

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 202**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2008** **PCT/ES2008/070204**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2009** **WO09068719**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2008** **E 08854219 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.10.2018** **EP 2228534**

54 Título: **Perfil aerodinámico para la raíz de una pala de aerogenerador con doble borde de ataque**

30 Prioridad:

28.11.2007 ES 200703158

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

27.03.2019

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L. (100.0%)**

**Avenida de la Innovación 9-11
31621 Sarriguren (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**NAGY, GIDEON;
ROMERO SANZ, IGNACIO y
JIMÉNEZ DE LAGO, MARIO**

ES 2 706 202 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

Perfil aerodinámico para la raíz de una pala de aerogenerador con doble borde de ataque.

5 Campo de la invención

La invención se refiere a una pala de aerogenerador optimizada aerodinámicamente y en particular a una pala de aerogenerador optimizada en la región de raíz.

10 Antecedentes

Los perfiles aerodinámicos usados en las palas de los aerogeneradores tienen distintas características funcionales en la región de raíz, en la región intermedia y en la región de punta.

15 En la región de raíz las palas de aerogeneradores tienen generalmente perfiles de un espesor relativo más alto que en el resto de la pala. Un ejemplo de un perfil de una región de raíz que tiene un espesor relativo en el rango 24%-26% se describe en EP O663 527 A1 así como en EP O675 285 A1.

20 Es deseable que un perfil en la región de raíz de la pala tenga un máximo coeficiente de sustentación alto y una alta relación sustentación-resistencia cercana al máximo coeficiente de sustentación para ayudar al arranque del rotor y a la producción de energía a velocidades medias del viento. Sin embargo, el valor del coeficiente de sustentación es usualmente moderado en este tipo de perfiles y ocurre a ángulos de ataque moderadamente bajos. Esos efectos resultan de la necesidad de construir el área de la raíz con grandes cuerdas y altas torsiones (o giros) de cara a obtener la máxima energía. Ahora bien, el proceso de fabricación está limitado a ciertos valores de cuerdas y torsiones, por lo que los valores de estas variables quedan consecuentemente restringidos de cara a optimizar los costes generales.

30 También es deseable que estos perfiles sean menos sensibles a los efectos de suciedades o rugosidades, evitando tanto como sea posible las pérdidas de sustentación cuando se depositan partículas externas (debidas por ejemplo al hielo o a suciedades) en la superficie externa, por lo que deben estar idealmente diseñados para inducir una transición del flujo laminar al turbulento cerca del borde de ataque.

35 En este sentido el documento AIAA-2003-0350, "Roughness Sensitivity considerations for tic root blade airfoils", sugiere la familia DU de perfiles aerodinámicos, que tienen un espesor relativo alto para afrontar los problemas de sensibilidad a las rugosidades.

40 Ninguno de los diseños conocidos produce resultados completamente satisfactorios, por lo que existe una continua necesidad de proporcionar palas de aerogenerador con un perfil aerodinámico optimizado en la región de raíz.

Sumario de la invención

45 Un objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con un perfil en la región de raíz que mejora el funcionamiento de la pala de aerogenerador.

50 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con un perfil en la región de raíz con un coeficiente de sustentación más alto a ángulos de ataque significativamente más altos y menos sensible a las condiciones de suciedad que los perfiles tradicionales de espesor relativo alto.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con un perfil aerodinámicamente optimizado en la región de raíz que permite un proceso de fabricación eficiente en costes.

- 5 Estos y otros objetos de la presente invención se consiguen proporcionando una pala de aerogenerador de perfil aerodinámico según la reivindicación 1.

Otras características y ventajas de la presente invención se entenderán de la descripción detallada que sigue en relación con las figuras que se acompañan.

10

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una vista esquemática en planta de una típica pala de aerogenerador.

- 15 La Figura 2 muestra un perfil conocido para la región de raíz de una pala de aerogenerador.

La Figura 3 muestra la distribución de curvatura para el perfil mostrado en la Figura 2.

