

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 082**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2002 PCT/EP2002/04485**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.12.2002 WO02099277**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2002 E 02732657 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016 EP 1399674**

54 Título: **Procedimiento para la maximización del rendimiento energético de una turbina eólica**

30 Prioridad:

07.06.2001 DE 10127451

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

15.06.2017

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich , DE**

72 Inventor/es:

WOBBEN, ALOYS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 617 082 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 la maximización del rendimiento energético de una turbina eólica.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para el control de una instalación de energía eólica y una instalación de energía eólica con un dispositivo de control para el control de la instalación de energía eólica.

10 Instalaciones de energía eólica con controles se conocen en general desde hace años y se usan entretanto con éxito. A este respecto, en particular el control tiene una gran influencia en el rendimiento energético de una instalación de energía eólica.

15 Debido a un perfeccionamiento continuo de las instalaciones de energía eólica, éstas se han desarrollado a instalaciones complejas, en las que una multiplicidad de parámetros y valores de ajuste se deben adaptar entre sí a fin de permitir un funcionamiento lo más optimizado posible.

20 Debido a la elevada complejidad de las instalaciones y los elevados costes de desarrollo para el desarrollo o perfeccionamiento de instalaciones semejantes se deben invertir importes considerables para la adquisición de una instalación semejante. Se puede comprender fácilmente que tales inversiones sólo son aceptables luego cuando la instalación de energía eólica permite generar un superávit lo más grande posible durante su vida útil a partir de los ingresos producidos de su funcionamiento adicionalmente a la amortización.

25 Pero este superávit está ligado de forma inseparable con el rendimiento de potencia de una instalación de energía eólica y por ello la maximización del rendimiento tiene una prioridad comprensiblemente elevada en particular para el propietario / operador de una instalación semejante.

30 Por otro lado, ya muy en general en todos los procesos de producción y en vista de la complejidad de las instalaciones de energía eólica y sus dimensiones son inevitables las desviaciones de la medida ideal. A este respecto, mediante límites de tolerancia se establece dentro de que rangos todavía se consideran como aceptables tales desviaciones.

Independientemente de la pregunta de si es realmente aceptable una desviación semejante o no, en cualquier caso significa una pérdida de rendimiento dado que representa una desviación de la disposición óptima.

35 Por ejemplo, por el documento DE 195 32 409 A1 del solicitante se conoce un procedimiento del tipo mencionado al inicio. En este procedimiento conocido para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, para la limitación de la solicitación de la instalación de energía eólica se disminuye la potencia de la instalación de energía eólica en función de la velocidad del viento desde una velocidad del viento predeterminable, en tanto que se reduce la velocidad de giro de funcionamiento del rotor al aparecer un viento con una velocidad del viento por encima de una velocidad del viento límite o una velocidad de afluencia. Por el documento US 5,402,332 se conoce un procedimiento para la optimización de la eficiencia de un juego de máquinas para una central hidroeléctrica que presenta una turbina y un generador.

45 Por el documento DE-A1-199 34 415 se conoce un dispositivo de optimización para el aumento del rendimiento en instalaciones de energía eólica mediante el seguimiento acimutal más exacto.

50 El objetivo de la presente invención es perfeccionar un procedimiento y una instalación de energía eólica del tipo mencionado al inicio, de manera que las pérdidas de rendimiento, en particular debido a desvíos en el rango de transformación de energía cinética del viento en energía eléctrica, es decir, en el rango de rotor, cadena cinética y generador, son tan pequeños como sea posible.

55 El objetivo se resuelve mediante un procedimiento según la reivindicación 1. A este respecto, la invención se basa en el conocimiento de que las tolerancias se mueven dentro de rangos conocidos y una variación de al menos un ajuste del funcionamiento, como por ejemplo del ángulo de pala, de la posición acimutal, del momento del generador, etc. dentro de este rango de tolerancia debe conducir luego al ajuste óptimo.

Para evitar que debido a una variación permanente de un ajuste de funcionamiento se produzca en último término una pérdida de rendimiento mayor, estas variaciones se realizan en intervalos de tiempo predeterminables, de modo que, cuando se ha encontrado un ajuste óptimo, éste se mantiene durante un intervalo de tiempo predeterminado.

En una forma de realización especialmente preferida de la invención, los intervalos de tiempo se varían en función de las condiciones del emplazamiento y/o funcionamiento predeterminables, de modo que se pueden tener en cuenta las particularidades del emplazamiento, como circulación del viento relativamente uniforme o turbulenta, cambio de dirección del viento o similares.

