

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 794 423**

51 Int. Cl.:

H02M 7/483 (2007.01)

H02J 3/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2016 PCT/EP2016/050960**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **27.07.2017 WO17125134**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2016 E 16701266 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3381116**

54 Título: **Convertidor multinivel modular**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**ALVAREZ VALENZUELA, RODRIGO ALONSO;
DORN, JÖRG;
ERGIN, DOMINIK;
GAMBACH, HERBERT;
GOBLIRSCH, WOLFGANG;
LANG, JÖRG;
PIESCHEL, MARTIN y
SCHREMMER, FRANK**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 794 423 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Convertidor multinivel modular

La invención se refiere a un convertidor multinivel modular con una pluralidad de submódulos, que en cada caso presentan al menos dos elementos de conmutación electrónicos y un acumulador de energía eléctrica.

5 Los convertidores con circuitos de electrónica de potencia para transformar energía eléctrica. Con convertidores puede transformarse corriente alterna en corriente continua, corriente continua en corriente alterna, corriente alterna en corriente alterna de otra frecuencia y/o amplitud, o corriente continua en corriente continua de otra tensión. Los convertidores pueden presentar una pluralidad de módulos del mismo tipo (los denominados submódulos), que están conectados en serie eléctricamente. Estos submódulos presentan en cada caso al menos dos elementos de conmutación electrónicos y un acumulador de energía eléctrica. Tales convertidores se denominan convertidores multinivel modulares. Mediante el circuito en serie eléctrico de los submódulos pueden alcanzarse altas tensiones de salida. Los convertidores pueden adaptarse de forma sencilla a diferentes tensiones (ajuste a escala) y puede generarse con relativa precisión una tensión de salida deseada. Los convertidores multinivel modulares se utilizan con frecuencia en el rango de alta tensión, por ejemplo como convertidores en instalaciones de transmisión de alta tensión-corriente continua o como compensadores de potencia reactiva en caso de sistemas de transmisión de corriente trifásica flexibles.

Para el control de los elementos de conmutación electrónicos contenidos en los submódulos y para la información de retorno de estados de los submódulos (por ejemplo para la información de retorno del estado de carga del acumulador de energía del submódulo) se intercambian mensajes entre un equipo de control central y los submódulos. En aras de una capacidad de realización sencilla y rentable es deseable disponer el equipo de control en potencial de tierra, mientras que los submódulos individuales pueden encontrarse a distintos potenciales de tensión (entre otros también en potencial de alta tensión). Por lo tanto la transmisión de mensajes a los submódulos se realiza mediante guía de onda.

A este respecto es concebible trasladar desde el equipo de control central un guía de onda a cada submódulo (para transmitir mensajes desde el equipo de control al submódulo) y trasladar un guía de onda adicional del submódulo al equipo de control (para transmitir mensajes del submódulo al equipo de control). En esta solución, por tanto por cada submódulo se requieren dos guía de onda, que se extienden desde el submódulo al equipo de control. Dado que el equipo de control puede encontrarse a una distancia considerable con respecto al submódulo respectivo (por ejemplo tales distancias pueden ascender a 100 m y más), se necesitan longitudes considerables de guía de onda y se producen costes considerables para esta guía de onda, así como para su traslado. La solicitud de patente europea EP2549634-A1 y la solicitud de patente internacional WO 2011/120572-A1 divulgan convertidores multinivel modulares, pertenecientes al campo de la electrónica de potencia, para transformar potencia eléctrica. A este respecto los submódulos del convertidor multinivel para el intercambio de informaciones de control y de estado están conectados a través de cables ópticos de onda luminosas con un equipo de control central.

La invención se basa en el objetivo de indicar un convertidor y un procedimiento con los que pueda realizarse la transmisión de mensajes a los submódulos de manera rentable.

Este objetivo se resuelve de acuerdo con la invención mediante un convertidor y mediante un procedimiento según las reivindicaciones de patente independientes. En las reivindicaciones de patente dependientes respectivas se indican formas de realización ventajosas del convertidor y del procedimiento.

La invención está definida mediante las reivindicaciones independientes. Configuraciones ventajosas resultan de las reivindicaciones dependientes.

Se divulga un convertidor multinivel modular con submódulos, que presentan en cada caso al menos dos elementos de conmutación electrónicos (en particular de la electrónica de potencia), un acumulador de energía eléctrica, dos tomas de corriente galvánicas, una entrada de comunicación óptica y una salida de comunicación óptica, y estando conectados una multitud de submódulos mediante su entrada de comunicación y su salida de comunicación (con respecto a la comunicación) a un circuito en serie (es decir, están conectados en serie). A este respecto es especialmente ventajoso que la multitud de los submódulos (con respecto a la comunicación) formen un circuito en serie (circuito en serie). En otras palabras, por tanto la salida de comunicación óptica de un submódulo está conectada con la entrada de comunicación óptica del submódulo adyacente del circuito en serie. La salida de comunicación óptica del submódulo adyacente está conectada con la entrada de comunicación óptica del siguiente submódulo del circuito en serie y así sucesivamente. A este respecto es ventajoso que cada submódulo del circuito en serie pueda transferir mediante su salida de comunicación óptica mensajes, en particular mensajes de telegrama, al submódulo adyacente del circuito en serie. Por ello se producen rutas de comunicación (especialmente) cortas de un submódulo del circuito en serie al submódulo adyacente del circuito en serie.

El convertidor multinivel modular puede estar diseñado de modo que el primer submódulo del circuito en serie y el último submódulo del circuito en serie estén conectados en cada caso con un equipo de comunicación asociado al circuito en serie. Por ello el equipo de comunicación puede comunicarse con todos los submódulos del circuito en serie.

5 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado de modo que los submódulos del circuito en serie y el equipo de comunicación asociado al circuito en serie formen una estructura anular. Por ello queda garantizado que el equipo de comunicación pueda enviar por un lado mensajes a todos los submódulos del circuito en serie, y que por otro lado también todos los submódulos del circuito en serie puedan enviar mensajes al equipo de comunicación.

10 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado también de modo que el equipo de comunicación sea un maestro y los submódulos del circuito en serie en cada caso sean un esclavo. Esto permite ventajosamente al equipo de comunicación, controlar y dirigir la comunicación con los submódulos configurados como esclavo.

15 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado también de modo que al menos un submódulo (del circuito en serie) presenta un equipo de derivación óptico (desvío óptico) (en donde el equipo de derivación desvía el submódulo ópticamente al menos de manera temporal). En particular el convertidor multinivel modular también puede estar diseñado de modo que los submódulos presentan en cada caso un equipo de derivación óptico. En particular el equipo de derivación puede desviar el submódulo en caso de un defecto del submódulo. Por ejemplo el equipo de derivación puede desviar el submódulo, cuando el suministro de tensión interno al submódulo falla. El equipo de derivación permite ventajosamente que también en caso de un fallo de un submódulo la comunicación a y desde los otros submódulos del circuito en serie pueda continuar. Por ello la disponibilidad del convertidor multinivel modular mejora notablemente.

20 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado también de modo que el equipo de derivación conecta ópticamente al menos por tiempo la entrada de comunicación óptica del submódulo con la salida de comunicación óptica del submódulo.

25 El convertidor multinivel modular también puede estar diseñado de modo que el equipo de derivación presenta un espejo óptico. Este espacio óptico funciona ventajosamente también sin energía auxiliar eléctrica, de modo que el equipo de derivación también en caso de un defecto eléctrico del submódulo sigue siendo apto para el funcionamiento.

30 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado de modo que los submódulos adyacentes del circuito en serie mediante un guía de onda estén conectados ópticamente y/o el primer submódulo del circuito en serie y el último submódulo del circuito en serie estén conectados ópticamente en cada caso mediante un guía de onda con el equipo de comunicación (asociado al circuito en serie). Mediante la guía de onda se alcanza una separación de potencial eléctrico entre los submódulos y/o entre los submódulos y el equipo de comunicación.

