

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
08 de agosto de 2019 (08.08.2019)

(10) Número de publicación internacional
WO 2019/151847 A2

- (51) Clasificación internacional de patentes:
Sin clasificar
- (21) Número de la solicitud internacional:
PCT/MX2019/000009
- (22) Fecha de presentación internacional:
01 de febrero de 2019 (01.02.2019)
- (25) Idioma de presentación: español
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad:
MX/a/2018/001433
01 de febrero de 2018 (01.02.2018) MX
- (71) Solicitante: **FIERROS FARELL, Luis Javier** [MX/MX];
Avenida Contreras 644 departamento 2, San Jerónimo Lídice, Delegación Magdalena Contreras, Ciudad de México, 10200 (MX).
- (72) Inventor: **FIERROS PALACIOS, Ángel**; Avenida Contreras 644 departamento 2, San Jerónimo Lídice, Delegación Magdalena Contreras, Ciudad de México, 10200 (MX).
- (74) Mandatario: **LÓPEZ ÁVILA, Esther**; Roldán 7, Colonia Axotla, Delegación Álvaro Obregón, Ciudad de México, 01030 (MX).
- (81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,

(54) Title: WIND-BASED ELECTRICAL POWER GENERATION SYSTEM

(54) Título: SISTEMA PARA LA GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA A PARTIR DEL VIENTO

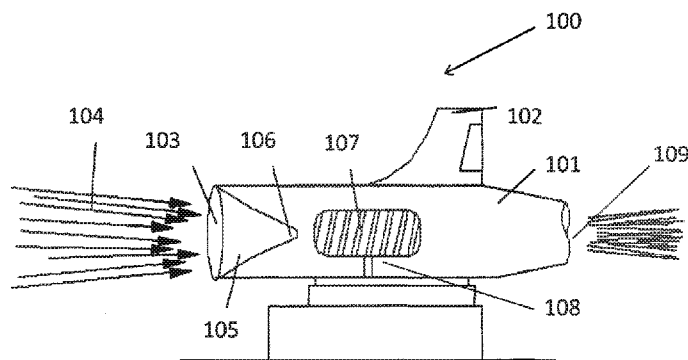


Fig. 1

(57) Abstract: The present invention is designed and calculated to use different wind regimes, namely, laminar, turbulent and hurricane-wind regimes, to exploit at the industrial level the enormous wind potential in the different regions of the planet. The result is a wind-based electrical power generation system that couples a mechanical system to an electrical system.

(57) Resumen: La presente invención está diseñada y calculada para utilizar diferentes regímenes de vientos: laminares, turbulentos, huracanados, para explotar a nivel industrial el enorme potencial eólico que existen en las diferentes regiones del planeta. Dando como resultado un sistema de generación de potencia eléctrica a partir del viento que acopla un sistema mecánico a otro eléctrico.

[Continúa en la página siguiente]

WO 2019/151847 A2

SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- *sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe (Regla 48.2(g))*

**SISTEMA PARA LA GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA A PARTIR DEL
VIENTO**

5

CAMPO TÉCNICO

Campo de la Invención

La presente invención se refiere a un sistema para la generación de potencia eléctrica a partir del viento, ajustable a diferentes flujos.

10 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Dentro del estado de la técnica más cercano se encuentra la patente mexicana MX334281 del mismo inventor describe un generador eólico a partir de un tubo Venturi dispuesto de manera similar al de la presente invención, sin embargo, la presente invención no
15 menciona un mecanismo para adaptar las dimensiones del sistema para adecuarse a diferentes niveles de flujo de viento. Asimismo, el documento US9,631,601 B2 (Reitz) divulga una instalación que comprende diversas etapas de un tubo tipo Venturi (toberas convergentes-divergentes) el cual comprende de al menos un rotor
20 conectado a un generador eléctrico, la novedad en esta invención es la segunda etapa de entrada de aire la cual facilita el flujo desde la primera entrada facilitando la generación de energía. El

documento FR25877631 (Thomas) divulga una turbina eólica que comprende dos aerogeneradores, una turbina eólica y una aerogeneradora. La capota de admisión de aire convergente, presentada frente al viento, a través de dos extremos verticales

5 que funcionan como una veleta, acelera la velocidad del aire hasta el difusor y, separando el aire en dos espirales, el aire gira en el vórtice y transfiere su energía a las cuchillas; por presión baja y fuerza centrípeta remolinan alrededor del eje de rotación; a continuación, el aire se escapa lateralmente hacia los codos de

10 90 ° girados hacia atrás sobre la máquina de viento, se acopla en las boquillas divergentes, lo que da lugar a una presión estática a la salida con el aire ambiente. Esta máquina de viento "panémone" con palas "empujadas" y "tiradas" de máxima eficiencia puede accionar: una bomba hidráulica, un alternador o generador para la

15 iluminación, para la desalación del agua de mar y la electrólisis por descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno. El documento GB2413829A (Douglas) describe una turbina accionada por viento tiene un rotor con un eje que lleva álabes de rotor de turbina situados dentro de una carcasa. La carcasa forma un conducto con

20 una entrada de aire y una salida de aire, las palas de rotor formando con el conducto una zona de impacto de la cuchilla con el conducto que tiene un área de sección que se reduce hacia la zona

de impacto de la cuchilla para formar una interfaz de garganta entre un interior La superficie del conducto y las puntas de las palas para producir un efecto Venturi sobre las palas del rotor. La turbina se puede montar sobre aleros y esquinas de edificios para la generación de energía eléctrica en áreas urbanas. El documento GB2430982 (A) describe una turbina eólica comprende una carcasa en forma de Venturi. La turbina puede hacer uso de presiones de aire diferenciales entre lados opuestos de un edificio. La turbina puede girar en direcciones opuestas dependiendo de la dirección del viento. La turbina puede ser una turbina de flujo axial o transversal. El conducto de turbina puede tener un revestimiento reflectante solar y un recubrimiento absorbente solar para crear una presión de aire diferencial interna para formar un movimiento de aire a través del motor primario. El documento KR20130073241A Describe un generador de energía eólica para incluir un panel de guía que cierra las cuchillas verticales giratorias izquierda y derecha en ambos lados izquierdo y derecho basándose en una cubierta de separación de viento e inducir que el viento fluya en las cuchillas verticales giratorias izquierda y derecha en el lado fijo dirección. Un generador de energía eólica incluye una parte de cuerpo, una paleta vertical de múltiples etapas, un eje de rotación de cuchilla, una cubierta de separación de viento