- 20 Las Figuras 4, 5, 6 muestran perfiles según la presente invención para la región de raíz de una pala de aerogenerador.

La Figura 7 muestra la distribución de curvatura para un perfil similar a los mostrados en las Figuras 4, 5, 6.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

- 30 Como se muestra en la Figura 1 una típica pala 1 de aerogenerador tiene tres regiones: la región de raíz 31 que incluye la porción de la pala 1 que está próxima al buje del rotor, la región de punta 35 que incluye la porción de la pala 1 más distante del buje del rotor y la región intermedia 33 entre la región de raíz 31 y la región de punta 35.

- 35 La longitud de la región de raíz 31 es de aproximadamente el 10%-50% de la longitud de la pala. La longitud de la región intermedia 33 es de aproximadamente el 80%-40% de la longitud de la pala. La longitud de la región de la punta 35 es de aproximadamente el 10% de la longitud de la pala.

- 40 La forma, contorno y longitud de las palas de un aerogenerador determina, en buena medida, la eficiencia y capacidad de producción eléctrica del aerogenerador. Como es bien conocido el buje del rotor está montado en un eje rotatorio conectado bien directamente o a través de una multiplicadora para accionar un generador eléctrico ubicado en una góndola y generar energía eléctrica que puede ser transmitida a una red eléctrica pública o a un dispositivo o instalación de almacenamiento de energía eléctrica.

- 45 Una sección transversal de una pala de aerogenerador tomada perpendicularmente a la imaginaria línea que conecta la raíz de la pala con la punta de la pala recibe generalmente el nombre de perfil aerodinámico.

- 50 Un importante parámetro de un perfil es su espesor, es decir la máxima distancia entre el lado de succión y el lado de presión que puede ser expresado como una fracción de la longitud de la cuerda.

Una característica importante de cualquier pala de aerogenerador es su capacidad para generar una sustentación, que aporta componentes de fuerzas a las palas que causan su rotación. Como una pala de aerogenerador comprende múltiples perfiles, la sustentación de

una pala de aerogenerador puede ser considerada en referencia a unos perfiles relevantes seleccionados, reconociendo que la sustentación de la pala completa se obtiene integrando las sustentaciones de todos perfiles de la pala. La magnitud de la sustentación de un perfil depende de muchos factores, incluyendo la velocidad del viento incidente, la forma y contorno del perfil y el ángulo de ataque, es decir el ángulo entre la imaginaria línea o línea de cuerda, que se extiende desde el borde de ataque al borde de salida y un vector indicativo de la velocidad y dirección del flujo de viento. El coeficiente de sustentación de un perfil es una convención adoptada para representar al perfil con un valor no dimensional único.

La Figura 2 muestra un típico perfil de la región de raíz de una pala de aerogenerador con un borde de ataque, un borde de salida moderadamente romo y una superficie sustentadora con un lado de succión y un lado de presión. La cuerda es una imaginaria línea trazada entre el borde de ataque y el borde de salida. La forma de dicho perfil se define por las coordenadas (x, y) de los lados de succión y presión expresadas como fracciones de la longitud de la cuerda. El perfil mostrado en la Figura 1 es un perfil con un espesor relativo alto.

La distribución de presión en los lados de succión y presión, que determina el funcionamiento del perfil, puede ser considerada como una función dependiente de la distribución de curvatura en ambos lados, estando definida la curvatura como el inverso del radio de curvatura en cualquier punto a lo largo de dichos lados.

Como puede verse en la Figura 3, una característica relevante de la forma de la distribución de curvatura a lo largo del perfil mostrado en la Figura 2 es que presenta un lóbulo continuo en el borde de ataque.

