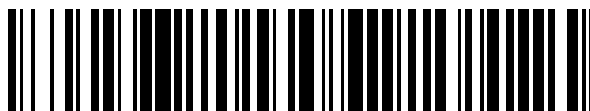


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 555 878**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2011** **E 11192218 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015** **EP 2463515**

54 Título: **Pala de aerogenerador furtiva con superficie equivalente radar reducida y aerogenerador provisto de una pala de este tipo**

30 Prioridad:

08.12.2010 FR 1060253

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

11.01.2016

73 Titular/es:

**INEO DEFENSE (100.0%)
Route Militaire
78140 Velizy Villacoublay, FR**

72 Inventor/es:

COLLIGNON, GÉRARD

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 555 878 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 aerogenerador furtiva con superficie equivalente radar reducida y aerogenerador provisto de una pala de este tipo

Ámbito técnico de la invención

- 5 La presente invención concierne a una pala de aerogenerador furtiva mejorada así como a un aerogenerador provisto de una pala de este tipo. La invención tiene especialmente por objetivo limitar las perturbaciones electromagnéticas de los radares terrestres debidas a la reflexión de las ondas del radar por las palas de aerogenerador.
- 10 La invención encuentra una aplicación particular ventajosa en el ámbito de las palas de aerogenerador de material compuesto, pero igualmente podría ser utilizada para cualquier otro elemento de material dieléctrico susceptible de encontrarse en el camino de la señal radar.

Estado de la técnica

- 15 De manera conocida, un aerogenerador está constituido por una torre, una góndola que contiene la generatriz eléctrica y un rotor constituido en general por 3 palas a 120°. La mayoría de las torres son tubulares y ligeramente cónicas, éstas están fabricadas de acero. La altura de la torre es en general próxima al diámetro del rotor. La longitud de las palas es de aproximadamente 25 m para un aerogenerador de 750 kW y de 35 m para aerogeneradores de 2 MW a 5 MW. En el futuro, están previstas palas de longitud 80 m y más.

- 20 Se han constatado numerosas perturbaciones de los radares terrestres por el Servicio Meteorológico de Francia, por la Aviación Civil y por el Ministerio de Defensa. Estos grandes usuarios de Radares han sometido a la Comisión de Compatibilidad Electromagnética de la Agencia Nacional de las Frecuencias (ANFR) la cuestión de estas perturbaciones en 2004.

- 25 Están concernidos los radares meteorológicos de tipo banda S: 2,8 GHz y banda C: 5,6 GHz, los radares primarios de tipo Banda L: 1,3 GHz o banda S: 3 GHz, así como los radares secundarios (IFF a 1 GHz). Además, para las implantaciones de aerogeneradores en el mar, están igualmente concernidos los radares de vigilancia costera (banda X: 10 GHz). Las perturbaciones del funcionamiento del radar tienen como origen las reflexiones del pulso radar por las partes fijas (torre y góndola) o móviles (palas en rotación) del aerogenerador.

- 30 La reflexión de la señal radar sobre las partes fijas del aerogenerador es asimilable a un eco fijo de la misma manera que todas las reflexiones sobre el entorno o el relieve. El tratamiento del radar se adapta por tanto poniendo en práctica filtrados de tipo Doppler MTI o VCM, a fin de filtrar estos ecos no deseables. Sin embargo, la Superficie Equivalente Radar (SER, igual al producto de la superficie proyectada del objeto y de la ganancia que es función del objeto) de la torre y de la góndola de un aerogenerador puede ser muy elevada (superior a 1000 m² para un solo aerogenerador) y provocar un eco fijo de un nivel muy elevado que va hasta la saturación del receptor si la distancia es pequeña (inferior a 30 km).

Las consecuencias de esta saturación pueden ser entonces:

- 35 - la degradación de varias cajas de distancia de la detección para las distancias próximas a la del aerogenerador en caso de tratamiento TFAC por el radar (variación del umbral de detección radar con el nivel de ruido a las distancias próximas) y/o
- la no linealidad de la compresión de pulso que hace aparecer ecos parásitos, y/o
- 40 - intermodulaciones no lineales que conducen a una extensión de espectro que hace aparecer ecos de doppler no nulos.

- 45 Soluciones a este problema consisten en reducir la SER de las partes fijas. Las tecnologías son conocidas en el ámbito de la furtividad aeronáutica y naval. Así, la furtividad puede ser obtenida jugando sobre la forma del mástil y de la góndola por utilización de superficies planas orientadas oblicuamente con respecto al radar. Se utiliza entonces una torre de sección poligonal (en lugar de una torre circular) y de una góndola con caras. Es igualmente posible la utilización de revestimientos absorbentes.

Por otra parte, la reflexión sobre las palas en movimiento provoca un eco cuya frecuencia Doppler es comparable con la de los objetivos buscados. La gama de velocidades concernida es muy amplia puesto que la misma se extiende de 0 a la velocidad en el extremo de la pala (60 m/s) en positivo o negativo. El tratamiento radar clásico no puede por tanto suprimir este eco.

