

317849

PATENTE DE INVENCION

"CRYSTAL TEMPERATURE COMPENSATION" CASE 0/593.

Memoria Descriptiva

sobre

" APARATO REGULADOR DE FRECUENCIAS, VARIABLES
EN FUNCION DE TEMPERATURAS ".

= = = = =

27 SEP.



Solicitante: DECCA LIMITED, entidad inglesa, residente en
Decca House, 9 Albert Embankment, Londres, S.W.1.,
Inglaterra.

= = = = =

El presente invento se refiere a
aparatos para mantener prácticamente constan-
te una frecuencia natural de un elemento de un
circuito eléctrico, cuya frecuencia natural va-
ría de acuerdo con una potencia de la diferen-
5.

cia de temperatura del elemento, con respecto a la temperatura de referencia. Este aparato se denominará a continuación aparato de la clase descrita.

47 SEP. 1965



- 5. Este invento se relaciona más especialmente con aparatos para regular la frecuencia resonante de cristales piezoeléctricos tales como los empleados para el control exacto de la frecuencia de salida de osciladores, o como circuitos resonantes para filtros de onda.
- 10. Es sabido que la frecuencia resonante de muchos cristales de dicha naturaleza, es una función de segundo grado de la temperatura del cristal, o sea, un cambio en la frecuencia resonante con respecto a la de la temperatura de referencia (corrientemente denominada temperatura de "salida) es proporcional al cuadrado del cambio de temperatura.
- 15.

- 20. Con anterioridad, ha sido práctica corriente estabilizar la frecuencia resonante de dichos cristales, colocándolos en un "horno" cuya temperatura se controla exactamente. Para muchos fines sin embargo, por ejemplo en equipo eléctrico en la aviación, el empleo de hornos voluminosos es indeseable. Este invento permite evitar la necesidad de dichos hornos.
- 25.

- 30. De acuerdo con este invento, los aparatos del tipo descrito, comprenden medios para producir una señal eléctrica cuya amplitud es proporcional a la misma potencia del cambio

317849

de temperatura, que la frecuencia natural del elemento que ha de regularse, y medios dispuestos para dar lugar a un cambio de compensación en la reactancia efectiva de un circuito que contiene dichos elementos, en proporción a la amplitud de dicha señal.



El circuito equivalente a un cristal del tipo citado, puede considerarse como una inductancia y una capacitancia en paralelo. Un cambio en la frecuencia resonante del cristal, con un cambio en la temperatura, puede por tanto considerarse como un cambio correspondiente en la magnitud de la inductancia o de la capacitancia. Con este invento, un cambio de cualquier reactancia, puede compensarse por un cambio en la reactancia de una impedancia en paralelo con el cristal, para mantener la frecuencia resonante del cristal prácticamente constante. Se observará, que si el cambio en la frecuencia resonante del cristal se debe solamente a un cambio en la capacitancia del circuito resonante efectivo, la reactancia en paralelo con el cristal puede variarse para mantener constante la capacitancia total del circuito resonante. Además, si todo o parte del cambio en la frecuencia se debe a un cambio en la inductancia del circuito resonante, es análogamente posible compensar el cambio produciendo un cambio correspondiente en la capacitancia, ya que, para los pequeños cambios en la frecuencia con que este invento se re

laciona, el cambio de frecuencia es lineal para un cambio de inductancia o capacitancia del circuito equivalente, siendo la función de control el producto LC (inductancia capacidad) del circuito resonante.

5.

Puede disponerse otro elemento de circuito en paralelo con el elemento a controlar y dotado de una reactancia cuya magnitud puede variarse por dicha señal eléctrica. Muchos elementos de circuito eléctrico, tales como, por ejemplo, diodos semi-conductores, poseen una capacitancia inter-eléctrodo, cuya magnitud puede variarse alterando la tensión entre los electrodos. Es posible, utilizando un elemento de esta naturaleza, proporcionar una capacitancia física susceptible de variarse para compensar las variaciones en los valores efectivos del circuito resonante, representativo del cristal.

10.

15.

De acuerdo con este aspecto del invento, el aparato de la naturaleza descrita, preparado para regular la frecuencia resonante de un cristal piezo-eléctrico, comprende medios para producir una señal eléctrica cuya amplitud es proporcionar al cuadrado de la diferencia de temperatura con respecto a la temperatura de referencia, y medios para cambiar la magnitud de una reactancia en paralelo con dicho cristal, en proporción a la amplitud de la mencionada señal.

20.

25.

