

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 005**

21 Número de solicitud: 201100358

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

29.03.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.03.2013

71 Solicitantes:

GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY S.L.
(100.0%)

Avda. Ciudad de la Innovación, 9-11
31621 Sarriguren (Navarra) ES

72 Inventor/es:

CASO PRIETO, Javier;
SAEZ MORENO, Alejandro;
GARCIA ANDUJAR, Juan Carlos;
SANCET EZPELTA, Aitor y
LÓPEZ DIEZ, Jesús

54 Título: **AEROGENERADOR CON UN DISPOSITIVO AMORTIGUADOR DE BANDA ANCHA EN CADA PALA**

57 Resumen:

Aerogenerador con un dispositivo amortiguador de banda ancha en cada pala. El dispositivo amortiguador que comprende un primer elemento amortiguador sintonizado en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 y K elementos adicionales de amortiguación sintonizados a frecuencias $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_k$ para que en el caso de que haya vibraciones de las palas su amplitud A se reduzca en un porcentaje Y de la amplitud A_0 en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 en una banda extendida por encima y por debajo de la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 en un porcentaje X de Ω_0 estando comprendidas dichas frecuencias $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_k$ dentro de dicha banda.

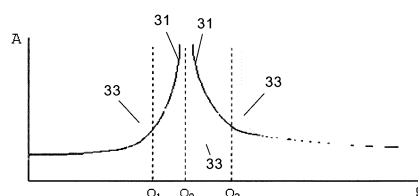


FIG. 3

ES 2 398 005 A2

DESCRIPCIÓN

AEROGENERADOR CON UN DISPOSITIVO AMORTIGUADOR DE BANDA ANCHA EN CADA PALA

CAMPO DE LA INVENCION

5

La invención se refiere a un aerogenerador con un dispositivo amortiguador en cada pala y, más en particular, a un dispositivo amortiguador de banda ancha en cada pala

10

ANTECEDENTES

15

20

25

Los aerogeneradores son dispositivos que convierten la energía mecánica del viento en energía eléctrica. Un aerogenerador típico incluye una góndola montada sobre una torre que alberga un tren de potencia para transmitir la rotación de un rotor a un generador eléctrico y otros componentes tal como los motores de orientación mediante los que se gira el aerogenerador, varios controladores y un freno. El rotor soporta varias palas que se extienden radialmente para capturar la energía cinética del viento y causan un movimiento rotatorio del tren de potencia. Las palas del rotor tienen una forma aerodinámica de manera que cuando el viento pasa a través de la superficie de la pala se crea una fuerza ascensional que causa la rotación de un eje al que está conectado - directamente o a través de un dispositivo de multiplicación- un generador eléctrico ubicado en la góndola. La cantidad de energía producida por los aerogeneradores depende de la superficie de barrido del rotor de palas que recibe la energía del viento y, consecuentemente, el incremento de la longitud de las palas implica normalmente un incremento de la producción de energía del aerogenerador. Las palas están controladas para permanecer en un régimen de autorrotación durante una fase normal y su actitud depende de la intensidad del viento.

30

Aumentar el tamaño de la pala tiene desventajas en términos de respuesta aeroelástica ya que la tendencia general es que el amortiguamiento estructural se reduce con la longitud de la pala. Debido a esta disminución, la

respuesta dinámica de la pala a las frecuencias naturales aumenta en proporción inversa al coeficiente de amortiguamiento y también depende de la proximidad a las frecuencias de desprendimientos de torbellinos. Un diagrama típico de Amplitud - Frecuencia Relativa de una estructura se muestra en la

5 Figura 2 destacando la amplitud A_0 en la frecuencia de resonancia F_0 y la amplitud máxima A_1 a la frecuencia F_1 .

Por lo tanto, es conveniente desde el punto de vista de la integridad estructural y/o la optimización de costes incluir alguna forma adicional de amortiguación en las palas de modo que las cargas dinámicas puedan

10 reducirse. Podría ser especialmente interesante cuando, por la combinación de las condiciones aerodinámicas y las características estructurales, el amortiguamiento total de las palas (aerodinámico más estructural) se reduce e incluso podría entrar en un área aerodinámica de valores negativos de amortiguamiento para los modos propios relevantes. Esto podría suceder

15 cuando los perfiles aerodinámicos de las palas están en una condición de pérdida en la que la pendiente de sustentación es negativa. Esta condición puede ocurrir para los aerogeneradores regulados por pérdida durante la producción normal, pero también en aerogeneradores de ángulo de paso variable cuando están aparcados o en situaciones de marcha en vacío con altos

20 ángulos de incidencia.

