

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 293**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/417** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2013 PCT/EP2013/056445**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13144166**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2013 E 13715925 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 2832046**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la comunicación en parques eólicos**

30 Prioridad:

**28.03.2012 DE 102012204944**

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

**10.05.2018**

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)  
Überseering 10  
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**STILLE, LARS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 667 293 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y dispositivo para la comunicación en parques eólicos

La invención se refiere a un procedimiento para la comunicación entre equipos en un parque eólico, así como a un equipo adecuado para la realización del procedimiento según la invención.

5 Por regla general, los parques eólicos comprenden varios aerogeneradores, aportándose la potencia generada en los aerogeneradores a una red pública de alimentación a través de una red interna del parque eólico. Para comprobar y, en su caso, ajustar la calidad de la energía suministrada a la red alimentación por el parque eólico, a menudo se prevé también un así llamado parque maestro que puede enviar los datos de control a los distintos aerogeneradores del parque eólico. Por otra parte, un parque eólico también puede comprender equipos adicionales que pueden proporcionar información adicional útil para el control de los aerogeneradores como, por ejemplo, anemómetros separados.

10 Todos los equipos de un parque eólico (aerogeneradores, parques maestros, anemómetros, etc.) están conectados a una red de comunicación. La información se puede enviar a través de esta red de comunicación que, a continuación, puede ser procesada por un receptor y, por ejemplo, utilizada en el control de uno o varios aerogeneradores. El documento EP 2 393 248 A1 revela un protocolo de transmisión de datos adaptado especialmente para la comunicación en un parque eólico.

15 Por el estado de la técnica se conoce que todos los equipos (excepto el parque maestro) envían su información al parque maestro que, en su caso, la procesa y acto seguido la transmite a los equipos para los que esta información resulta relevante. También es posible que el parque maestro envíe toda la información a todos los equipos conectados a la red de comunicación del parque eólico independientemente de la relevancia de la información para cada equipo. En este caso se habla de un "Broadcast". Si, en este caso, la información recibida es irrelevante para los distintos equipos, éstos la rechazan tácitamente.

Dado que la información se transmite en principio a través del parque maestro, éste debe diseñarse de manera que sea capaz de procesar toda la información enviada desde el parque eólico.

25 Por el estado de la técnica se conocen además procedimientos de comunicación con varias unidades de usuario conectadas a una red de comunicación, en los que las unidades de usuario envían paquetes de datos a través de la red de comunicación según el principio de "time division multiple access" (TDMA). Por el documento DE 10 2005 020 733 A1, por ejemplo, se conoce un procedimiento de comunicación correspondiente.

30 Para un procedimiento de comunicación TDMA es necesario que las unidades de usuario sólo envíen datos a través de la red de comunicación en los momentos que les han sido asignados. Para garantizarlo, es necesario, entre otros, que todas las unidades de usuario calculen los momentos respectivamente asignados partiendo de la misma base temporal. Con otras palabras, es preciso sincronizar las unidades de usuario.

35 En la solicitud de patente US 2008/0198868 se describe un procedimiento en el que las distintas unidades de usuario se sincronizan por medio de un mensaje de sincronización ("reference message including a time information") enviado por una unidad de sincronización especial ("time master"). En caso de que el dispositivo de sincronización primario falle, se prevén unidades de sincronización redundantes separadas ("reserve time master(s)") que, si es necesario, envían mensajes de sincronización a las unidades de usuario.

40 Un inconveniente de este estado de la técnica consiste en que es necesario prever unidades de sincronización separadas o configurar las unidades de usuario especialmente para la función de una unidad de sincronización. Además, este estado de la técnica requiere un mensaje de sincronización explícito que puede contener ninguna o sólo una cantidad reducida de datos útiles.

La invención se basa en la tarea de crear un procedimiento, así como equipos adecuados para la ejecución del procedimiento, en los que no se produzcan, o sólo en una medida reducida, los inconvenientes del estado de la técnica.

45 Esta tarea se resuelve mediante el procedimiento según la reivindicación principal, así como mediante un equipo según la reivindicación dependiente. De las reivindicaciones dependientes resultan perfeccionamientos ventajosos.

50 Por lo tanto, la invención se refiere a un procedimiento para la comunicación entre equipos de un parque eólico ordenados en un orden de sucesión de acuerdo con una característica clasificable, en el que la información enviada por un equipo en forma de mensaje es recibida por todos los demás equipos del parque eólico, estableciéndose un intervalo de emisión temporal cíclicamente recurrente y asignándose a cada equipo, en dependencia de su posición en el orden de sucesión, un momento en el intervalo de emisión en el que puede enviar un mensaje, clasificándose los momentos desde el inicio del intervalo de emisión de acuerdo con la posición en el orden de sucesión partiendo de una primera posición en el orden de sucesión y sincronizándose el inicio del intervalo de emisión en todos los equipos por medio de un mensaje transmitido por el equipo en la primera posición del orden de sucesión y determinando automáticamente cada equipo por medio de todos los mensajes recibidos de los otros equipos el equipo que se encuentra en la primera posición del orden de sucesión y comprobando cada equipo (2) si el propio equipo (2) se encuentra en la primera posición en el orden de sucesión y, en caso de ser así, enviar un mensaje una vez finalizado un intervalo de emisión (12).

La invención se refiere además a un equipo para la realización del procedimiento según la invención que comprende una unidad de comunicación con un módulo de recepción, un módulo de emisión y un módulo de sincronización, configurándose el módulo de sincronización para seleccionar la posición en el orden de sucesión de los mensajes de otros equipos recibidos por el módulo de recepción y determinar por medio de una posición almacenada en el orden de sucesión si el equipo es el equipo situado en la primera posición en el orden de sucesión y, en caso de respuesta afirmativa, ordenar al módulo de emisión, una vez transcurrido un intervalo de emisión, que envíe un mensaje y, en caso de respuesta negativa, esperar la recepción de un mensaje del equipo que se encuentra en la primera posición en el orden de sucesión, para determinar un momento según la posición almacenada en el orden de sucesión partiendo del momento de la recepción de un mensaje del equipo situado en la primera posición en el orden de sucesión y ordenar al módulo de emisión en ese momento que envíe un mensaje y configurándose el módulo de sincronización (35) para determinar automáticamente, por medio de todos los mensajes recibidos por los demás equipos, el equipo que se encuentra en la primera posición del orden de sucesión.

El mensaje puede incluir cualquier información de otros componentes del equipo.

