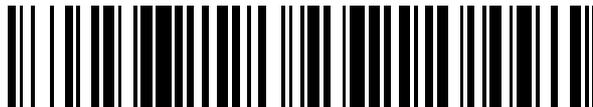


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 778 456**

51 Int. Cl.:

G01W 1/10 (2006.01)

G01R 29/14 (2006.01)

H02G 13/00 (2006.01)

G01R 29/08 (2006.01)

G01W 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2014 PCT/EP2014/075007**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2015 WO15075067**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2014 E 14802850 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3072197**

54 Título: **Procedimiento e instalación de energía eólica para la advertencia de rayos**

30 Prioridad:

19.11.2013 DE 102013223592

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

10.08.2020

73 Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)

Borsigstrasse 26

26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

GROENHAGEN, JANNES

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 778 456 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 e instalación de energía eólica para la advertencia de rayos

5 La invención se refiere a un procedimiento para la advertencia de rayos con una pluralidad de instalaciones de energía eólica según la reivindicación independiente 1 y un sistema de una pluralidad de instalaciones de energía eólica diseñado para la advertencia de rayos según la reivindicación.

10 La energía eólica y la potencia eólica están desempeñando un papel cada vez más importante en la generación mundial de electricidad y, por lo tanto, son cada vez más importantes. Sin embargo, con un número creciente de instalaciones de energía eólica y parques eólicos, el esfuerzo de mantenimiento y el tiempo de mantenimiento de las instalaciones de energía eólica y los parques eólicos también aumentan al mismo tiempo. Sin embargo, un alto esfuerzo de mantenimiento está asociado con un alto coste y una alta planificación logística del trabajo de mantenimiento y del personal de mantenimiento. Un aspecto importante al planificar el trabajo de mantenimiento es
 15 evitar tiempos de inactividad innecesarios en los que el trabajo de mantenimiento se interrumpe debido a las condiciones climáticas, especialmente en el caso de tormentas eléctricas con impactos de rayos en instalaciones de energía eólica. Hay una mayor probabilidad de impactos de rayos, especialmente en instalaciones de energía eólica, porque debido a su diseño a menudo forman el punto más alto de la zona y, por lo tanto, son un punto preferido para las descargas atmosféricas.

20 Para una advertencia de rayos y/o tormentas, generalmente se usan las previsiones del tiempo públicas, que son muy inexactas localmente, en particular con respecto a una ubicación específica de una instalación de energía eólica, o no permiten una previsión repentina en absoluto.

25 Sin embargo, la previsión del impacto de un rayo en una instalación de energía eólica, especialmente durante la duración del trabajo de mantenimiento, debe ser muy fiable, ya que en caso de un impacto real de un rayo existe un alto riesgo para la seguridad e incluso un riesgo de muerte para el personal de mantenimiento. Por otro lado, el trabajo de mantenimiento solo debe interrumpirse si en realidad existe una probabilidad suficiente de impacto de un rayo para no interrumpir el trabajo de mantenimiento innecesariamente.

30 Por lo tanto, sería deseable proporcionar un procedimiento y un dispositivo con el que sea posible predecir o detectar un rayo, en particular un impacto de un rayo en una instalación de energía eólica particular, en una etapa temprana y emitir un mensaje de advertencia correspondiente para que el personal de mantenimiento interrumpa las tareas de mantenimiento y/o la instalación de energía eólica se puede apagar. Si se evita el riesgo de impactos de rayos, se
 35 pueden reanudar las tareas de mantenimiento y/o la instalación de energía eólica se puede volver a encender. En particular, sería deseable predecir la ubicación y el momento posibles del impacto de un rayo de manera precisa y fiable.

40 Para la previsión del tiempo, en particular también para la previsión de tormentas eléctricas, se sabe que deriva o prevé un estado de la atmósfera para el futuro a partir de un pasado y una condición climática actual de la atmósfera, utilizando reglas físicas conocidas. Aquí se utilizan las llamadas ecuaciones no lineales, en las que incluso pequeños cambios en las condiciones iniciales conducen a una gran variación en los resultados, en el presente caso, la previsión del tiempo. Este fenómeno también se conoce como efecto mariposa.

45 Las condiciones o datos iniciales, en particular los datos de medición o los valores de medición para las condiciones ambientales y/o atmosféricas, que ofrecen información sobre el estado actual de la atmósfera, se registran con una red de estaciones terrestres de medición. Las estaciones de medición suelen registrar la velocidad del viento, la temperatura, la presión del aire y la humedad, así como la cantidad de precipitaciones. Una previsión del tiempo fiable solo es posible si hay suficientes estaciones de medición que recopilan datos meteorológicos.

50 Sin embargo, las estaciones de medición conocidas en el estado de la técnica a menudo están dispuestas cerca del suelo, de modo que los datos de medición (meteorológicos) registrados, en particular los parámetros ambientales, se alteran por los efectos del suelo, por ejemplo, el calor o el frío almacenados en el suelo. Sin embargo, los datos de medición incorrectos no permiten una previsión del tiempo fiable para una ubicación específica. Además, no se
 55 recopilan datos sobre campos eléctricos o electromagnéticos con las estaciones terrestres de medición conocidas, por lo que una previsión de rayos es prácticamente imposible.

La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado los siguientes documentos:

60 DE 10 2012 222 973 A1, AT 389 012 B y brieselang.net (página web para la protección preventiva contra rayos). El estado de la técnica adicional todavía se puede encontrar en US 2012/162845 A1 y JP 2013 054006 A.

Aquí es donde entra en juego la invención, cuyo objeto es proporcionar un procedimiento mejorado y un dispositivo mejorado y/o un sistema mejorado para la previsión del tiempo, en particular para las advertencias de tormentas y/o rayos, que se mejoran con respecto al estado de la técnica, y al menos están dirigidos a uno de los problemas mencionados anteriormente. En particular, es un objeto de la invención proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la advertencia de rayos con una pluralidad de instalaciones de energía eólica.

Este objeto se logra según la invención mediante el procedimiento para la advertencia de rayos con una pluralidad de instalaciones de energía eólica, en particular con una parte de un parque eólico, según la reivindicación 1 y una instalación de energía eólica y/o un parque eólico y/o una red de instalaciones de energía eólica y/o una red de parques eólicos según la reivindicación 11 y el uso de una instalación de energía eólica y/o un parque eólico y/o una red de instalaciones de energía eólica y/o una red de parques eólicos para formar un sistema de previsión del tiempo según la reivindicación 13.

La invención abarca la idea de un procedimiento para la advertencia de rayos con una pluralidad de instalaciones de energía eólica, en particular con una parte de un parque eólico, en el que la mayoría de las instalaciones de energía eólica están cada una en una ubicación y cada una de la pluralidad de instalaciones de energía eólica presenta una disposición de sensores para detectar un parámetro ambiental, que comprende al menos un anemómetro, un sensor de temperatura y/o un sensor de humedad, donde la disposición de sensores presenta un sensor adicional, en particular un medidor de campo eléctrico, para detectar campos eléctricos, y el procedimiento comprende los siguientes pasos, a saber, una detección de al menos un valor para el parámetro ambiental, que comprende al menos un campo eléctrico, usando los sensores de la disposición de sensores con la pluralidad de instalaciones de energía eólica; y evaluar el al menos un valor para el parámetro ambiental para predecir la advertencia de rayos para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

Además, la invención abarca la idea de una instalación de energía eólica y/o un parque eólico con una pluralidad de instalaciones de energía eólica y/o una red de instalaciones de energía eólica y/o una red de parques eólicos, para la advertencia de rayos, donde la instalación de energía eólica y la pluralidad de instalaciones de energía eólica se ubican cada una en una ubicación y cada una de las instalaciones de energía eólica presenta una disposición de sensores para detectar un parámetro ambiental, que comprende al menos un anemómetro, un sensor de temperatura y/o un sensor de humedad, y la disposición de sensores presenta otro sensor, en particular un medidor de campo eléctrico, para detectar un campo eléctrico; y se forma un dispositivo para la advertencia de rayos con una unidad de evaluación para evaluar al menos un valor para el parámetro ambiental, que comprende al menos un campo eléctrico, y para predecir la advertencia de rayos para las ubicaciones de las instalaciones de energía eólica.

El concepto de la invención se describe a continuación a modo de ejemplo, sin restringir la invención. La invención prevé que las instalaciones de energía eólica, en particular varias instalaciones de energía eólica de un parque eólico, se utilicen como estaciones de medición meteorológica para la previsión del tiempo, en particular para la previsión de tormentas y/o la advertencia de rayos. Aquí, se usa un número i de instalaciones de energía eólica como estaciones de medición meteorológica, donde i puede asumir un valor numérico de $i = 1, 2, \dots, m.n.$ Las instalaciones de energía eólica como estaciones de medición meteorológica presentan la ventaja de que ya incluyen varios sensores distintos, como anemómetros, termómetros, barómetros y/o sensores de humedad atmosférica. Además, los sensores de las instalaciones de energía eólica están dispuestos a grandes altitudes de hasta 200 metros, para que los datos de medición no se vean influenciados o alterados por efectos del suelo. También hay una gran cantidad de más de 23 000 instalaciones de energía eólica individuales en Alemania, que son posibles estaciones de medición meteorológica para el procedimiento según la invención, de modo que los parámetros ambientales se pueden registrar con una densa red de estaciones de medición.

