



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 323 467**

51 Int. Cl.:  
**B27L 11/00** (2006.01)  
**G01L 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04767027 .8**  
96 Fecha de presentación : **03.09.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1663592**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.06.2006**

54 Título: **Conjunto de astilladora de accionamiento.**

30 Prioridad: **26.09.2003 FI 20031392**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.07.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.07.2009**

73 Titular/es: **Metso Paper, Inc.**  
**Fabianinkatu 9 A**  
**00130 Helsinki, FI**

72 Inventor/es: **Jonkka, Arvo y**  
**Tohkala, Antti**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 323 467 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).

# ES 2 323 467 T3

## DESCRIPCIÓN

Conjunto de astilladora de accionamiento.

5 La presente invención se refiere a una astilladora según el preámbulo de la reivindicación 1 (véase por ejemplo, el documento US-A-3545510).

10 Las astillas para la industria de la pasta se producen principalmente por medio de las astilladoras de disco, que han sido desarrolladas para astillar grandes cantidades de madera. Los troncos a astillar, especialmente en Europa, son de diversos tamaños, y debido a los grandes raigales se requiere que la astilladora tenga una gran boca de alimentación y un gran disco de astillado. Para lograr un alto volumen de producción, adicionalmente, las astilladoras actuales están equipadas con una gran cantidad de cuchillas, de 12 a 15 piezas.

15 La velocidad nominal de rotación típica para una astilladora destinada a la producción en gran escala es 300 r/min. Aunque la velocidad de una astilladora relevante no es ajustable, la velocidad real de una astilladora varía en la gama de 200 a 400 r/min dependiendo del tamaño y la calidad del tronco. Con una longitud de astillas de aproximadamente 18 a 30 milímetros, se puede lograr una tasa de alimentación de troncos de 0,8 a 2 m/s.

20 Las astilladoras a los que se hace referencia anteriormente funcionan bien y consumen una energía de astillado de 1,5 a 2 kWh/m<sup>3</sup>. En general hay de 3 a 5 troncos más pequeños a astillar en el intervalo dlla astilladora, proporcionando una producción media adecuada. Además, un requisito básico para las astilladoras que se utilizan es la capacidad de astillar un tronco con un diámetro de 600 - 800 mm y una longitud de 3 - 6 metros. Para astillar esta clase de troncos se requiere una potencia dentro del intervalo de 3000 - 4000 kW. Esta clase de producción máxima que dura unos pocos segundos se logra usando uno o varios motores mayores en cortocircuito diseñados para un “coeficiente de momento de vuelco” de aproximadamente 2. Como con los motores de alta capacidad el deslizamiento del motor es pequeño, no se puede utilizar destacadamente la energía cinética del disco de astillado. Se ha logrado una utilización limitada (aproximadamente del 20%) de la energía cinética del disco de astillado usando un acoplamiento de fluido. Los grandes acoplamientos fluidos, sin embargo, aumentan los costos de producción de la astilladora y causan necesidades de mantenimiento y pérdida de potencia.

30 Otro problema relacionado con dicho accionamiento son los picos de corriente de relativamente larga duración y los altos picos de corriente que se desarrollan en relación con los picos de carga. Como resultado de ellos, se requerirá una considerable capacidad de carga de la red eléctrica que abastece a la astilladora. Ha ocurrido a menudo, debido al arranque de la astilladora y también como resultado de que se astillen grandes troncos, que se produzcan perturbaciones con efecto resultante en el área de la red eléctrica del transformador de distribución en cuestión.

40 Un tercer problema relacionado con el astillado es el de las propiedades variables de la madera a astillar. Esto da lugar a un tamaño de astilla variable y a problemas relacionados con el procesado adicional de las mismas. En las fábricas de papel y pasta el cambio del tamaño de las astillas de ideal en la dirección no deseada se denomina “disminución de la calidad de las astillas”. La variación de la calidad se debe a las estaciones, el secado de la madera, las circunstancias del crecimiento y las dimensiones de los árboles. La variación de la calidad de las astillas puede ser compensada cambiando los componentes de la astilladora o ajustándolos en diferentes posiciones. En los países nórdicos se usan diferentes longitudes de astillas para compensar los cambios estacionales.

45 Las medidas mencionadas son en muchos aspectos difíciles de utilizar según las circunstancias de proceso rápidamente cambiantes. También es bien conocida la influencia de los cambios en la velocidad de astillado sobre el tamaño de las astillas. Por ejemplo, el control de velocidad de los grande astilladores industriales es tan costoso debido a la alta potencia aplicada, que no se utiliza. Hoy en día, sin embargo, el uso de los convertidores de frecuencia ha llegado a ser general y más barato, pero aún su uso en la gama de potencias de 3000 - 4000 kW se considera que es demasiado costoso con respecto a la ventaja ganada.