Las Figuras 4, 5, 6 muestran perfiles según esta invención para al menos la sección de la región de raíz que tienen, como el perfil mostrado en la Figura 2, un borde de ataque, un borde de salida y una superficie sustentadora con un lado de succión y un lado de presión. Las principales diferencias respecto al perfil mostrado en la Figura 1 son, en primer lugar, que estos perfiles tienen un espesor relativo más alto (mayor o igual del 30% y menor o igual del 50%) y, en segundo lugar, que la zona curvada en el lado de presión está configurada de una manera similar a la zona curvada del borde de ataque, por lo que puede decirse que los perfiles tienen un "segundo" borde de ataque, resultando un perfil con un "doble borde de ataque". Las diferencias entre los perfiles se refieren principalmente a las formas del borde de salida y del "segundo" borde de ataque.

La longitud de dicha sección se extiende entre el 11% y el 100% de la longitud de la región de raíz.

Siguiendo la Figura 7, que muestra una distribución de curvatura aplicable a los perfiles mostrados en las Figuras 4, 5, 6, puede observarse que la curvatura del lado de presión tiene un valor máximo en el punto de partida en el borde de ataque. Luego decrece continuamente hasta un valor en el punto que se corresponde con una posición de la cuerda en, aproximadamente, el 3% de la longitud de la cuerda, luego se incrementa hasta un valor en el punto (el "segundo" borde de ataque), que se corresponde con una posición de la cuerda en, aproximadamente, el 17% de la longitud de la cuerda, luego decrece hasta alcanzar un valor 0 en un punto que se corresponde con una posición de la cuerda en el 49% de la longitud de la cuerda, en el que la forma del lado de presión cambia de convexa a cóncava. Más allá de ese punto las diferencias respecto a los perfiles li picos son menos relevantes.

En una realización preferente P1 está ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 1% a 18% de la longitud de la cuerda, medido desde el borde de ataque 13.

- 5 En una realización preferente P2 está ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 5% al 40% de la longitud de la cuerda, medido desde el borde de ataque 13.

- 10 En una realización preferente, el valor C2 de la curvatura en el "segundo" borde de ataque 27 es menor que el valor C0 de la curvatura en el borde de ataque 13. Preferiblemente, el valor C2 de la curvatura está comprendido entre el 40%-90% del valor C0 de la curvatura.

- 15 Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro del alcance de, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un pala (1) de aerogenerador de perfil aerodinámico con una región de raíz (31), que comprende el perfil de la región de raíz (31) con un borde de ataque (13), un borde de salida (15) y lados de succión y presión (17,1 9) entre el borde de ataque (13) y el borde de salida (15), el lado de presión (19) tiene una primera parte convexa (21) y una segunda parte cóncava (23), la parte convexa (21) del lado de presión (19) siendo formada de manera que su curvatura decrece desde un valor C0 en el borde de ataque (13) hasta un valor C1 en un primer punto P1, luego se incrementa hasta un valor C2 en un segundo punto P2 y luego decrece hasta un valor 0 al final de la parte convexa (21), dicho primer punto (P1) está ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 1% al 8% de la longitud de la cuerda, medida desde el borde de ataque (13), dicho segundo punto (P2) está ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 5% al 40% de la longitud de la cuerda , medida desde el borde de ataque (13), caracterizado porque la región de raíz (31) se extiende entre 10% y el 50% de la longitud de la pala y en al menos una sección de la región de raíz (31) de la pala, el perfil tiene un espesor relativo en el rango 30%-50% y además caracterizado porque el valor (C2) de la curvatura de la parte convexa (21) en dicho segundo punto (P2) está comprendido entre el 40%90% del valor (C0) de la curvatura en el borde de ataque.
2. Una pala (1) de aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizada porque la sección (37) se extiende entre el 1% y el 100% de la longitud de la región de raíz (31).
3. Una pala (1) de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizada porque dicho primer punto (P1) está ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango de aproximadamente 3% de la longitud de la cuerda, medida desde el borde de ataque (13).
4. Una pala (1) de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizada porque dicho segundo punto (P2) está ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango de aproximadamente 17% de la longitud de la cuerda, medida desde el borde de ataque (13).