El término "equipos" se refiere a las unidades funcionales en un parque eólico que, además de su función real como, por ejemplo, la generación de corriente, están conectadas a la red de comunicación interna del parque y que están configuradas para enviar, recibir y/o procesar información y mensajes a través de esta red de comunicación. En el caso de los equipos se puede tratar, por ejemplo, de aerogeneradores, anemómetros o parques maestros que disponen respectivamente de medios de comunicación para enviar y recibir información y mensajes a través de la red de comunicación interna del parque.

En relación con esta invención, en el caso del "orden de sucesión" en el que se ordenan los equipos se trata de un orden de los equipos con fines de comunicación que puede basarse en cualquier característica clasificable. Si cada equipo presenta una característica correspondiente, es posible determinar, por medio de esta característica de cada equipo, un orden de sucesión inequívoco de los equipos para la comunicación entre sí. Por ejemplo, cada equipo puede presentar respectivamente un número de equipo inequívoco. Los equipos se pueden ordenar, a continuación, por medio del número de equipo en un orden de sucesión de números de equipo ascendentes. El equipo con el número de equipo más bajo se encuentra, por lo tanto, en la primera posición del orden de sucesión, el equipo con el siguiente número de equipo más alto se encuentra en la segunda posición, y así sucesivamente. El equipo con el número de equipo más alto se sitúa al final del orden de sucesión. Naturalmente también es posible ordenar los equipos según los números de equipo descendentes partiendo del número de equipo más alto. Además, para crear un orden de sucesión también es posible utilizar otras características clasificables distintas del número de equipo.

El orden elegido o el orden de sucesión resultante del mismo pueden reflejar la disposición real en el espacio de los equipos en el parque eólico. Sin embargo, esto no es absolutamente necesario.

De acuerdo con la invención se prevé que todos los equipos en un parque eólico envíen su información a todos los demás equipos del parque eólico. Esto ocurre independientemente del equipo para el que es o pudiera ser relevante la información enviada. Por consiguiente, cada sistema envía su información en forma de un mensaje a través de "Broadcast".

La capacidad de procesamiento de los receptores de los distintos equipos del parque eólico para la recepción de mensajes suele ser limitada. Los receptores presentan generalmente una memoria intermedia de entrada para un número preestablecido de mensajes que se pueden procesar por completo dentro de un tiempo de procesamiento determinado. Siempre que el número de equipos conectados a la red de comunicación de un parque eólico supere un número determinado y éstos envíen un número indeterminado de mensajes, se produce normalmente un desbordamiento de la memoria intermedia de entrada, dado que los mensajes entrantes no se pueden procesar con la suficiente rapidez.

Por este motivo se prevé según la invención que los distintos equipos de un parque eólico sólo puedan enviar mensajes en determinados momentos dentro de un intervalo de emisión. Así se consigue limitar el número de mensajes enviados en un período de tiempo determinado, con lo que también se limita el número de mensajes recibidos y a procesar en cada equipo en un período de tiempo. De este modo se puede evitar un desbordamiento de la memoria intermedia de entrada de los equipos. El intervalo de emisión se repite cíclicamente, de manera que los distintos equipos puedan enviar regularmente mensajes en determinados momentos.

Para que los distintos equipos envíen sus mensajes realmente sólo en el momento previsto para ello dentro de un intervalo de emisión, no sólo deben conocer el momento en relación con el intervalo de emisión. Además también se debe garantizar que el intervalo de emisión en cada equipo esté sincronizado. En este contexto, "sincronizado" significa que el intervalo de emisión asumido por un equipo comienza (al menos prácticamente) al mismo tiempo para cada equipo y termina (al menos prácticamente) al mismo tiempo. Si los intervalos de emisión en los equipos no estuvieran sincronizados, podría ocurrir que dos equipos enviaran mensajes simultáneamente, a pesar de que en realidad se les hayan asignado momentos diferentes en el intervalo de emisión para el envío de mensajes.

Según la invención, la sincronización se lleva a cabo mediante un mensaje del equipo situado en la primera posición del orden de sucesión. Si un equipo recibe un mensaje del equipo en la primera posición del orden de sucesión, se evalúa la recepción del mensaje simultáneamente como el inicio del intervalo de emisión, se determina, partiendo del mismo, el momento para el envío de mensajes propios por medio de la posición en el orden de sucesión y se envía un mensaje propio en el momento calculado. Si un mensaje proviene del equipo en la primera posición del

orden de sucesión, se puede leer, por ejemplo, en el campo emisor de un mensaje que en principio puede contener información sobre el equipo, por ejemplo, la posición en el orden de sucesión o el número de equipo del equipo emisor.

5 Por lo tanto, en el procedimiento según la invención, la sincronización no se realiza por medio de un mensaje de sincronización especial (como sucede aún en el estado de la técnica), sino en base a los mensajes enviados por los distintos equipos a todos los demás equipos del parque eólico. Al recibir un equipo todos los mensajes de los otros equipos del parque eólico, este equipo puede determinar de forma independiente el equipo que se encuentra en la primera posición del orden de sucesión. A partir de un mensaje del equipo situado en la primera posición del orden de sucesión, un equipo puede determinar a su vez el momento en el que puede enviar un mensaje. Esto ofrece la ventaja de que no es preciso prever mensajes de sincronización especiales que en principio cargan el índice de datos útiles, ni unidades de sincronización configuradas de forma especial. La seguridad contra los fallos del sistema también es muy alta, dado que el nivel de redundancia para la sincronización de los equipos del parque eólico corresponde prácticamente al número de estos equipos.

15 La asignación según la invención de momentos para el envío de mensajes dentro de un intervalo de emisión ofrece también una buena resistencia incluso si los distintos equipos no envían mensajes dentro de un intervalo de emisión. Un equipo siguiente según la posición en el orden de sucesión envía sus mensajes en concreto independientemente de si el equipo anterior según la posición en el orden de sucesión envía mensajes.

20 Sin embargo, en principio resulta preferible que los equipos envíen fundamentalmente mensajes en los momentos previstos para ello, incluso si los mismos no contienen en su caso ninguna información o ninguna información relevante. Si se parte de la base de que cada equipo envía un mensaje en cada intervalo de emisión en el momento que le ha sido asignado, es posible determinar si se interrumpe la comunicación de un equipo.

25 El equipo en la primera posición del orden de sucesión requiere una atención especial, dado que su mensaje es necesario según la invención para la sincronización del intervalo de emisión en los demás equipos. No obstante, esta atención especial no se refleja en un diseño estructural o funcional especial de este equipo situado en la primera posición del orden de sucesión, sino que se refiere más bien al tratamiento especial de los mensajes de este equipo por parte de los otros equipos para su sincronización. Se pueden prever diferentes configuraciones del procedimiento según la invención de forma alternativa o acumulativa, a fin de tolerar una ausencia al menos temporal de mensajes del equipo que se encuentra en la primera posición del orden de sucesión.

