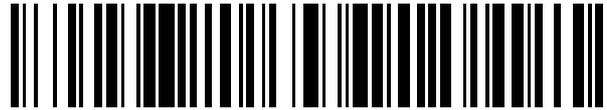


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 570 981**

51 Int. Cl.:

F25B 49/02 (2006.01)
F04B 11/00 (2006.01)
F04B 39/00 (2006.01)
F04B 49/02 (2006.01)
F04B 49/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.01.2014 E 14151555 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2759788**

54 Título: **Dispositivo para reducir la vibración en un compresor y un método de control para ello**

30 Prioridad:

29.01.2013 KR 20130010013

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

23.05.2016

73 Titular/es:

**LG ELECTRONICS INC. (100.0%)
LG Twin Towers, 20 Yeouido-dong
Youngdungpo-gu, Seoul 150-721, KR**

72 Inventor/es:

**LEE, JUHYOUNG y
NOH, JINHEE**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 570 981 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

Dispositivo para reducir la vibración en un compresor y un método de control para ello

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para reducir la vibración en un compresor y un método para controlar la reducción de la vibración en el compresor.

Antecedentes

10 Un ciclo de refrigeración significa una serie de ciclos de compresión, condensación, expansión y evaporación, y se usa en un acondicionador de aire. El acondicionador de aire realiza el calentamiento usando el calor de condensación del refrigerante y realiza el enfriamiento usando el calor de evaporación.

15 Un dispositivo que comprime el refrigerante configurando el ciclo de refrigeración es un compresor. El compresor está conectado con un condensador o un evaporador mediante una tubería por la que fluye el refrigerante con el fin de configurar el ciclo de refrigeración.

20 Como el compresor, son principalmente usados un compresor de velocidad constante y un compresor inversor, y el patrón de control de la velocidad para el compresor de velocidad constante y el compresor inversor están ilustrados en la Figura 1 en la técnica relacionada. La Figura 1A ilustra una velocidad de operación del compresor con el tiempo cuando está en operación el compresor de velocidad constante, y la Figura 1B ilustra una evolución de la velocidad de operación del compresor con el tiempo cuando está en operación el compresor inversor.

25 Con referencia a la Figura 1A, el compresor de velocidad constante es acelerado bruscamente hasta la velocidad de operación en el arranque y parado bruscamente en la parada.

30 También, con referencia a la Figura 1B, el compresor inversor es acelerado hasta la velocidad de operación en el arranque relativamente despacio en comparación con el compresor de velocidad constante, pero parado bruscamente en la parada al igual que el compresor de velocidad constante.

35 La Figura 2A ilustra un patrón de control de la velocidad de un compresor de velocidad constante en la técnica relacionada, la Figura 2B ilustra la fuerza de excitación generada en el compresor por un control de velocidad según la Figura 2A, la Figura 2C ilustra la vibración generada en el compresor por el control de velocidad según la Figura 2A, y la Figura 2D ilustra la tensión que actúa sobre una tubería conectada con el compresor por el control de velocidad según la Figura 2A.

40 Con referencia a la Figura 2, la fuerza de excitación actúa sobre el compresor cuando el compresor arranca y se para, y como resultado, el compresor vibra y la tensión que tiene el mismo patrón que la vibración del compresor actúa incluso sobre la tubería conectada con el compresor.

45 Por lo tanto, cuando el compresor es operado de acuerdo con el patrón de control de la velocidad en la técnica relacionada, la tensión actúa sobre la tubería conectada con el compresor siempre que el compresor arranca o se para, y como resultado, la tubería se rompe.

50 El documento US 6.206.643 B1 se refiere a un compresor de un aparato refrigerador, y más particularmente, a un método para controlar un compresor alternativo que tiene una capacidad variable, el cual es capaz de variar una velocidad de rotación del mismo. El documento US 2009/093911 (A1) se refiere a compresores, y más particularmente, a la protección frente a la vibración de un sistema compresor con un compresor de velocidad variable.

Compendio

55 Con el fin de resolver el problema, la presente invención ha sido hecha en un esfuerzo para proporcionar un dispositivo para reducir la vibración en un compresor y un método para controlar la reducción de la vibración que minimiza la vibración en el compresor cuando el compresor arranca y se para.

60 Un dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con una realización de la presente invención incluye: un compresor controlado para ser operado a una velocidad de operación objetivo después de arrancar; una unidad de suministro de potencia que suministra potencia al compresor; y una unidad de control que controla la unidad de suministro de potencia de modo que se cambia una magnitud o una fase de la potencia suministrada al compresor, en donde la unidad de control controla la unidad de suministro de potencia de modo que la vibración generada en el compresor se compensa debido a que la fuerza de excitación es generada en el compresor con un intervalo de tiempo predeterminado muchas veces cuando el compresor arranca o cuando el compresor se para durante una operación del compresor a la velocidad de operación objetivo.

65

También, el intervalo de tiempo predeterminado puede corresponder a $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor.

5 Además, cuando el compresor arranca, las muchas veces de la fuerza de excitación pueden incluir una primera fuerza de excitación y una segunda fuerza de excitación generada después de generada la primera fuerza de excitación y que tiene una magnitud menor que la primera fuerza de excitación.

10 Por otra parte, la primera fuerza de excitación puede ser una fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor de modo que el compresor sea operado a una primera velocidad menor que una velocidad de operación objetivo, y la segunda fuerza de excitación puede ser una fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor de modo que el compresor operado a la primera velocidad sea operado a la velocidad de operación objetivo.

15 Además, la primera velocidad puede corresponder a $\frac{1}{2}$ de la velocidad de operación objetivo del compresor.

Por otra parte, cuando el compresor se para, las muchas veces de la fuerza de excitación pueden incluir una tercera fuerza de excitación y una cuarta fuerza de excitación generada después de generada la tercera fuerza de excitación y que tiene una magnitud menor que la tercera fuerza de excitación.

20 También, la tercera fuerza de excitación puede ser una fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor de modo que el compresor sea operado a la primera velocidad menor que la velocidad de operación objetivo, y la cuarta fuerza de excitación puede ser una fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor de modo que el compresor operado a la primera velocidad se pare.