- 50 La patente francesa que tiene el número de depósito 0852746 depositada el 28 de mayo de 2010 describe el principio de la reducción de la SER de una pala de aerogenerador fabricada en material compuesto monolítico de espesor variable. Esta reducción de SER es obtenida mejorando la transparencia radioeléctrica de la pared de la

pala por medio de circuitos de adaptación con motivos metálicos casi periódicos. La enseñanza de este documento se refiere únicamente a palas cuya pared es un dieléctrico homogéneo (monolítico).

En realidad, ciertas palas de aerogenerador son realizadas a partir de una tecnología híbrida que comprende zonas homogéneas como anteriormente, pero igualmente zonas de material de tipo sándwich multicapa que tiene por objetivo aligerar la estructura al tiempo que conserva las características mecánicas de los materiales compuestos. La pared de un material de tipo sándwich está constituida por dos pieles de materiales compuestos dieléctricos separadas entre sí por un alma que tiene una constante dieléctrica pequeña.

Se sabe que los materiales de tipo sándwich son utilizados en la fabricación de las paredes de los radomos. Sin embargo, en los radomos, no se plantea el problema de la adaptación de estas paredes en la medida en que, en el momento de la fabricación, los espesores de las diferentes paredes son adaptados para ser transparentes a las ondas radar.

Por otra parte, si el especialista en la materia aplicara la enseñanza de la patente número 0852746 el mismo adaptaría cada pared del material de tipo sándwich. En efecto, de la misma manera que para una pared homogénea, cada piel que constituye el sándwich sería adaptada utilizando redes de motivos metálicos casi periódicos.

En función del espesor de las pieles y de la longitud de onda elegida, pueden utilizarse las diferentes técnicas descritas en la patente 0852746. Así, para las pieles delgadas, se utilizaría un circuito en la mitad del espesor de cada piel. Mientras que para las pieles gruesas se utilizaría un circuito en cada cara de cada piel. El número de capas de redes metálicas está por tanto comprendido entre 2 y 4 en función de los espesores de las pieles que constituyen el sándwich, lo que multiplica el número de circuitos de adaptación y por tanto el coste de la operación de adaptación de la pala.

Existe por tanto la necesidad de una técnica que permita una adaptación electromagnética eficaz y a menor coste de las palas de aerogenerador realizadas al menos en parte de un material compuesto de tipo sándwich.

En el estado de la técnica se conoce la solicitud PCT N° WO 2010/122352, que describe un dispositivo de dos capas de goma espuma, y de dos capas funcionales. Una capa está realizada en un material absorbente radar (RAM); mientras que una capa funcional constituye un plano reflector realizado con un tejido de carbono. Estas dos capas constituyen así un absorbente de tipo pantalla de Salisbury conocido desde hace mucho tiempo.

Objeto de la invención

La invención satisface esta necesidad proponiendo una pala de aerogenerador que tiene una carcasa hueca que presenta al menos localmente una pared de tipo sándwich, estando constituida esta pared por al menos dos pieles de materiales compuestos dieléctricos separadas por un alma realizada de material de constante dieléctrica pequeña, caracterizada por que la misma comprende al menos un circuito de adaptación de comportamiento inductivo o capacitativo situado en el interior del alma que permite reducir la superficie equivalente radar de la pala haciendo la citada pala transparente en la banda de frecuencias de un radar en la proximidad del cual la citada pala está destinada a ser instalada.

De acuerdo con una realización, el circuito de adaptación hace variar la distancia eléctrica entre las dos pieles para adaptar globalmente la pared de tipo sándwich.

De acuerdo con una realización, el circuito de adaptación presenta una susceptancia tal que en el diagrama de Smith, el camino correspondiente al paso a través por la onda del radar al interior de la pala se cierra en el punto central de conductancia 1 de susceptancia 0.

De acuerdo con una realización, el circuito de adaptación está situado en la mitad del espesor del alma para dos pieles idénticas que tengan un mismo espesor.

De acuerdo con una realización, la susceptancia del circuito de adaptación que permite adaptar globalmente la pared de tipo sándwich viene dada por:

$$B_0 = -2B_2 = -2B \frac{2\cos\theta - B\sin\theta}{2 + B^2 - B^2\cos\theta - 2B\sin\theta}$$

- siendo B la susceptancia equivalente de cada piel,

- valiendo θ , $2\pi d/\lambda$, siendo d el espesor del alma, siendo λ la longitud de onda de la onda radar en el interior de cada piel.

De acuerdo con una realización, el circuito de adaptación está descentrado con respecto a la mitad del alma para pieles de espesores diferentes.

De acuerdo con una realización, la pala comprende una armadura interna que sirve de refuerzo, estando esta armadura recubierta de un absorbente.

De acuerdo con una realización, el circuito de adaptación está formado por uno o varios circuitos impresos flexibles de pequeño espesor en los cuales están gravadas pistas metálicas que forman un motivo periódico.