5

En un perfeccionamiento especialmente preferido de la invención, la variación se realiza actualmente según una modificación del ajuste de funcionamiento desencadenada por influencias externas. A este respecto, si el tiempo es suficientemente corto, el ajuste de funcionamiento varía más allá del valor de ajuste predeterminado y eventualmente un valor predeterminado de vuelta en la dirección opuesta, hasta que se ha encontrado el ajuste

10

óptimo. Este proceso se corresponde aproximadamente con un proceso transitorio.

De forma especialmente preferida, en el procedimiento según la invención se determina la diferencia entre el ajuste de partida y el ajuste variado con el rendimiento óptimo y se tiene en cuenta en el caso de modificaciones y/o variaciones siguientes. De esta manera se puede acortar el proceso y por consiguiente la consecuencia del

15

rendimiento máximo.

En una forma de realización especialmente preferida de la invención, una instalación de energía eólica según la invención comprende un dispositivo de control que es apropiado para la realización del procedimiento, presentando el dispositivo un microprocesador o microcomputadora y un dispositivo de almacenamiento.

20

Otras formas de realización ventajosas de la invención están especificadas en las reivindicaciones dependientes.

A continuación se explica más en detalle un ejemplo de realización mediante las figuras. A este respecto muestran:

25

Figura 1 una representación del principio base de la presente invención mediante un diagrama;

Figura 2 una representación de un principio base mejorado;

Figura 3 una variante aun más mejorada del procedimiento según la invención;

30

Figura 4 un procedimiento aun más optimizado; y

Figura 5 un procedimiento según la invención todavía más optimizado para la maximización del rendimiento.

35

En la figura 1 se representa el principio base del procedimiento según la invención para el control de la instalación de energía eólica. En la figura se muestra en la abscisa el tiempo t , en la ordenada está representada en la parte superior la variación de un ajuste de funcionamiento, como por ejemplo el ángulo acimutal (α) de la góndola y por consiguiente del rotor de una instalación de energía eólica, y en la parte inferior está representado el desarrollo del rendimiento en forma de una curva característica (P) para mayor claridad en una representación simplificada.

40

A partir de la curva característica superior se puede deducir que la variación del ajuste de funcionamiento del ajuste de partida comienza de forma sinusoidal en primer lugar en el instante t_1 en una dirección positiva, en el instante t_2 alcanza un valor máximo y en el instante t_3 ha alcanzado de nuevo el valor de partida. Desde allí se prosigue ahora la variación en la dirección opuesta, habiendo alcanzado de nuevo el máximo en el instante t_4 y adoptando de nuevo el valor de partida en el instante t_5 .

45

Si ahora se produce un aumento del rendimiento durante esta variación, entonces se puede modificar correspondientemente el ajuste de funcionamiento, de modo que la instalación de energía eólica proporciona un rendimiento más elevado.

50

La curva característica inferior muestra el rendimiento que varía en función del ajuste de funcionamiento. En el instante t_1 , es decir, al comienzo de la variación disminuye el rendimiento hasta alcanzar el máximo de la variación en el instante t_2 , y mientras que el ajuste se reconduce de nuevo al valor de partida (t_3) el rendimiento aumenta de nuevo hasta que también alcanza su valor de partida en el instante t_3 . Durante la inversión de la dirección de variación, el rendimiento igualmente disminuye de nuevo en el presente ejemplo, en el instante t_4 alcanza el mínimo (el máximo de la disminución del rendimiento) y en el instante t_5 alcanza de nuevo su valor de partida. Por consiguiente se puede reconocer claramente que era óptimo el ajuste de partida de la instalación.

55

En un instante predeterminado (en este ejemplo t_6), después de que ha transcurrido un intervalo predeterminado, se

puede repetir el proceso.

En este procedimiento compiten, por un lado, la posibilidad de un aumento del rendimiento y, por otro lado, las pérdidas de rendimiento que se producen debido a la variación de un ajuste óptimo.

5

Una posibilidad para la reducción de estas pérdidas de rendimiento está representada en la figura 2. En esta figura sobre la abscisa está representado de nuevo el tiempo, mientras que sobre la ordenada la curva característica superior reproduce la variación del ajuste de funcionamiento y la curva característica inferior el desarrollo del rendimiento.

10

Mientras que en el caso de la variación del ajuste de funcionamiento, ahora como antes es sinusoidal el aumento partiendo del valor de partida, la pendiente de flanco de la señal se aumenta tras alcanzar el valor de pico, de modo que el retorno al valor de partida se realiza lo más rápido posible. La distancia entre los instantes t1 y t2 permanece esencialmente de forma inalterada en comparación a la figura 1; no obstante, la distancia entre los instantes t2 y t3 se reduce claramente. En el caso ideal la distancia entre t2 y t3 tenderá a cero, de modo que al menos en una primera aproximación la pérdida de rendimiento en este intervalo entre los instante t2 y t3 se vuelve igualmente muy pequeña.