25 Además, la primera velocidad puede corresponder a $\frac{1}{2}$ de la velocidad de operación objetivo del compresor.

También, las muchas veces de la fuerza de excitación pueden ser generadas por la corriente de impulso suministrada al compresor.

30 Un dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con otra realización de la presente invención incluye: un compresor que constituye un ciclo de refrigeración y operable a una velocidad de operación objetivo; una unidad de suministro de potencia que suministra potencia al compresor; y una unidad de control que controla la unidad de suministro de potencia de modo que se cambie una magnitud o una fase de la potencia suministrada al compresor, en donde la unidad de control controla la unidad de suministro de potencia de modo que el compresor es
35 acelerado o decelerado hasta una primera velocidad que es menor que la velocidad de operación objetivo cuando el compresor arranca o cuando el compresor se para mientras está siendo operado a la velocidad de operación objetivo.

40 También la unidad de control puede controlar la unidad de suministro de potencia de modo que el compresor es primeramente acelerado hasta la primera velocidad y después de esto, secundariamente es acelerado hasta la velocidad operativa objetivo después de transcurrido un intervalo de tiempo predeterminado cuando el compresor arranca.

45 También, el intervalo de tiempo predeterminado puede corresponder a $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor.

50 Además, la unidad de control puede controlar la unidad de suministro de potencia de modo que el compresor sea primeramente decelerado hasta la primera velocidad desde la velocidad de operación objetivo y después de esto, se pare después de transcurrido un intervalo de tiempo predeterminado desde cuando el compresor se para.

También, el intervalo de tiempo predeterminado puede corresponder a $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor.

55 Por otra parte, la primera velocidad puede ser una velocidad que sea la mitad de la velocidad de operación objetivo.

60 Un método para controlar la reducción de la vibración en un compresor de acuerdo con otra realización más de la presente invención incluye: primeramente acelerar un compresor parado hasta una primera velocidad; y secundariamente acelerar el compresor hasta una velocidad de operación objetivo, en un intervalo de tiempo con una duración de $\frac{1}{2}$ de la frecuencia natural de la vibración del compresor desde un momento de arranque de aceleración primaria del compresor hasta un momento de arranque de aceleración secundaria del compresor.

Por otra parte, la primera velocidad puede ser una velocidad que sea la mitad de la velocidad de operación objetivo.

Además, el método puede además incluir: primeramente decelerar el compresor operado a la velocidad de operación objetivo hasta la primera velocidad; y secundariamente decelerar el compresor hasta estar completamente parado.

5 También, un intervalo de tiempo con una duración de $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor puede transcurrir desde un momento de arranque de una primera deceleración del compresor hasta un momento de arranque de la deceleración secundaria del compresor.

10 Por otra parte, la primera fuerza de excitación del compresor generada en la aceleración primaria puede ser mayor que la segunda fuerza de excitación del compresor generada en la aceleración secundaria, y la tercera fuerza de excitación del compresor generada en la deceleración primaria puede ser mayor que la cuarta fuerza de excitación del compresor generada en la deceleración secundaria.

15 De acuerdo con la presente invención, la vibración generada en un compresor puede ser minimizada cuando un compresor arranca y se para.

Por lo tanto, la tensión generada en una tubería conectada con el compresor puede ser minimizada, y como resultado, se impide la rotura de la tubería.

20 Los detalles de una o más realizaciones se exponen en los dibujos que se acompañan y en la descripción posterior. Otras características serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos, y a partir de las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

25 La Figura 1 es un gráfico que ilustra un patrón de la velocidad de operación de un compresor en la técnica relacionada, y la Figura 1A ilustra el patrón de la velocidad de operación en el caso de un compresor de velocidad constante, y la Figura 1B ilustra el patrón de la velocidad de operación en el caso de un compresor inversor.

30 La Figura 2A ilustra un patrón de control de la velocidad para el compresor de velocidad constante en la técnica relacionada, la Figura 2B ilustra la fuerza de excitación generada en el compresor por un control de la velocidad según la Figura 2A, la Figura 2C ilustra la vibración generada en el compresor por el control de la velocidad según la Figura 2A, y la Figura 2D ilustra la tensión que actúa sobre una tubería conectada con el compresor por el control de la velocidad según la Figura 2A.

35 La Figura 3 es un diagrama de configuración que ilustra una configuración de un dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con una realización de la presente invención.

40 La Figura 4A ilustra un patrón de control de la velocidad de un dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con una realización de la presente invención, la Figura 4B ilustra la fuerza de excitación generada en el compresor por un control de la velocidad según la Figura 4A, la Figura 4C ilustra la vibración generada en el compresor por el control de la velocidad según la Figura 4A, y la Figura 4D ilustra la tensión que actúa sobre una tubería conectada con el compresor por el control de la velocidad según la Figura 4A.

45 La Figura 5A ilustra un patrón de control de la velocidad por el dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con una realización de la presente invención, y la Figura 5B es un gráfico que ilustra una magnitud de la corriente proporcionada al compresor para el control de la velocidad según la Figura 5A.

50 La Figura 6 es un diagrama de flujos que ilustra un método para controlar la reducción de la vibración en el compresor de acuerdo con una realización de la presente invención.

55 La Figura 7 ilustra un patrón de la aceleración para ser usado en el método para controlar la reducción de la vibración en el compresor de acuerdo con otra realización de la presente invención, y la Figura 7A es un gráfico que ilustra un patrón de la aceleración cuando una velocidad del compresor es acelerada en dos etapas, la Figura 7B es un gráfico que ilustra un patrón de la aceleración cuando la velocidad del compresor es acelerada en tres etapas, y la Figura 7C es un gráfico que ilustra un patrón de la aceleración cuando la velocidad del compresor es acelerada en cuatro etapas.

60 La Figura 8 ilustra un patrón de la aceleración de un método para controlar la reducción de la vibración en un compresor de acuerdo con otra realización de la presente invención y es un gráfico que ilustra un resultado de la Ecuación 2 posterior.

Descripción detallada de las realizaciones

65 En adelante se describe en detalle con referencia a los dibujos que se acompañan una configuración de un dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 3 es un diagrama de configuración que ilustra una configuración de un dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con una realización de la presente invención. Además, la Figura 4A ilustra un patrón de control de la velocidad por el dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con la realización de la presente invención.

