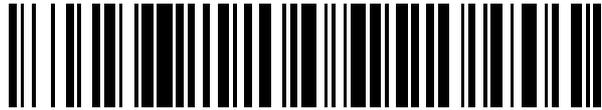


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 456 870**

51 Int. Cl.:

**G01P 5/12**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2010 E 10165666 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2014 EP 2267460**

54 Título: **Procedimiento y aparato para medir la velocidad del viento**

30 Prioridad:

**23.06.2009 US 490125**

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

**23.04.2014**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)**

**1 River Road**

**Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**SANTOS, PEDRO ARSUAGA**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 456 870 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y aparato para medir la velocidad del viento

La presente solicitud se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más concretamente, a un procedimiento y a un aparato para medir la velocidad del viento.

5 Las turbinas eólicas típicamente incluyen una pluralidad de palas que son utilizadas para convertir la energía cinética procedente del viento entrante en energía mecánica para su uso en la producción de energía eléctrica. Para potenciar al máximo el funcionamiento de las turbinas eólicas, a menudo es de utilidad o es necesario determinar una velocidad del viento entrante.

10 De acuerdo con ello, al menos algunas turbinas eólicas conocidas están equipadas con anemoscopios o a base de cazoletas que miden la velocidad del viento y una dirección del viento. Los anemómetros conocidos utilizan una pluralidad de dispositivos, como por ejemplo unos hemisferios huecos, que están acoplados de forma rotatoria alrededor de un vástago vertical. Cuando se expone al viento, la pluralidad de dispositivos rota alrededor del vástago y un dispositivo eléctrico determina la velocidad rotacional de los dispositivos y calcula la velocidad del viento. El anemómetro puede también ser utilizado en combinación con una válvula separada que determina la dirección del viento. De acuerdo con ello, debido a que los anemoscopios utilizan componentes rotatorios, pueden ser susceptibles de fallo mecánico. Así mismo, debido a que dichos componentes deben quedar expuestos a los elementos para funcionar de manera eficaz, pueden ser susceptibles de congelación. Así mismo, los anemoscopios deben ser insertados dentro de un túnel del viento para su calibración.

20 Otras turbinas eólicas conocidas pueden utilizar anemómetros ultrasónicos para medir la velocidad y la dirección del viento. Los anemómetros ultrasónicos conocidos utilizan una pluralidad de transductores que envían impulsos ultrasónicos desde diferentes direcciones. Cuando quedan expuestos al viento, los impulsos ultrasónicos que se desplazan contra el flujo del viento se aceleran. Un dispositivo eléctrico determina una diferencia en tiempo de tránsito para los impulsos enviados en diferentes direcciones, y calcula la velocidad y dirección del viento. Un inconveniente de la utilización de los anemómetros ultrasónicos es que son muy costosos. Así mismo, los anemómetros ultrasónicos pueden verse negativamente afectados por otros gases y partículas contenidos en el flujo eólico.

El documento US 2004/0040386 analiza un anemómetro de hilo electrocalentado Kelvin.

El documento DE 10246593 se refiere a un dispositivo de medición del viento que utiliza un sensor de película caliente.

30 El documento EP 2 048 507 analiza un sistema de sensor de turbina eólica montado en un brazo retraíble.

Diversos aspectos y formas de realización de la presente invención, sin embargo, se definen por las reivindicaciones adjuntas.

A continuación se describirán diversos aspectos y formas de realización de la presente invención en conexión con los dibujos que se acompañan, en los que:

35 La Figura 1 es una vista lateral de una turbina eólica ejemplar.

La Figura 2 es una vista en sección transversal de un montaje de sensor ejemplar que puede ser utilizado con la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

40 La Figura 3 es una vista en sección transversal de una forma de realización alternativa de un montaje de sensor, que incluye una porción de cola y una porción de pie, que puede ser utilizado con a turbina eólica mostrada en la Figura 1.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de una porción de un perfil aerodinámico ejemplar que puede ser utilizado con la turbina eólica mostrada en la Figura 1 y que ilustra una primera posición de montaje.

La Figura 5 es una vista en sección transversal del perfil aerodinámico mostrado en la Figura 4 y que ilustra una segunda porción de montaje.

45 La Figura 1 ilustra una turbina eólica 10. En la forma de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye una torre 11, una góndola 12 que está acoplada a la torre 11, un buje 13 que está acoplado a la góndola 12, y al menos una pala 14 que está acoplada al buje 13. La torre 11 proporciona soporta para la góndola 12, el buje 13 y la pala 14. La torre 11 puede presentar una altura y una construcción conocidas en la técnica.