15

Lo mismo se reproduce para la semionda negativa, cuyo ascenso es de nuevo sinusoidal y se realiza entre los instantes t3 y t4, mientras que el retorno al ajuste de partida se realiza de nuevo en el instante entre t4 y t5 con una pendiente lo más grande posible. Correspondientemente las pérdidas de rendimiento se hacen aproximadamente la mitad. Después de un intervalo predeterminado se reproduce este desarrollo comenzando en el instante t6. Dado que cada ajuste se puede alcanzar y evaluar dentro del rango de variación (de la banda de tolerancia) gracias al desarrollo ascendente respectivamente de forma sinusoidal de cada semionda durante la variación, esta forma de realización reduce las pérdidas de rendimiento debido a la variación, sin modificar la eficiencia de la variación misma.

20

25

La figura 3 muestra otra forma de realización de la presente invención, en la que se reducen aun más las pérdidas de rendimiento debido a la variación de los ajustes de funcionamiento. La distribución de abscisas y ordenadas se corresponden con aquellas en las otras figuras. Aquí en el instante t1 también comienza la variación del ajuste del funcionamiento.

30

En el ejemplo de representación aumenta simultáneamente el rendimiento hasta un máximo. Si el valor de la variación se sigue aumentando el rendimiento desciende de nuevo, es decir, se ha sobrepasado el máximo de rendimiento y por consiguiente el ajuste de funcionamiento óptimo. Por ello en este procedimiento se interrumpe el aumento del valor de la variación y se establece de nuevo el ajuste con el que se ha ajustado el máximo de rendimiento.

35

Aquí en la curva característica superior se produce una "sobreoscilación" dado que tras alcanzar el máximo de rendimiento se debe reconocer naturalmente una vez la disminución del rendimiento, antes de que entonces se ajuste luego el ajuste de funcionamiento para el máximo de rendimiento. Esto ocurre ya en el instante t4, de modo que la variación ya no se debe realizar en la dirección opuesta, dado que ya se ha encontrado el máximo de rendimiento. En el instante t5 comienza de nuevo la variación del ajuste de funcionamiento después de un intervalo de tiempo predeterminado, alcanzándose en el instante t6 el valor máximo de la variación y estableciéndose de nuevo hasta t7 el valor de partida. Dado que aquí se ha producido una pérdida de rendimiento, ahora se realiza la variación de la dirección opuesta y en el instante t9 se ajusta de nuevo un máximo de rendimiento después de una sobreoscilación, de modo que se mantiene el ajuste correspondiente.

40

45

En la figura 4 está representada otra forma de realización de la invención. Aquí la abscisa es de nuevo el eje del tiempo y la ordenado muestra la variación del ajuste de funcionamiento. La modificación esencial respecto a los procedimientos descritos arriba es aquella de que como dirección inicial para la variación se usa aquella dirección en la que en la variación anterior se ha producido un aumento del rendimiento.

50

En el instante t1 comienza la variación del ajuste de funcionamiento, en el instante t2 alcanza su máximo y en el instante t3 de nuevo su valor de partida. Dado que en el ejemplo asumido no se ha producido un aumento del rendimiento, la variación se realiza ahora con signo invertido, es decir, en la dirección opuesta. En el instante t4 se alcanza un máximo de rendimiento, y se mantiene tras una breve sobreoscilación de este máximo de rendimiento.

55

Después de un intervalo de tiempo predeterminado, en el instante t5 se varía de nuevo "por turnos" el ajuste de

funcionamiento y la dirección inicial se corresponde aquí con aquella dirección que condujo a un aumento del rendimiento en la variación anterior, es decir, de la semionda negativa. En el instante t6 se alcanza de nuevo un máximo de rendimiento, de modo que se mantiene este ajuste. Por consiguiente se suprime completamente la pérdida de rendimiento que se produciría en la semionda positiva.

5

Después de otro intervalo de tiempo en el instante t7 comienza de nuevo la variación del ajuste de funcionamiento. Éste comienza de nuevo con la semionda negativa dado que ésta condujo de nuevo a un aumento de rendimiento en la variación anterior. En este caso se supone que éste no es el caso, de modo que en el instante t8 se alcanza el máximo y en el instante t9 se establece de nuevo el valor de partida. Ahora se invierte de nuevo la dirección de la variación y con la semionda negativa se conecta una semionda positiva en la que en el instante t10 se alcanza el máximo de rendimiento, de modo que ahora se mantiene este valor.

10

En el instante t11 comienza otra variación, esta vez con la semionda positiva, dado que ésta condujo a un aumento de rendimiento en la variación anterior. En el instante t12 se alcanza el máximo y en el instante t13 de nuevo el ajuste de partida. Dado que en este ejemplo en el instante t14 se alcanza de nuevo un máximo de rendimiento, este ajuste se mantiene de modo que la variación siguiente se comenzará de nuevo con la semionda negativa.

