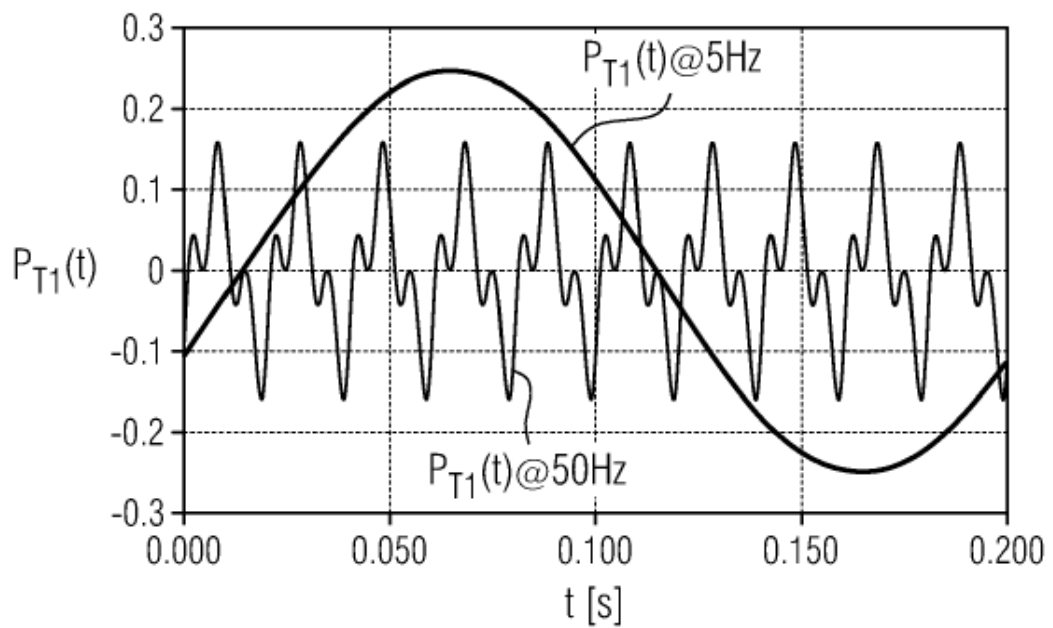


FIG 10

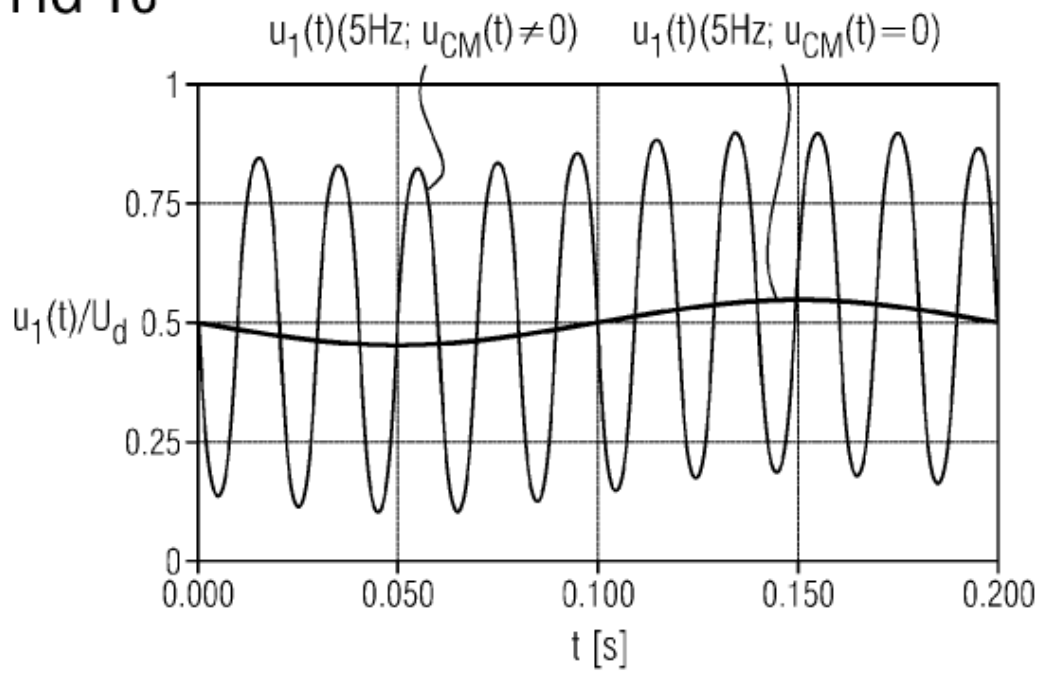


FIG 11

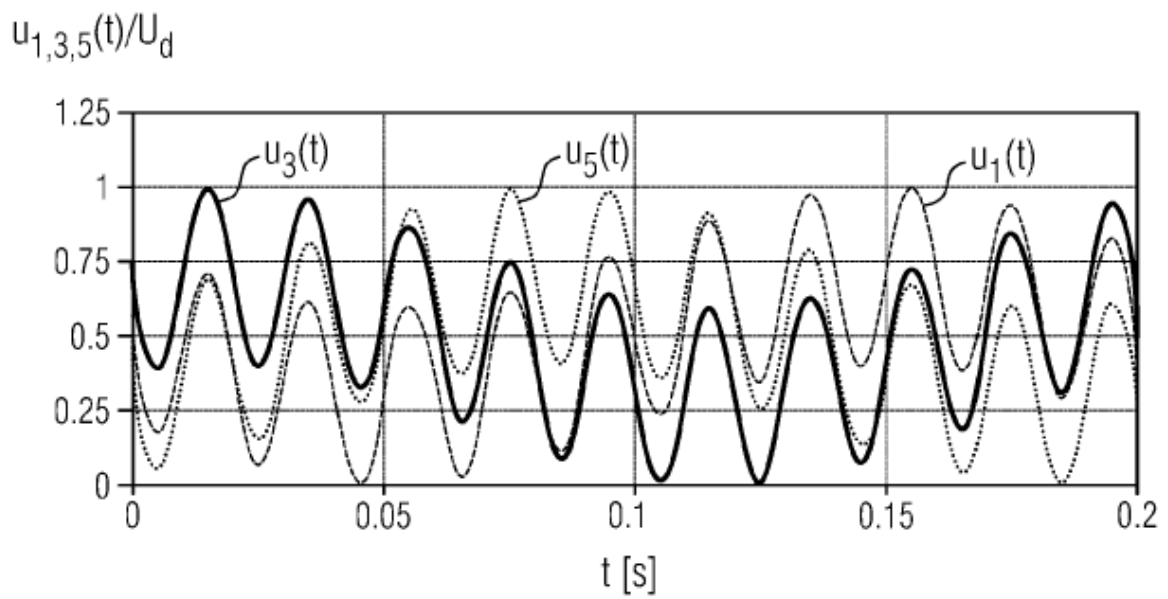


FIG 12