- 5 De acuerdo con una realización, los circuitos impresos son circuitos de vidrio epoxy de espesor 0,1 mm, siendo las pistas metálicas de cobre y de un espesor de 35 μm .

De acuerdo con una realización, las pieles de materiales compuestos están realizadas en un material compuesto de tipo vidrio-resina de poliéster o epoxy.

La invención concierne además a un aerogenerador que comprende una pala de acuerdo con la invención.

10 Breve descripción de las figuras

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que sigue y con el examen de las figuras que la acompañan. Estas figuras se dan solamente a título ilustrativo pero en modo alguno limitativo de la invención. Éstas muestran:

Figura 1: una vista en corte de una pala de aerogenerador adaptada de acuerdo con la invención;

- 15 Figura 2: una vista en corte de la zona de la pala de la Figura 1 formada de una pared de tipo sándwich;

Figura 3: una representación esquemática de un circuito eléctrico equivalente a una pared de tipo sándwich;

Figura 4: una representación de un camino correspondiente al paso a través de la pared de material en sándwich de la pala adaptada de acuerdo con la invención por la onda radar en un ábaco de Smith, para una pared en sándwich que tiene dos pieles del mismo espesor;

- 20 Figura 5: una representación de un camino correspondiente al paso a través de la pared en material en sándwich de la pala adaptada de acuerdo con la invención por la onda radar en un ábaco de Smith, para una pared en sándwich que tiene dos palas de espesores diferentes;

Figuras 6a-6b: representaciones gráficas de los coeficientes de reflexión de una pala no adaptada y de una pala de acuerdo con la invención para un radar en banda S en función de las frecuencias de la señal radar, para dos paredes que tienen configuraciones diferentes;

- 25 Figuras 7: representaciones esquemáticas de ejemplos de motivos de los circuitos de adaptación utilizados para adaptar la pala de acuerdo con la invención;

Figura 8: una representación esquemática de un circuito impreso de acuerdo con la invención provisto de agujeros a fin de favorecer la cohesión mecánica con la pala;

- 30 Los elementos idénticos conservan la misma referencia de una figura a otra.

Descripción de ejemplos de realización de la invención

La Figura 1 muestra una vista en corte de una pala 1 de aerogenerador de acuerdo con la invención que comprende una carcasa 2 hueca que presenta una pared 2.1. En las extremidades de la pala 1, esta carcasa 2 está realizada en material compuesto monolítico para formar un borde 4.1 de ataque y un borde 4.2 de fuga de la pala 1. El material monolítico puede ser por ejemplo un material compuesto de tipo vidrio-resina que tenga una constante dieléctrica próxima a 4.

- 35 La carcasa 2 presenta una zona 3 intermedia que une el borde 4.1 de ataque y el borde 4.2 de fuga. En esta zona 3, la pared 2.1 está constituida de al menos dos pieles 7.1, 7.2 de materiales compuestos dieléctricos separados entre sí por ejemplo por un alma 9 que tiene una constante dieléctrica pequeña. En un ejemplo, las dos pieles 7.1, 7.2 están realizadas en un material compuesto dieléctrico de tipo vidrio-resina; mientras que el alma 9 está realizada en un material dieléctrico de tipo goma espuma o nido de abeja que tiene una constante dieléctrica del orden de 1,1.

- 40 Los espesores de las diferentes capas de la pared 2.1 pueden variar en la sección y a lo largo de la pala 1. Las zonas en sándwich pueden estar constituidas de varias pieles 7.1, 7.2 de espesores diferentes. Estos espesores están definidos para obtener las propiedades mecánicas deseadas, siendo las propiedades de transparencia radioeléctrica cualesquiera.

- 45 En consecuencia, para reducir la superficie equivalente radar (SER) de la pala 1 en la banda de frecuencias de un radar en la proximidad del cual está destinada a ser instalada, se sitúa en el interior del alma 9 al menos un circuito 10 de adaptación con comportamiento inductivo o capacitativo.

Para un material de tipo sándwich constituido por dos pieles 7.1, 7.2 de igual espesor, el circuito 10 de adaptación está situado en la mitad del espesor del alma 9 (véase la Figura 2).

De acuerdo con una realización, un material de tipo sándwich está constituido por dos pieles que tienen una constante dieléctrica $\epsilon=4$ de espesor constante e separadas por un alma 9 de goma espuma de constante dieléctrica próxima a 1 y de espesor d. Presentando cada piel 7.1, 7.2 una susceptancia B, el montaje eléctrico correspondiente mostrado en la Figura 3 presenta dos susceptancias B montadas en paralelo con la susceptancia B0 del circuito 10.

Se considera además la longitud de onda λ de la onda radar en el interior de cada piel 7.1, 7.2. Si el espesor e es pequeño, la susceptancia B equivalente a cada piel 7.1, 7.2 viene dada por la expresión siguiente:

$$B = \sqrt{\epsilon} \operatorname{tg} \frac{2\pi e \sqrt{\epsilon}}{\lambda}$$

La figura 4 representa el ábaco de Smith en admitancia correspondiente al paso a través de la pared 2 realizada de material en sándwich en la zona 3 por la onda radar.

