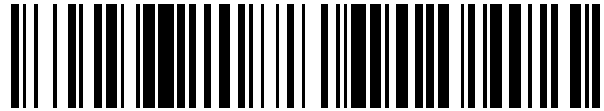


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 741**

51 Int. Cl.:

C12M 1/107 (2006.01)
C12M 1/00 (2006.01)
C12M 1/06 (2006.01)
C12M 1/34 (2006.01)
C12M 1/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2017** **E 17188374 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020** **EP 3450536**

54 Título: **Procedimiento para optimizar el funcionamiento de un fermentador de flujo de pistón para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.02.2021

73 Titular/es:
HITACHI ZOSEN INOVA AG (100.0%)
Hardturmstrasse 127
8005 Zürich, CH

72 Inventor/es:
SCHATZ, ADRIAN y
EUGSTER, MARC

74 Agente/Representante:
GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 805 741 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para optimizar el funcionamiento de un fermentador de flujo de pistón para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos

5 La invención se refiere a un procedimiento para optimizar el funcionamiento de un fermentador de flujo de pistón para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos, así como un fermentador de flujo de pistón configurado de la correspondiente manera.

10 Los procedimientos de fermentación anaeróbica de residuos orgánicos son conocidos por los expertos y han cobrado importancia, sobre todo en los últimos años, ya que, por un lado, permiten la gestión ecológica de los residuos, pero, por otro lado, también son interesantes desde el punto de vista económico porque pueden utilizarse para generar cantidades importantes de biogás.

15 Entre los procedimientos de fermentación anaeróbica conocidos, se pueden diferenciar básicamente los procedimientos de fermentación líquida o húmeda de los llamados procedimientos de fermentación en seco. Un procedimiento de fermentación en húmedo se describe en el documento WO 2011/121024. A este respecto, se alimenta sustrato a un contenedor mediante un sistema de alimentación, estando dispuestos al menos dos agitadores en el contenedor cuyas hélices se ponen en rotación por medio de accionamientos. Además, en el documento WO 2016/071454 se describe un dispositivo de agitación para un fermentador de una planta de biogás que comprende una carcasa y un equipo de accionamiento para accionar rotatoriamente al menos una hoja de agitación del equipo de agitación. Mientras que los procedimientos de fermentación en húmedo suelen llevarse a cabo en uno o más fermentadores orientados verticalmente, en los llamados procedimientos de fermentación en seco el material de fermentación se fermenta en un fermentador por lo general orientado horizontalmente.

20 La proporción de sustancia seca del material de fermentación es a este respecto considerablemente mayor que en los procedimientos de fermentación en húmedo; sin embargo, a pesar de ello, el material de fermentación también presenta una considerable proporción líquida en la fermentación en seco.

25 Los procedimientos de fermentación en seco pueden llevarse a cabo en particular en un fermentador de flujo de pistón, como se conoce por el documento EP-A-0476217. Estos fermentadores comprenden por regla general un tanque de fermentador alargado y horizontal con una entrada de fermentador prevista en un extremo y una salida de fermentador situada en el extremo opuesto.

30 Los residuos orgánicos que deben fermentarse se alimentan triturados en la entrada y se inoculan con material ya fermentado y/o agua de prensada del tratamiento de residuos de fermentación. De esta manera se enriquece el material que debe fermentarse con bacterias de metano. En el tanque de fermentador, los residuos se descomponen entonces en un proceso de mezcla controlada formando biogás y a continuación, es decir, después de salir por la salida de fermentador, se alimentan a un tratamiento de residuos de fermentación y posteriormente a un procedimiento de descomposición aeróbica.

35 El agitador de tales fermentadores de flujo de pistón debe garantizar, por un lado, que el material de fermentación se mezcle bien con las bacterias de metano para lograr una fermentación lo más óptima posible. Además, se debe garantizar una buena desgasificación mediante la mezcla o la resultante renovación continua de la superficie.

40 Además, el agitador debe garantizar que los componentes sólidos más pesados del material de fermentación, que pueden sedimentarse en el fondo del tanque de fermentador, puedan ser transportados de nuevo a las capas superiores y, con ello, que también estos componentes del material de fermentación sean transportados a través del tanque de fermentador y salgan de él a su debido tiempo.

El documento WO 2005/113469, por ejemplo, persigue el fin de reducir el tiempo de permanencia del material de fermentación en el fermentador y aumentar así el posible rendimiento, pudiendo alimentarse el material fresco o el material de fermentación a través de varias aberturas de entrada y/o pudiendo descargarse material de fermentación a través de varias aberturas de descarga de material de fermentación.