15

La figura 5 muestra una forma de realización todavía más mejorada de la presente invención. En esta figura la abscisa es de nuevo el eje de tiempo, mientras que la ordenada en la parte superior muestra la modificación de un ajuste de funcionamiento y en la parte inferior de nuevo el desarrollo del rendimiento. En esta forma de realización del procedimiento según la invención se reducen aun más las pérdidas de rendimiento debido a la variación. Esto se consigue con el procedimiento según la invención porque al constatar una pérdida de rendimiento se invierte la dirección de variación. Si después de la inversión de la dirección de variación se produce de nuevo una pérdida de rendimiento se interrumpe la variación.

20

25

En la figura 5 la variación comienza de nuevo en el instante t1 con una semionda positiva y en el instante t2 se alcanza el máximo de rendimiento. Después de una "sobreoscilación" (t3) se ajusta el máximo de rendimiento en el instante t4 y se mantiene durante un intervalo de tiempo predeterminado hasta que en el instante t5 comienza de nuevo una variación.

30

Ésta comienza de nuevo con una semionda positiva. Sin embargo, en el instante t6 se muestra ya una pérdida de rendimiento. Por ello la dirección de variación se invierte y comienza la semionda negativa de la variación del ajuste de funcionamiento en el instante t7. En el instante t8 se alcanza un máximo de rendimiento y después de una sobreoscilación (t9) se mantiene este ajuste en el instante t10. Después de otro intervalo de tiempo predeterminado se varía de nuevo el ajuste de funcionamiento en el instante t11.

35

Dado que en el caso de la variación anterior la semionda negativa conduce a un aumento del rendimiento, esta variación también comienza con la semionda negativa. Ya en el instante t12 se reconoce que esta dirección de variación conduce a una pérdida de rendimiento y se invierte la dirección de variación, de modo que en el instante t13 se ha alcanzado de nuevo el valor de partida y comienza la semionda positiva.

40

En el instante t14 se reconoce que esta dirección de variación también conduce a una pérdida de rendimiento, y se interrumpe el proceso de variación. En el instante t15 se establece de nuevo el ajuste de funcionamiento de partida.

45

Para clarificar la ventaja esencial de esta forma de realización, en la figura está inscrito el límite de variación (T) predeterminado en ambas direcciones del ajuste de partida. Debido a la amplitud considerablemente menor de la variación del ajuste de funcionamiento, la pérdida de rendimiento también es considerablemente menor en el caso de esta variación. A la posibilidad de un aumento de rendimiento significativo se le opone por consiguiente una pérdida de rendimiento despreciable para el caso de que el ajuste de funcionamiento de partida ya es el ajuste de funcionamiento óptimo.

50

Junto a la compensación de las tolerancias de fabricación y montaje inevitables, que lo permite esta invención, mediante el procedimiento propuesto según la invención también se puede producir un aumento de rendimiento en el caso de modificación de las condiciones de funcionamiento exteriores, como la dirección del viento, cuando la modificación todavía se sitúa dentro del rango de tolerancia del control de la instalación. Si entonces se modifica, por ejemplo, la dirección del viento sólo en un pequeño valor, entonces el ajuste acimutal no se activa a causa de la modificación de la dirección del viento. Sin embargo, gracias a un ángulo de afluencia ligeramente modificado se produce una pequeña pérdida de rendimiento. Ésta se puede compensar de nuevo por el procedimiento según la invención cuando se varía regularmente el ajuste acimutal.

55

Además, es posible una compensación de los errores de montaje. Una indicación errónea de la veleta, por ejemplo, por un error de montaje se puede compensar mediante el control según la invención, siempre y cuando se sitúe dentro del margen de tolerancia del control de la instalación. De este modo se puede optimizar un rendimiento energético no óptimo, que se basa en el resultado de la indicación de la veleta.

La invención se puede aplicar preferiblemente en un juego de ajustes de parámetros de funcionamiento. En este caso los parámetros preferibles son el ángulo de paso (ajuste de ángulo de la pala de rotor), el ajuste acimutal (ajuste de rotor), así como la corriente de excitación del generador para la determinación del momento del generador.

Según las condiciones del viento para los más distintos ajustes de parámetros hay un juego de parámetros que puede estar depositado en la forma de una tabla para el control. A partir de la velocidad del viento medida, para el tipo de instalación concreto se produce entonces respectivamente una velocidad específica de la turbina óptima (la relación de la velocidad circunferencial de la punta de la pala de rotor respecto a la velocidad del viento) para un rendimiento energético máximo. Dado que debido a los parámetros del rotor conocidos se conoce el par de fuerzas disponible con esta velocidad del viento, se puede determinar un momento de generador óptimo mediante las especificaciones de la tabla.