La astilladora según la presente invención se define en la reivindicación 1 anexa.

55 Con el aparato según la invención, por ejemplo, se proporcionará el accionamiento de la astilladora y la regulación de la velocidad de la misma con una potencia prominentemente menor que anteriormente. Cuando funciona la astilladora según la presente la invención, la potencia de los motores de accionamiento se diseña para la producción media de la línea de astillado, considerando una cierta reserva, y la potencia de astillado que se necesita a corto plazo para el astillado de grandes troncos se recibirá de la inercia del sistema de accionamiento de la astilladora. Se puede utilizar una parte destacada de la inercia para astillar troncos de gran tamaño usando la energía cinética cargada en el sistema de accionamiento además de la potencia del motor de la astilladora, permitiendo que la velocidad del sistema de accionamiento disminuya momentáneamente. La disminución de la velocidad es controlada de modo que el aumento de la corriente del motor causado por la disminución de la velocidad de rotación de la astilladora controle la frecuencia de la corriente que se suministrará al motor de accionamiento, de tal modo que el par dado por el motor de accionamiento, después de alcanzar cierto valor, sea constante con cualquier frecuencia de la corriente. Para ejecutar la invención, además del disco de astillado o el rotor ya incluido en el sistema, se une al sistema de accionamiento una masa de inercia adicional en forma de un volante separado.

## ES 2 323 467 T3

A continuación se describirán las realizaciones de la presente invención solamente a título de ejemplos haciendo referencia a los dibujos incluidos, donde

La Figura 1 muestra una astilladora según la presente invención.

La Figura 2 muestra en vista lateral la alimentación de troncos en la astilladora de disco.

La Figura 3 muestra el funcionamiento de una astilladora según la presente invención como diagrama.

La Figura 4 muestra también el funcionamiento de una astilladora según la presente invención como diagrama.

La Figura 5 muestra el funcionamiento del control de una astilladora según la presente invención como dibujo esquemático.

La astilladora de disco según la realización preferida de la presente invención comprende, como se muestra en la Figura 1, una rampa de alimentación 1 para troncos, un disco de astillado 2, una tapa 3 para el disco de astillado, un eje 4, un engranaje 5, un volante 6 y su carcasa 7 y un motor eléctrico 8. El eje 4 del disco de astillado está equipado con dos cojinetes 9 y 10. También hay dos cojinetes 11 y 12 que dan soporte al volante. Entre el motor eléctrico y el volante y entre el volante y el engranaje respectivamente se encuentra un acoplamiento 13,14. Entre el disco de astillado y el volante se encuentra un acoplamiento 16 equipado con un disco de freno 15.

El radio del disco de astillado 2 es  $R_t$  y su masa es  $G_t$ . El radio del volante 6 es  $R_v$ , y su masa es  $G_v$ . Los momentos de inercia respectivos con una precisión razonable son (no se toman en consideración los efectos de las aberturas de astillas y de otros agujeros):

$$\text{Disco de astillado } J_t = \frac{1}{2} G_t (R_t)^2 \text{ y}$$

$$\text{Volante } J_v = \frac{1}{2} G_v (R_v)^2.$$

La cláusula siguiente es válida entre momentos de inercia, tomando en consideración la relación  $i$  del engranaje 5:

$$k J_t = i^2 J_v$$

En este método el valor de  $k = 2 \dots 3$ .

Se diseñará una astilladora de disco según una realización preferida correspondiente a una línea de astillado con una capacidad de astillado de 200 m<sup>3</sup>/h. El pico de producción es 300 m<sup>3</sup>/h. La dimensión del tronco mayor es  $D = 800$  mm y la longitud del mismo es 4,5 m, con lo cual el volumen del tronco es aproximadamente 2,25 m<sup>3</sup>. La potencia del motor eléctrico  $T = 600$  kW, a una velocidad de 1500 r/min.

La velocidad normal de rotación de la astilladora,  $n_n = 300$  r/min.

El momento de inercia del disco de astillado  $J_t = 14000$  kgm<sup>2</sup>.

La velocidad de rotación mínima admisible  $n_a$  para la astilladora es aproximadamente de 200 r/min.

El tiempo de astillado  $t$  de un tronco que tenga una longitud de 4,5 m es aproximadamente de 3 s.

La energía de astillado requerida para el tronco es  $E_p = 4,5$  kWh.