Con referencia a la Figura 3, el dispositivo para reducir la vibración en un compresor de acuerdo con la realización de la presente invención puede incluir un compresor 100, una unidad de suministro de potencia 200, y una unidad de control 300.

El compresor 100 está conectado con una tubería 10. Como un ejemplo, el compresor 100 constituye un ciclo de refrigeración conjuntamente con un condensador 20, un evaporador 30, y una unidad de expansión 40 y sirve para comprimir y descargar el refrigerante. Como un ejemplo, el compresor 100 está conectado con el condensador 20 y el evaporador 30 a través de la tubería 10.

El compresor 100 puede ser operado a una velocidad de operación objetivo V_p hasta que se introduzca una señal de parada después de arrancar.

La unidad de suministro de potencia 200 sirve para suministrar potencia al compresor 100. La unidad de suministro de potencia 200 puede suministrar potencia cambiando una magnitud y una fase de la potencia proporcionada al compresor 100 de acuerdo con un control por la unidad de control 300 que se describe más adelante.

La unidad de control 300 controla la unidad de suministro de potencia 200 para amortiguar la vibración que puede ser generada en el compresor 100 por la fuerza de excitación cuando la fuerza de excitación es generada temporalmente de forma separada muchas veces, esto es, con una diferencia de un intervalo de tiempo fijado en el momento en el que el compresor 100 arranca o se para. Esto es, la unidad de control 300 controla la unidad de suministro de potencia 200 de modo que se minimice la vibración generada en el compresor en el arranque o la parada.

Aquí, las muchas veces de la fuerza de excitación pueden incluir una primera fuerza de excitación (véase A de la Figura 4) generada en el arranque, esto es, cuando se introduce una señal de arranque en el compresor 100 y una segunda fuerza de excitación (véase B de la Figura 4) es generada justo después de la primera fuerza de excitación A.

La primera fuerza de excitación A y la segunda fuerza de excitación B son generadas con una separación temporal que es $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor 100 como un ejemplo ilustrado en la Figura 4.

Aquí, la primera fuerza de excitación A puede ser una fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor 100 de modo que el compresor 100 sea operado a una velocidad (primera velocidad V_1) que sea la mitad de la velocidad de operación objetivo V_p que se describe más adelante.

Además, la segunda fuerza de excitación B puede ser la fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor 100 de modo que el compresor 100 operado a la velocidad (primera velocidad, V_1) que es la mitad de la velocidad de operación objetivo sea operado a la velocidad de operación objetivo V_p .

Una magnitud de la primera fuerza de excitación A puede ser relativamente mayor que la de la segunda fuerza de excitación B.

Como resultado, la primera vibración C generada en el compresor 100 por la primera fuerza de excitación A puede incluir una primera onda a, una segunda onda b, y una tercera onda c ilustradas en la Figura 4.

Además, la segunda vibración D generada en el compresor 100 por la segunda fuerza de excitación B puede incluir una primera onda a' y una segunda onda b' ilustradas en la Figura 4. Aquí, la segunda onda b de la primera vibración C es igual a la primera onda a' de la segunda vibración D en magnitud y opuesta en dirección, y como resultado, ambas fuerzas de excitación se compensan, y de forma similar, la tercera onda c de la primera vibración C es igual a la segunda onda b' de la segunda vibración en magnitud y opuesta en dirección, y como resultado, ambas fuerzas de excitación son compensadas.

No obstante, la primera onda a de la primera vibración C, generada en un primer intervalo I, que es un intervalo antes de que la segunda fuerza de excitación B sea generada después de generada la primera fuerza de excitación A, no es compensada sino que permanece.

Por lo tanto, una tensión equivalente a la vibración generada en el compresor 100 se genera incluso en la tubería 10 conectada con el compresor 100 en el primer intervalo I. Sin embargo, todas las vibraciones del compresor 100 son compensadas y por lo tanto no generadas después del primer intervalo I, y como resultado, la tensión no actúa

sobre incluso la tubería 10. Por lo tanto, la tensión total S que actúa sobre la tubería 10 cuando el compresor 100 arranca llega a ser la tensión generada en el primer intervalo I como está ilustrado en la Figura 4.

5 Después del primer intervalo I, el compresor 100 puede ser operado a la velocidad de operación objetivo V_p hasta que es reconocida una señal de parada del compresor.

10 También, las muchas veces antes mencionadas de la fuerza de excitación pueden incluir una tercera fuerza de excitación (véase A' de la Figura 4) generada en la parada, esto es cuando la señal de parada es introducida en el compresor 100, y una cuarta fuerza de excitación (véase S' de la Figura 4) generada justo después de la tercera fuerza de excitación A'.

La tercera fuerza de excitación A' y la cuarta fuerza de excitación B' son generadas con una separación temporal que es $\frac{1}{2}$ de la frecuencia natural de la vibración del compresor 100 como un ejemplo ilustrado en la Figura 4.

15 Aquí, la tercera fuerza de excitación A' puede ser una fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor 100 de modo que el compresor 100 es operado a la velocidad (primera velocidad, V_1) que es la mitad de la velocidad de operación objetivo del compresor 100.

20 Además, la cuarta fuerza de excitación B' puede ser una fuerza de excitación generada por la corriente aplicada al compresor 100 de modo que el compresor 100 se para completamente en la velocidad (primera velocidad, V_1) que es la mitad de la velocidad de operación objetivo del compresor 100.

25 Una magnitud de la tercera fuerza de excitación A' puede ser relativamente mayor que la de la cuarta fuerza de excitación B'.

30 Como resultado, la tercera vibración C' es generada en el compresor 100 por la tercera fuerza de excitación A' y la cuarta vibración D' es generada en el compresor 100 por la cuarta fuerza de excitación B'. Como la anterior descripción de la primera vibración C y la segunda vibración D pueden ser aplicadas a la tercera vibración C' y la cuarta vibración D' tal como es, se omitirá la descripción.

De forma similar al primer intervalo I, como un segundo intervalo II es un intervalo antes de que se genere la cuarta vibración D', la tercera vibración C' no es compensada sino que permanece.

