

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 995 167**

51 Int. Cl.:

A61B 18/12 (2006.01)

A61B 18/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2022** **E 22192317 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2024** **EP 4140427**

54 Título: **Generador electroquirúrgico con inversor de dinámica mejorada**

30 Prioridad:

26.08.2021 US 202163237395 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
07.02.2025

73 Titular/es:

OLYMPUS WINTER & IBE GMBH (100.00%)
Kuehnstraße 61
22045 Hamburg, DE

72 Inventor/es:

DIJKSTRA, JELLE;
FÄHSING, THOMAS y
RAMIN, DANIEL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 995 167 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

Generador electroquirúrgico con inversor de dinámica mejorada

La presente invención se refiere a un generador electroquirúrgico que está configurado para proporcionar una tensión alterna de alta frecuencia a un instrumento electroquirúrgico. El mismo comprende una alimentación de tensión continua y un inversor para alta tensión, que es alimentado por la alimentación de tensión continua y genera una tensión alterna de alta frecuencia, que se aplica a una salida para conectar el instrumento electroquirúrgico.

En la electrocirugía, la corriente alterna de alta frecuencia se utiliza en particular para cortar o separar tejido, así como para eliminar tejido corporal en el sentido de una resección térmica (el así llamado bisturí eléctrico). El principio de funcionamiento se basa en el calentamiento del tejido que debe cortarse. Una ventaja reside en el hecho de que al mismo tiempo que se realiza la incisión también puede detenerse un sangrado mediante el cierre de los vasos afectados (coagulación). Esto requiere una potencia considerable, a saber, a frecuencias de 200 kHz o más, de hasta 4000 kHz, típicamente alrededor de 400 kHz. En tales frecuencias, el tejido corporal se comporta como una resistencia óhmica. Sin embargo, la resistencia específica depende en gran medida del tipo de tejido, por lo que las resistencias específicas de los músculos, la grasa o los huesos son muy diferentes entre sí, hasta un factor de 1000. Esto conduce al hecho de que durante el funcionamiento la impedancia de carga del bisturí eléctrico puede cambiar rápidamente y en alto grado dependiendo del tejido que debe cortarse, hasta casi un cortocircuito. Esto plantea requisitos especiales y únicos para el generador electroquirúrgico y su suministro de alta tensión. En particular, se requiere una regulación rápida de la tensión, adecuada para altas tensiones en el rango de algunos kilovoltios y alta frecuencia en un amplio rango de habitualmente entre 200 kHz y hasta 4 MHz.

Dependiendo del tejido y de la impedancia resultante, las corrientes varían entre algunos miliamperios y varios amperios, y son muy dinámicas en muy poco tiempo. La forma de onda de la tensión alterna proporcionada puede ser continua sinusoidal o modulada con un factor de cresta de hasta 10, a frecuencias de modulación de hasta aproximadamente 20 kHz.

Los generadores electroquirúrgicos convencionales a menudo se clasifican según el principio de un convertidor de alta tensión de un ciclo. Los mismos presentan un convertidor para el suministro del instrumento electroquirúrgico, al que se suministra corriente rectificada desde la red, con diferente tensión. Para ello, se requiere que la alimentación de CC pueda regularse con respecto a la tensión continua proporcionada. El convertidor típicamente está diseñado como un generador de un ciclo de oscilación libre con un circuito de resonancia LC (a modo de ejemplo: documento EP 2514380 B1). Este tipo de construcción ha demostrado su eficacia en la práctica, pero también presenta desventajas. Por un lado, la eficiencia es baja debido a las altas pérdidas. Además, se producen grandes corrientes reactivas en el circuito de resonancia, lo que requiere componentes de mayor tamaño y, además, empeora la eficiencia en el caso de una baja potencia. Además, la frecuencia de salida depende de la carga, al igual que el factor de cresta, lo que es desfavorable para los modos altamente modulados. La regulación de la tensión de salida es relativamente lenta, de modo que la adaptación a las impedancias de carga modificadas solo es deficiente. Otro ejemplo de un generador electroquirúrgico se describe en el documento EP 3216409 A1.

Para cumplir mejor con estos requisitos únicos, la solicitante ha desarrollado un concepto novedoso para generadores electroquirúrgicos, hasta el momento no publicado, utilizando un inversor multinivel. Esto permite una generación y un suministro controlados, mejorados, de la tensión alterna para el instrumento electroquirúrgico. Ya no se requiere una costosa alimentación de CC variable en cuanto a la tensión, sino que la magnitud (así como la frecuencia y la forma de onda) de la tensión alterna proporcionada se controla directamente a través del inversor multinivel. Sin embargo, el alcance dinámico es limitado, especialmente con una menor amplitud de tensión alterna proporcionada. El índice de modulación que puede alcanzarse disminuye a medida que disminuye la tensión de salida. Esto no solo limita la capacidad de proporcionar formas de señal moduladas (los llamados modos), sino que eventualmente también empeora la forma de onda de la tensión alterna generada.

Esto se podría contrarrestar haciendo que la magnitud de la alimentación de tensión continua del inversor sea variable. Sin embargo, con esto se pierde la ventaja de un suministro de tensión constante y la consiguiente simplificación de la alimentación de tensión continua.

La invención tiene el objetivo de proporcionar un generador electroquirúrgico que proporcione un mayor alcance dinámico sin depender de una alimentación de tensión continua variable en la magnitud de la tensión.

La solución según la invención reside en las características según la reivindicación independiente. En las reivindicaciones dependientes se indican perfeccionamientos ventajosos.

En un generador electroquirúrgico que está diseñado para proporcionar una tensión alterna de alta frecuencia a un instrumento electroquirúrgico, que comprende una alimentación de tensión continua y un inversor para alta tensión que es alimentado por la alimentación de tensión continua y que genera una tensión alterna de alta frecuencia con tensión y frecuencia variables, que se aplica a una salida para conectar el instrumento electroquirúrgico, se prevé que el inversor esté diseñado como un inversor multinivel controlado por una señal de referencia para la tensión que debe proporcionarse, con al menos dos grupos de células de convertidor conectadas en serie, donde cada grupo está alimentado con una tensión continua diferente y donde las tensiones proporcionadas por los grupos se suman para el

suministro en la salida.

La invención se basa esencialmente en la idea de utilizar células de convertidor con diferente alimentación de tensión continua. Esto ofrece la ventaja de que con el mismo número de células de convertidor se puede regular un número significativamente mayor de etapas de tensión (que con el mismo número de células de convertidor alimentadas con la misma tensión continua), de modo que con el mismo número de células de convertidor se logra una mejor forma de curva de la tensión proporcionada, y esto también se asocia con la ventaja de una mejor dinámica.

Mediante la división en estos al menos dos grupos, la invención combina dos ventajas que parecen opuestas, a saber, por un lado, permitir un ajuste fino incluso de tensiones pequeñas o diferencias de tensión a alta velocidad mediante la conmutación de las células de convertidor del grupo alimentado con una tensión más baja (LVC) y, por otro lado, permitir saltos de tensión rápidos y grandes mediante la conmutación de las células de convertidor del grupo alimentado con una tensión más alta (HVC). Por lo tanto, mediante la invención se crea, por así decirlo, una estructura de dos canales, con un canal de carga pesada, donde están dispuestas las células de convertidor del grupo alimentado con tensión más alta (HVC), y con un canal dinámico, donde están dispuestas las células de convertidor del grupo alimentado con tensión más baja (LVC). Debido a los ciclos frecuentes y más finos con respecto a las etapas de tensión de las células de convertidor del grupo alimentado con tensión más baja (LVC), se puede lograr una resolución más fina incluso en el caso de bajas tensiones, mientras que al cambiar las células de convertidor del grupo alimentado con una tensión más alta (HVC), también se pueden ajustar rápidamente grandes tensiones y/o grandes saltos de tensión. Por lo tanto, se logra una mejora de la dinámica no solo en relación con el cambio en el tiempo, sino también en relación con la carrera de tensión y la magnitud de la tensión. Por lo tanto, la disposición según la invención también es adecuada para generar señales de tensión moduladas, ya que son especialmente importantes para los así llamados modos en los generadores electroquirúrgicos.

Preferiblemente, las células de convertidor se dividen en al menos dos grupos, de los cuales un primer grupo (LVC) está alimentado con una tensión continua más baja que otro segundo grupo (HVC). En este sentido, el primer grupo comprende incluye células de convertidor para baja tensión y el segundo grupo comprende células de convertidor para una tensión más alta. Esto permite un ajuste rápido también de grandes tensiones, accionando de modo correspondiente las células de convertidor para una tensión más alta (HVC). Las células de convertidor para baja tensión (LVC), por otro lado, ofrecen la ventaja de que, debido a su tensión de alimentación más baja, las pérdidas por conmutación de las células de convertidor de baja tensión (LVC) son desproporcionadamente menores y, por lo tanto, toleran una conmutación frecuente mucho mejor que las células de convertidor para alta tensión (HVC) o, en este caso, también se producen pérdidas por conmutación más reducidas. Por ejemplo, si las células de convertidor para baja tensión (LVC) están diseñadas para una tensión de solo una cuarta parte de las células de convertidor con tensión más alta (por ejemplo, 12 V para LVC en lugar de 48 V para HVC), las pérdidas por conmutación de las células de convertidor para baja tensión (LVC) son solo una decimosexta parte de las pérdidas por conmutación de las células de convertidor para una tensión más alta (HVC). Por lo tanto, las células de convertidor para baja tensión (LVC) no solo son especialmente adecuadas para el ajuste fino de la tensión que debe proporcionarse, sino que esto también puede suceder de forma extremadamente rápida. Se entiende que también pueden estar proporcionados otros grupos, cuyas células de convertidor estén alimentadas preferentemente con otras tensiones continuas nuevamente diferentes.

Preferiblemente, los grupos comprenden un primer grupo cuyas células de convertidor están alimentadas con una tensión continua más baja (LVC) que las células de convertidor (HVC) de otro segundo grupo.

A continuación se explican algunos de los términos utilizados:

En el área de los generadores electroquirúrgicos, las frecuencias "de alta frecuencia" se entienden típicamente en el rango de 200 kHz a 4000 kHz. Opcionalmente, en formas de realización ventajosas, también puede estar cubierto el rango de ultrasonido. Por rango de ultrasonido se entiende un rango de frecuencia de entre 20 kHz y 200 kHz.

Por "alta tensión" se entienden típicamente tensiones de hasta 10 kV, preferiblemente de hasta 5000 V.