Además, según el concepto de la invención, se prevé que las instalaciones de energía eólica estén equipadas con un sensor adicional para detectar campos eléctricos, en particular también campos magnéticos y/o electromagnéticos. La detección de los campos eléctricos, en particular la intensidad del campo eléctrico de un campo eléctrico, en la atmósfera en las proximidades de la instalación de energía eólica se puede utilizar para una previsión precisa de rayos e impactos de rayos. La invención tiene en cuenta la idea de que, durante una tormenta en la atmósfera, en particular en las nubes de la tormenta, se produce una separación de cargas que conduce localmente (en dirección horizontal y vertical) a intensidades de campo eléctrico distintas y/o gradientes de potencial eléctrico fuertes. Estos campos eléctricos / intensidades de campo y/o la distribución de la intensidad del campo eléctrico se pueden medir con la ayuda de la disposición de sensores de las instalaciones de energía eólica individuales, en particular el sensor adicional para detectar campos eléctricos. Si, por ejemplo, la intensidad del campo eléctrico excede un cierto valor crítico (predeterminado) para un rayo, se emite una advertencia de rayo. En particular, la probabilidad de un impacto de un rayo en una instalación de energía eólica particular se puede determinar registrando y evaluando varios

parámetros ambientales, como la presión atmosférica, la temperatura y la intensidad del campo eléctrico.

Además, el concepto de la invención contempla instalaciones de energía eólica y/o parques eólicos y/o redes de instalaciones de energía eólica y/o redes de parques eólicos y así proporciona un sistema para la previsión del tiempo, en particular para tormentas y/o advertencias de rayos.

Estas y otras realizaciones preferidas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes y especifican tanto el procedimiento como la disposición para la advertencia de rayos. En particular, las variantes adicionales preferidos son el tema de las reivindicaciones secundarias y especifican en particular las posibilidades ventajosas de cómo el procedimiento explicado anteriormente o el dispositivo para la advertencia de rayos se puede implementar o configurar en el contexto del objeto y con respecto a otras ventajas.

Una realización proporciona preferiblemente que la mayoría de las instalaciones de energía eólica estén conectadas a un servidor, en particular a un servidor de un parque eólico, y el procedimiento comprende además las etapas siguientes: enviar al menos un valor para el parámetro ambiental de la pluralidad de instalaciones de energía eólica al servidor; crear un mapa con al menos un valor para el parámetro ambiental y las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica; y evaluar el mapa para predecir la advertencia de rayos para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica. Aquí, las instalaciones de energía eólica individuales están conectadas a un servidor a través de líneas de conexión, en particular a un servidor del parque eólico, de modo que los parámetros ambientales registrados con la disposición de sensores de la instalación de energía eólica respectiva puedan enviarse al servidor. Junto con los valores registrados para los parámetros ambientales, la información sobre la ubicación respectiva de la instalación de energía eólica de registro también se envía al servidor, de modo que el servidor, en particular un elemento de procesador diseñado en consecuencia, pueda crear un mapa a partir de los parámetros ambientales registrados y las ubicaciones de las instalaciones de energía eólica, en el que se muestran los valores de los parámetros ambientales, en particular su intensidad, en función de su ubicación. El mapa creado se puede evaluar para predecir un impacto de un rayo, en particular para predecir un impacto de un rayo en una ubicación específica de una instalación de energía eólica específica. Los modelos estándar, como los conocidos en la investigación meteorológica y la previsión del tiempo en el estado de la técnica, se pueden usar, por ejemplo, para evaluar los parámetros ambientales registrados o el mapa creado.

En una realización conveniente, se puede proporcionar que al menos uno y/o los valores múltiples, los valores detectados para los parámetros ambientales se seleccionen del siguiente grupo de valores: Fuerza del viento, dirección del viento, temperatura, humedad del aire, presión atmosférica, fuerza del campo eléctrico, fuerza del campo magnético y/o fuerza del campo electromagnético. En esta realización, se proporciona que se registren los parámetros ambientales actuales de la atmósfera, en particular el entorno de la ubicación de la instalación de energía eólica que se está registrando. El estado actual de una situación meteorológica actual se puede determinar a partir de los valores registrados para el parámetro ambiental, en particular, un estado meteorológico actual de la atmósfera, a partir del cual se puede derivar o predecir un estado de la atmósfera para el futuro mediante reglas físicas conocidas en la previsión del tiempo, en particular para un impacto de un rayo o para advertencia de rayos. Por ejemplo, también se proporciona en la presente invención que los parámetros ambientales se registran durante un período de tiempo más largo y se comparan repetidamente y posiblemente se corrigen con las previsiones, en particular los parámetros ambientales pronosticados. Una previsión para el desarrollo futuro del parámetro ambiental registrado puede entonces determinarse a partir del desarrollo temporal de los parámetros ambientales, es decir, el historial de los parámetros ambientales registrados.

Un desarrollo adicional preferido establece que el al menos un valor para el parámetro ambiental se compara con un valor de referencia. En esta realización, se proporciona que los parámetros ambientales registrados se comparen con los valores de referencia. Por ejemplo, los valores empíricos de la investigación del clima, en particular los valores empíricos para la ocurrencia de un impacto de un rayo, pueden servir como valores de referencia. Por ejemplo, si hay cierta presión atmosférica, cierta humedad del aire y cierta intensidad de campo del campo eléctrico, se puede concluir una situación de tormenta, en particular un posible impacto de un rayo. Un valor crítico para la intensidad del campo eléctrico para la ocurrencia muy probable de un rayo es una intensidad de campo de aproximadamente 3000 kV/m a presión normal ($p = 101\,325\text{ Pa} = 101\,325\text{ N/m}^2$) y temperatura normal ($T = 0\text{ °C}$). En función de otros parámetros ambientales, como la fuerza del viento, la temperatura, la humedad y/o la presión atmosférica, puede producirse un rayo incluso con fuerzas de campo más pequeñas, en el intervalo de 300 a 400 kV/m. Otro factor o desencadenante de un rayo es la presencia de electrones de alta energía de la radiación cósmica, que puede desencadenar un rayo incluso a intensidades de campo de 150 a 300 kV/m. Por lo tanto, un posible valor de referencia para las intensidades de campo eléctrico es 150 kV/m, en el cual existe un riesgo considerable de rayos.

En una realización ventajosa, se puede proporcionar que se determine un valor mínimo, un valor máximo y/o un

gradiente al evaluar el mapa. Esta realización permite determinar de manera simple los extremos de la situación meteorológica actual en el parque eólico. Por ejemplo, los rayos caen preferiblemente en la instalación de energía eólica en la que el campo electromagnético es más fuerte. Además, la humedad también puede desempeñar un papel. Ambos parámetros ambientales, en particular sus valores máximos y mínimos, se tienen en cuenta en la evaluación y previsión. Al determinar los valores mínimos y/o máximos, también es relativamente fácil reconocer condiciones climáticas extremas, por ejemplo, fuertes ráfagas de viento o frentes de viento. En particular, los cambios meteorológicos a lo largo del tiempo pueden reconocerse fácilmente registrando los cambios en los valores mínimos y máximos de los parámetros ambientales a lo largo del tiempo. Un gradiente también se puede determinar como una medida de la dirección del aumento o cambio más pronunciado en un parámetro ambiental.

10

Una variante adicional preferida establece que se registran varios valores para los parámetros ambientales con cada disposición de sensores de la pluralidad de instalaciones de energía eólica y se crean y evalúan varios mapas con los múltiples valores para los parámetros ambientales. Se proporciona de manera especial que no solo se registre un valor de parámetro ambiental, por ejemplo, la fuerza del viento, sino varios parámetros ambientales, por ejemplo, la fuerza del viento, la dirección del viento, la temperatura, la humedad del aire, la presión atmosférica y la intensidad de campo de un sistema eléctrico, magnético y/o campo electromagnético. En particular, la combinación de la dirección del viento y la intensidad del campo permite una buena previsión de la dirección y la rapidez con que se desarrolla la distribución de la intensidad del campo.

15

20 Una variante adicional puede proporcionar que varios mapas se combinen entre sí. En particular, la combinación de distintos valores para los parámetros ambientales permite una previsión mejorada para una condición climática específica, en particular para una previsión de tormenta o rayos.

En particular, se proporciona que cada una de la pluralidad de instalaciones de energía eólica del parque eólico presenta una disposición de sensores para detectar una pluralidad de parámetros ambientales y la disposición de sensores en cada caso comprende: un sensor para la fuerza del viento, un sensor para la dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad del aire, un sensor de presión atmosférica y un sensor de intensidad de campo eléctrico. En particular, el sensor para la intensidad del campo eléctrico puede comprender un sensor para la intensidad del campo magnético y/o la intensidad del campo electromagnético. Los resultados del sensor se pueden registrar en uno o más mapas para el territorio de la mayoría de las instalaciones de energía eólica.

25

30

Debido a las instalaciones de energía eólica distribuidas en el territorio, se puede hacer una previsión fiable de rayos para este territorio, pero en cualquier caso se puede realizar una advertencia fiable de rayos evaluando el mapa o los mapas creados. El número de parámetros ambientales medidos en la superficie del territorio hace posible, al evaluar el mapa o los mapas producidos, establecer ventajosamente las condiciones y tendencias para la superficie del territorio.

35

En particular, se puede crear una base de datos de tipo biblioteca para una instalación de energía eólica en la superficie del territorio, que especifica esos parámetros ambientales individualmente para cada instalación de energía eólica en el la superficie del territorio que son relevantes para saber cuándo se puede esperar un rayo en la instalación de energía eólica individual en la superficie del territorio. Una pluralidad de instalaciones de energía eólica del parque eólico sirve ventajosamente como una base de información de instalaciones de energía eólica del parque eólico al que pertenece la instalación de energía eólica individual. En particular, la base de datos de tipo biblioteca puede ser reconfigurable y los parámetros ambientales pueden transmitirse a una sala de control. De esta manera, es particularmente ventajoso llevar a cabo una creación individual de una curva característica de los parámetros ambientales que es relevante para la instalación de energía eólica, que especifica en qué intervalo de parámetros ambientales se emitirá una advertencia de rayos para esta instalación de energía eólica, en particular para pronosticar un rayo. Esto conduce a un alto grado de fiabilidad de una advertencia de rayos y/o previsión de rayos para esta instalación de energía eólica individual y, por lo tanto, a una protección particularmente fiable del personal de mantenimiento en consideración por el esfuerzo que implica terminar la actividad de mantenimiento. Esto conduce a un uso particularmente ventajoso de una instalación de energía eólica como estación para advertencia de rayos y/o previsión de rayos; en particular para la formación de un sistema particularmente preferido para la advertencia y/o previsión de rayos con varias instalaciones de energía eólica de un parque eólico. La instalación de energía eólica puede usarse preferiblemente como una estación meteorológica y/o el parque eólico como un sistema para la previsión del tiempo.