La energía de astillado  $E_m$  que da el motor ( $T = 600$  kW) durante 3 segundos es:

$$E_m = T t = 600 \text{ kW} * 3/3600 \text{ h} = 0,5 \text{ kWh}$$

La energía  $W_h$  dado por el disco de astillado y el volante cuando la velocidad de rotación cae por debajo del valor  $n_n$  al valor  $n_a$ :

$$W_h = E_p - E_m$$

$$= 4,5 \text{ kWh} - 0,5 \text{ kWh} = 4,0 \text{ kWh} = 14\,400\,000 \text{ Nm.}$$

## ES 2 323 467 T3

La energía cinética total del disco de astillado y del volante con una velocidad de rotación  $n_n$ ,

$$W_k = \frac{1}{2} J (\omega_n)^2$$

Y con una velocidad de rotación de  $n_a$ ,

$$W_a = \frac{1}{2} J (\omega_a)^2.$$

Las relaciones entre las velocidades angulares y las velocidades de rotación son iguales, es decir:

$$\omega_a = \frac{2}{3} \omega_n$$

Para calcular la energía cinética total, se puede establecer la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} W_b &= W_k - W_a \\ &= \frac{1}{2} J (\omega_n)^2 - \frac{1}{2} J \left(\frac{2}{3} \omega_n\right)^2 = \frac{5}{9} \frac{1}{2} J (\omega_n)^2 = \frac{5}{9} W_k \\ \Rightarrow W_k &= \frac{9}{5} W_b = 26\,000\,000 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

Se puede calcular el momento de inercia total  $J$  en el eje principal a partir de la ecuación

$$\begin{aligned} W_k &= \frac{1}{2} J (2\pi n_n / 60)^2 \\ \Rightarrow J &= 52\,740 \text{ kgm}^2. \end{aligned}$$

El momento de inercia del volante

$$\begin{aligned} J_v &= J - J_t \\ &= 38\,740 \text{ kgm}^2. \end{aligned}$$

Al colocar el volante en el otro lado del engranaje (relación de transmisión  $i = 5:1$ ) se puede calcular el momento de inercia requerido a partir de la ecuación:

$$\begin{aligned} W_v &= W_{v2} \\ \Rightarrow \frac{1}{2} J_v (\omega_n)^2 &= \frac{1}{2} J_{v2} (\omega_2)^2 \\ \Rightarrow J_{v2} &= J_v / 25 = 1550 \text{ kgm}^2 \end{aligned}$$

Cuando se escoge el diámetro del volante de forma que sea  $2R_2 = 1600$  mm, la masa será  $G_2 = 4844$  kg.

## ES 2 323 467 T3

Esta masa se alcanzará con un volante hecho de acero y que tenga un espesor de 300 mm.

El tiempo de arranque de la astilladora en vacío es al menos 90 segundos. Con los convertidores de frecuencia actuales es posible escoger un tiempo de arranque adecuado que no requiera la potencia de diseño del motor.

La figura 2 muestra el diámetro  $d$  de un único tronco 17 que se alimenta a la astilladora, dando la máxima producción continua de astillado de la astilladora  $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$  compactos  $= 0,083 \text{ m}^3/\text{s}$ . Con una velocidad de alimentación  $v = 1,5 \text{ m/s}$ , se puede calcular el diámetro  $d$

$$Q = (\pi/4) d^2 v$$

$$\Leftrightarrow d = 266 \text{ mm}$$

La potencia de astillado es directamente proporcional al área de astillado y por tanto al cuadrado del diámetro del tronco. Cuando el diámetro de un gran tronco 18 es  $D = 2d = 532 \text{ mm}$ , requiere una potencia de astillado  $2^2 T = 4 \cdot 600 \text{ kW} = 2400 \text{ kW}$ . Un troco de pulpa habitual único con un diámetro de 133 mm requiere sólo una potencia de 150 kW. De este modo, la potencia de astillado requerida por una producción normal (2-3 troncos) varía de 300 a 450 kW.

El diagrama de la Figura 3 muestra el funcionamiento según el uso típico de la presente invención. El tiempo usado se muestra a partir del origen paralelo al eje-x y como valores proporcionales paralelos al eje-y se muestran la potencia  $W$  del motor eléctrico, el par  $M$  dado por el motor, la frecuencia  $f$  dada por el convertidor de frecuencia y como parte de la escala, la velocidad de rotación  $n$ . La línea superior corresponde al valor establecido predeterminado  $S_0$  de la velocidad de rotación, que se cambiará según cambie la velocidad de rotación deseada de la astilladora.