La potencia proporcionada por los generadores electroquirúrgicos se encuentra típicamente en el rango entre 1 y 500 vatios, donde la impedancia de carga puede variar en alto grado y, en consecuencia, la tensión de salida y la potencia de salida pueden cambiar en el mismo grado y con la misma rapidez.

Por "otra" tensión continua se entiende una tensión continua con una magnitud de tensión diferente; una simple inversión de polaridad no es, en este sentido, otra tensión continua.

En este caso, los términos de conexión adicional/conexión o desactivación/desconexión para las células de convertidor se utilizan indistintamente para el aumento de la tensión proporcionada por las células de convertidor en un nivel o reducirla en un nivel.

Convenientemente, las células de convertidor están diseñadas de forma bipolar y están configuradas para proporcionar al menos tres tensiones de salida diferentes, a saber, positiva, negativa y de cero. De esta manera, con medios sencillos se puede conseguir un aumento del número de las etapas de tensión y, además, también una generación bipolar simétrica de la tensión alterna. Además, mediante el "cambio de polaridad" de las células de convertidor es decir, conmutando la tensión de salida de positivo a negativo o viceversa, en la tensión de salida de las

respectivas células de convertidor se puede producir de una vez un cambio de tensión de dos etapas cuando cambia de positivo a negativo (o viceversa).

Además, ventajosamente, se prevé que exista una relación fija entre la magnitud de la tensión generada por las células de convertidor individuales de tensión más alta (HVC) y la magnitud de la tensión generada por las células de convertidor individuales de baja tensión (LVC). Convenientemente, esto se puede lograr realizando la alimentación de tensión continua de los dos grupos de células de convertidor de forma continua. A este respecto, es especialmente ventajoso que a partir de la fuente de tensión continua para las células de convertidor de tensión más alta (HVC), mediante un convertidor de tensión ratiométrico, se genere la alimentación de tensión para las células de convertidor de tensión más baja (LVC). Por un lado, de esta manera solo se necesita una fuente de tensión continua real. Por otro lado, de esta manera se consigue que la tensión continua para las células de convertidor de tensión más alta (HVC) se encuentre en una relación fija con respecto a la tensión continua, para la salida de tensión para las células de convertidor de baja tensión (LVC). En este caso, se prefiere especialmente que la relación entre las fuentes de tensión continua para las células de convertidor de los dos grupos sea un múltiplo de tensión entero. Así, varias células de convertidor conectadas en serie de baja tensión (LVC), y concretamente un número correspondiente al múltiplo de tensión, dan como resultado exactamente el nivel de tensión de una célula de convertidor para tensión más alta (HVC). Esto permite conmutar una célula de convertidor de tensión más alta (HVC) en lugar de varias células de convertidor de tensión más baja (LVC) en caso de cambios de tensión (si es necesario, asociado a otras células de convertidor de tensión más baja - LVC) y, por lo tanto, lograr mayores saltos de tensión con un menor número de procesos de conmutación. Ha dado buenos resultados que el múltiplo entero de la tensión sea al menos el cuádruple.

Convenientemente, para el control de las células de convertidor de ambos grupos está proporcionado un modulador, que está diseñado para reducir las frecuencias de conmutación de las células de convertidor de alta tensión (HVC), sustituyendo opcionalmente un accionamiento de las células de convertidor de alta tensión (HVC) por un accionamiento de una pluralidad de las células de convertidor de baja tensión (LVC). Con esto, la invención aprovecha el conocimiento de que una conmutación de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) es una carga significativamente mayor para las mismas (en comparación con la carga de las células de convertidor de baja tensión - LVC) y de que se producen pérdidas por conmutación significativamente mayores que cuando se conmutan las células de convertidor de tensión más baja (LVC). Sorprendentemente, esto también se aplica cuando la misma tensión (por ejemplo, 48 V), en lugar de mediante la conmutación de una célula de convertidor de tensión más alta (HVC), se logra conmutando cuatro células de convertidor de tensión más baja (LVC) con respectivamente 12 V. Esta relación, que a primera vista parece paradójica, se basa en el conocimiento de que, como resultado de la relación cuadrática entre las pérdidas por conmutación y la magnitud de tensión de la alimentación de tensión continua de la célula de convertidor, la conmutación de la célula de convertidor de tensión más alta (HVC) implica una pérdida desproporcionada, que puede reducirse mediante la conmutación de un mayor número (es decir, según el múltiplo de tensión) de las células de convertidor de tensión más baja (LVC).

El modulador preferiblemente interactúa con un regulador de etapas donde se aplica la señal de referencia y que está configurado para convertir la señal de referencia en una señal de etapa de tensión que se aplica al modulador. De esta manera se consigue una discretización reproducible y determinada de la señal de referencia, que se utiliza para el control de las células de convertidor del inversor multinivel y predetermina al menos una magnitud de tensión (y en general también la forma de curva) de la tensión alterna generada. Por lo tanto, para cada nivel de tensión se puede determinar claramente cuántas células de convertidor de tensión más alta (HVC) y células de convertidor de tensión más baja (LVC) se deben conmutar. Por ejemplo, el número de células de convertidor de tensión más alta (HVC) que debe conmutarse corresponde a la proporción entera de una división del nivel de tensión por la tensión nominal de la célula de convertidor individual de tensión más alta (HVC), y el resto remanente determina el número de células de convertidor de tensión más baja (LVC) para el ajuste fino.

Es conveniente que el modulador esté configurado adicionalmente para, mediante al menos un parámetro predeterminable, variar el número de células de convertidor de tensión más alta (HVC) que debe conmutarse y para determinar otro número de células de convertidor de tensión más baja (LVC) que debe conmutarse, así como para conmutarlas en sentido contrario para una compensación. Según este aspecto particularmente ventajoso de la invención, para una tensión de salida dada, el número de células de convertidor que debe conectarse para alta tensión, por un lado, y células de convertidor para baja tensión, por otro lado, no está estrictamente predeterminado, sino que opcionalmente se puede variar. De este modo, con el modulador se crea una ambigüedad conocida con respecto al número de células de convertidor de tensión más alta que deben conmutarse (a una tensión dada), con lo que en consecuencia también varía el número de células de convertidor de baja tensión que deben conmutarse. Para esta variación en la conversión de una señal de tensión que debe proporcionarse en el número de las células de convertidor de tensión más alta o baja tensión que debe conmutarse, en la invención se proporciona el modulador, que varía los números resultantes a partir de una conversión estricta y determinada de la señal de tensión nominal para las células de convertidor de tensión más alta y tensión baja. Esta variación también se puede considerar como una distorsión del respectivo número. El modulador distorsiona el número de células de convertidor de tensión más alta (HVC) y células de convertidor de tensión más baja (LVC) que resulta de una estricta división determinística. Por lo tanto, también podría describirse como un deformador planificado de la división determinística.

Una ambigüedad resultante de tal variación, que es intrínsecamente ajena a una conversión habitual de una señal de tensión nominal en señales de activación típicamente digitales, supone una serie de ventajas:

Al conmutar las células de convertidor para una tensión más alta (HVC), se puede realizar rápidamente un gran salto de tensión, mientras que con las células de convertidor para baja tensión (LVC) se puede realizar una adaptación fina a la progresión de la curva determinada por la señal de referencia. La adaptación exacta requiere una conmutación frecuente de las células de convertidor, pero para ello suele ser suficiente la conmutación de las células de convertidor de baja tensión (LVC), cuyo accionamiento implica pocas pérdidas por conmutación. La conmutación de células de convertidor de tensión más alta (HVC), que es significativamente más costosa en términos de pérdidas por conmutación, puede reducirse en su frecuencia mediante el modulador. Un ejemplo de esto es una regla de conmutación según el patrón, cuando una célula HVC está encendida una vez, permanece encendida el mayor tiempo posible. De esta manera, las pérdidas por conmutación se pueden reducir de manera eficiente, por lo que se puede aumentar la velocidad de conmutación y, por lo tanto, la dinámica en general. Se entiende que, en este caso, la libertad de variación a través del modulador aumenta a medida que se encuentran disponibles más células de convertidor redundantes, en particular células de convertidor con baja tensión (LVC). Cuantas más de estas estén presentes, tanto más tiempo se podrá retrasar o evitar la conmutación de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) en el caso de cambios de tensión. Por lo tanto, es conveniente proporcionar células de convertidor redundantes con baja tensión (LVC), es decir, más de lo que en sí está determinado por la relación de la tensión alta con respecto a la baja.

Por ejemplo, si la tensión de las células de convertidor con tensión más alta (HVC) es de 48 V y la tensión de las células de convertidor con tensión más baja (LVC) es de 12 V, entonces, en lugar de conectar una de las células de convertidor con tensión más alta (HVC), se puede lograr el mismo aumento de tensión conectando cuatro de las células de convertidor con una tensión baja (LVC). Si el aumento de tensión es incluso de 60 V, también se puede evitar la conmutación de la célula de convertidor de tensión más alta (HVC) si se dispone de al menos una célula del convertidor redundante (quinta) de baja tensión (LVC), que se puede conectar para ello. De forma inversa, esto se aplica de modo correspondiente en las tensiones negativas. - Además, de modo correspondiente, esto también se puede aplicar en aquellos casos donde en lugar de un aumento de tensión se encuentra pendiente una reducción de tensión. Por ejemplo, si se proporciona una tensión de 72 V y para ello se conectan una célula de convertidor de tensión más alta (HVC), así como dos células de convertidor de baja tensión (LVC), para una reducción de la tensión en 36 V se puede evitar una conmutación, es decir, una desconexión de la célula de convertidor de tensión más alta (HVC) (ya conectada), desconectando dos de las células de convertidor de baja tensión (LVC) conectadas y operando una tercera con tensión negativa de 12 V, de lo que resulta en total una reducción de tensión de los 36 V deseados, y sin que para ello sea necesario conmutar la célula de convertidor de tensión más alta (HVC) (que presenta mayores pérdidas por conmutación). Esto también se aplica si la reducción de la tensión en 36 V tiene lugar etapa por etapa. Con cada cambio en la etapa de tensión, el modulador decide si el cambio se debe realizar cambiando una LVC o cambiando una HVC y, en este ejemplo, tres LVC.