y un panel de guía. La cuchilla vertical multietapa incluye las cuchillas verticales de giro a izquierda y derecha. El eje giratorio de la cuchilla gira independientemente cada etapa de las cuchillas verticales de múltiples etapas. La cubierta de separación del viento separa el viento, voló desde el centro delantero de las 5 cuchillas de varias etapas, en las direcciones izquierda y derecha. El panel de guía cierra la cuchilla vertical giratoria derecha en el lado izquierdo de la misma en base a la cubierta de viento y se forma de forma oblicua para tener forma de escalón de modo que el viento vuela en la cuchilla vertical giratoria izquierda en una 10 dirección fija. El panel de guía bloquea la cuchilla vertical giratoria izquierda en el lado derecho y se forma de forma oblicua para tener forma de escalón de manera que el viento vuela dentro de la cuchilla vertical giratoria derecha en una dirección fija.

15 No obstante, los documentos citados no describen o divulgan un mecanismo o sistema para obtener una relación de las dimensiones entre los elementos de los sistemas descritos para generar una potencia eléctrica máxima independientemente del flujo de aire habitual que se encuentre en la región en donde se pretenda instalar 20 un sistema de estas características. Asimismo, los sistemas descritos en los documentos citados se encuentran orientados a flujos de viento laminar, no resuelven o mencionan sistemas capaces

de generar potencia en flujos de aire acelerado o huracanado. De igual manera, los documentos citados no describen la característica de que los sistemas se pueden acoplar los unos con los otros de manera modular.

5 Además, se encontraron también las siguientes diferencias con respecto al estado de la técnica:

- a. En todos los documentos citados se emplean Venturi para acelerar el aire en el interior del dispositivo.
- b. Se refiere a vientos laminares como por ejemplo brisas
10 ambientales.
- c. Los sistemas propuestos carecen de cálculos y están pensados para generar potencia eléctrica para generar energía a pequeña escala, es decir no resuelve el problema de generar potencia eléctrica considerable como las que se
15 obtienen en una estación de generación de potencia eléctrica eólica.
- d. Utilizan dispositivos verticales que son como ventiladores, para transformar el flujo del aire en movimiento mecánico, que en el que se utiliza para mover
20 el generador de potencia eléctrica. Ninguno de los sistemas sirve para generar potencia eléctrica a nivel industrial.

En régimen de vientos extremos como, por ejemplo, flujo no laminar, turbulento, huracanado, es difícil que funcionen e. Su eficiencia es menor que la de los volantes tradicionales.

- 5 f. Parecen ser muy complicados, desde el punto de vista electromecánico, de modo que su costo no los hace competitivos, ni económicamente viables, en comparación con los sistemas tradicionales de generación de potencia eléctrica.
- 10 g. Son sistemas que pudieran ser útiles para generar pequeñas cantidades de energía para hacer funcionar una bomba de agua, por ejemplo.
- h. Su producción de potencia eléctrica es limitada porque están pensadas para utilizar únicamente el flujo laminar
15 del aire ambiental. En otras palabras, su utilidad es marginal.

SUMARIO DE LA INVENCION

La presente invención está diseñada y calculada para utilizar
20 regímenes de vientos extremos: turbulentos, huracanados, para explotar a nivel industrial el enorme potencial eólico que existen

en las diferentes regiones del planeta. Además, también puede ser implementado para flujos laminares.

Dimensionalmente, el sistema está calculado a partir de la velocidad del viento en la entrada del subsistema tobera
5 convergente-divergente y la turbina de impulsos. Todos los cálculos están fundamentados en la dinámica de fluidos.

El sistema es mucho menor y más ligera que los sistemas tradicionales y genera el doble de potencia eléctrica que aquellos

En la presente invención ya no se utilizan las aspas
10 tradicionales ni las torres de acero, su costo es notablemente menor. La torre que soporta el Venturi de entrada, el subsistema tobera convergente-divergente, turbina de impulso, volante de inercia, sistema de anclaje, eje de transmisión, sistema de orientación, etc. Y cubierta de todo el módulo; está construida de
15 concreto como pirámide truncada en cuya superficie superior está el módulo y en el inferior, todo el sistema de generación de potencia eléctrica, además de los sistemas periféricos de medición y control.

El empleo del presente invento reduce costos, peso y medidas.
20 En los sistemas tradicionales la altura de la torre está determinada por el tamaño de las aspas; y la generación de potencia eléctrica por ese tamaño. Si se desea generar más potencia

eléctrica, se tienen que usar aspas más grandes y torres más elevadas. Incrementando los costos enormemente, haciendo más problemático el transporte de las partes.

Cada módulo del sistema de generación de potencia eléctrica
5 contiene dos subsistemas independientes formados por los subsistemas antes mencionados. La parte más pesada que es todo el sistema de generación de potencia eléctrica se asienta en el piso de la mencionada pirámide truncada, como es fácil advertir, el ahorro en el costo de construcción, transportación de partes, etc.,
10 se abaten drásticamente.

El anclaje del subsistema mecánico que se asienta en la cara superior de la pirámide truncada tiene que ser muy robusto porque todo el sistema sufrirá los embates de vientos extremos.

El problema del ruido a la salida del viento se puede resolver
15 con el auxilio de un Venturi invertido con persianas.

Como la presente invención en el sistema ya no se usan aspas, se pueden utilizar sistemas de más de un módulo colocando los unos al do de los otros; o también en arreglos de unos encima de otros. También se pueden utilizar combinaciones de ambos arreglos para
20 una cabal explotación de los potenciales recursos eólicos del país y de otros lugares.

El sistema para generación de potencia eléctrica a partir de viento se puede instalar en casi cualquier lugar. En lugares remotos, colinas, en el mar, etc., utilizando para la construcción de la torre materiales y mano de obra locales.