Los medios para producir una señal

30.



eléctrica, pueden incluir, como mínimo, un puente de resistencia que contenga, por lo menos, un resistor sensible a la temperatura, de coeficiente de resistencia térmica distinto al del



5. otro resistor o resistores del puente; el puente o puentes están preparados para dar una salida nula de la temperatura final de elemento a controlar.

10. A condición de que los coeficientes de temperatura de los resistores sean prácticamente constantes como la temperatura, la salida de un puente será directamente proporcional a la diferencia de temperatura, con respecto a la temperatura final. Convenientemente, se dispondrán un número de puentes en serie, de tal modo que la salida del último de ellos sea proporcional a la misma potencia de la diferencia de temperatura a que lo son los puentes.

20. Un puente puede disponerse en la forma del puente Wheatstone, o alternativamente, puede consistir en un par de resistores de coeficiente de temperatura de resistencia distinto. En el último caso, será conveniente excitar el puente desde un origen de tensión alterna, a través de un transformador equilibrado.

25. El puente o la serie de puentes, puede excitarse por un origen de tensión alterna y, convenientemente, la salida del puente o de la serie de ellos, se introducirá en un amplificador. Para pequeños cambios de temperatura, la sa-

30.

lida de tensión de los puentes es muy pequeña y resultará insuficiente para producir un cambio adecuado en la reactancia del circuito en paralelo con el cristal. Aunque sería posible

5.

excitar los puentes con un origen de tensión continua, sería en tal caso necesario proporcionar un amplificador de corriente continua para amplificar la salida del puente. Es bien sabido que los amplificadores de corriente continua son muy sensibles al cambio de temperatura, y es preferible evitar su empleo.



10.

15.

Convenientemente, se dispondrá un rectificador para convertir la señal derivada de la salida del último puente en una señal eléctrica continua. Como antes se indicó, es conveniente utilizar un diodo semiconductor para proporcionar la reactancia de compensación que se acostumbraría a suministrar para la tensión de polarización del diodo, utilizando una tensión continua. Aunque a través de los terminales del diodo aparecería una tensión alterna a la frecuencia resonante del cristal, resultaría fácilmente posible asegurar que esta tensión alterna ejerciera un débil efecto sobre la capacitancia del diodo.

20.

25.

La descripción anterior se ha relacionado especialmente con un circuito de compensación del tipo de bloque abierto, o sea, el funcionamiento eléctrico del circuito regulador es independiente de la salida del circui

30.



to controlado por el cristal. Sin embargo, este
incluido en el alcance de este invento el apa-
rato regulador del tipo de bloque cerrado, en el
que la salida del oscilador o cristal puede

5. usarse para excitar el circuito regulador, re-
introduciéndose la señal resultante en el cir-
cuito oscilatorio, en cuadratura con la señal ya
presente.

10. De acuerdo con este aspecto del in-
vento, el aparato de la índole descrita compren-
de medios para producir una señal eléctrica cu-
ya amplitud es proporcional a la misma potencia
de cambio de temperatura que lo es la frecuencia
natural del elemento que ha de controlarse, y
15. dispuestos para alimentarse con una parte de la
salida de un circuito que contenga dicho elemen-
to, y medios para introducir la mencionada señal
eléctrica en cuadratura de fase con la salida
del circuito que contenga el elemento citado.

20. Con esta construcción, el cambio de
frecuencia de la salida combinada, es proporcio-
nal a la amplitud de la señal añadida a la sa-
lida primitiva, y la introducción de la señal en
cuadratura de frecuencia igual a la de la señal
25. primitiva, produce realmente un cambio de com-
pensación en la reactancia del circuito que con-
tiene el cristal. Esta disposición evita el em-
pleo de una reactancia física tal como un diodo
semi-conductor.

30. En la descripción siguiente, se hara'



referencia al dibujo adjunto, en el que :

27 SE

La figura 1, representa una forma de circuito regulador de acuerdo con este invento, y

5. la figura 2, es un gráfico que indica la variación de la frecuencia resonante con la temperatura de un cristal piezo-eléctrico.

10. La figura 1, representa un circuito que proporciona la compensación cuadrática para la variación de frecuencia resonante de un cristal piezo-eléctrico, que típicamente será un cristal de cuarzo de control de un oscilador.