30 Resulta preferible que, después de dos intervalos de emisión en los que no se producen mensajes del equipo situado en la primera posición del orden de sucesión, el equipo en la siguiente posición más alta del orden de sucesión se convierta en el equipo situado en la primera posición del orden de sucesión. La referencia, por medio de la cual se sincronizan los intervalos de emisión de los distintos equipos, se modifica mediante esta medida si el equipo ya no envía más mensajes en la primera posición del orden de sucesión o si al menos no se producen los mensajes correspondientes, por ejemplo, debido a un defecto. De este modo, la sincronización de los distintos equipos se restablece en poco tiempo, concretamente como máximo después de dos intervalos de emisión. Si el equipo se reactiva en la primera posición original del orden de sucesión y envía de nuevo mensajes porque, por ejemplo, se ha subsanado el defecto, este equipo se puede volver a utilizar como equipo situado en la primera posición del orden de sucesión. La sincronización de los distintos equipos se realiza de nuevo por medio de los mensajes de este equipo.

40 Alternativa o adicionalmente es posible que los distintos equipos envíen un mensaje si ha transcurrido un intervalo de tiempo correspondiente a un intervalo de emisión completo desde el último envío de un mensaje propio independientemente de una sincronización realizada y del momento calculado a partir de la misma para el envío de un mensaje o sólo en caso de no producirse un mensaje desde el equipo que se encuentra en la primera posición del orden de sucesión. Si, en un primer intervalo de emisión, los equipos envían sus mensajes de acuerdo con la sucesión en determinados momentos, esta sucesión y los intervalos de tiempo entre los distintos mensajes también se cumplen en principio si cada equipo envía su siguiente mensaje después de un intervalo de tiempo idéntico para cada equipo de acuerdo con el intervalo de emisión a partir del último mensaje respectivamente enviado por el mismo. Al menos para un cierto número de intervalos de emisión es posible que los distintos equipos continúen enviando mensajes conforme a su posición en el orden de sucesión sin que se solape el envío de mensajes de diferentes equipos. Sin embargo, por regla general esto no está garantizado a largo plazo debido a imprecisiones inevitables en la determinación del intervalo de emisión y/o de los momentos en los que se envían los mensajes en los distintos equipos. No obstante, se puede mantener una comunicación ordenada de los equipos durante un cierto período de tiempo hasta que el equipo esté disponible de nuevo en la primera posición del orden de sucesión, por ejemplo, después de un reinicio, y envíe mensajes.

55 Resulta preferible elegir la distancia entre dos momentos adyacentes en el intervalo de emisión en el que los equipos envían mensajes, de manera que se evite en los equipos un desbordamiento de las memorias intermedias de recepción para los mensajes. Así se puede garantizar que el número de mensajes enviados a cada equipo en un intervalo de tiempo determinado no rebase el número máximo de mensajes que los distintos equipos pueden procesar dentro del intervalo de tiempo. Además se puede prever un factor de seguridad, de manera que ésta no se desborde incluso en caso de una breve función errónea de un equipo al procesar los mensajes en su memoria intermedia de entrada. Por otra parte se puede prever que determinados equipos como, por ejemplo, el parque maestro, puedan enviar mensajes en cualquier momento a todos o a algunos equipos del parque eólico sin que

5 exista el riesgo de un desbordamiento de una memoria intermedia de entrada en uno o en todos los demás equipos. Los mensajes procedentes de equipos que no envían mensajes de forma sincronizada no deberían dar lugar regularmente a un desbordamiento de las memorias intermedias de entrada. Para conseguirlo, el número de mensajes enviados regularmente en un intervalo de tiempo se puede elegir menor que el máximo posible. De este modo se crea una memoria intermedia suficiente para mensajes adicionales.

10 La duración del intervalo de tiempo que requiere un equipo para procesar todos los mensajes en la memoria intermedia de entrada se denomina tiempo de procesamiento. Si se determina el número de mensajes que se pueden recibir regularmente de otros equipos durante este tiempo de procesamiento para garantizar una seguridad de funcionamiento suficiente en cualquier momento, incluso en caso de fallos de corta duración o de recepción de mensajes de equipos especiales, por ejemplo, del parque maestro o de equipos no sincronizados, el momento en el que un equipo envía un mensaje se puede calcular según la siguiente fórmula

$$\text{Momento} = \frac{\text{Tiempo de procesamiento}}{\text{Número de mensajes permitidos}} \times \text{Posición en el orden de sucesión}$$

En este caso, el momento así determinado se refiere al inicio de cada intervalo de emisión.

15 Resulta preferible que, entre el momento en el que el equipo situado en la última posición del orden de sucesión envía un mensaje en el intervalo de emisión y el final del intervalo de emisión, se prevea una memoria intermedia de tiempo, es decir, que entre el último momento citado y el comienzo del siguiente intervalo de emisión se prevea un intervalo de tiempo determinado en el que no está previsto ningún envío de mensajes. Gracias a la memoria intermedia de tiempo se garantiza que las imprecisiones en la sincronización o las funciones erróneas menores del equipo no provoquen el envío de mensajes de un intervalo de emisión en el siguiente intervalo de emisión.

20 El equipo según la invención resulta adecuado para conectarlo a una red de comunicación interna de un parque eólico en la que la comunicación se lleva a cabo de acuerdo con el procedimiento según la invención. Por este motivo se hace referencia a las explicaciones anteriores.

25 Resulta preferible si el equipo se configura para enviar un segundo mensaje después del envío del primer mensaje independientemente de la recepción de un mensaje del equipo situado en la primera posición del orden de sucesión una vez finalizado un intervalo de tiempo correspondiente a un intervalo de emisión. Para ello, el módulo de sincronización se puede configurar para ordenar al módulo de envío que envíe un mensaje después de haber transcurrido un intervalo de tiempo correspondiente a un intervalo de emisión a partir del envío de un mensaje.

Resulta preferible que el equipo sea un aerogenerador, un anemómetro, una estación de transformador o un parque maestro.