35 Por lo tanto, una tensión equivalente a la vibración generada en el compresor 100 es generada incluso en la tubería 10 conectada con el compresor 100 en el segundo intervalo II. No obstante, todas las vibraciones del compresor 100 son compensadas y por lo tanto no generadas después del segundo intervalo II, y como resultado, la tensión no actúa incluso sobre la tubería 10. Por lo tanto, la tensión total S que actúa sobre la tubería 10 cuando el compresor 100 se para llega a ser la tensión generada en el segundo intervalo II como está ilustrado en la Figura 4.

40 Por lo tanto, la tensión que actúa sobre el compresor 100 y la tubería 10 conectada al compresor 100 es minimizada por el dispositivo para reducir la vibración en el compresor de acuerdo con la presente invención.

45 También, la primera fuerza de excitación A y la tercera fuerza de excitación A', y la segunda fuerza de excitación B y la cuarta fuerza de excitación B' que se han descrito antes pueden ser causadas suministrando al compresor 100 un patrón de corriente ilustrado en la Figura 5.

50 Como un ejemplo, la primera fuerza de excitación A y la tercera fuerza de excitación A', y la segunda fuerza de excitación B y la cuarta fuerza de excitación B' pueden ser generadas por una corriente de impulsos ilustrada en la Figura 5, pero la presente invención no está limitada a esto.

55 También, la unidad de control 300 primeramente acelera el compresor hasta la primera velocidad V_1 que es menor que la velocidad de operación objetivo V_p en el momento de arrancar el compresor 100 y después de esto, secundariamente acelera el compresor hasta la velocidad de operación objetivo V_p después de transcurrido el intervalo de tiempo.

60 Aquí, el momento en el que la aceleración secundaria arranca puede ser un intervalo de tiempo después de $\frac{1}{2}$ de la frecuencia natural de la vibración del compresor 100 transcurrido desde el momento en que arranca la aceleración primaria. Además, la primera velocidad V_1 puede ser la mitad de la velocidad de operación objetivo V_p y en este caso, la vibración generada en el compresor puede ser minimizada como se ha descrito antes.

65 También, la unidad de control 300 primeramente decelera el compresor hasta la primera velocidad (véase V_1 de la Figura 4) que es menor que la velocidad de operación (véase V_p de la Figura 4, ya que el compresor 100 es operado a la velocidad de operación objetivo, la velocidad de operación y la velocidad de operación objetivo son iguales entre sí) cuando el compresor 100 se para y después de esto, secundariamente decelera el compresor 100 de modo que el compresor 100 se pare completamente después del intervalo de tiempo transcurrido.

5 Aquí, el momento en el que arranca la deceleración secundaria puede ser un intervalo de tiempo después de $\frac{1}{2}$ de la frecuencia natural de la vibración del compresor 100 transcurrido desde el momento en el que arranca la deceleración primaria. Además, la primera velocidad V_1 puede ser la mitad de la velocidad de operación V_p y en este caso, la vibración generada en el compresor 100 puede ser minimizada como se ha descrito antes.

En adelante, se describe en detalle con referencia a los dibujos que se acompañan una configuración de un método para controlar la reducción de la vibración en el compresor de acuerdo con una realización de la presente invención.

10 La Figura 6 es un diagrama de flujos que ilustra un método para controlar la reducción de la vibración en el compresor de acuerdo con una realización de la presente invención.

15 En adelante, el método para controlar la reducción de la vibración en el compresor de acuerdo con la realización de la presente invención se describe sobre la presunción de que un estado inicial del compresor 100 es un estado parado, pero esto es por facilidad de la descripción y la presente invención no está limitada a esto.

20 Con referencia a la Figura 6, primero, el compresor 100 que está en el estado parado es primeramente acelerado hasta una primera velocidad (S100). Aquí, la primera velocidad puede ser una velocidad que corresponde a la mitad de una velocidad de operación objetivo que se describe más adelante, pero no está limitada a esto.

25 Además, después de un intervalo de tiempo como $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor 100 a partir de un momento en el que arranca la aceleración primaria, el compresor 100 es secundariamente acelerado hasta la velocidad de operación objetivo. La aceleración primaria y la aceleración secundaria pueden ser conseguidas suministrando al compresor 100 una corriente de impulsos que corresponde a la corriente máxima como un ejemplo.

Después de esto, el compresor 100 es operado mientras mantiene constantemente la velocidad de operación objetivo (S300).

30 Después de esto, el compresor 100 es primeramente decelerado hasta una segunda velocidad (S400). Aquí, la segunda velocidad puede ser una velocidad que corresponde a la mitad de una velocidad de operación objetivo de forma similar a la primera velocidad, pero no está limitada a esto.

35 Además, después de un intervalo de tiempo como $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor 100 a partir de un momento en el que arranca la aceleración primaria, el compresor 100 es secundariamente decelerado de modo que el compresor 100 se pare completamente (S500). La deceleración primaria y la deceleración secundaria pueden ser conseguidas suministrando la corriente de impulsos que corresponde a una corriente mínima.

40 Una serie de pasos a partir del arranque hasta la parada del compresor 100 son realizados a lo largo de los pasos S100 a S500.

En adelante, se describe en detalle con referencia a los dibujos que se acompañan un método para controlar la reducción de la vibración en un compresor de acuerdo con otra realización de la presente invención.

45 La Figura 7 ilustra un patrón de aceleración para ser usado en el método para controlar la reducción de la vibración en el compresor de acuerdo con otra realización de la presente invención, y la Figura 7A es un gráfico que ilustra un patrón de la aceleración cuando una velocidad del compresor es acelerada en dos etapas, la Figura 7B es un gráfico que ilustra un patrón de la aceleración cuando la velocidad del compresor es acelerada en tres etapas, y la Figura 7C es un gráfico que ilustra un patrón de la aceleración cuando la velocidad del compresor es acelerada en cuatro etapas.

También, la Figura 8 es un gráfico que ilustra un resultado de la Ecuación 2 posterior.

55 En adelante, se describe la aceleración de la velocidad del compresor como un ejemplo para facilitar la descripción, pero los contenidos que siguen pueden ser precisamente aplicados incluso decelerando el compresor 100.

