

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 371**

51 Int. Cl.:

F03B 3/12 (2006.01)

F03B 3/02 (2006.01)

F03B 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.04.2015 PCT/CA2015/050367**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2016 WO16011537**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.04.2015 E 15824635 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019 EP 3172431**

54 Título: **Turbina Francis con álabe corto y banda corta**

30 Prioridad:

23.07.2014 US 201462027910 P

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

28.11.2019

73 Titular/es:

**ANDRITZ HYDRO CANADA INC. (100.0%)
6100 Trans-Canada Hwy
Pointe-Claire, QC H9R 1B9, CA**

72 Inventor/es:

VON FELLEBERG, SVEN

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 733 371 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

Turbina Francis con álabe corto y banda corta

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a las turbinas Francis hidráulicas. La invención se refiere particularmente a los álabes y a una banda de un rodete de una turbina Francis.

10 Antecedentes de la divulgación

La figura 1 muestra una turbina 1 hidráulica Francis convencional configurada para transformar energía hidráulica en par de torsión para accionar un generador eléctrico (no mostrado). Normalmente fluye agua a través de una caja 2 espiral en un distribuidor 13 que rodea un rodete 3 rotatorio de la turbina 1. El distribuidor 13 puede tener paletas 132 fijas y paletas 130 directrices. Fluye agua hacia el interior del rodete en un movimiento generalmente en espiral a lo largo de una dirección horizontal dentro de una turbina que tiene un eje vertical. La velocidad de rotación del agua acciona el rodete para que gire alrededor del eje. A medida que el agua fluye a través del rodete, se hace girar la componente de transporte del agua desde un flujo horizontal hasta un flujo de salida generalmente vertical. Desde el rodete, fluye agua al interior de un cono vertical del tubo 5 de aspiración por debajo del rodete.

En el caso de que una turbina tenga un eje horizontal, el agua fluye hacia el interior del rodete en un movimiento generalmente en espiral. La velocidad de rotación del agua acciona el rodete para que gire alrededor del eje. A medida que el agua fluye a través del rodete, se hace girar el agua hasta un flujo de salida generalmente horizontal. Desde el rodete, fluye agua al interior de un cono horizontal del tubo de aspiración aguas abajo desde el rodete.

El rodete 3 de una turbina Francis incluye normalmente una corona 6 que tiene una superficie de revolución que se extiende hacia la banda 8 a lo largo de un eje 11 del rodete 3, y álabes 7 que se extienden hacia fuera desde la superficie de revolución de la corona 6 hasta una banda 8 anular. Cada álabe 7 tiene un borde de ataque y un borde de salida. Los extremos de estos bordes confluyen con la corona 6 y la banda 8. El rodete 3 puede estar ubicado por encima de un anillo 22 de base en la turbina.

El agua entra en el rodete 3, fluye alrededor de los bordes de ataque de los álabes, fluye entre los álabes y pasa por los bordes de salida de los álabes, después fluye al interior del tubo 5 de aspiración.

La velocidad del agua es generalmente más rápida cerca de la banda que cerca de la corona en el rodete. El flujo de agua de alta velocidad da como resultado una fricción hidráulica relativamente alta en y cerca de la banda lo que reduce la eficiencia de la turbina, dado que una parte de la energía se pierde por fricción. El agua a alta velocidad también provoca baja presión estática en el rodete. La baja presión puede provocar la formación de burbujas de cavitación que pueden dañar las superficies de los álabes, la banda y la corona.

En el campo de turbinas hidráulicas, la banda de rodete también se conoce como disco de refuerzo o anillo. La corona también se conoce como cubo. El borde de ataque de un álabe también se conoce como borde de entrada o borde de flujo de entrada. El borde de salida de un álabe también se conoce como borde de fuga o borde de flujo de salida de un álabe de rodete. Está divulgación puede usar los términos indistintamente en referencia a los diferentes componentes del rodete.

Las figuras 2 y 3 son vistas laterales y desde abajo, respectivamente, de un rodete 9 de turbina Francis convencional a modo de ejemplo que rota en el sentido (R) alrededor de un eje 11 de rotación del rodete 9. El rodete 9 incluye una disposición anular de álabes 10 de rodete, una banda 12 anular y una corona 14. El rodete 9 rota en sentido horario cuando se observa desde la corona 14. La corona 14 tiene una superficie de revolución que está enfrentada normalmente a la banda 12 a lo largo del eje 11 de rotación. Una abertura 23 en la corona 14 es coaxial con el eje 11 y puede recibir un árbol para un generador.

La figura 2 muestra los extremos 18 de los álabes 10 superpuestos con la banda 12 con propósitos de ilustración. Los extremos de los álabes 10 confluyen, por ejemplo, soldándolos, con la banda 12, pero es necesario que se extiendan a través de la banda 12. Los extremos 18 de los álabes 10 pueden no ser visibles a través de la banda 12 en una realización práctica del rodete 9.

Los álabes 10 se disponen en una disposición anular entre la banda 12 y la corona 14 del rodete 9. Los álabes 10 dirigen agua desde la caja 2 espiral para que fluya entre la banda y la corona y al interior del tubo 5 de aspiración tal como se muestra en la figura 1.

Cada álabe 10 tiene una forma similar que se extiende como una curva desde el borde 16 de ataque hasta el borde 20 de salida. El borde 16 de ataque está en la entrada al rodete 9 y el borde 20 de salida está en la salida. Se trazan pseudolíneas 17, 19 de corriente en la imagen de los álabes 10 para ilustrar la forma de los álabes 10. Se muestran pseudolíneas 17 de corriente continuas en el lado de succión de los álabes 10, y se muestran pseudolíneas 19 de

corriente discontinuas en el lado de presión de los álabes 10. Los lados de succión de los álabes 10 están enfrentados al sentido de rotación (R) del rodete, y los lados de presión están enfrentados alejándose del sentido de rotación (R). Cada pseudolínea 17, 19 de corriente se traza en la superficie del álabe 10 desde el borde 16 de ataque hasta un borde 20 de salida.

Cada álabe 10 tiene cuatro esquinas P, Q, S y T. Dos esquinas P y S del extremo 21 de álabe hacen tope contra la corona 14 y dos esquinas Q y T hacen tope contra la banda 12. Las esquinas P, S hacen tope contra la superficie exterior de la corona 14. La esquina P está cerca de la región aguas arriba de la corona 14 y la esquina S está en la región 25 aguas abajo de la corona 14. Las esquinas Q y T del extremo 18 de álabe hacen tope contra la banda 12, estando ubicada la esquina Q cerca de un primer reborde de la banda 12 y estando la esquina T cerca de un segundo reborde de la banda 12.

La superficie exterior de la corona 14 soporta los extremos 21 de los álabes 10. Los extremos 21 pueden confluir con la corona 14 tal como mediante soldadura. La corona 14 puede tener una abertura interna para recibir un árbol de accionamiento. Una porción 24 de la superficie exterior de la corona 14 se extiende más allá de las esquinas S de los álabes 10 en el sentido a favor de la corriente. La porción 24 de la corona 14 está enfrentada al tubo 5 de aspiración.

La banda 12 es una estructura anular que soporta los extremos 18 de los álabes 10. La banda 12 puede tener una curvatura que se curva hacia el eje 11 del rodete 3 de turbina. La curvatura se ajusta a los bordes 18 de los álabes 10. La banda tiene una longitud (L) y un diámetro (D). La longitud (L) es una distancia medida entre la base 15 del distribuidor 13 y el borde T de salida en la banda 8. El diámetro (D) es un diámetro de salida del rodete 3, que es un diámetro de la banda 12 en la confluencia con el borde T de salida. Una longitud de banda normalizada, denominada una "relación de longitud de banda" en el contexto de esta divulgación, puede caracterizarse por la relación entre su longitud y su diámetro mínimo (L/D).

Los rodetes convencionales tienen una relación de longitud de banda de al menos el 17% (0,17). Estos se denominan rodetes largos en el contexto de esta solicitud.

En el contexto de esta solicitud, los rodetes denominados rodetes cortos tienen una relación de longitud de banda menor del 17% (0,17). Se han probado los rodetes cortos en el pasado, pero experimentaban graves daños por cavitación que dañaban el rodete y reducían su eficiencia hidráulica. La cavitación es habitualmente menos excesiva en los rodetes de banda larga con álabes largos. La creencia general es que las bandas y los álabes deben ser largos para evitar la cavitación.

La longitud aumentada de los álabes y la banda en un rodete largo aumentan la masa del rodete. La eficiencia hidráulica del rodete largo se ve mermada debido al aumento de las pérdidas por fricción hidráulicas debidas a las áreas superficiales mojadas aumentadas de los álabes largos y de la banda. Los esfuerzos para reducir la cavitación en un rodete y mejorar por lo demás el rendimiento del rodete se divulgan en las patentes estadounidenses 6.135.716 y 4.479.757. Aún existe la necesidad de mejorar el rendimiento del rodete y reducir la cavitación en un rodete.

El documento US 6.135.716 mencionado anteriormente divulga un rodete de turbina hidráulica Francis según los preámbulos de las reivindicaciones 1 y 4.

Se conoce, a partir del documento US 8.506.244, un generador de energía hidráulica de agua fluyente.