30 De la anterior descripción del procedimiento resultan otras configuraciones ventajosas del equipo según la invención.

La invención se explica a continuación a modo de ejemplo por medio de ejemplos de realización haciéndose referencia a los dibujos adjuntos. Se muestra en la:

Figura 1 un parque eólico en el que los equipos se comunican de acuerdo con el procedimiento según la invención;

35 Figura 2 un desarrollo esquemático de la comunicación en la red de comunicación del parque eólico según la figura 1;

Figura 3 una representación esquemática de un equipo según la invención;

Figura 4 una representación esquemática del comportamiento del equipo de la figura 3; y

Figura 5 una representación esquemática de un comportamiento alternativo del equipo de la figura 3.

40 Por motivos de claridad, en todos los ejemplos de realización se asume que el orden de sucesión de los distintos equipos se forma por medio de un número de equipo en orden ascendente. En el caso del número de equipo se trata de una característica clasificable de cada equipo. El equipo con el número de equipo más bajo adopta la primera posición en el orden de sucesión, el equipo con el siguiente número de equipo más alto adopta la segunda posición, etc. En lugar del número de equipo, también se puede utilizar cualquier otra característica clasificable. Igualmente es posible una clasificación inversa, es decir, una clasificación en orden descendente a partir de la característica más alta o del número de equipo más alto.

45 En la figura 1 se representa un parque eólico 1 con una pluralidad de equipos 2. Todos los equipos 2 presentan un número de equipo 1 a 7 que, por motivos de claridad, se representan como sufijos de las referencias.

50 En el caso de los equipos 2.1 a 2.4 se trata de aerogeneradores 20 en los que el viento se transforma en energía mecánica a través de un rotor con palas de rotor 21. Esta energía mecánica se transforma en energía eléctrica respectivamente a través de un generador en la góndola 22 de un aerogenerador 20 y se aporta a una red eléctrica interna del parque eólico 23. Como equipo siguiente 2.5 se conecta una estación de transformador 24 a la red eléctrica interna del parque eólico 23, con la que la potencia aportada a la red eléctrica interna del parque eólico se transforma de manera que se pueda aportar a una red de alimentación 25.

Tanto los aerogeneradores 20 o los equipos 2.1 a 2.4, como también la estación de transformador 24 o el equipo 2.5 se conectan además a una red de comunicación interna del parque eólico 10. Por otra parte se conecta a la red de comunicación 10 como equipo 2.6 un parque maestro 26 y como equipo 2.7 un anemómetro 27. Por motivos de claridad, los componentes necesarios para la conexión a la red de comunicación 10 no se representan en la figura 1, sino que se pueden configurar en cada equipo 2.1 a 2.7, por ejemplo, como se representa en la figura 3.

Los distintos equipos 2.1 a 2.7 intercambian información entre sí, a fin de garantizar un funcionamiento lo más óptimo posible de todo el parque eólico 1. Por consiguiente, en el control de los distintos aerogeneradores 20 o de los sistemas 2.1 a 2.4 se puede tener en cuenta, por ejemplo, la información de la estación de transformador 24 o del equipo 2.5 sobre la posición de fase y la tensión en la red de alimentación 25, a fin de cumplir de este modo los requisitos preestablecidos para la calidad de la potencia suministrada a la red de alimentación 25 con respecto a los componentes de potencia activa y/o reactiva. El parque maestro 26 o el equipo 2.6 también pueden influir en el control de los distintos aerogeneradores 20 o de los equipos 2.1 a 2.4. En este caso se puede tener en cuenta la información del anemómetro 27 o del equipo 2.7.

Se prevé que todos los equipos 2.1 a 2.7 envíen la información que han obtenido y, en su caso, necesaria o que se puede tener en cuenta para los otros equipos, a través de Net-Broadcast en forma de mensajes a todos los equipos 2.1 a 2.7 en la red de comunicación 10. Aquí es irrelevante si la red de comunicación 10 está dividida, en su caso, en subredes. En caso de subredes, todos los mensajes se distribuyen a todas las subredes.

En la figura 2 se representa esquemáticamente cómo se desarrolla en el tiempo la comunicación en la red de comunicación 10 (a través de netdirected Broadcast). En este caso, el envío de un mensaje desde uno de los equipos 2.1 a 2.7 se identifica respectivamente con una cruz, enviándose cada mensaje a través de Net-Broadcast, es decir, cada uno de los otros equipos 2.1 a 2.7 recibe el mensaje así enviado. Los tiempos de transmisión entre los distintos equipos 2.1 a 2.7 no se tienen en cuenta en la representación.

Para garantizar una comunicación reglamentaria en la red de comunicación 10, es necesario que los mensajes recibidos por uno de los equipos 2.1 a 2.7 en un tiempo de procesamiento preestablecido 11 no superen un número máximo de mensajes procesables. Cada equipo 2.1 a 2.7 presenta una memoria intermedia de recepción en la que se almacenan temporalmente los mensajes entrantes antes de su procesamiento. El tamaño de la memoria intermedia de recepción es limitado y sólo puede procesarse completamente dentro del tiempo de procesamiento preestablecido 11, es decir, todos los mensajes en la memoria intermedia de recepción se pueden procesar en este tiempo. Para que todos los mensajes de todos los equipos 2.1 a 2.7 se puedan procesar en todo momento, no se pueden recibir más mensajes de los que se puedan procesar en un período correspondiente al tiempo de procesamiento 11.

En el ejemplo representado, durante el tiempo de procesamiento 11 se envían un máximo de cuatro mensajes a través de la red de comunicación 10. Por lo tanto, los distintos equipos 2.1 a 2.7 deben diseñarse de manera que sea posible procesar al menos cuatro mensajes en el tiempo de procesamiento 11. En el ejemplo de realización, los equipos 2.1 y 2.7 son en realidad capaces de procesar ocho mensajes en el período de procesamiento 11. De este modo se garantiza que prácticamente todos los mensajes se puedan procesar siempre, incluso si se produce un breve retraso en el procesamiento de los mensajes en los distintos equipos 2.1 a 2.7. Además, es posible que un equipo de orden superior, por ejemplo, el parque maestro 26 o el equipo 2.6, pueda enviar mensajes en cualquier momento sin que se desborden las memorias intermedias de entrada de los otros equipos 2.1 a 2.5 y 2.7, y los mensajes no se puedan procesar.