40

45

50

55

Una realización proporciona preferiblemente que, en función de la evaluación de los mapas para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica, se asignen probabilidades de un impacto de un rayo, en particular para un impacto de un rayo en una instalación de energía eólica específica. En este sentido, se proporciona para evaluar y valorar los parámetros ambientales actualmente registrados, en particular la fuerza del viento, la dirección

60

del viento, la temperatura, la humedad del aire, la presión atmosférica y la intensidad de campo de un campo eléctrico, magnético y/o electromagnético en una instalación de energía eólica específica o para una ubicación específica de la instalación de energía eólica, de modo que se determine la probabilidad de un impacto de un rayo y se asigne a la instalación de energía eólica o la ubicación de la instalación de energía eólica. También es posible tener en cuenta un desarrollo temporal de los parámetros ambientales registrados. Por ejemplo, la probabilidad de un impacto de un rayo aumenta si la intensidad de campo de un campo eléctrico, magnético y/o electromagnético aumenta rápidamente en poco tiempo. Para determinar las probabilidades, por ejemplo, se puede usar un modelo estándar y/o valores empíricos de la investigación meteorológica / previsión del tiempo.

- 5
- 10 Una realización preferida se refiere a un procedimiento en el que las probabilidades comprobadas de un impacto de un rayo se comparan con las probabilidades límite y se emite una advertencia de rayos para una ubicación de la pluralidad de instalaciones de energía eólica en la que la probabilidad de un impacto de un rayo excede la probabilidad límite. En particular, si la probabilidad de un impacto de un rayo es mayor que 50 %, preferiblemente mayor que 70 % e incluso más preferiblemente mayor que 90 %, se emite una advertencia de rayos para la ubicación correspondiente de las instalaciones de energía eólica o las múltiples ubicaciones.
- 15

- Una realización ventajosa se refiere a un procedimiento en el que la advertencia de rayos se emite en forma de una notificación de advertencia, en particular para la instalación de energía eólica específica de la pluralidad de las instalaciones de energía eólica, donde puede emitirse la notificación de advertencia como un mensaje acústico y/o en forma de luz de advertencia. En este sentido se proporciona (en el caso de una advertencia de rayos) que se emite en forma de un mensaje de advertencia automático, por ejemplo, a través de altavoces en el interior de la torre, para que el personal de mantenimiento esté advertido y las posibles tareas de mantenimiento puedan ser interrumpidos. También se puede proporcionar que se encienda automáticamente una luz de advertencia, que luego advierte de un posible impacto de un rayo. También se puede prever que la instalación de energía eólica correspondiente se apaga automáticamente en caso de una advertencia de rayos.
- 20
- 25

- Un modelo meteorológico utilizado en el contexto de una variante particularmente preferida del procedimiento proporciona que no solo un campo eléctrico, sino también otros parámetros ambientales como la fuerza del viento, la dirección del viento, la temperatura y la humedad mencionados anteriormente se utilizan para permitir que se realice una advertencia de rayos, en particular una previsión de rayos. En el caso más simple, el modelo meteorológico para el uso de un medidor de campo eléctrico para registrar las intensidades de campo eléctrico se basa en el siguiente mecanismo físico de generación de rayos. En el caso más simple, pero no limitado a, el mecanismo físico proporciona la confluencia de masas de aire cálido y húmedo que, a medida que se elevan, condensan el vapor de agua y forman una nube abultada bajo ciertas condiciones externas. Cuanto mayor sea un cúmulo, mayor será la probabilidad de que se formen cargas en el interior debido a la fricción y la atomización de las partículas de agua. Este es particularmente el caso cuando los cristales de hielo se cargan positivamente en la parte superior más fría del cúmulo y las gotas de carga negativa en la parte inferior del cúmulo. Tal carga positiva que predomina en la parte superior de un cúmulo puede conducir a una carga negativa que predomina en la parte inferior del cúmulo, en función de la altura del cúmulo (hasta unos pocos kilómetros), lo que conduce a voltajes de varios cientos de millones de voltios.
- 30
- 35
- 40

- La descarga de esta separación de cargas inicialmente dentro de la nube puede conducir a un llamado rayo guía hacia el suelo, lo que puede conducir a la formación de un canal de rayos ionizados con la formación de una descarga en el suelo o en lugares expuestos en el suelo, por ejemplo, una instalación de energía eólica, que luego es seguida por la descarga principal (el rayo real). Sobre la base de este mecanismo físico comparativamente simple, la variante anterior reconoció que el procedimiento meteorológico subyacente para la advertencia de rayos, en particular la previsión de rayos, es más fiable cuantos más puntos de referencia haya para detectar campos eléctricos. Por lo tanto, la formación adicional prevé ventajosamente un número creciente de instalaciones de energía eólica de un parque eólico, pero en cualquier caso una parte de un parque eólico con una selección de instalaciones de energía eólica (por ejemplo, las instalaciones de energía eólica ubicadas en los bordes del parque eólico y una distribución de instalaciones de energía eólica dentro del territorio del parque eólico) con el fin de medir puntos de referencia para permitir la medición de campos eléctricos. Todas las instalaciones de energía eólica en un parque eólico pueden ser ventajosas. La medición de los parámetros ambientales antes mencionados se realiza ventajosamente para cada una de las instalaciones de energía eólica, pero en cualquier caso para las instalaciones de energía eólica que forman los puntos de referencia mencionados anteriormente.
- 45
- 50
- 55

- A continuación, sin restringir la invención a los valores específicos, se describe un ejemplo concreto de un procedimiento de advertencia instantánea con varias instalaciones de energía eólica, en particular con una parte de un parque eólico. El número i de instalaciones de energía eólica, donde puedo asumir un valor de 1, 2, ... n , está estacionado en distintos lugares, donde cada una de las instalaciones de energía eólica presenta una disposición de sensores para detectar un parámetro ambiental con al menos un anemómetro, un sensor de temperatura y/o un sensor
- 60

de humedad y otro sensor, en particular un medidor de campo eléctrico 1 para detectar intensidades de campo eléctrico. Los sensores se utilizan para registrar al menos un valor para un parámetro ambiental, por ejemplo, la intensidad del viento, la dirección del viento, la temperatura, la humedad del aire, la presión atmosférica y/o la intensidad de campo de un campo eléctrico, pero al menos la intensidad de campo eléctrico. Luego se evalúan los valores registrados para los parámetros ambientales para pronosticar un rayo y una advertencia de rayos para las ubicaciones respectivas de las instalaciones de energía eólica. Aquí se tiene en cuenta que puede producirse una separación de cargas en las nubes de la tormenta durante una tormenta eléctrica, que luego conduce localmente a distintas intensidades de campo eléctrico. La intensidad de campo eléctrico y/o la distribución de las intensidades del campo eléctrico se pueden detectar con la ayuda de la disposición de sensores del número i de instalaciones de energía eólica. Si la intensidad del campo eléctrico en una determinada instalación de energía eólica excede un cierto valor crítico (predeterminado), un valor límite para un campo eléctrico, se emite una advertencia de rayos para esta instalación de energía eólica. La intensidad de campo crítica a la que cae un rayo en el aire a presión normal ($p = 101\,325\text{ Pa} = 101\,325\text{ N/m}^2$) y temperatura normal ($T = 0\text{ °C}$) es de aproximadamente 3000 kV/m . En función de otros parámetros ambientales, como la fuerza del viento, la temperatura, la humedad y/o la presión atmosférica, puede producirse un rayo incluso con fuerzas de campo más pequeñas, en el intervalo de 300 a 400 kV/m . Otro factor o desencadenante de un rayo es la presencia de electrones de alta energía de la radiación cósmica, que puede desencadenar un rayo incluso a intensidades de campo de 150 a 300 kV/m . Si, en condiciones normales ($p = 101\,325\text{ Pa}$, $T = 0\text{ °C}$), por ejemplo, la intensidad del campo eléctrico en una o más plantas de energía eólica excede un valor límite de 150 kV/m , se emite una advertencia de rayos para una o más instalaciones de energía eólica.

Ejemplos de realización de la invención se describen ahora a continuación mediante las figuras en comparación con el estado de la técnica, que está representado igualmente en parte. Estas no deberán representar necesariamente a escala los ejemplos de realización, mejor dicho las figuras, donde es útil para la explicación, están realizadas de forma esquematizada y/o ligeramente distorsionada. Con vistas a compleciones de las enseñanzas reconocibles directamente de las figuras se remite al estado de la técnica especializado. En este caso se debe tener en cuenta que se pueden efectuar numerosas modificaciones y cambios respecto a la forma y el detalle de una forma de realización, sin desviarse de la idea general de la invención. Las características de la invención dadas a conocer en la descripción, en las figuras y en las reivindicaciones pueden ser esenciales tanto individualmente como en cualquier combinación para el perfeccionamiento de la invención. Además, todas las combinaciones de al menos dos de las características dadas a conocer en la descripción, las figuras y/o las reivindicaciones caen dentro del alcance de la invención. La idea general de la invención no está limitada a la forma o el detalle exacto de la forma de realización preferida mostrada y descrita a continuación, o está limitada a un objeto que estaría limitado en comparación con el objeto reivindicado en las reivindicaciones. Para los rangos de dimensionamiento dados, los valores que se encuentran dentro de los límites establecidos también deben divulgarse como valores límite y ser arbitrariamente utilizables y reivindicables. Las partes idénticas o similares o las partes de función idéntica o similar se proporcionan con los mismos números de referencia cuando sea apropiado por simplicidad.

Otras ventajas, características y particularidades de la invención se pueden deducir de la descripción siguiente de ejemplos de realización preferidos y mediante las figuras.