Si el momento del generador no está adaptado a la velocidad específica de la turbina se producen por ello desventajas. En el caso del par de fuerzas del generador demasiado bajo se aumenta la velocidad específica de la turbina y el rotor acelera de manera indeseada ya que el viento suministra una energía correspondiente. En el caso de momento de generador demasiado elevado, el rotor se frena por el contrario hasta que el rotor circula demasiado lentamente y no se toma la energía posible máxima del viento. Pero dado que el momento del generador depende directamente del valor de la corriente de excitación, se produce una posibilidad de ajuste para influir en este punto en el funcionamiento de la instalación de energía eólica en el sentido de una optimización.

Otra posibilidad de la aplicación según la invención se refiere a la adaptación acimutal para permitir que resulte lo más bajo posible el ángulo de giñada eventual, así como el ajuste del ángulo de ataque de la pala de rotor (paso) a fin de alcanzar de nuevo un par de fuerzas máximo y extraer correspondientemente un máximo de energía del viento.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de una instalación de energía eólica para maximizar el rendimiento energético, en el que al menos un ajuste de funcionamiento se varía dentro de límites (T) predeterminados, en el que el ángulo de ataque de la pala de rotor y/o el ajuste de acimut se varía para producir un ajuste óptimo y en el que las variaciones se realizan en intervalos de tiempo predeterminables.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los intervalos de tiempo se varían en función de las condiciones del emplazamiento y/o funcionamiento predeterminables.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la variación se realiza alrededor un valor predeterminado del ajuste de partida en una dirección o sucesivamente en dos direcciones opuestas.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la variación se realiza según una modificación de un ajuste de funcionamiento desencadenada por influencias externas.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la variación se realiza en un intervalo de tiempo predeterminado según la modificación del ajuste de funcionamiento.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** de forma contemporánea a la variación del ajuste de funcionamiento se detecta una velocidad específica de la turbina (relación velocidad periférica / velocidad del viento) de una pala de rotor.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado porque** se determina una diferencia entre el ajuste de partida y el ajuste variado gracias a la velocidad específica de la turbina máxima.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la diferencia determinada se tiene en cuenta en la modificación del ajuste de funcionamiento siguiente, desencadenada por influencias externas.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el ajuste variado, la dirección y el valor de la variación se almacenan y/o evalúan.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el valor de la variación se aumenta con una primera velocidad y se reduce con una segunda velocidad.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, **caracterizado porque** la primera velocidad es menor que la segunda velocidad.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la variación se interrumpe al alcanzar un máximo de rendimiento y se mantiene el ajuste con el máximo de rendimiento.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la dirección de variación, que condujo a un aumento del rendimiento en el caso de la variación anterior, se usa como dirección inicial para la variación.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la dirección de variación se invierte en el caso de una reducción del rendimiento.
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado porque** después de una reducción del rendimiento tras una inversión de la dirección de variación se finaliza la variación.

16. Instalación de energía eólica para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en la que la instalación de energía presenta un rotor, un generador conectado con él, así como un dispositivo de control para el control del ajuste de pala de las palas de rotor de un rotor y/o para la orientación del rotor respecto al viento.

17. Instalación de energía eólica según la reivindicación 16, **caracterizada porque** el dispositivo de control contiene al menos un microprocesador o microcomputador y una memoria.