En el momento  $t_0$ , el equipo 2 con el número de equipo más bajo, aquí el equipo 2.1, envía un mensaje que es recibido por todos los demás equipos 2.2 a 2.7. En el caso de este mensaje se trata de un mensaje estándar con datos útiles, no tratándose de un mensaje de sincronización especial como el que se requiere, por ejemplo, en el estado de la técnica. Los equipos 2.2 a 2.7 determinan, partiendo del momento de entrada de este mensaje, el momento en el que pueden enviar un mensaje. En este caso, el momento depende del número de equipo del equipo respectivo 2.2 a 2.7. Los intervalos de tiempo entre los distintos mensajes enviados a través de la red de comunicación 10 se eligen de manera que siempre se envíen de forma estándar sólo cuatro mensajes durante un intervalo de tiempo correspondiente al tiempo de procesamiento 11. Los mensajes adicionales de equipos de orden superior o los mensajes de equipos que no están sincronizados pueden aumentar el número de mensajes durante un intervalo de tiempo correspondiente al tiempo de procesamiento 11. Sin embargo, debido al tamaño previsto de la memoria intermedia de entrada, esto no resulta en principio crítico.

Del momento de envío de un mensaje del equipo 2 con el número de equipo más alto, aquí el equipo 2.7, más una memoria intermedia de tiempo 13, resulta un intervalo de emisión 12. Si, después del envío de un mensaje del equipo 2.1 con el número de equipo más bajo, transcurre un intervalo de emisión, se envía de nuevo en el momento  $t_1$  un mensaje que a su vez es utilizado por los otros equipos 2.2 a 2.7 para la sincronización, a fin de determinar en los equipos 2.2 a 2.7 los momentos para el envío de mensajes. Se hace referencia a las explicaciones anteriores.

En el ejemplo representado, el equipo 2.1 falla después de enviar el mensaje en el momento  $t_1$ . Por consiguiente, después de otro intervalo de emisión, partiendo del momento  $t_1$  hasta el momento  $t_2$ , el equipo 2.1 con el número de equipo más bajo no envía ningún mensaje ni los otros equipos 2.2 a 2.7 lo reciben.

Se prevé que, en caso de no producirse ningún mensaje del equipo 2.1 con el número de equipo más bajo, los otros equipos 2.2 a 2.7 envíen automáticamente mensajes una vez finalizado un intervalo de emisión desde la última

emisión de un mensaje del mismo equipo 2.2 a 2.7. De este modo se puede garantizar la comunicación en la red de comunicación 10 incluso en caso de fallo del equipo 2.1.

Si en el momento t3, es decir, dos intervalos de emisión desde la última emisión de un mensaje desde el equipo 2.1 con el número de equipo más bajo en el momento t1, este equipo 2.1 no envía ningún mensaje, el equipo 2 con el siguiente número de equipo más alto, aquí el equipo 2.2, se convierte en el equipo 2,2 con el número de equipo más bajo. Los demás equipos 2.3 a 2.7 se sincronizan de acuerdo con la recepción de los mensajes del equipo 2.2. No es necesario diseñar el equipo 2.2 de forma especial para convertirse en el equipo con el número de equipo más bajo y pasar, por lo tanto, a la primera posición del orden de sucesión de los equipos. Más bien, después de los dos intervalos de emisión descritos 12, del momento t1 al momento t3, el equipo 2.2 sin su intervención es considerado por los otros equipos 2.3 a 2.7 como el equipo con el número de equipo más bajo. Los equipos 2.3 a 2.7 se sincronizan a continuación por medio de los mensajes recibidos por el equipo 2.2. El equipo 2.2 continúa enviando mensajes después de haber transcurrido respectivamente un intervalo de emisión 12 desde el último envío de un mensaje.

En la figura 3 se representa esquemáticamente un equipo 2 según la invención. En este caso sólo se representa la parte del equipo 2 que es necesaria para la comunicación con la red de comunicación 10. Todos los demás componentes mecánicos, eléctricos y técnicos de control del equipo 2 se combinan en el bloque 30. Si en el caso del equipo 2 se trata, por ejemplo, de un aerogenerador, estos componentes 30 incluyen un rotor, un generador, un accionamiento de ajuste del ángulo de paso, un convertidor, dispositivos de control, etc.

El equipo 2 presenta además un módulo de recepción 31 y un módulo de emisión 32. Ambos módulos 31, 32 se conectan a la red de comunicación 10, configurándose el módulo de recepción 31 para la recepción de mensajes procedentes de la red de comunicación 10, mientras que el módulo de emisión 32 puede enviar mensajes a través de la red de comunicación 10.

El módulo de recepción 31 presenta una memoria intermedia de entrada 32 en la que se almacenan temporalmente los mensajes de la red de comunicación 10 antes de que éstos puedan ser procesados por el módulo de recepción 31. La memoria intermedia de entrada 32 puede almacenar temporalmente un número preestablecido de mensajes, pudiendo el módulo de recepción 31 procesar este número preestablecido de mensajes dentro de un tiempo de procesamiento predeterminado 11. Los mensajes recibidos por el módulo de recepción 31 se transmiten a los otros componentes 30 del equipo 2 donde se pueden tener en cuenta, por ejemplo, para el control del equipo 2.

El módulo de emisión 32 también puede presentar una memoria intermedia 34 para los mensajes a enviar, enviando el módulo de emisión 32 un mensaje sólo cuando recibe una orden correspondiente. Los mensajes que deben enviarse y que pueden almacenarse temporalmente en la memoria intermedia 34 provienen de los otros componentes 30 del equipo 2 y contienen, por ejemplo, resultados de medición o comandos a otros equipos 2 de la red de comunicación 10.

Se prevé además un módulo de sincronización 35 conectado al módulo de recepción 31 y al módulo de emisión 32. El módulo de sincronización 35 es capaz de determinar, a partir de cada mensaje recibido, el número de equipo del equipo que ha enviado el mensaje correspondiente. Por otra parte, el módulo de sincronización 35 se configura para proporcionar al módulo de emisión 32 una señal para el envío de un mensaje.

El módulo de sincronización 35 se configura para garantizar una comunicación como se explica por medio de las figuras 1 y 2. Con esta finalidad, el módulo de sincronización 35 presenta un elemento de memoria 36 en el que se almacenan el número de equipo del equipo 2, al que está asignado el módulo de sincronización 35, así como el número de equipo del equipo 2 con el número de equipo más bajo.

A continuación se explica más detalladamente por medio de la figura 4 un comportamiento posible del módulo de sincronización 35.

En un primer paso 101 se comprueba si el módulo de sincronización 35 está asignado al equipo 2 con el número de equipo más bajo. Para ello se recurre a los números de equipo almacenados en el elemento de memoria 36.

Si se determina que el módulo de sincronización 35 está realmente asignado al equipo 2 con el número de equipo más bajo, se espera un intervalo de emisión completo (paso 102). A continuación, se solicita al módulo de emisión 32 que envíe un mensaje (paso 103).