50 La góndola 12 está acoplada a la torre 11. La góndola 12 típicamente aloja unos componentes (no mostrados) para su uso en la energía rotacional de transformación de la pala 14 en electricidad. La góndola 12 puede presentar una construcción conocida en la técnica. El buje 13 está acoplado a la góndola 12. El buje 13 proporciona un alojamiento rotatorio para al menos una pala 14. El buje 13 puede estar construido según se conoce en la técnica.

Al menos una pala 14 está acoplada al buje 13. En la forma de realización ejemplar, tres palas 14 están acopladas al buje 13. Las palas 14 pueden ser rotadas alrededor de un eje geométrico de línea central de rotación cuando el viento incide sobre las palas 14. En la forma de realización ejemplar, cada pala 14 está orientada de forma perpendicular al suelo, y cada pala 14 rota a través de sustancialmente el mismo plano de rotación. Cada pala 14 puede estar construida según técnica conocida.

Durante su funcionamiento, cuando el viento golpea las palas 14, las palas 14 son rotadas alrededor del buje 13, y la energía cinética del viento es transformada en energía rotacional por las palas 14. Más en concreto, la rotación de las palas 14 hace rotar una caja de engranajes (no mostrada) situada dentro de la góndola 12. La caja de engranajes está acoplada a un generador (no mostrado), situado dentro de la góndola 12 el cual genera electricidad. En una forma de realización alternativa, la turbina eólica 10 no incluye una caja de engranajes, sino que, por el contrario, la electricidad es transmitida por medio de un montaje de cable (no mostrado) que se extiende a través de la torre 11. El montaje de cable suministra la electricidad a una central eléctrica o a otro destino.

La Figura 2 ilustra un montaje 20 de sensor ejemplar que puede ser utilizado con la turbina eólica 10 (mostrada en la Figura 1). En la forma de realización ejemplar, el montaje 20 de sensor incluye una primera superficie 21, una segunda superficie 22 y una vía de flujo 23 definida entre ellas. En la forma de realización ejemplar, la primera superficie 21 y la segunda superficie 22 forman unas mitades sustancialmente complementarias de un cuerpo sustancialmente anular. En una forma de realización alternativa, la primera superficie 21 es anular y forma un perímetro de la vía de flujo 23. En dicha forma de realización, la vía de flujo 23 se define anularmente por dentro del perímetro formado por la primera superficie 21, y el montaje 20 de sensor no incluye la segunda superficie 22. En la forma de realización ejemplar, el montaje de sensor incluye también un cable 24 de resistencia conocida que está acoplado a la primera superficie 21 y a la segunda superficie 22, de forma que el cable 24 se extienda, al menos parcialmente, a través de la vía de flujo 23. En la forma de realización ejemplar, el montaje 20 de sensor incluye también un sensor 25 de la temperatura que está acoplado o bien a la primera superficie 21 y / o a la segunda superficie 22, corriente arriba del cable 24. El experto en la materia apreciará que la resistencia del cable 24 depende, al menos parcialmente, de una temperatura del cable 24. De acuerdo con ello, según se utiliza en la presente memoria, el término "resistencia conocida" se refiere a la resistencia del cable 24 a una temperatura de calibración predeterminada. El experto en la materia apreciará que, así mismo, el montaje 20 de sensor puede ser calibrado "in situ" utilizando la resistencia conocida del cable 24, mejor que calibrando solo el montaje 20 de sensor en un túnel del viento.

La primera superficie 21 y la segunda superficie 22 pueden estar orientadas de forma que la vía de flujo 23 pueda presentar cualquier diversidad de áreas en sección transversal. Por ejemplo, la vía de flujo 23 puede estar definida con una forma sustancialmente cónica, con una forma sustancialmente cilíndrica, con una forma que incluya una entrada abocardada y / o con un área de flujo en sección transversal que permita que el montaje 20 de sensor funcione según lo descrito en la presente memoria. En la forma de realización ejemplar, la primera superficie 21 y la segunda superficie 22 definen una vía de flujo 23 sustancialmente cilíndrica que incluye una entrada abocardada. Más en concreto, en la forma de realización ejemplar, la forma de la vía de flujo 23 facilita la reducción de un componente vertical de entrada del flujo de aire, de forma que sustancialmente solo se detecte un componente horizontal de aire por el montaje 20 de sensor. La forma de realización ejemplar facilita la optimización de la turbina eólica debido a que, típicamente, en lo esencial solo la velocidad horizontal del viento puede estar utilizada para la generación de energía por turbinas eólicas.