5 El uso del sistema para generación de potencia eléctrica a partir de viento presenta las siguientes ventajas:

- a. Aprovechamiento de cualquier tipo de viento.
- b. Generación muy copiosa de potencia eléctrica.
- c. Costo por Megawatt generado menor que en los sistemas
10 tradicionales.
- d. Uso de materiales y mano de obra locales.
- e. Facilidad de construcción, operación y transporte de partes y equipos.
- f. Creación de una tecnología novedosa de manufactura
15 sencilla, original que puede impactar en la construcción de generadores de potencia eléctrica nacionales, así como también en la fabricación de equipos de medición, operación y establecimiento de talleres de mantenimiento, etc.

20

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 Muestra una vista lateral del sistema de generación de potencia eléctrica de la presente invención.

La Figura 2 Muestra una vista superior del sistema de generación de potencia eléctrica de la presente invención.

5 La Figura 3 Muestra una vista posterior del sistema de generación de potencia eléctrica de la presente invención.

La Figura 4 Muestra un diagrama que muestra el funcionamiento de la rueda de Pelton, Francis, o una combinación de las dos anteriores.

10 La Figura 5 Muestra un ejemplo de la tobera convergente-divergente utilizada en la presente invención.

La Figura 6 Diagrama para cálculos de la máxima descarga.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA MODALIDAD PREFERIDA

15 El sistema de generación de potencia eléctrica que se propone en la presente invención consiste en el diseño, cálculo de dimensiones y puesta en práctica de un sistema electro-mecánico para generar potencia eléctrica a partir del viento.

Se trata de crear una novedosa tecnología para generar
20 potencia eléctrica utilizando como fuente primaria de energía al viento que funcione eficazmente bajo cualesquiera condiciones de

flujo de viento, desde flujo laminar hasta regímenes turbulentos y huracanados.

El sistema de generación de potencia eléctrica que comprende el acoplar un sistema mecánico a otro eléctrico. Los elementos del sistema en conjunto están constituidos por los siguientes elementos:

- Estructura
- Cavity de entrada
- Tobera convergente - divergente
- 10 - Jet de alta velocidad
- Turbina de impulso
- Eje de acoplamiento
- Volante de inercia
- Generador de potencia eléctrica
- 15 - Equipos de soporte mecánicos y eléctricos
- Cavity de salida
- Torre contenedora de concreto

En la Figura 1 se muestra una vista lateral del sistema para la generación de potencia eléctrica a partir del viento 100 de la presente invención en donde se ilustra la estructura metálica 101; Una aleta de orientación 102; La cavity de entrada 103; viento de

entrada 104; Una tobera convergente-divergente 105; Una zona de angostura máxima en donde se encuentra el jet de alta velocidad 106; Una turbina de impulso 107; El eje de acoplamiento 108 y la cavidad de salida 109.

5

ESTRUCTURA

La estructura 101 es el receptáculo o armazón, elaborado de cualquier material, que contiene en su interior los subsistemas mecánicos: cavidad de entrada 103, tobera convergente - divergente 105, turbina de impulso 107, eje de acoplamiento 108, y el volante de inercia. Es un módulo que posee un cierto mecanismo de orientación capaz de orientarlo en la dirección del viento. Además, de conformidad con la modalidad preferida, cada módulo de estructura 101 puede contener al menos dos de cada uno de los 10 subsistemas mecánicos antes mencionados. En la Figura 2, podemos ver una vista superior del sistema para la generación de potencia eléctrica 100 de la presente solicitud en donde se muestra la modalidad preferida y la manera en la que se encuentran dispuestos dos jets de alta velocidad 106, dos ejes de acoplamiento 108, dos 15 toberas convergentes divergentes 105, dos turbinas de impulso 107. Cabe mencionar que la presente invención no se encuentra limitada a proporcionar un par de los mencionados subsistemas dentro de la 20

estructura metálica 101, la presente invención incluye la posibilidad de acoplar varios de ellos en arreglos que pueden ser horizontales y también unos sobre otros, o en ambas formas. Asimismo, los sistemas para generación de potencia eléctrica 100 pueden ser acoplables y estar ensamblados de manera modular. En la 5 Figura 3 podemos ver la manera en la que se encuentran dispuestos los elementos del sistema 100 de manera frontal, tal como las turbinas de impulso 107, los ejes de acoplamiento 108, los volantes de inercia 301 y los generadores eléctricos 302. En la figura 4 10 podemos ver un diagrama que muestra el funcionamiento de la rueda de Pelton 200, en donde la tobera convergente- divergente 105 entrega en su parte más angosta un jet de alta velocidad 106 el cual impacta sobre los alabes 201 los cuales hacen rotar el eje de acoplamiento 108 el cual se encuentra dirigido al generador 15 eléctrico 302. En la Figura 5 se puede observar un diagrama que muestra una vista lateral de una tobera convergente-divergente 105 como la utilizada en la presente invención, en esta figura se muestra el orificio de entrada 103, el jet e alta velocidad 106, el cual se encuentra dispuesto en la parte más angosta de la tobera 20 105 y la salida 109.

A continuación, se explica el funcionamiento de cada uno de los subsistemas mencionados.

CAVIDAD DE ENTRADA

5 La cavidad de entrada 103 es el orificio frontal por donde penetra el aire 104 del exterior a cada módulo que contiene a los subsistemas eléctricos. Tiene forma cónica y constituye un dispositivo pasivo denominado Venturi que en realidad es un cono truncado. Su función es la de acelerar el aire entrante, en una

10 primera etapa; de modo que cuando la superficie cónica, más angosta se acopla a la tobera convergente divergente 105, le transmite un flujo eólico cuya velocidad es más alta que la que tiene el viento exterior en la entrada del Venturi, que es la parte más ancha del cono truncado y que forma el orificio de entrada 103 del módulo.

15 La característica importante de ese dispositivo es la de comunicar una aceleración al viento de entrada 104. En otras palabras, la misma cantidad de aire que entra al dispositivo por su superficie más ancha, tiene que salir del Venturi por su parte más angosta, pero a mayor rapidez.