Sumario de la divulgación

La presente invención proporciona un rodete de turbina hidráulica Francis tal como se describe en la reivindicación 1 y/o en la reivindicación 4.

Se ha diseñado un rodete corto que tiene álabes cortos con bordes de ataque adelantados. El rodete corto tiene menos área superficial mojada en comparación con un rodete largo, lo que da como resultado una fricción hidráulica reducida y un rendimiento mejorado. El rodete corto puede tener una banda o puede ser sin banda (sin disco de refuerzo).

En un borde de ataque adelantado, el borde de ataque confluye con la banda antes de donde el borde de ataque confluye con la corona en el sentido de rotación del rodete. Un borde de ataque adelantado también puede denominarse borde de ataque invertido.

Un borde de ataque adelantado desplaza la carga de presión de un álabe hacia la corona y lejos de la banda. Carga se refiere a la fuerza hidráulica aplicada a las diversas posiciones en la superficie de un álabe como resultado de la diferencia de presión entre el lado de presión y el de succión. Debido al desplazamiento de carga, los álabes están cargados más uniformemente entre la banda y la corona.

El desplazamiento de la carga del álabe lejos de la banda reduce el riesgo de cavitación en la banda y en las superficies de los álabes cerca de la banda. Al reducir el riesgo de cavitación, un álabe corto se vuelve práctico. Pueden seleccionarse otros parámetros del álabe, tales como el grosor del álabe y la distribución de los ángulos de álabe, para reducir el riesgo de cavitación y el riesgo de daño al rodete debido a la cavitación.

La combinación de álabes cortos que tienen bordes de ataque adelantados da como resultado un rodete corto con una fricción hidráulica reducida en comparación con un rodete largo convencional. El riesgo de cavitación en el rodete corto está dentro de unos niveles aceptables. El rodete corto tiene menos peso que un rodete largo convencional, lo que da como resultado menores costes de materiales y coste de producción para fabricar el rodete.

Los bordes de salida de un álabe corto pueden invertirse. Un borde de salida invertido tiene una curvatura que se curva hacia el borde de ataque del álabe. La curvatura se extiende a lo largo de toda la longitud del borde de salida desde la banda hasta la corona de un rodete. Un borde de salida invertido reduce la longitud del álabe a lo largo de las pseudolíneas 17, 19 de corriente, especialmente en las regiones a la mitad de la envergadura del álabe. El acortamiento de la longitud de los álabes reduce el área superficial mojada de los álabes y, por tanto, reduce la fricción hidráulica.

El rodete corto puede usarse para sustituir un rodete existente, especialmente cuando hay poco espacio disponible en una turbina hidráulica existente en el que insertar el rodete. El rodete corto también permite que los nuevos diseños de montaje de turbina tengan un tamaño reducido y menores costes de material y de producción que los tamaños y los costes para producir una turbina convencional.

Un rodete corto puede incluir una banda, una corona, una disposición de álabes cortos que tienen bordes de ataque adelantados, y una relación de longitud de banda menor del 17% (0,17). Además, los bordes de salida de los álabes pueden invertirse, es decir, están curvados hacia el borde de ataque entre la corona y la banda.

Un rodete de turbina sin banda (sin disco de refuerzo) puede incluir una corona, una disposición de álabes cortos que tienen bordes de ataque adelantados, y una periferia exterior del rodete que tiene una relación de longitud de periferia menor del 17% (0,17). Además, también pueden invertirse los bordes de salida de los álabes.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista lateral, mostrada en sección transversal parcial, de una turbina Francis vertical convencional que tiene un distribuidor con paletas fijas y paletas directrices, un rodete, un tubo de aspiración y una caja espiral.

La figura 2 es una vista lateral de una ilustración esquemática de un rodete convencional para una turbina Francis.

La figura 3 es una vista desde abajo del rodete convencional.

La figura 4 es una vista lateral de una ilustración esquemática de un rodete corto que tiene una banda corta y álabes cortos.

La figura 5 es una vista desde abajo del rodete corto mostrado en la figura 4.

La figura 6 es una vista desde arriba del rodete mostrado en la figura 4 en la que se muestra la corona en líneas discontinuas con propósitos de ilustración de los álabes.

La figura 7 es una vista en perspectiva de un álabe de rodete corto que muestra el borde de ataque, en la que se trazan pseudolíneas de corriente en la superficie del álabe.

La figura 8 es una vista en perspectiva del álabe de rodete mostrado en la figura 7, y proporciona una vista de arriba a abajo del álabe.

La figura 9 es una vista en perspectiva del álabe de rodete mostrado en la figura 7, y proporciona una vista del borde de salida.

La figura 10 es una vista meridional de un álabe de rodete corto.

La figura 11 es una vista en perspectiva del lado y la base de otra realización de un rodete corto.

La figura 12 es una vista en sección transversal del rodete corto mostrado en la figura 11.

La figura 13 es una vista en perspectiva del lado y la base de otra realización de un rodete corto que tiene un borde de salida invertido.

La figura 14 es una vista en sección transversal del rodete corto mostrado en la figura 13.

La figura 15 es una gráfica que compara las eficiencias hidráulicas de un rodete corto y un rodete largo convencional.

5 Descripción detallada de los dibujos

Las figuras 4 y 5 ilustran un rodete 26 corto para una turbina Francis con álabes 30 que tienen un borde de ataque adelantado. El rodete 26 corto rota en el sentido (R) alrededor de un eje 28. La relación de longitud de banda (L/D) es menor del 17% (0,17) y puede ser menor del 15% (0,15) y estar en un intervalo del 11% al 7% (de 0,11 a 0,07).

El rodete 26 corto incluye una disposición anular de álabes 30 de rodete, una banda 32 anular y una corona 34. El sentido (R) es en sentido horario cuando se observa el rodete 26 desde la corona 34. La corona 34 puede tener una superficie de revolución que se extienda hacia la banda 32 a lo largo del eje 28 del rodete 26. Cada álabe 30 incluye un borde 36 de ataque y un borde 40 de salida.

Los bordes 36 de ataque están en la entrada aguas arriba del rodete 26 y están aguas abajo de la caja espiral y el distribuidor para agua u otro fluido hidráulico. Los bordes 40 de salida están en el extremo aguas abajo del rodete 26 y están enfrentados a un tubo de aspiración que puede estar aguas abajo del rodete 26. Se muestran pseudolíneas 17 de corriente continuas en la ilustración del lado de succión de álabe, y se muestran pseudolíneas 19 de corriente discontinuas en la ilustración del lado de presión de álabe. Las pseudolíneas 17, 19 de corriente son con propósitos de ilustración, y ni indican la estructura en las superficies de los álabes, ni representan líneas de corriente reales.

Se fija un primer borde 33 de cada álabe 30 a la superficie exterior de la corona 34 y se fija un segundo borde 38 a una superficie interior de la banda 32. Las esquinas P, S del primer borde 33 están en la región aguas arriba y en la región aguas abajo, respectivamente, de la superficie exterior de la corona. Las esquinas Q, T están en las regiones aguas arriba y aguas abajo de la banda 32, respectivamente.

La longitud L de banda es corta en comparación con bandas convencionales. Para albergar la longitud L de banda más corta, se ha acortado la longitud del álabe a lo largo del borde 38. Una comparación de las figuras 2 y 4 muestra que la longitud L de banda y la longitud del borde 38 de los álabes 30 del rodete 26 corto son más cortas que los álabes 10 del rodete 9 largo.

La curvatura del álabe 30, tal como se representa por medio de las pseudolíneas 19 de corriente discontinuas y las pseudolíneas 17 de corriente continuas, tiene las proporciones para albergar un borde 38 corto y una banda 32 corta.

La figura 6 ilustra el borde 36 de ataque adelantado de cada álabe 30. En un borde 36 de ataque adelantado, la esquina Q del borde en la banda 32 está de manera angular frente a la esquina P en la corona 34, en el sentido de rotación R del rodete. Un ángulo de inclinación (θ) es el ángulo entre las esquinas Q y P del borde 36 de ataque del álabe 30 que se mide desde el eje 28 del rodete 26 corto hacia las esquinas Q y P. Existe un ángulo de inclinación positivo cuando la esquina P está delante de la esquina Q en el sentido de rotación R. Un ángulo de inclinación negativo ($\theta < 0^\circ$), tal como se muestra en la figura 6, indica un borde de ataque adelantado.

Una confluencia Q de borde de ataque adelantado desplaza la carga hidráulica del álabe lejos de la banda 32 y hacia la corona 34. Este desplazamiento reduce la carga hidráulica cerca de la banda 32 y reduce de ese modo el riesgo de cavitación en la banda 32 y las porciones de los álabes 30 cerca de la banda 34. El desplazamiento de la carga hidráulica hacia la corona 34 proporciona también una carga más uniforme a lo largo de la envergadura del álabe 30.

Las figuras 7, 8 y 9 son vistas de un álabe 30 en el rodete 26 corto desde diferentes puntos de vista. El álabe 30 puede observarse que tiene forma de "V" en la vista mostrada en la figura 7, observada formando un ángulo que apunta hacia el lado de succión del álabe 30. El borde 33 del álabe 30 se une a la corona y el borde 38 se une a la banda. Las esquinas P, Q, S y T del álabe corresponden a las esquinas que se muestran en las figuras 4, 5 y 6.