Se recuerda que los círculos 11.1-11.4 de este ábaco corresponden a una conductancia (parte real de la admitancia) constante. El eje vertical 12.1 y las porciones de círculos 12.2-12.9 situadas a una y otra parte del eje vertical 12.1 corresponden a una susceptancia (parte imaginaria de la admitancia) constante. Un desplazamiento hacia la derecha en el diagrama corresponde a un efecto capacitativo del circuito mientras que un desplazamiento hacia la izquierda corresponde a un efecto inductivo del circuito. El punto 13 situado en la parte inferior del ábaco en admitancia corresponde a un corto-circuito, mientras que el punto 14 en la parte superior corresponde a un circuito abierto. El punto central 0 de conductancia 1 y de susceptancia 0, que es el punto de partida del trazado del diagrama, corresponde a un circuito adaptado.

Durante el paso a través de la pared en sándwich por la onda radar, se añade la susceptancia B de la primera piel 7.1 para pasar al punto 1.

Se gira a continuación hacia el generador (sentido inverso trigonométrico) un ángulo correspondiente al semiespesor del alma 9 de goma espuma o sea $d/2\lambda$ para pasar al punto 2.

Se añade la susceptancia B0 del circuito 10 de adaptación para pasar al punto 3, simétrico del punto 2 con respecto al eje vertical 12.

Se tiene por tanto $B_3 = -B_2 = B_2 + B_0$; y $B_0 = -2B_2$

Correspondiendo B2 y B3 respectivamente a las susceptancias asociadas a los puntos 2 y 3 del diagrama de Smith.

Se gira hacia el generador un ángulo $d/2\lambda$ correspondiente al segundo semiespesor del alma 9 de goma espuma para pasar al punto 4.

Se añade la susceptancia B de la segunda piel 7.2 para pasar al punto 5 y volver así al punto 0, de modo que se obtenga la adaptación.

La susceptancia B0 del circuito 10 de adaptación que permite adaptar globalmente la pared de tipo sándwich viene dada por

$$B_0 = -2B_2 = -2B \frac{2\cos\theta - B\operatorname{sen}\theta}{2 + B^2 - B^2\cos\theta - 2B\operatorname{sen}\theta}$$

Con $\theta = 2\pi d/\lambda$

Este principio de adaptación no está limitado a pieles 7.1, 7.2 de pequeño espesor. Para pieles 7.1, 7.2 gruesas, solo difiere la expresión matemática de la susceptancia B0, pero el principio permanece el mismo.

Para un espesor de goma espuma inferior aproximadamente a un cuarto de longitud de onda (caso de la Figura 4 precedente), la susceptancia B0 es negativa por tanto inductiva. En cambio, para un espesor de goma espuma superior aproximadamente a un cuarto de longitud de onda, la susceptancia B0 se hace positiva por tanto capacitativa.

A título de ejemplo, las Figuras 6a y 6b dan el resultado obtenido para una adaptación en banda S (3 GHz) de dos tipos de sándwiches que tienen pieles 7.1, 7.2 del mismo espesor. La curva en línea de puntos indica el coeficiente de reflexión de la pared de material en sándwich de partida y la curva en trazo grueso indica el coeficiente de

reflexión de la pared en material en sándwich de acuerdo con la invención adaptado por un circuito 10 de adaptación.

La Figura 6a ha sido obtenida para un material de tipo sándwich de dos pieles 7.1, 7.2 de espesor 3 mm separadas por un alma 9 de goma espuma de espesor 8 mm. En este caso, el circuito 10 de adaptación es de tipo inductivo.

- 5 La Figura 6b ha sido obtenida para un material de tipo sándwich de dos pieles 7.1, 7.2 de espesor 4 mm separadas por un alma 9 de goma espuma de espesor 30 mm. En este caso, el circuito de adaptación es de tipo capacitativo.

En los dos casos, la reducción del coeficiente de reflexión es superior a 15 dB en la proximidad de 3 GHz.

- 10 En el caso de una pared de tipo sándwich que tenga dos pieles de espesores diferentes, el circuito 10 de adaptación está descentrado con respecto a la mitad del alma 9. Sin embargo, como muestra la figura 5, el principio de adaptación de la pala 1 es el mismo que anteriormente en la medida en que la susceptancia del circuito 10 es elegida, de modo que el camino correspondiente al paso a través por la onda del radar al interior de la pala 1 se cierra en el punto central 0 de conductancia 1 y de susceptancia 0.

- 15 En ciertas palas 1 de grandes dimensiones que tienen por ejemplo una longitud de varias decenas de metros, la estructura de la pala 1 puede ser reforzada por medio de una armadura 18 interna (véase la Figura 1) que sirve de refuerzo. Esta armadura 18 puede ser realizada en material dieléctrico o en material compuesto de carbono resina. En este caso, no es posible mejorar la transparencia de la armadura 18. La reducción de su superficie equivalente radar puede ser obtenida por la utilización de absorbentes o por la elección de una forma adaptada. Estas técnicas son perfectamente compatibles y complementarias de la utilización de circuitos 10 de adaptación.