Durante su funcionamiento, una corriente sustancialmente constante es inducida sobre el cable 24 desde una fuente de energía (no mostrada). Como alternativa, una tensión sustancialmente constante puede ser aplicada a través del cable 24. En la forma de realización ejemplar, la corriente inducida calienta el cable 24, lo cual reduce la probabilidad de la formación de hielo sobre el cable 24. Cuando el aire entra en la vía de flujo 23, el sensor 25 de la temperatura detecta una temperatura del aire entrante. Cuando el aire fluye a través del cable 24, el aire provoca una reducción de la temperatura en el cable 24. En la forma de realización ejemplar, un sensor 25 de la temperatura y el cable 24 están, cada uno, electrónicamente acoplados a un procesador 26 de datos.

El procesador 26 de datos recibe datos procedentes del cable 24 y del sensor 25 de la temperatura. Debido a que la resistencia del cable 24 es proporcional a la temperatura del cable 24, el procesador 26 de datos puede calcular una velocidad del viento que fluye a través de la vía de flujo 23 en base a la reducción de la temperatura del cable 24, de la temperatura del aire, y del valor de la resistencia conocida del cable 24. La forma de realización ejemplar utiliza un mínimo de partes móviles para medir la velocidad del viento. Sin dificultad se aprecia que esta forma de realización asegura una fiabilidad mecánica mayor que la de los anemómetros a base de cazoletas.

En una forma de realización, el montaje 20 de sensor está acoplado al buje 13 utilizando un brazo sustancialmente horizontal (no mostrado). Como alternativa, el montaje 20 de sensor está acoplado al buje 13 utilizando cualquier otro mecanismo (no mostrado) que permita que el montaje 20 funcione según lo descrito en la presente memoria. En dicha forma de realización, una rotación del buje 13 puede ser utilizada para facilitar la rotación del montaje 20 de sensor hacia el flujo de viento.

La Figura 3 ilustra un montaje 50 de sensor alternativo que puede ser utilizado con la turbina eólica 10 (mostrada en la Figura 1). En dicha forma de realización, el montaje 50 de sensor es similar al montaje 20 de sensor (mostrado en