Además, de manera ventajosa, se prevé que el modulador esté accionado a través de una señal de liberación, y que esté proporcionado un detector de cambios que está configurado para detectar un cambio de la señal de referencia y para aplicar la señal de liberación al modulador. Por lo tanto, el modulador no tiene que realizar ninguna conmutación en el caso de una señal de referencia no alterada, sino que estas solo tienen lugar cuando la señal de referencia cambia de todos modos. Esto último es detectado por el detector de cambios. El mismo interactúa con el modulador de tal manera que, si se detecta un cambio, aplica una señal de liberación en el modulador. De esta manera, la actividad del modulador se reduce a aquellos casos donde se produce un cambio en la señal de referencia. Sin embargo, de forma alternativa o adicional puede preverse que el detector de cambios monitorice la señal de etapas (de tensión) generada por un regulador de etapas. Por lo tanto, la actividad del modulador se reduce a tales casos cuando el cambio en la señal de referencia es tal que también conduce a un cambio en la señal de la etapa (de tensión).

Convenientemente, las células de convertidor presentan en cada caso un desacoplamiento de potencial en el lado de salida. A este respecto, la invención se beneficia de que en el lado de salida de las células de convertidor se aplica por definición tensión alterna, de modo que con transformadores sencillos y económicos, con una inversión reducida (en comparación con fuentes de tensión continua individuales aisladas, como serían necesarias en el lado de entrada) puede lograrse una separación fiable, conforme al potencial, de las tensiones finalmente proporcionadas por las células de convertidor.

Preferentemente se prevé además que el parámetro predeterminable comprenda una frecuencia de conmutación de las células de convertidor de tensión más alta (HVC), y que el modulador esté configurado para minimizar esta frecuencia de conmutación. Además, se puede considerar que debido a la tensión más alta de las células de convertidor (HVC), la pérdida de potencia causada por la conmutación es desproporcionadamente mayor. Incluso existe una relación cuadrática, de modo que la conmutación de una de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) provoca 16 veces la pérdida de potencia por conmutación en comparación con la conmutación de una de las células de convertidor de baja tensión (LVC) en el caso de una relación de tensión de 4 a 1, como es el caso, por ejemplo, de 48 V a 12 V. Al reducir la frecuencia de conmutación de las células de convertidor de tensión más alta (HVC), la pérdida de potencia en conjunto se puede reducir considerablemente. Convenientemente, se prevé que el parámetro predeterminable comprenda una medida para una pérdida de potencia de las células de convertidor y que el modulador esté diseñado para nivelar la pérdida de potencia causada por el accionamiento de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) a la pérdida de potencia causada por el accionamiento de las células de convertidor de baja tensión (LVC). Esto no solo es favorable para la eficiencia, sino que también aporta ventajas considerables con respecto a la descarga térmica de los elementos de conmutación en las células de convertidor.

Convenientemente, también se prevé que en el modulador estén implementadas al menos dos reglas de conmutación alternativas para los cambios de tensión, que conducen ambas a la misma variación de tensión pero conmutan un número diferente de HVC. El modulador puede elegir entre estas reglas de conmutación en el caso de cambios de tensión. Al estar predeterminadas estas reglas de conmutación, se puede programar un comportamiento correspondiente del modulador mediante las reglas de conmutación. Para un aumento de tensión de, por ejemplo, 12 V, un ejemplo de dos de estas reglas de conmutación alternativas, "a)" y "b)", es que según la regla de conmutación a) el valor de salida de las células de convertidor de baja tensión (LVC) se incrementa en un nivel de 12 V y no se produce ningún cambio en las células de convertidor de tensión más alta (HVC); o, alternativamente, según la regla de conmutación b) la tensión proporcionada por las células de convertidor de baja tensión (LVC) se reduce en tres niveles con un total de 36 V y, al mismo tiempo, la tensión de salida de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) se incrementa en un nivel, es decir, en 48 V; como resultado, esto significa el aumento deseado de 12 V. Evidentemente, la regla de conmutación b) es la más costosa, ya que al conmutar una de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) se producen pérdidas por conmutación sustancialmente mayores que en el caso de la regla de conmutación a). Para lograr esto, preferiblemente, las reglas de conmutación están implementadas de manera que en el caso de un aumento de tensión según una de las reglas de conmutación alternativas, el número de células de convertidor de tensión más alta (HVC) permanezca igual y se conecte una de las células de convertidor de baja tensión (LVC) (regla de conmutación a), o que según la otra (regla de conmutación b) de las reglas de conmutación alternativas, que el número de células de convertidor conmutadas de tensión más alta (HVC) se aumente en uno y una pluralidad de células de convertidor de baja tensión (LVC) conmute en sentido contrario, donde esta pluralidad corresponde al múltiplo de tensión reducido en uno. Esto se aplica en el caso de un aumento de tensión en un nivel correspondiente a una gradación en las tensiones de las células de convertidor de baja tensión (LVC) que pueden proporcionarse. Para grandes cambios de tensión con varios de estos niveles, se aplica de modo correspondiente el esquema implementado en las reglas de conmutación.

Por consiguiente, esto se aplica de forma inversa en el caso de una reducción de tensión. En este caso, preferentemente, se prevé que según una de las reglas de conmutación alternativas, el número de células de convertidor de tensión más alta (HVC) permanezca igual y se desconecte una de las células de convertidor de baja tensión (LVC), o según la otra de las reglas de conmutación alternativas, que el número de células de convertidor conmutadas de tensión más alta (HVC) se reduzca en uno y una pluralidad de células de convertidor de baja tensión (LVC) conmute en sentido contrario, donde esta pluralidad corresponde al múltiplo de tensión reducido en uno. Como ya se ha explicado anteriormente con respecto al aumento de la tensión, de modo correspondiente, esto se aplica a los cambios de tensión mayores con varias etapas.

Convenientemente, a las reglas de conmutación están asociadas respectivamente áreas de conmutación, donde las áreas de conmutación preferiblemente son diferentes para la polaridad positiva y negativa de la tensión de salida. Por lo tanto, se puede considerar la polaridad de la tensión proporcionada por el inversor. Los rangos de conmutación definen rangos de valores para las reglas de conmutación. Convenientemente, se prevé que en caso de una tensión de salida positiva, un aumento en las células de convertidor de tensión más alta (HVC) debe retrasarse el mayor tiempo posible. En el caso de un valor negativo para la tensión de salida, que aumenta lentamente hacia el valor cero, en cambio, es conveniente conmutar un aumento en las células de convertidor de tensión más alta (HVC) tan pronto como sea posible, teniendo en cuenta la histéresis si es necesario. Por el contrario, en el caso de un valor negativo para la tensión de salida, que se aleja más del valor cero, es conveniente posponer una conmutación el mayor tiempo posible y conmutar en su lugar las células de convertidor de baja tensión (LVC). De esta manera se consigue que las células de convertidor de baja tensión (HVC), tan pronto como la tensión se dirija nuevamente a cero, vuelvan a desconectarse lo antes posible. Por lo tanto, el riesgo de una saturación puede ser contrarrestado eficazmente por los transformadores de las células de convertidor de tensión más alta (HVC).

Preferiblemente, de manera opcional, se prevé una histéresis para evitar una conexión y desconexión innecesariamente frecuentes de células de convertidor de tensión más alta (HVC) en el caso de cambios de tensión reducidos. Es especialmente conveniente bloquear una conmutación de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) en caso de un cambio múltiple entre el aumento y la reducción de tensión, donde preferiblemente se conmutan células de convertidor adicionales de baja tensión (LVC) cuando el aumento o la reducción de tensión exceda el valor de tensión de las células de convertidor de tensión más alta (HVC).

De manera ventajosa, los límites de las áreas de conmutación son variables dinámicamente durante el funcionamiento, preferiblemente según las magnitudes de estado de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) y de baja tensión (LVC), en particular su respectivo tiempo de conexión, flujo magnético y/o temperatura. De esta manera, se puede considerar el estado de funcionamiento de las células de convertidor y sus componentes. Por ejemplo, se puede monitorizar el flujo magnético en las células de convertidor, en particular para evitar una saturación de las células de convertidor. Esto puede suceder de manera que se seleccione un estado de conmutación para la puesta a disposición de tensión positiva de tal manera que sea tan largo como el estado de conmutación para la puesta a disposición de tensión negativa. De esta manera, se puede lograr una compensación. Esto es de particular importancia para las células de convertidor de tensión más alta (HVC), ya que, por definición, se alimentan con tensión más alta y se conmutan (deben conmutarse) con menos frecuencia, lo que aumenta el riesgo de una carga desigual.

Opcionalmente, se puede proporcionar una unidad de monitorización que está diseñada para determinar el flujo magnético en las células de convertidor de tensión más alta (HVC) y/o las células de convertidor de baja tensión (LVC),

y para almacenar un valor así determinado para el flujo magnético. Por lo tanto, el flujo magnético en las respectivas células de convertidor puede ser monitorizado y se puede evitar una saturación de las células de convertidor, donde se conecta preferiblemente con polaridad de tensión opuesta hasta que el flujo magnético se compense nuevamente. De manera ventajosa puede estar proporcionada una unidad de compensación que interactúa con la unidad de monitorización y que está configurada de modo que, en caso de un aumento de tensión de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) o células de convertidor de baja tensión (LVC), conmuta primero aquellas con flujo magnético reducido y, en caso de una reducción de tensión, conmuta primero aquellas con flujo magnético elevado. Por lo tanto, se puede realizar una compensación de manera eficiente, con lo que se puede evitar eficazmente una sobrecarga de células individuales de convertidor y el riesgo de fallo asociado a ello.

Para ello, ventajosamente puede estar proporcionado un monitor de tiempo de conexión para las células de convertidor de tensión más alta (HVC) o las células de convertidor de baja tensión (LVC), que determina la duración de una salida de tensión positiva o negativa del HVC y LVC, y desconecta las respectivas células de convertidor (HVC o LVC) cuando se excede un respectivo valor límite que puede ajustarse previamente. De esta manera, el tiempo de permanencia de las células de convertidor individuales se puede controlar y limitar eficazmente. Si una de las células de convertidor y, en particular, las células de convertidor de tensión más alta (HVC) está conectada durante demasiado tiempo, entonces esta no se utiliza, sino que se conecta el ralentí y, en cambio, se acciona otra, menos cargada, de las células de convertidor de tensión más alta (HVC).

Preferentemente, está proporcionado un generador de señales de control para el inversor multinivel, que está diseñado para generar una señal de referencia para el control del inversor multinivel, donde la señal de referencia es un patrón para la tensión alterna que debe ser proporcionada por el generador electroquirúrgico, en particular con respecto a la amplitud, frecuencia, forma de curva y/o factor de utilización, donde preferiblemente la forma de curva puede seleccionarse libremente. Con una señal de referencia de este tipo puede tener lugar una especificación precisa para al inversor multinivel con respecto a la tensión que debe generarse y a la curva de tensión. Por lo tanto, es posible un control positivo mediante la amplitud y la forma de curva de la tensión proporcionada.