35 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado también de modo que el convertidor multinivel presenta un equipo de control (central) para los submódulos, estando conectado el equipo de control mediante una conexión de comunicación con el equipo de comunicación. Por ello se permite un intercambio de mensajes entre el equipo de control y los submódulos a través del equipo de comunicación. La conexión de comunicación puede presentar una o varias guías de onda.

40 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado también de modo que cada submódulo del circuito en serie esté conectado con su submódulo adyacente mediante segundas guías de onda, siendo una de las dos guías de onda una guía de onda redundante. En esta variante de configuración del convertidor multinivel modular es ventajoso que el convertidor siga siendo apto para el funcionamiento también en caso de fallo de una guía de onda, porque entonces la comunicación se realiza a través de otra de las dos guías de onda.

45 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado de modo que el convertidor multinivel presente una multitud de circuitos en serie (independientes) y presenta una multitud de equipos de comunicación (independientes) asociados a los circuitos en serie. Esto permite distribuir los submódulos del convertidor multinivel en varios circuitos en serie. Por un lado se evita que demasiados submódulos estén dispuestos en un circuito en serie (esto produciría eventualmente tiempos de propagación de mensajes demasiados grandes dentro del circuito en serie). Por otro lado con ello se alcanza ventajosamente que en caso de un fallo de un circuito en serie los otros circuitos en serie puedan procesarse de manera independiente del circuito en serie averiado.

50 El convertidor multinivel modular puede estar diseñado también de modo que el convertidor multinivel presente una multitud de estructuras de anillo (independientes) (que en cada caso presentan un circuito en serie y un equipo de comunicación). Esta variante del convertidor multinivel tiene las mismas ventajas que la variante anteriormente mencionada.

Se divulga además un procedimiento para la transmisión de un mensaje entre un equipo de comunicación y

submódulos de un convertidor multinivel modular, presentando los submódulos en cada caso al menos dos elementos de conmutación electrónicos (en particular de la electrónica de potencia), un acumulador de energía eléctrica, dos tomas de corriente galvánicas, una entrada de comunicación óptica y una salida de comunicación óptica, y estando conectados los submódulos mediante su entrada de comunicación y su salida de comunicación (con respecto a la comunicación) a un circuito en serie, en donde en el procedimiento

- el mensaje se transmite del equipo de comunicación mediante una primera guía de onda a una entrada de comunicación óptica de un primer submódulo del circuito en serie,
- a continuación el mensaje se transmite desde una salida de comunicación óptica del primer submódulo a través de una segunda guía de onda a una entrada de comunicación óptica de un segundo submódulo del circuito en serie, y
- el mensaje se transmite sucesivamente (en cada caso a través de guías de onda adicionales) a los submódulos adicionales del circuito en serie, hasta que el mensaje alcanza el último submódulo del circuito en serie. En este procedimiento ventajosamente es posible, transmitir el mensaje mediante el equipo de comunicación sucesivamente (progresivamente) a todos los submódulos del circuito en serie. Para ello entre los submódulos individuales del circuito en serie se requiere únicamente guías de onda, cuya longitud corresponda aproximadamente a la distancia entre los submódulos individuales. Dado que los submódulos por regla general están dispuestos relativamente ceñidos unos a otros, pueden realizarse por ello con longitudes de guía de onda relativamente cortas la transmisión de los mensajes hacia y desde los submódulos.

El procedimiento puede estar diseñado de modo que a continuación el mensaje se transmite de una salida de comunicación óptica del último submódulo (del circuito en serie) al equipo de comunicación. Con esta variante del procedimiento es también posible transmitir de vuelta el mensaje de telegrama después del paso a través del circuito en serie al equipo de comunicación.

El procedimiento puede también estar diseñado de modo que a cada submódulo del circuito en serie esté asociada una dirección (en particular inequívoca), el mensaje se provee de la dirección de un submódulo del circuito en serie, en función de esta dirección este submódulo lleva a cabo una instrucción incluida en el mensaje (mientras que los otros submódulos del circuito en serie ignoran la instrucción). Esta variante del procedimiento permite hacer reaccionar exactamente un submódulo del circuito en serie con el mensaje, llegando el mensaje sucesivamente a todos los submódulos del circuito en serie.

El procedimiento puede estar diseñado de manera que este submódulo del circuito en serie escribe datos en el mensaje (mientras que los otros submódulos del circuito en serie reenvían el mensaje invariable). Mediante esta variante del procedimiento se permite que el submódulo dirigido transmita datos al equipo de comunicación.

El procedimiento puede desarrollarse de manera que varios mensajes (en particular dirigidos a distintos submódulos) se transmiten sucesivamente en ranuras de tiempo separadas (en el circuito en serie). Por ello puede realizarse ventajosamente un procedimiento de transmisión de mensajes por multiplexación por división de tiempo, en particular un procedimiento de transmisión de datos de multiplexación por división de tiempo con direccionamiento.

Las formas de realización mencionadas del procedimiento presentan también las mismas ventajas, tal como se han indicado anteriormente en relación con el convertidor multinivel modular.

A continuación la invención se explica con más detalle mediante ejemplos de realización. Las mismas referencias remiten a este respecto a elementos idénticos o con la misma función. Para ello se representa en la

- la figura 1 un ejemplo de realización de un convertidor multinivel modular, en
- la figura 2 un ejemplo de realización de un submódulo, en la figura 3 un ejemplo de realización adicional de un submódulo, en
- la figura 4 un ejemplo de realización de un convertidor multinivel con varios circuitos en serie de submódulos, en
- la figura 5 un ejemplo de realización de un convertidor multinivel con guías de onda redundantes, en
- la figura 6 un ejemplo de realización de un submódulo con un equipo de derivación y en
- la figura 7 un desarrollo de procedimiento a modo de ejemplo.

En la figura 1 está representado un convertidor 1 en forma de un convertidor multinivel modular 1 (*modular multilevel converter*, MMC). Este convertidor multinivel 1 presenta una primera conexión de tensión alterna 5, una segunda conexión de tensión alterna 7 y una tercera conexión de tensión alterna 9. La primera conexión de tensión alterna 5 está conectada eléctricamente con un primer ramal de módulo de fase 11 y un segundo ramal de módulo de fase 13. El primer ramal de módulo de fase 11 y el segundo ramal de módulo de fase 13 forman un primer módulo de fase 15 del convertidor 1. El extremo del primer ramal de módulo de fase 11 opuesto a la primera conexión de tensión alterna 5 está conectado eléctricamente con una primera conexión de tensión continua 16; el extremo del segundo ramal de módulo de fase 13 opuesto a la primera conexión de tensión alterna 5 está conectado eléctricamente con una segunda

conexión de tensión continua 17. La primera conexión de tensión continua 16 es una conexión de tensión continua positiva; la segunda conexión de tensión continua 17 es una conexión de tensión continua negativa.

La segunda conexión de tensión alterna 7 está conectada eléctricamente con un extremo de un tercer ramal de módulo de fase 18 y con un extremo de un cuarto ramal de módulo de fase 21. El tercer ramal de módulo de fase 18 y el cuarto ramal de módulo de fase 21 forman un segundo módulo de fase 24. La tercera conexión de tensión alterna 9 está conectada eléctricamente con un extremo de un quinto ramal de módulo de fase 27 y con un extremo de un sexto ramal de módulo de fase 29. El quinto ramal de módulo de fase 27 y el sexto ramal de módulo de fase 29 forman un tercer módulo de fase 31.

El extremo del tercer ramal de módulo de fase 18 opuesto a la segunda conexión de tensión alterna 7 y el extremo del quinto ramal de módulo de fase 27 opuesto a la tercera conexión de tensión alterna 9 están conectados eléctricamente con la primera conexión de tensión continua 16. El extremo del cuarto ramal de módulo de fase 21 opuesto a la segunda conexión de tensión alterna 7 y el extremo del sexto ramal de módulo de fase 29 opuesto a la tercera conexión de tensión alterna 9 están conectados eléctricamente con la segunda conexión de tensión continua 17.