Si el módulo de sincronización 35 no está asignado al equipo 2 con el número de equipo más bajo, se determina en el paso 104 si el módulo de sincronización 35 ya ha solicitado al módulo de emisión 32 el envío de un mensaje.

Si no es el caso, se comprueba si el módulo de recepción 31 ha recibido un mensaje del equipo 2 con el número de equipo más bajo (paso 105). Si no es así, se espera la recepción de un mensaje correspondiente (paso 106).

Tan pronto como se reciba un mensaje del equipo 2 con el número de equipo más bajo, es posible determinar, por medio del número de equipo, el momento en el que el equipo 2, al que se le ha asignado el módulo de sincronización 35, puede enviar un mensaje. En el paso 107 se comprueba si se ha alcanzado este momento. Si todavía no es éste el caso, se espera (paso 108). Tan pronto como se alcanza el momento, se ordena al módulo de emisión 32 que envíe un mensaje (paso 109). En este caso, el mensaje puede proceder de la memoria intermedia

de mensajes 34 e incluir información de los demás componentes 30 del equipo 2. Si la memoria intermedia de mensajes 34 está vacía, se puede enviar un mensaje sin un contenido de información especial.

5 Si durante la comprobación en el paso 104 se determina que el módulo de sincronización 35 ya ha dado instrucciones al módulo de emisión 32 para que envíe un mensaje, se comprueba en el paso 110 si ha transcurrido un intervalo de emisión completo desde la última orden al módulo de emisión 32 para enviar un mensaje. Siempre que sea este el caso, se ordena al módulo de emisión 32 que envíe un mensaje (paso 111).

Si todavía no ha transcurrido el tiempo de un intervalo de emisión completo, se procesa una secuencia de pasos 105' a 109' correspondiente a los pasos 105 a 109. A este respecto se hace referencia a las explicaciones anteriores.

10 En la figura 5 se representa esquemáticamente un comportamiento alternativo del módulo de sincronización 35.

En un primer paso 201 se comprueba si el módulo de sincronización 35 está asignado al equipo 2 con el número de equipo más bajo. Para ello, se recurre a los números de equipo almacenados en el elemento de memoria 36.

15 Si se determina que el módulo de sincronización 35 está realmente asignado al equipo 2 con el número de equipo más bajo, se comprueba en el paso 202 si este equipo 2 ya era en el ciclo anterior el equipo 2 con el número de equipo más bajo. Si es así, se espera un intervalo de emisión completo y, una vez transcurrido el intervalo de emisión, se solicita al módulo de emisión 32 que envíe un mensaje (paso 203).

20 Si el equipo no era (todavía) el equipo con el número de equipo 2 más bajo en el ciclo anterior, esto indica que el equipo original 2 con el número de equipo más bajo es defectuoso o que al menos no envía ningún mensaje, debiendo convertirse el equipo 2 con el siguiente número de equipo más alto en el equipo 2 con el número de equipo más bajo. En este caso, el equipo 2 con el número de equipo más bajo ordena a su módulo de emisión 32 que envíe un mensaje (paso 204).

Si el módulo de sincronización 25 no está asignado al equipo 2 con el número de equipo más bajo, se determina en el paso 205 si el módulo de recepción 31 ha recibido un mensaje del equipo 2 con el número de equipo más bajo desde la última emisión de un mensaje a través del módulo de emisión 32 (paso 205).

25 Si es éste el caso, por medio del número de equipo es posible determinar el momento en el que el equipo 2, al que está asignado el módulo de sincronización 35, puede enviar un mensaje. En el paso 206 se comprueba si se ha alcanzado este momento. Si todavía no es el caso, se espera (paso 207). Tan pronto como se alcanza el momento, se ordena al módulo de emisión 32 que envíe un mensaje (paso 208). En este caso, el mensaje puede provenir de la memoria intermedia de mensajes 34 y contener información de los demás componentes 30 del equipo 2.

30 Si en la comprobación en el paso 205 se determina que no se ha recibido ningún mensaje del equipo 2 con el número de equipo más bajo, se comprueba en el paso 209 si ha transcurrido un intervalo de emisión completo desde la última orden al módulo de emisión 32 para el envío de un mensaje. Siempre que sea así, se ordena al módulo de emisión 32 que envíe un mensaje (paso 210).

35 Si aún no ha transcurrido el tiempo de un intervalo de emisión completo, se procesa una secuencia de pasos 206' a 208' correspondiente a los pasos 206 a 208. A este respecto se hace referencia a las explicaciones anteriores.



**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para la comunicación entre los equipos (2) de un parque eólico (1) ordenados en un orden de sucesión según una característica clasificable, en el que la información enviada por un equipo (2) en forma de mensaje es recibida por todos los demás equipos (2) del parque eólico (1), estableciéndose un intervalo de emisión (12) temporal cíclicamente recurrente y asignándose a cada equipo (2), en dependencia de su posición en el orden de sucesión, un momento en el intervalo de emisión (12) en el que puede enviar un mensaje, clasificándose los momentos desde el inicio del intervalo de emisión (12) de acuerdo con la posición en el orden de sucesión partiendo de una primera posición en el orden de sucesión y sincronizándose el inicio del intervalo de emisión en todos los equipos (2) por medio de un mensaje enviado por el equipo (2) situado en la primera posición del orden de sucesión y determinando automáticamente cada equipo, por medio de todos los otros mensajes recibidos de los demás equipos, el equipo que se encuentra en la primera posición del orden de sucesión y comprobando cada equipo (2) si el propio equipo (2) se encuentra en la primera posición en el orden de sucesión y, en caso de respuesta afirmativa, enviar un mensaje una vez finalizado un intervalo de emisión (12).
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que un equipo (2) envía un mensaje cuando se ha alcanzado el momento en el intervalo de emisión correspondiente (12) según la posición en el orden de sucesión.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que después de dos intervalos de emisión (12), en los que no se producen mensajes del equipo (2) situado en la primera posición del orden de sucesión, el equipo (2) en la siguiente posición más alta del orden de sucesión se convierte en el equipo (2) situado en la primera posición del orden de sucesión.
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que un equipo (2) envía un mensaje independientemente de la recepción de un mensaje del equipo en la primera posición del orden de sucesión una vez finalizado el tiempo para un intervalo de emisión completo (12) desde el último mensaje enviado por este equipo.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los intervalos entre los momentos en los que los equipos pueden enviar mensajes se elige de manera que se evite un desbordamiento de la memoria intermedia de recepción para mensajes a los equipos (2), siendo el número de mensajes enviados regularmente en un intervalo de tiempo menor que un máximo posible.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se preestablece un tiempo de procesamiento que permite el procesamiento completo del número máximo preestablecido de mensajes que se encuentran en la memoria intermedia de entrada para mensajes de un equipo, determinándose un número de entradas de mensaje permitidas regularmente en un período de procesamiento y determinándose el momento para el envío de un mensaje a través de un equipo en una posición otorgada en el orden de sucesión de acuerdo con
- $$\text{Momento} = \frac{\text{Tiempo de procesamiento}}{\text{Número de mensajes permitidos}} \times \text{Posición en el orden de sucesión}$$
- 40 7. Equipo (2) que comprende una unidad de comunicación con un módulo de recepción (31), un módulo de emisión (32) y un módulo de sincronización (35), configurándose el módulo de sincronización (35) para seleccionar la posición en el orden de sucesión a partir de los mensajes de otros equipos recibidos por el módulo de recepción (31) y determinar por medio de una posición almacenada en el orden de sucesión si el equipo (2) es el equipo situado en la primera posición en el orden de sucesión y, en caso de respuesta afirmativa, ordenar al módulo de emisión (32), una vez transcurrido un intervalo de emisión, que envíe un mensaje y, en caso de respuesta negativa, esperar la recepción de un mensaje del equipo que se encuentra en la primera posición en el orden de sucesión, para determinar un momento según la posición almacenada en el orden de sucesión partiendo del momento de la recepción de un mensaje del equipo situado en la primera posición en el orden de sucesión y ordenar al módulo de emisión (32) en ese momento que envíe un mensaje y configurándose el módulo de sincronización (35) para determinar automáticamente, por medio de todos los mensajes recibidos por los demás equipos, el equipo que se encuentra en la primera posición del orden de sucesión.
- 50 8. Equipo según la reivindicación 7, caracterizado por que el equipo (2) se configura para enviar un segundo mensaje después del envío del primer mensaje independientemente de la recepción de un mensaje del equipo situado en la primera posición del orden de sucesión una vez finalizado un intervalo de tiempo correspondiente a un intervalo de emisión.
- 55