- la Figura 2) e idénticos componentes se identifican en la Figura 3 utilizando los mismos números de referencia utilizados en la Figura 2. El montaje 50 de sensor propiamente dicho incluye una vía de flujo 23 y unas superficies 21 y 22. El montaje 50 de sensor incluye, así mismo, una porción 56 de cola, y una porción 57 de pie. La porción 56 de cola está orientada de forma que induzca un par de torsión horizontal sobre el montaje 50 de sensor cuando el viento golpee la porción 56 de cola desde cualquier dirección excepto desde una dirección sustancialmente paralela a la vía de flujo 23. En la forma de realización ejemplar, la porción 56 de cola presenta sustancialmente una forma de aleta o veleta, y se extiende hacia fuera desde la primera superficie 21 o la segunda superficie 22, de forma que la porción 56 de cola quede alineada sustancialmente en paralelo con un plano (no mostrado) que se extienda verticalmente a través de una línea central (no mostrada) de la vía de flujo 23.
- La porción 57 de pie acopla de forma rotatoria el montaje 50 de sensor a un árbol 58. En la forma de realización ejemplar, el árbol 58 está orientado sustancialmente en perpendicular con el suelo, de forma que el montaje 50 de sensor puede ser rotado alrededor de una línea central que se extienda a lo largo del árbol 58. En combinación, las porciones de cola y pie 56 y 57, respectivamente, permiten que el montaje 50 de sensor rote hacia el flujo del viento. En una forma de realización alternativa, el montaje 50 de sensor está orientado hacia el flujo del viento utilizando unos sensores o un equipamiento orientado hacia un dispositivo sobre el cual está instalado el montaje 50 de sensor. El experto en la materia apreciará que las porciones 56 y 57 de cola y pie, respectivamente, facilitan la inclusión de un procedimiento más eficiente y barato de medición tanto de la velocidad como de la dirección del viento que otros equipamientos de detección actualmente disponibles en la técnica.
- La Figura 4 ilustra una porción de un perfil aerodinámico 30 ejemplar que incluye una pluralidad de montajes 20 de sensor acoplados a aquél. El experto en la materia apreciará que el perfil aerodinámico 30 puede ser una pala de turbina eólica, un ala de avión, una pala utilizada en un motor de turbina de gas, y / o cualquier otro perfil aerodinámico que se incluya en el ámbito de la materia objeto de la presente solicitud. Los montajes 20 de sensor están acoplados al perfil aerodinámico 30 para permitir que el aire que fluye a través del perfil aerodinámico 30 sea analizado, y puede proporcionar una mejor comprensión de las condiciones del viento alrededor del perfil aerodinámico 30. Así mismo, uno o más montajes 20 de sensor pueden estar acoplados al perfil aerodinámico 30 para proporcionar datos para un control avanzado del paso de las palas. Se debe apreciar que los montajes 20 de sensor pueden ser acoplados a o retirados con facilidad del perfil aerodinámico 30 según las exigencias.
- La Figura 5 ilustra un perfil aerodinámico 30 que comprende también una abertura 40 que se extiende a través del perfil aerodinámico 30 desde un lado 41 de presión hasta un lado 42 de aspiración opuesto. El montaje 20 de sensor puede estar acoplado a la abertura 40 para suministrar datos relativos a las distribuciones de la presión y a las condiciones del flujo de aire del perfil aerodinámico 30.
- Durante el funcionamiento, una elevada presión de aire en el lado 41 de la presión del perfil aerodinámico 30 entra en la vía de flujo 23, definida por la primera superficie 21 y la segunda superficie 22. El aire fluye a través del sensor 25 de la temperatura y del cable 24 antes de salir de la vía de flujo 23 por el lado 42 de aspiración del perfil aerodinámico 30. El procesador 26 de datos calcula la velocidad del viento en base a los datos procedentes del cable 24 y del sensor 25 de la temperatura.
- Las formas de realización descritas con anterioridad facilitan la provisión de un montaje de sensor eficiente y rentable para medir la dirección del viento. El montaje de sensor puede incorporar una porción de cola y pie de posicionamiento del viento que oriente el montaje de sensor sustancialmente hacia el flujo del viento. Si una turbina eólica ya incluye un equipamiento para orientar la turbina hacia el flujo del viento, el montaje de sensor, puede, como alternativa, ser acoplado a la turbina eólica sin incluir una porción de pie y cola. Las formas de realización utilizan un mínimo de partes móviles para medir la velocidad del viento, facilitando con ello una fiabilidad mecánica mayor que la de los anemómetros a base de cazoletas. Cuando las formas de realización utilizan un cable calentado para medir la velocidad del viento, las formas de realización reducen la probabilidad de la formación de hielo sobre la superficie de medición, incrementando así su capacidad para ser utilizadas en climas fríos.
- Así mismo, la forma de realización ejemplar mejora la capacidad del montaje de sensor para reducir el componente vertical del viento que fluye a través de la vía de flujo en comparación con las turbinas eólicas que incluyen anemoscopios. La forma del cuerpo del montaje de sensor en la forma de realización ejemplar, facilita la medición sustancialmente solo del componente horizontal de la dirección del viento. Como se muestra en las formas de realización descritas con anterioridad, el montaje de sensor puede ser acoplado a un perfil aerodinámico, o dentro de una abertura existente en el perfil de ala, para medir las distribuciones del flujo de aire y la presión en el perfil aerodinámico. Así mismo, las formas de realización pueden ser utilizadas para medir el flujo del viento atmosférico frente a la simple medición del flujo de aire dentro de un laboratorio o de un túnel del viento.
- Formas de realización ejemplares de una turbina eólica y de un procedimiento y de unos montajes para la medición de la velocidad del viento se han descrito con detalle en las líneas anteriores. El procedimiento y los montajes no están limitados a las formas de realización descritas en la presente memoria, sino que, por el contrario, componentes de montajes y / o etapas del procedimiento pueden ser utilizados de manera independiente y separada respecto de otros componentes y / o etapas descritas en la presente memoria. Por ejemplo, los montajes pueden también ser utilizados en combinación con otros sistemas y procedimientos de medición, y no están limitados para poner en práctica solo la turbina eólica y los procedimientos según se describen en la presente memoria.

Por el contrario, la forma de realización ejemplar puede ser implantada y utilizada en conexión con otras muchas aplicaciones de turbinas eólicas.