20

TOBERA CONVERGENTE-DIVERGENTE

La tobera convergente-divergente 105 es un dispositivo que primero se angosta y luego se amplía, con el objetivo de que el viento procedente del Venturi se acelere aún más en esa segunda etapa; de modo que se puedan alcanzar velocidades de flujo muy altas, que incluso, pueden llegar a ser supersónicas, estas velocidades pueden ir de 138m/s a 250m/s. En términos generales, la finalidad de este subsistema es la de acelerar el viento de manera que se genere a la salida de la tobera un jet de alta velocidad 106. La tobera convergente-divergente 106 de la presente invención, juega un papel análogo a aquel del desnivel que existe en un sistema hidráulico entre la superficie del vaso de la presa y el cuarto de máquinas en donde se colocan las turbinas de impulso en los sistemas hidráulicos. Ese desnivel proporciona la energía potencial primaria que la turbina transforma en energía de movimiento o cinética, que luego es utilizada por los generadores de potencia eléctrica.

Para el caso de flujo laminar, se pueden usar una de las dos soluciones siguientes: agregar a la tobera 106 una etapa más que sea también convergente-divergente; otra, construir módulos más pequeños para utilizar esa clase de regímenes de flujo eólico; o ambas.

TURBINA DE IMPULSO

La turbina de impulso 107 es un dispositivo hidráulico en el que toda la energía primaria del viento aprovechable es convertida, por medio del subsistema anterior en energía de movimiento o
5 cinética.

TOBERA CONVERGENTE-DIVERGENTE

La tobera convergente-divergente 105 transforma a la presión atmosférica la capacidad disponible del jet de alta velocidad 106.
10 El jet 106 producido incide sobre cada una de las palas, álabes, o paletas de la turbina, que en el caso del sistema de la presente invención se utiliza una rueda de Pelton, Francis, o una combinación de los dos 200, impartándole a ese subsistema mecánico un cambio en su cantidad de movimiento, o lo que es lo mismo, un
15 cambio de momento.

Las paletas de la turbina 201 tienen la forma de una taza divisora, que tiene la misión de dividir el flujo. La taza tiene una división en el centro del modo que tenga dos cavidades. Este tipo de turbinas de impulso son llamadas ruedas de Pelton 200.

20

ACOPLAMIENTO

El acoplamiento entre el subsistema mecánico y el correspondiente al de generación de potencia eléctrica se realiza a través de un eje 108 que va desde el centro de la turbina de impulso 107 hasta el generador de potencia eléctrica 302 que se encuentra en el piso 5 de la torre. Entre la turbina de impulso 107 y el generador 302 se coloca en el eje de acoplamiento 108 un volante de inercia 301 que tiene la misión de estabilizar el sistema mecánico móvil.

VOLANTE DE INERCIA

10 El volante de inercia 301 es un elemento pasivo que únicamente aporta al subsistema mecánico una inercia adicional que adiciona energía cinética o de movimiento al subsistema. Cuando el subsistema mecánico se detiene, el volante de inercia continúa moviéndose libremente y le entrega al generador a través del eje 15 de acoplamiento, energía de movimiento adicional.

GENERADOR DE POTENCIA

El generador de potencia eléctrico 302 es el subsistema que transforma la energía de movimiento de la turbina de impulso 107 20 en energía eléctrica. Sus características son bien conocidas motivo por el que no se describen aquí. Es la parte más pesada de todo el sistema, razón por la que se le coloca en el piso de la torre. En

consecuencia, los subsistemas mecánicos que transforman la energía eólica primaria en energía cinética son más livianas, de modo que abaten los costos de la torre contiene al sistema completo.

5 EQUIPOS DE SOPORTE

Los equipos de soporte mecánicos y eléctricos son todo aquello que se usa para fijar a la torre los módulos y el equipo periférico del subsistema eléctrico, son los usuales en centrales generadoras de energía eléctrica.

10

CAVIDAD DE SALIDA

La cavidad de salida 109 tiene la misión de atenuar el ruido que produce el flujo de viento a su paso por todos los subsistemas mecánicos. Se propone que sea un elemento pasivo que se abra a la salida y tenga las características de tubo de escape como los que se usan en toda clase de vehículos de combustión interna.

TORRE CONTENEDORA

La torre contenedora de todo el sistema se puede construir como un edificio de concreto. Como el sistema ya no utiliza trenes de aspas, su altura no es muy grande y su forma sería la de una pequeña pirámide truncada en cuya superficie menor se fijan los

20

subsistemas mecánicos antes descritos; en tanto que en su interior se concentran en el piso los sistemas eléctricos.

El sistema para la generación de potencia eléctrica a partir del viento está diseñada y calculada para utilizar regímenes de vientos extremos: turbulentos, huracanados, para explotar a nivel industrial el enorme potencial eólico que tienen los diferentes regímenes de vientos; sirviendo con algunas modificaciones para flujos laminares.

Dimensionalmente, está calculado a partir de la velocidad del viento en la entrada del subsistema tobera convergente-divergente y la turbina de impulsos. Todos los cálculos están fundamentados en la dinámica de fluidos.

Es mucho menor y más ligera que los sistemas tradicionales y genera el doble de potencia eléctrica que aquellos.

Como ya no se utilizan las aspas tradicionales ni las torres de acero, su costo es notablemente menor. La torre que soporta el Venturi de entrada, el subsistema tobera convergente-divergente, turbina de impulso, volante de inercia, sistema de anclaje, eje de transmisión, sistema de orientación, etc., y cubierta de todo el módulo; se puede construir de concreto como pirámide truncada en cuya superficie superior está el módulo y en el inferior, todo

el sistema de generación de potencia eléctrica, además de los sistemas periféricos de medición y control.

Todo lo anterior reduce costos, peso y medidas. En los sistemas tradicionales la altura de la torre está determinada por el tamaño de las aspas; y la generación de potencia eléctrica por ese tamaño. Si se desea generar más potencia eléctrica, se tienen que usar aspas más grandes y torres más elevadas. Incrementando los costos enormemente, haciendo más problemático el transporte de las partes.

10 Cada módulo del sistema para la generación de potencia eléctrica a partir del viento contiene dos subsistemas independientes formados por los subsistemas antes mencionados. La parte más pesada que es todo el sistema de generación de potencia eléctrica se asienta en el piso de la mencionada pirámide truncada, por lo que el ahorro en el costo de construcción, transportación de partes, etc., se abaten drásticamente.