Cada ramal de módulo de fase presenta una multitud de submódulos (1_1, 1_2, 1_3, ... 1_n; 2_1 ... 2_n; etc.), que están conectados en serie eléctricamente (mediante sus tomas de corriente galvánicas). En el ejemplo de realización de la figura 1 cada ramal de módulo de fase presenta n submódulos. El número de los submódulos (mediante sus tomas de corriente galvánicas) conectados eléctricamente en serie puede ser muy distinto, al menos dos submódulos están conectados en serie, pero pueden estar conectado eléctricamente en serie también por ejemplo 50 o 100 submódulos. En el ejemplo de realización n es = 36: el primer ramal de módulo de fase presenta por tanto 36 submódulos 1_1, 1_2, 1_3, ... 1_36.

En la zona izquierda de la figura 1 está representado esquemáticamente un equipo de control 35 para los submódulos 1_1 a 6_n. Desde este equipo de control 35 central se transmiten mensajes ópticos a los submódulos individuales. La transmisión de mensajes entre el equipo de control y un submódulo está representada en cada caso simbólicamente mediante una línea discontinua 37; la dirección de la transmisión de mensajes está representada simbólicamente mediante la punta de flecha en las líneas discontinuas 37. El equipo de control 35 envía mediante salidas ópticas 39 mensajes ópticos a los submódulos y recibe mensajes ópticos de los submódulos individuales mediante entradas ópticas 41. Esto se representa en el ejemplo de los submódulos 1_1, 1_n y 4_3; a los otros submódulos se envían del mismo modo mensajes ópticos o se reciben por estos submódulos. Tras la representación de la figura 1 se requieren por tanto por cada submódulo dos guías de onda, que se extiende en cada caso entre el submódulo y el equipo de control. Esta es la solución costosa descrita al principio con grandes longitudes de guía de onda necesarias. A diferencia de esto a continuación se describe otra solución, en la que son suficientes longitudes de guía de onda más pequeñas.

En la figura 2 se representa a modo de ejemplo la estructura principal de un submódulo 201. A este respecto puede tratarse por ejemplo del submódulo 1_1 del primer ramal de módulo de fase 11 (o también de uno de los otros submódulos representados en la figura 1). El submódulo está diseñado como módulo de semipunto 201. El submódulo 201 presenta una primera válvula de semiconductores 202 desconectable con un primer diodo 204 conectado de manera antiparalela. Además el submódulo 201 presenta una segunda válvula de semiconductores 206 desconectable con un segundo diodo 208 conectado de manera antiparalela así como un acumulador de energía eléctrica 210 en forma de un condensador 210. La primera válvula de semiconductores 202 desconectable es un primer elemento de conmutación electrónico 202; la segunda válvula de semiconductores 206 desconectable es un segundo elemento de conmutación electrónico 206. La primera válvula de semiconductores 202 desconectable y la segunda válvula de semiconductores desconectable 206 están diseñadas en cada caso como un transistor IGBT (insulated-gate bipolar transistor, transistor bipolar de puerta aislada). La primera válvula de semiconductores desconectable 202 está conectada eléctricamente en serie con la segunda válvula de semiconductores 206 desconectable. En el punto de unión entre ambas válvulas de semiconductores está dispuesta una primera conexión de submódulo 212 galvánica. En la conexión de la segunda válvula de semiconductores 206, enfrentada al punto de unión, está dispuesta una segunda conexión de submódulo 215 galvánica. La segunda conexión de submódulo 215 está unida además con una primera conexión del acumulador de energía 210; una segunda conexión del acumulador de energía 210 está conectado eléctricamente con la conexión de la primera válvula de semiconductores 202, enfrentada al punto de unión.

El acumulador de energía 210 está conectado por tanto eléctricamente en paralelo al circuito en serie formado por la primera válvula de semiconductores 202 y la segunda válvula de semiconductores 206. Mediante control correspondiente de la primera válvula de semiconductores 202 y de la segunda válvula de semiconductores 206 mediante un circuito de control 220 electrónico interno al submódulo puede conseguirse que entre la primera conexión de submódulo galvánica 212 y la segunda conexión de submódulo galvánica 215 o se emite la tensión del acumulador de energía 210 o no se emite ninguna tensión (es decir no se emite ninguna tensión nula). Mediante cooperación de los submódulos de las ramas de módulo de fase individuales puede generarse de este modo la tensión de salida deseada en cada caso del convertidor. Para la comunicación externa al módulo el submódulo 201 presenta una entrada de comunicación óptica 222 y una salida de comunicación óptica 225. La entrada de comunicación óptica 222

y la salida de comunicación óptica 225 está unidas con el circuito de control 220. A la entrada de comunicación óptica 222 y la salida de comunicación óptica 225 para la comunicación externa al módulo se conectan en cada caso guías de onda. Además, el circuito de control 220 puede registrar también estados del submódulo y se comunican al equipo de control central 35. En la figura 2 se indica a modo de ejemplo mediante una línea discontinua que el circuito de control 220 registra el estado de carga del acumulador de energía 210 y puede comunicarlo al equipo de control central 35.

La entrada de comunicación óptica 222 del submódulo 201 reenvía los mensajes ópticos que llegan a este al circuito de control 220; el circuito de control 220 emite mensajes ópticos (modificados o sin modificar) en la salida de comunicación óptica 225 del submódulo.

En la figura 3 está representado un ejemplo de realización adicional de un submódulo 301. Este submódulo 301 puede ser por ejemplo el submódulo 1_n (o también otro de los submódulos representados en la figura 1). Además de la primera válvula de semiconductores 202 conocida por la figura 2, segunda válvula de semiconductores 206, primer diodo 204, segundo diodo 208, acumulador de energía 210 y circuito de control 220 el submódulo 301 representado en la figura 3 presenta una tercera válvula de semiconductores 302 desconectable con un tercer diodo 304 conectado de manera antiparalela, así como una cuarta válvula de semiconductores desconectable 306 con un diodo 308 conectado de manera antiparalela. La tercera válvula de semiconductores 302 desconectable es un tercer elemento de conmutación electrónico 302; la cuarta válvula de semiconductores 306 desconectable es un cuarto elemento de conmutación electrónico 306. La tercera válvula de semiconductores 302 desconectable y la cuarta válvula de semiconductores desconectable 306 son en cada caso un transistor IGBT. A diferencia del circuito de la figura 2 la segunda conexión de submódulo 315 galvánica no está unida con la segunda válvula de semiconductores 206, sino con un punto central de un circuito en serie eléctrico formado por la tercera válvula de semiconductores 302 y la cuarta válvula de semiconductores 306.

El submódulo 301 de la figura 3 es un denominado módulo de puente integral 301. Este módulo de puente integral 301 se caracteriza por que en caso de un control correspondiente de las cuatro válvulas de semiconductores entre la primera conexión de submódulo galvánica 212 y la segunda conexión de submódulo galvánica 315 puede emitirse o la tensión positiva del acumulador de energía 210, la tensión negativa del acumulador de energía 210 o una tensión del valor cero (tensión nula). Por consiguiente, por tanto mediante el módulo de puente integral 301 puede invertirse la polaridad de la tensión de salida. El convertidor 1 puede presentar o solo módulos de semipunte 201, solo módulos de puente integral 301 o también módulos de semipunte 201 y módulos de puente integral 301.