45 Especialmente en los fermentadores de flujo de pistón, a menudo surge el problema de que partes del material de fermentación pueden solidificarse en el eje del agitador y adherirse a él. El aumento de peso resultante conduce automáticamente a una mayor carga en el eje del agitador y, por tanto, a su desviación. Esto a su vez puede causar que las paletas dispuestas en el eje de agitador o las palas dispuestas en el extremo exterior radial de las paletas rocen contra la pared del tanque de fermentador, lo que aumenta aún más el par de torsión en el eje y también causa desgaste en la pared del tanque de fermentador. Además, a pesar de la trituración previa de los residuos biogénicos, materiales sólidos alargados como cuerdas, alambres o residuos verdes en forma de bucle todavía pueden entrar en el fermentador y enrollarse alrededor del eje de agitador durante su funcionamiento. Estos efectos pueden llevar a un deterioro del funcionamiento del fermentador y, en el peor de los casos, a su fallo.

55 Partiendo de los problemas descritos anteriormente, el documento EP-A-1841853 propone un procedimiento para el funcionamiento de un fermentador de flujo de pistón en el que a) el agitador gira en una dirección, consiguiéndose un efecto de arado por medio de chapas dispuestas en forma de V, b) el agitador gira en una dirección opuesta,

obteniendo las palas un efecto de transporte, y c) el agitador se para.

5 Sin embargo, el procedimiento descrito en el documento EP-A-1841853 solo tiene en cuenta de forma limitada la falta de homogeneidad del material de fermentación. Esto puede conducir a que, debido a una mezcla insuficiente o a un tiempo de permanencia demasiado corto, el material de fermentación no sea fermentado y desgasificado de manera óptima en el tanque de fermentador. Por otra parte, el gasto de energía del agitador para una buena mezcla y transporte es mayor de lo necesario, lo que da como resultado en un balance energético subóptimo.

10 En este contexto, se plantea el objetivo, de acuerdo con la invención, de poner a disposición un procedimiento para optimizar el funcionamiento de un fermentador de flujo de pistón para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos. En particular, debe garantizarse una fermentación y desgasificación óptimas con el menor esfuerzo energético posible.

El objetivo se resuelve por medio del procedimiento de acuerdo con la invención según la reivindicación 1. Formas de realización preferentes de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

15 De acuerdo con la reivindicación 1, el fermentador de flujo de pistón cuyo funcionamiento debe ser optimizado comprende un tanque de fermentador orientado horizontalmente y un agitador. El agitador, a su vez, comprende un eje de agitador que atraviesa axialmente el interior del tanque de fermentador y varias paletas que se proyectan radialmente, dispuestas en el eje de agitador, así como un accionamiento. El agitador mueve el material de fermentación en el tanque de fermentador. Por un lado, de esta manera se mezcla el material de fermentación, por otro lado, el movimiento por regla general también apoya el transporte del material de fermentación desde la entrada de fermentador hacia la salida de fermentador.

20 De acuerdo con la invención, la deseada optimización del funcionamiento se alcanza de la siguiente manera:

- a) se mide al menos un parámetro característico del respectivo estado de funcionamiento del fermentador de flujo de pistón,
- b) el respectivo valor medido A_{real} obtenido en a) se compara con un valor nominal predefinido A_{nominal} , y
- 25 c) se ajusta la velocidad del eje de agitador, la dirección de rotación del eje de agitador y/o la proporción de materia seca en el material de fermentación en función de la desviación del valor medido A_{real} con respecto al valor nominal A_{nominal}

30 De acuerdo con la invención, se puede comprobar así, mediante la determinación del respectivo parámetro en las etapas a) y b) y comparándolo con un correspondiente valor nominal, si el sistema está "sobrecargado" o "subcargado" a la velocidad y dirección de rotación actual del eje de agitador. Si este es el caso, se puede contrarrestar de manera específica mediante el ajuste de la velocidad o la dirección de rotación. Alternativa o adicionalmente, también se puede ajustar la proporción de materia seca del material de fermentación para optimizar su rendimiento. Esto permite en última instancia un tratamiento óptimo del material de fermentación, mientras que al mismo tiempo se mantiene en un mínimo el esfuerzo energético realizado para ello.

35 El procedimiento o fermentador de flujo de pistón de la presente invención está diseñado para la fermentación en seco. Así pues, la invención se diferencia fundamentalmente de los procedimientos de fermentación en húmedo descritos anteriormente o de las plantas verticales previstas para este fin, remitiéndose en este caso, por ejemplo, al documento DE 10 2014 116 239 A1.