Hay una serie de documentos de patente que divulgan dispositivos amortiguadores para palas de aerogeneradores tales como WO 95/21327, WO 02/08114, WO 99/32789 y US 6,626,642.

Un inconveniente general de esos dispositivos amortiguadores es que no

25 se han diseñado teniendo en cuenta que, para un modelo de aerogenerador dado, existe una gran variabilidad de las propiedades estructurales o aerodinámicas de las palas debida a las tolerancias que implica una variabilidad significativa de su eficiencia .

La presente invención se centra en la búsqueda de una solución para

30 esos inconvenientes.

SUMARIO DE LA INVENCION

Es un objeto de la presente invención proporcionar palas de aerogenerador con un dispositivo amortiguador efectivo a pesar de la variabilidad de las propiedades aerodinámicas o estructurales de las palas debida a tolerancias.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar palas de aerogenerador con un dispositivo amortiguador que permita la reducción de cargas y/o la ampliación de las condiciones de viento que las palas pueden soportar sin altos riesgos en cuanto a la integridad estructural.

Es otro objeto de la presente invención proporcionar palas de aerogenerador con un dispositivo amortiguador que permite reducir el peso de la pala.

Estos y otros objetos se cumplen por un aerogenerador que comprende una o más palas, incorporando cada pala un dispositivo amortiguador que comprende un primer elemento amortiguador sintonizado en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 y K elementos adicionales de amortiguación sintonizados a frecuencias $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_k$ para que en el caso de que haya vibraciones de las palas su amplitud A se reduzca en un porcentaje Y de la amplitud A_0 en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 en una banda extendida por encima y por debajo de la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 en un porcentaje X de Ω_0 , estando comprendidas dichas frecuencias $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_k$ dentro de dicha banda.

En realizaciones de la invención, dicho dispositivo amortiguador se coloca en una sección de la pala donde el "twist" es 0° con el fin de atenuar las vibraciones de arrastre, o en una sección de la pala con un "twist" predefinido con el fin de atenuar tanto las vibraciones de arrastre como las de batimiento, o en la sección de la pala donde se ubica la segunda forma modal de la vibración de arrastre para evitar la excitación de modos de vibración híbridos. Se consiguen con ello dispositivos eficientes de amortiguación de aerogeneradores sometidos a diferentes modos de vibración.

En realizaciones de la presente invención, el número de elementos adicionales de amortiguación es de dos. Se considera que dos elementos

adicionales de amortiguamiento es un número razonable de elementos para el logro de resultados satisfactorios en las palas de aerogeneradores lo que, por otro lado, facilita el proceso de optimización para la obtención de los parámetros de masa modal m , rigidez modal k y coeficiente de amortiguación c de los
5 elementos amortiguadores.

En realizaciones de la presente invención dicho porcentaje X es menor del 15% o incluso menor del 11%. Las bandas correspondientes son bandas adecuadas para asegurar para un amplio rango de palas una reducción suficiente de su respuesta dinámica, independientemente de las variaciones de
10 la tolerancia de las palas del mismo modelo.

En las realizaciones de la presente invención dicho porcentaje Y es menor del 40% o incluso menor del 21%. Se considera que estos límites pueden ser alcanzados con elementos amortiguadores dimensionados apropiadamente, y dan lugar a una reducción adecuada de la carga y las deflexiones, permitiendo
15 una mejora del rendimiento de la pala.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue, a continuación, de una realización ilustrativa de su objeto, en relación con las figuras que le acompañan.

20

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista esquemática en sección lateral de un aerogenerador.

25 La Figura 2 muestra la respuesta dinámica típica de una estructura.

La Figura 3 muestra la respuesta de una estructura con y sin un elemento amortiguador sintonizado en la frecuencia natural.

La Figura 4 añade a la Figura 3 la respuesta de una estructura con dos dispositivos amortiguadores que tienen más de un elemento amortiguador.

30 La Figura 5 muestra un diagrama detallado de energía de una pala con un dispositivo amortiguador con K elementos amortiguadores.

La Figura 6 muestra las direcciones de arrastre y de batimiento.

La Figura 7 muestra la respuesta en frecuencia de una pala con y sin un dispositivo amortiguador de acuerdo con esta invención.

La Figura 8 muestra la reducción de cargas debida al incremento del coeficiente de amortiguación.