La figura 10 es una vista meridional de un rodete corto para ilustrar el borde 36 de ataque y el borde 40 de salida del álabe 30, mostrado en las figuras 7 a 9. El borde 33 del álabe 30 se muestra haciendo tope contra una línea 42 de perfil que representa la superficie exterior de la corona 34. El borde 38 opuesto del álabe 30 hace tope contra una línea 44 de perfil de la superficie interior de la banda. El eje vertical (Z) de la gráfica representa el eje de rotación y el radio horizontal (r) representa la distancia desde el eje 28 del rodete hasta la confluencia del borde de salida con la banda (punto T).

Resulta evidente una inversión del borde 40 de salida en el álabe 30 corto desde la curvatura del borde 40 de salida en comparación con una línea 46 recta entre las esquinas de S y T del borde de salida. El borde 40 de salida tiene una forma que se curva hacia el borde 36 de ataque del álabe 30. En contraste con el borde de salida invertido, un borde 20 de salida convencional (mostrado en líneas discontinuas en la figura 10) se curva alejándose del borde 36

de ataque y, por tanto, se arquea hacia fuera alejándose de la línea 46 recta.

El borde 40 de salida invertido acorta la longitud del álabe 30, particularmente en la región a la mitad de la envergadura (M) del álabe. El acortamiento del álabe 30 reduce el área superficial mojada del álabe 30 y, por tanto, reduce la fricción hidráulica entre los álaves 30 y el agua. La fricción reducida aumenta la eficiencia de la turbina Francis para transformar la energía del agua en par de torsión aplicado al árbol.

El área superficial mojada total del rodete corto puede reducirse en comparación con el área superficial mojada de un rodete largo convencional en un quince por ciento (15%) o más. La reducción del área superficial mojada del rodete corto se debe a la banda más corta y a los álaves más cortos en comparación con un rodete largo convencional. La reducción del área superficial mojada se vuelve incluso mayor, por ejemplo, más de un veinte por ciento (20%), invirtiendo los bordes de salida de los álaves en el rodete corto.

Puede cuantificarse la fricción superficial hidráulica midiendo el esfuerzo cortante en las superficies mojadas de un rodete. El esfuerzo cortante en las superficies es el resultado de la fricción entre el agua que fluye por las superficies mojadas del rodete, y la superficie del rodete. La reducción del área superficial reduce el área en la que el agua produce esfuerzo cortante para crear fricción hidráulica. El área superficial mojada reducida de un rodete corto puede reducir el esfuerzo cortante hidráulico integrado por la superficie en un treinta por ciento (30%) o más en comparación con un rodete largo. Al reducir la cantidad de esfuerzo cortante hidráulico, se reducen las pérdidas de energía debidas a fricción y, por tanto, puede transformarse más energía en par de torsión para accionar el árbol del rodete.

Las figuras 11 y 12 muestran otra realización de un rodete 48 corto. El rodete 48 se adapta para recibir un árbol 60. Cada uno de los álaves 50 tiene un borde 52 de ataque adelantado con esquinas P y Q. El borde 54 de salida de cada álabe 50 se muestra que tiene una curvatura que se curva alejándose del borde 52 de ataque. El extremo aguas abajo de la corona 56 es perpendicular al eje 28 del rodete 48. La banda 62 puede tener una superficie cilíndrica exterior que está escalonada para ajustarse a un anillo de base estacionario en la turbina Francis.

Las figuras 13 y 14 muestran otra realización de un rodete 64 corto que es similar al rodete 48 corto mostrado en las figuras 11 y 12, excepto por el borde 66 de salida. El borde 66 de salida del rodete 64 corto está invertido como resulta evidente desde el borde curvo entre los bordes T y S del borde 66 de salida que se curva hacia el borde 52 de ataque.

La figura 15 es una comparación gráfica de la eficiencia hidráulica de un rodete largo convencional con la de un rodete corto tal como los rodetes 26, 48 y 64. La eficiencia en el eje y se normaliza con la eficiencia máxima del rodete largo convencional. La descarga en el eje x se normaliza con la descarga en la eficiencia máxima. La eficiencia 68 de rendimiento de del rodete corto es sistemáticamente mayor que la eficiencia 70 de rendimiento de un rodete largo convencional. La eficiencia se define como la relación entre la energía que se transforma en par de torsión en el árbol, y la energía que entra en el sistema hidráulico en la entrada de la caja espiral menos la energía que abandona el sistema hidráulico en la salida del tubo de aspiración.

El rodete corto también puede usarse en una turbina horizontal. Un rodete corto para una turbina horizontal tendría en su lugar un eje horizontal como el eje de un rodete. Un rodete corto puede rendir de tal manera que las ventajas de un rodete corto en una turbina vertical también se observan en una turbina horizontal.

Además, los rodetes sin banda (sin disco de refuerzo) pueden tener un álabe corto y un borde de ataque adelantado. Los rodetes sin banda pueden usarse en las turbinas Francis y Kaplan. El borde de ataque adelantado de un rodete sin banda puede definirse como que tiene un borde de ataque en la periferia exterior del rodete que está antes de donde el borde de ataque confluye con la corona en el sentido de rotación del rodete sin banda.

Un rodete sin banda corto tiene una relación de longitud de periferia del rodete que es menor del 17% (0,17). La relación de longitud de periferia (L/D) es una relación entre una longitud (L) que es una distancia medida entre un distribuidor inferior del rodete y un punto del borde de salida en la periferia exterior del rodete, y un diámetro (D) que es un diámetro de salida del rodete sin banda, que es un diámetro del rodete en una periferia exterior del rodete.

Los bordes periféricos exteriores de los álaves cortos en el rodete sin banda pueden adaptarse para estar enfrentados a una superficie de un anillo de base de una caja estacionaria, y los álaves pueden adaptarse para no permitir que fluya agua entre el borde periférico del álabe y la superficie de la caja estacionaria. Por ejemplo, los bordes periféricos exteriores de los álaves cortos pueden formar un sellado contra una superficie estacionaria. El rodete corto sin banda tiene ventajas similares a las del rodete corto con una banda.

Las ventajas de un rodete corto en una turbina pueden incluir, y no están limitadas a, proporcionar un rodete más ligero, reducir la fricción hidráulica, aumentar la eficiencia hidráulica y mantener un comportamiento aceptable frente a la cavitación.

Aunque se ha descrito la invención en relación con lo que se considera actualmente que es la realización más

práctica y preferida, ha de entenderse que la invención no se limitará a la realización divulgada, sino que por el contrario, está previsto que cubra diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del alcance de la invención tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

