

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 650 805**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/12 (2006.01)

H01Q 17/00 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.05.2009 PCT/DE2009/000689**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2009 WO09140949**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.05.2009 E 09749491 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.10.2017 EP 2297815**

54 Título: **Pala de rotor con absorbedor de radar integrado en ella para una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:
21.05.2008 DE 102008024644

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.01.2018

73 Titular/es:
**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Straße 1
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:
**BETTERMANN, JOACHIM y
FRYE, ANDREAS**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 650 805 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

Pala de rotor con absorbedor de radar integrado en ella para una instalación de energía eólica.

La invención concierne a una pala de rotor de plástico reforzado con fibra para una instalación de energía eólica. Para reducir las reflexiones de radar, esta pala comprende un absorbedor de radar pasivo integrado en la superficie.

5 Debido al movimiento de los rotores de energía eólica o de las palas de rotor se genera un objeto movido para sistemas de radar de protección de vuelo que, como sistemas de radar 2D, necesitan representar la dirección y la distancia de un objeto en vuelo. Las palas de rotor como objetos movidos se identifican como aeronaves por medio de una reflexión suficientemente fuerte con porciones Doppler. Se generan así objetivos movidos adicionales para el radar que dificultan o falsean la representación de una traza de vuelo de un objeto en vuelo real.

10 Para la reducción de las reflexiones de radar se conocen por solicitudes de patente anteriores, por ejemplo la solicitud DE 199 29 081 A1, unos absorbedores de interferencias y unas construcciones de absorbedores de Jaumann que aseguran una reducción de las reflexiones de radar de un valor especialmente alto. Sin embargo, debido al corte transversal de radar muy alto de una instalación de energía eólica de más de 400 m² no se garantiza en todas las condiciones climatológicas una atenuación de reflexiones suficiente de más de 20 dB en el dominio de
15 frecuencias de funcionamiento de sistemas de radar para la protección de vuelo. Es común a todas las soluciones y procedimientos de fabricación utilizados hasta ahora el hecho de que en lo posible todas las zonas de superficies relevantes para la reflexión muestran una acción atenuadora de las reflexiones.

20 El documento DE 39 01 012 A1 describe la pala de rotor de un helicóptero, en la que está presente en la zona de su canto delantero un revestimiento reductor de erosión que consiste en un material absorbente de radiación electromagnética.

En Paul Saville: "Review of Radar Absorbing Materials" Defence R&D Canada – Atlantic No. TM 2005-003, 3 de enero de 2005 (03-01-2005), Dartmouth, NS, CA, encontrado en Internet: URL: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA436262&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf> (hallado el 18-08-2009) se encuentran descritos diferentes absorbedores de radar, entre otros también la pantalla de Salisbury y el absorbedor de Jaumann.

25 El problema de la presente invención consiste en asegurar mediante la utilización específica de un absorbedor de radar que la instalación de radar reconozca como tal la instalación de energía eólica y pueda diferenciarla de un objeto en vuelo real.

Este problema se resuelve con el objeto de la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas de la invención son objeto de reivindicaciones subordinadas.

30 Según la invención, el absorbedor de radar pasivo, que está incrustado en el material plástico reforzado con fibra de la pala de rotor, comprende los elementos siguientes:

- una capa próxima a la superficie, formada especialmente por un velo, un tejido, un género de punto o una película. Esta capa presenta una resistencia superficial eléctrica definida de 100 a 800 ohmios/cuadrado y se encuentra a una profundidad de 2 a 5 mm por debajo de la superficie de la pala de rotor;

35 - una capa alejada de la superficie a una distancia de la capa próxima a la superficie de 5 a 16 mm. La capa alejada de la superficie puede estar realizada también como un velo, un tejido, un género de punto o una película. La capa alejada de la superficie consiste una capa técnicamente conductiva con una resistencia superficial eléctrica definida de como máximo 50 ohmios/cuadrado.

40 El absorbedor de radar integrado está limitado selectivamente a una o varias zonas de superficie discretas de la pala de rotor, es decir, a zonas separadas una de otra, sin cubrir toda la superficie de la pala de rotor y sin extenderse por toda la longitud de la pala de rotor.

Según la invención, en al menos una de las zonas de superficie discretas en la que está presente el absorbedor de radar se encuentra una sección de los cantos de la pala de rotor.

45 En una realización en todas las zonas de superficies discretas en las que está presente un absorbedor de radar se encuentra una sección de los cantos de la pala de rotor.