5

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERENTES

Como se muestra en la figura 1, un aerogenerador típico comprende una torre 3 soportando una góndola 8 que alberga un generador 9 para convertir la energía rotacional del rotor del aerogenerador en energía eléctrica. El rotor del aerogenerador comprende un buje de rotor 5 y, típicamente, tres palas 17. El buje del rotor 5 está conectado bien directamente o a través de una multiplicadora al generador 9 del aerogenerador para transferir el par generado por el rotor 5 al generador 9 incrementando la velocidad del eje a fin de alcanzar una velocidad rotacional apropiada del rotor del generador.

15

La respuesta de una estructura como la pala de un aerogenerador a una excitación es una vibración con las características mostradas en la curva 31 de la Figura 3 con una amplitud máxima en la frecuencia natural de la estructura Ω_0 que depende de las características de la estructura.

20

Si la estructura tiene un elemento amortiguador debidamente ajustado a dicha frecuencia natural Ω_0 , la respuesta del sistema es la indicada por la curva 33 en la Figura 3 con una atenuación de la amplitud en dicha frecuencia natural Ω_0 (la reducción depende de la capacidad de amortiguación de dicho elemento amortiguador), pero con un aumento de la amplitud en frecuencias Ω_1 y Ω_2 cercanas a Ω_0 .

25

Por lo tanto, la idea básica de la presente invención es la adición de más elementos amortiguadores sintonizados en frecuencias cercanas a la frecuencia natural Ω_0 para disminuir la amplitud de la respuesta hasta que no se supere un máximo para un determinado rango de frecuencias, como se muestra en las curvas 41 y 43 de la Figura 4 con, respectivamente, amplitudes máximas de A1 y A2 correspondientes a dispositivos amortiguadores con varios elementos. El efecto de la combinación de cierto número de elementos

30

amortiguadores no produce exclusivamente una superposición lineal de los efectos de cada uno de ellos, sino también un efecto sinérgico de atenuación de la amplitud en un determinado rango de frecuencias en torno a la frecuencia natural Ω_0 y una reducción de cargas de la pala.

5 La determinación del número y propiedades, es decir, la masa m , la rigidez k y el coeficiente de amortiguamiento c de dichos elementos amortiguadores, necesarias para lograr una atenuación adecuada en un amplio rango de frecuencias se realiza en un proceso de optimización dirigido a:

- hacer un ajuste preciso de la frecuencia de resonancia del sistema;
- 10 - disipar la energía necesaria para lograr la reducción requerida de la carga.

Sigue una explicación teórica de cómo se transfiere la energía desde la pala al amortiguador para el logro de una reducción de la oscilación de la pala (y las cargas).

15 La Figura 5 muestra todas las posibles interacciones entre una pala B y los elementos amortiguadores $D1, D2 \dots Dk$ que son considerados en dicho proceso de optimización cuando la pala está sometida a una entrada de Energía P_B :

- Energía Disipada en la pala $P_{d,B}$.
- 20 - Energía Transmitida entre la pala B y los elementos amortiguadores $D1, D2 \dots Dk$: P_{B1}, P_{B2}, P_{Bk} .
- Energía Recibida en la pala B desde los elementos amortiguadores $D1, D2 \dots Dk$: P_{1B}, P_{2B}, P_{kB} .
- Energía Transmitida y Recibida entre los elementos amortiguadores $D1, D2 \dots Dk$: $P_{12}, P_{1k}, P_{2k}; P_{21}, P_{k1}, P_{k2}$.
- 25 - Energía Disipada en los elementos amortiguadores $D1, D2 \dots Dk$: $P_{d,1}, P_{d,2}, P_{d,k}$.

30 Considerando diferentes subsistemas genéricos i y j ($i \neq j$) donde i o j corresponde a B para la pala y $1 \dots k$ para los diferentes elementos amortiguadores, los parámetros clave son:

- Energía disipada por el subsistema i : $P_{i,d} = \omega \eta_i E_i$
- Energía intercambiada entre los subsistemas i y j : $P_{ij} = \omega \eta_{ij} E_i - \omega \eta_{ji} E_j$

- Relación de reciprocidad: $n_i \eta_{ij} = n_j \eta_{ji}$

- Balance de energía para cada subsistema: $P_i = P_{i,d} + \sum_{j=1, i \neq j}^k P_{ij}$

donde:

P_i es la energía introducida en cada subsistema por una excitación externa. En este caso este parámetro representa la energía que entra en la pala por la carga aerodinámica P_B .

$$P_B = \int_{t=0}^{t=T_\omega} \int_{r=0}^{r=R} F_a(r, t) \delta u(r, t)$$

donde T_ω es el período de oscilación relacionado con la frecuencia propia ω , F_a es el vector de las fuerzas aerodinámicas actuando sobre la pala y u es el vector de los desplazamientos modales.