40 Como se ha mencionado anteriormente, en la etapa c) del procedimiento de acuerdo con la invención, la proporción de materia seca del material de fermentación puede ser ajustada y con ello, en última instancia, se puede ajustar su transportabilidad. Por regla general, esto se lleva a cabo mediante el ajuste de la cantidad de agente humectante introducida en el tanque de fermentador y, por tanto, aportado al material de fermentación. Sin embargo, también es concebible ajustar la proporción de materia seca ajustando la cantidad de material de fermentación introducido en el tanque de fermentador.

45 Concretamente, la proporción de materia seca del material de fermentación se sitúa preferentemente en el intervalo entre el 5 y el 99%, más preferentemente entre el 15 y el 40%, y, por lo tanto, se sitúa significativamente por encima de la proporción de materia seca presente en las plantas de fermentación en húmedo.

En el contexto de la presente invención, el término "residuo" se utiliza para el material que debe fermentarse que está presente en el momento de la alimentación, mientras que el "material de fermentación" es el material inoculado y que debe fermentarse presente en el tanque de fermentador sobre la base de los residuos.

50 En el caso de los residuos o el material de fermentación en el sentido de la presente invención se trata, en particular, un material relativamente no homogéneo, lo que significa que la proporción de materia seca está compuesta por partículas sólidas o componentes sólidos de diferente tamaño y forma. En particular, pueden estar contenidos componentes sólidos de volumen relativamente grande. Generalmente, los residuos orgánicos son una mezcla de desechos como los domésticos, de jardín, agrícolas, industriales y verdes, los restos de alimentos y excrementos de

animales como el estiércol sólido. Las ventajas obtenidas de acuerdo con la invención son particularmente notables en el caso de tales materiales no homogéneos, dado que la velocidad y dirección de rotación del eje de agitador y la proporción de sustancia seca óptimas para el sistema pueden estar sujetas a fluctuaciones permanentes que pueden ser compensadas de acuerdo con la invención.

5 El término "valor nominal", tal como se utiliza en el contexto de la presente invención, incluye en particular un intervalo de valores nominales. En otras palabras, de acuerdo con la invención, hay una desviación del valor medido A_{real} con respecto al valor nominal A_{nominal} si el valor medido se sitúa por encima del límite superior del intervalo de valores nominales o por debajo del límite inferior del intervalo de valores nominales.

10 En particular, de acuerdo con la invención, no se almacena ninguna curva de carga nominal, como se enseña, por ejemplo, en el documento DE 10 2014 116 239 A1. En el procedimiento de la presente invención, la presentación de una curva de carga nominal técnicamente solo tendría un sentido limitado, sobre todo en vista de la falta de homogeneidad del material de fermentación.

15 Como se ha mencionado anteriormente, en la etapa c), la velocidad del eje de agitador, la dirección de rotación del eje de agitador y/o la proporción de materia seca del material de fermentación se ajusta en función de la desviación del valor medido A_{real} con respecto al valor nominal A_{nominal} . De acuerdo con una forma de realización preferente, la velocidad y/o la dirección de rotación del eje de agitador y/o la proporción de materia seca del material de fermentación no se ajusta solo una vez, sino que también se regula. En otras palabras, el efecto del cambio de velocidad y/o dirección de rotación o de la proporción de materia seca sobre la desviación del valor medido A_{real} con respecto al valor nominal A_{nominal} se vigila continuamente y, sobre esta base, se sigue ajustando o se deja como está la velocidad, la dirección de rotación y/o la proporción de materia seca, de tal modo que se logra una secuencia cerrada de efectos.

20 Preferentemente el intervalo dentro del cual se ajusta la velocidad del eje de agitador se sitúa entre 0 y 10, preferentemente entre 0 y 1, de manera particularmente preferente entre 0,2 y 0,6 revoluciones por minuto. Por lo tanto, la velocidad del eje de agitador se diferencia muy esencialmente de la velocidad de una hélice, como se puede utilizar, por ejemplo, en un procedimiento de fermentación en húmedo y está disponible de acuerdo con la tecnología descrita en el documento DE 10 2014 116 239 A1.

25 Las paletas dispuestas en el eje de agitador o, alternativamente, las palas dispuestas en el extremo exterior radial de las paletas sirven principalmente para mezclar el material de fermentación para una fermentación óptima. A este respecto, es concebible diseñar las paletas y en particular las palas dispuestas en ellas simétricamente de tal manera que el material de fermentación no reciba un componente de transporte activo desde las paletas o las palas hacia la salida del fermentador. En particular, es concebible a este respecto diseñar las palas de forma asimétrica con respecto a la dirección de rotación, de tal modo que resulte un efecto de transporte radial sobre el material de fermentación en una primera dirección de rotación y un efecto de arado en una segunda dirección de rotación. En esta forma de realización, el avance del material de fermentación está causado principalmente por el suministro de material de fermentación a través de la entrada de fermentador, siendo reforzado el transporte por el movimiento del material de fermentación generado por medio del eje de agitador. Sin embargo, también es concebible diseñar las palas de tal manera que el material de fermentación reciba un componente de transporte axial activo en dirección a la salida de fermentador.