Esta construcción del absorbedor según la invención asegura una reducción de reflexiones monoestática en un limitado intervalos de ángulos de incidencia.

Dado que el absorbedor de radar no tiene que cubrir todas las zonas de superficie relevantes para la reflexión, resultan ventajas relativas al consumo de material y al peso.

50 Gracias a la disposición selectiva del absorbedor de radar sobre una o varias zonas de superficies aisladas de las

palas de rotor se genera durante un giro del rotor una intensidad de reflexión dependiente del tiempo cuya característica hace posible que el procesamiento de señales de una instalación de rotor identifique este objeto como instalación de energía eólica y lo filtre para descartarlo. No se perjudica así la formación de traza o el seguimiento de un objeto en vuelo real.

- 5 La calidad de la atenuación de reflexiones del absorbedor de radar y la utilización de las superficies del absorbedor de radar con miras a la conformación, las dimensiones de la pala de rotor y la velocidad de rotación del rotor hacen posible asegurar una dependencia temporal definida de la intensidad de reflexión en dirección a la instalación de radar.

- 10 Para el material plástico reforzado con fibra de la pala de rotor pueden emplearse las materias de partida utilizados generalmente para estos materiales (matriz de resina o de polímero; fibras de carbono, vidrio o aramida).

Para ajustar la resistencia superficial eléctrica de 100 a 800 ohmios/cuadrado necesaria para la capa próxima a la superficie del absorbedor de radar se pueden adaptar de manera correspondiente los materiales fibrosos usuales en el mercado de pequeña conductividad eléctrica, por ejemplo por tejedura de hilos metálicos o por revestimiento del material fibroso con materiales conductivos.

- 15 Con el fin de sea operativa para determinadas direcciones de polarización del sistema de radar, la capa próxima a la superficie del absorbedor de radar puede presentar ventajosamente en la superficie una dirección preferente que provoque una conductividad superficial dependiente de la dirección. Esto puede lograrse, por ejemplo, por medio de diferencias en la compactación de las fibras o en el diámetro de las mismas.

Se explicará la invención con más detalle ayudándose de varias figuras. Muestran:

- 20 La figura 1a, la representación de la dependencia temporal del corte transversal de radar de una instalación de energía eólica sin absorbedor de radar según la invención;

La figura 1b, la representación del corte transversal de radar dinámico – capturado por un radar con un tiempo de rotación de 4,2 segundos – de una instalación de energía eólica sin absorbedor de radar según la invención;

- 25 La figura 2a, la representación de la dependencia temporal de la sección transversal de radar de una instalación de energía eólica con absorbedor de radar según la invención;

La figura 2b, la representación del corte transversal de radar dinámico – capturado por un radar con un tiempo de rotación de 4,2 segundos – de una instalación de energía eólica con absorbedor de radar según la invención;

La figura 3a, la estructura de un absorbedor de radar según la invención integrado en la pala de rotor de la instalación de energía eólica;

- 30 La figura 3b, la respuesta de frecuencia de la reducción de reflexiones (en dB) del absorbedor de radar de la invención según la invención 3a.

La figura 4 muestra una pala de rotor según la invención en tres vistas:

La figura 4a, en representación 3D,

La figura 4b, en representación en corte,

- 35 La figura 4c, en vista en planta.

Se explicará primeramente con ayuda de las figuras 1 y 2 el principio de funcionamiento del absorbedor de radar según la invención.

- 40 Las figuras 1a y 1b se refieren aquí a un rotor sin absorbedor de radar según la invención. La figura 1a muestra la dependencia temporal con la que se detecta por un radar, a lo largo de un espacio de tiempo de 10 segundos (con iluminación permanente) una instalación de energía eólica. Se aprecia una evolución cíclica con anchos máximos que fluctúa fuertemente debido al movimiento del rotor.