60 En el caso en que la velocidad del compresor 100 es acelerada, cuando la velocidad es acelerada según un patrón de impulsos en dos etapas como está ilustrado en la Figura 7A, la velocidad es acelerada según el patrón de impulsos en tres etapas como está ilustrado en la Figura 7B, o la velocidad es acelerada según el patrón de impulsos en cuatro etapas como está ilustrado en la Figura 7C, se puede conseguir el mismo efecto como la realización de la presente invención. Esto es, la vibración del compresor puede ser minimizada cuando el compresor arranca como el objeto de la presente invención.

65 No obstante, es extremadamente difícil acelerar la velocidad del compresor 100 según el patrón de impulsos ilustrado en las Figuras 7A, 7B, y 7C. Por lo tanto, a partir de ahora, un patrón de la aceleración $g(t)$ del patrón de

impulsos ilustrado en las Figuras 7A, 7B, y 7C y un patrón de la aceleración $f(t)$ son sometidos a una integral de convolución para proponer el patrón de aceleración para la velocidad del compresor 100.

5 En general, la integral de convolución como un tipo de forma de integral puede ser usada para conseguir una señal de salida de un sistema lineal cuando una señal de entrada y una respuesta de impulsos del sistema.

Primero, la integral de convolución se ilustra en la Ecuación 1 que sigue.

10 [Ecuación 1]

$$f(t) * g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t-\tau)d\tau$$

Ya ha sido demostrado que una nueva función adquirida mediante la integral de convolución expresada por la Ecuación 1 anterior precisamente tiene características de las $f(t)$ y $g(t)$ existentes.

15 Cuando la fuerza es excitada en dos etapas como está ilustrado en la Figura 7A, $f(t)=a$ y $g(t)=1/(1+k)$ (en $t=0$), y $g(t)=k/(1+k)$ (en $t=\Delta T$). Cuando ambas funciones son sometidas a una integral de convolución, un resultado de ello se ilustra como la Ecuación 2 que sigue.

20 [Ecuación 2]

$$f(t) * g(t) = \frac{a}{1+k} H(t) - \frac{a}{1+k} H(t - \Delta T) + \frac{ak}{1+k} H(t - T) - \frac{ak}{1+k} H(t - T - \Delta T)$$

$$k = e^{\frac{-\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}}, \Delta T = \frac{\pi}{\omega\sqrt{1-\zeta^2}}$$

25 ω = frecuencia natural del sistema de vibración del compresor.

ζ = relación de amortiguación del sistema de vibración del compresor.

30 a = aceleración máxima del compresor.

$T = V/a$, V = velocidad de operación objetivo

$H(x)$ = función de paso unidad,

35 $H(x) = 1$ ($x \geq 0$),

$H(x) = 0$ ($x < 0$)

40 En las Figuras 8A y 8B la Ecuación 2 anterior está expresada por un gráfico. En la Figura 8A, una ecuación que corresponde al área (A) es $a/(1+k)*H(t) - a/(1+k)*H(t-\Delta t)$ y una ecuación que corresponde al área (B) es $ak/(1+k)*H(t-T) - ak/(1+k)*H(t-T-\Delta T)$. Se puede ver que la Figura 8B se consigue precisamente sumando las áreas (A) y (B).

45 Esto es, como está ilustrado en la Figura 8B, cuando i) el compresor es acelerado en $a/(1+k)$ desde 0 segundos hasta ΔT segundos, ii) el compresor es acelerado en a desde ΔT segundos hasta T segundos, iii) el compresor es acelerado en $ak/(1+k)$ desde T segundos hasta $\Delta T+T$ segundos, la vibración es generada en el compresor 100 de forma similar al caso en el que la velocidad es acelerada según el patrón de impulsos en dos etapas ilustrado en la Figura 7A. Por lo tanto, la vibración en el compresor 100 puede ser reducida cuando el compresor 100 es acelerado como está ilustrado en la Figura 8B.

50 Cuando la fuerza es excitada en tres etapas como está ilustrado en la Figura 7B, $f(t)=a$ y $g(t)=1/(1+2k+k^2)$ (en $t=0$), $g(t)=2k/(1+2k+k^2)$ (en $t=\Delta T$), y $g(t)=k^2/(1+2k+k^2)$ (en $t=2\Delta T$). Cuando ambas funciones son sometidas a una integral de convolución, un resultado de ello se ilustra como la Ecuación 3 que sigue.

55 [Ecuación 3]

$$f(t) * g(t) = \frac{a}{1+2k+k^2} H(t) - \frac{a}{1+2k+k^2} H(t-\Delta T) + \frac{2ak}{1+2k+k^2} H(t-T) - \frac{2ak}{1+2k+k^2} H(t-T-\Delta T) + \frac{ak^2}{1+2k+k^2} H(t-2T) - \frac{ak^2}{1+2k+k^2} H(t-2T-\Delta T)$$

ω = frecuencia natural del sistema de vibración del compresor.

5 ζ = relación de amortiguación del sistema de vibración del compresor

a = aceleración máxima del compresor

T = V/a, V = velocidad de operación objetivo

10

H(x) = función de paso unitario,

H(x) = 1 (x ≥ 0),

15 H(x) = 0 (x < 0)

Esto es, incluso cuando la velocidad del compresor 100 es acelerada, como está ilustrado en la Ecuación 3, la vibración generada en el compresor 100 puede ser reducida.

20 También, cuando la fuerza es excitada en cuatro etapas como está ilustrado en la Figura 7C, f(t)=a y g(t)=1/D (en t=0), g(t)=3k/D (en t=ΔT), g(t)=3k²/D (en t=2ΔT), y g(t)=k³/D (en t=3ΔT). Cuando ambas funciones son sometidas a una integral de convolución, un resultado de ello se ilustra en la Ecuación 4 que sigue.

[Ecuación 4]

25

$$f(t) * g(t) = \frac{a}{D} H(t) - \frac{a}{D} H(t-\Delta T) + \frac{3ak}{D} H(t-T) - \frac{3ak}{D} H(t-T-\Delta T) + \frac{3ak^2}{D} H(t-2T) - \frac{3ak^2}{D} H(t-2T-\Delta T) + \frac{k^3}{D} H(t-3T) - \frac{k^3}{D} H(t-3T-\Delta T)$$

D = (1+k)³

30 ω = frecuencia natural del sistema de vibración del compresor.