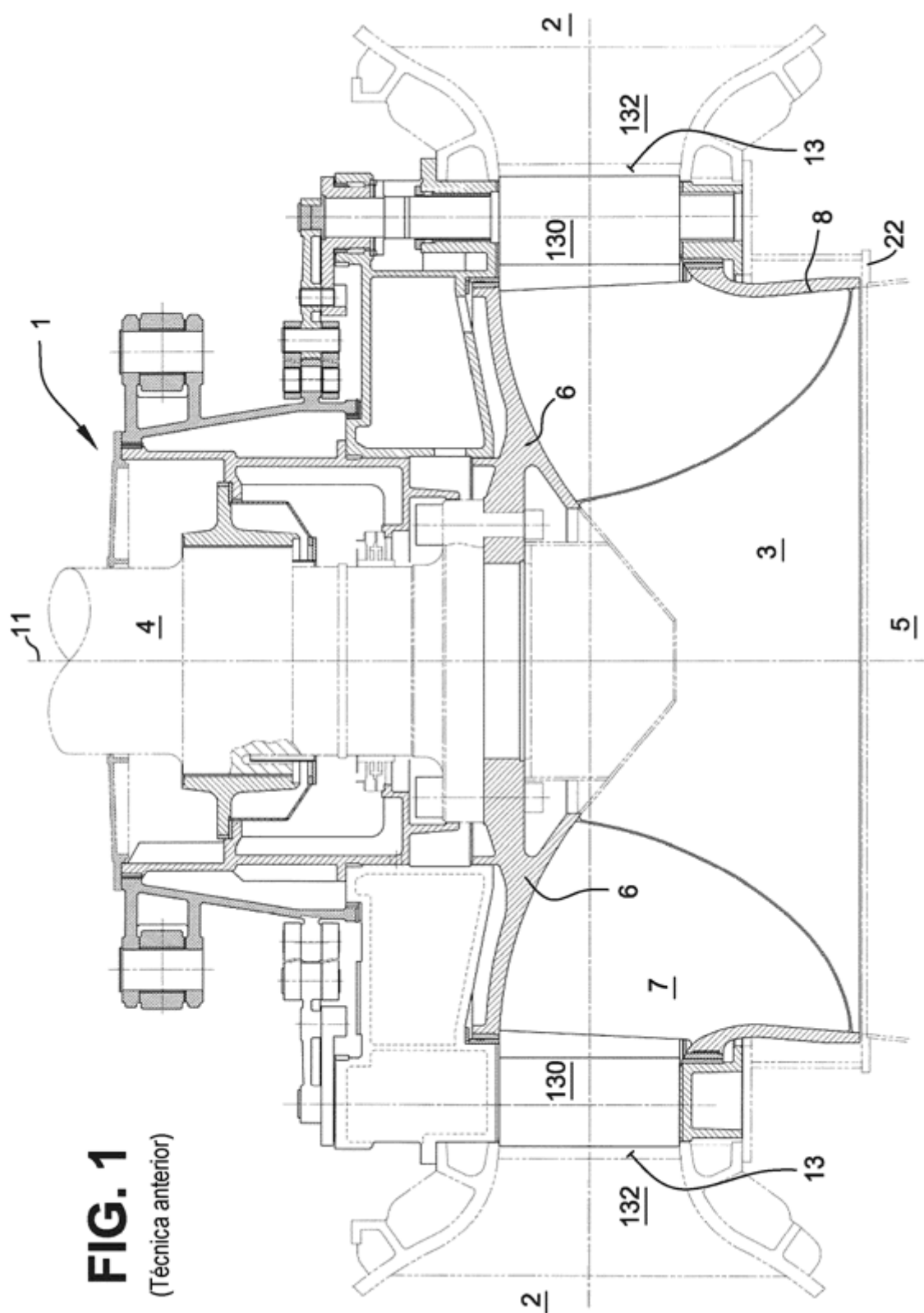
REIVINDICACIONES

1. Rodete (26, 48, 64) de turbina hidráulica Francis, que comprende:
5 una banda (32, 62);
una corona (34, 56); y
10 álabes (30, 50) de rodete que se extienden desde la corona (34, 56) hasta la banda (32, 62);
caracterizado porque
15 para cada uno de los álabes (30, 50) de rodete, una confluencia (Q) entre un borde (36, 52) de ataque del
álabe (30, 50) de rodete y la banda (32, 62) precede a una confluencia (P) entre el borde (36, 52) de ataque
con la corona (34, 56) en un sentido de rotación (R), y
20 el rodete (26, 48, 64) tiene una relación de longitud de banda (L/D) no mayor del 17% (0,17), en el que la
relación de longitud de banda (L/D) es una relación entre una longitud (L) y un diámetro (D) en el que la
longitud (L) es una distancia medida entre una base (15) de un distribuidor (13) del rodete (26, 48, 64) y un
borde (T) de salida del álabe (30, 50) de rodete en la banda (32, 62), y en el que el diámetro (D) es el
diámetro (D) de la banda (32, 62) en una confluencia (T) con un borde (40, 54, 66) de salida del álabe (30,
50) de rodete.
2. Rodete (26, 48, 64) de turbina hidráulica Francis según la reivindicación 1, en el que el borde (40, 54, 66)
25 de salida del álabe (30, 50) de rodete tiene una curvatura entre la banda (32, 62) y la corona (34, 56) que se
curva hacia el borde (36, 52) de ataque del álabe (30, 50) de rodete.
3. Rodete (26, 48, 64) de turbina hidráulica Francis según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que la
30 relación de longitud de banda es menor del 15% (0,15).
4. Rodete (26, 48, 64) de turbina hidráulica Francis, que comprende:
una periferia exterior del rodete (26, 48, 64);
35 una corona (34, 56); y
unos álabes (30, 50) de rodete que se extienden desde la corona (34, 56) hasta la periferia exterior del
rodete (26, 48, 64);
40 caracterizado porque
una esquina (Q) de un borde (36, 52) de ataque de cada uno de los álabes (30, 50) de rodete en la periferia
exterior del rodete (26, 48, 64) está adelantada en un sentido de rotación (R) de una esquina (P) en la que
45 el borde (36, 52) de ataque confluye con la corona (34, 56), y
el rodete (26, 48, 64) tiene una relación de longitud de periferia no mayor del 17% (0,17), en el que la
relación de longitud de periferia (L/D) es una relación entre una longitud (L) que es una distancia medida
entre una base (15) de un distribuidor (13) del rodete (26, 48, 64) y un punto de un borde (40, 54, 66) de
50 salida en la periferia exterior del rodete (26, 48, 64), y un diámetro (D) del rodete (26, 48, 64) en una
periferia exterior del rodete (26, 48, 64).
5. Rodete (26, 48, 64) hidráulico Francis según la reivindicación 4, en el que el borde (40, 54, 66) de salida del
álabe de rodete tiene una curvatura entre la periferia exterior del rodete (26, 48, 64) y la corona (34, 56) que
55 se curva hacia el borde (36, 52) de ataque del álabe (30, 50) de rodete.
6. Rodete (26, 48, 64) de turbina hidráulica Francis según cualquiera de las reivindicaciones 4 y 5, en el que la
relación de longitud de periferia es menor del 15% (0,15).
7. Rodete (26, 48, 64) de turbina hidráulica Francis según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6 que
60 comprende además una banda (32, 62) anular unida a un borde de periferia más exterior de los álabes (30,
50).
8. Turbina hidráulica Francis que comprende:
65 un rodete (26, 48, 64) de turbina hidráulica Francis según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores;

una caja (2) espiral ubicada aguas arriba del rodete (26, 48, 64);

un distribuidor (13) ubicado entre el rodete y la caja espiral; y

5 un tubo (5) de aspiración ubicado aguas abajo del rodete (26, 48, 64).



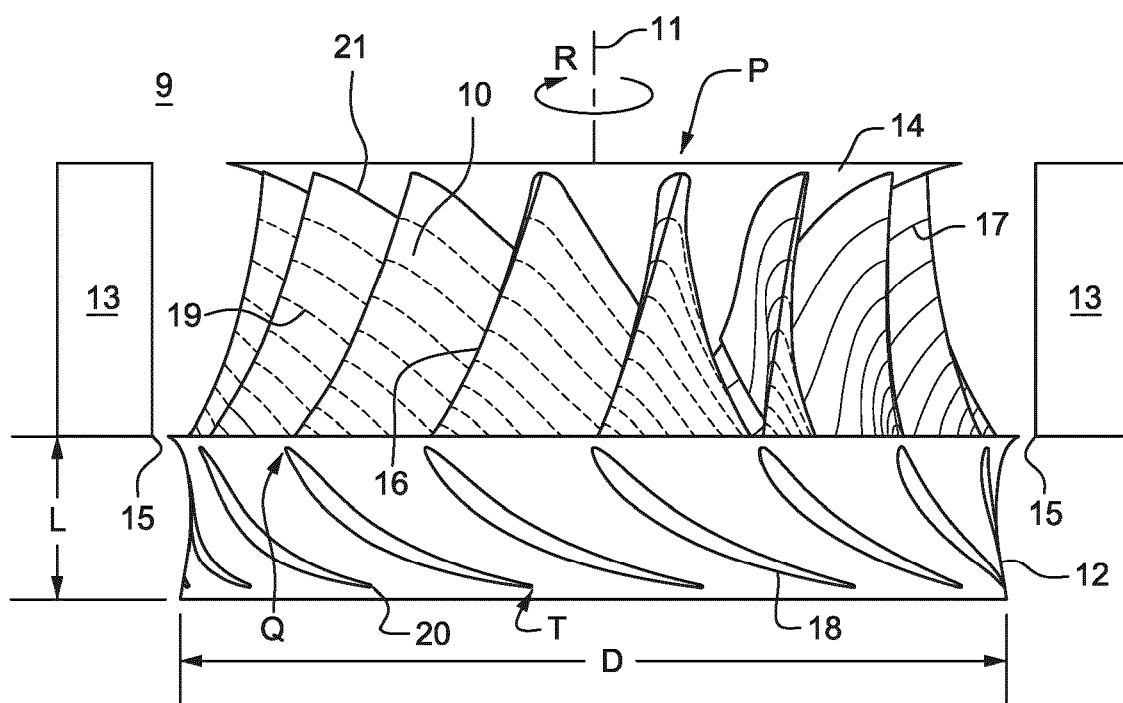


FIG. 2
(Técnica anterior)