El anclaje del subsistema mecánico que se asienta en la cara superior de la pirámide truncada tiene que ser muy robusto porque todo el sistema sufrirá los embates de vientos extremos.

20 El problema del ruido a la salida del viento se puede resolver con el auxilio de un Venturi invertido con persianas.

Como ya no se usan aspas, se pueden utilizar sistemas de más de un módulo colocando los respectivos módulos en arreglos laterales; o también en arreglos sobrepuestos, es decir, unos encima de otros. También se pueden utilizar combinaciones de ambos
5 arreglos para una cabal explotación de los potenciales recursos eólicos de diferentes regiones.

El sistema para la generación de potencia eléctrica a partir del viento se puede instalar en casi cualquier región. En lugares remotos, colinas, en el mar, etc., utilizando para la construcción
10 de la torre materiales y mano de obra locales.

El sistema para la generación de potencia eléctrica a partir del viento presenta las siguientes ventajas:

- a. Aprovechamiento de cualquier tipo de viento.
- b. Generación muy copiosa de potencia eléctrica.
- 15 c. Costo por megawatt generado menor que en los sistemas tradicionales.
- d. Uso de materiales y mano de obra locales.
- e. Facilidad de construcción, operación y transporte de partes y equipos.
- 20 f. Creación de una tecnología novedosa de manufactura sencilla, original que puede impactar en la construcción de generadores de potencia eléctrica nacionales, así como

también en la fabricación de equipos de medición, operación y establecimiento de talleres de mantenimiento, etc.

5 OPERACIÓN DEL SISTEMA PARA LA GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA A
PARTIR DEL VIENTO

El flujo del viento 104 incide sobre la cavidad de entrada 103, penetra al sistema a través de un Venturi y sufre una primera aceleración y penetra en la tobera convergente-divergente 105 que
10 lo acelera más para que a la salida del dispositivo se proporcione un jet de alta velocidad 106. El valor de esa velocidad de salida depende de la velocidad con que entra al sistema el viento del exterior; y también de las dimensiones de las diversas secciones transversales siguientes:

15 Cavidad de entrada 103, que es la parte más ancha del Venturi
Cavidad de salida del Venturi y sección transversal de la parte convergente de la tobera 105.

Sección transversal de la parte divergente de la tobera 105.

Todas las superficies involucradas en el proceso se calcularán
20 utilizando la llamada Ecuación de Continuidad en las diversas etapas, es decir, se usa la velocidad de entrada del viento 104

para calcular la velocidad de salida del viento a la entrada de la tobera 105. Con ese valor se calcula la velocidad del jet 106.

El jet 106 incide en la rueda de Pelton 200 que está colocada horizontalmente, y golpea un alabe 201 a la vez. El cálculo de las dimensiones de la turbina 107 se realiza a partir de la
5 velocidad del jet 106.

La turbina 107 gira alrededor de sí misma y comunica la potencia mecánica al generador de potencia eléctrica 302 a través de un eje 108 que contiene al volante de inercia 301. El papel de
10 éste es el de proporcionar energía mecánica adicional al subsistema eléctrico.

Todos los cálculos se realizan a partir del jet de alta velocidad 106 utilizando sistemáticamente la ecuación de continuidad. Esto significa que todas las características de todo el equipo de
15 generación de potencia eléctrica están regidas por el potencial eólico que exista en la región de interés, por lo que el sistema es efectivo para flujos laminares, turbulentos y huracanados.

Para atenuar el ruido producido por el viento a la salida del módulo, se empleará un Venturi invertido con rendijas o persianas
20 para quitarle aceleración, es decir, si la cavidad de salida es tan grande como la de entrada, el viento prácticamente recobrará

su velocidad de entrada. Las persianas o rendijas reducen el ruido porque se espera que actúen como supresoras del ruido.

La presente invención resuelve el problema de la utilización de torres de acero muy altas, que en los sistemas tradicionales
5 son muy pesados por lo que para vientos laminares o no lo suficientemente turbulentos no funcionan, adicionalmente de que son muy costos, pudiendo ser su costo por Megawatt instalado equivalente a un 30% del costo total del equipo.

En la presente invención la torre debe hacerse de concreto
10 con materiales y mano de obra locales, en forma de pirámide truncada y de mucho menor altura que la torre de acero. Adicionalmente evita el uso del tren de aspas, que es difícil de calcular, de fabricar y transportar lo que se refleja en la reducción del costo de Megawatt instalado.

15 Los módulos de la invención aquí descrita resultan más pequeños que los sistemas generadores tradicionales por lo tanto son de menor peso, más sencillos, menor costo, y mayor generación. Para el diseño de la invención se requieren:

- a. El recurso eólico.
- 20 b. Flujos que van desde laminares, turbulentos e incluso huracanados.
- c. Sistemas mecánicos y eléctricos.

- d. Módulos más ligeros que los tradicionales.
- e. Se abaten costos por generación de Megawatt instalado.
- f. Se generan más Megawatt que en los sistemas tradicionales.
- 5 g. Los sistemas de vibración se resuelven por sistemas mecánico.

DIMENSIONAMIENTO CALCULOS Y DISEÑO DEL SISTEMA PARA LA
GENERACIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA A PARTIR DEL VIENTO