ζ = relación de amortiguación del sistema de vibración del compresor

a = aceleración máxima del compresor

35

T = V/a, V = velocidad de operación objetivo

H(x) = función de paso unitario,

40 H(x) = 1 (x ≥ 0),

H(x) = 0 (x < 0)

45 Esto es, incluso cuando la velocidad del compresor 100 es acelerada, como está ilustrado en la Ecuación 4, la vibración generada en el compresor 100 puede ser reducida.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un método de control para reducir la vibración en un compresor (100), en donde el compresor (100) comprende una unidad de control (300) configurada para controlar el suministro de potencia a dicho compresor (100) de modo que:
- 10 a) durante un primer intervalo de tiempo un compresor parado (100) es primeramente acelerado (S100) con una primera fuerza de excitación hasta una primera velocidad;
 - 15 b) durante un segundo intervalo de tiempo subsiguiente el compresor (100) es secundariamente acelerado (S400) con una segunda fuerza de excitación hasta una velocidad de operación objetivo,
 - 10 c) dicha primera fuerza de excitación del compresor (100) generada en la primera aceleración es mayor que dicha segunda fuerza de excitación del compresor (100) generada en la aceleración secundaria, caracterizado por que
 - 15 d) transcurre un intervalo de tiempo que corresponde a $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor desde un momento de arranque de la aceleración primaria del compresor (100) hasta un momento de arranque de la aceleración secundaria del compresor (100).
- 20 2.- El método de la reivindicación 1, que además comprende:
decelerar primeramente el compresor (100) operado a la velocidad de operación objetivo hasta la primera velocidad; y
secundariamente decelerar (S500) el compresor (100) hasta ser parado completamente.
- 25 3.- El método de la reivindicación 2, en donde:
transcurre un intervalo de tiempo que corresponde a $\frac{1}{2}$ de una frecuencia natural de la vibración del compresor desde un momento de arranque de una primera deceleración del compresor (100) hasta un momento de arranque de una deceleración secundaria del compresor (100).
- 30 4.- El método de la reivindicación 2, en donde:
una tercera fuerza de excitación del compresor (100) generada en la deceleración primaria es mayor que la cuarta fuerza de excitación del compresor (100) generada en la deceleración secundaria.
- 5.- El método de la reivindicación 1, en donde las fuerzas de excitación primera y segunda son generadas por una corriente de impulsos suministrada al compresor (100).

Figura 1

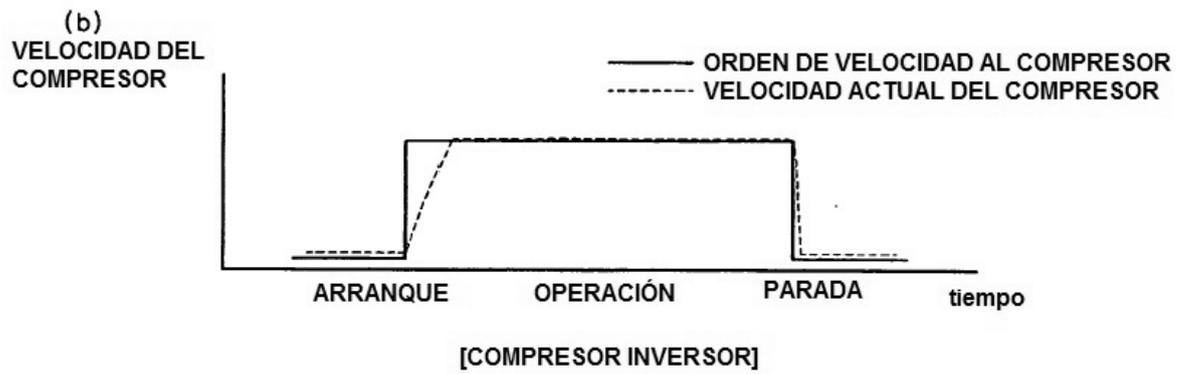
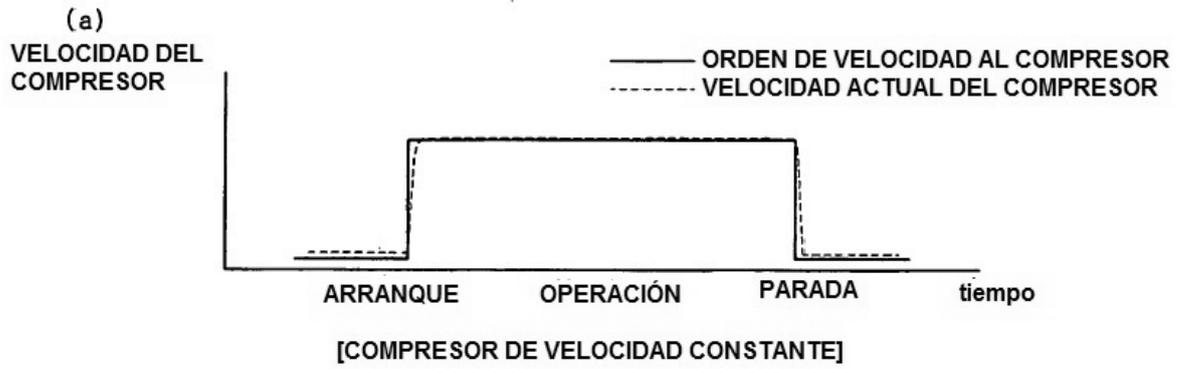