5 Aunque características distintivas específicas de diversas formas de realización de la invención se pueden mostrar en algunos dibujos y no en otros, ello se debe únicamente a razones de conveniencia. De acuerdo con los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo puede ser referenciada y / o reivindicada en combinación con cualquier otra característica de cualquier otro dibujo.

10 La presente descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para hacer posible que cualquier experto en la materia lleve a la práctica la invención, incluyendo la fabricación y la utilización de cualquier dispositivo o sistema y la ejecución de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que pudieran advertir los expertos en la materia. Estos otros ejemplos están destinados a quedar incluidos en el alcance de las reivindicaciones si incorporan elementos estructurales que no difieran del tenor literal de la reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales diferentes con diferencias no sustanciales respecto del tenor literal de las reivindicaciones.

15

**REIVINDICACIONES**

1.- Una turbina eólica (10) que comprende:

una torre (11);

una góndola (12) acoplada a dicha torre;

5 un buje (13) acoplada a dicha góndola;

al menos una pala (14) acoplado a dicho buje; y

un montaje (20, 50) de sensor que comprende:

10 un cuerpo que comprende una primera superficie (21) y una segunda superficie (22) que presenta una vía de flujo (23) definida entre ellas; y un cable (24) que se extiende desde dicha primera superficie (21) hasta dicha segunda superficie (22), de forma que dicho cable (24) se extiende a través de dicha vía de flujo (23), comprendiendo también dicho montaje (20, 50) de sensor un sensor (25) de la temperatura acoplado a dicho cuerpo dentro de dicha vía de flujo (23), y en la que dicho montaje (20, 50) de sensor está configurado para determinar la velocidad del viento cuando se suministra una corriente sustancialmente constante en dicho cable (24) o cuando una tensión sustancialmente constante se aplica a través de dicho cable (24) y cuando el aire fluye a través de dicha vía de flujo (23), y en la que la vía de flujo (23) presenta una forma que facilita la reducción de un componente vertical de un flujo de aire entrante, de forma que sustancialmente solo un componente horizontal del flujo de aire es detectado por el montaje (20, 50) de sensor.

20 2.- Una turbina eólica (10) de acuerdo con la Reivindicación 1, en la que dicho cuerpo comprende también una porción (56) de cola acoplada a al menos una superficie (21, 22), facilitando dicha porción de cola la orientación de dicho cuerpo con respecto al aire que fluye hacia dicho montaje (20, 50) de sensor.

3.- Una turbina eólica (10) de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en la que dicho cuerpo comprende también una porción (57) de pie que acopla de forma rotatoria dicho montaje (20, 50) de sensor alrededor de un eje geométrico de rotación.

25 4.- Una turbina eólica (10) de acuerdo con la Reivindicación 3, en la que dicha porción (57) de pie está acoplada de forma rotatoria a un árbol (58).

5.- Una turbina eólica (10) de acuerdo con cualquier Reivindicación precedente, en la que dicha vía de flujo (23) presenta una forma sustancialmente cilíndrica que facilita la reducción de un componente fuera del eje del flujo de aire que lo atraviesa.