15. En la figura 2, se representa un gráfico clásico de frecuencia con respecto a temperatura para un cristal piezo-eléctrico; la curva 201 es una parábola cuyo eje es la temperatura final (T_0) a que la frecuencia resonante es una

20. máximo (f_0). A cualquier lado de T_0 , la frecuencia es inferior al valor f_0 como función cuadrática de la diferencia en la temperatura T con respecto a T_0 . La descripción siguiente,

25. se relaciona especialmente con la compensación para esta ley cuadrática de variación en la frecuencia resonante, pero puede ser aplicable en otros sistemas que requieran, por ejemplo, la compensación para una variación lineal o cúbica en la frecuencia resonante.

30. Con referencia a la figura 1, un generador 10 de baja frecuencia introduce una señal a_1 alterna de amplitud máxima constante, en

317849

- el arrollamiento primario 11 del transformador 12. Desde el arrollamiento secundario 13 del transformador, la salida se dirige a nodos opuestos del circuito puente 14, que comprende resistores 15 y 16 cada uno de los cuales tiene un coeficiente de resistencia por temperatura y resistores 17 y 18 dotados de otro coeficiente de resistencia por temperatura. Cualquier par de resistores puede estar constituido por ejemplo, por un par de termistores (resistencias de elevado coeficiente de temperatura negativo). Como variante, uno o mas de los resistores pueden tener un coeficiente de temperatura distinto del de los demás.
5. El puente 14 está preparado para dar una salida nula a la temperatura final T_0 del cristal que se controla; una selección cuidadosa de los resistores permite este ajuste. Para temperatura T distintas de T_0 , la tensión de salida será directamente proporcional a la diferencia entre T y T_0 .
10. La salida del puente 14 se introduce en el arrollamiento primario 19 del transformador 20. El secundario del transformador 20, comprende dos partes 21 y 22 que pueden estar constituidas por arrollamientos separados, o pueden ser un arrollamiento único con una derivación 23, como se indica. La parte 22 del secundario, lleva una señal que es una fracción de la salida del puente 14; el objeto de esta se-
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.



final, se indicará a continuación. La parte restante 21 del secundario alimenta el puente 24, que comprende resistores 25 a 28 correspondientes a los resistores 15 a 18 del puente 14, y se halla

5. ajustado para proporcionar una salida nula a T_0 .



10. La función de transmisión del puente 24, como la del puente 14, es directamente proporcional a la diferencia entre la temperatura T y la temperatura final T_0 . Dado que la amplitud de la señal de entrada es también proporcional a la misma diferencia de temperaturas, la salida del puente 24 varía de acuerdo con el cuadrado de la diferencia de temperatura.

15. La salida del puente 24 se introduce, a través del transformador 29, en el amplificador 30 que alimenta el transformador de salida 31, cuya salida se rectifica por el diodo 32, disponiéndose el capacitor 33 para
20. filtrar o suavizar la señal rectificada. Si es preciso puede usarse un resistor autoregulador. La señal rectificada se aplica a los terminales 34 y 35 del reactor 36 de tensión controlada, en serie con una señal rectificada del arrollamiento secundario 22, a través del transformador
25. 37, diodo 38 y capacitor 39.

30. El reactor 36 de tensión controlada tiene un par de terminales de salida 41 y 42 en paralelo con el cristal 40 que se representa en la figura 1, por el circuito resonante en

317849

- paralelo, equivalente, que comprende el capacitor 43 y el inductor 44. La frecuencia resonante efectiva del cristal, será la reactancia de la combinación en paralelo del cristal 40 y la resistencia de entrada del reactor en los terminales 41 y 42. Al variar la temperatura, el descenso en la frecuencia resonante del cristal corresponde a un cambio en los valores del circuito resonante 40. y, más especialmente, a una variación en el producto LC del circuito resonante. Esto se compensa por un cambio correspondiente en la reactancia ofrecida al cristal por el reactor 36. Para pequeños cambios en la frecuencia con los que este invento se relaciona, el cambio de frecuencia es linealmente proporcional a un cambio en el inductor 43 o en el capacitor 44, y es por tanto posible que el reactor 46 contenga un capacitor de tensión controlada, tal como un diodo de polarización "contraria" y de unión positiva-negativa. El circuito puede por tanto disponerse de tal modo que, para una serie de temperaturas, la reactancia total del circuito resonante se mantenga constante lo cual, para pequeñas variaciones en los valores componentes, conserva constante la frecuencia resonante.
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

El reactor 33 puede tener una característica no-lineal: o sea, la capacitancia inter-electródica (o la capacitancia de la capa de agotamiento) puede variar de modo no-li-

30.



317849

neal con la tensión aplicada. Para compensar esta falta de linealidad del reactor, las señales combinadas de los transformadores 31 y 37 proporcionan una corrección comprendida entre la

5. linealidad y la ley cuadrática.