Convenientemente está proporcionado un detector de picos, donde está aplicada la señal de referencia y que actúa con su salida sobre el modulador, en particular reduce o impide una conmutación de células de convertidor de tensión más alta (HVC). De manera ventajosa, con la señal de referencia se dispone de información sobre el valor esperado en el futuro para la tensión de salida del inversor multinivel. Esta señal de información dirigida hacia el futuro puede ser evaluada por el detector de picos y puede ser utilizada para mejorar el control de las células de convertidor. Por ejemplo, si a partir de una señal de referencia en un momento determinado resulta que el aumento de la tensión se ha completado en gran medida y que pronto la onda sinusoidal volverá a disminuir después de alcanzar su máximo, entonces, para las últimas etapas para el aumento de tensión, el detector de picos, teniendo en cuenta la caída de tensión que pronto se producirá, puede bloquear la conexión de otra célula de convertidor para tensión más alta (HVC). En lugar de ello, se puede accionar otra de las células de convertidor de baja tensión (LVC) (que puede conmutarse con poca pérdida). Esto tiene la ventaja de que poco antes de alcanzar el máximo se pueden evitar eficazmente los procesos de conmutación innecesarios, en particular, de las células de convertidor de tensión más alta (HVC). En su lugar, se utiliza una célula de convertidor de baja tensión (LVC) disponible (redundante) para alcanzar el pico de tensión.

La invención se explica a continuación con más detalle a modo de ejemplo con referencia a una forma de realización ventajosa. Muestran:

Figura 1: una representación esquemática de un generador electroquirúrgico según un ejemplo de realización con un instrumento electroquirúrgico conectado;

Figuras 2a, b: diagramas de bloques para ejemplos de realización de un inversor multinivel del generador electroquirúrgico según la figura 1, con células de convertidor en cascada;

Fig. 3: un diagrama de conexiones esquemático de dos de las células de convertidor;

Figuras 4a, b: diagramas de bloques para ejemplos de un selector con un modulador para el control de células de convertidor de alta y baja tensión;

Figura 5: un ejemplo simplificado para la conmutación de células de convertidor de tensión más alta y baja tensión para la conversión de una señal de referencia según el nivel de tensión;

Figura 6: otro ejemplo más complejo de la conmutación de células de convertidor de tensión más alta y baja tensión para la conversión de una señal de referencia;

Figura 7: una tabla con reglas de conmutación para el modulador según una polaridad de la tensión de salida y un aumento o disminución de la señal de referencia;

Figura 8: una tabla con reglas de conmutación variables para el modulador como variante de la figura 7; y

Figuras 9a, b: curvas de conmutación a modo de ejemplo para células de convertidor de alta baja tensión, sin considerar y considerando la saturación magnética en las células de convertidor.

En la figura 1 está representado un generador electroquirúrgico según un ejemplo de realización de la invención. El generador electroquirúrgico designado en su totalidad con el número de referencia 1 comprende una carcasa 11 que está provista de una conexión de salida 14 para un instrumento electroquirúrgico 16, en el ejemplo de realización representado se trata de un bisturí eléctrico. El mismo, a través de un enchufe de conexión 15 de un cable de conexión de alta tensión, está conectado a la conexión de salida 14 del generador electroquirúrgico 1.

La potencia de salida hacia al instrumento electroquirúrgico 16 se puede modificar a través de un divisor de potencia 12.

Para el suministro de potencia del generador electroquirúrgico 1 está proporcionada una alimentación de tensión continua 2, que puede conectarse a la red eléctrica pública a través de un cable de conexión de red (no representado) y alimentarse desde la misma. La alimentación de tensión continua 2, en el ejemplo de realización representado, es una fuente de alimentación. La misma comprende un rectificador y alimenta un circuito intermedio de tensión continua 20 con tensión continua, cuya magnitud es preferiblemente fija y asciende, por ejemplo, a 48 voltios. Sin embargo, no debe excluirse que la magnitud de tensión continua sea variable entre 0 y aproximadamente 400 voltios, donde la magnitud absoluta de la tensión continua puede depender en particular de la potencia regulada, del tipo de instrumento electroquirúrgico 16 y/o de su impedancia de carga, que a su vez depende del tipo de tejido tratado. Sin embargo, no es necesaria una fuente de alimentación interna, por lo que la alimentación de tensión continua también puede realizarse a través de una fuente de alimentación externa, o está proporcionada una alimentación de CC directa, por ejemplo, 24 voltios en vehículos o 48 voltios en aplicaciones estacionarias.

Un inversor, que a partir de la tensión continua suministrada, genera una tensión alterna de alta frecuencia en el rango de alta tensión, con frecuencias predeterminables en el rango entre 200 kHz y 4 MHz, es alimentado por el circuito intermedio de tensión continua 20. El inversor está diseñado como un inversor multinivel 4, como se explicará con más detalle a continuación. La frecuencia y la forma de curva de la tensión alterna de alta frecuencia que debe ser generada por el inversor multinivel 4 están predeterminadas en este caso por un controlador del inversor 41 en base a una señal de referencia 43 generada por un generador de señales de control 40 (véase la fig. 4). La tensión alterna de alta frecuencia generada por el inversor multinivel 4 se conduce a través de una línea de salida 13, un transformador de salida 7 para elevar la tensión de salida al rango de unos pocos kilovoltios, así como un paso bajo 8 y, asegurada por un condensador de bloque 17 contra componentes de corriente continua no deseados, se proporciona en la conexión de salida 14 para la conexión para el instrumento electroquirúrgico 16. Además, la tensión y la corriente de la alta tensión generada y proporcionada por el inversor multinivel 4 se miden por medio de un sensor combinado de tensión y corriente 18 y las señales de medición se suministran a una unidad de procesamiento 19 que aplica los datos correspondientes sobre la tensión, la corriente y la potencia emitidas como retorno a un control operativo 10 del generador electroquirúrgico 1, que a su vez se comunica con el generador de señales de control 40. El divisor de potencia 12 también está conectado al control operativo 10. El control operativo 10 también está diseñado para ajustar varios de los llamados modos, que suelen ser curvas de tensión/tiempo almacenadas. Para la selección del modo por parte del usuario está proporcionado un selector 12'. El control operativo 10 interactúa además junto con el generador de señales de control 40, que está diseñado para generar la señal de referencia 43 para la tensión alterna que debe proporcionarse, en particular con respecto a la amplitud, frecuencia, forma de curva y factor de utilización, y para proporcionarla a un controlador del inversor 41.

El inversor multinivel 4 comprende una pluralidad de células de convertidor 5 conectadas en serie que están controladas por el controlador del inversor 41. Las células de convertidor 5 están divididas en dos grupos I y II, que se alimentan por grupos con tensión continua de diferente magnitud. Un primer grupo se denomina como "grupo I" y comprende células de convertidor de baja tensión (LVC), a saber, en el ejemplo de la figura 2, tres células de convertidor 5-1, 5-2 a 5-3. Estas son alimentadas desde una fuente de tensión continua con baja tensión continua, en el ejemplo 12 V. Además, está formado un grupo de células de convertidor de alta tensión (HVC), que se denomina como "grupo II" y en el ejemplo representado en la figura 2 comprende dos células de convertidor 5-4, 5-5, que se alimentan con una tensión continua más alta, en el ejemplo 48 V. Las tensiones proporcionadas por los dos grupos I y II se suman por medio de un transformador 6 (véase la figura 4a, b). Además, está proporcionado un selector 3 que determina las células de convertidor 5 que deben controlarse, en particular el número "m" de las células de convertidor de alta tensión (HVC) del grupo II que debe controlarse y el número "n" de las células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I que debe encenderse.

Ahora se hace referencia a la figura 2a. En el ejemplo de realización representado allí, en la entrada (representada en el dibujo en el lado izquierdo) cada una de las células de convertidor 5 está conectada a una fuente de tensión continua con una tensión continua determinada. La respectiva célula de convertidor 5 genera a partir de ello una tensión alterna, que se proporciona en la salida (representada en el dibujo a la derecha) de la respectiva célula de convertidor 5 como tensión alterna. El número de células de convertidor no está limitado y es en sí mismo arbitrario. Las células de convertidor 5 están numeradas en la figura 2a con la denominación "5-1", "5-2" a "5-5", donde el número 5 se indica a modo de ejemplo y se puede proporcionar cualquier número de al menos dos células de convertidor. Las tensiones continuas aplicadas en la entrada de la respectiva célula de convertidor 5 están acopladas opcionalmente, conforme al potencial, a través de un riel guía 50. De manera correspondiente, la tensión alterna proporcionada en la salida de la respectiva célula de convertidor 5 se denomina "V_1", "V_2" hasta "V_5". Mediante la conexión en serie de las células de convertidor 5 tiene lugar una adición de sus tensiones de salida, de modo que finalmente, como tensión de salida total, resulta:

$$V_{\text{salida}} = \sum_{i=1}^N V_{-i}$$

En comparación con un diseño simple con solo una fuente de tensión continua, según la invención, aumenta la inversión con respecto a las fuentes de tensión continua ya que ahora se necesitan varias (en el ejemplo: dos) en lugar de solo una. Pero para ello aumenta considerablemente el número de etapas de tensión, a partir de once etapas de tensión con una sola fuente de tensión continua, a más del doble, con 23 etapas de tensión. El número de etapas de tensión que puede alcanzarse de ese modo sigue la fórmula

$$2 * (mHVc * r + nLVc) + 1 ,$$

donde mHVc representa el número de células de convertidor con tensión continua más alta (en el ejemplo anterior m=2), nLVc representa el número de células de convertidor con tensión continua baja (en el ejemplo anterior n=3) y r representa la relación de tensión continua más alta con respecto a tensión continua más baja (en el ejemplo anterior r=4).

Las dos fuentes de tensión continua no necesitan estar aisladas entre sí, conforme al potencial, sino que pueden compartir un potencial de referencia común, como se realiza en la figura 2a mediante el riel guía 50. Además, a partir de la tensión continua más alta, que puede ser, por ejemplo, la tensión continua en el circuito intermedio 20, esto permite generar la tensión continua más baja por medio de un convertidor de tensión continua 42, en particular un reductor de CC/Cacén el presente ejemplo, estaría diseñado para un suministro ratiométrico con una relación de reducción de 4:1, como se muestra en la figura 2b. Una ventaja de esta configuración por medio de suministro ratiométrico es que los cambios o fluctuaciones en la tensión continua más alta se reflejan entonces en forma proporcional en la tensión continua más baja, de modo que se mantiene la graduación relativa. De este modo, por ejemplo, puede tener lugar un aumento de la tensión de salida de 12 V de dos maneras diferentes, de forma convencional mediante la conexión de otra célula de convertidor de 12 V o mediante la conexión de células de convertidor de 48 V combinada con la desconexión de tres células de convertidor de 12 V.