10

TURBINA DE IMPULSO

La turbina de impulso 107 es un dispositivo hidráulico en el que toda la energía aprovechable del flujo es convertida por medio de una boquilla o tobera 105 en energía cinética. La boquilla o
15 tobera 105 transforma a la presión atmosférica, la capacidad disponible en un jet de alta velocidad 106. El jet 106 incide sobre cada una de las palas 201 de la turbina 107, una a la vez, e imparte al sistema móvil un cambio de momento. Las paletas 201 de la turbina tienen la forma de una taza elíptica divisoria. Este
20 tipo de turbinas de impulso son llamadas Ruedas de Pelton 200. Teóricamente la potencia entregada por el jet 106 a la rueda de Pelton 200 está dada por la fórmula (1):

$$P = \rho Q u (v_j - u) (1 - \cos \beta)$$

La potencia entregada es máxima cuando $\frac{dP}{du} = 0$

$$[\rho Q (1 - \cos \beta)] (v_j - 2u) = 0$$

En donde ρ es la densidad de masa, Q es la descarga, $\beta \cong 165^\circ$ es
 5 el ángulo de la paleta (figura 6), v_j es la velocidad del jet 106;
 y $u = 2\pi n r$ (fórmula 3) es la velocidad lineal periférica de la
 turbina 107, en donde n es el número de revoluciones por minuto,
 r es el radio o la distancia que va del eje 108 de la turbina 107
 al centro del jet 106. Para máxima potencia está dada por la formula
 10 (4):

$$u^* = 2\pi n^* r = \frac{v_j}{2}; \text{ con } n^* = \frac{n}{60}$$

LA DESCARGA

La masa de aire que pasa en la unidad de tiempo a través de
 15 una sección transversal de la boquilla está dada por la fórmula:

$$Q = \rho v S,$$

en donde Q es la descarga, ρ la densidad de masa y v la velocidad
 del flujo del aire, y S el área de la sección transversal. El
 límite superior de esa cantidad se calcula con la siguiente
 20 fórmula:

$$Q_{m\acute{a}x} = \rho \cdot v \cdot S_{m\acute{i}n} = \sqrt{\gamma p_0 \rho_0} \left[\frac{2}{\gamma + 1} \right]^{\frac{1+\gamma}{2(\gamma-1)}} \cdot S_{m\acute{i}n}$$

En donde $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ siendo C_p y C_v los calores específicos a presión y volumen constante, respectivamente; P_0 y ρ_0 son la presión y la densidad del aire ambiental.

LA TOBERA CONVERGENTE DIVERGENTE

La tobera convergente divergente 105 es un dispositivo que en su primera sección es angosta continuamente hacia su extremo exterior, de modo que ahí es donde se localiza el área mínima de su sección transversal.

La tobera es un dispositivo que primero se angosta y luego se amplía. Es conocido como una tobera de *Laval*, y con su utilización sí se puede alcanzar una velocidad de flujo supersónica.

La máxima densidad de flujo j^* sólo se puede alcanzar en la sección trans-versal más angosta de la tobera 105 de tal manera que la descarga total no puede ser mayor que el valor $S_{m\acute{i}n} j^*$. Por otra parte, en la parte más angosta de la tobera 105 la densidad de flujo se incrementa mientras que la presión se abate. Se puede

hacer una gráfica que muestre a j como una función de p . Por definición, la densidad de flujo es:

$$j = \left(\frac{p}{p_o} \right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} p_o \rho_o \left[1 - \left(\frac{p}{p_o} \right)^{\gamma-1} \right] \right\}^{1/2}.$$

5

Con el auxilio de la relación anterior se calculan:

El límite superior de la descarga Q ,

La potencia mecánica entregada a la turbina de impulso 107,

El diámetro de la turbina de impulso 107,

10 La cavidad y la descarga de entrada.

En el sistema de generación de potencia eléctrica la dinámica de gases es de relevancia ya que la velocidad máxima se calcula con la relación y el valor de $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ para el caso del aire que

15 circula por el sistema:

$$v_{m\acute{a}s} = c_o \left(\frac{2}{\gamma-1} \right)^{1/2};$$

En donde c_o es la velocidad del sonido y para un fluido como el aire $\gamma = 1.4$.

Para calcular las superficies de las secciones rectas, se usa sistemáticamente la ecuación de continuidad. La superficie máxima de la sección recta de la cavidad de entrada se calcula mediante la fórmula:

$$5 \quad \rho_0 v_1 S_{m\acute{a}x}^e = \rho_1 v_j S_1 ;$$

Esta relación es la correspondiente a un fluido compresible. Además, v_1 es la velocidad del flujo entrante, ρ_1 la densidad de masa del jet v_j , y S_1 se refiere al área de la sección recta de salida.

10

POTENCIA ENTREGADA EN EL SISTEMA DE GENERCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA

De la ecuación:

$$P = \rho Q u (v_j - u) (1 - \cos \beta)$$

se puede obtener la potencia entregada a la rueda de Pelton 200 por el jet 106 para el caso del aire. Claramente, en esa ecuación P es la potencia mecánica por unidad de masa, es decir, $P = \rho_0 \dot{W}$.

Además,

$$1 - \cos \beta \approx 1.966$$

$$\rho_* = 0.634 \rho_0$$

$$u = \pi n d ;$$

en donde ρ_* es la densidad de masa crítica, u es la velocidad lineal periférica de la rueda de Pelton 200 y d su diámetro. En ese caso en "XX" se obtiene lo siguiente:

20

$$W_* = (0.634 \times 1.966) Q_{m\acute{a}x} [u(v_j - u)]$$

Por otra parte, de acuerdo con las relaciones, la potencia máxima se obtiene de la siguiente manera:

$$W_{*m\acute{a}x} = 1.246 \times 0.261 \times 10^3 u^2 S_{m\acute{i}n}$$

- 5 En consecuencia, en la parte más angosta del dispositivo se tiene que:

$$W_{*m\acute{a}x} = 0.325 \times 10^3 u^2 S_{m\acute{i}n}$$

EJEMPLO

- 10 Para las siguientes condiciones:

$$u_e^m = 25 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$$

$$v_* = 122.6 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$$

$$v_j^m = 138 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$$

$$d = 2.22 \text{ m}$$

- 15 $n = 595 \text{ rpm}$

A estas condiciones se tiene que la potencia elétrica generada es de:

$$W_{m\acute{a}x}^m = 0.32 \text{ Mw}$$

La cavidad de entrada tiene la siguiente superficie máxima:

- 20 $S_{m\acute{a}x}^m = 0.69 \text{ m}^2$;

en tanto que la descarga de entrada es:

$$Q_{m\acute{a}x}^m = 180 \text{ kgr} \cdot \text{seg}^{-1}$$

Finalmente, la superficie de salida de la tobera convergente-divergente es:

