

TRANSFORMADOR PIEZOMAGNÉTICO

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un transformador piezomagnético y preferentemente la presente invención se relaciona con un transformador que a través de una doble interacción electromagnética-mecánica-eléctrica convierte la energía eléctrica alterna de entrada, de determinada frecuencia, avalores de mayor nivel de voltaje, también alterno, a la salida.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Como es sabido, Un transformador piezoeléctrico o PT (por sus siglas en inglés), es una combinación de actuadores piezoeléctricos como primario y transductores piezoeléctricos como secundario, ambos trabajan en modo de vibración longitudinal o transversal. Estos actuadores y transductores son hechos de materiales piezoeléctricos, los cuales se componen de electrodos y del material cerámico. Los materiales cerámicos piezoeléctricos son caracterizados como materiales inteligentes [6] debido a sus características mecánicas y eléctricas además de que han sido ampliamente utilizados hasta ahora en el área de actuadores y sensores.

El principio de operación de un transformador piezoeléctrico es la unión de actuadores y sensores piezoeléctricos, tales que, la energía eléctrica puede ser transformada a la forma eléctrica nuevamente vía vibraciones mecánicas. Debido a que los transformadores piezoeléctricos se comportan como filtros pasabanda, es particularmente importante controlar su ganancia como transformadores para operarlos eficientemente como componentes de transferencia de potencia. Para incorporar un PT

en el diseño de un circuito en particular e igualarlo a las cargas lineales y no lineales, se requieren circuitos eléctricos equivalentes convenientes para el intervalo de frecuencia de interés.

En la actualidad los transformadores piezoeléctricos de alto voltaje ya han sido adoptados para diseño de circuitos eléctricos compactos por ingenieros de electrónica de potencia e investigadores de todo el mundo. Sin embargo, problemas de diseño tales como el encapsulado, efectos de temperatura, circuitos de amplificación, métodos de control, e igualación entre amplificadores y cargas aún necesitan ser explorados más a fondo. A diferencia del campo magnético de acoplamiento producido entre los embobinados del primario y secundario de un transformador de núcleo magnético convencional, los transformadores piezoeléctricos transfieren la energía eléctrica vía acoplamiento electro-mecánico, el cual ocurre entre los elementos piezoeléctricos del primario y el secundario.

Lamentablemente, en el sistema convencional de transformador piezoeléctrico no se pueden obtener grandes relaciones de transformación (mayores de 10^3), y en su salida se presentan efectos capacitivos que imposibilitan el empleo de los mismos en equipos de baja potencia ≤ 50 W y de alta tensión ≥ 10 kV; esto es debido a que la deformación sobre el piezoeléctrico de salida es producido por otro piezoeléctrico (de entrada), es decir que la deformación del piezoeléctrico no se realiza a través del bloque ferromagnético.

RESUMEN DE LA INVENCION

Es entonces un objeto de la presente invención proveer un transformador piezomagnético en el cual la deformación del piezoeléctrico se realice a través del bloque ferromagnético.

Es también un objeto de la presente invención proveer un transformador piezomagnético que permita lograr en una etapa y en un pequeño volumen grandes relaciones de transformación.

Es también un objeto de la presente invención proveer un transformador piezomagnético el cual no presenta en su salida efectos capacitivos e inductivos, que imposibilitan, como en el caso de los transformadores electromagnéticos, trabajar con altas tensiones mayores a 1000 V en sistemas de mediana y baja potencia.

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proveer un transformador piezomagnético del tipo empleado en fuentes de alta y media tensión, para equipos tales como microscopios electrónicos, emisores de rayos X y/o gamma, aceleradores lineales y lo similar, en donde el transformador comprende una bobina enrollada sobre un núcleo de material ferromagnético, imanes permanentes, armaduras ferromagnéticas y una pluralidad de cristales piezoeléctricos.