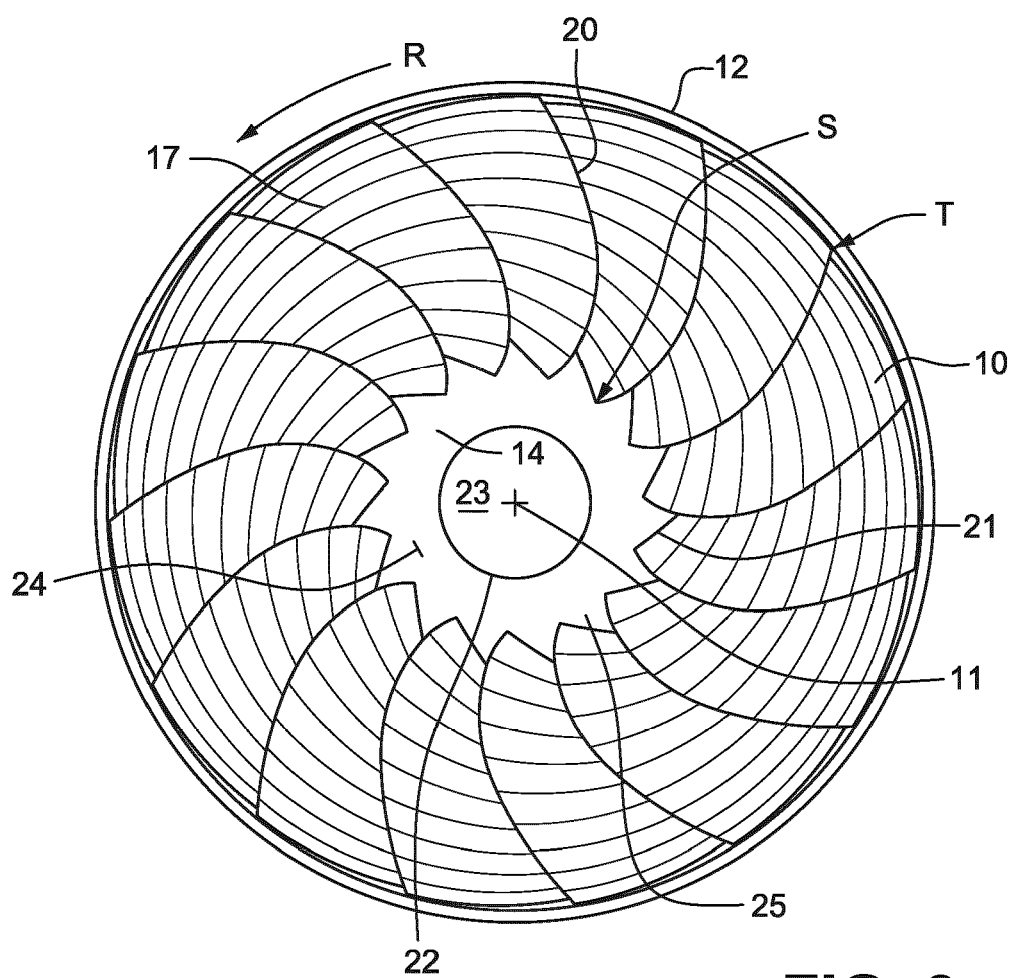


FIG. 3
(Técnica anterior)