- 20 El circuito de adaptación 10 toma preferentemente la forma de un circuito metálico de mallas periódicas, como representan las Figuras 7. El valor de su susceptancia B0 es ajustado eligiendo el paso del motivo periódico y la anchura de las pistas. En la práctica, este ajuste es efectuado por simulación informática.

- 25 Preferentemente, el circuito 10 de adaptación está formado por circuitos impresos en red flexibles, realizados por ejemplo en vidrio epoxy, de espesor pequeño, por ejemplo de espesor del orden de 0,1 mm, sobre los cuales están gravadas pistas metálicas, por ejemplo de cobre de espesor 35 µm, que forman un motivo 28, 29 periódico compuesto de motivos elementales tangentes uno a otro.

Los motivos elementales pueden ser por ejemplo cuadrados como muestra la Figura 7a, o circulares como muestra la figura 7b. Este tipo de motivos permite al circuito 10 de adaptación tener un efecto inductivo independientemente de la polarización de la señal del radar. En variante, los motivos elementales pueden ser igualmente triangulares o hexagonales.

- 30 En variante, como muestra la figura 7c, se utilizan motivos elementales independientes aislados en el espacio. Así, se pueden utilizar motivos elementales en forma de redondo (motivo 30.1), de cruz (motivo 30.2) o de cruz de Jerusalén que tiene segmentos en sus extremidades (motivo 30.3) Los motivos 30.1-30.3 pueden ser inscritos en el interior de un cuadrado de manera que se obtienen los motivos 30.4-30.6.

- 35 Los motivos elementales 30.1-30.6 pueden ser utilizados para obtener grados de libertad suplementarios a fin de realizar la adaptación en varias bandas de frecuencias simultáneamente.

El soporte de circuito impreso puede estar ventajosamente perforado por agujeros de superficie máxima sin cortar las pistas metálicas, a fin de favorecer la cohesión mecánica del material compuesto a una y otra parte del circuito. Así, como representa la figura 8, un circuito impreso 34 que lleva pistas impresas 30.2 en forma de cruz presenta agujeros 37 perforados alrededor de cada cruz 30.2.

- 40 Los circuitos 10 de adaptación pueden estar formados por ejemplo por circuitos cuadrados de aproximadamente 500 mm por 500 mm de lado asociados borde con borde con una superposición de al menos un filamento para asegurar la continuidad radioeléctrica de la red en toda la superficie.

Sin embargo, las palas 1 de aerogenerador tienen en general una forma relativamente compleja que impone disponer varios circuitos 10 de adaptación sobre superficies curvas no desarrollables.

- 45 Esta dificultad puede ser salvada utilizando circuitos 10 de adaptación que presenten un motivo 31 trapezoidal del tipo del representado en la figura 7d. El paso del motivo 31 es variable, pero sin embargo la susceptancia del circuito puede mantenerse constante en toda la superficie jugando con la anchura de las pistas 33.

En un ejemplo, los circuitos de las Figuras 7 podrán ser realizados con la ayuda de una tinta conductora depositada por serigrafía o chorro de tinta, o cualquier otro tipo de depósito apropiado.

- 50 El tamaño de los circuitos está adaptado a los radios de curvatura de la superficie de la pala 1 de tal modo que su asociación sea realizable con mínimo de error. Esta solución está descrita en el documento FR-87 00724.

La distancia mínima de implantación de los aerogeneradores está fijada generalmente a 30 km del radar. Un aerogenerador equipado con palas 1 de acuerdo con la invención podría por tanto ser implantado a una distancia de 12 km para el mismo nivel de perturbación del radar. En efecto, la potencia recibida por un radar es proporcional a la SER e inversamente proporcional a la distancia a la potencia 4.