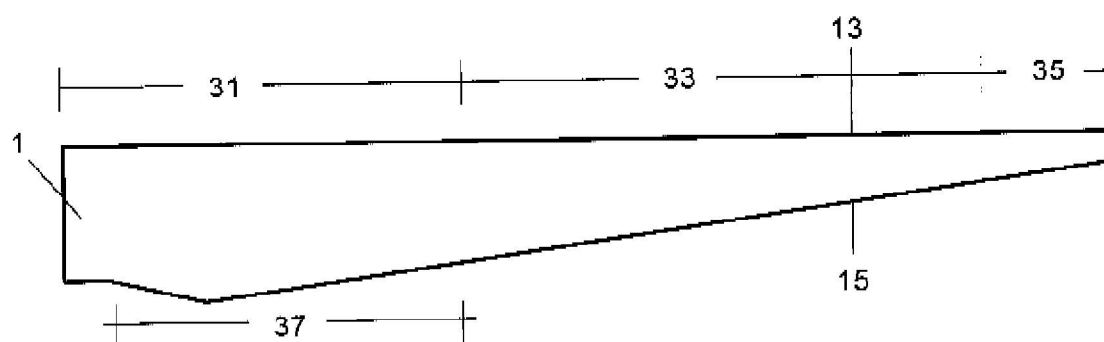


FIG. 1

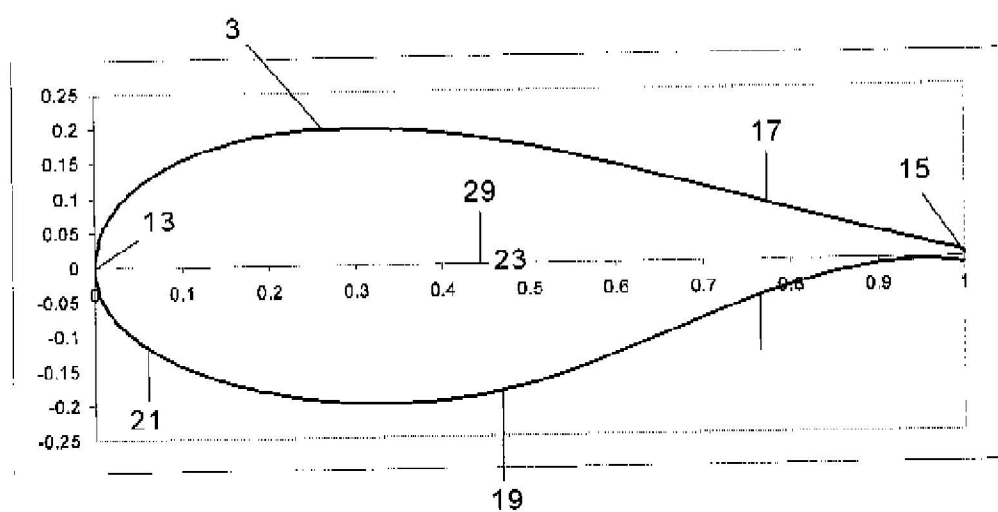


FIG. 2