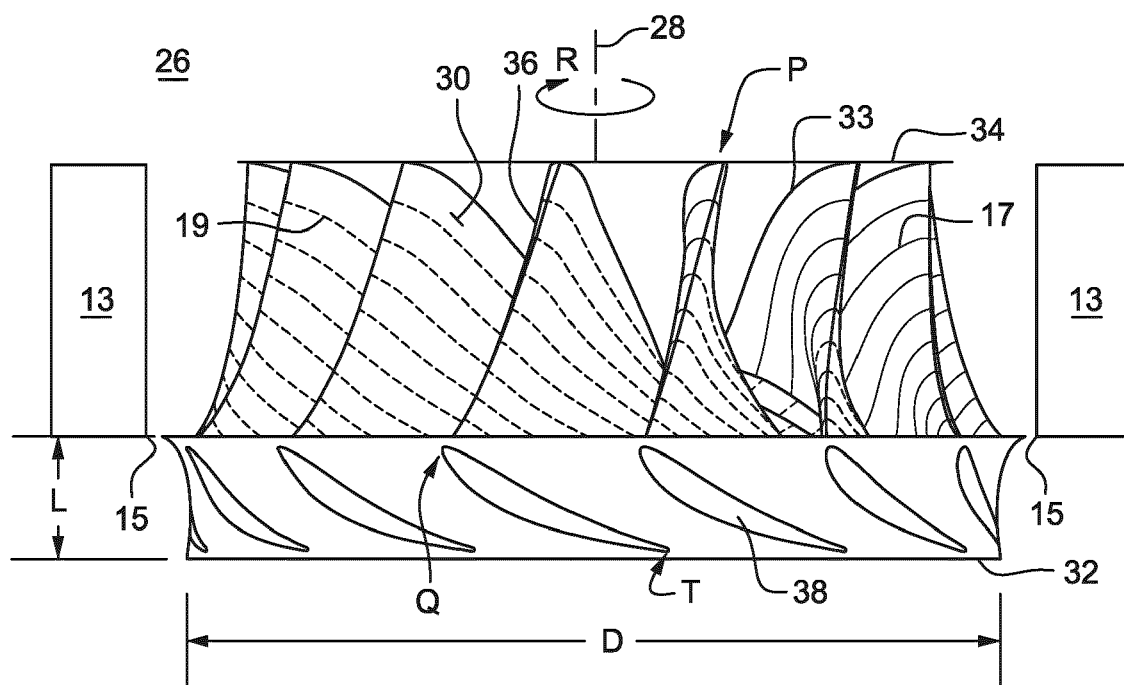


FIG. 4

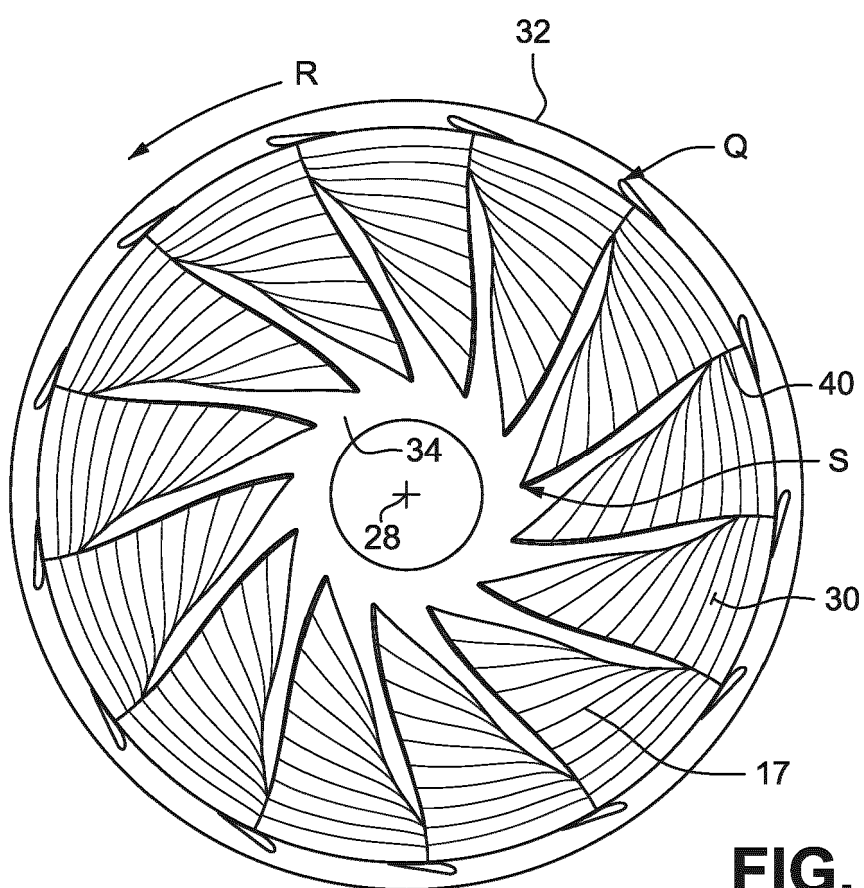


FIG. 5

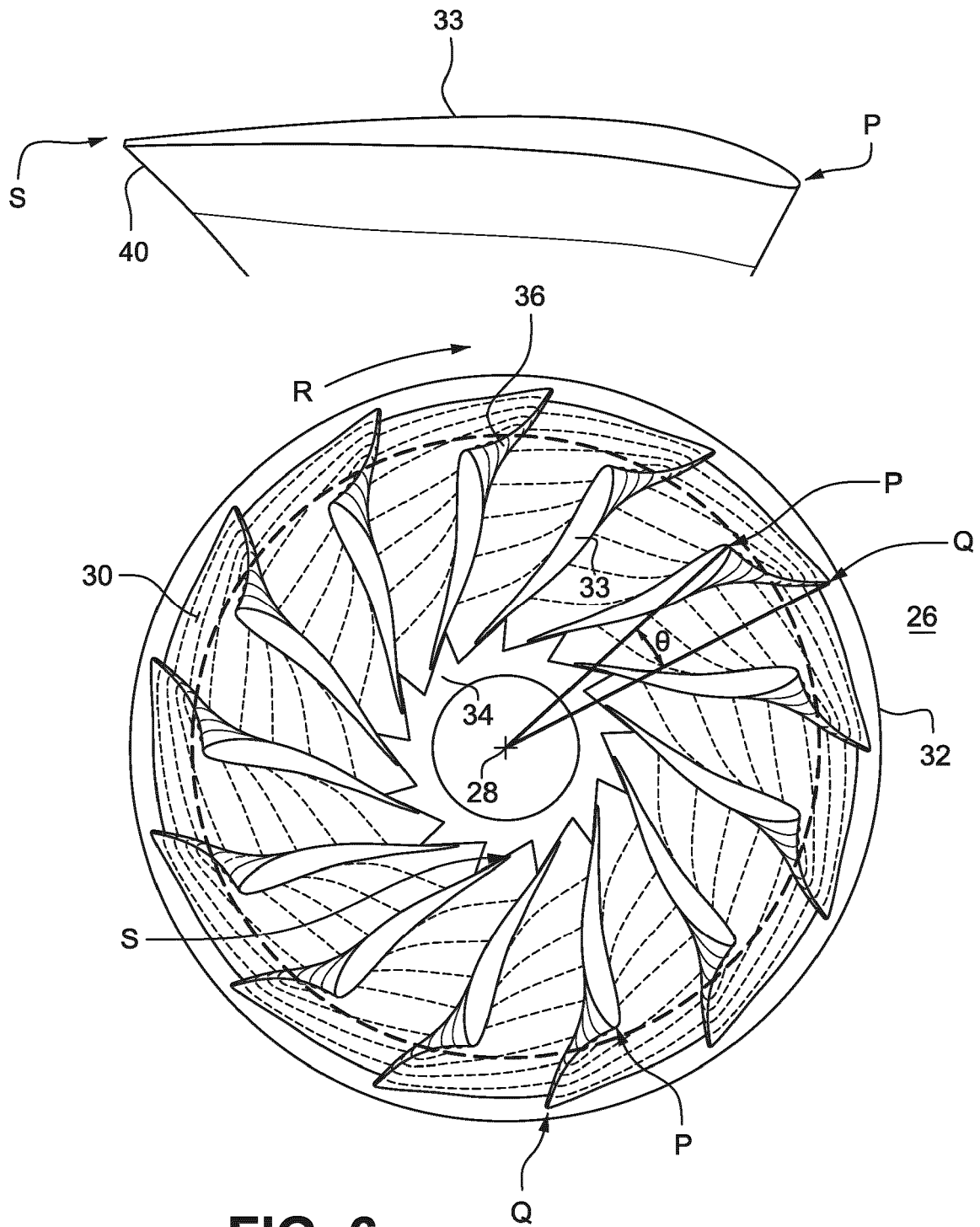


FIG. 6

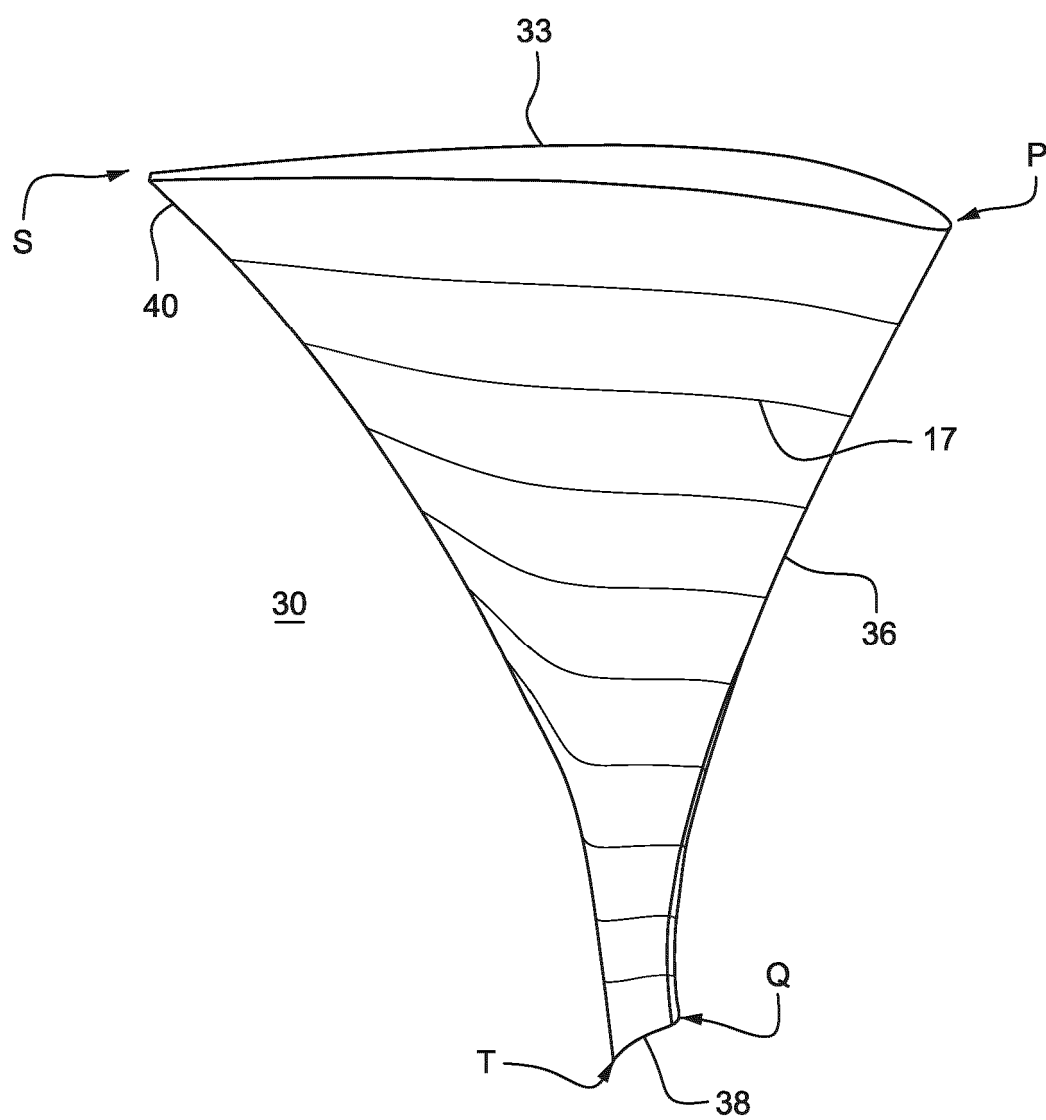


FIG. 7