La estructura de las células de convertidor individuales 5 y su interacción están representadas a modo de ejemplo en el diagrama de conexiones esquemático según la figura 3. En total, se muestran allí dos células de convertidor 5-1 y 5-5 en disposición en cascada, para representar así también su suministro con tensión continua de diferente magnitud. En el borde izquierdo de la imagen se muestra la fuente de tensión continua común 2 con una tensión de alimentación Vin de 48 voltios. A la misma está asociado un condensador de estabilización 23. De este modo, las dos células de convertidor 5-3 y 5-4 son abastecidas de tensión continua. A continuación se hace referencia en primer lugar al circuito de la célula de convertidor 5-5, que está alimentada con 48 voltios. Están proporcionados cuatro disyuntores que actúan como válvulas de corriente y están dispuestos en un circuito de puente en Halos disyuntores son disyuntores semiconductores, por ejemplo, diseñados como IGBT, MOS-FET, GaN-FET. Los disyuntores 51, 53 están conectados en serie y forman una primera rama, y los semiconductores de potencia 52, 54 también están conectados en serie y forman una segunda rama. Los centros de las dos ramas se conducen hacia fuera y se conectan a los dos extremos de un devanado primario 61 de un primer transformador 6-5. El transformador 6-5 también presenta un devanado secundario 62, donde la relación de transmisión es de 1:1 (cabe señalar que también puede preverse otra relación de transmisión, en particular para lograr una amplificación previa, por ejemplo, con una relación de transmisión de 1:2). Al devanado secundario 62 está conectada una línea de salida 13, que conduce a la conexión de salida 14 del generador electroquirúrgico 1 (eventualmente a través de un filtro de paso bajo 8 no representado en la figura 3 y de un transformador de salida 7, véase la figura 1).

Los dos disyuntores 51, 53 de la primera rama están controlados por una señal común C1.a, donde esta señal se suministra invertida al disyuntor 53. De manera correspondiente, los dos disyuntores 52, 54 de la segunda rama también están controlados por una señal C1.b común, donde esta señal se suministra invertida al disyuntor 52. Las señales C1.a y C1.b son generadas de manera ya conocida, por el controlador del inversor 41. Esto significa que en el caso de una señal ALTA de C1.a el disyuntor 51 se interconecta y el disyuntor 53 bloquea, es decir, que la primera rama de potencia aplica un potencial positivo a la conexión superior del devanado primario 61 del transformador 6-1. De modo correspondiente, en la segunda rama de potencia, en una señal ALTA de C2.b, el disyuntor 54 conmuta, mientras que el interruptor disyuntor 52 bloquea. Por lo tanto, la segunda rama de potencia aplica un potencial negativo a la conexión inferior del devanado primario 61. En el caso de la señal BAJA de C1.a o C1.b, esto se aplica correspondientemente a la inversa, es decir, la polaridad en el devanado primario 61 se invierte. Por lo tanto, la célula de convertidor 5-1 genera una tensión alterna y la aplica al devanado primario 61 del transformador 6-1.

La segunda célula de convertidor 5-1 presenta una estructura idéntica, pero se alimenta desde la fuente de tensión continua 2 a través del convertidor de tensión continua ratiométrico 42, que provoca una reducción a un cuarto de la tensión de entrada. Por lo tanto, proporciona una tensión continua de 12 voltios, con la que se alimenta a la segunda célula de convertidor 5-1, de la misma manera que a la primera célula de convertidor 5-5. Por lo tanto, en la figura se

utilizan los mismos números de referencia para elementos similares. La misma se controla por medio de señales de control C2.a y C 2.b, que son generadas por el controlador del inversor 41, por ejemplo, por medio de una modulación de ancho de pulso (PWM) ya conocida, de manera correspondiente, como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, también proporciona una tensión alterna en su salida, que se aplica a un devanado primario 61 de un segundo transformador 6-1. Según la realización del convertidor de tensión continua 42, las dos células de convertidor 5-1 y 5-5 están conectadas, conforme a la potencia. Esto significa que las tensiones alternas proporcionadas directamente por las células de convertidor 5-1 y 5-5 no se pueden sumar fácilmente, ya que están vinculadas entre sí en cuanto a su potencial. Sin embargo, al suministrar estas tensiones alternas proporcionadas a los transformadores 6-1 y 6-5, las tensiones alternas proporcionadas por los transformadores 6-1 y 6-5 respectivamente están libres de potencial y se pueden sumar fácilmente entre sí formando una tensión de salida común, que se aplica a la línea de salida 13. Sin embargo, si las células de convertidor 5-1 y 5-5 están desacopladas potencialmente mediante un diseño correspondiente del convertidor de tensión continua, entonces las tensiones alternas proporcionadas también se pueden sumar directamente sin estos transformadores mediante conexión en serie.

La tensión total generada y sumada de esta manera (y de otras células de convertidor 5-2 a 5-4) se proporciona a través de la línea de salida 13, en cuyo extremo está dispuesto el filtro de paso bajo 8. El mismo, por ejemplo, puede estar realizado como un filtro de segundo orden que comprende una inductancia y una capacitancia. Cabe señalar que las inductancias de dispersión de los transformadores 6-1 a 6-n también contribuyen a la inductancia del filtro de paso bajo y, si es necesario, pueden reemplazarlo al menos en parte. El filtro de paso bajo 8 está adaptado de tal manera que las perturbaciones en la tensión alterna generada se filtran debido a la frecuencia de conmutación de los disyuntores en las células de convertidor 5 del inversor multinivel 4. La salida del filtro de paso bajo 8 se aplica a un devanado primario del transformador de salida 7, que provoca una separación galvánica de la conexión de salida 14 conectada al devanado secundario. Además, está proporcionado un condensador de bloque 17. Este sirve como elemento de seguridad para evitar la salida de componentes de corriente continua hacia el instrumento quirúrgico 16.

El generador de señales de control 40, en particular en base a especificaciones del control operativo 10, genera una señal de referencia 43 para el control del inversor multinivel 4. En este caso se trata de una señal de tensión alterna, que es típicamente sinusoidal y presenta una determinada frecuencia y amplitud. Ahora se hace referencia a la figura 4a, b. La señal de referencia 43 está aplicada al selector 3, que en base a ello determina el número y el tipo (HVC o LVC) de las células de convertidor 5 que deben controlarse, a saber, dividido en células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I y células de convertidor de tensión más alta (HVC) del grupo II.

Para ello, el selector 3 comprende un regulador de etapas 31, así como un modulador 33. El regulador de etapas 31 está diseñado para convertir la señal de referencia 43 típicamente continua en una señal de etapas de tensión. En este caso se trata de una señal discreta, que es indicativa del número de etapas de tensión, y se expresa típicamente en etapas cuya magnitud resulta de la tensión de las células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I, en el presente ejemplo, por lo tanto, en etapas de 12 V. En la figura 6a se muestra un ejemplo de una señal de referencia 43 continua de este tipo, así como una señal de etapas formada a partir de ella, expresada en etapas de 12 V. La curva escalonada muestra la señal de las etapas de tensión y, por lo tanto, forma una discretización de la señal de referencia 43 representada por la curva continua.

Además, el regulador de etapas 31 ya puede realizar una división provisional para determinar qué parte de esto corresponde a las células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I o a las células de convertidor de tensión más alta (HVC) del grupo II. Esto se puede realizar, por ejemplo, en una forma de realización como la representada en la figura 4a, minimizando el número básico de las células de convertidor necesarias para alcanzar la tensión según la señal de referencia 43. Una división de este tipo puede comprender dos señales, una señal "h" para el número básico de las células de convertidor de tensión más alta (HVC), que deben conectarse, del grupo II, y una señal "l" para el número básico de las células de convertidor de tensión baja (LVC), que deben conectarse, del grupo I. Esta puede tratarse en particular de una división estrictamente numérica, por ejemplo, para generar una tensión de 84 V haya que controlar exactamente una célula de convertidor de tensión más alta (HVC) del grupo II y tres células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I.

Sin embargo, estos números básicos "h" y "l" no se utilizan directamente para el control, sino que se varían mediante el modulador 33. El modulador 33 está proporcionado para reducir las frecuencias de conmutación de las células de convertidor de alta tensión (HVC) según el grupo II. Como alternativa se conmutan células de convertidor de baja tensión (LVC) según el grupo I. Tiesto se describe con más detalle a continuación. La división resultante por el modulador 33 en los números "n" para las células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I, que deben conmutarse, y "m" para las células de convertidor de tensión más alta (HVC) del grupo II, que deben conmutarse, es diferente según la situación y, según la invención, ambigua.

El número "n" variado de ese modo para las células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I, que deben conmutarse, así como el número "m" variado se emiten como señales de salida del modulador 33 y se aplican a los sub-controladores 45, 46 para las células de convertidor LVC del grupo I o HVC del grupo. Fiestas controlan de una manera ya conocida las respectivas células de convertidor LVC en el grupo I, o HVC en el grupo. Kilos sub-controladores 45, 46 registran datos de conmutación para las células de convertidor individuales 5 de las células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I o de las células de convertidor de alta tensión (HVC) del grupo. Tiestos incluyen, entre otros, el tiempo de conexión, los contadores para el número de procesos de conmutación, así como el

flujo magnético a través de las células de convertidor 5 individuales y sus transformadores 6. Los mismos, a través de líneas de datos 47, 48, transmiten datos de estado correspondientes al modulador 33 y/o a un módulo de adaptación 36 situado aguas arriba.

El modulador 33 no tiene que trabajar necesariamente de forma continua. Puede ser suficiente con que en particular se accione y realice la división de la señal de etapas de tensión en el número de células de convertidor de baja tensión (LVC) y alta tensión (HVC) que deben conmutarse, cuando se haya producido un cambio en la señal de etapas de tensión o en la señal de referencia 43. Para ello, opcionalmente está proporcionado un detector de cambios 32 que monitoriza la señal de referencia 43 y, en caso de un cambio, acciona el modulador 33.