Que muestran específicamente:

- la figura 1 muestra una posible realización para una instalación de energía eólica;
- la figura 2 muestra una posible realización para una disposición de sensores;
- la figura 3 muestra una posible realización para un parque eólico;
- la figura 4 muestra una posible realización de un procedimiento para advertencia de tormentas, en particular de rayos, con una pluralidad de instalaciones de energía eólica;
- la figura 5 muestra una posible realización de un mapa para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica y un valor para un parámetro ambiental;
- la figura 6 muestra una realización adicional de un mapa para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica y la intensidad de un campo electromagnético como parámetro ambiental registrado;
- la figura 7 muestra otra realización de un mapa para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica y la fuerza del viento como parámetro ambiental registrado;
- la figura 8 a su vez muestra otra realización de un mapa para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica y una combinación de intensidad de campo y fuerza del viento como parámetros ambientales registrados; y
- la figura 9 muestra una posible realización para un sistema de previsión meteorológica, en particular para la advertencia de rayos.

La figura 1 muestra una instalación de energía eólica 1 con una torre 2 y una góndola 4. En la góndola 4 está dispuesto

un rotor 6 con tres palas de rotor 8 y un buje 7. El viento hace girar el rotor durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica 1 y acciona un generador (no mostrado) en el interior de la góndola 4. Con la ayuda del generador, la energía mecánica del movimiento giratorio se convierte en energía eléctrica y luego se alimenta a la red eléctrica.

- 5 Además, la instalación de energía eólica 1 comprende una disposición de sensores 5 para detectar al menos un parámetro ambiental, por ejemplo, fuerza del viento, dirección del viento, temperatura, humedad del aire, presión atmosférica y/o campos eléctricos, magnéticos y/o electromagnéticos en la atmósfera. Para este fin, la disposición de sensores 5 comprende, en particular, un anemómetro, un sensor de temperatura, un sensor de humedad, un barómetro o sensor de presión y/o un sensor adicional, en particular un medidor de campo eléctrico 1 para detectar electricidad, magnetismo y/o campos electromagnéticos o intensidades de campo.

La figura 2 muestra una posible realización de una disposición de sensores 5 para registrar parámetros ambientales 25, donde la disposición de sensores 5 está dispuesta en la instalación de energía eólica 1, en particular en el techo de la góndola 4 de la instalación de energía eólica 1 (mostrada esquemáticamente). Además, la instalación de energía eólica 1, en particular la disposición de sensores 5, está conectada a través de una línea de conexión 32 a un servidor 31, en particular a un servidor en un parque eólico, de modo que, por ejemplo, los parámetros ambientales 25 detectados por la disposición de sensores 5 de la instalación de energía eólica 1 puede enviarse al servidor 31.

La disposición de sensores 5 incluye, sin limitarse a los sensores específicamente mencionados, por ejemplo, un anemómetro 21, un sensor de temperatura 22, un sensor de humedad 23 y/o un sensor adicional 24, en particular un medidor de campo eléctrico, para detectar electricidad, magnetismo y/o intensidades de campo electromagnético en la atmósfera. La disposición de sensores 5 también puede presentar sensores adicionales, por ejemplo, un barómetro o sensor de presión para detectar la presión atmosférica en la atmósfera.

Con los sensores respectivos de la disposición de sensores 5, se pueden detectar uno o más parámetros ambientales 25 tales como, por ejemplo, la fuerza del viento 21.1a, la dirección del viento 21.1b, la temperatura 22.1, la humedad del aire 23.1 y/o la intensidad del campo eléctrico 24.1 de un campo eléctrico en la atmósfera. En el presente caso, los sensores respectivos están conectados a un elemento de control central 26 de la disposición de sensores 5, que puede hacerse cargo del control y/o evaluación de los sensores individuales. Alternativamente, sin embargo, los sensores individuales también pueden tener su propia unidad de control, que luego se integra, por ejemplo, en el sensor respectivo, de modo que los sensores individuales también pueden ser utilizados «independientemente» por la disposición de sensores 5. Los valores registrados para los parámetros ambientales 25 pueden evaluarse en la unidad de control 26, que también sirve como unidad de evaluación, o bien en el servidor 31, en el que se comparan, por ejemplo, con valores límite o de referencia. Si un valor detectado para un parámetro ambiental 25 excede, por ejemplo, un valor límite, puede emitirse un mensaje de advertencia, en particular una advertencia de rayos. Los valores registrados para los parámetros ambientales 25 se envían preferiblemente al servidor y se evalúan allí centralmente para una serie de instalaciones de energía eólica. La línea de conexión 32 sirve aquí como una línea de comunicación entre la instalación de energía eólica 1 y el servidor 31.

La figura 3 muestra una posible realización para un parque eólico 10 de una pluralidad de instalaciones de energía eólica 1, en particular de $n * m$ instalaciones de energía eólica 1, donde las instalaciones de energía eólica individuales 1 se disponen cada una en una ubicación específica 1.1, 1.2, ..., m.n. Las ubicaciones pueden ser, por ejemplo, coordenadas de cualquier sistema de coordenadas para las instalaciones de energía eólica o también números individuales (en serie), que luego se asignan a una instalación de energía eólica específica 1. Alternativamente o, además, las ubicaciones también pueden contener información GPS sobre la ubicación real de la respectiva instalación de energía eólica 1.

En el presente caso, cada una de la pluralidad de instalaciones de energía eólica 1 comprende una disposición de sensores, como se muestra y describe, por ejemplo, en la figura 2, y con ella se pueden detectar parámetros ambientales, como, por ejemplo, la fuerza del viento, la dirección del viento, la temperatura, la presión atmosférica, la humedad y/o un campo electromagnético.

Además, se proporciona un servidor 31, que está conectado a las instalaciones de energía eólica individuales 1 de la pluralidad de instalaciones de energía eólica a través de una línea de conexión 32, de modo que los parámetros ambientales detectados con una instalación de energía eólica 1 específica, en particular la disposición de sensores de las instalaciones de energía eólica específicas 1, se pueden enviar al servidor 31. Aquí, cada instalación de energía eólica 1, junto con los parámetros ambientales registrados, también envía información sobre su ubicación 1.1.1.2, ... m.n al servidor 31, de modo que es posible una asignación exacta en el servidor entre los parámetros ambientales registrados y una instalación de energía eólica específica.

60

La figura 4 muestra una ilustración esquemática de una posible realización para un procedimiento de advertencia de rayos con una pluralidad de instalaciones de energía eólica.

5 Aquí, por ejemplo, con una pluralidad de instalaciones de energía eólica, en particular con las instalaciones de energía eólica de un parque eólico con $n * m$ instalaciones de energía eólica, a saber, una instalación de energía eólica en la ubicación 1.1, una instalación de energía eólica en la ubicación 1.2, una instalación de energía eólica en la ubicación 1.3, etc., y finalmente con una instalación de energía eólica en la ubicación m.n, se registran 41 uno o más parámetros ambientales, en particular la fuerza del viento, la dirección del viento, la temperatura, la presión atmosférica, la humedad del aire y/o un campo eléctrico y luego se envían 42 o remiten por las respectivas instalaciones de energía eólica a un servidor 31, en particular a un servidor del parque eólico. Las instalaciones de energía eólica individuales con sus disposiciones de sensores en sus ubicaciones respectivas 1.1 a m.n sirven como una estación de medición (meteorológica) para los diversos parámetros ambientales, como la fuerza del viento, la dirección del viento, la temperatura, la humedad, la presión atmosférica y/o los campos eléctricos en la atmósfera.

15 Posteriormente, se crean uno o más mapas 51 a partir de los parámetros ambientales registrados 43 junto con las ubicaciones en el servidor 31, en el que los valores registrados se asignan, es decir, se representan gráficamente. Sin restringir la presente invención, se pueden usar varios tipos de representación para visualizar los datos adquiridos. También se puede proporcionar que no haya representación gráfica para evaluar 44 los parámetros ambientales registrados, solo los valores numéricos que luego se evalúan, por ejemplo, en forma de tablas y/u otros conjuntos de datos para los parámetros ambientales.

20 Preferiblemente, se crea un mapa para las ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica y para uno o más valores de parámetros ambientales registrados 43 y evaluados 44 para predecir 45 una advertencia de rayos para una o más ubicaciones de la pluralidad de instalaciones de energía eólica.

25 Para la evaluación 44 de los parámetros ambientales registrados, estos valores registrados pueden evaluarse, por ejemplo, con la ayuda de modelos estándar conocidos en la investigación meteorológica y la previsión del tiempo. En base a esto, se puede determinar y emitir un resultado de evaluación para la previsión, en particular para un impacto de un rayo y una advertencia de rayos.

30 La figura 5 muestra una posible realización de un mapa para las ubicaciones 1.1 a m.n de la mayoría de las instalaciones de energía eólica. En el presente caso, el mapa comprende $n * m$ píxeles, es decir, m filas y n columnas, cada píxel puede asociarse con una instalación de energía eólica específica, en particular la ubicación de una instalación de energía eólica específica, del parque eólico. Por lo tanto, cada píxel del mapa 51 siempre incluye al menos dos elementos de información, a saber, un valor para un parámetro ambiental, por ejemplo, fuerza del viento, dirección del viento, temperatura, humedad del aire, presión atmosférica y/o intensidad del campo eléctrico, y otro elemento de información sobre la ubicación de la instalación de energía eólica, por ejemplo, una información de GPS o similar con la que se registró el parámetro ambiental respectivo (el píxel del mapa). También se pueden crear otras configuraciones para mapas sin restricciones, que luego se configuran en consecuencia para representar correctamente la información de ubicación de la instalación de energía eólica del parque eólico. Por ejemplo, se pueden proporcionar píxeles y/o formas de píxeles de distintos tamaños. Los mapas se ajustan en función de cómo se distribuyen o arreglan las instalaciones de energía eólica en el parque eólico o cuál es la forma real del parque eólico. En el presente caso, pero sin limitar la invención a esta realización específica, el mapa pertenece a un parque eólico rectangular con instalaciones de energía eólica $n * m$, como se muestra y describe, por ejemplo, en la figura 3.