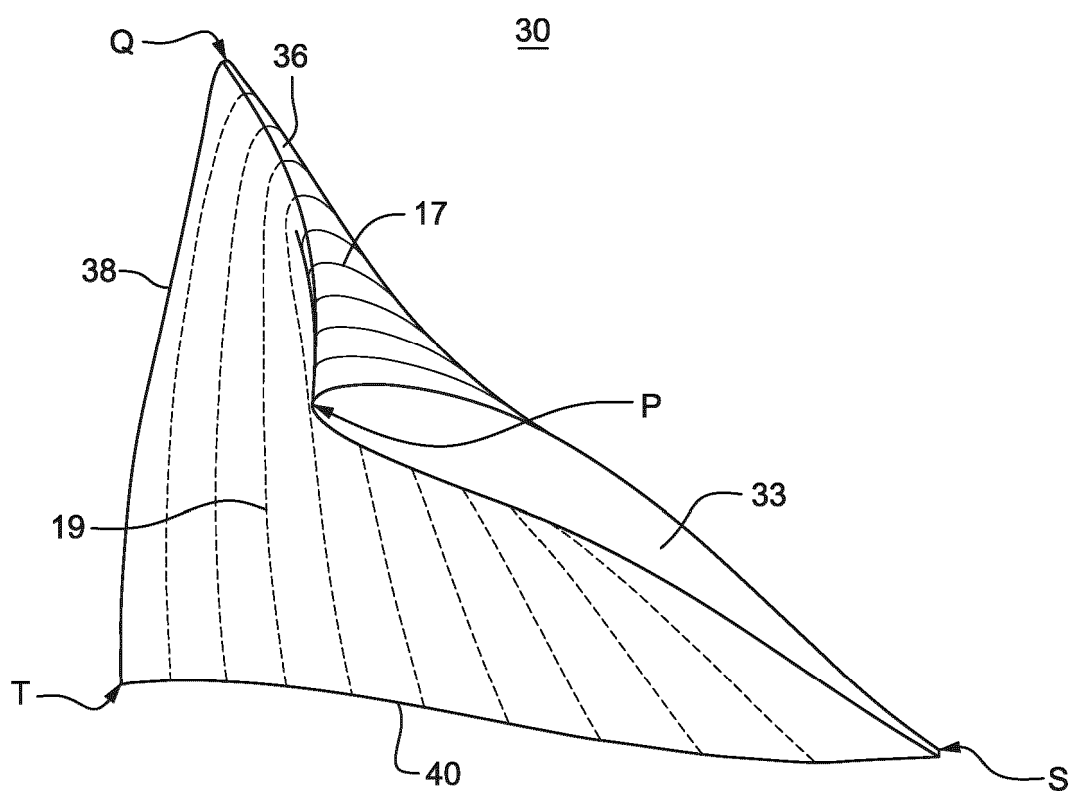


FIG. 8

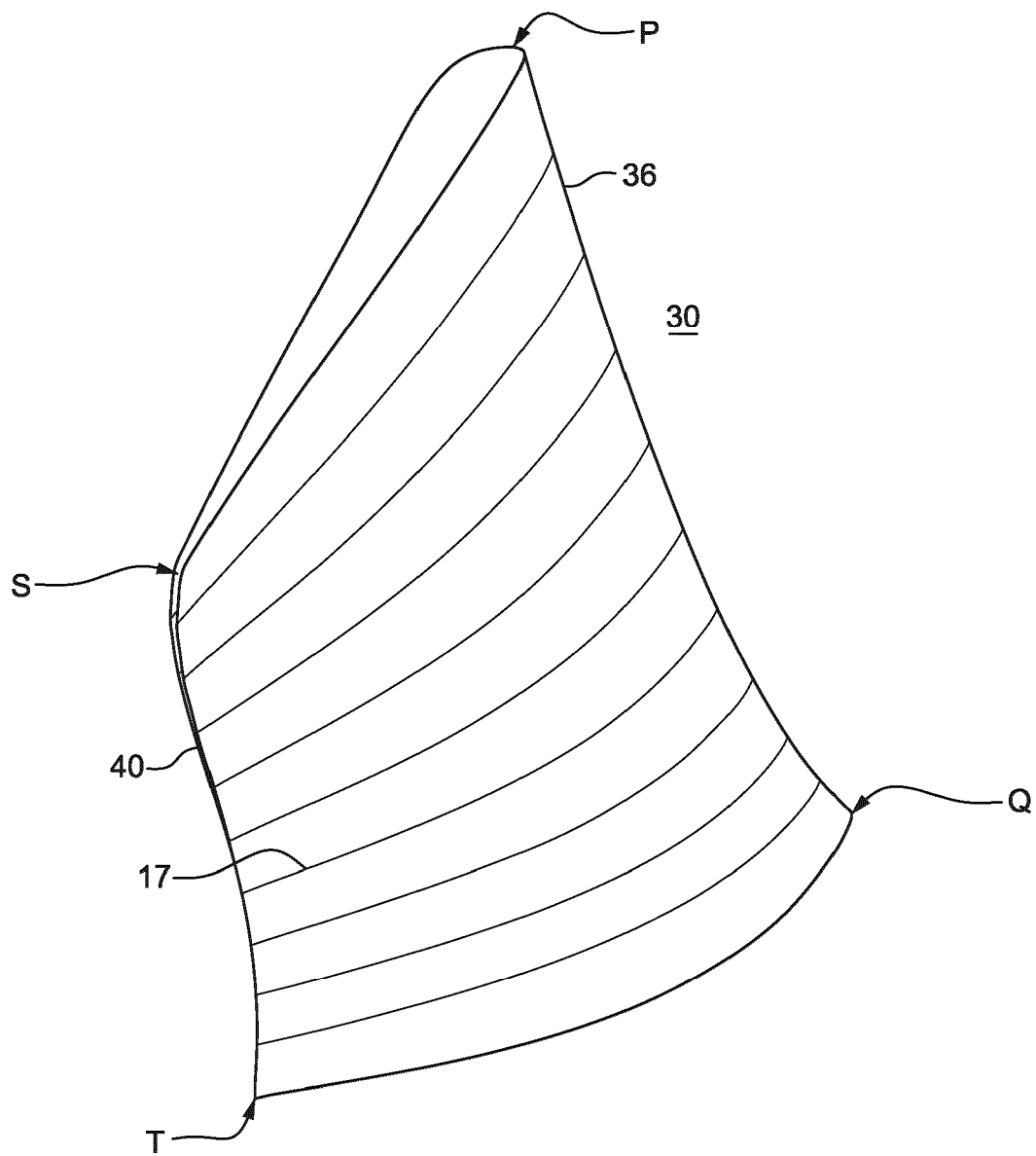


FIG. 9

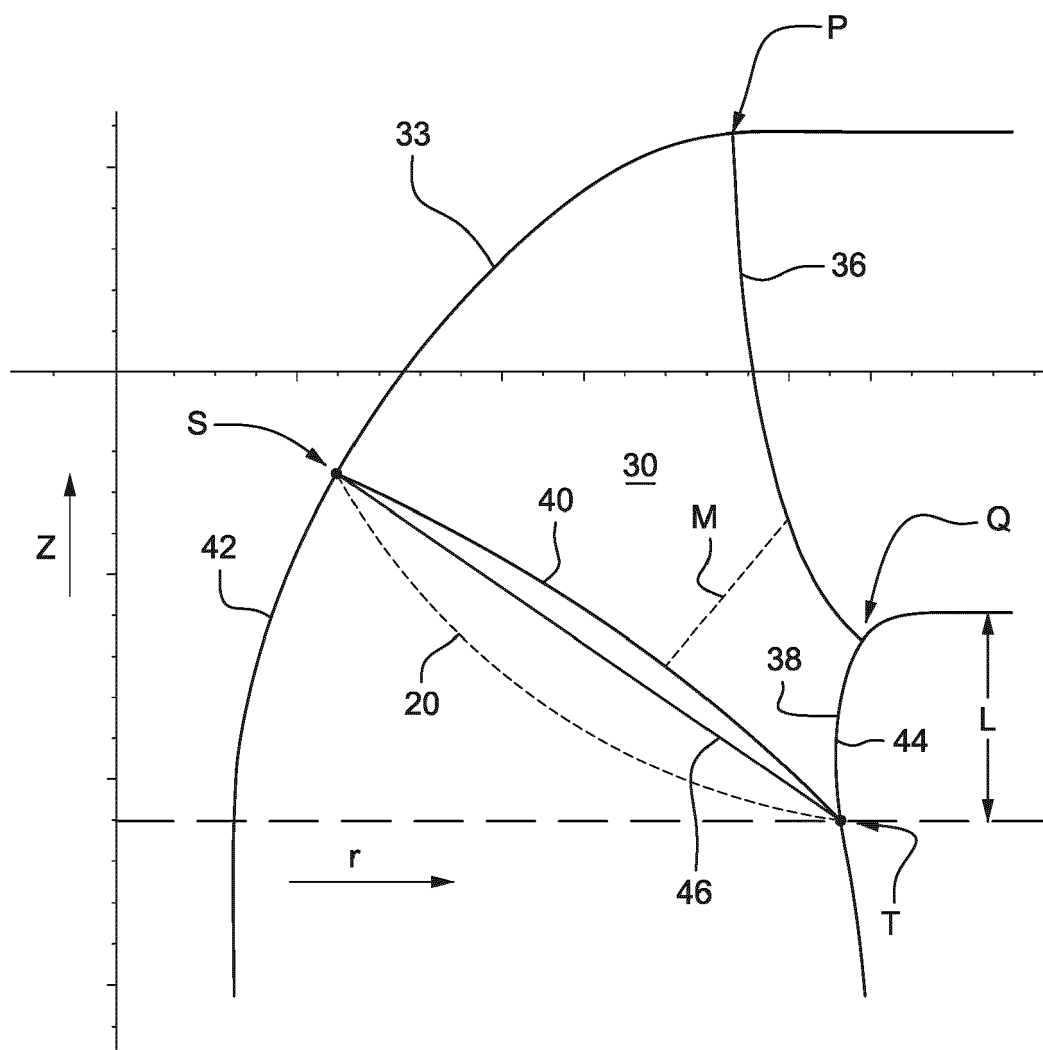


FIG. 10

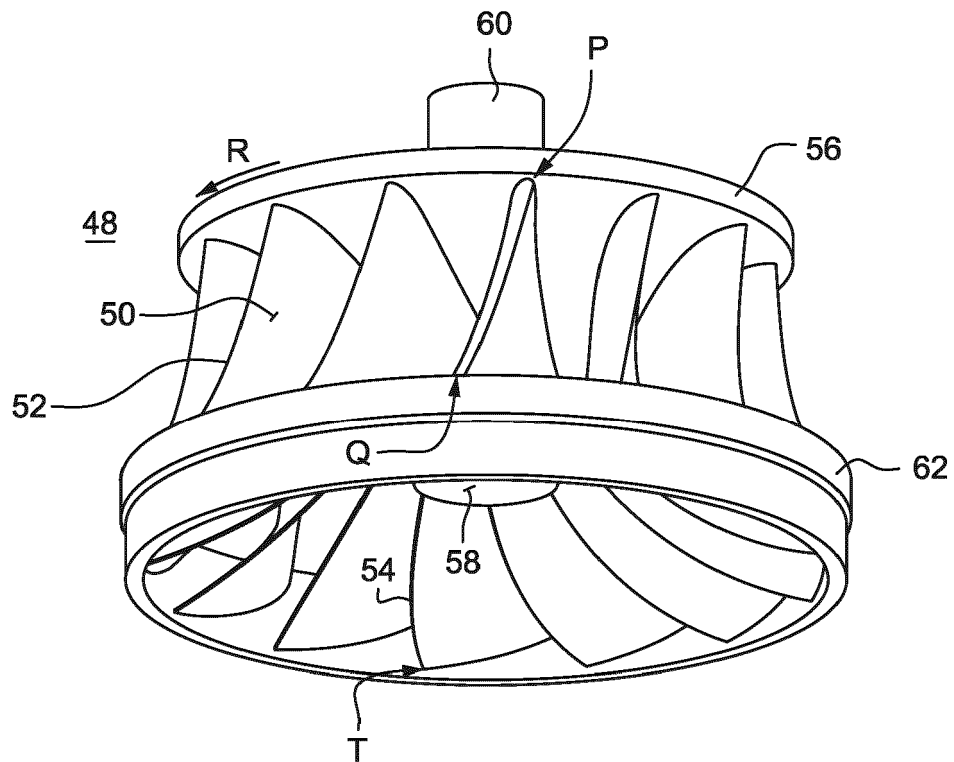


FIG. 11