- 45 La figura 1b muestra una representación del corte transversal de radar dinámico – capturado por el radar – de la instalación de energía eólica durante un espacio de tiempo de 60 segundos en unidades arbitrarias (para simplificar, se tiene en cuenta solamente la pala de rotor mirando hacia arriba en el supuesto de que la pala de rotor aporta contribuciones de reflexión eficaces frente a perturbaciones a lo largo de toda su extensión). El radar tiene aquí un tiempo de rotación de 4,2 segundos, es decir que el radar captura la instalación de energía eólica solamente en instantes consecutivos con una distancia temporal correspondiente a su tiempo de rotación. Por consiguiente, los reflejos de radar resaltados en la figura 1b se reconocen a la distancia de aproximadamente 4,2 segundos en cada caso. Si se toma un valor de 200 unidades sobre el eje vertical como valor umbral, el reflejo de radar de la instalación de energía eólica falla entonces solamente 2 veces en la medición representada (en aproximadamente 17s y 38s) dentro de 60 segundos. Sin embargo, el seguimiento y la formación de traza del objetivo por el

radar no resultan perjudicados por tales fallos individuales del eco de radar. Por tanto, la instalación de energía eólica es interpretada por el radar como un objetivo movido.

5 La figura 2a y la figura 2b muestran los gráficos correspondientes para una instalación de energía eólica con palas de rotor según la invención, es decir, con absorbedor de radar integrado en ellas. Una comparación de la figura 2a con la figura 1a muestra que

- a) el valor absoluto del corte transversal de radar en la figura 2a es más pequeño que en la figura 1a,
- b) la anchura de los máximos en la figura 2a es más pequeña que en la figura 1a.

Por tanto, el absorbedor de radar no solo proporciona una atenuación de reflexiones respecto de la máxima intensidad de la señal detectada, sino que reduce también sensiblemente la anchura de los máximos.

10 En los cortes transversales de radar dinámicos (tiempo de rotación del radar 4,2 s en cada caso) según las figuras 1b y 2b estas diferencias conducen a que

- a) en la figura 2b estén generalmente reducidos los valores absolutos de los reflejos de radar de dicha figura 2b en comparación con la figura 1b,
- b) en la figura 2b el número de reflejos de radar por encima de 200 unidades sobre el eje vertical es más pequeño (en promedio falla más que cada segundo reflejo de radar de la instalación de energía eólica).

Debido al frecuente fallo de los reflejos de radar de la instalación de energía eólica el procesamiento de señales de un radar puede reconocer que no se trata aquí de un objetivo verdadero, sino únicamente de un objetivo aparente que tiene que ser filtrado y descartado.

20 La figura 3a muestra en una representación en corte transversal una realización del absorbedor de radar pasivo según la invención que está integrado en la pala de rotor. La superficie de la pala de rotor se encuentra en el lado izquierdo. Todos los elementos del absorbedor están incrustados en el material plástico reforzado con fibra de la pala de rotor y están rodeados por éste.

25 A una distancia de 2 a 5 mm por debajo de la superficie de la pala de rotor se encuentra la capa VS próxima a la superficie (por ejemplo un velo, un tejido, un género de punto o una película) con una resistencia superficial de 100 a 800 ohmios/cuadrado. A una distancia de 5 a 16 mm por debajo de la capa VS próxima a la superficie está presente la capa ES alejada de la superficie (superficie de base eléctricamente conductiva del absorbedor).

La figura 3b muestra para este absorbedor la respuesta de frecuencia del coeficiente de reflexión correspondiente. Como se aprecia en ella, el absorbedor se ha optimizado en esta realización para la frecuencia de 2,9 GHz.

30 La figura 4 muestra una pala de rotor R según la invención en varias vistas, en las cuales puede apreciarse especialmente la distribución del absorbedor en la superficie de la pala de rotor.

En la representación 3D de la figura 4a se aprecian dos zonas de superficie discretas AB1, AB2 en las que el absorbedor de radar está integrado en la pala de rotor R. Ambas zonas de superficie están situadas en los cantos de la pala de rotor, estando situada la zona AB2 en el canto delantero y la otra AB1 en el canto trasero.

35 Como puede apreciarse en la representación en corte según la figura 4b, el absorbedor AB2 está calado sobre el canto del rotor y está así distribuido asimétricamente sobre el lado inferior y el lado superior de la pala de rotor (en la figura 4b no se representa el absorbedor AB1 en la zona de superficie del canto trasero). Una disposición de los absorbedores AB1, AB2 en el entorno inmediato del canto de la pala, como se desprende en general en las figuras 4a-c, es especialmente ventajosa para la generación del efecto según la invención. Una disposición de los absorbedores exclusivamente en los cantos de la pala, como se muestra en la figura 4, es ya suficiente para la
40 generación del efecto según la invención. Los cantos de la pala no se proveen del absorbedor en toda su longitud.