REIVINDICACIONES

1. Pala (1) de aerogenerador que tiene una carcasa (2) hueca que presenta al menos localmente una pared (2.1) de tipo sándwich, estando constituida esta pared (2.1) de al menos dos pieles (7.1, 7.2) de materiales compuestos dieléctricos separados por un alma (9) realizada en material de constante dieléctrica pequeña, caracterizada por que comprende:
5
- al menos un circuito (10) de adaptación de compartimiento inductivo o capacitativo situado en el interior del alma (9) que permite reducir la superficie equivalente radar de la pala (1) haciendo la citada pala (1) transparente en la banda de frecuencias de un radar en la proximidad del cual la citada pala (1) está destinada a ser instalada.
2. Pala de aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que el circuito (10) de adaptación hace variar la distancia eléctrica entre las dos pieles (7.1, 7.2) para adaptar globalmente la pared (2.1) de tipo sándwich.
10
3. Pala de aerogenerador de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, caracterizada por que el circuito (10) de adaptación presenta una susceptancia (B_0) tal que en el diagrama de Smith, el camino correspondiente al paso a través de la onda del radar al interior de la pala (1) se cierra en el punto central (0) de conductancia 1 y de susceptancia 0.
15
4. Pala de aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el circuito (10) de adaptación está situado en la mitad del espesor del alma (9) para dos pieles (7.1, 7.2) idénticas que tienen un mismo espesor (e).
5. Pala de aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por que la susceptancia (B_0) del circuito (10) de adaptación que permite adaptar globalmente la pared de tipo sándwich viene dada por
20
$$B_0 = -2B_2 = -2B \frac{2\cos\theta - B\sin\theta}{2 + B^2 - B^2\cos\theta - 2B\sin\theta}$$
siendo B la susceptancia equivalente de cada piel (7.1, 7.2),
- valiéndose θ , $2\pi d/\lambda$, siendo d el espesor del alma, siendo λ la longitud de onda de la onda radar en el interior de cada piel (7.1, 7.2).
6. Pala de aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el circuito (10) de adaptación está descentrado con respecto a la mitad del alma (9) para pieles (7.1, 7.2) de espesores diferentes.
25
7. Pala de aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que comprende una armadura (18) interna que sirve de refuerzo, estando esta armadura (18) recubierta de un absorbente.
8. Pala de aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que el circuito (10) de adaptación está formado por uno o varios circuitos impresos flexibles de pequeño espesor sobre los cuales están gravadas pistas metálicas que forman un motivo periódico.
30
9. Pala de aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada por que los circuitos impresos son circuitos de vidrio epoxy de espesor 0,1 mm, siendo las pistas metálicas de cobre y teniendo un espesor de 35 μm .
10. Pala de aerogenerador de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que las pieles (7.1, 7.2) de materiales compuestos están realizadas en un material compuesto de tipo vidrio-resina de poliéster o epoxy.
35
11. Aerogenerador que comprende una pala (1) definida de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10.