Las representaciones de las figuras 2 y 3 muestran en cada caso un submódulo con la primera conexión de submódulo galvánica 212 y la segunda conexión de submódulo galvánica 215 o 315. A través de la primera conexión de submódulo galvánica 212 y la segunda conexión de submódulo galvánica 215, 315 fluyen grandes corrientes eléctricas del convertidor. Adicionalmente cada submódulo presenta el circuito de control 220, que controla en particular los elementos de conmutación 202, 206, 302 y/o 306. Este circuito de control 220 comunica a través de la entrada de comunicación óptica 222 y la salida de comunicación óptica 225 mediante guía de onda de potencial separado con unidades externas al submódulo (en este caso: con un equipo de comunicación externo al submódulo, compárese figuras 4 y 5). La conexión/unión de la entrada de comunicación ópticas 222 y de la salida de comunicación óptica 225 de los submódulos individuales mediante guía de onda se describe a continuación.

En la figura 4 del convertidor multinivel 1 conocido por la figura 1 están representados únicamente el equipo de control central 35, así como a modo de ejemplo los submódulos del primer ramal de módulo de fase 11, del segundo ramal de módulo de fase 13 y del sexto ramal de módulo de fase 29. Todos los demás submódulos del convertidor multinivel 1 están dispuesto del mismo modo que los submódulos representados a modo de ejemplo.

En la parte superior derecha de la figura 4 están representados los submódulos 1_1 a 1_n del primer ramal de módulo de fase 11. A diferencia de la representación de la figura 1 en la figura 4 no están representadas las conexiones galvánicas de electrónica de potencia de los submódulos; en la figura 4 están representadas únicamente la entrada de comunicación óptica y la salida de comunicación óptica de los submódulos individuales.

Una salida óptica 402 de un primer equipo de comunicación 404 está conectada ópticamente mediante un primer guía de onda 406 con una primera entrada de comunicación 408 del submódulo 1_1. Una salida de comunicación 410 óptica del submódulo 1_1 está conectada ópticamente mediante un segundo guía de onda 412 con una entrada de comunicación 414 del submódulo 1_2 óptica. Una salida de comunicación 416 óptica del submódulo 1_2 está conectada ópticamente mediante un tercer guía de onda 418 con una entrada de comunicación óptica 420 del submódulo 1_3. Una salida de comunicación 422 óptica del submódulo 1_3 está conectada ópticamente mediante un cuarto guía de onda 424 con el submódulo 1_4 y así sucesivamente. Finalmente una salida de comunicación 430 óptica del último submódulo 1_n está conectada ópticamente mediante un guía de onda 432 con una entrada óptica 436 del primer equipo de comunicación 404. El guía de onda 432 puede denominarse también guía de onda de retorno 432.

Los n submódulos 1_1 a 1_n forman un primer circuito en serie 440. El primer circuito en serie 440 forma con el primer

equipo de comunicación 404 una primera estructura anular 444 del convertidor 1.

5 El primer equipo de comunicación 404 está conectado ópticamente mediante segundos guía de onda con el equipo de control 35. Así, desde de una salida óptica 450 del equipo de control 35 discurre un guía de onda 452 hacia una entrada óptica 454 adicional del primer equipo de comunicación 404. Mediante este guía de onda 452 se transmiten mensajes desde el equipo de control 35 de modo óptico al primer equipo de comunicación 404. Así, desde de una salida óptica 456 adicional del primer equipo de comunicación 404 discurre un guía de onda 458 adicional hacia una entrada óptica 460 adicional del equipo de comunicación 35. A diferencia de en la figura 4, los guía de onda 452, 458 entre el equipo de control 35 y el primer equipo de comunicación 404 pueden ser muy largos: pueden ser por ejemplo un múltiplo más largos que los guía de onda en la primera estructura anular 444.

10 En la primera estructura anular 444 el primer equipo de comunicación 404 es un maestro 404; los submódulos individuales $1_1 \dots 1_n$ son en cada caso esclavos. El primer equipo de comunicación 404 que funciona como maestro controla por tanto la transmisión de mensajes a los submódulos 1_1 a 1_n individuales que trabajan como esclavo. Esto significa que todas las transmisiones de mensajes se inician dentro de la primera estructura anular 444 mediante el primer equipo de comunicación 404.

15 El convertidor multinivel modular 1 presenta además una segunda estructura anular 466, que a su vez presenta un segundo circuito en serie 468 y segundo equipo de comunicación 470. El segundo circuito en serie 468 comprende los submódulos 2_1 a 2_n conectados en serie.

20 Asimismo el convertidor multinivel modular 1 presenta estructuras de anillo adicionales, de las cuales en la figura 4 está representada la estructura anular 472 de orden m. Esta estructura anular 472 de orden m presenta en el ejemplo de realización un circuito en serie 474 de orden t así como un equipo de comunicación 476 de orden m. El circuito en serie 474 de orden presenta a su vez los submódulos 6_1 a 6_n . El convertidor multinivel 1 presenta por tanto una multitud de circuitos en serie 440, 468 a 474 independientes y por consiguiente también una multitud de estructuras de anillo 444, 466 a 472 independientes.

25 En la figura 5 está representado un ejemplo de realización adicional de un convertidor multinivel modular 501. A diferencia del ejemplo de realización de la figura 4 en la figura 5 cada submódulo del circuito en serie está conectado ópticamente con su submódulo adyacente mediante segundos guía de onda. A este respecto uno de los dos guía de onda es un guía de onda redundante. Así, por ejemplo en la primer estructura anular 444 el submódulo 1_1 está conectado ópticamente con el submódulo 1_2 no solo a través del segundo guía de onda 412, sino que estos dos submódulos están conectados ópticamente entre sí adicionalmente a través de un guía de onda 504. A este respecto el guía de onda 504 es un guía de onda redundante.

30 Asimismo el submódulo 1_2 está conectado ópticamente con el submódulo 1_3 no solo mediante el tercer guía de onda 418, sino también mediante un guía de onda 506. Del mismo modo también el submódulo 1_n de orden n está conectado ópticamente con el primer equipo de comunicación 404 no solo mediante la guía de onda 432 (guía de onda de retorno 432), sino también mediante una guía de onda 508 (guía de onda de retorno 508 adicional). Asimismo también el primer equipo de comunicación 404 está conectado ópticamente con el submódulo 1_1 no solo a través de la primera guía de onda 406, sino también mediante una guía de onda adicional 510. A este respecto las guías de onda 504, 506, 508 y 510 son redundantes, es decir durante el funcionamiento normal no son necesarios para la transmisión de mensajes dentro de la primer estructura anular 444. Sin embargo, si una de las guías de onda 406, 412, 418, 424 o 432 falla, entonces la guía de onda 504, 506, 508 o 510 redundante conectada ópticamente en paralelo asume su tarea. A este respecto la dirección de la transmisión de mensajes (representada simbólicamente mediante la punta de flecha en las guías de onda) en las guías de onda redundantes adicionales también puede ser inversa a las guías de onda no redundantes. El primer equipo de comunicación 404 presenta para las guías de onda redundantes una salida óptica 512 adicional y una entrada óptica 514 adicional. Como alternativa pueden emplearse también dos equipos de comunicación accionados en paralelo, para facilitar suficientemente entradas y salidas ópticas.

45 Mediante las guías de onda redundantes existe una primera estructura anular 518 redundante, que es redundante con respecto a la primer estructura anular 444. Del mismo modo existe una segunda estructura anular 520 redundante, que es redundante con respecto a la segunda estructura anular 466. Esto se repite en las otras estructuras de anillo del convertidor; finalmente hay también una estructura anular 522 redundante de orden m, que es redundante con respecto a la estructura anular 472 de orden m.

50 En la figura 6 se representa un detalle opcional a modo de ejemplo del submódulo 201 de la figura 2: un equipo de derivación 601. El submódulo 301 de la figura 3 puede presentar asimismo dicho equipo de derivación.

El equipo de derivación 601 óptico del submódulo 201 representa un desvío óptico 601. El equipo de derivación 601 presenta un distribuidor óptico 602, un primer espejo óptico 604, un segundo espejo óptico 606 y un punto colector 608 óptico (punto de adición óptico 608).