27 SEP



Corrientemente será necesario seleccionar las relaciones de transformación de los transformadores de acoplamiento, y la ganancia del amplificador para conseguir que la magnitud la señal aplicada al reactor 36 produzca el cambio adecuado de reactancia para un cambio de temperatura.

10.

15.

El circuito representado en la figura 1, es del tipo de blague abierto; el funcionamiento eléctrico de los circuitos-puente, es independiente de la salida de un circuito regulado por el cristal 40.

20.

25.

Es evidente, por el estudio de la figura 1, que la señal de salida de las redes-puente no cambia de polaridad cuando la temperatura pasa por T_0 . Si el cristal 40 controla un oscilador por ejemplo, será posible simular la acción del reactor de tensión controlada, inyectando la salida del puente sin rectificar, en el oscilador, en cuadratura de fase con la señal ya presente. Esta inyección dará lugar a un cambio de frecuencia proporcional a la amplitud de la señal inyectada. Una parte de la salida del oscilador, controlado, en esta disposición puede utilizarse para excitar los puen-

30.

tes, constituyendo una red de regulación del tipo de bluque cerrado.

N O T A

27 SEP.



5. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto
10. no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a una Solicitud de Patente presentada en Gran Bretaña, con el número: 39449/64, de fecha, 28 de septiembre de 1.964, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la
15. esencia del referido invento, y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España , sobre : " APARATO REGULADOR DE FRECUENCIAS ,
20. VARIABLES EN FUNCION DE TEMPERATURAS "; caracterizándose por lo siguiente :

- 1ª.- Aparato regulador de frecuencias, variables en función de temperaturas, caracterizado porque comprende medios para producir una señal eléctrica, cuya amplitud es proporcionar a la misma potencia de cambio de la
25. temperatura, que la frecuencia natural del elemento que ha de regularse, y medios dispuestos para producir un cambio de compensación en la
30. reactancia efectiva de un circuito que contiene

dicho elemento, en proporción a la amplitud de dicha señal.



5. 2ª.- Aparato, según la reivindicación 1ª, caracterizado porque se dispone por lo menos un puente de resistencia que tiene por lo menos un resistor sensible a la temperatura de coeficiente de resistencia por temperatura distinto al del otro resistor o resistores del puente; éste se halla preparado para proporcionar una salida nula a la mencionada temperatura de referencia.

10. 3ª.- Aparato, según la reivindicación 2ª, caracterizado porque la función de transferencia de un puente es directamente proporcional a la diferencia de temperatura con respecto a la temperatura de referencia.

20. 4ª.- Aparato, según la reivindicación 3ª, caracterizado porque se disponen varios puentes en serie, de tal modo que la salida del último sea proporcional a la potencia, de la diferencia de temperatura indicada por el número de puentes.

25. 5ª.- Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 4ª, caracterizado porque un puente está constituido por un par de resistores de distintos coeficientes de resistencia por temperatura.

30. 6ª.- Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 4ª, caracterizado porque cada puente está preparado con resistores

en forma de puente Wheatstone, y por lo menos un resistor tiene un coeficiente térmico de resistencia distinto al de los demás resistores del puente.



5. 7ª.- Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 6ª, caracterizado porque, se dispone otro elemento de circuito en paralelo con el elemento citado y que tiene una reactancia cuya magnitud se varia por la mencionada señal eléctrica.

10. 8ª.- Aparato, según la reivindicación 7ª, caracterizado porque el otro elemento de circuito citado, tiene una capacitancia inter-electrónica, cuya magnitud se varia alterando el voltaje entre dos electrodos.

15. 9ª.- Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 8ª, caracterizado porque la entrada del primer puente se excita desde un origen de corriente alterna y la salida del último puente se rectifica para proporcionar una señal de control para un reactor de tensión controlada, en paralelo con dicho elemento.

20. 10ª.- Aparato, según la reivindicación 9ª, caracterizado porque las salidas de mas de un puente se emplean para controlar el reactor.

25. 11ª.- Aparato, según las reivindicaciones anteriores, preparado para regular la frecuencia resonante de un cristal piezo-eléctrico, caracterizado porque comprende medios pa-

30.



ra producir una señal eléctrica, cuya amplitud es proporcional al cuadrado de la diferencia de temperatura con respecto a una temperatura de referencia, y medios para cambiar la magnitud de una reactancia en paralelo con dicho cristal, en proporción a la amplitud de dicha señal.

5.