30 De acuerdo con la invención, como parámetro A1 característico del estado de funcionamiento se selecciona el par de torsión y/o la potencia del accionamiento, además de, opcionalmente, al menos uno de los siguientes parámetros A2) a A4):

A2: al menos una temperatura presente en el tanque de fermentador;

A3: la velocidad de flujo y/o la composición del material de fermentación en al menos un punto del tanque de fermentador; y/o

45 A4: la composición y/o la cantidad de gas generado por la fermentación anaeróbica.

A este respecto, se determina el par de torsión y/o la potencia del accionamiento, es decir, el parámetro A1. Es concebible a este respecto, por ejemplo, que la potencia en el lado de control del accionamiento se determine mediante el producto de la corriente y el voltaje. También es concebible que el par de torsión se derive de la potencia del accionamiento. De acuerdo con una forma de realización particularmente preferente, el accionamiento se realiza en forma de un motor, concretamente un motor asíncrono, al que está asociado un convertidor de frecuencia; en este caso es preferente que el par de torsión se determine en porcentaje en el convertidor de frecuencia.

50 Partiendo del valor medido $A1_{\text{real}}$ del par de torsión y/o la potencia del accionamiento obtenido en la etapa a), de acuerdo con otra forma de realización preferente del procedimiento de acuerdo con la invención, en el caso de que el valor medido $A1_{\text{real}}$ del par de torsión y/o la potencia obtenido en la etapa a) se sitúe por encima un valor máximo predefinido $A1_{\text{máx}}$, se reduce la velocidad

A este respecto, el par de torsión o la potencia se miden a continuación a velocidad reducida.

Finalmente, si el valor $A1_{real,rojo}$ medido a velocidad reducida sigue siendo más alto que $A1_{máx}$,

- 5 - el par de torsión o la potencia se reduce de nuevo, tras lo cual opcionalmente se repiten la medición del par de torsión o de la potencia a una velocidad nuevamente reducida y la reducción de la velocidad realizada a continuación de la velocidad al menos una vez, preferentemente varias veces, y/o
- se cambia la dirección de rotación del eje de agitador.

Así, en el caso de que el sistema se sobrecargue, este se alivia reduciendo la velocidad y/o cambiando o invirtiendo la dirección de rotación, tomándose como indicador de la sobrecarga del sistema la circunstancia de que el par de torsión o la potencia del accionamiento exceda un valor nominal predefinido.

10 Preferentemente, la velocidad solo se reduce ligeramente en la respectiva etapa, de tal modo que la diferencia resultante de la reducción de la velocidad se sitúa en un intervalo de 0,001 a 0,1 revoluciones, preferentemente en a aprox. 0,05 revoluciones por minuto. De esta manera, se garantiza que incluso a una velocidad reducida esta sea aún suficiente para garantizar una mezcla suficiente del material de fermentación.

15 Si se cambia la dirección de rotación del eje de agitador, puede ser preferible que, a continuación de este cambio, después de un período de tiempo t , se modifique de nuevo el sentido de rotación del eje de agitador, restaurándose así el sentido de rotación original. Este caso se da en particular si las paletas y/o las palas dado el caso dispuestas en ellas están dispuestas asimétricamente con respecto a la dirección de rotación, de tal modo que, en una primera dirección de rotación, se produce un efecto de transporte radial sobre el material de fermentación y, en una segunda dirección de rotación, un efecto de arado, por medio del cual se puede provocar un desprendimiento de material de fermentación acumulado, tras lo cual el material de fermentación - después de una nueva inversión de la dirección de rotación- puede ser transportado de nuevo más fácilmente.

20 Como alternativa al procedimiento descrito anteriormente, en el que se determina una sobrecarga del sistema, también es concebible que el valor medido $A1_{real}$ del par de torsión o potencia obtenido en la etapa a) sea inferior a un valor mínimo predefinido $A1_{mín}$, lo que indica una "subcarga" del sistema. En este caso, se reduce preferentemente la velocidad del eje de agitador, con lo que el sistema pasa a un funcionamiento de ahorro de energía, en el que, sin embargo, se puede garantizar que la mezcla y el transporte del material de fermentación son suficientemente altos.