En una forma de realización alternativa, tal como está representada en la figura 4b, el regulador de etapas 31' está realizado de forma diferente, de tal manera que solo emite una señal de referencia discretizada (señal de etapas) 44. A partir de ello, el modulador 33 determina directamente el número "m" de las células de convertidor de alta tensión (LVC)HVC que deben conmutarse y el número "n" de las células de convertidor de baja tensión (LVC) que deben conmutarse. Esto se explica mediante un ejemplo simplificado: El regulador de etapas 31' genera una señal de etapas 44 discreta a partir de la señal de referencia 43. El modulador 33 está diseñado para comparar la señal de etapas 44 con el último valor anterior de la señal de etapas. De la comparación puede resultar que se encuentra presente un aumento, un descenso o una constancia. Esto se detecta por medio del detector de cambios 32'. Solo en el caso de un aumento o disminución, es decir, solo si se ha producido un cambio con respecto a la señal de etapas anterior, se ajustan los valores para los números "m" y "n". Esto tiene lugar mediante las reglas de conmutación, como se explica más adelante en referencia a los ejemplos representados en las figuras 7 y 8.

Un ejemplo de la generación de tensión mediante células de convertidor de tensión más alta (HVC) se muestra en la figura 5 mediante una línea discontinua, y con la línea continua cerca de la línea cero se muestra la tensión generada por las células de convertidor de baja tensión (LVC). Juntos producen el desarrollo sinusoidal deseado, como está representado por la línea sinusoidal cuantificada. Se observa que cada una de las dos células de convertidor de mayor tensión (HVC) del grupo II solo necesita conectarse o desconectarse una vez cada media onda, y la adaptación adicional se realiza conmutando con frecuencia las células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I en este caso, las LVC del grupo I efectúan tanto un aumento de la tensión (por ejemplo, inmediatamente al comienzo, en el intervalo de tiempo de 0 a 0,25 μ s) como también una reducción mediante contra-conmutación compensatoria para reducir la tensión proporcionada por las células de convertidor HVC, temporalmente demasiado alta (por ejemplo, en el intervalo de tiempo de 0,25 a 0,65 μ s y de 0,87 a 0,98 μ s). De esta manera, se pueden evitar los procesos de conmutación de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) y, por lo tanto, se puede reducir su número y, por lo tanto, también se puede reducir la pérdida de potencia por conmutación considerable, resultante de la conmutación de las células HVC.

Un ejemplo más complejo de más células de convertidor está representado en la figura 6b. Los valores resultantes "m" para el número de células de convertidor de tensión más alta (HVC) del grupo II que debe conectarse se muestra con una línea discontinua y para el número de células de convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I que debe conectarse, con una línea continua "n". En el curso de la línea indicada con "m" se puede observar que la actividad de conmutación de las células de convertidor de tensión más alta (HVC) se reduce considerablemente, en particular en el área de los máximos de amplitud de la señal de referencia y del paso por cero. Al priorizar las actividades de conmutación de las células de convertidor de baja tensión (LVC), se pueden proteger las células de convertidor de tensión más alta (HVC) que presentan mayores pérdidas por conmutación.

Para lograr esto, en el modulador 33 están implementadas reglas de conmutación 34. Las reglas de conmutación se basan en una configuración ejemplar con dos células de convertidor de tensión más alta (HVC) en el grupo II y 4 células de convertidor de baja tensión en el grupo I, como también se muestra en las figuras 4a, buzando el detector de cambios 32 se modifican los estados de conmutación de las células de convertidor solo cuando también se ha modificado la señal de referencia 43. Las reglas de cambio 34 prevén dos alternativas posibles en el caso de un aumento:

a) aumentar la tensión proporcionada por las células de convertidor de baja tensión (LVC) en 1 etapa (equivalente a 12 V) sin cambios con respecto a las células de convertidor de alta tensión (HVC); o

b) reducir en 3 niveles (correspondiente a -36 V) la tensión proporcionada por las células de convertidor de baja tensión (LVC) y aumentar en un nivel (+48 V) la tensión proporcionada por las células de convertidor de alta tensión (HVC).

Ambas alternativas a), b) conducen a la misma variación de tensión en una etapa, a saber, en +12 V. La alternativa b) requiere una conmutación de una de las células de convertidor de alta tensión (HVC), lo que significa pérdidas por conmutación 16 veces mayores debido a la relación cuadrática con la tensión de alimentación cuádruple, en comparación con una de las células de convertidor de baja tensión (LVC). Además, hay tres procesos de conmutación de las células de convertidor de baja tensión (LVC). Por lo tanto, la alternativa b) significa una energía de pérdida 19 veces mayor que la alternativa a) de las reglas de conmutación 34.

Estas relaciones tienen en cuenta las reglas de conmutación 34 representadas en la figura 7. Ahora se hace referencia a la columna de la izquierda, que se refiere al caso de un aumento de tensión. Allí se incluyen las dos alternativas a) y b). Los parámetros de entrada son la polaridad de la tensión de salida y la tensión proporcionada por las células de

convertidor de baja tensión (LVC) del grupo I, expresada en etapas de tensión de las Lacen este caso, "1" representa una tensión proporcionada de +12 V, "4" una tensión proporcionada de +48 V, y correspondientemente "-4" una tensión proporcionada de -48 V. Las reglas de conmutación 34 implementadas en el modulador 33 indican ahora una polaridad positiva de la tensión de salida, de modo que en una etapa de tensión de entre -4 y 3 (correspondiente a -48 V a +36 V) del grupo I se aplica la regla de conmutación a), es decir, la tensión proporcionada por las células de convertidor LVC del grupo I se incrementa en 12 V. Sin embargo, si ya existe una etapa de tensión 4 en el grupo I, se aplica la regla de conmutación alternativa b), donde los convertidores HVC del grupo II se conmutan hacia arriba en una etapa, con lo que se produce un aumento de 48 V, y las células de convertidor LVC del grupo I se conmutan hacia abajo compensatoriamente en tres etapas, correspondiente a -36 V, de lo que finalmente resulta el aumento deseado de 12 V. Si la polaridad de la tensión de salida es negativa, entonces se aplican áreas de conmutación adaptadas de modo correspondiente, de -4 a -1 para la alternativa a) y de 0 a 4 para la alternativa b) de la regla de conmutación.- La regla de conmutación correspondiente en caso de una caída de tensión está representada en la columna derecha de la figura 7. También aquí se aplican las alternativas a) y b), pero con áreas adaptadas como se puede ver en la figura 7.

Además, el modulador 33 puede comprender un módulo de histéresis 35. El mismo está diseñado para detectar la frecuencia de conmutación con respecto a las células de convertidor de alta tensión (HVC) del grupo II y minimizar sus procesos de conmutación en caso de una actividad de conmutación excesiva. Para ello, el módulo de histéresis 35 actúa, por ejemplo, sobre las reglas de conmutación 34 de forma que los límites de áreas se modifican de forma que la alternativa b) se vuelve menos frecuente.

Las reglas de conmutación 34 así como sus áreas de conmutación se pueden adaptar mediante un módulo de adaptación 36, en particular según las condiciones de funcionamiento del inversor multinivel 4 con sus células de convertidor 5. El módulo de adaptación 36 comprende una unidad de monitorización con una unidad de compensación 38. La misma detecta el flujo magnético en las células de convertidor individuales de los grupos I y II, respectivamente, y actúa así sobre las áreas de conmutación de las reglas de conmutación 34. De este modo, las áreas de conmutación de las reglas de conmutación 34 se pueden modificar dinámicamente. Si todo el flujo magnético a través de las células de convertidor de alta tensión (HVC) es demasiado alto, las áreas de conmutación se modifican de tal manera que estas células solo se conectan más tarde y se vuelven a desconectar antes. Para ello, se pueden modificar los parámetros B y D, tal como se muestran en las reglas de conmutación 34 modificadas según la figura 8.

Por el contrario, si el flujo magnético es demasiado bajo, las áreas de conmutación se pueden cambiar por medio de los parámetros A y C de modo que las células de convertidor de alta tensión (HVC) se conecten antes y solo se desconecten de nuevo más tarde. De esta manera, se puede equilibrar el flujo magnético y evitar una saturación.

Además, el módulo de adaptación 36 comprende un monitor de tiempo de conexión 39 opcional. Este registra por separado para las células de convertidor de baja tensión (LVC) y aquellas de alta tensión (HVC) la duración de una salida de tensión positiva o negativa. Si se superan determinados valores límite preestablecidos, las áreas de conmutación se pueden ajustar dinámicamente de forma similar a la saturación magnética descrita anteriormente. Pero también puede preverse que las células de convertidor, altamente cargadas, correspondientes, se desconecten durante un cierto tiempo.

El efecto del módulo de adaptación 36 con las áreas de conmutación modificadas dinámicamente se muestra en las figuras 9a y 9b. La figura 9a muestra como punto de partida el comportamiento de conmutación según las reglas de conmutación 34 con áreas de conmutación no modificadas, como se muestra en la figura 7. Si la unidad de compensación 38 detecta que el flujo magnético a través de las células de convertidor de alta tensión (HVC) según el grupo II es demasiado bajo, el módulo de adaptación 36 desplaza el parámetro C, por ejemplo, en un valor de 3. A continuación, se producen áreas de conmutación modificadas según las reglas de conmutación modificadas, como se muestra en la figura 9b con el parámetro C=3. Esto significa que las células de convertidor de alta tensión (HVC), una vez conectadas, permanecen conectadas durante más tiempo, es decir, se retrasa la desconexión, como muestra la línea m'. No se produce ningún efecto en la conexión (esto podría tener lugar cambiando el parámetro A). La actividad de conmutación de las células de convertidor de baja tensión (LVC) cambia de modo correspondiente, como muestra la línea n'. Como resultado, el comportamiento de conexión y desconexión de las células de convertidor de alta tensión (HVC) es asimétrico de tal manera que estas se desconectan mucho más tarde. Con ello, están conectadas durante más tiempo, lo que aumenta su flujo magnético. De este modo, el cambio dinámico del área de conmutación de las reglas de conmutación 34 alcanza el objetivo deseado de un aumento del flujo magnético en las células de convertidor de alta tensión (HVC).