45 La figura 6 muestra una posible realización de un mapa, como se describe en la figura 5, con las ubicaciones de la mayoría de las instalaciones de energía eólica y la intensidad (de campo) de un campo eléctrico como parámetros ambientales registrados. En el presente caso, la intensidad del campo eléctrico se muestra en forma de una escala de color 61 de negro a blanco, donde el negro representa un campo eléctrico fuerte y el blanco un campo eléctrico débil. Sin limitación, también se pueden usar otras escalas de color y/u otras formas de escala configuradas para representar gráficamente distintas intensidades de campo. Aquí, las escalas o la representación gráfica pueden, por ejemplo, seleccionarse también relativamente (hasta un valor máximo 63 o un valor mínimo 64) o absolutamente. También se puede proporcionar una representación logarítmica. En el presente caso, los píxeles blancos muestran los valores mínimos 64 y los píxeles negros los valores máximos para la intensidad del campo eléctrico. También es posible, por ejemplo, determinar y mostrar un gradiente 65 como medida direccional para el aumento más pronunciado del campo eléctrico (flecha).

Aquí se muestra una distribución de la intensidad de campo para un campo eléctrico para las instalaciones de energía eólica individuales / ubicación de un parque eólico, y los valores para la intensidad del campo eléctrico se registran con la ayuda de la disposición de sensores respectiva de la instalación de energía eólica individual y se remiten a un

servidor. A continuación, se crea un mapa 51 en el servidor a partir de los parámetros ambientales registrados, en el presente caso, la intensidad de campo, junto con las ubicaciones, en las que se asignan los valores registrados, es decir, representados gráficamente. La distribución registrada de la intensidad del campo eléctrico tiene un valor máximo 63 en el píxel 6.7. En consecuencia, el campo eléctrico más fuerte se encuentra en las instalaciones de energía eólica de la ubicación 6.7. Aquí es donde la probabilidad de una descarga atmosférica en forma de rayo es mayor.

Si la intensidad del campo eléctrico excede un cierto valor límite, por ejemplo 150 kV/m, y por lo tanto una cierta probabilidad límite de un impacto de un rayo, se supone un posible impacto de un rayo en esta instalación de energía eólica y se emite una advertencia de rayos a la instalación de energía eólica correspondiente. También se puede proporcionar que se emita una advertencia de rayos a una pluralidad de instalaciones de energía eólica en una zona determinada 62 alrededor de la instalación de energía eólica correspondiente, en particular a las instalaciones de energía eólica adyacentes.

La figura 7 muestra una realización adicional de un mapa, como se describe en la figura 5, con las ubicaciones 1.1 a m.n de la pluralidad de instalaciones de energía eólica de un parque eólico y la fuerza del viento como parámetros ambientales registrados. Similar a la figura 6, la fuerza del viento se muestra aquí en forma de una escala de colores, donde se identifican altas fuerzas del viento o altas velocidades de viento con negro y bajas fuerzas del viento con blanco. El mapa 51 que se muestra aquí presenta una distribución de la fuerza del viento que tiene una pluralidad de valores máximos 63 en forma de un máximo alargado. Este es un frente de viento 71 que se mueve a través del parque eólico.

La figura 8 muestra una realización adicional de un mapa 51, donde en este sentido se representan dos parámetros ambientales registrados, a saber, la intensidad del campo eléctrico y la fuerza del viento, como se muestran y describen, por ejemplo, en las figuras 6 y 7.

Aquí se muestra un frente de viento 71, que impulsa una distribución de campo eléctrico, en particular las nubes con las separaciones de cargas, delante de él. La previsión de un impacto de un rayo para una zona determinada 62 y un desarrollo temporal 81 de la zona 62 en la que están estacionadas las instalaciones de energía eólica, donde se teme un impacto de un rayo, se puede determinar a partir de la representación combinada del campo eléctrico y la fuerza del viento, por ejemplo, para que se pueda emitir una advertencia de rayos a estas instalaciones de energía eólica (potencialmente en peligro).

La figura 9 muestra una posible realización para un sistema 1000 de previsión meteorológica, en particular para la advertencia de rayos. En este sentido, muchos parques eólicos distintos,

por ejemplo, también parques eólicos marinos o instalaciones de energía eólica individuales, pueden conectarse en red entre sí a través de una red de conexión 92 y conectarse a un servidor central común 91. También es concebible que los servidores de parques eólicos individuales (véase, por ejemplo, el servidor 31 en la figura 3) estén conectados al servidor central común 91. Con los respectivos parques eólicos y/o instalaciones de energía eólica, los parámetros ambientales pueden registrarse en una zona grande en distintas ubicaciones y enviarse al servidor central 91. Los parámetros ambientales registrados se pueden evaluar en el servidor central común 91 para la previsión del tiempo, en particular para la advertencia de tormentas y/o rayos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la advertencia de rayos con un sistema de una pluralidad de instalaciones de energía eólica (1), donde las instalaciones de energía eólica (1) se disponen cada una en una ubicación (1.1, 1.2 m. n) y cada una de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1) presenta una disposición de sensores (5) para detectar un parámetro ambiental que comprende al menos un anemómetro (21), un sensor de temperatura (22) y/o un sensor de humedad (23), donde la disposición de sensores (5) presenta un sensor adicional (24), a saber, un medidor de campo eléctrico, para detectar campos eléctricos, y el procedimiento incluye las etapas siguientes:
- 5
- 10 - detectar (41) al menos un valor para el parámetro ambiental (25), que comprende al menos un campo eléctrico, con la ayuda de los sensores (21, 22, 23, 24) de la disposición de sensores (5) con la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1); y
- 15 - evaluar (44) el al menos un valor para el parámetro ambiental para prever (45) la advertencia de rayos (1) para las ubicaciones (1.1, 1.2, ..., m.n) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1), caracterizado porque
- en el sistema, la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1) están conectadas a un servidor central común (91),
- 20 donde el procedimiento comprende además las etapas siguientes:
- enviar (42) el al menos un valor para el parámetro ambiental (25) desde la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1) al servidor (31);
- 25 - crear (43) un mapa (51) con el al menos un valor para el parámetro ambiental (25) y la ubicación (1.1, 1.2, ..., m.n) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1); y
- evaluar (44) el mapa (51) para la previsión (45) de la advertencia de rayos (1) para las ubicaciones (1.1, 1.2, ..., m.n) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1), donde
- 30 -con la disposición de sensores (5) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1) se registran varios valores para el parámetro ambiental (25), y con los varios valores para el parámetro ambiental se crean y evalúan varios mapas (51), y los varios mapas (25) se combinan el uno con el otro, donde
- 35 - en función de la evaluación de los varios mapas (51), las ubicaciones (1.1, 1.2, ..., m.n) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1) comprenden probabilidades asignadas de un impacto de un rayo, donde se utilizan modelos estándar y/o valores empíricos de la previsión del tiempo para determinar las probabilidades, donde
- 40 - los varios valores para el parámetro ambiental (25) se seleccionan del siguiente grupo de valores: fuerza del viento (21.1a), dirección del viento (21.1b), temperatura (22.1), humedad del aire (23.1), presión atmosférica, intensidad del campo eléctrico (24.1), intensidad del campo magnético e intensidad del campo electromagnético, y
- 45 - las probabilidades de un impacto de un rayo se comparan con las probabilidades límite y se emite una advertencia de rayos para aquellas ubicaciones (1.1, 1.2, ..., m.n) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1) en las que la probabilidad del impacto de un rayo exceda la probabilidad límite, y se emite la advertencia de rayos en forma de una notificación de advertencia.
- 50 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las instalaciones de energía eólica son parte de un parque eólico (10) y el servidor es un servidor (91) del parque eólico (10).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el al menos un valor para el parámetro ambiental (25) se compara con un valor de referencia.
- 55 4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque al evaluar los mapas (51) se determina un valor mínimo (64), un valor máximo (63) y/o un gradiente (64).
5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la notificación de advertencia se emite como un anuncio acústico o con una luz de advertencia.
- 60

6. Sistema de una pluralidad de instalaciones de energía eólica (10) diseñado para la advertencia de rayos, donde cada instalación de energía eólica (1) de la pluralidad de instalaciones de energía eólica (1) se establece cada una en una ubicación (1.1, 1.2 m.n) y cada una de las instalaciones de energía eólica (1) presenta una disposición de
5 sensores (5) para la detección de un parámetro ambiental, que comprende al menos un anemómetro (21), un sensor de temperatura (22) y/o un sensor de humedad (23), donde la disposición de sensores (5) se forma con un sensor adicional (24), a saber, un medidor de campo eléctrico, para detectar un campo eléctrico; y un dispositivo de advertencia de rayos con una unidad de evaluación para evaluar (44) el al menos un valor para el parámetro ambiental, que comprende al menos un campo eléctrico, y que se forma para prever (45) la advertencia de rayos para las
10 ubicaciones (1.1, 1.2, ..., m.n) de las instalaciones de energía eólica (1), caracterizado porque en el sistema la pluralidad de instalaciones de energía eólica (10) está conectada a un servidor (91) y este y el dispositivo de advertencia de rayos están configurados para llevar a cabo un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