η_i es el factor de pérdidas internas del subsistema i. Representa el porcentaje de pérdidas producido cuando la energía entrante se convierte en energía en la pala o en los elementos amortiguadores. Este factor representa el nivel de amortiguación en cada subsistema, así que puede ser expresado como

$$\eta_i = 2\gamma_i = 2C_i / C_{i,crit} \text{ y } C_{i,crit} = 2\sqrt{k_i m_i}$$

η_{ij} es el factor de acoplamiento entre los subsistemas i y j. La energía transmitida entre sistemas interconectados puede ser considerada proporcional a la energía en cada subsistema (pala o elemento amortiguador). Los η_{ij} parámetros dependen de las características estructurales de la pala y de los elementos amortiguadores y pueden ser obtenidos analíticamente o por medio de modelos matemáticos computacionales (como FEM).

n_i es la densidad modal el subsistema i, que representa el número promedio de los modos propios de resonancia en un subsistema de i por unidad de frecuencia de banda. En general, es de alrededor de 2 para una pala en la banda de interés (modos de menor frecuencia) y 1 para los dispositivos amortiguadores.

Los parámetros que se optimizan para obtener el dispositivo amortiguador adecuado para una pala específica son por lo tanto los factores de

interacción entre la pala y los elementos amortiguadores y los factores de la interacción entre los elementos amortiguadores y sus factores de pérdidas internas, que están directamente relacionados con sus correspondientes factores de amortiguación γ_i .

5 El dispositivo amortiguador de acuerdo con esta invención comprende por tanto varios elementos amortiguadores, cuyos parámetros de masa m , rigidez k y coeficiente de amortiguación c se establecen de acuerdo con las características de la pala, con el fin de disminuir los principales modos de vibración. Cuando el movimiento de la pala tiene una contribución relevante en
10 una banda de frecuencia específica y el dispositivo amortiguador se ha ajustado correctamente para esa banda, parte de la energía de la pala se transfiere al dispositivo amortiguador, de manera que el movimiento de la pala se atenúa. Esto sucede porque el amortiguador disipa energía del movimiento, lo que reduce la amplitud de las oscilaciones de la pala.

15 En una pala de aerogenerador tienen lugar dos modos principales de vibración: vibración de batimiento 25 y vibración de arrastre 26 como se muestra en la Figura 6. Los movimientos de arrastre se mantienen en la dirección borde de salida - donde el viento llega a la pala – a borde de ataque - donde el viento se aleja. Las vibraciones de batimiento 25 son perpendiculares a las de arrastre
20 26. Este apuntamiento es considerado teniendo en cuenta la línea principal de sustentación cero 27 de la pala completa y no la línea de sustentación cero 29 del perfil en una sección determinada (hay un cierto “twist” en los perfiles según se van moviendo hacia la punta).

El dispositivo amortiguador de acuerdo con esta invención tiene el
25 propósito de actuar sobre la amplitud de la vibración de la pala en una amplia banda de frecuencias en torno a los modos principales de vibración principal, es decir, los primeros modos de vibración de batimiento y arrastre, que tienen la mayor amplitud, para reducir la carga de fatiga.

En cuanto a la posición del dispositivo amortiguador de acuerdo con esta
30 invención pueden tenerse en cuenta varios criterios, tales como las limitaciones de espacio dentro de la pala, las cargas de inercia añadidas a la pala en función de la masa y la posición del dispositivo amortiguador, los efectos deseados

sobre los modos de vibración y los efectos secundarios debidos a la instalación del dispositivo amortiguador.

Posiciones adecuadas del dispositivo amortiguador pueden ser las siguientes:

5 - Una sección de la pala en la que el “twist”, es decir, el ángulo entre la de sustentación cero 29 del perfil y la línea principal de sustentación cero 27, es de 0° con el fin de atenuar las vibraciones de arrastre.

 - Una sección de la pala con un “twist” predefinido con el fin de atenuar las vibraciones de batimiento y arrastre, o solo las de arrastre, en función de las
10 necesidades de cada pala.

 - Una sección de la pala en la ubicación de la segunda forma modal de vibración de arrastre para evitar la excitación de los modos de vibración híbridos. Esta sección se encuentra normalmente en el segundo tercio de la pala.