25 La velocidad reducida o el funcionamiento de ahorro de energía se mantiene mientras el valor medido $A1_{real}$ se sitúa por debajo de $A1_{mín}$. Si se determina que el valor medido $A1_{real}$ excede el valor mínimo $A1_{mín}$, la velocidad se incrementa de nuevo de tal manera que $A1_{real}$ se encuentre dentro del intervalo definido por los valores límite $A1_{mín}$ y $A1_{máx}$.

Además del procedimiento descrito anteriormente, la presente invención, de acuerdo con un aspecto adicional, también se refiere a un fermentador de flujo de pistón equipado para el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9.

35 Así pues, además del tanque de fermentador descrito anteriormente y del agitador, el fermentador de flujo de pistón también comprende al menos un equipo de medición para determinar al menos un parámetro característico del respectivo estado de funcionamiento del fermentador de flujo de pistón, así como agentes de ajuste que están diseñados de tal manera que, partiendo del valor medido obtenido o de la desviación del par de torsión y/o la potencia del accionamiento con respecto un valor nominal predefinido, se puede ajustar la velocidad y/o la dirección de rotación del eje de agitación.

Los agentes de ajuste se presentan preferentemente en la forma o como parte de una unidad de regulación que está diseñada de tal modo que se pueden controlar la velocidad y/o la dirección de rotación del eje de agitador sobre la base del valor medido obtenido o la desviación del valor medido con respecto al valor nominal.

45 También es preferente que el accionamiento sea un motor, en particular un motor asíncrono, al que esté asociado un convertidor de frecuencia.

La invención es ilustrada además con ayuda de las figuras.

Muestra:

- la Figura 1 un esquema de un sistema de regulación de acuerdo con el procedimiento de la presente invención; y
- 50 la Figura 2 un diagrama en el que están registrados valores de par de torsión (en % en el convertidor de frecuencia) a la respectiva potencia del accionamiento y en el que, además, están definidos valores nominales a diferentes velocidades del eje de agitador.

De acuerdo con la figura 1, para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención, se utiliza un

fermentador de flujo de pistón 10 que comprende un tanque de fermentador orientado horizontalmente 12 y un agitador 14.

5 El agitador 14 comprende un eje de agitador 16 que atraviesa axialmente el interior del tanque de fermentador 12 y varias paletas 18 que se proyectan radialmente, dispuestas en el eje de agitador, así como un accionamiento 20, que en este caso concreto se presenta en la forma de un motor asíncrono 200 al que está asociado un convertidor de frecuencia 22. En el extremo radialmente exterior de las paletas 18, están dispuestas, además, palas 24 que están diseñadas para mezclar el material de fermentación y de esta manera apoyar el transporte del material de fermentación hacia la salida de fermentador.

10 En el ejemplo de realización que se muestra en la figura 1, el par de torsión M_{real} [%] se mide en el convertidor de frecuencia 22 en una etapa a) a la de velocidad existente n_{real} [rpm] del eje de agitador 16.

El valor medido obtenido en la etapa b) se compara con un valor nominal $M_{nominal}$ [%], en concreto con un intervalo de valores nominales.

15 Si el resultado de esta comparación es que el valor determinado del par de torsión o de la potencia es superior a un valor máximo del intervalo de valores nominales (caso A), lo que puede ocurrir, por ejemplo, con un contenido relativamente alto de sustancia seca en el material de fermentación, el sistema se alivia dando la señal al convertidor de frecuencia 22 por medio de agentes de ajuste 26 en forma de una unidad de regulación 260 para que reduzca la velocidad en la etapa c) al valor $n_{nominal,nuevo}$.

El par de torsión que debe aplicarse al eje del agitador 16 para la velocidad reducida $n_{nominal,nuevo}$ se determina entonces y se compara de nuevo con el valor máximo $M_{máx}$.

20 Si el par de torsión es todavía demasiado alto, esto indica una acumulación de material de fermentación. Esto puede contrarrestarse repitiendo la reducción de la velocidad con la subsiguiente medición del par de torsión que debe aplicarse a velocidad reducida y la comparación del par de torsión con el valor máximo varias veces hasta que el par de torsión se sitúe por debajo del valor máximo. Alternativamente, también pueden cambiarse la dirección de rotación del eje de agitador. Dependiendo del diseño de las paletas o de las palas que se dispongan en ellas en
25 cualquier caso, se puede obtener así un efecto de arado para disolver la acumulación de fermentación. Además, con el cambio de la dirección de rotación, si el exceso de par de torsión se debe, entre otras cosas, a componentes de material de fermentación acumulados en las paletas, se puede obtener un aflojamiento y, finalmente, una retirada de estos componentes de las paletas.

30 Por el contrario, si en la etapa b) se determina que el par de torsión se sitúa por debajo de un valor mínimo del intervalo de valores nominales (caso B), esto indica una "subcarga" del sistema. El sistema reacciona a esto de tal manera que la velocidad se reduce a una velocidad mínima o se desactiva por completo, cambiando así el accionamiento a un funcionamiento de ahorro de energía.