Figura 2

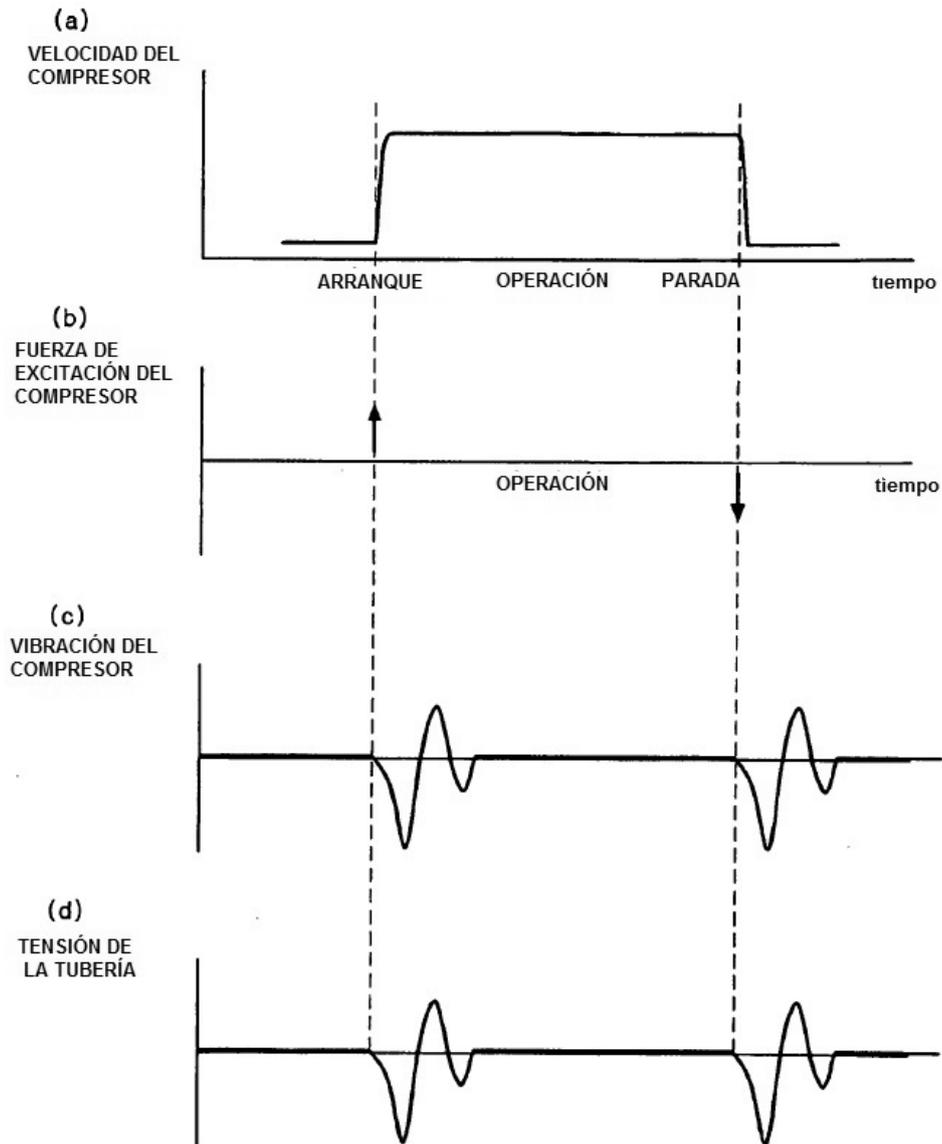


Figura 3

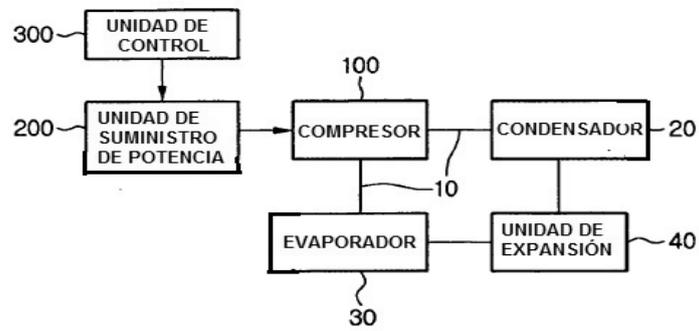


Figura 4

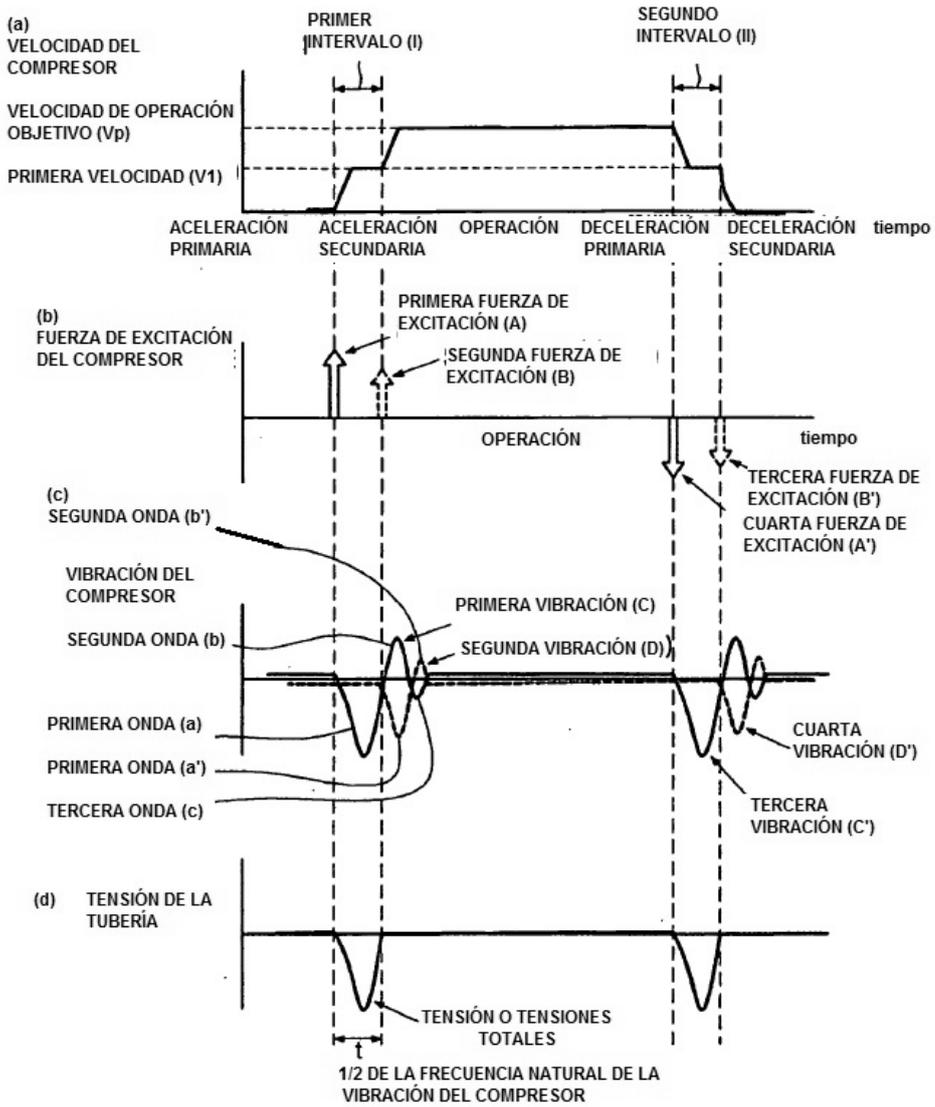