10

Fig.1

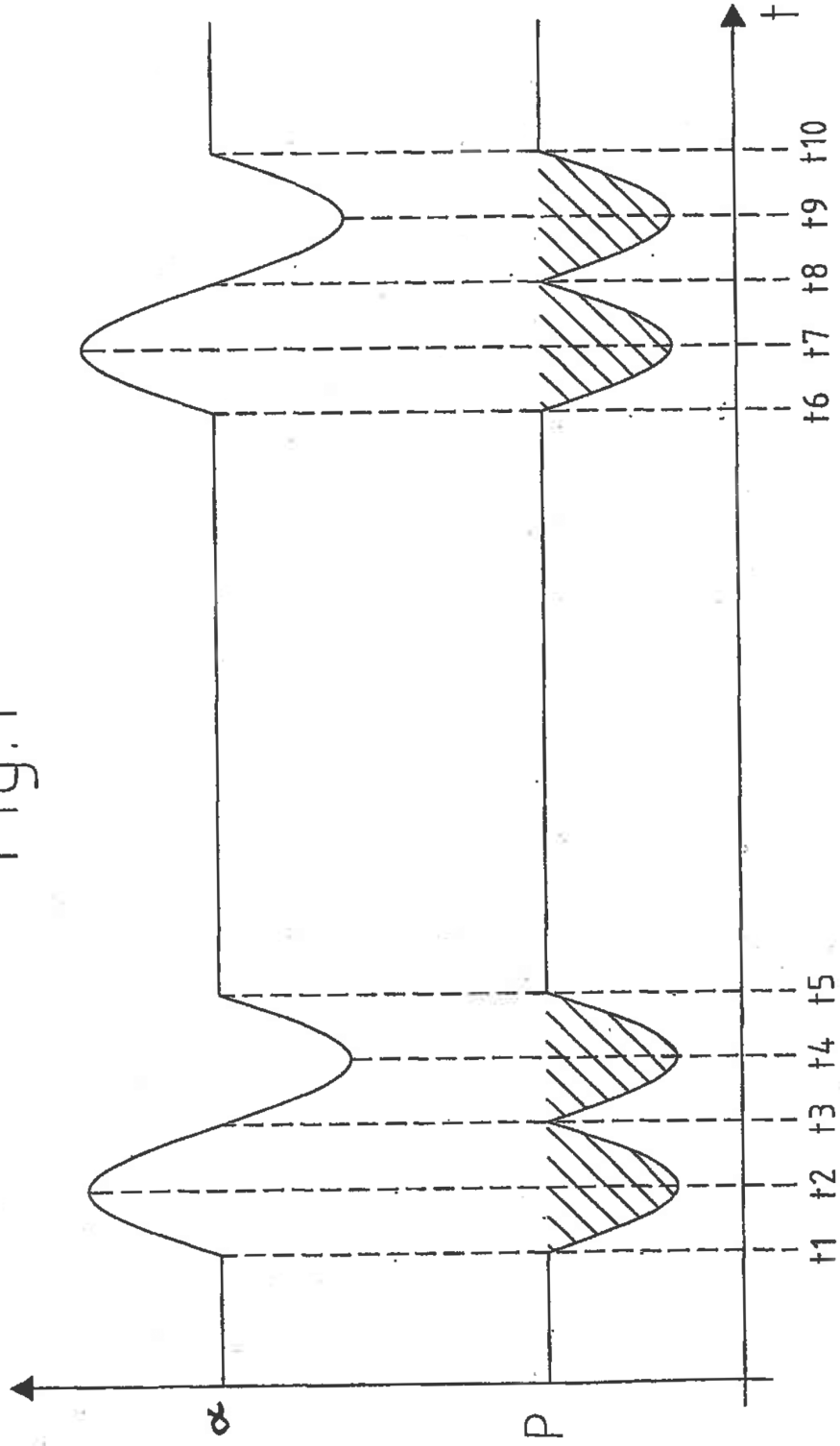
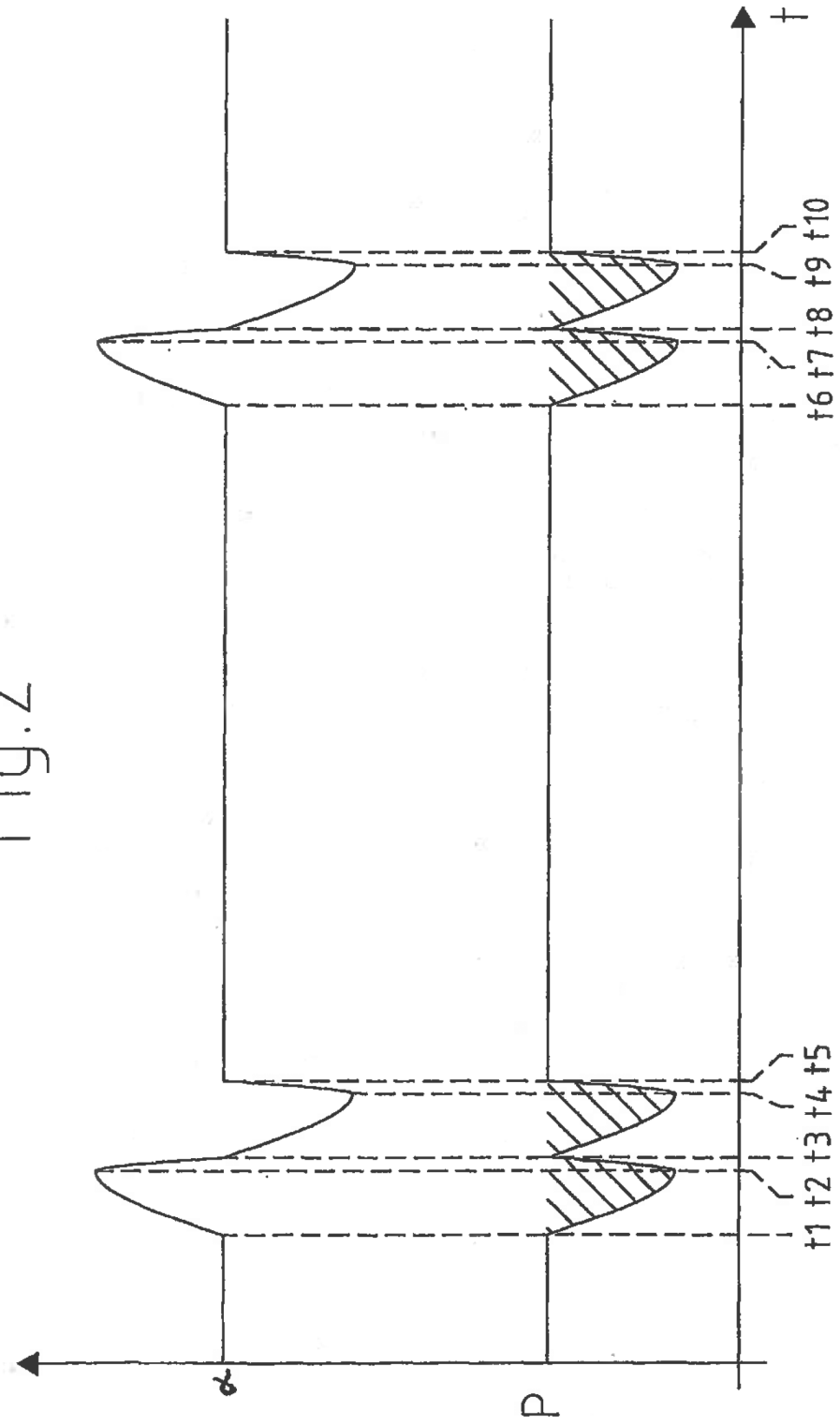