35 Alternativa o adicionalmente, es concebible extraer conclusiones sobre si la mezcla en el tanque de fermentador (a velocidad reducida) es suficiente, en base a la composición del material de fermentación en al menos un punto del tanque de fermentador y/o después de salir del tanque de fermentador.

Los diferentes escenarios se muestran en el diagrama de acuerdo con la figura 2, en el que se han especificado un intervalo de valores nominales entre el 50 y el 80% y una velocidad mínima de 0,2 revoluciones por minuto (rpm) para el par de torsión en el convertidor de frecuencia.

40 Si la determinación del par de torsión da como resultado que este es del 95% a una velocidad del eje de agitador de 0,6 rpm y, por lo tanto, es demasiado alto, la velocidad se reduce, por lo que en el ejemplo concreto la velocidad se reduce a 0,4 rpm, con lo que el par de torsión se determina de nuevo y se compara con el valor nominal o con el valor máximo del intervalo de valores nominales.

45 Si, por el contrario, a la velocidad actual de 0,4 rpm, se determina una potencia del accionamiento que está por debajo de un valor mínimo predefinido, en el caso concreto por debajo de 6 kW, la velocidad se reduce y el sistema pasa así al funcionamiento de ahorro de energía.

En el ejemplo que se muestra en el diagrama, la velocidad se reduce sucesivamente, de las 0,4 rpm mencionadas anteriormente a 0,2 rpm.

Lista de referencias

10	Fermentador de flujo de pistón
50 12	Tanque de fermentador
14	Agitador
16	Eje de agitador
18	Paletas
20; 200	Accionamiento; motor asíncrono

22	Convertidor de frecuencia
24	Palas
26; 260	Agentes de ajuste; unidad de regulación

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para optimizar el funcionamiento de un fermentador de flujo de pistón (10) para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos, comprendiendo el fermentador de flujo de pistón un tanque de fermentador (12) de orientación horizontal y un agitador (14) que comprende un eje de agitador (16) que atraviesa axialmente el interior del tanque de fermentador (12) y una pluralidad de paletas (18) que se proyectan radialmente, dispuestas en el eje de agitador, así como un accionamiento (20; 200), y siendo movido el material de fermentación en el tanque de fermentador (12) por medio del agitador (14), **caracterizado porque**
- 5 a) se mide el par de torsión y/o la potencia del accionamiento (20; 200)
 b) el respectivo valor medido $A_{1\text{real}}$ obtenido en a) se compara con un valor nominal $A_{1\text{nominal}}$ predefinido, y
 10 c) la velocidad del eje de agitador (16), la dirección de rotación del eje de agitador (16) y/o la proporción de sustancia seca del material de fermentación se ajusta en función de la desviación del valor medido $A_{1\text{real}}$ con respecto al valor nominal $A_{1\text{nominal}}$.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el ajuste de la proporción de materia seca del material de fermentación se realiza por medio de la cantidad de agente humectante introducida en el tanque de fermentador (12).
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** en la etapa c) se regula la velocidad del eje de agitador (16), la dirección de rotación del eje de agitador (16) y/o la proporción de sustancia seca del material de fermentación en función de la desviación del valor medido A_{real} con respecto al valor nominal A_{nominal} .
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el intervalo dentro del cual se ajusta la velocidad de rotación del eje de agitador (16) se sitúa entre 0 y 10, preferentemente entre 0 y 1, de manera particularmente preferente entre 0,2 y 0,6 revoluciones por minuto.
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la proporción de materia seca del material de fermentación se sitúa en el intervalo entre el 5 y el 99%, preferentemente entre el 15 y el 40%.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**, en el siguiente orden,
- 25 - en el caso de que el valor medido $A_{1\text{real}}$ del par de torsión o de la potencia obtenido en la etapa a) sea superior a un valor máximo predefinido $A_{1\text{máx}}$, la velocidad se reduce,
 - el par de torsión o la potencia se mide a velocidad reducida y,
 - en el caso de que el valor medido $A_{1\text{real,rojo}}$ obtenido en la etapa II), siga siendo mayor que $A_{1\text{máx}}$,
- 30 • el par de torsión o la potencia se reduce de nuevo, tras lo cual opcionalmente se repiten la medición del par de torsión o de la potencia a una velocidad nuevamente reducida y la reducción de la velocidad realizada a continuación de la velocidad al menos una vez, preferentemente varias veces, y/o
 • se cambia la dirección de rotación del eje de agitador (16).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque**, a continuación de la modificación de la dirección de rotación del eje de agitador (16), se modifica de nuevo la dirección de rotación después de un período de tiempo t .
- 35 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**, en el caso de que el valor medido $A_{1\text{real}}$ del par de torsión o de la potencia obtenido en la etapa a) se sitúe por debajo de un valor mínimo predefinido $A_{1\text{mín}}$, se reduce la velocidad de rotación y se mantiene la velocidad de rotación reducida mientras el valor medido $A_{1\text{real}}$ se sitúe por debajo de $A_{1\text{mín}}$.
- 40 9. Fermentador de flujo de pistón (10) para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos, comprendiendo el fermentador de flujo de pistón un tanque de fermentador (12) de orientación horizontal y un agitador (14) que comprende un eje de agitador (16) que atraviesa el interior del tanque de fermentador (12) y una pluralidad de paletas (18) que se proyectan radialmente, dispuestas en el eje de agitador (16), así como un accionamiento (20; 200), y siendo adecuado para desplazar el material de fermentación en el tanque de fermentador (12), **caracterizado porque** el fermentador de flujo de pistón (10) comprende también al menos un equipo de medición para determinar al menos un parámetro característico del respectivo estado de funcionamiento del fermentador de flujo de pistón, así como agentes de ajuste (26) que están diseñados de tal manera que, partiendo del valor medido obtenido del par de torsión y/o de la potencia del accionamiento o de la desviación del valor medido con respecto a un valor nominal predefinido, ajustan la velocidad del eje de agitador (16), la dirección de rotación del eje de agitador (16) y/o la proporción de sustancia seca del material de fermentación.
- 45 50 10. Fermentador de flujo de pistón según la reivindicación 9, **caracterizado porque** los agentes de ajuste (26) se presentan en forma de o como parte de una unidad de regulación (260) que está diseñada de tal manera que regula la velocidad de rotación del eje de agitador (16), la dirección de rotación del eje de agitador (16) y/o la proporción de sustancia seca del material de fermentación en base al valor medido obtenido o a la desviación del valor medido con respecto al valor nominal.
- 55