5 $S_1^m = 0.25 \text{ m}^2$

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de generación de potencia eléctrica a partir del viento que acopla un sistema mecánico a otro eléctrico en donde Los elementos del sistema en conjunto están constituidos por los siguientes subsistemas:
- a. Estructura
 - b. Cavidad de entrada
 - c. Tobera convergente - divergente
 - 10 d. Jet de alta velocidad
 - e. Turbina de impulso
 - f. Eje de acoplamiento
 - g. Volante de inercia
 - h. Generador de potencia eléctrica
 - 15 i. Equipos de soporte mecánicos y eléctricos
 - j. Cavidad de salida
 - k. Torre contenedora de concreto

Caracterizado porque el sistema está calculado a partir de la velocidad del viento en la entrada del subsistema tobera convergente-divergente y la turbina de impulsos y la potencia eléctrica generada está definida por la fórmula:

20

$$W_s = (0.634 \times 1.966) Q_{max} [u(v_j - u)]$$

2. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la estructura es el receptáculo que contiene los subsistemas mecánicos: cavidad de entrada, tobera convergente - divergente, turbine de impulso, eje de acoplamiento, volante de inercia.
- 5
3. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque cada módulo contiene por duplicado cada uno de los subsistemas mecánicos permite el acoplamiento de varios subsistemas mecánicos en arreglos que pueden ser horizontales, así como uno sobre otro, o en una combinación de ambas formas.
- 10
4. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la cavidad de entrada es el orificio frontal por donde penetra el aire del exterior; tiene forma cónica y es un dispositivo pasivo denominado Venturi.
- 15
- 20

5. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque la cavidad. Tiene como función acelerar el aire entrante, en una primera etapa. Posteriormente la superficie cónica, más angosta se acopla a la tobera convergente divergente, transmitiéndole un flujo eólico cuya velocidad es más alta que la que tiene el viento exterior en la entrada del Venturi.
6. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque la misma cantidad de aire que entra al dispositivo por su superficie más ancha, tiene que salir del Venturi por su parte más angosta, a mayor velocidad.
7. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la tobera convergente-divergente es un dispositivo que primero se angosta y luego se amplía, con el objetivo de que el viento procedente del Venturi se acelere.
8. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque en la tobera convergente-divergente la velocidad del aire

se ve incrementada alcanzando velocidades de flujo entre los 138m/s a 250m/s.

5 9. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque la finalidad de la tobera convergente-divergente es la de generar a la salida de la tobera un jet de alta velocidad.

10 10. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque en el caso de flujo laminar, agregar a la tobera una etapa más que sea también convergente - divergente.

15 11. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la turbina de impulso es un dispositivo hidráulico en el que toda la energía primaria del viento aprovechable es convertida en energía de movimiento o cinética.

20 12. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la tobera convergente-divergente transforma a la presión atmosférica la capacidad disponible del jet de alta velocidad.

13. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque el jet producido incide sobre cada una de las palas, álabes, o paletas de la turbina, impartándole un cambio en su cantidad de movimiento o un cambio de momento.

14. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el eje de acoplamiento une el sistema mecánico que va desde el centro de la turbina de impulso hasta el generador de potencia eléctrica mediante un volante de inercia.

15. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque el volante de inercia es un elemento pasivo que aporta al subsistema mecánico una inercia adicional que añade energía cinética.

16. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el generador de potencia eléctrico es el subsistema que transforma la energía de movimiento de la turbina de

impulso en energía eléctrica, y se encuentra colocado en el piso.

5 17. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la cavidad de salida tiene la misión de atenuar el ruido que produce el flujo de viento.

10 18. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la torre contenedora de concreto es una estructura de concreto su altura no es muy grande y su forma es de una pirámide truncada en cuya superficie menor se fijan los subsistemas mecánicos y en su interior se concentran en el piso los sistemas eléctricos.

15 19. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el flujo del aire que pasa a través de la tobera convergente - divergente está dado por la fórmula:

$$j = \left(\frac{p}{p_o} \right)^{1/\gamma} \left\{ \frac{2\gamma}{\gamma-1} p_o \rho_o \left[1 - \left(\frac{p}{p_o} \right)^{\gamma-1} \right] \right\}^{1/2} .$$

20. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 19, caracterizado porque el cálculo de:

El límite superior de la descarga Q

5 La potencia mecánica entregada a la turbina de impulso

El diámetro de la turbina de impulso

La cavidad y la descarga de entrada

generado en la tobera convergente - divergente está dado por la fórmula:

10

$$Q_{m\acute{a}x} = \rho_* v_* S_{min} = \sqrt{\gamma p_o \rho_o} \left[\frac{2}{\gamma + 1} \right]^{\frac{1+\gamma}{2(\gamma-1)}} \cdot S_{min}$$

21. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 19, caracterizado porque en el sistema de generación de potencia eléctrica la velocidad máxima se calcula con la fórmula:

15

$$v_{m\acute{a}x} = c_o \left(\frac{2}{\gamma - 1} \right)^{1/2} ;$$

22. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el cálculo de la potencia entregada por el jet a la rueda de Pelton en la turbina de impulso está dado por la fórmula:

5
$$P = \rho Qu (v_j - u) (1 - \cos \beta)$$

23. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el flujo del viento incide sobre la cavidad de entrada, a través de un Venturi y sufre una primera aceleración y
10 penetra en la tobera convergente-divergente que lo acelera más para que a la salida del dispositivo se tenga un jet de alta velocidad. El valor de la velocidad de salida depende de la velocidad con que entra al sistema el viento del exterior; y también de las dimensiones de las diversas
15 secciones transversales siguientes:

Cavidad de entrada, que es la parte más ancha del Venturi

Cavidad de salida del Venturi y sección transversal de la parte convergente de la tobera

20 Sección transversal de la parte divergente de la tobera

24. Un sistema de generación de potencia eléctrica de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque

40

el sistema opera con flujos laminares, turbulentos y huracanados.

25. Un sistema de generación de potencia eléctrica de
5 conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque
el sistema puede ser utilizado tanto en tierra como en el
océano.