El proceso comienza en su origen cargando la astilladora uniformemente hasta el momento  $a_1$ , con lo cual el aparato se ha decelerado en un 0,8% a partir de la velocidad síncrona de rotación. Por ejemplo, cuando la velocidad síncrona de rotación es de 1500 r/min, la velocidad típica de rotación que da la potencia nominal del motor es 1488 r/min con un motor grande. Para ese momento el convertidor de frecuencia suministra la corriente nominal con una frecuencia de 50 Hz, con lo cual la intensidad aumenta hasta el nivel del 100% y también el par  $M$  del motor alcanza el nivel del 100%. La desaceleración anteriormente mencionada da aproximadamente un 1,6% de la energía cinética total, que en el caso según la realización de la invención descrita es de 416 000 Nm. Esta energía es suficiente para astillar la madera de 0,115  $\text{m}^3$  con un volante al que se hace referencia anteriormente. Sin volante, la cantidad de energía desprendida sigue siendo muy pequeña.

En el ejemplo de la Figura 3, la carga de la astilladora aumenta en el periodo de tiempo de  $a_1$  a  $a_2$ , con lo cual la velocidad de rotación de la astilladora está en el nivel del 90% y por consiguiente, la frecuencia  $f$  y la potencia  $W$  dada por el motor disminuyen. El par  $M$  del motor permanece en el mismo nivel durante el periodo de tiempo comprendido entre  $a_1$  y  $a_2$ .

La Figura 4 se ha trazado en base a la Figura 3, pero en ella el eje-X corresponde al tiempo en segundos. La astilladora se carga al principio durante 4 segundos de modo que la potencia  $W$  y el par  $M$  aumentan hasta el nivel del 100%. De este modo la velocidad de rotación  $n$  de la astilladora disminuye desde el valor establecido  $S_0$  aproximadamente en un 0,8%. La desaceleración lineal como se muestra en la Figura 4 es muy excepcional, porque la potencia dada por el motor aumenta como resultado de la desaceleración. Según la Figura 4, la carga de la astilladora cae en el periodo de tiempo comprendido entre 4 y 8 segundos, y el par  $M$  y la potencia  $W$  disminuye.

En el periodo de tiempo comprendido entre 8 y 10 segundos la carga aumenta otra vez, creciendo adicionalmente en el periodo de tiempo comprendido entre 10 y 14 segundos. Durante el mismo, la velocidad de rotación  $n$  de la astilladora disminuye por debajo del 80% del valor establecido predeterminado  $S_0$  y el convertidor de frecuencia da entonces el 80% de la frecuencia deseada. Así, la velocidad de rotación  $n$  con un deslizamiento del 0,8% es aproximadamente del 79,2% del valor deseado. La potencia del motor  $W$  también disminuye al nivel del 80%. El par procedente del aparato sigue permaneciendo constante siempre que el deslizamiento del motor exceda de su deslizamiento estructural específico de potencia del 0,8%.

La Figura 5 muestra un diagrama de flujo de control de un sistema con una astilladora, un motor eléctrico y un convertidor de frecuencia. Según la ingeniería eléctrica tradicional, el convertidor de frecuencia recibe información de la velocidad de rotación del motor por medio del tacómetro, y el convertidor de frecuencia disminuye la frecuencia suministrada al motor cuando el deslizamiento del motor excede del valor establecido  $S_0$ . Alternativamente, se puede construir un convertidor de frecuencia nuevo más desarrollado de modo que cuando la corriente suministrada alcanza el nivel establecido, el convertidor de frecuencia disminuye la frecuencia de modo que la corriente de salida al motor mantiene el nivel establecido teniendo en cuenta su velocidad de rotación y su nivel original establecido.

## ES 2 323 467 T3

El ejemplo anteriormente mencionado de un accionamiento de astilladora proporciona las siguientes ventajas:

- la red eléctrica no estará sobrecargada (arranque fácil, se eliminarán las fluctuaciones de tensión),

5 - un motor de accionamiento más pequeño,

- regulación de velocidad y control de calidad de astillado con un precio razonable,

- se permite el control automatizado de la calidad de astillado.

10

Las ventajas de la presente invención destacan mejor en los casos en los que el ajuste de la velocidad de astillado sea una ventaja. Se puede lograr un beneficio adicional destacado con astilladoras que tengan una pequeña capacidad de astillado y necesiten astillar troncos raigales grandes.

15

Al accionar la astilladora sin un volante independiente, solamente se puede lograr una parte de las ventajas de la invención. Debido a que no aumenta el momento de inercia de la masa del aparato, las disposiciones para utilizarlo son considerablemente más pequeñas, a pesar de la menor carga de la red eléctrica en relación con el arranque y las sobrecargas.