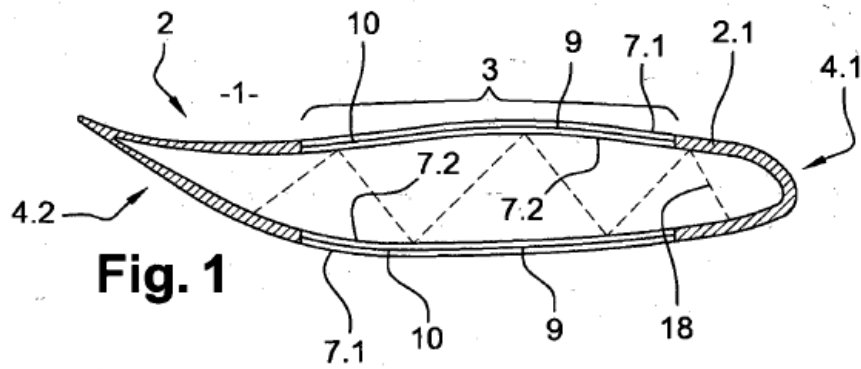


Fig. 1

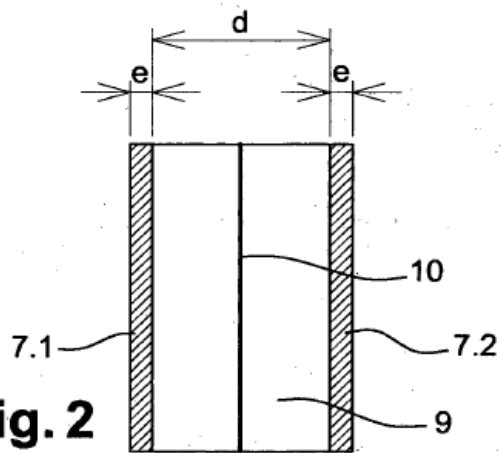


Fig. 2

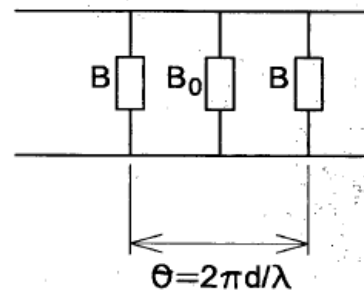


Fig. 3

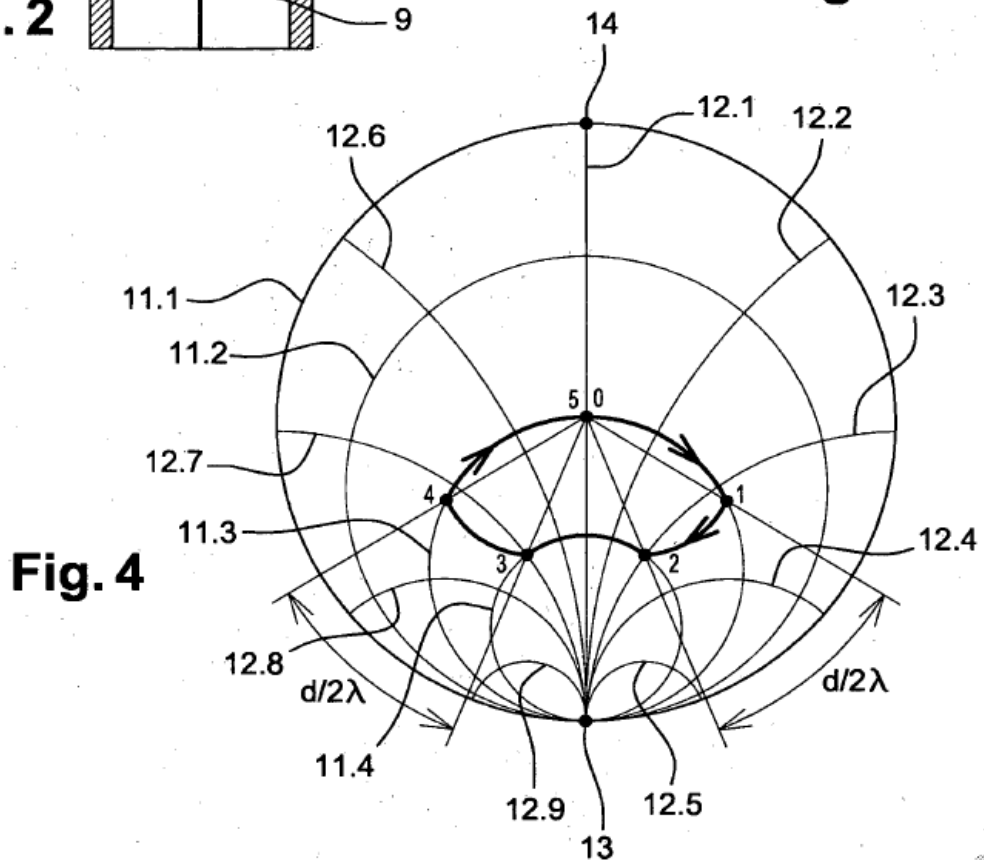


Fig. 4

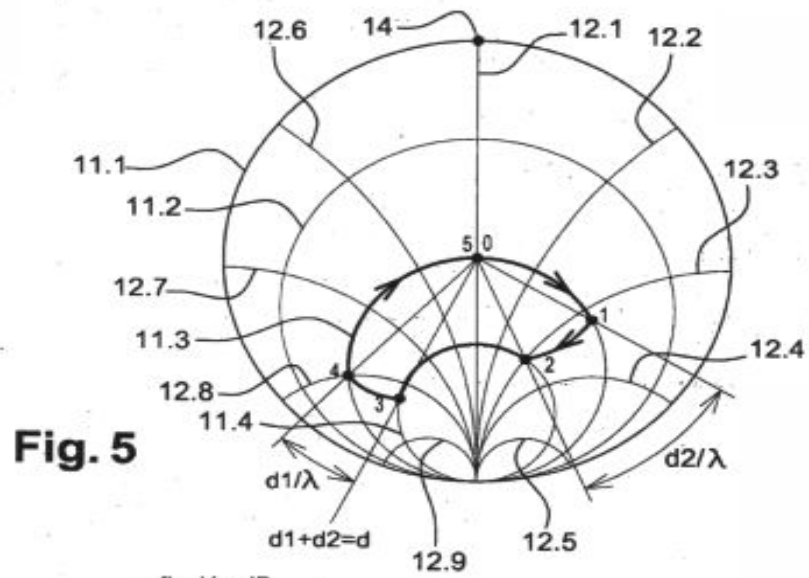


Fig. 6a

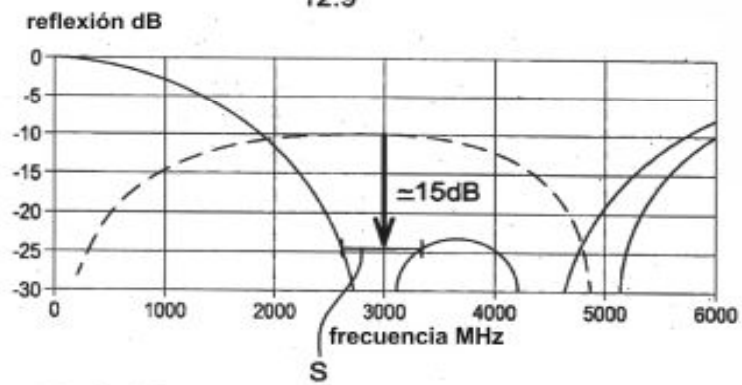
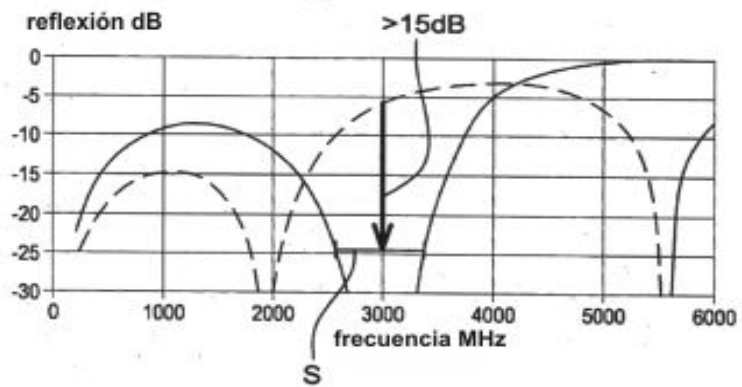