10

15

20

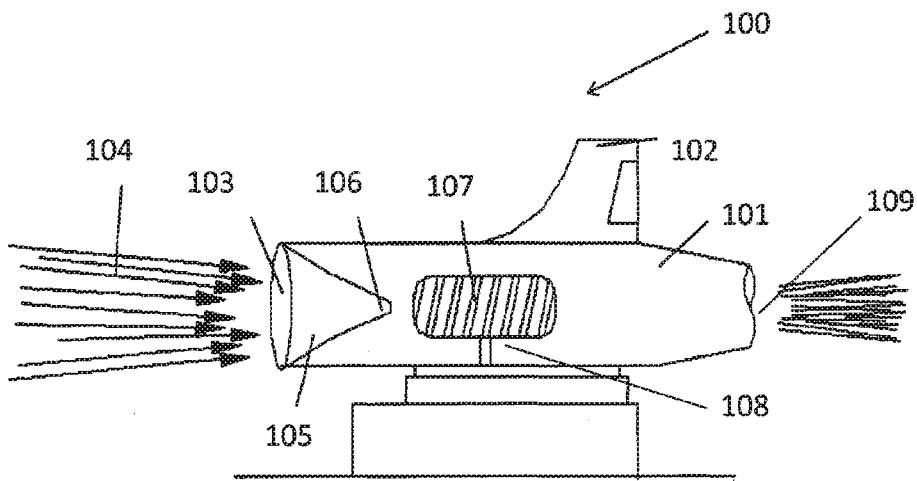


Fig. 1

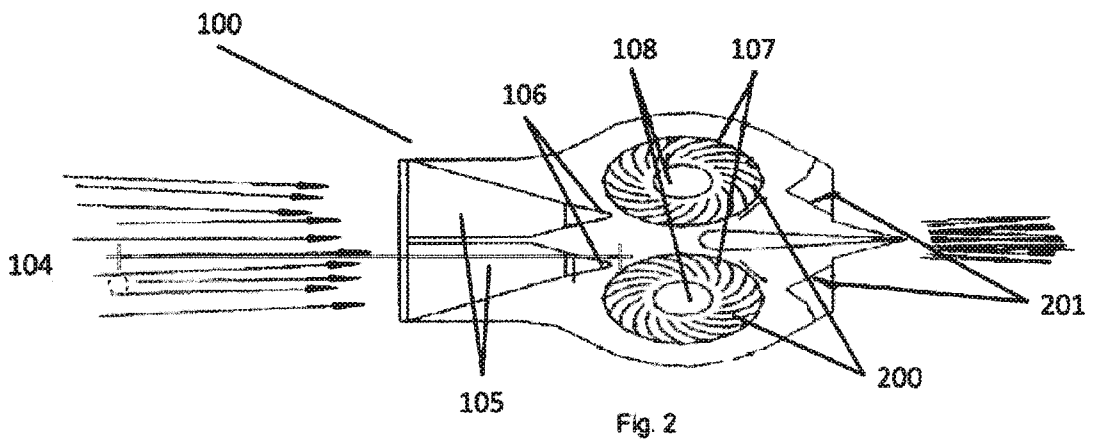


Fig. 2

2/3

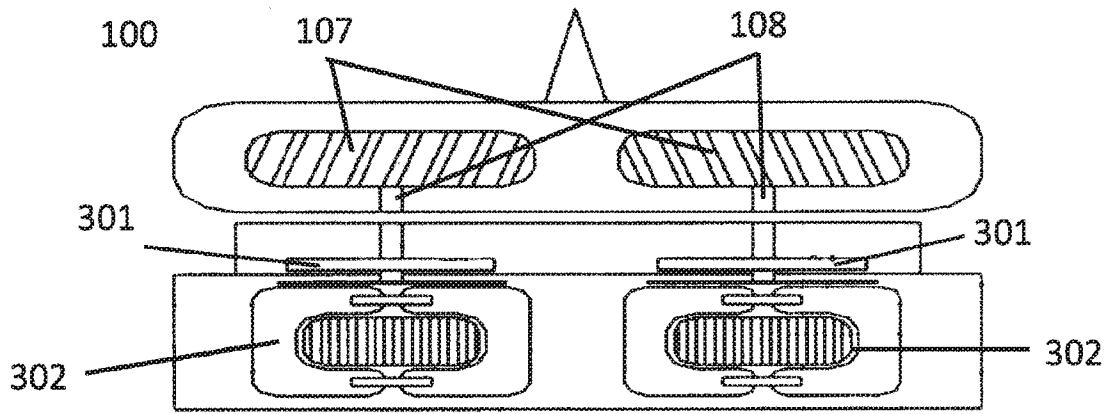


Fig. 3

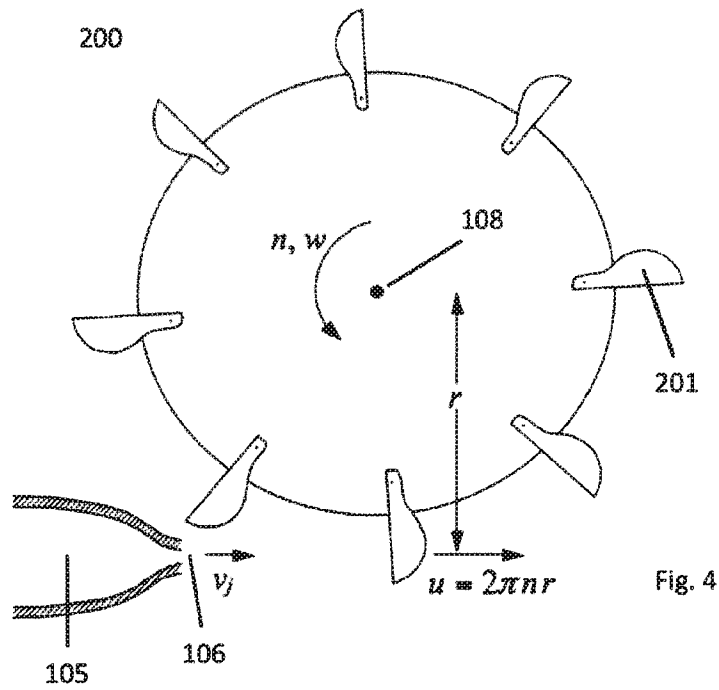


Fig. 4