15 En una realización preferida de la presente invención, el dispositivo de amortiguamiento comprende un primer elemento amortiguador sintonizado en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 y 2 elementos amortiguadores adicionales sintonizados a frecuencias Ω_1 , Ω_2 .

 La respuesta de la pala cerca de las principales frecuencias de vibración
20 con y sin un dispositivo amortiguador de acuerdo con esta realización preferente es la que se representa, respectivamente, en las curvas 53 y 51 en la Figura 7. Por lo tanto el dispositivo amortiguador permite una reducción de la amplitud por debajo de un límite predeterminado $A_{\max}$ en la banda de frecuencia deseada Ω_a -
 Ω_b , donde $\Omega_a = \Omega_0 - X\% * \Omega_0$ y $\Omega_b = \Omega_0 + X\% * \Omega_0$.

25 Preferiblemente, dicho porcentaje X% es menor del 15% o incluso del 11% y las bandas así definidas cubren una banda de frecuencia lo suficientemente amplia como para hacer frente a las desviaciones de fabricación y dar al dispositivo amortiguador un margen suficiente para actuar correctamente en diferentes condiciones ambientales. Dentro de dichas bandas
30 las frecuencias Ω_1 , Ω_2 de los elementos amortiguadores adicionales deberán estar debidamente seleccionadas para lograr el efecto sinérgico mencionado

más arriba, es decir, actuar como un dispositivo amortiguador de banda ancha en lugar de la suma de tres elementos amortiguadores individuales.

Preferiblemente dicho límite predeterminado de A_{max} es menor que el 40% o incluso el 25% de la amplitud A_0 en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 sin ningún elemento amortiguador.

La reducción lograda en la amplitud de la vibración evita, por un lado, riesgos estructurales a la pala y, por otro lado, permite que la pala pueda hacer frente a mayores cargas. Esto se basa en el hecho de que como las palas son componentes flexibles, las cargas deben tener siempre un componente cuasi-estacionario (relacionado con la velocidad del viento entre otros parámetros) y un componente dinámico (procedente, por ejemplo, procedente de ráfagas de viento) que está directamente relacionado con el amortiguamiento total (estructural y aerodinámico). Si se aumenta la amortiguación, la carga dinámica puede ser reducida, lo que permite aumentar la carga cuasi-estacionaria (a la máxima velocidad permitida del viento) sin exceder las cargas totales en la pala. Alternativamente el simple incremento de la amortiguación manteniendo el dimensionamiento de las condiciones de viento permite la optimización de la estructura de la pala (peso y costo) como ya se ha mencionado anteriormente.

El efecto del dispositivo amortiguador de acuerdo con esta invención no es sólo la reducción de deflexiones de la pala en ciertas frecuencias. También disminuyen las cargas sobre la pala, por lo que la adición de amortiguadores es una clara mejora. La Figura 8 muestra la reducción de las cargas L sobre una pala para diferentes simulaciones S , con casos 63, 65, 67 de coeficiente de amortiguación creciente en relación con el caso 61 de una pala sin un dispositivo amortiguador.

La información cuantitativa mencionada con respecto a las realizaciones preferentes del dispositivo amortiguador con tres elementos amortiguadores sintonizados en las frecuencias, Ω_0 , Ω_1 , Ω_2 se ha obtenido en un estudio paramétrico detallado y ha sido verificada en pruebas experimentales.

Un dispositivo amortiguador de acuerdo con esta invención es un dispositivo adecuado de amortiguación para aerogeneradores regulados por pérdida durante su funcionamiento normal y para aerogeneradores regulados por

el ángulo de paso de las palas cuando están aparcados o en situaciones de marcha en vacío con altos ángulos de incidencia.

Aunque la presente invención ha sido descrita completamente en relación con realizaciones preferentes, es evidente que se pueden introducir en ella
5 modificaciones dentro de su alcance, entendiendo que no está limitado a esas realizaciones sino por el contenido de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Aerogenerador que comprende una o más palas, caracterizado porque cada pala incorpora un dispositivo amortiguador que comprende un
5 primer elemento amortiguador sintonizado en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 y K elementos adicionales de amortiguación sintonizados a frecuencias $\Omega_1, \Omega_2, \dots \Omega_k$ para que en el caso de que haya vibraciones de las palas su amplitud A se reduzca en un porcentaje Y de la amplitud A_0 en la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 en una banda extendida por
10 encima y por debajo de la frecuencia de resonancia principal de la pala Ω_0 en un porcentaje X de Ω_0 estando comprendidas dichas frecuencias $\Omega_1, \Omega_2, \dots \Omega_k$ dentro de dicha banda.