REIVINDICACIONES

1. Pala de rotor (R) de plástico reforzado con fibra para una instalación de energía eólica, que presenta un absorbedor de radar incrustado en el plástico reforzado con fibra, que se caracteriza por que
- 5 - el absorbedor de radar integrado cubre varias zonas de superficie discretas (AB1, AB2) de la pala de rotor (R), sin cubrir toda la superficie de dicha pala de rotor (R),
- las zonas de superficie (AB1, AB2) se extienden solamente sobre una parte de la longitud de la pala de rotor (R), y en al menos una de las zonas de superficie discretas (AB1, AB2) se encuentra una sección de los cantos de la pala de rotor,
- 10 - el absorbedor de radar integrado presenta una capa (VS) próxima a la superficie con una resistencia superficial eléctrica definida de 100 a 800 ohmios/cuadrado, la cual se encuentra a una profundidad de 2 a 5 mm por debajo de la superficie,
- el absorbedor de radar integrado presenta una capa (ES) alejada de la superficie con una resistencia superficial eléctrica definida de como máximo 50 ohmios/cuadrado a una distancia de 5 a 16 mm de la capa (VS) próxima a la superficie.
- 15 2. Pala de rotor según la reivindicación 1, **caracterizada** por que en cada una de todas las zonas de superficie discretas (AB1, AB2) se encuentra una sección de los cantos de la pala de rotor.
3. Pala de rotor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que la capa (VS) próxima a la superficie presenta en la superficie una dirección preferente que produce una conductividad superficial dependiente de la dirección.
- 20 4. Pala de rotor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que la capa (VS) próxima a la superficie consiste en un velo, un tejido, un género de punto o una película.
5. Pala de rotor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por que la capa (ES) alejada de la superficie consiste en un velo, un tejido, un género de punto o una película.

Fig. 1

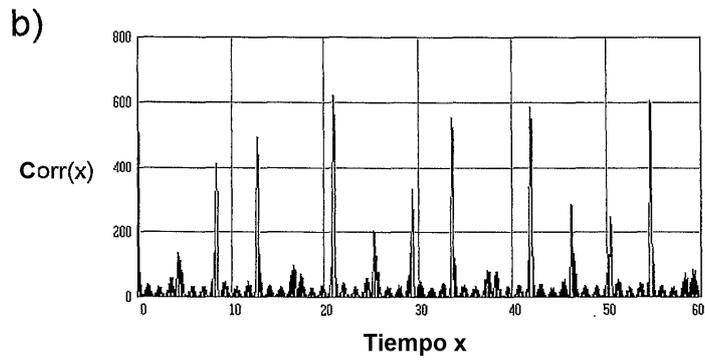
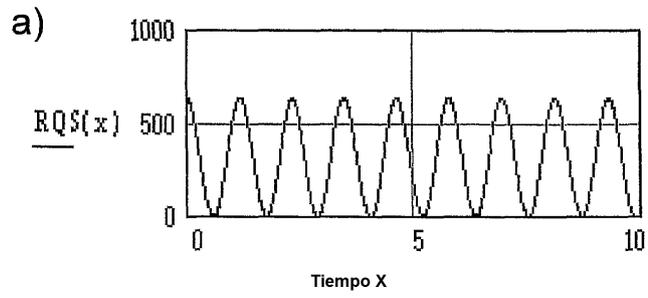