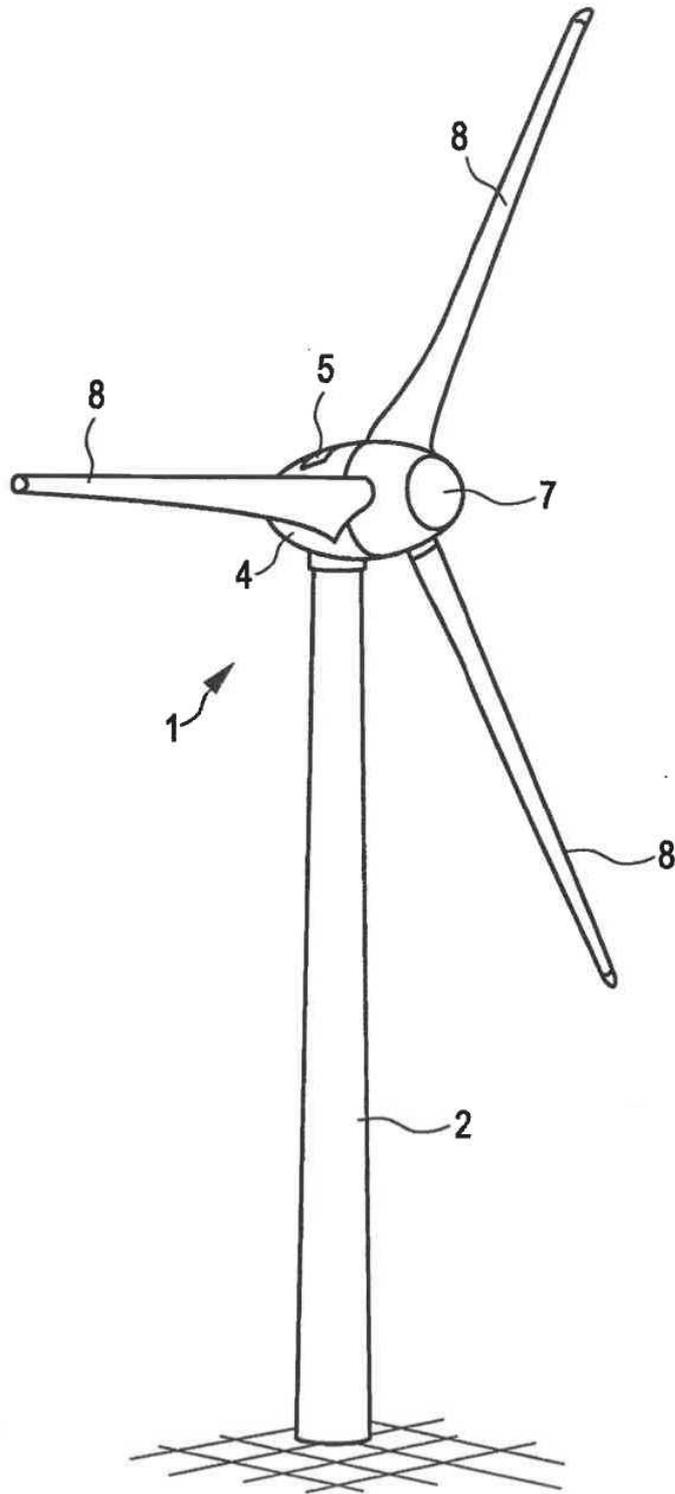


FIG. 1

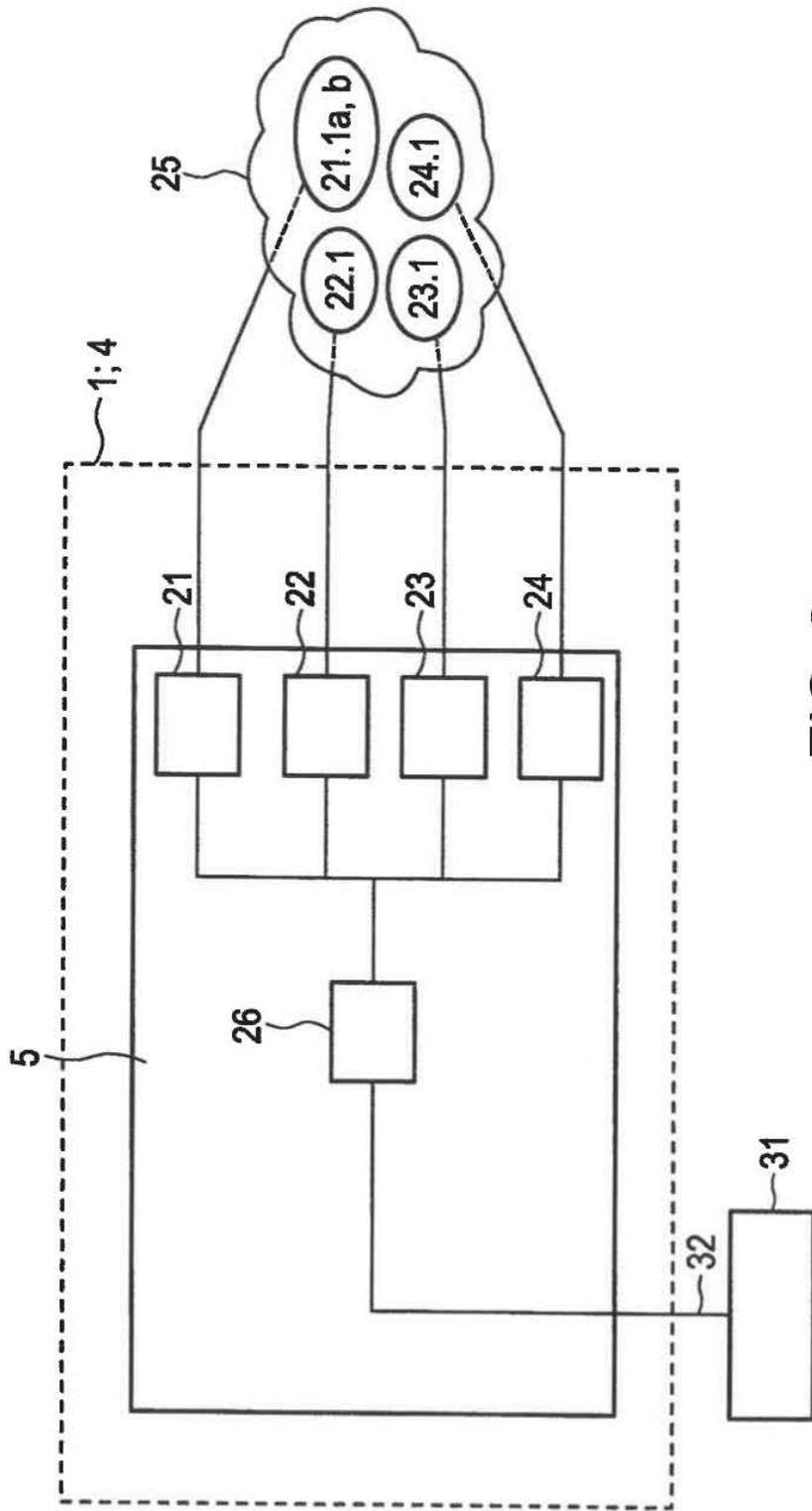


FIG. 2

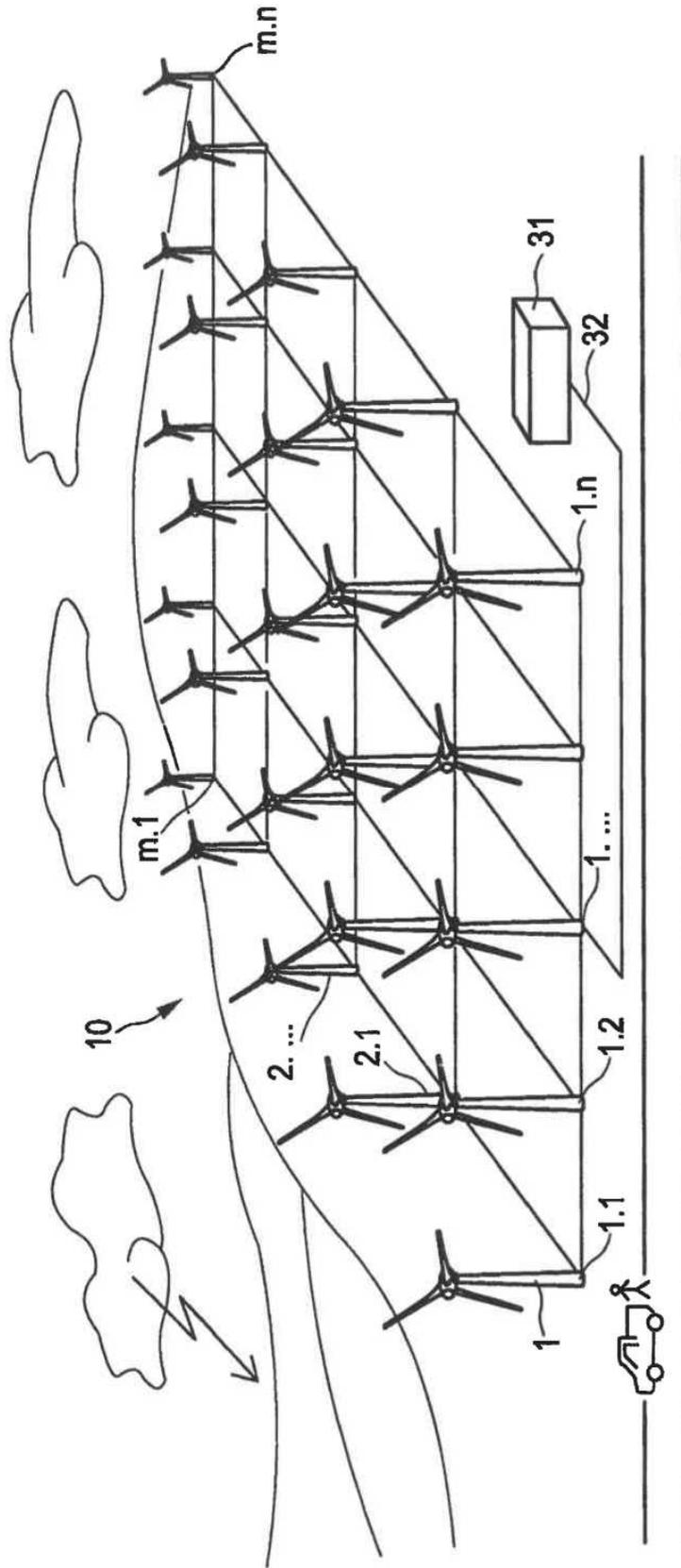


FIG. 3