Fig.2



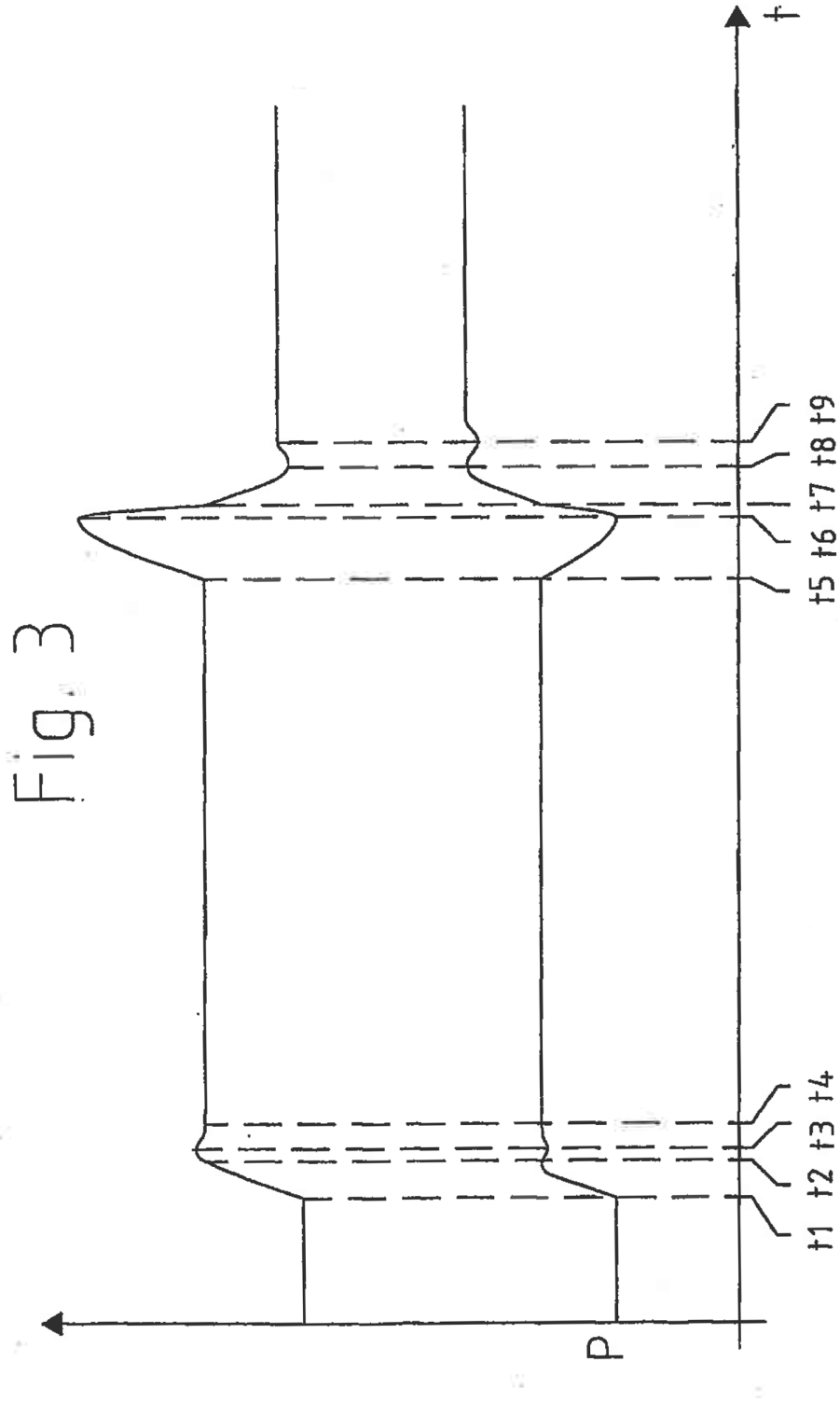