Fig. 2

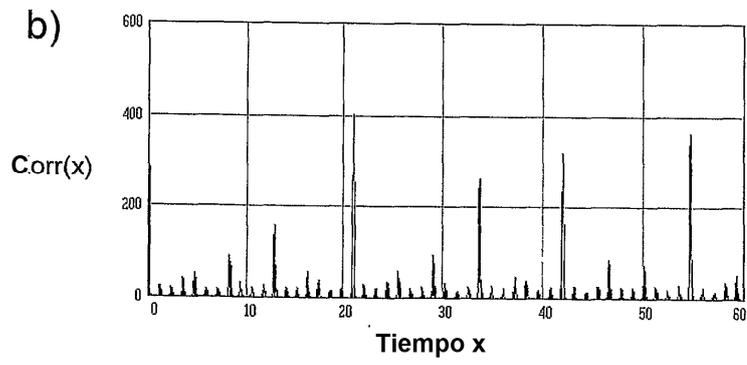
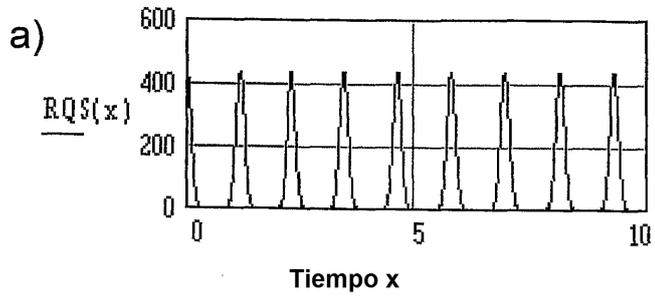
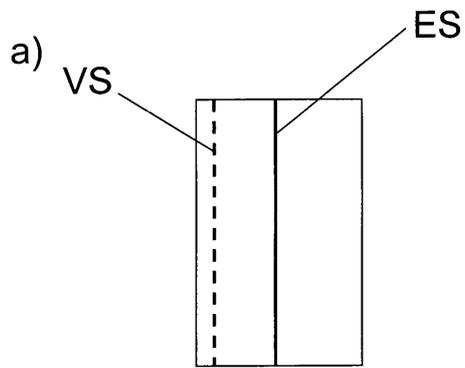


Fig. 3



b)

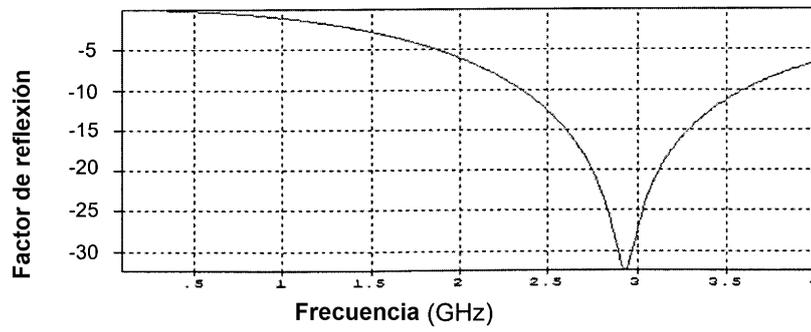
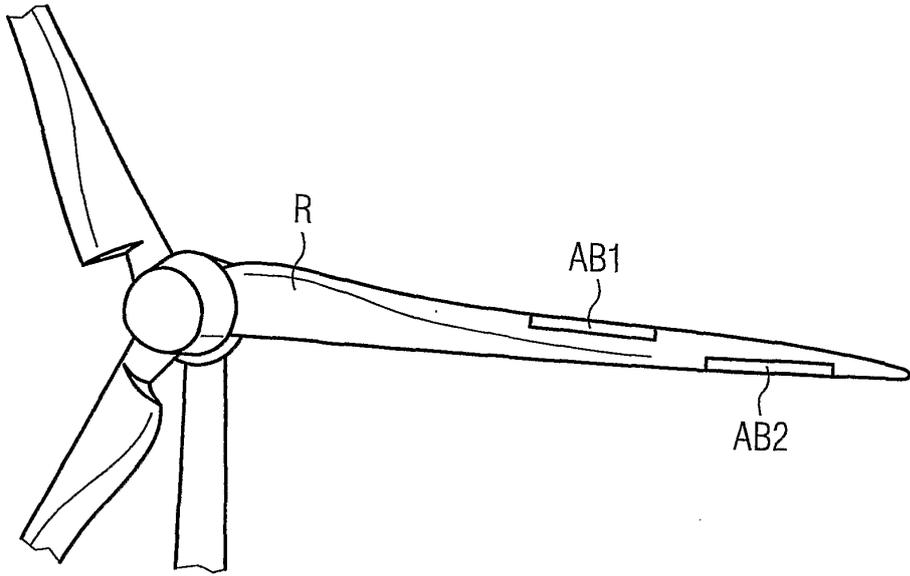
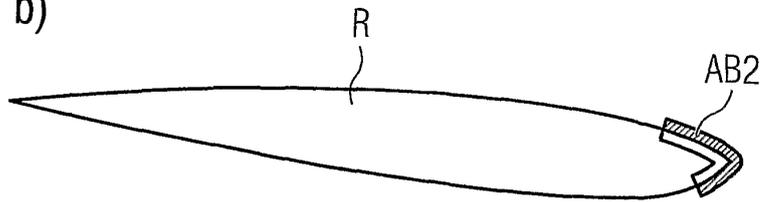


FIG 4

a)



b)



c)