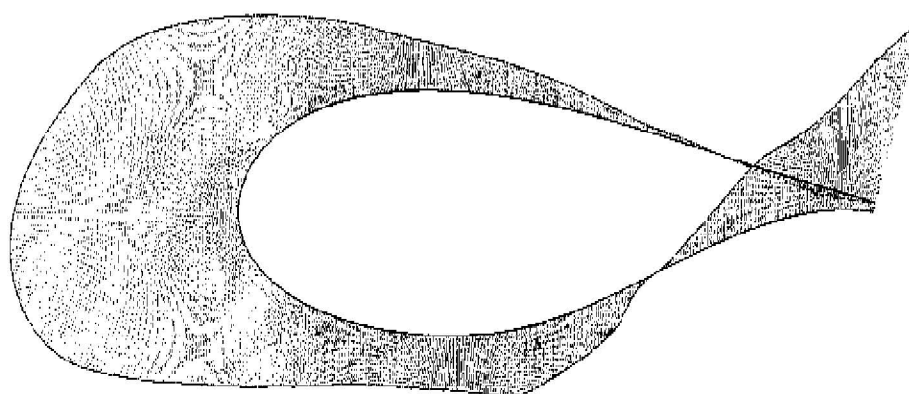


FIG. 3

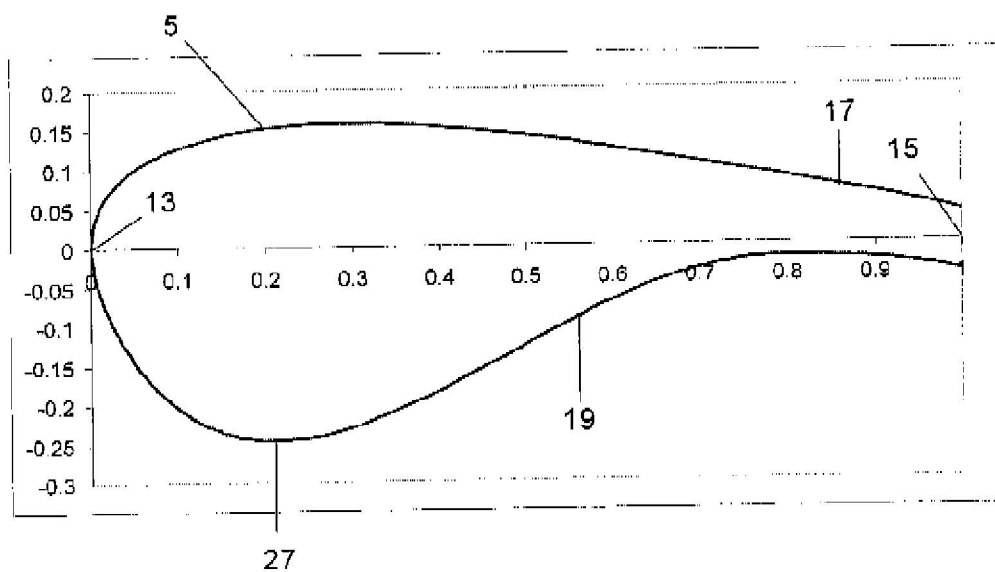


FIG. 4

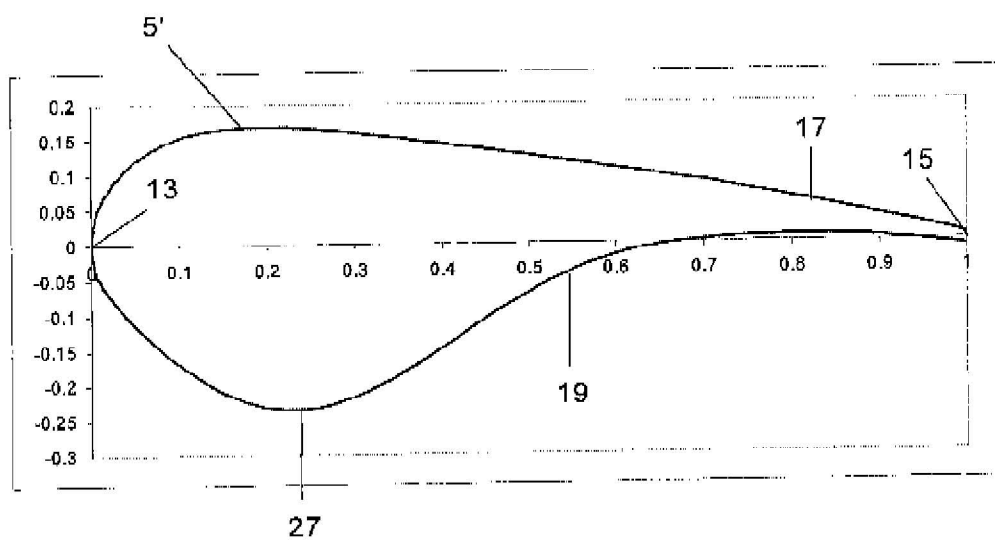