En la entrada de comunicación óptica 222 se ramifica una parte de la luz que llega en el distribuidor óptico 602 y (en caso de un equipo de derivación activado) se conduce a través del primer espejo óptico 604 y el segundo espejo óptico 606 al punto colector 608 óptico. En el punto colector 608 óptico la luz del haz de luz 610 reflejado se alimenta a la salida de comunicación óptica 225.

5 El primer espejo óptico 604 tiene en caso de un fallo (defecto) del submódulo (por ejemplo en caso de un fallo del suministro de tensión interno al submódulo) la posición representada en la figura 6 y conduce solo entonces el haz de luz 610 reflejado al segundo espejo 606. El equipo de derivación está activado por tanto solo en caso de un fallo del submódulo. En caso de un submódulo apto para el funcionamiento (por ejemplo en caso de un suministro de tensión interno al submódulo en funcionamiento) el espejo (por ejemplo mediante un electroimán, que actúa contra la fuerza
10 de un resorte) tiene otra capa, en la que la luz ramificada no se transmite al segundo espejo óptico 606: el equipo de derivación 601 está entonces desactivado.

De este modo también en caso de un fallo /defecto del submódulo (por ejemplo en caso de un fallo del suministro de tensión interno al submódulo) puede la transmisión de mensajes óptica puede seguir teniendo lugar a través del submódulo 201; la transmisión de mensajes óptica en la estructura anular (en la que se encuentra el submódulo 201)
15 no se interrumpe mediante la avería del submódulo.

El distribuidor óptico 602, el primer espejo óptico 604, el segundo espejo óptico 606 y el punto colector 608 óptico no requieren en caso de un equipo de derivación 601 activado no requiere ninguna energía eléctrica auxiliar adicional. Este equipo de derivación 601 sirve para la desviación óptica (al menos temporal) del submódulo 201, en otras palabras el equipo de derivación 601 une al menos de manera temporal la entrada de comunicación óptica 222 del
20 submódulo con la salida de comunicación óptica 225 del submódulo. Todos los submódulos del convertidor multinivel pueden presentar un equipo de derivación 601 de este tipo.

En la figura 7 se representa un desarrollo de procedimiento a modo de ejemplo, que tiene lugar en el convertidor multinivel. Este desarrollo de procedimiento se refiere al ejemplo de realización de la figura 4.

25 La etapa de procedimiento 700 (etapa de procedimiento de preparación, necesita solo realizarse una vez, es decir no necesita realizarse de nuevo en cada desarrollo de procedimiento): A cada submódulo 1_1, 1_2 a 6_n se asocia una dirección propia, en particular inequívoca. Dicha dirección es por ejemplo una secuencia individual de cifras y/o signos alfanuméricos, por ejemplo un número de submódulo.

Etapa de procedimiento 702:

30 El equipo de control 35 envía un mensaje (que también puede denominarse telegrama o mensaje de telegrama) a través de la guía de onda 452 al primer equipo de comunicación 404. Este mensaje está dirigido al submódulo 1_2 e incluye por consiguiente la dirección del submódulo 1_2. Además el mensaje incluye la instrucción al submódulo 1_2, de cerrar el elemento de conmutación 202.

Etapa de procedimiento 704:

35 El primer equipo de comunicación 404 recibe el mensaje y emite este en su salida óptica 402 en la primera estructura anular 444. El mensaje llega a través de la primera guía de onda 406 a la entrada de comunicación óptica 408 del submódulo 1_1.

Etapa de procedimiento 706:

40 El submódulo 1_1 detecta mediante la dirección del submódulo 1_2 incluida en el mensaje que este mensaje no esté determinado para el submódulo 1_1. Por lo tanto el submódulo 1_1 reenvía el mensaje invariable a su salida de comunicación óptica 410 e ignora la instrucción incluida en el mensaje al submódulo 1_2. A continuación el mensaje llega a través de la segunda guía de onda 412 al submódulo 1_2.

Etapa de procedimiento 708:

45 El submódulo 1_2 detecta mediante la dirección del submódulo 1_2 incluida en el mensaje que el mensaje está determinado para él y evalúa el mensaje. A este respecto el submódulo 1_2 lleva a cabo la instrucción contenida en el mensaje y cierra el elemento de conmutación 202.

Etapa de procedimiento 710:

El submódulo 1_2 escribe en el mensaje datos, que confirman la ejecución exitosa de la instrucción (es decir, en este caso por ejemplo: elemento de conmutación 202 se cierra con éxito). A continuación el submódulo 1_2 reenvía el

mensaje a través de la tercera guía de onda 418 al submódulo 1_3.

Etapa de procedimiento 712:

5 El submódulo 1_3 ignora la instrucción incluida en el mensaje, porque el mensaje no incluye la dirección del submódulo 1_3, sino la dirección del submódulo 1_2. Este proceso se repite hasta que el mensaje llega a través de la guía de onda de retorno 432 al primer equipo de comunicación 404.

Etapa de procedimiento 714:

El primer equipo de comunicación 404 reenvía a continuación el mensaje a través de la guía de onda 458 adicional al equipo de control 35.

10 A distintos submódulos se transmiten mensajes direccionados sucesivamente (es decir, en ranuras de tiempo separadas) a través de la primera estructura anular 444. La transmisión de datos es por tanto una transmisión de datos de multiplexación por división de tiempo, en particular una transmisión de datos de multiplexación por división de tiempo con direccionamiento.

15 En el convertidor multinivel descrito y el procedimiento es especialmente ventajoso que el mensaje pueda seguir enviándose directamente dentro de la estructura anular en cada caso de un submódulo al submódulo adyacente. Por ello pueden realizarse en particular rutas de conexión cortas entre los submódulos y con ello longitudes de guía de onda cortas necesarias. Esto baja considerablemente los costes para el convertidor multinivel modular o para la realización del procedimiento (en comparación con el circuito según la figura 1, en la que el equipo de control 35 envía el mensaje en cada caso mediante segundas guía de onda individuales a cada submódulo individual o se recibe por estos).

20 Se han descrito un convertidor multinivel y un procedimiento, en los que una transmisión de mensajes por secuencias de telegrama codificada (mensajes de telegrama) tiene lugar de un maestro a varios submódulos, formando los submódulos y el maestro forman una estructura anular en serie. En dicha estructura anular pueden estar dispuesto por ejemplo 24 o 36 submódulos; sin embargo son posibles también otros números de submódulos en una estructura anular de este tipo. El equipo de comunicación 404 que trabaja como maestro envía en este caso continuamente
25 mensajes a través de todos los submódulos de la estructura anular en serie.

30 Los mensajes incluyen en cada caso al menos una dirección de submódulo, un región de lectura y una región de escritura. En la región de lectura puede estar incluida al menos una instrucción para el submódulo direccionado, en la región de escritura el submódulo direccionado puede escribir datos. El submódulo al que se hace reaccionar /direccionado lee por tanto las informaciones dirigidas a él de la transmisión de datos que discurre en el canal anular y escribe sus datos en la transmisión de datos del canal anular. Después de que el mensaje haya pasado por todos los submódulos, el mensaje con los datos del submódulo direccionado retorna al maestro, es decir, retorna al primer equipo de comunicación 404. Este procedimiento y este convertidor multinivel permite una reducción considerable de las longitudes de las guías de onda necesarias. Son concebibles reducciones del orden de magnitud de hasta 90 %.