30

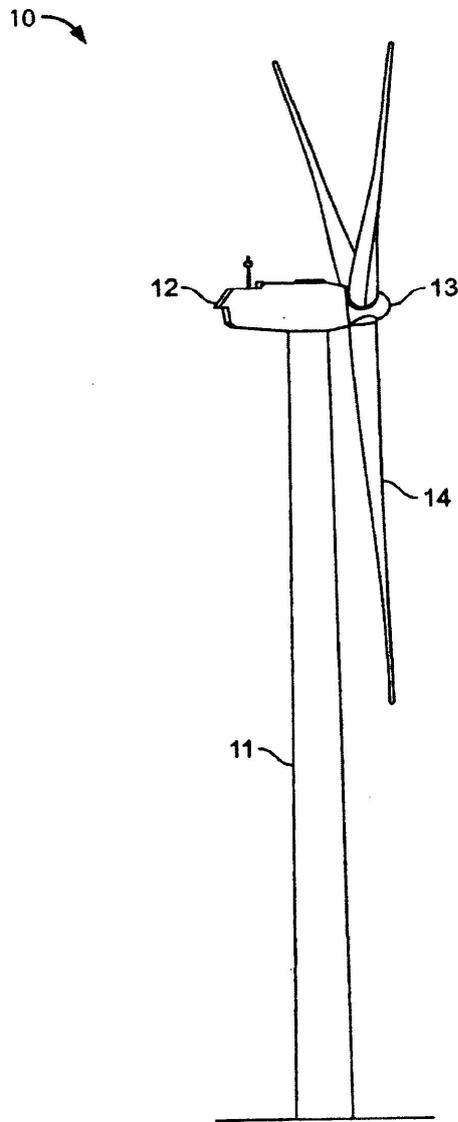
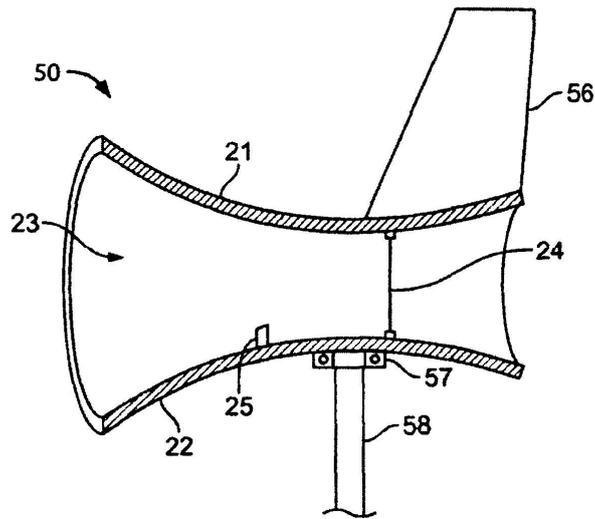
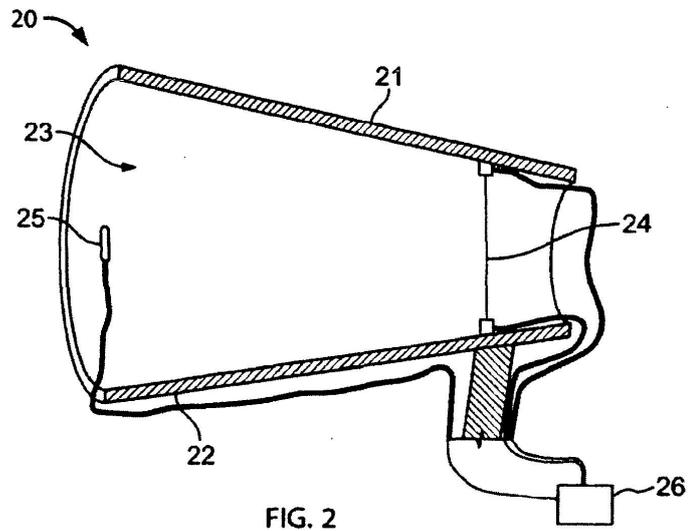


FIG. 1



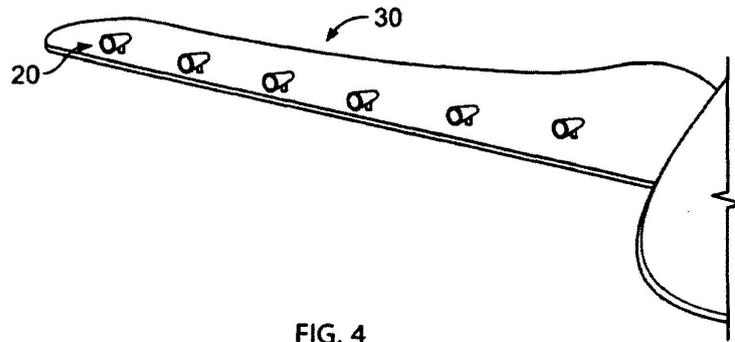


FIG. 4

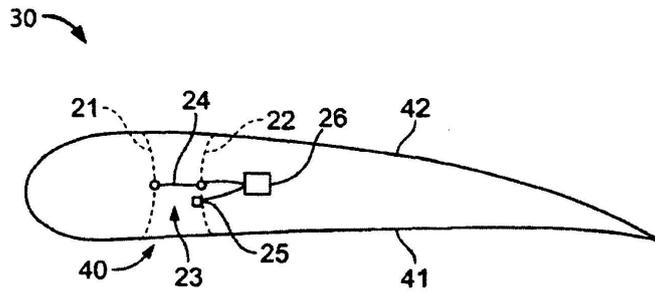


FIG. 5