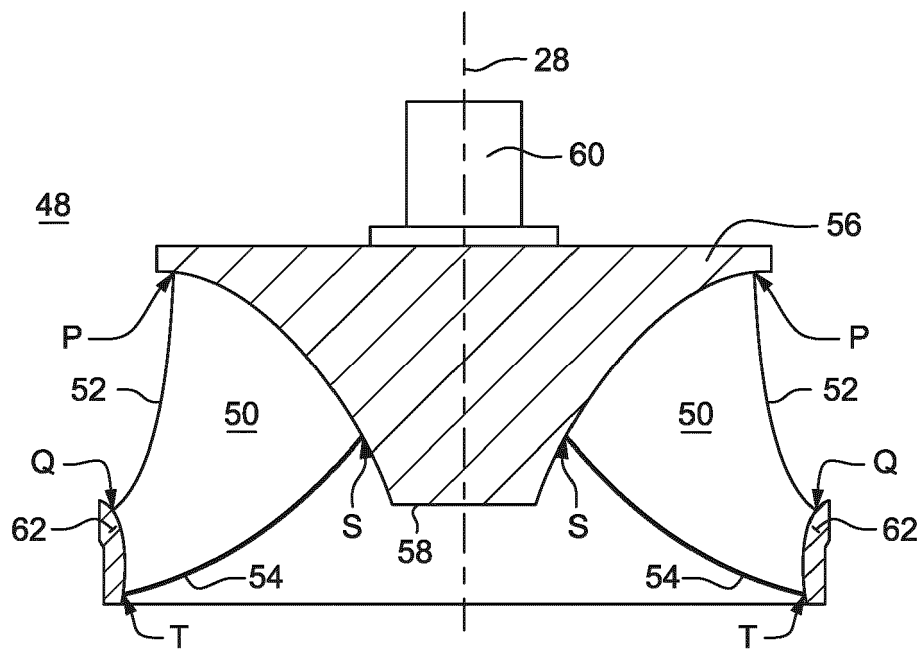


FIG. 12

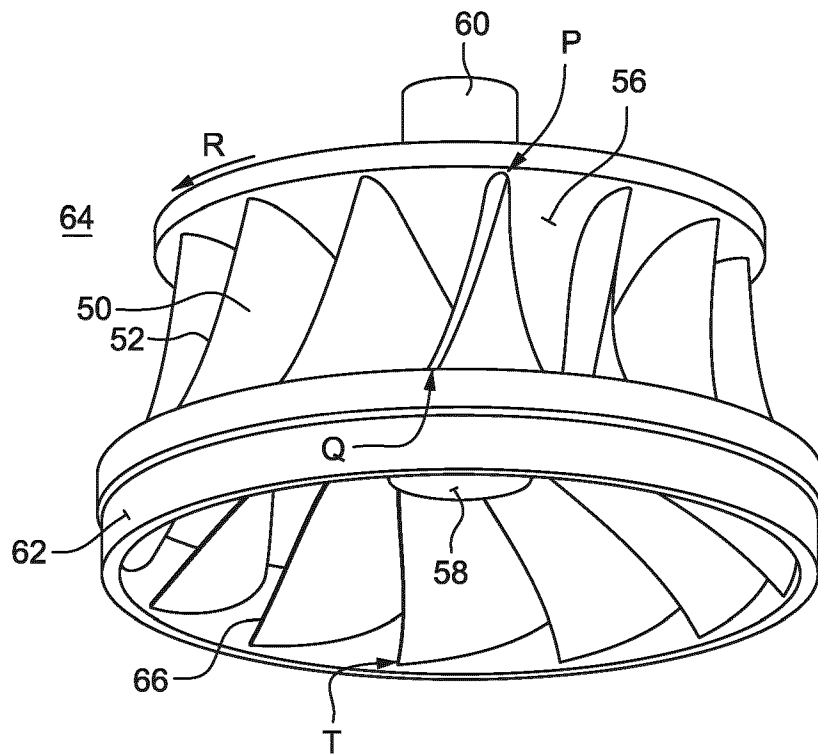


FIG. 13

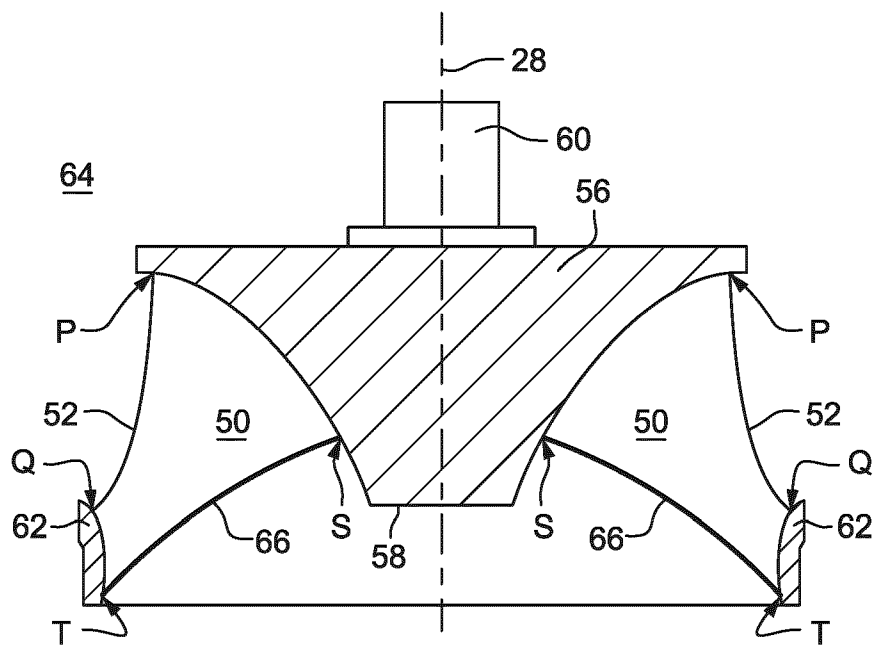


FIG. 14

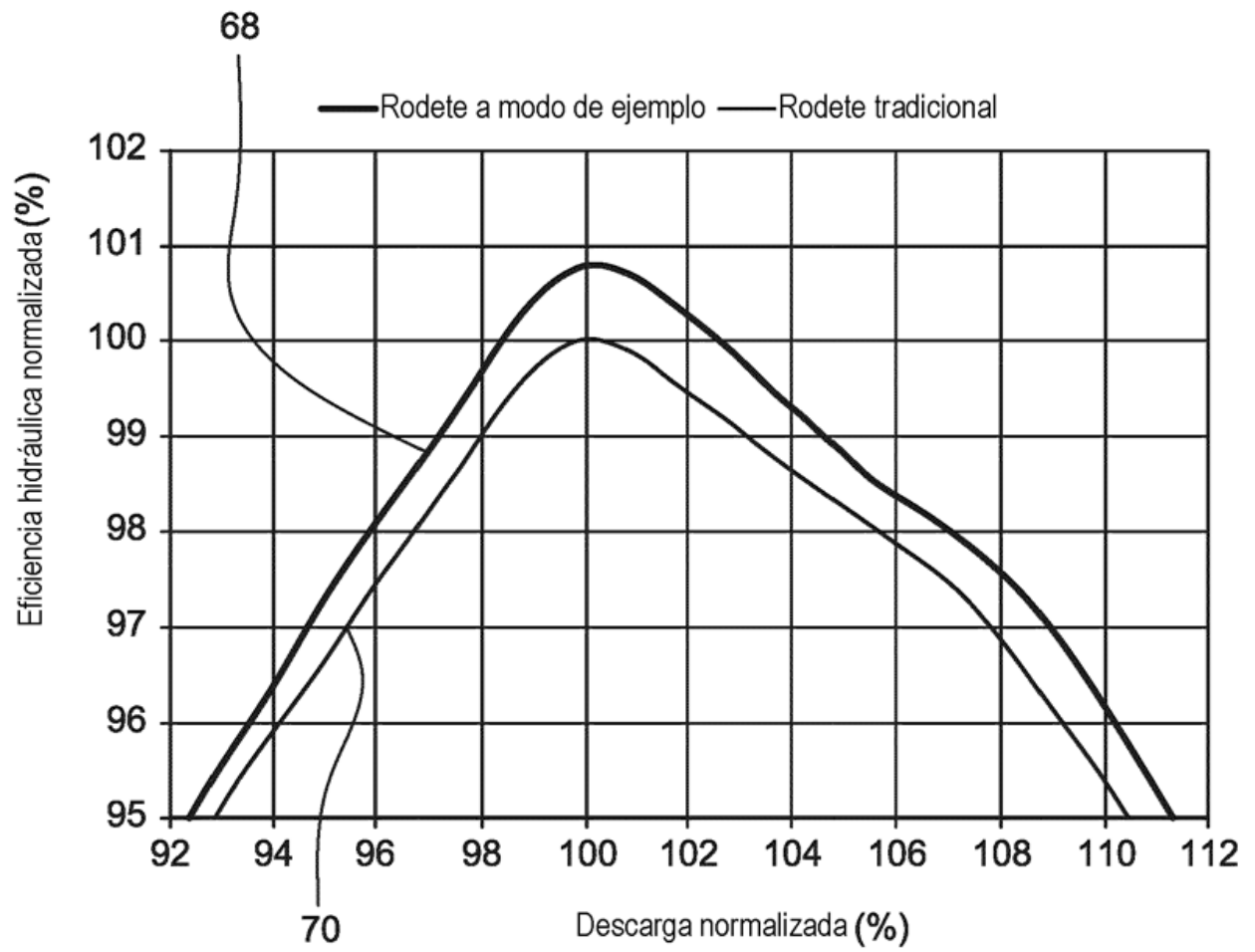


FIG. 15