Además, está proporcionado un detector de picos 37 opcional. En el mismo está aplicada la señal de referencia 43. Este se encuentra diseñado para detectar la aparición de picos de señal en la señal de referencia 43, por ejemplo, cuando la amplitud alcanza su valor máximo. Si se detecta esto, entonces el detector de picos 37 puede actuar sobre el modulador 33 de tal manera que esté bloqueada una conmutación de células de convertidor de alta tensión (HVC), que se presenta según las reglas de conmutación 34, y en su lugar se conmuta una célula de convertidor excedente de baja tensión (LVC) para alcanzar las últimas etapas de tensión. Una célula de convertidor LVC excedente opcional de este tipo en el grupo I se muestra en la figura 4 con una línea discontinua. De esta manera, se puede aprovechar el hecho de que, gracias a la señal de referencia 43, el máximo de amplitud es conocido y fácil de detectar. El detector de picos 37 detecta esto y actúa sobre el modulador 33 para bloquear o al menos minimizar los procesos de conmutación de las células de convertidor 5 de alta tensión (HVC) cerca de los máximos de amplitud.

REIVINDICACIONES

1. Generador electroquirúrgico que está diseñado para proporcionar una tensión alterna de alta frecuencia a un instrumento electroquirúrgico (16), que comprende una alimentación de tensión continua (2) y un inversor para alta tensión que es alimentado por la alimentación de tensión continua (2) y que genera una tensión alterna de alta frecuencia con tensión y frecuencia variables, que se aplica a una salida (14) para conectar el instrumento electroquirúrgico (16), caracterizado por que el inversor está diseñado como un inversor multinivel (4) controlado por una señal de referencia para la tensión que debe proporcionarse, con al menos dos grupos (HVC, LVC) de células de convertidor conectadas en serie (5), donde cada grupo está alimentado con una tensión continua diferente y donde las tensiones proporcionadas por los grupos se suman para el suministro en la salida (14).
2. Generador electroquirúrgico según la reivindicación 1, caracterizado por que las células de convertidor están agrupadas en dos grupos, de los cuales un primer grupo (LVC) está alimentado con una tensión continua más baja que otro segundo grupo (HVC).
3. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las células de convertidor (5) están realizadas bipolares y proporcionan al menos tres tensiones de salida diferentes, que son positivas, negativas o de cero.
4. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que entre la magnitud de tensión que es generada por las células de convertidor individuales de un segundo grupo (HVC) y la magnitud de tensión que es generada por las células de convertidor individuales de un primer grupo (LVC) existe una relación fija que preferiblemente es un múltiplo de tensión entero, y en particular es al menos el cuádruple.
5. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que para el control de las células de convertidor (5) de los grupos está proporcionado un modulador (33) que está configurado para reducir las frecuencias de conmutación de las células de convertidor de alta tensión (HVC), sustituyendo opcionalmente un accionamiento de las células de convertidor de alta tensión (HVC) por un accionamiento de una pluralidad de las células de convertidor de baja tensión (LVC), donde preferiblemente con el modulador (33) interactúa un regulador de etapas (31, 31'), donde está aplicada la señal de referencia (43) y que está configurado para convertir la señal de referencia (43) en una señal de etapa de tensión, que está aplicada al modulador (33).
6. Generador electroquirúrgico según la reivindicación 5, caracterizado por que el modulador (33) está accionado a través de una señal de liberación, y está proporcionado un detector de cambios (32, 32') que está configurado para detectar un cambio de la señal de referencia (43) y/o de la señal de etapa de tensión y para aplicar la señal de liberación al modulador (33).
7. Generador electroquirúrgico según la reivindicación 5 o 6, caracterizado por que el modulador (33) además está configurado para variar, mediante al menos un parámetro predeterminable, el número de células de convertidor del segundo grupo (HVC) que deben conmutarse y para determinar otro número de células de convertidor del primer grupo (LVC) que deben conmutarse, así como para conmutarlas en sentido contrario para una compensación.
8. Generador electroquirúrgico según la reivindicación anterior, caracterizado por que el parámetro predeterminable comprende una frecuencia de conmutación de las células de convertidor del segundo grupo (HVC), y el modulador (33) está configurado para minimizar esta frecuencia de conmutación, y/o el parámetro predeterminable comprende una medida de una pérdida de potencia de las células de convertidor, y el modulador (33) está configurado para adaptar la pérdida de potencia causada por el accionamiento de las células de convertidor del segundo grupo (HVC) a la pérdida de potencia causada por el accionamiento de las células de convertidor del primer grupo (LVC).
9. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado por que en el modulador (33) están implementadas reglas de conmutación alternativas (34) para cambios de tensión, que ambas conducen al mismo cambio de tensión pero conmutan un número diferente de células de convertidor del segundo grupo (HVC).
10. Generador electroquirúrgico según la reivindicación anterior, caracterizado por que en el caso de un aumento de tensión según una de las reglas de conmutación alternativas (34), el número de células de convertidor del segundo grupo (HVC) permanece igual y se conecta una de las células de convertidor del primer grupo (LVC), o según la otra de las reglas de conmutación alternativas (34), el número de células de convertidor conmutadas del segundo grupo (HVC) aumenta en uno y una pluralidad de células de convertidor del primer grupo (LVC) conmuta en sentido contrario, donde esta pluralidad corresponde al múltiplo de tensión reducido en uno.
11. Generador electroquirúrgico según la reivindicación 9 o 10, caracterizado por que en el caso de una reducción de tensión según una de las reglas de conmutación alternativas (34), el número de células de convertidor del segundo grupo (HVC) permanece igual y se desconecta una de las células de convertidor del primer grupo (LVC), o según la otra de las reglas de conmutación alternativas (34), el número de células de convertidor conmutadas del segundo grupo (HVC) se reduce en uno y una pluralidad de células de convertidor del primer grupo (LVC) conmuta en sentido contrario, donde esta pluralidad corresponde al múltiplo de tensión reducido en uno.

- 5 12. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que respectivas áreas de conmutación están asignadas a las reglas de conmutación (34), donde las áreas de conmutación preferiblemente son diferentes para la polaridad de tensión de salida positiva y negativa, donde más preferiblemente los límites de las áreas de conmutación son dinámicamente variables durante el funcionamiento, preferiblemente según las variables de estado de las células de convertidor del segundo grupo (HVC) y del primer grupo (LVC), en particular su respectivo tiempo de conexión, flujo magnético y/o temperatura.
- 10 13. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 12, caracterizado por que el modulador (33) está configurado para bloquear una conmutación de las células de convertidor del segundo grupo (HVC) en el caso de un cambio múltiple entre el aumento y la reducción de tensión, donde preferiblemente se conmutan células adicionales de convertidor del primer grupo (LVC) cuando el aumento o la reducción de tensión excede el valor de tensión de las células de convertidor del segundo grupo (HVC).
- 15 14. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que está proporcionada una unidad de monitorización que está configurada para determinar el flujo magnético en las células de convertidor del segundo grupo (HVC) y/o células de convertidor del primer grupo (LVC) y para almacenar un valor determinado de este modo para el flujo magnético, donde preferiblemente está proporcionada una unidad de compensación (38) que interactúa con la unidad de monitorización y que está configurada de tal manera que, en caso de un aumento de tensión, primero conmuta células de convertidor del segundo grupo (HVC) o células de convertidor del primer grupo (LVC) con un flujo magnético reducido, y, en caso de una reducción de tensión, primero conmuta aquellas células de convertidor con un flujo magnético elevado.
- 20 15. Generador electroquirúrgico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que está proporcionado un generador de señales de control (40) para el inversor multinivel (4), que está configurado para generar una señal de referencia (43) para el control del inversor multinivel (4), donde la señal de referencia (43) es un patrón para la tensión alterna que debe ser proporcionada por el generador electroquirúrgico (1), en particular con respecto a la amplitud, la frecuencia, la forma de curva y/o el factor de utilización, donde preferiblemente la forma de
25 curva puede seleccionarse libremente.