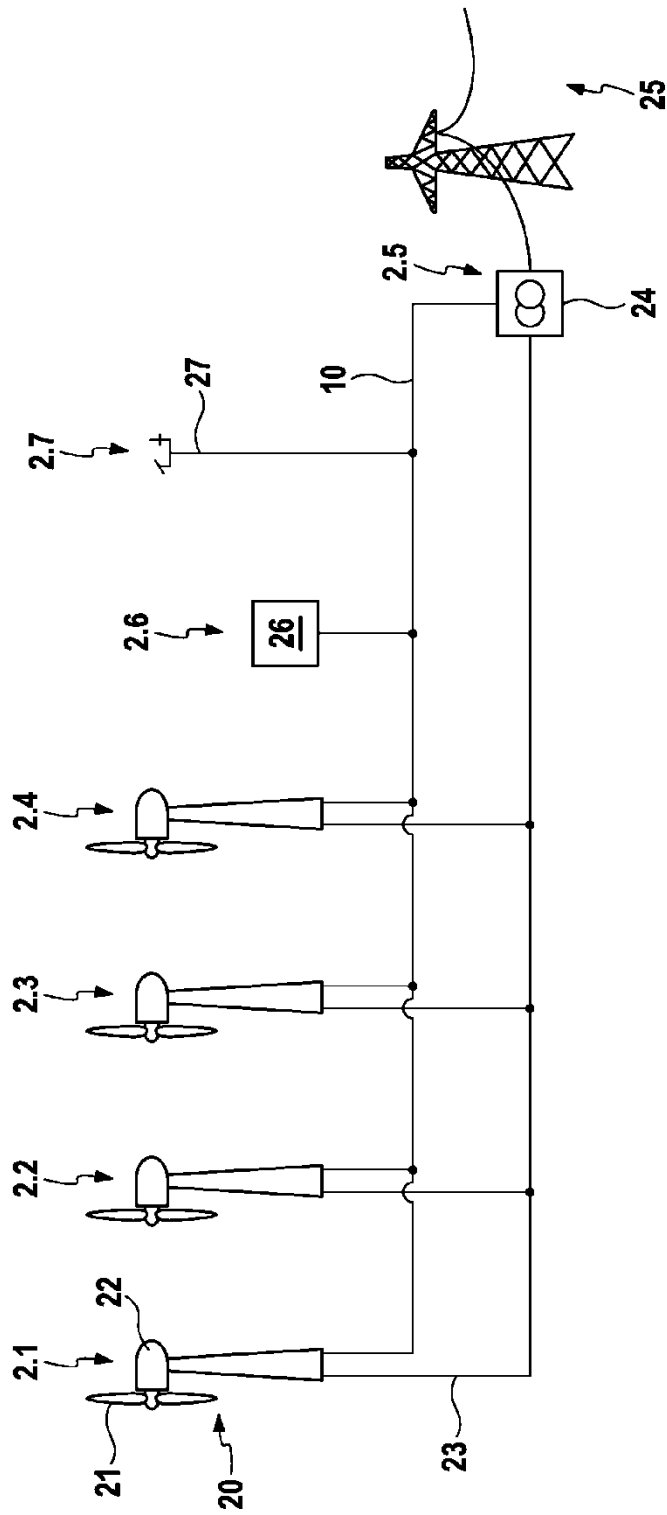
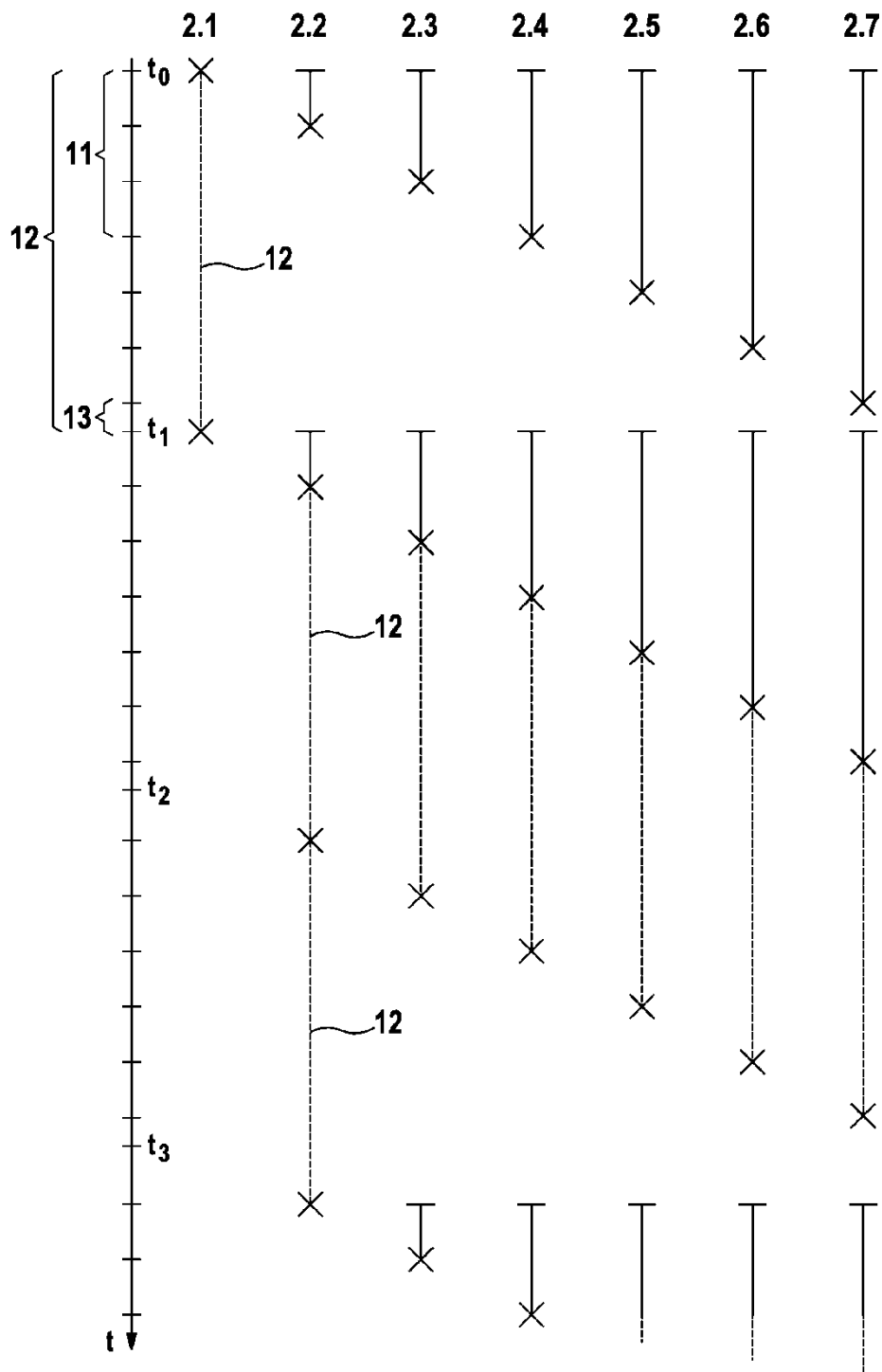
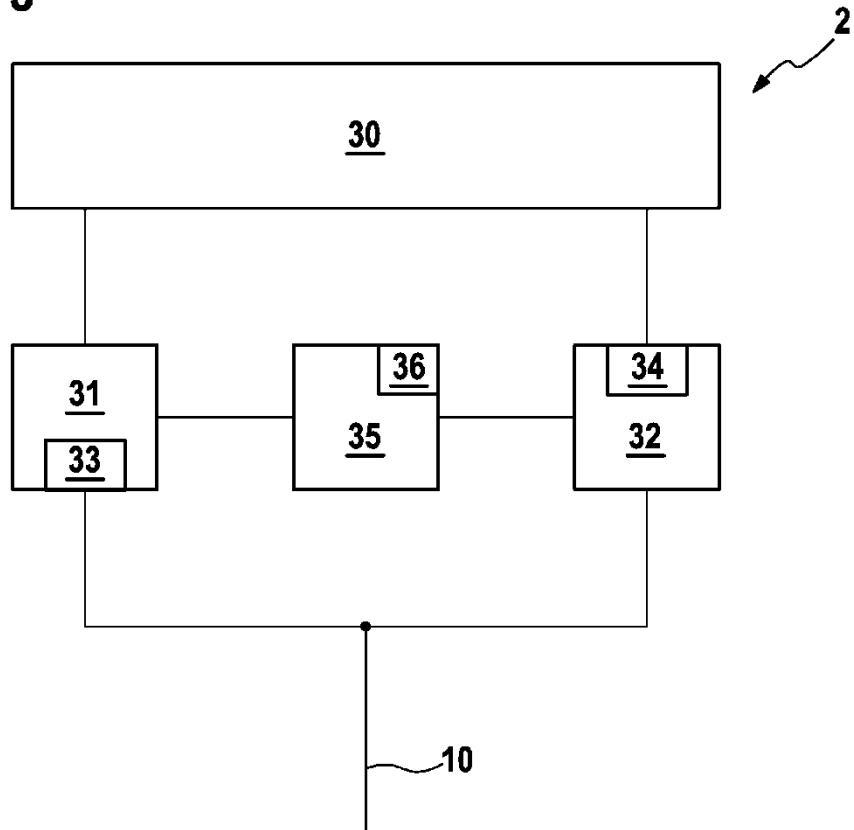