35 En la variante de realización opcional de la figura 5 se duplica la estructura anular en serie, y el equipo de comunicación 404 se provee de dos salidas ópticas y dos entradas ópticas (alternativamente pueden emplearse también dos equipos de comunicación 404 como dos maestros). Mediante la estructura anular redundante también en caso de fallo (por ejemplo en el caso de una rotura de conductor de luz) la transmisión de mensajes puede seguir discurriendo sin interferencias. También en esta variante de realización sigue siendo concebible todavía una reducción de las longitudes de guía de onda necesarias de hasta 80 %.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Convertidor multinivel modular (1) con submódulos (1_1 a 6_n), que presentan en cada caso al menos dos elementos de conmutación electrónicos (202, 206), un acumulador de energía eléctrica (210), dos tomas de corriente galvánicas (212, 215), una entrada de comunicación óptica (222) y una salida de comunicación óptica (225), en donde una multitud de los submódulos(1_1 a 1_n) están conectados mediante su entrada de comunicación (222) y su salida de comunicación (225) a un circuito en serie (440),
caracterizado por que
- 10 - al menos un submódulo (201) presenta un equipo de derivación (601) óptico, que une ópticamente al menos de manera temporal la entrada de comunicación óptica (222) del submódulo (201) con la salida de comunicación óptica (225) del submódulo (201).
2. Convertidor multinivel modular según la reivindicación 1,
caracterizado por que
- el primer submódulo (1_1) del circuito en serie (440) y el último submódulo (1_n) del circuito en serie (440) están unidos en cada caso con un equipo de comunicación (404) asociado al circuito en serie (440).
- 15 3. Convertidor multinivel modular según la reivindicación 2,
caracterizado por que
- los submódulos(1_1 a 1_n) del circuito en serie (440) y el equipo de comunicación (404) asociado al circuito en serie (440) configuran una estructura anular (444).
- 20 4. Convertidor multinivel modular según la reivindicación 2 o 3,
caracterizado por que
- el equipo de comunicación (404) es un maestro y los submódulos(1_1 a 1_n) del circuito en serie (440) son en cada caso un esclavo.
5. Convertidor multinivel modular según una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
- 25 - el equipo de derivación (601) presenta un espejo óptico (604) .
6. Convertidor multinivel modular según una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
- 30 - los submódulos adyacentes(1_1, 1_2) del circuito en serie (440) están conectados ópticamente mediante una guía de onda (412) y/o el primer submódulo (1_1) del circuito en serie (440) y el último submódulo (1_n) del circuito en serie (440) están conectados ópticamente en cada caso mediante una guía de onda (406, 432) con el equipo de comunicación (404).
7. Convertidor multinivel modular según una de las reivindicaciones 2 a 6,
caracterizado por que
- 35 - el convertidor multinivel modular (1) presenta un equipo de control (35) para los submódulos(1_1 a 6_n), en donde el equipo de control (35) está conectado mediante una conexión de comunicación (452, 458) con el equipo de comunicación (404).
8. Convertidor multinivel modular según una de las reivindicaciones anteriores,
caracterizado por que
- 40 - cada submódulo (1_1) del circuito en serie (440) está conectado con su submódulo adyacente (1_2) mediante segundas guías de onda (406, 510), en donde una de las dos guía de onda (406, 510) es una guía de onda (510) redundante.
9. Convertidor multinivel modular según una de las reivindicaciones 2 a 8,
caracterizado por que
- 45 - el convertidor multinivel (1) presenta una multitud de circuitos en serie (440, 468, 474) y una multitud de equipos de comunicación (404, 470, 476) asociados a los circuitos en serie (440, 468, 474).

10. Convertidor multinivel modular según una de las reivindicaciones 2 a 9,
caracterizado por que

- el convertidor multinivel (1) presenta una multitud de estructuras de anillo (444, 466, 472).

5 11. Procedimiento para la transmisión de un mensaje entre un equipo de comunicación (404) y submódulos (1_1 a 1_n) de un convertidor multinivel modular, en donde los submódulos(1_1 a 1_n) presentan en cada caso al menos dos elementos de conmutación electrónicos (202, 206), un acumulador de energía eléctrica (210), dos tomas de corriente galvánicas (212, 215), una entrada de comunicación óptica (222) y una salida de comunicación óptica (225), y en donde los submódulos(1_1 a 1_n) están conectados mediante su entrada de comunicación (222) y su salida de comunicación (225) a un circuito en serie (440), en donde en el procedimiento

- 10 - el mensaje se transmite del equipo de comunicación (404) a través de una primera guía de onda (406) a una entrada de comunicación óptica (408) de un primer submódulo (1_1) del circuito en serie (440),
- a continuación el mensaje se transmite desde una salida de comunicación óptica (410) del primer submódulo (1_1) a través de una segunda guía de onda (412) a una entrada de comunicación óptica (414) de un segundo submódulo (1_2) del circuito en serie (440), y
- 15 - el mensaje se transmite sucesivamente a los submódulos (1_3 a 1_n) adicionales del circuito en serie (440), hasta que el mensaje alcanza el último submódulo (1_n) del circuito en serie (440),
- en donde en caso de un defecto de uno de los submódulos de este submódulo se desvía ópticamente mediante un equipo de derivación (601), al conectarse ópticamente mediante el equipo de derivación (601) óptico la entrada de comunicación óptica (222) del submódulo (201) con la salida de comunicación óptica (225) del submódulo (201).

20 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11,
caracterizado por que

- el mensaje se transmite desde una salida de comunicación óptica (430) del último submódulo (1_n) al equipo de comunicación (404).

25 13. Procedimiento según la reivindicación 11 o 12,
caracterizado por que

- a cada submódulo (1_1 a 1_n) del circuito en serie (440) está asociada una dirección (700),
- el mensaje se provee de la dirección de un submódulo (1_n) del circuito en serie (440) (702),
- en función de esta dirección este submódulo (1_2) ejecuta una instrucción (708) incluida en el mensaje.

30 14. Procedimiento según la reivindicación 13,
caracterizado por que

- este submódulo (1_2) del circuito en serie (440) escribe datos en el mensaje (710).

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 o 14,
caracterizado por que

- se transmiten varios mensajes sucesivamente en ranuras de tiempo separadas.