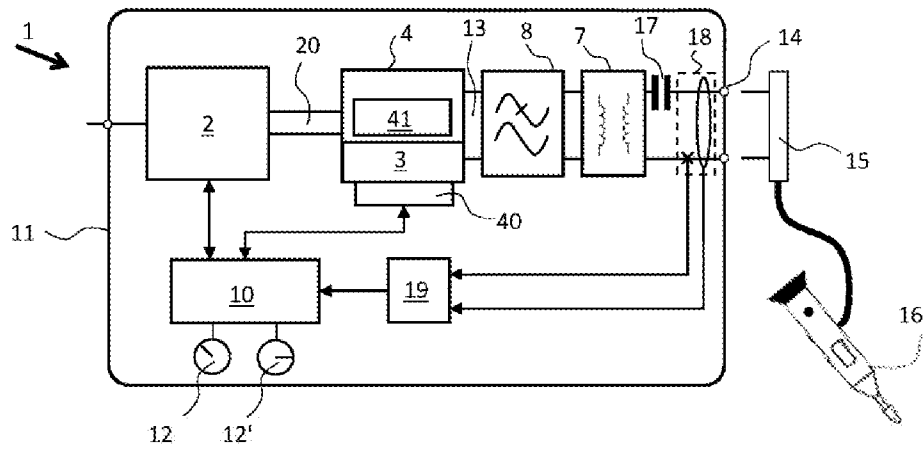


Fig. 1

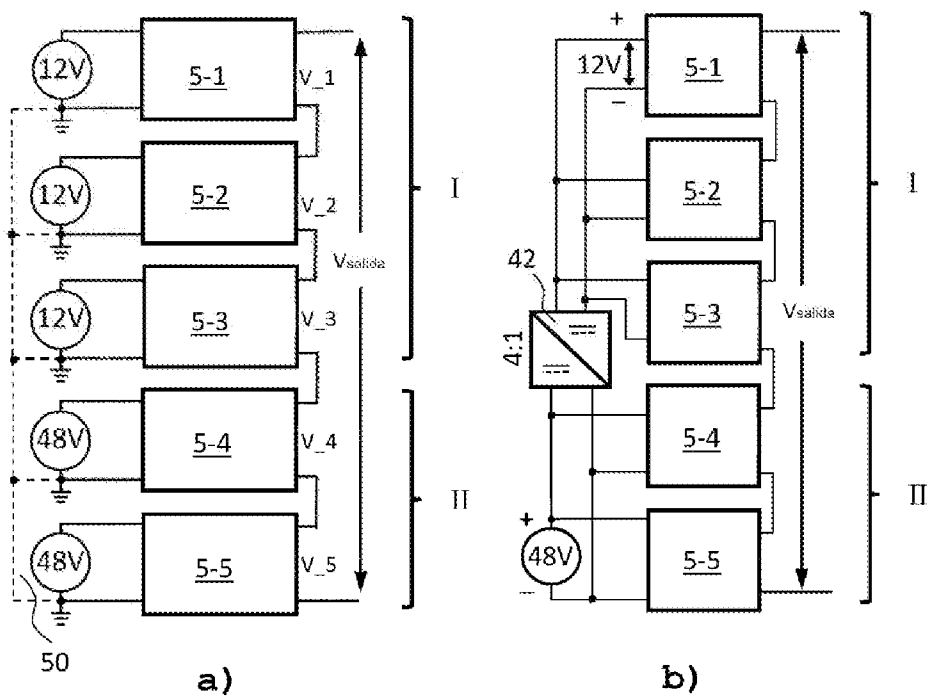


Fig. 2

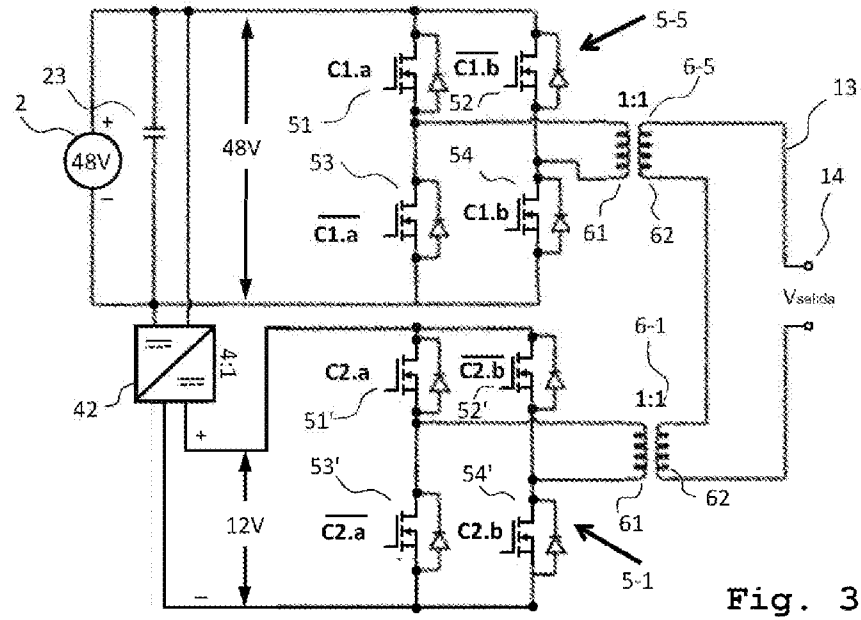


Fig. 3

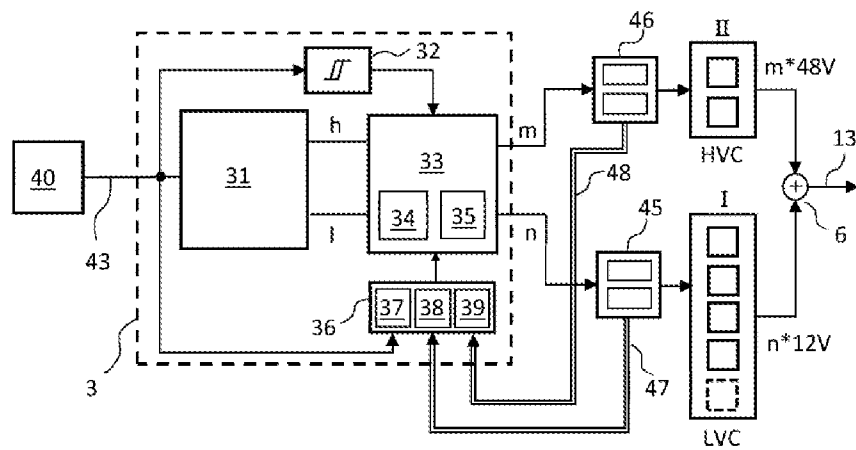


Fig. 4a)

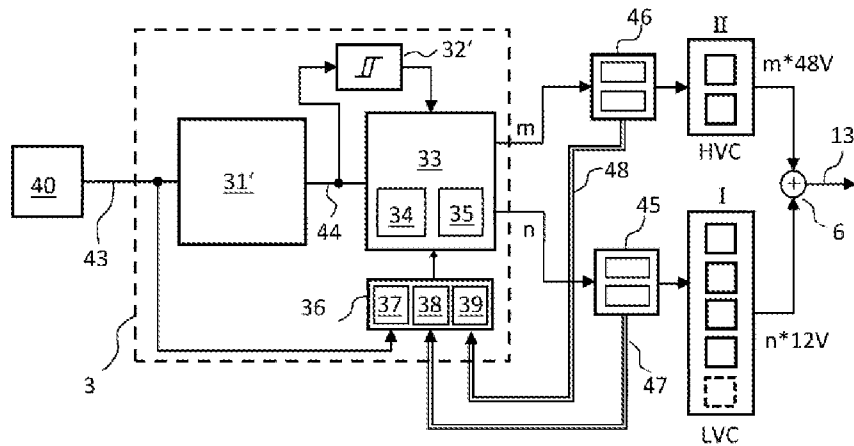


Fig. 4b)

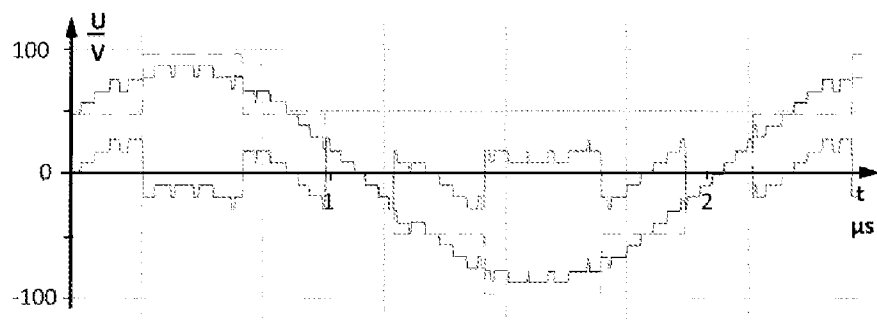
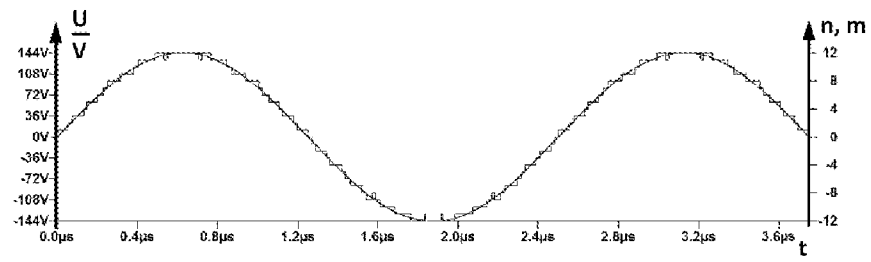
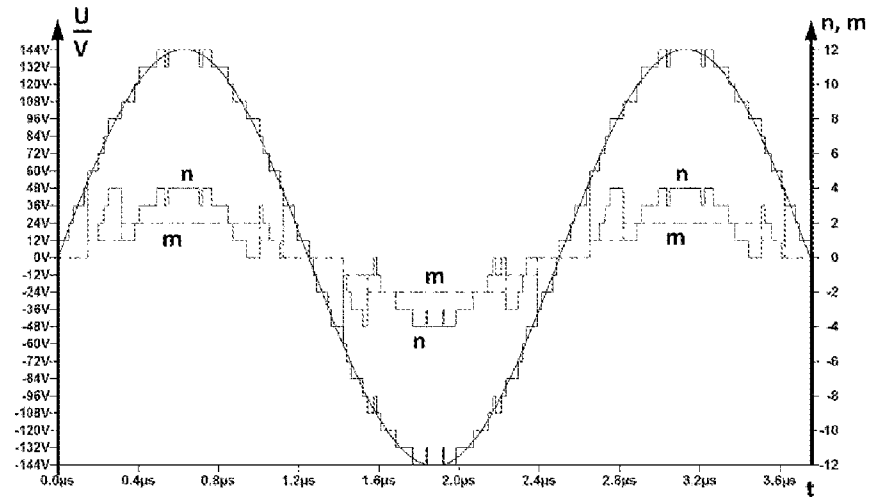


Fig. 5



a)



b)

Fig. 6

V_{salida}	a) solo LVC	b) HVC + LVC	a) solo LVC	b) HVC + LVC
≥ 0	$[-4; 3]$	$[4; 4]$	$[1; 4]$	$[-4; 0]$
< 0	$[-4; -1]$	$[0; 4]$	$[-3; 4]$	$[-4; -4]$

Fig. 7

V_{salida}	a) solo LVC	b) HVC + LVC	a) solo LVC	b) HVC + LVC
≥ 0	$[-4; 3-A]$	$[4-A; 4]$	$[1-C; 4]$	$[-4; 0-C]$
< 0	$[-4; -1+B]$	$[0+B; 4]$	$[-3+D; 4]$	$[-4; -4+D]$

Fig. 8

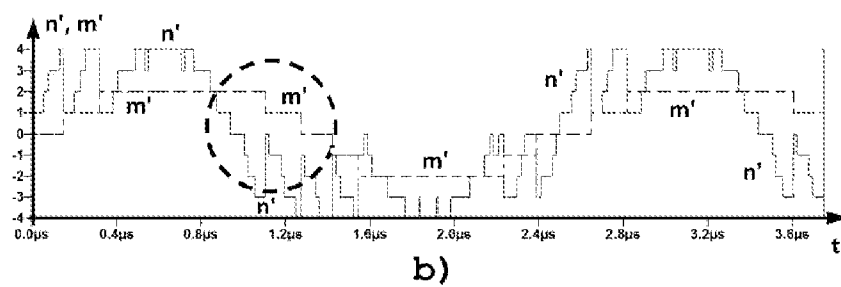
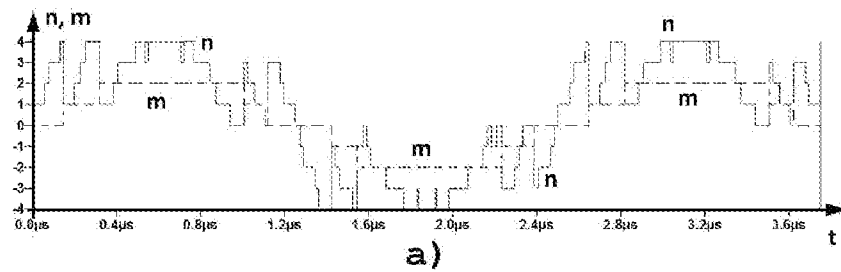


Fig. 9