Fig. 1

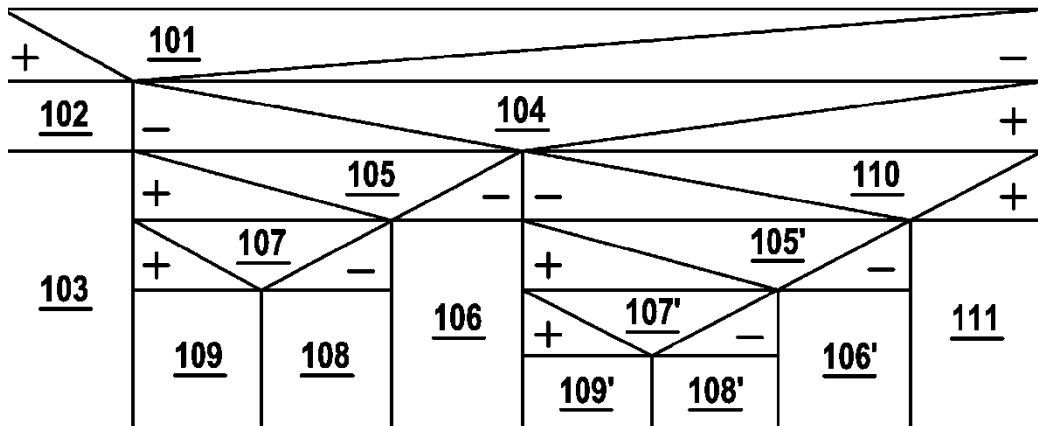
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