Figura 5

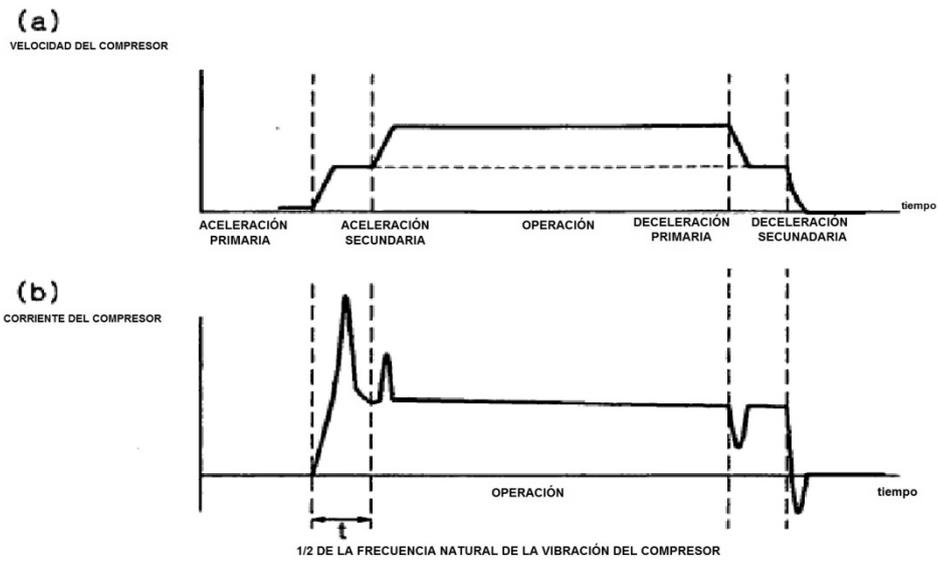


Figura 6



Figura 7

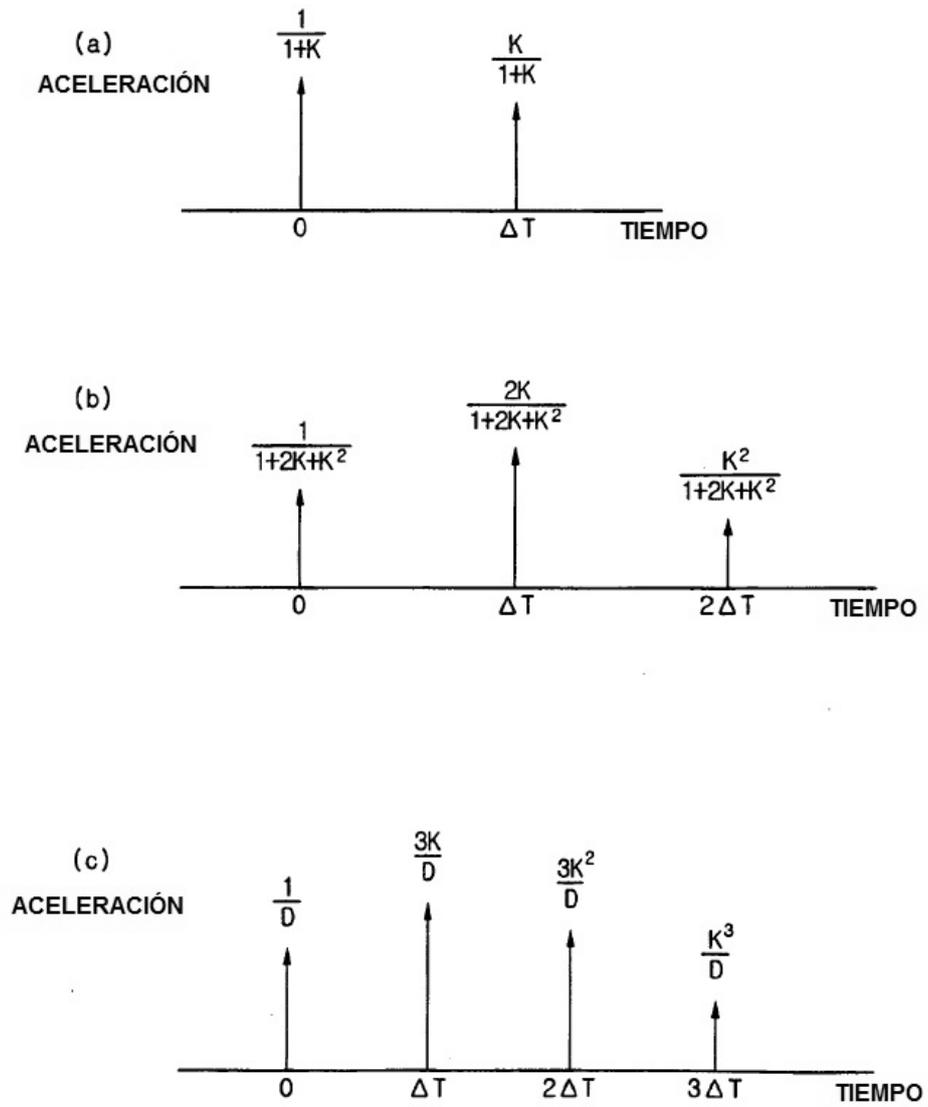


Figura 8