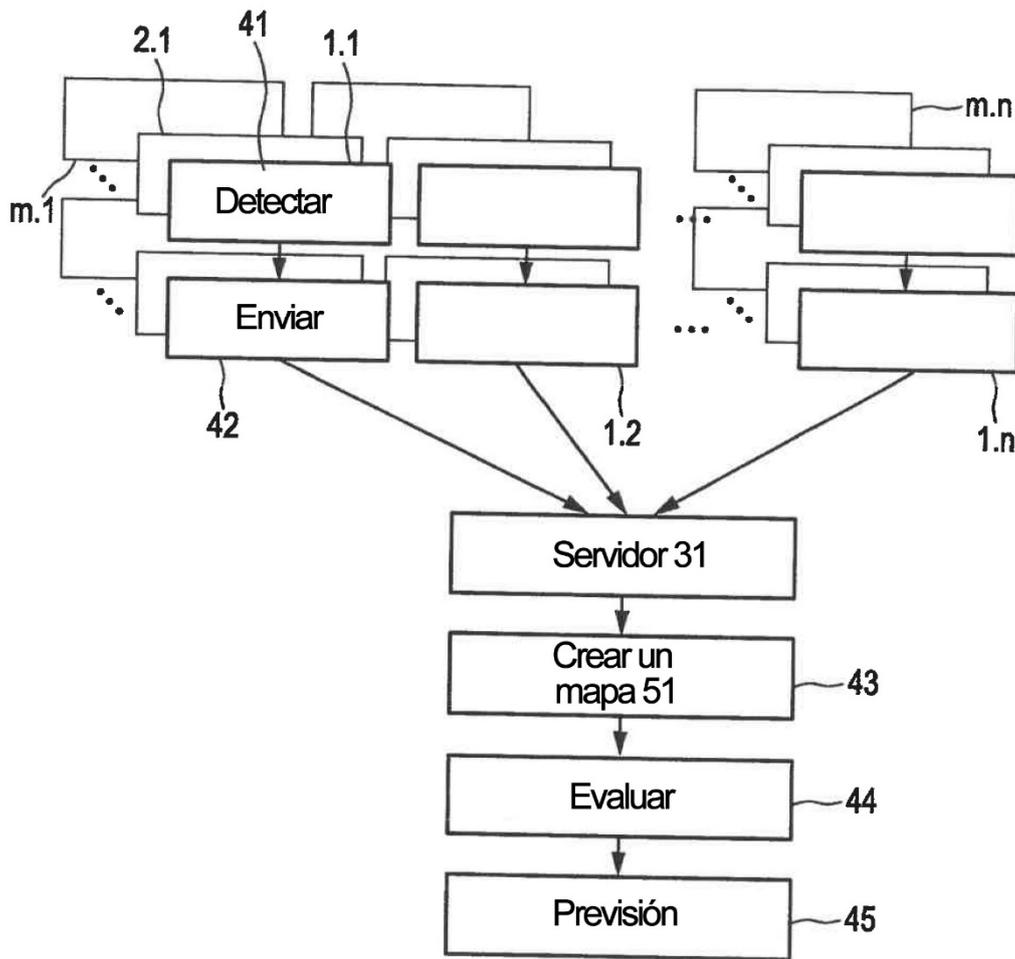


FIG. 4

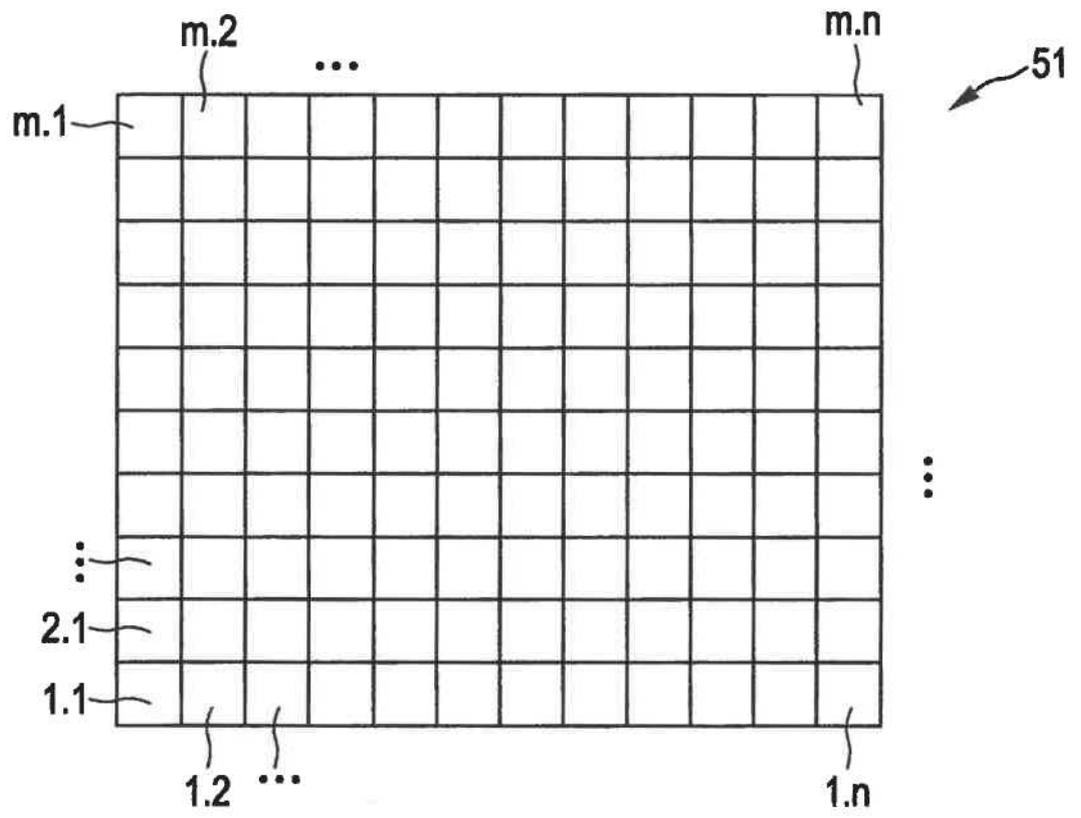


FIG. 5

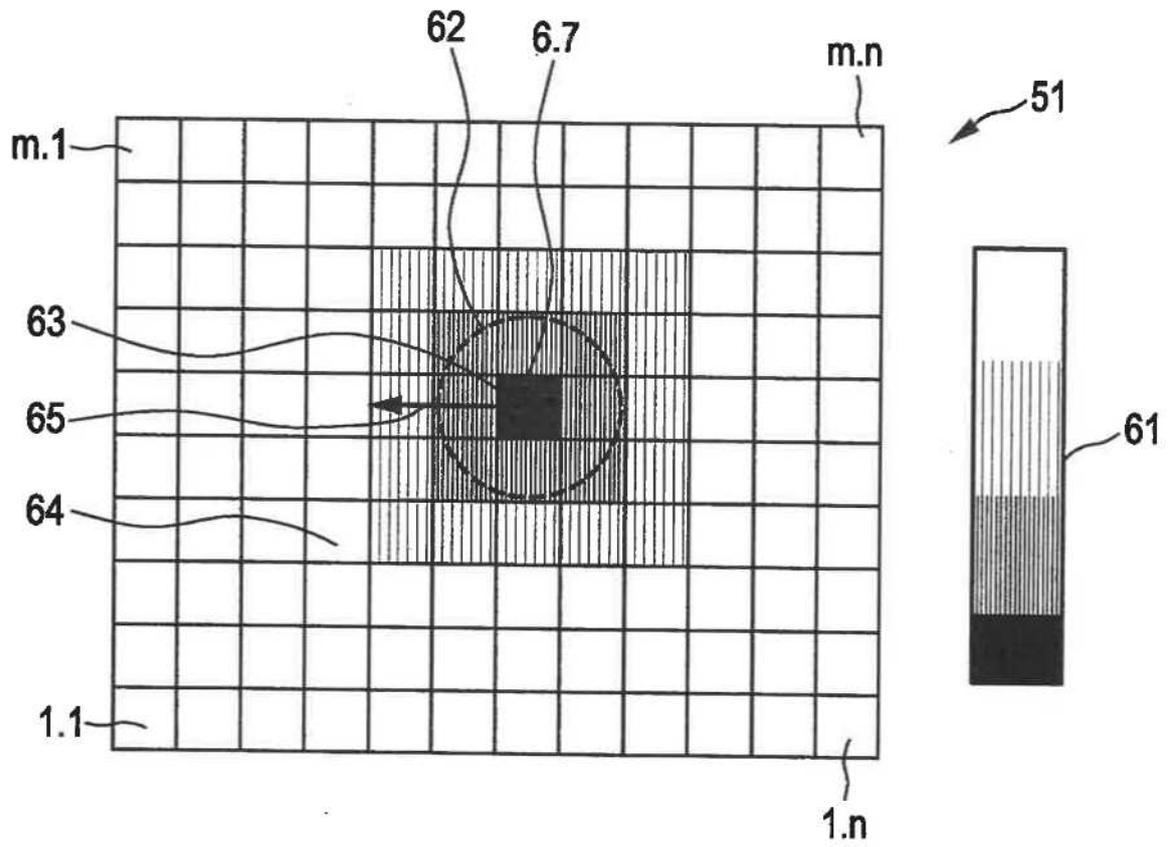


FIG. 6