FIG. 5

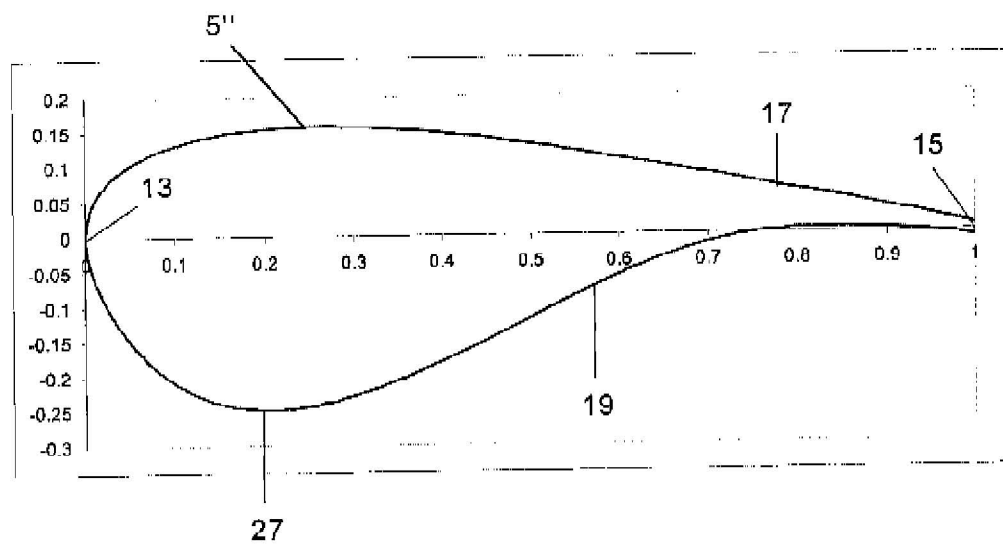


FIG. 6

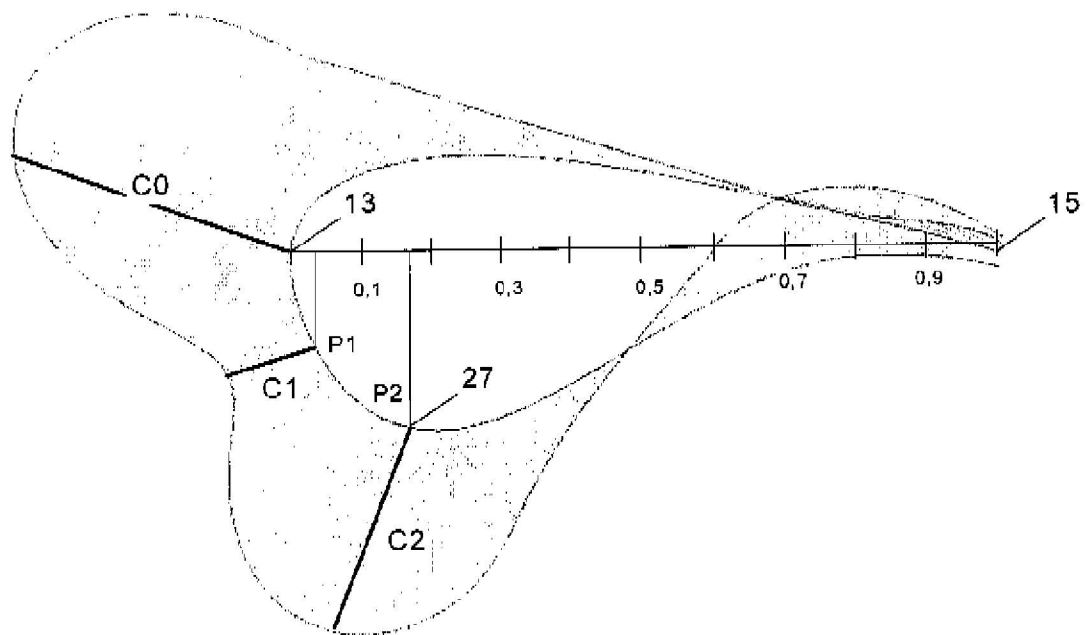


FIG. 7