Fig. 4

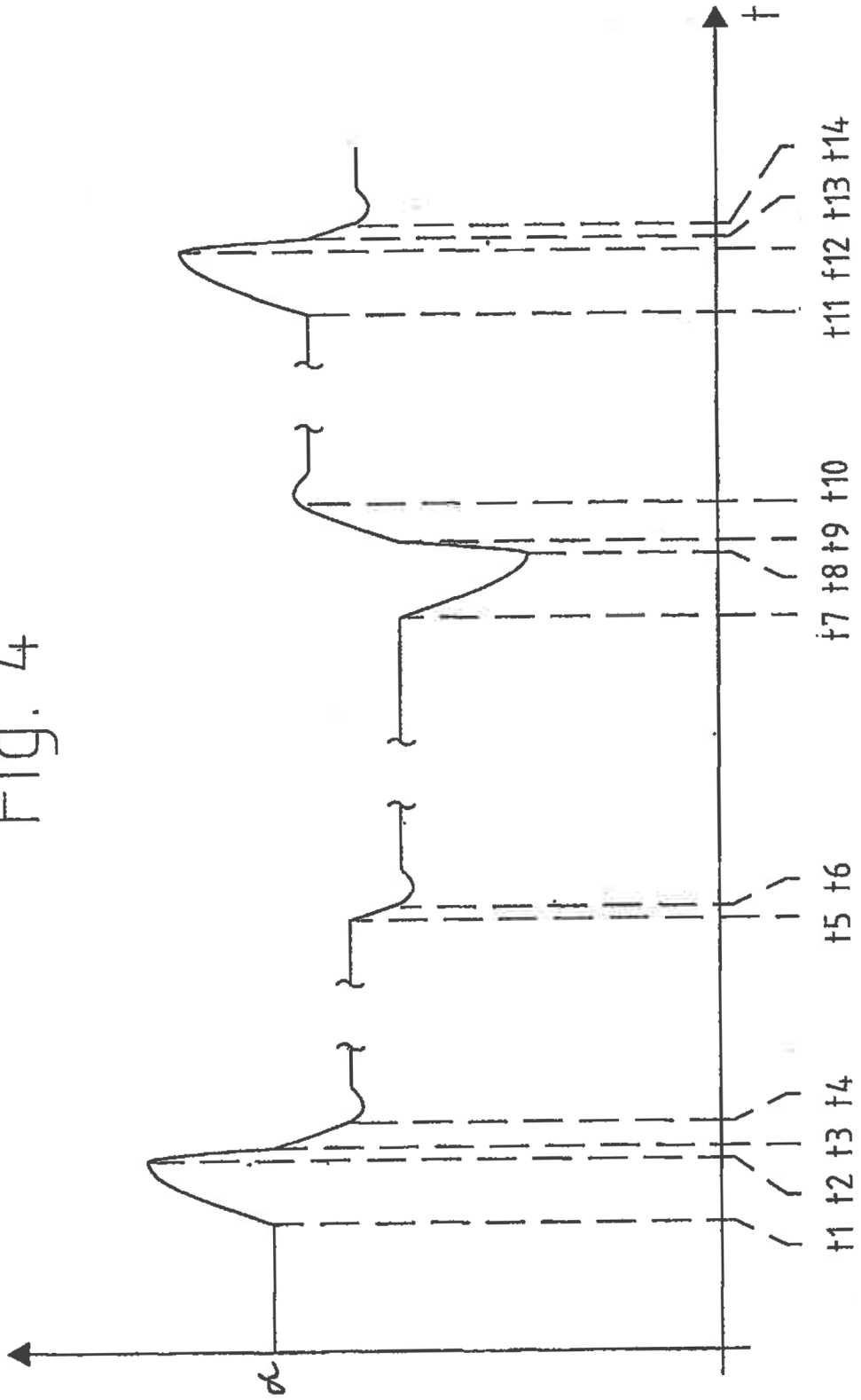


Fig. 5