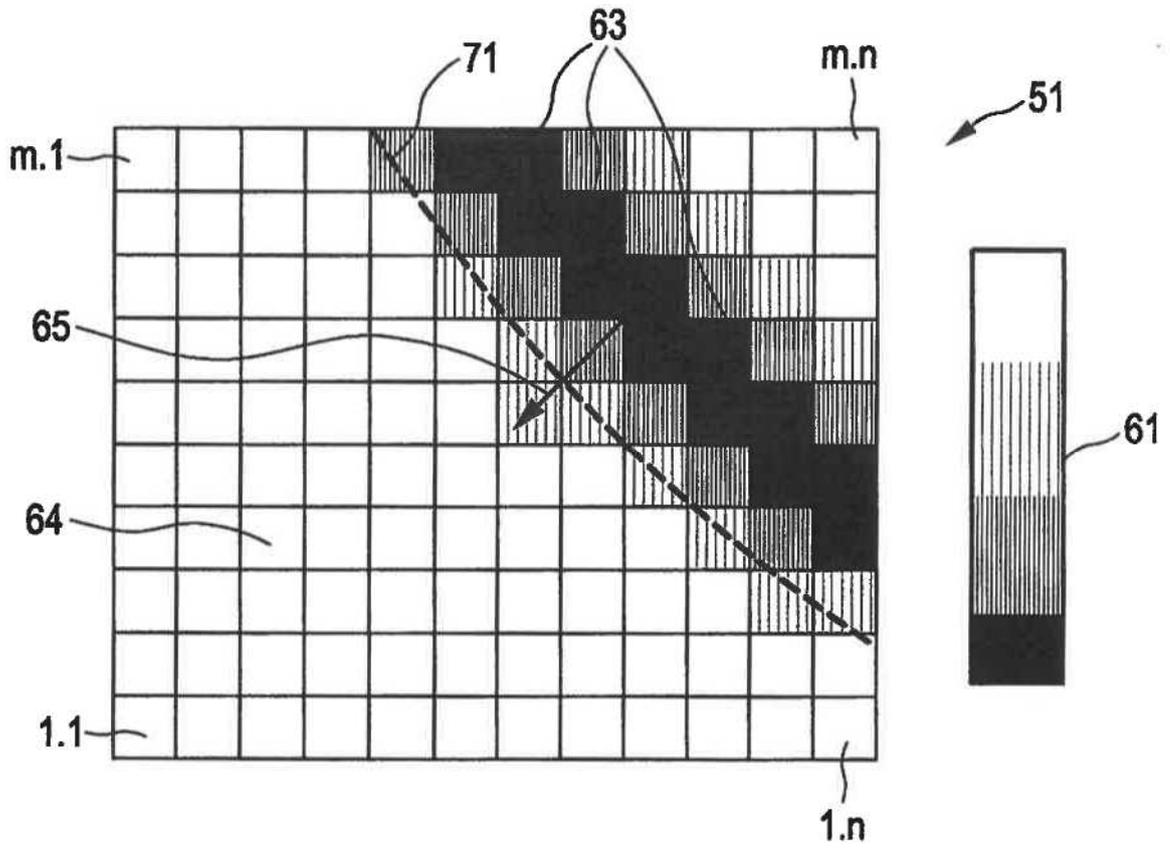


FIG. 7

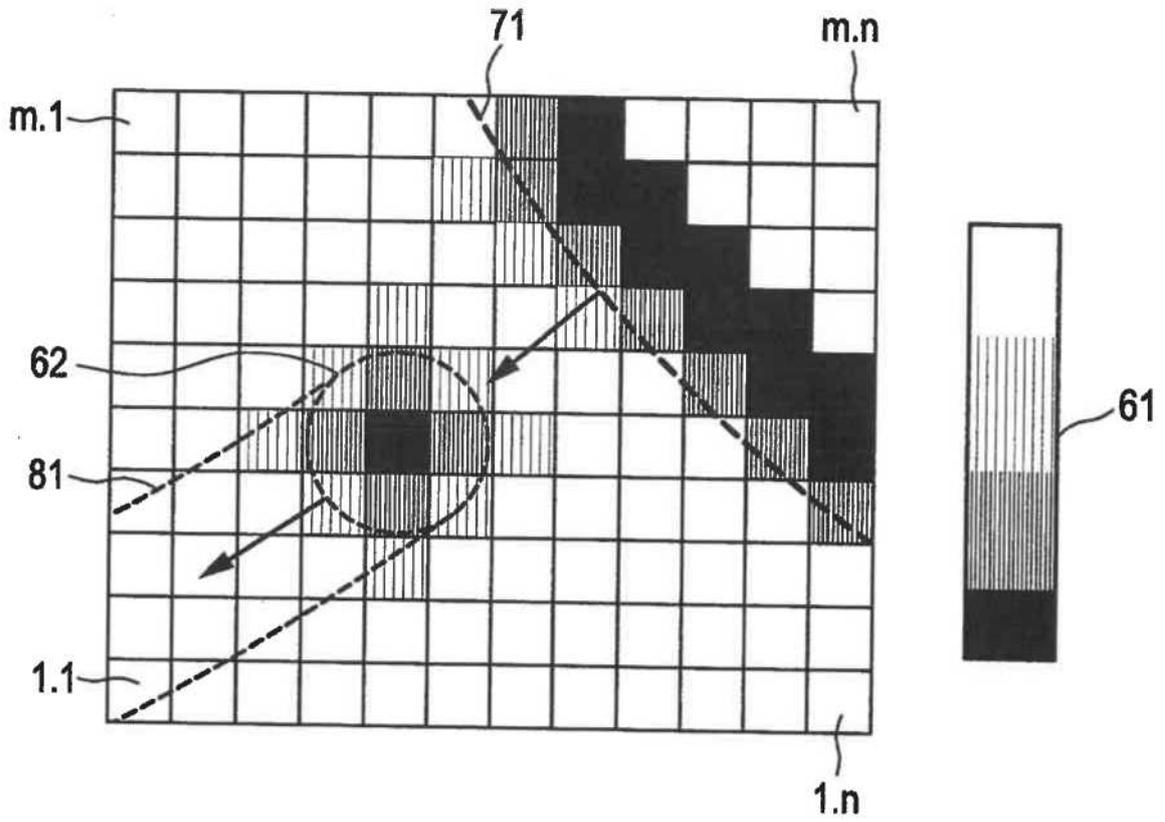


FIG. 8

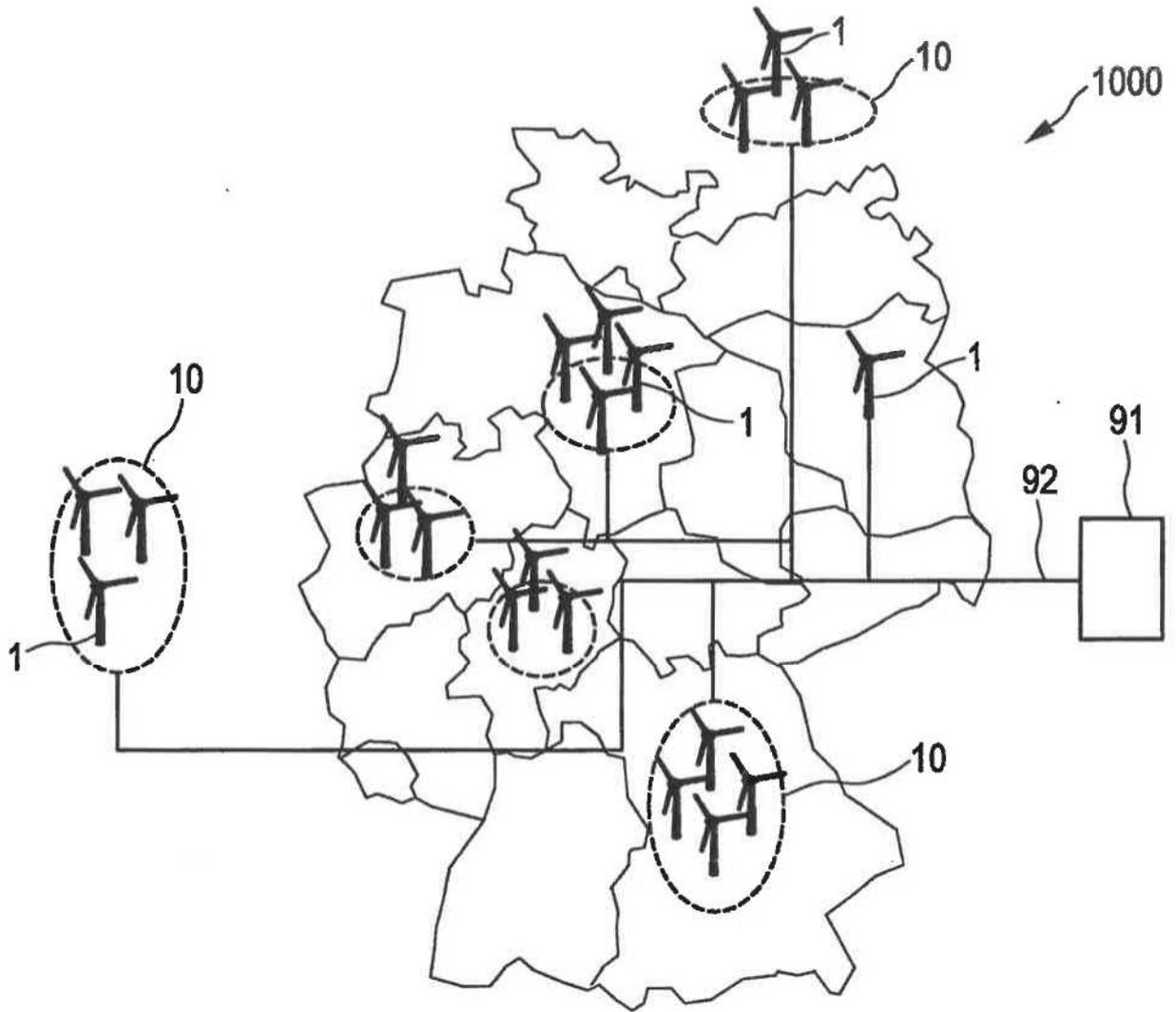


FIG. 9