35

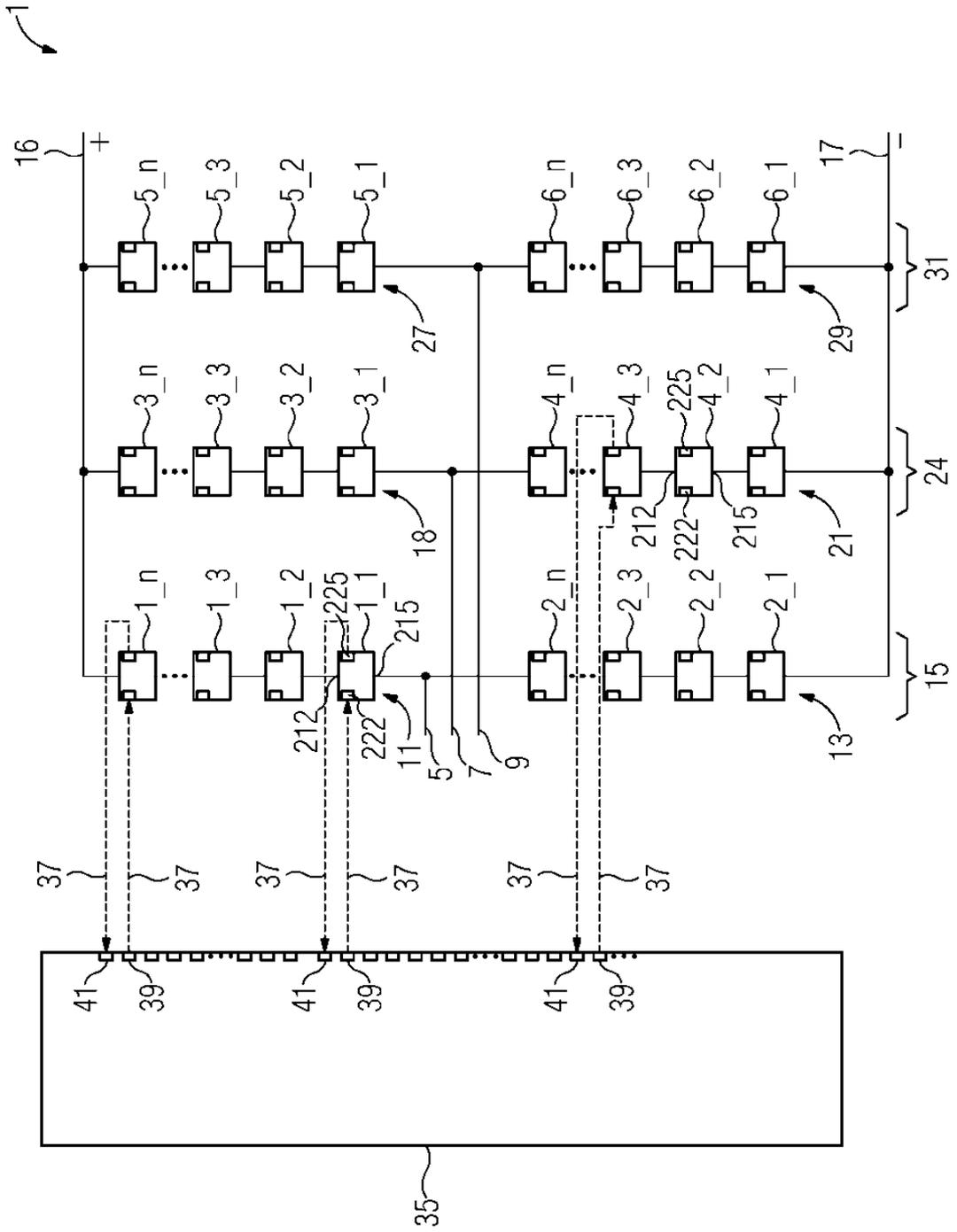


FIG 1

FIG 2

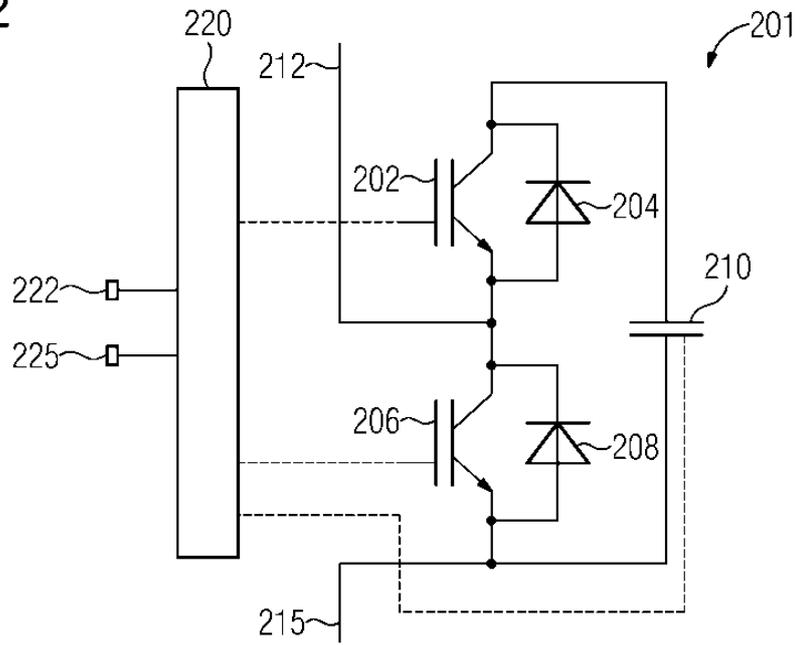
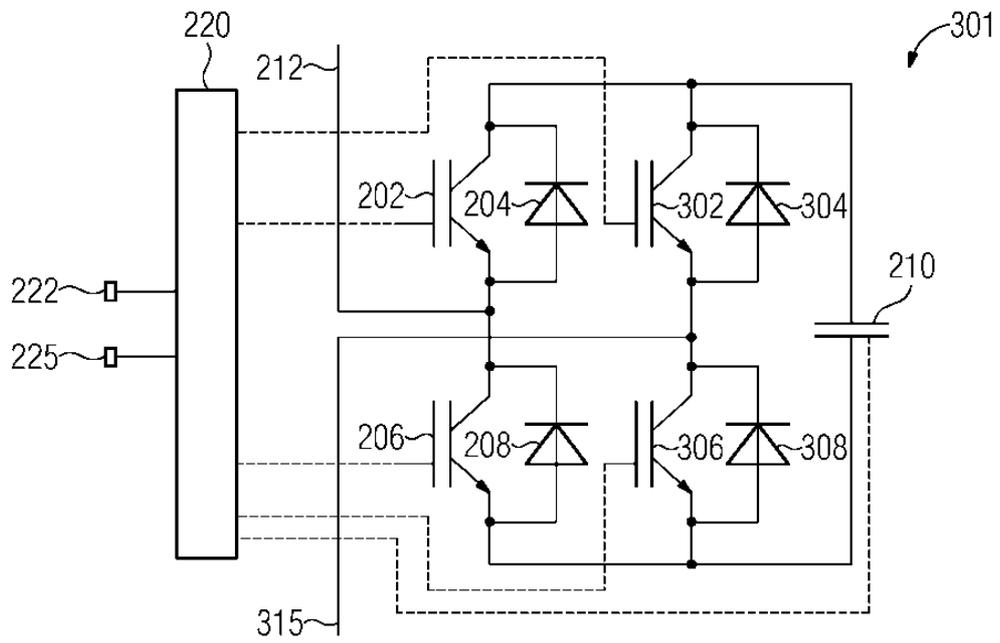
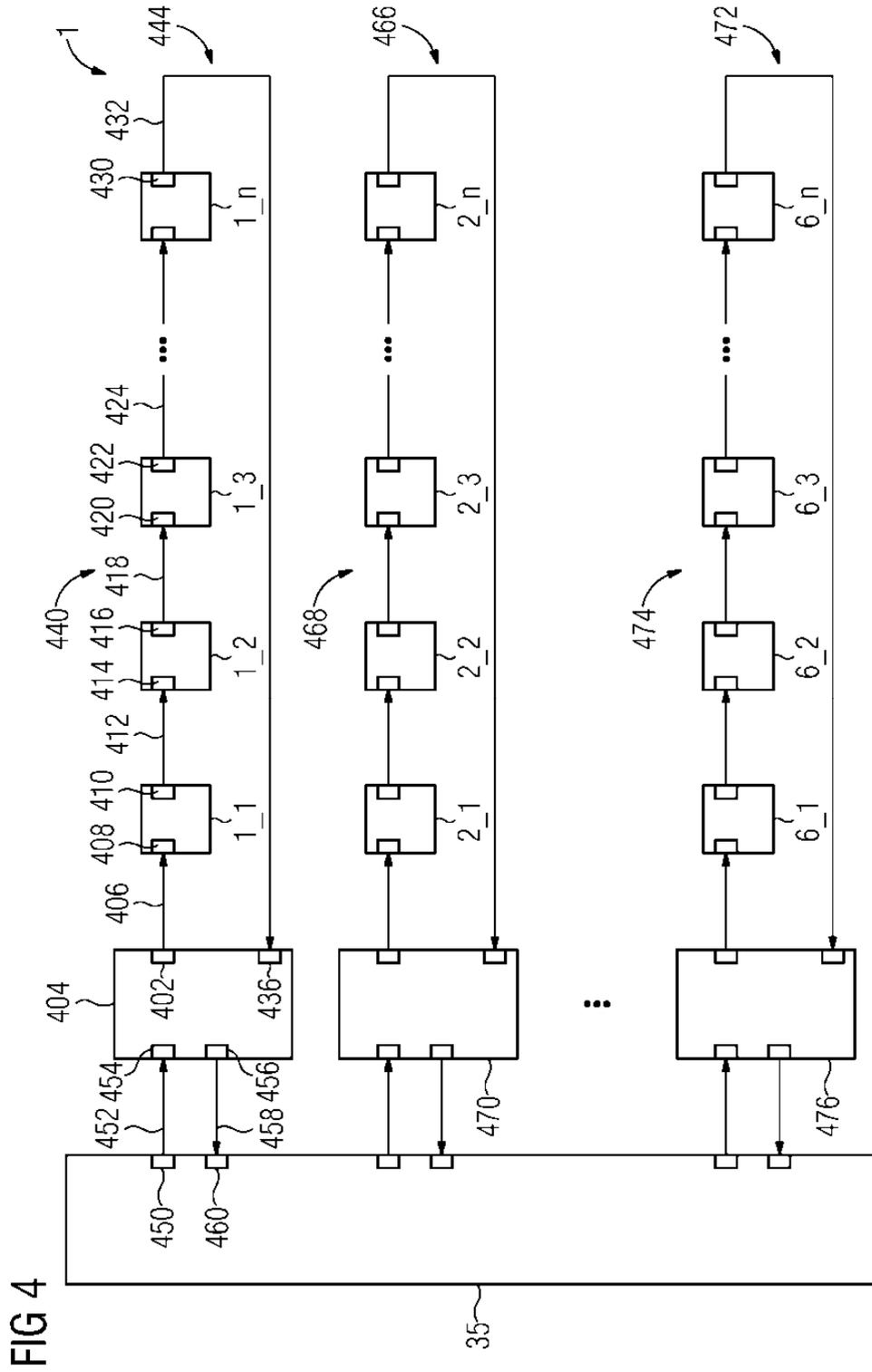