11. Fermentador de flujo de pistón según la reivindicación 9 o 10, **caracterizado porque** el accionamiento (20) es un motor, en particular un motor asíncrono (200), al que está asociado un convertidor de frecuencia (22).

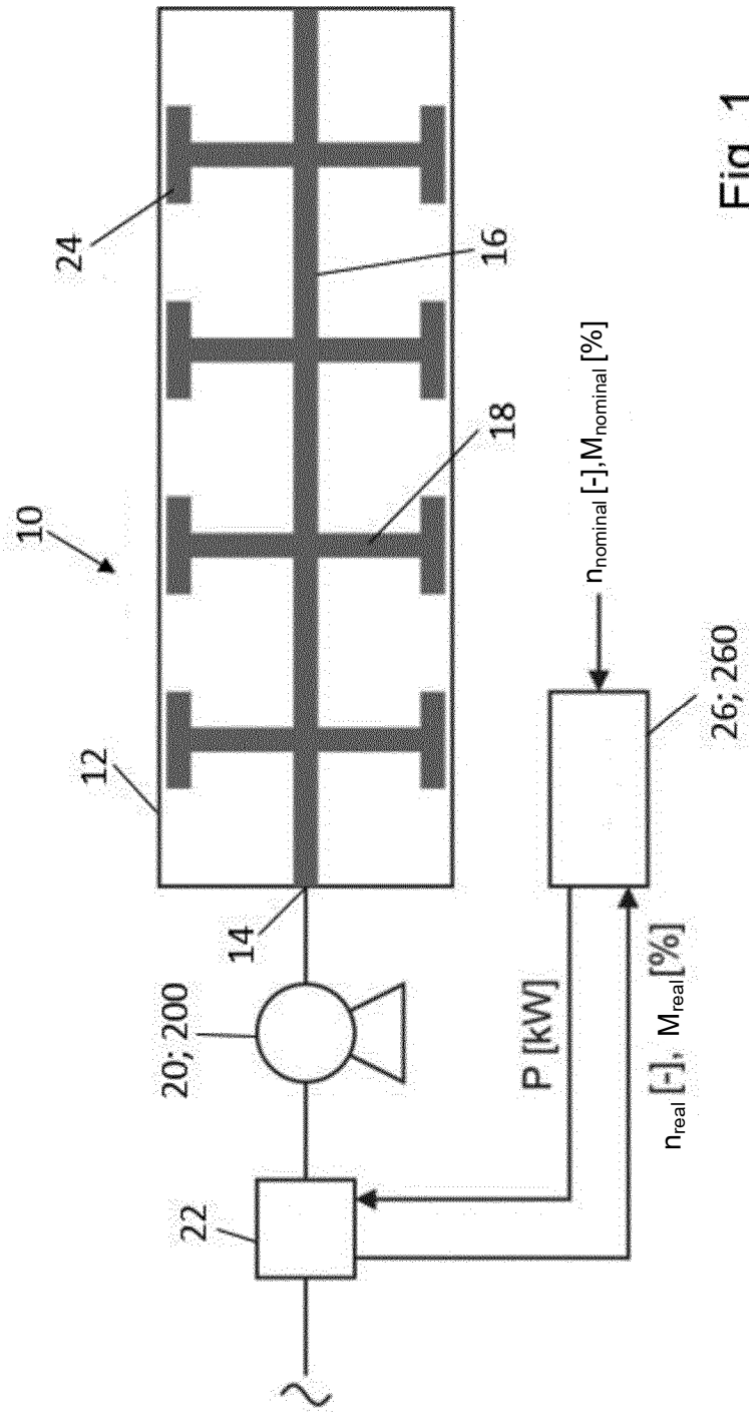


Fig. 1

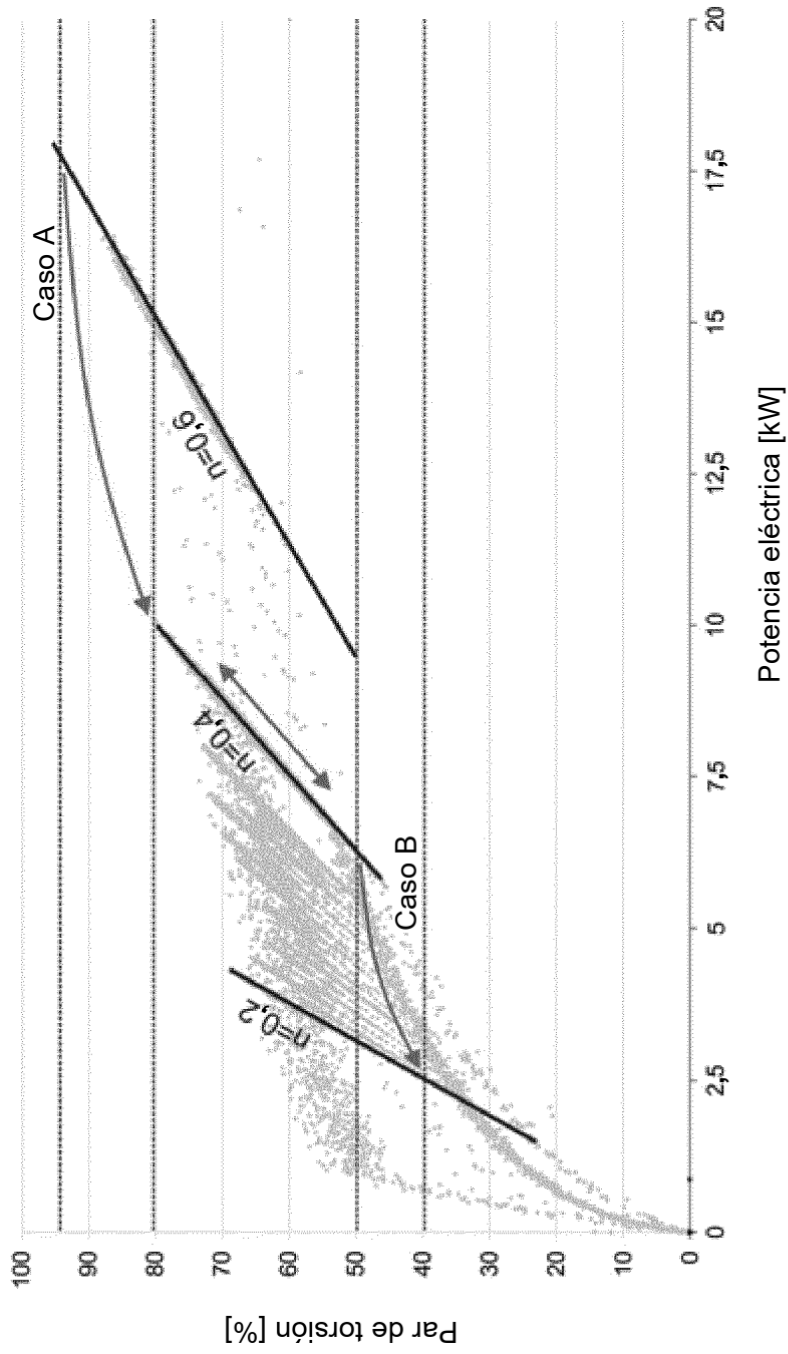


Fig. 2