12ª.- Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 10ª, caracterizado porque dicho elemento es un cristal piezo-eléctrico

10.

cuya frecuencia resonante varia de acuerdo con el cuadrado de la diferencia de temperatura con respecto a la final del cristal; éste se halla conectado en paralelo con un reactor de tensión controlada, cuya reactancia se varia de acuerdo con un par de dichos puentes, conectados en serie, para compensar la variación, con la temperatura, en la frecuencia del cristal.

15.

13ª.- Aparato, según las reivindicaciones 9ª y 11ª, caracterizado porque las salidas de ambos puentes se aplican al reactor para proporcionar una señal de compensación que varia entre la linealidad y la ley cuadrática.

20.

14ª.- Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones 11ª a 13ª, caracterizado porque el reactor de tensión controlada es un diodo de unión positiva-negativa.

25.

15ª.- Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones 11ª a 14ª, caracterizado porque los puentes mencionados se equilibran para proporcionar una salida nula a la mencionada tem-

30.

517 5001

Fig. 1.

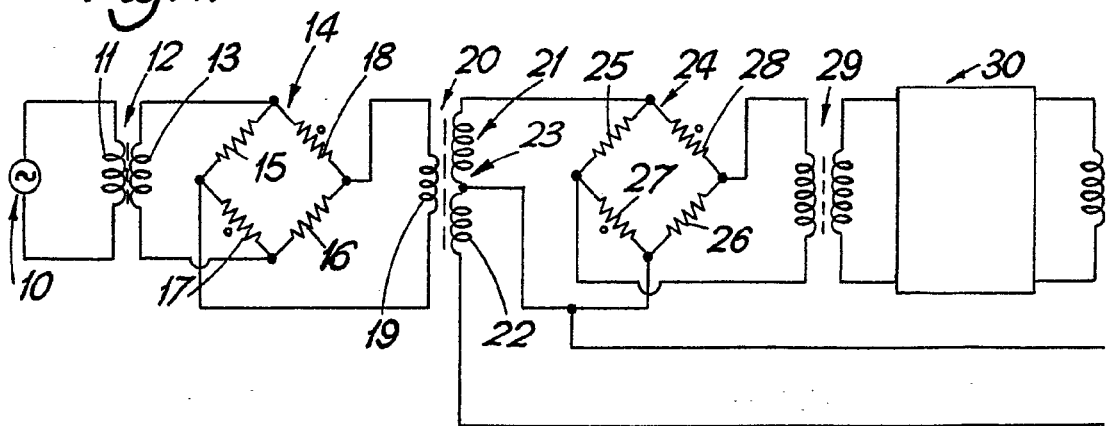
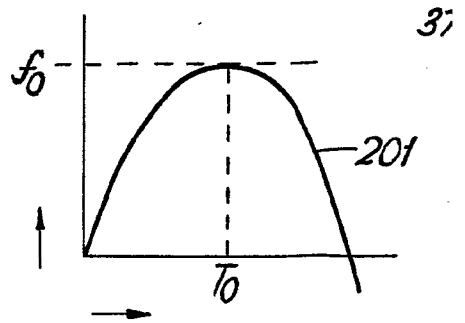


Fig. 2.



317849

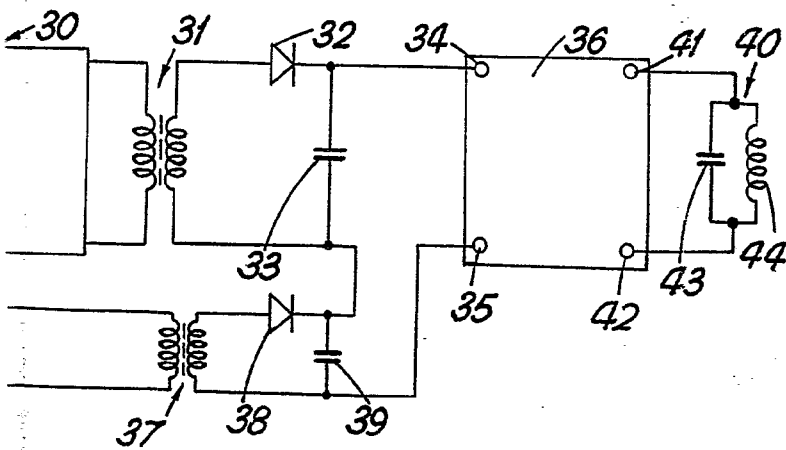
ESCALA VARIABLE

27 SEP 1965

10 SEP 1965

27 SEP 1965

1965



201

27 SEP. 1965

~~Madrid~~

J. GOMEZ ACEBO Y MODER
 D. p. Filiales: Fernández Ruiz