FIG 3





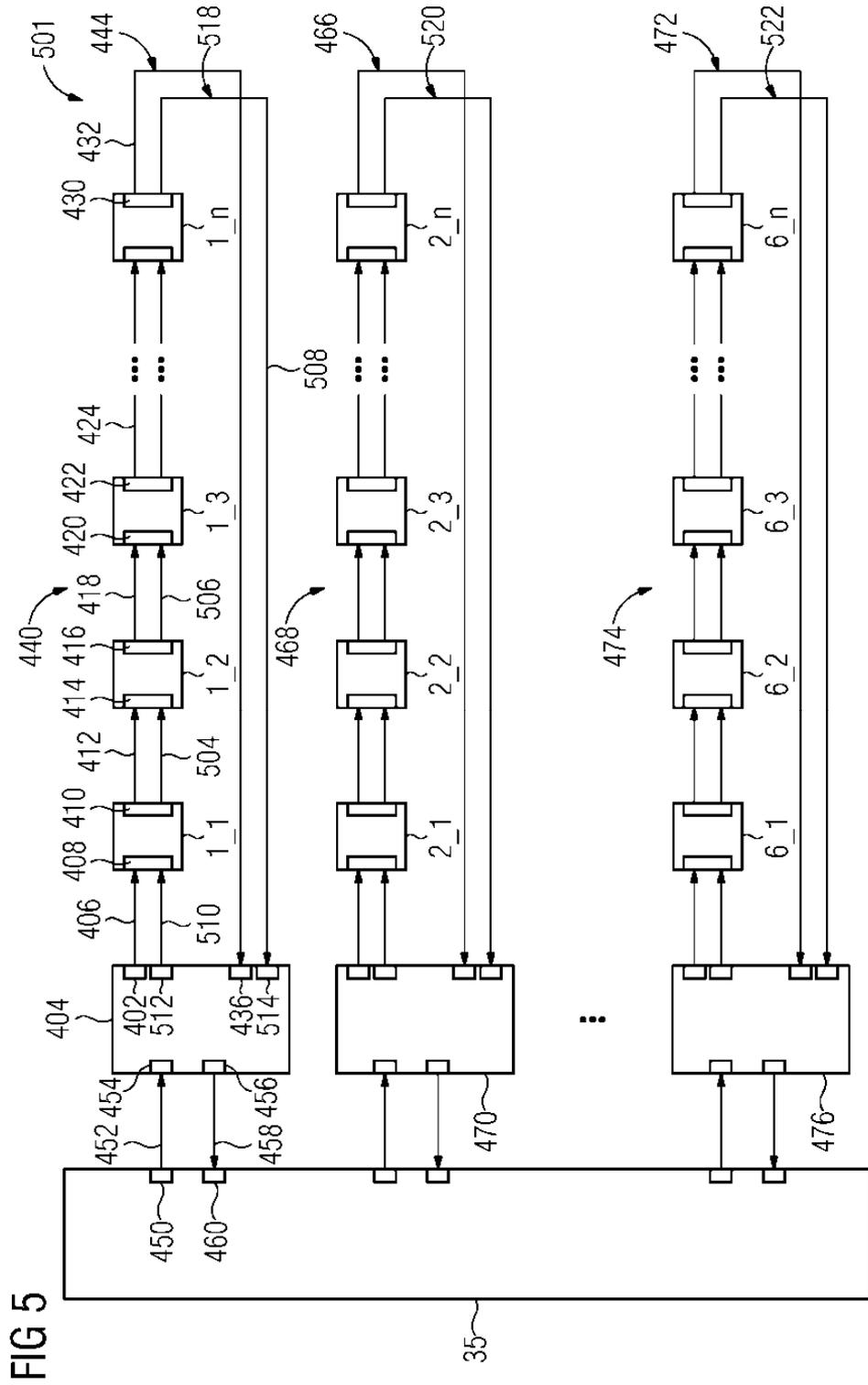


FIG 5

FIG 6

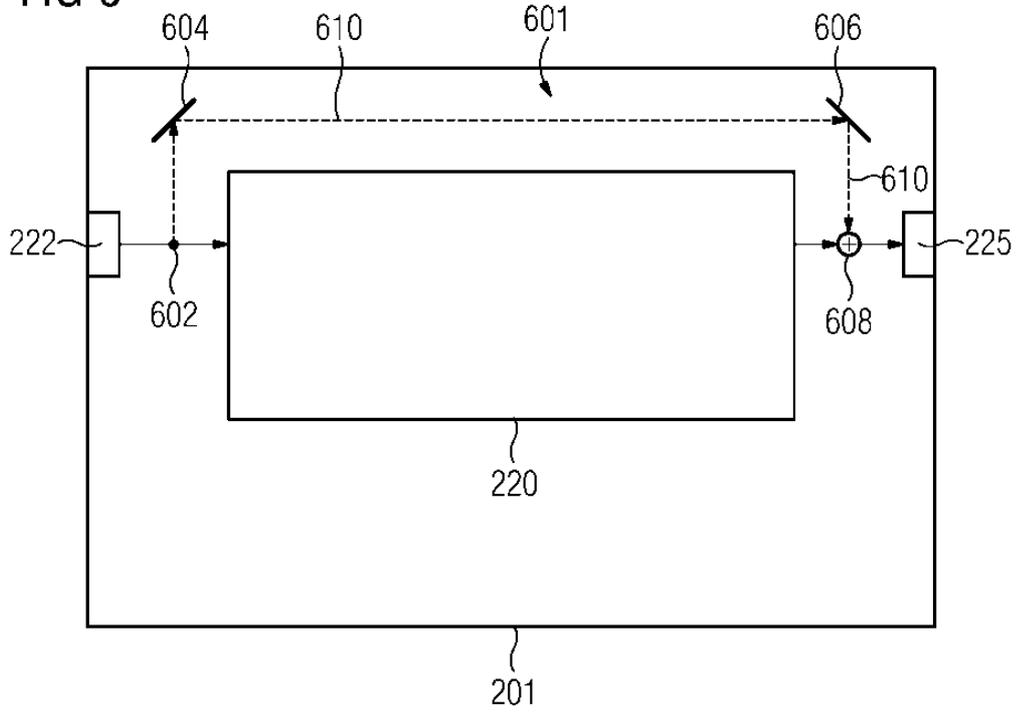


FIG 7