Fig. 6b



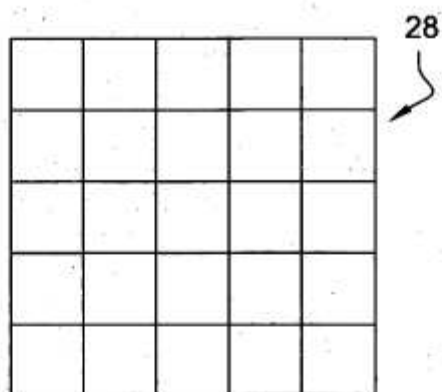


Fig. 7a

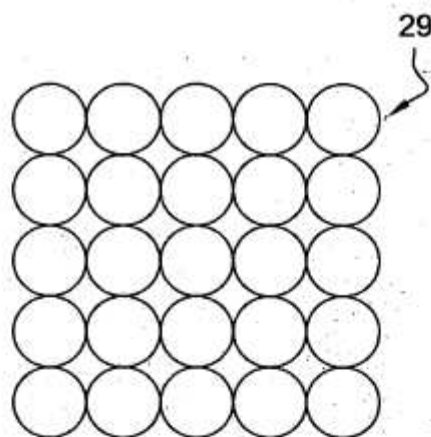


Fig. 7b

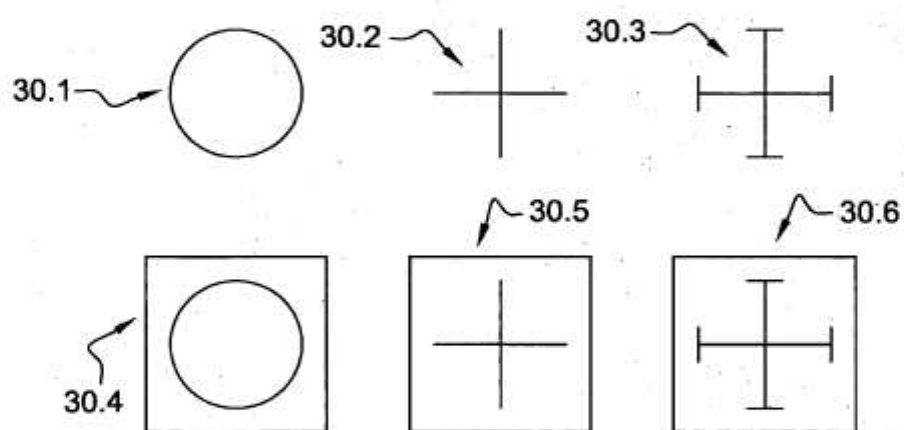


Fig. 7c

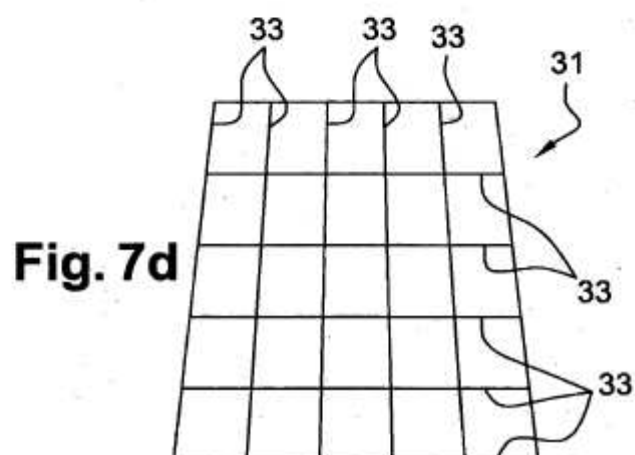


Fig. 7d

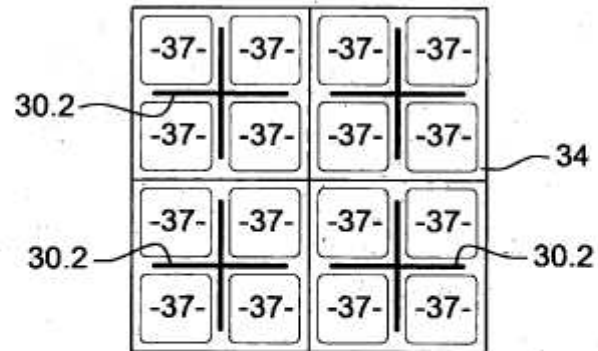


Fig. 8