2.- Aerogenerador según la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo
15 amortiguador se coloca en una sección de la pala donde el "twist" es 0° con el fin de atenuar las vibraciones de arrastre.

3.- Aerogenerador según la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo amortiguador se coloca en una sección de la pala con un "twist" predefinido con
20 el fin de atenuar tanto las vibraciones de arrastre como las de batimiento.

4.- Aerogenerador según la reivindicación 1, en el que dicho dispositivo amortiguador se coloca en la sección de la pala donde se ubica la segunda forma modal de la vibración de arrastre para evitar la excitación de modos de
25 vibración híbridos.

5.- Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el número de dichos elementos adicionales de amortiguación es de dos.

6.- Aerogenerador según la reivindicación 5, en el que dicho porcentaje X
30 es menor del 15%.

7.- Aerogenerador según la reivindicación 6, en el que dicho porcentaje X es menor del 11%.

5 8.- Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en el que dicho porcentaje Y es menor del 40%.

9.- Aerogenerador según la reivindicación 8, en el que dicho porcentaje Y es menor del 21%.

10 10.- Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que su sistema de regulación es un sistema de regulación por pérdida.

15 11.- Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que su sistema de regulación es un sistema de regulación por el ángulo de paso de las palas.

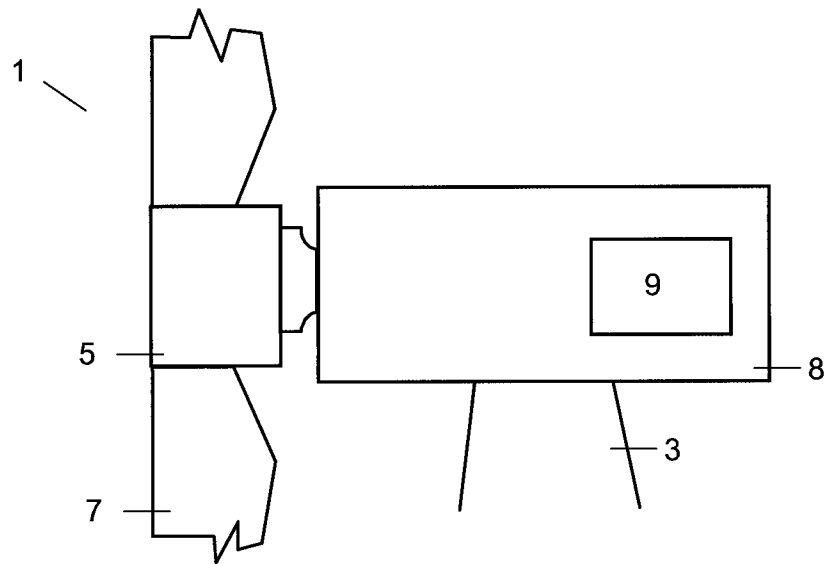


FIG. 1

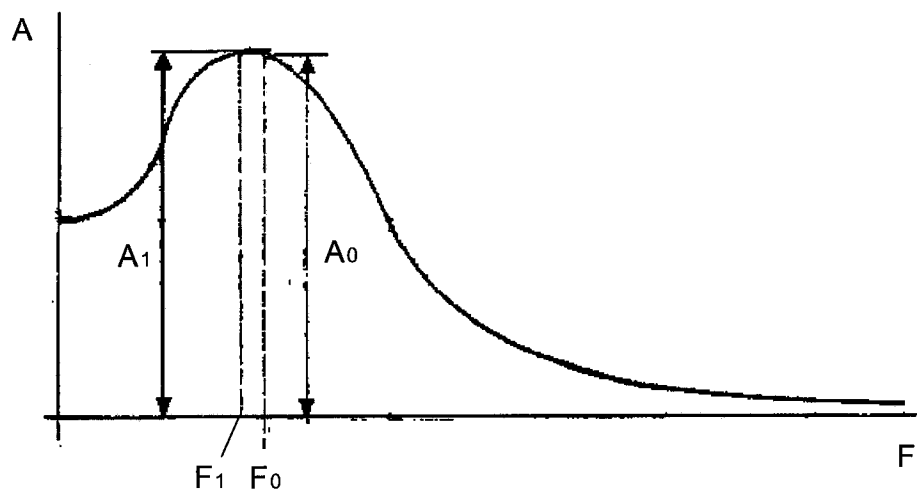


FIG. 2

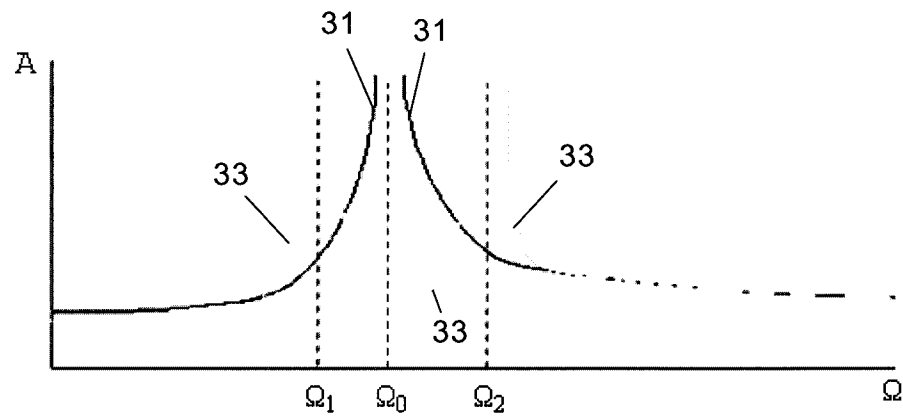


FIG. 3

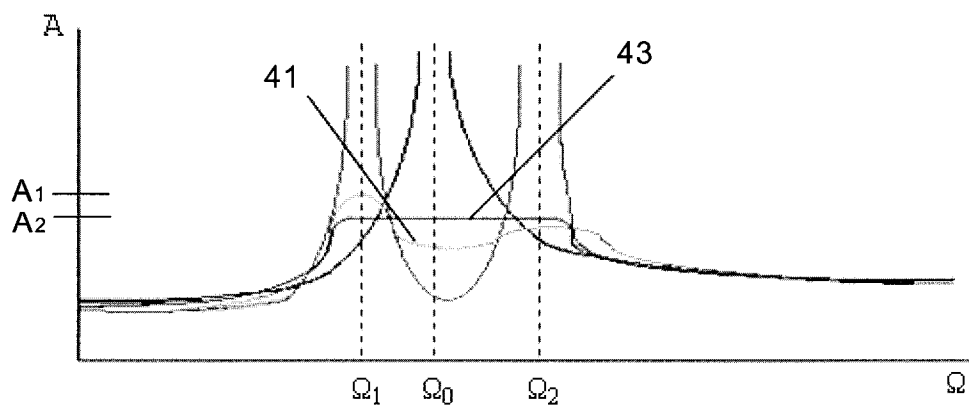


FIG. 4

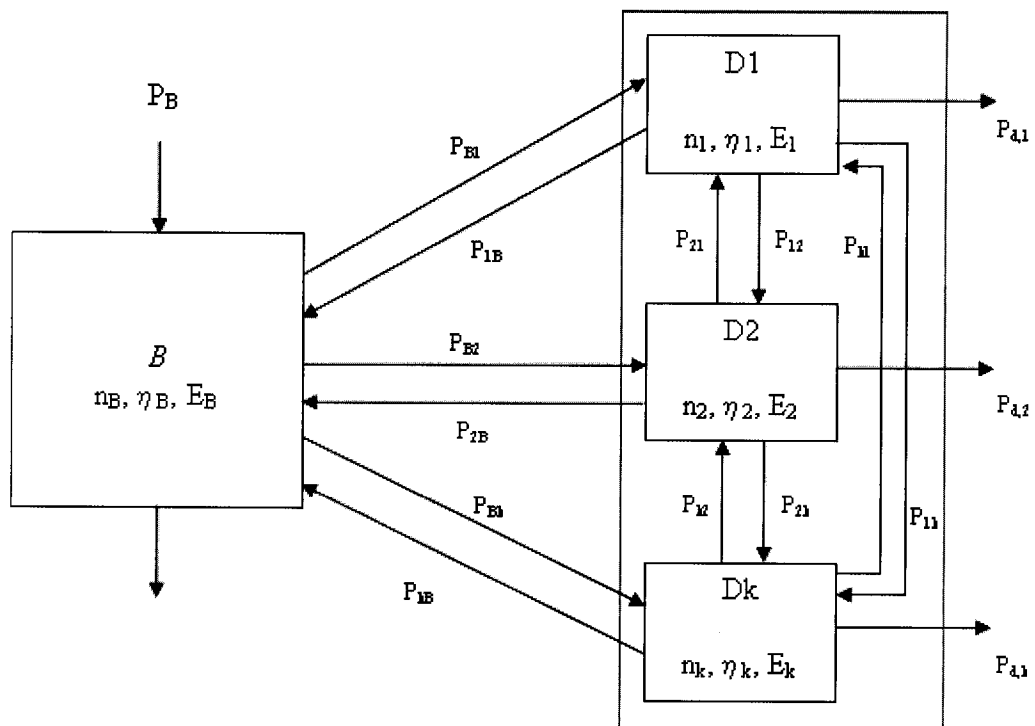


FIG. 5

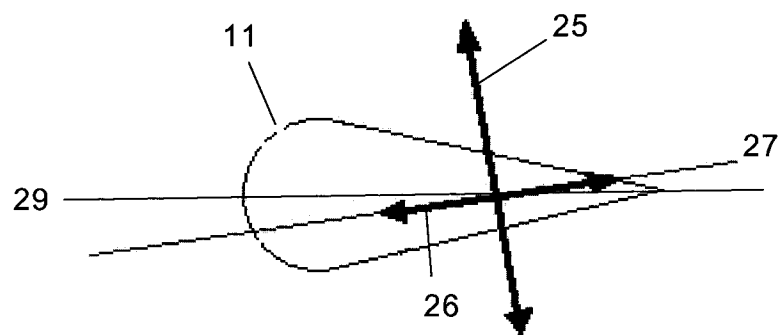


FIG. 6

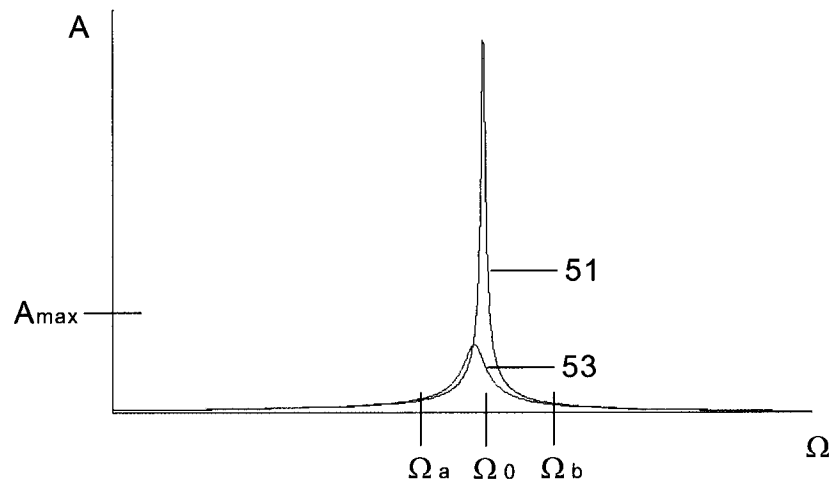


FIG. 7

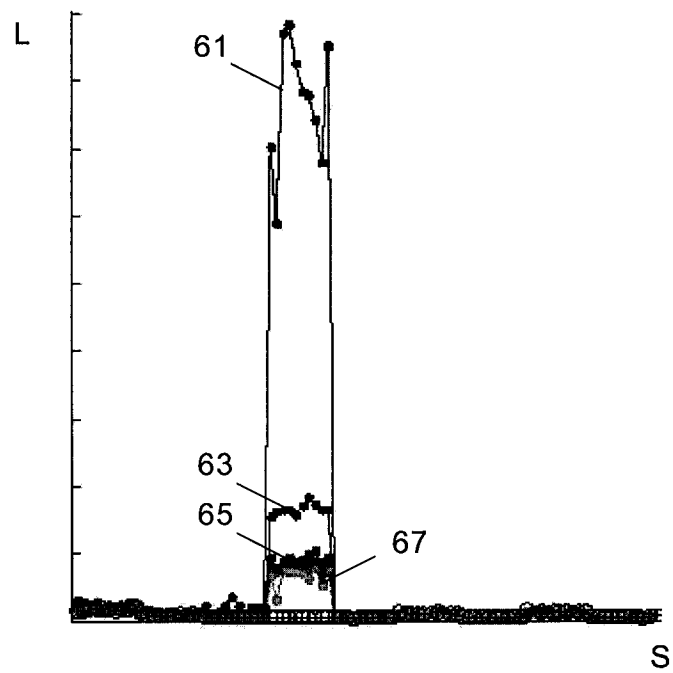


FIG. 8