20

Cuando el aparato haya experimentado una situación de carga máxima, los dispositivos de control devuelven al aparato a sus condiciones de trabajo nominales.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**REIVINDICACIONES**

1. Una astilladora para astillar madera, comprendiendo dicha astilladora un disco de astillado (2), un engranaje de accionamiento (5), y un motor de cortocircuito (8), **caracterizada** porque la astilladora comprende un volante (6) acoplado entre el motor y el engranaje para girar con la misma velocidad que el motor y tener un gran momento de inercia de masa, y un convertidor de frecuencia conectado con el circuito de corriente del motor para controlar una velocidad de rotación establecida para el motor, aplicando el control la disposición de desaceleración de velocidad para mantener el deslizamiento de carga dentro del área característica del motor.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

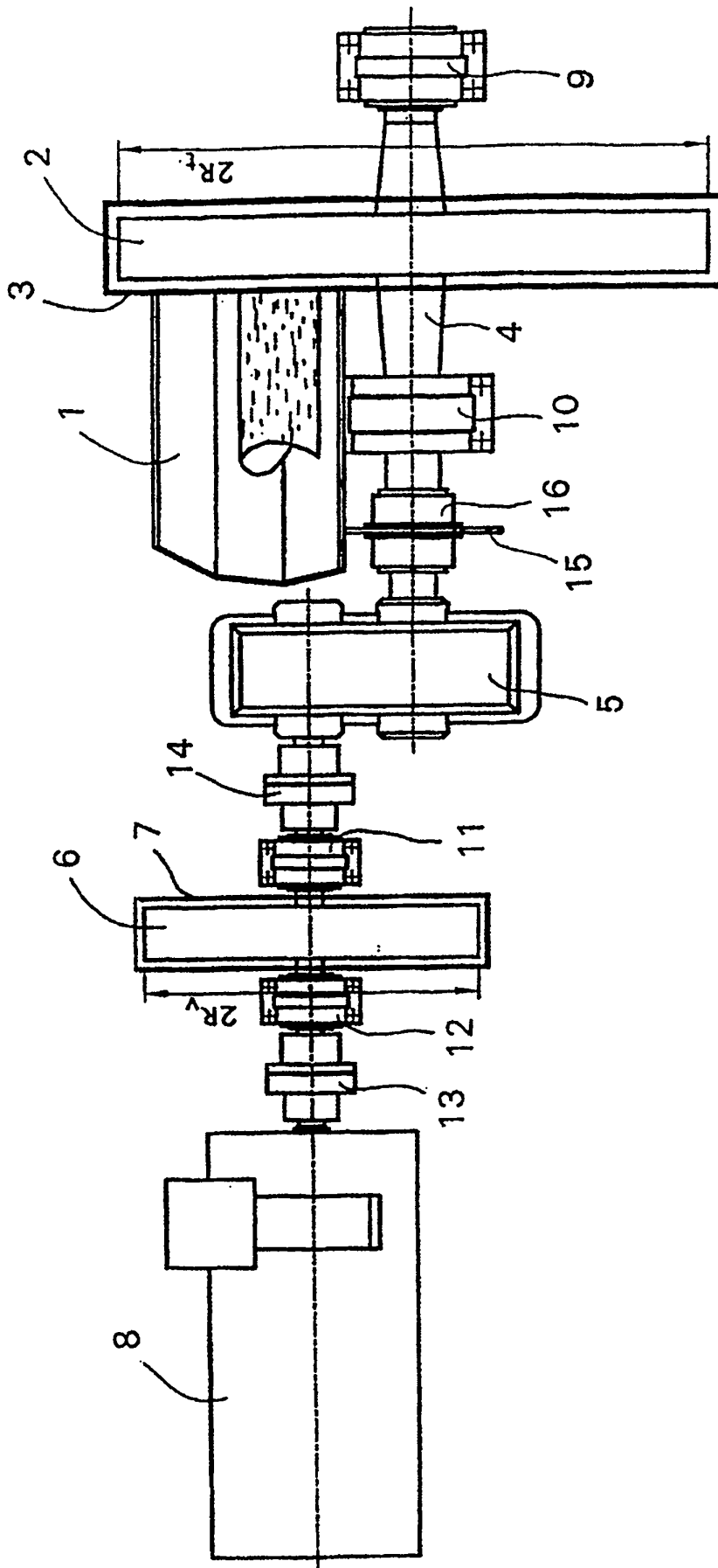


Fig. 1

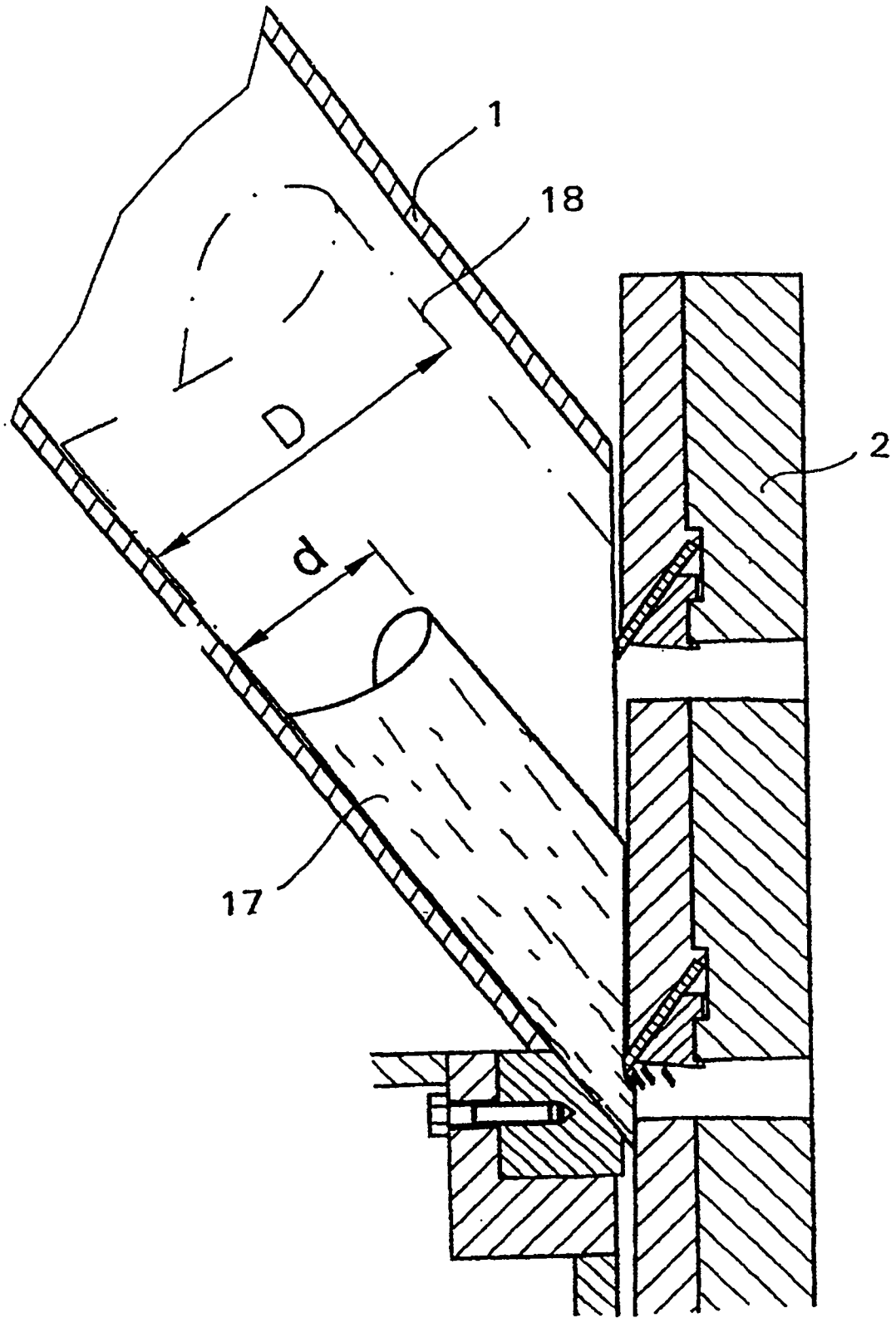


Fig. 2

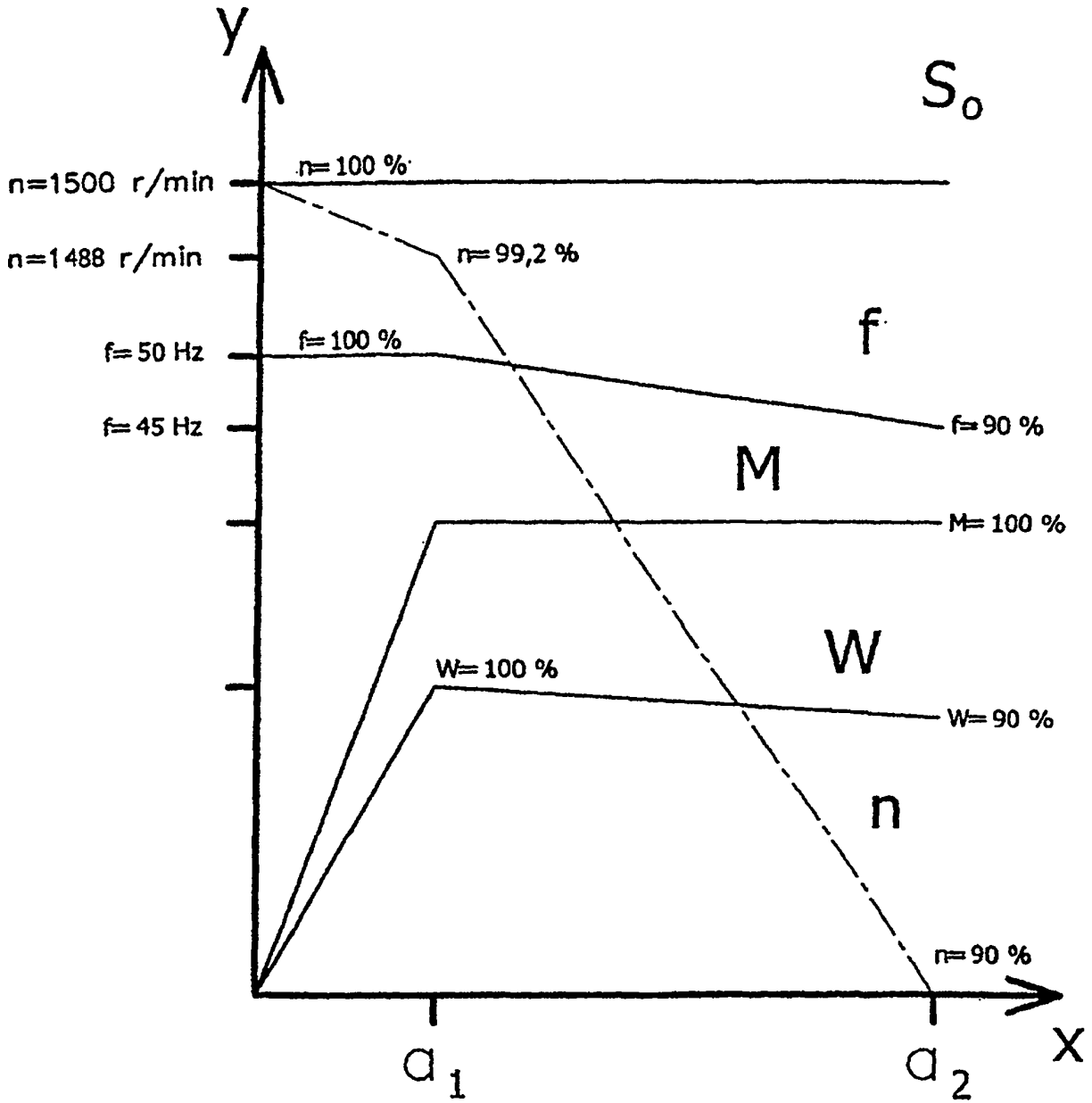


Fig. 3

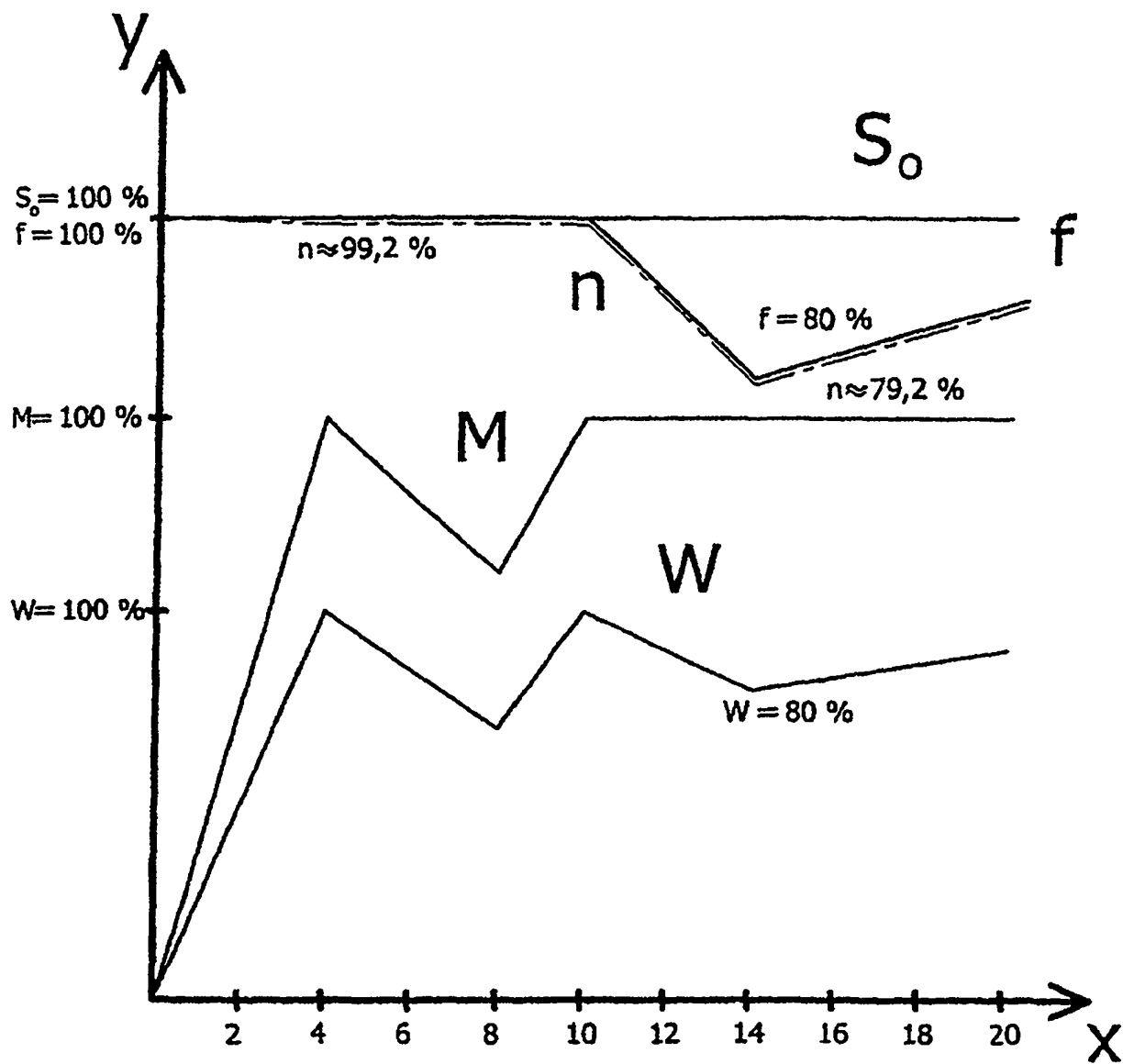


Fig. 4

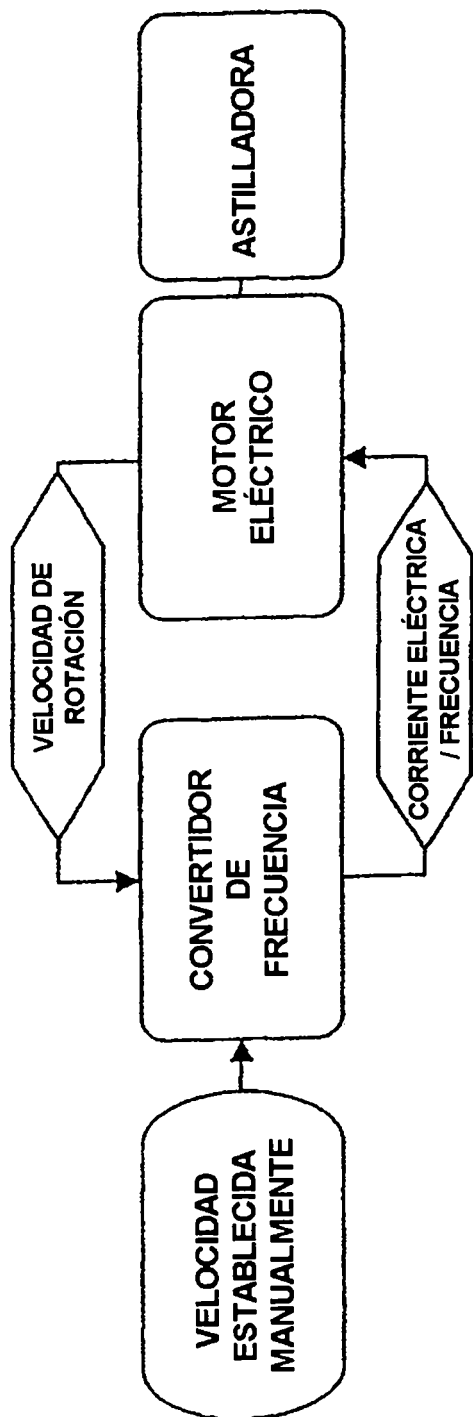


Fig. 5