15 DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Para mayor claridad y comprensión del objeto de la presente invención, se lo ha ilustrado en varias figuras, en las que se ha representado el mismo en una de las formas preferidas de realización, todo a título de ejemplo, en donde:

La figura 1 es una ilustración en corte del transformador piezomagnético objeto de la presente invención;

La figura 2 es una alternativa de realización del transformador de la figura 1;

La figura 3 es una vista en corte longitudinal de un transformador piezomagnético que puede entregar hasta con 20W, con una relación de transformación de 8000 X y un V de salida de hasta 80 kV.

La figura 4 es un esquema del prototipo realizado sobre el transformador de la figura 1,

La figura 5 es un esquema de prueba realizada sobre el transformador piezomagnético objeto de la presente invención; y

5 La figura 6 es un gráfico del voltaje de salida del transformador piezomagnético vs frecuencia angular.

DESCRIPCION DETALLADA DEL EJEMPLO DE REALIZACION

Haciendo referencia a la figura 1, se observa el transformador
10 piezomagnético objeto de la presente invención el cual comprende, en esta realización particular una bobina enrollada sobre un núcleo de material ferromagnético, imanes permanentes, armaduras ferromagnéticas y una pluralidad de cristales piezoeléctricos. En una realización preferida el transformador piezomagnético también comprende al menos una bobina, elementos piezoeléctricos, un bloque ferromagnético, un protector,
15 una armadura soporte, un imán permanente y una armadura ferromagnética.

En la figura 2 se puede observar una variante del transformador de la figura 1, en donde el mismo en este caso suponiendo que se necesite para un equipo de rayos x una fuente de CC de entre 10 y 80 kV, con una potencia de salida de hasta 20 W; esta fuente podría construirse con un transformador piezomagnético, alimentando con una
20 batería (de por ejemplo de 10 V), entonces en la primer etapa se debe transformar el V continuo de la batería en uno alterno a la frecuencia de resonancia, posteriormente esta corriente se debe inyectar en el transformador piezomagnético, y este lo aumenta por ejemplo a 80 kV para luego de ser rectificada.

Con relación a la figura 3 en la misma se puede observar una vista en corte longitudinal de un transformador piezomagnético que puede entregar hasta con 20W, con una relación de transformación de 8000 X y un V de salida de hasta 80 kV.

Se fabricó un prototipo del transformador piezomagnético, y se estudió su comportamiento en función de la frecuencia de la fuerza electromotriz alterna aplicada sobre su bobina (Fig. 4). La bobina fue conectada a un generador electromotriz de frecuencia sinusoidal. El voltaje efectivo de esta fuente se mantuvo constante mientras se hacía variar su frecuencia. Simultáneamente se fue determinando el potencial efectivo de salida en los terminales de los piezoeléctricos con un voltímetro de alta impedancia (Fig. 5). Se realizaron muchas mediciones, en la Fig. 6 se muestra una de ellas. Se observa el gráfico del voltaje versus frecuencias, la medición se realizó sin usar una resistencia en paralelo con el voltímetro, debido a la gran impedancia en la salida del transformador.

Para una mejor interpretación del objeto de la presente invención, se explica el comportamiento del sistema postulando un modelo matemático en el que el bloque ferromagnético y la bobina sufren una deformación despreciable frente a la experimentada por los piezoeléctricos. En este modelo se considera como parámetros relevantes: el voltaje de entrada, la masa del bloque ferromagnético, el número de vueltas de la bobina, las características de los piezoeléctricos, etc. A continuación se muestran las tres ecuaciones diferenciales acopladas que se utilizaron, la primera está relacionada con el movimiento de la masa ferromagnética, la segunda con el voltaje de entrada V_e , y la tercera con el voltaje de salida V :

$$M \frac{d^2 X}{dt^2} = INB\Gamma - KX - \xi \frac{dX}{dt} + 2IZ\rho \quad (1)$$

$$V_e = -L \frac{dI}{dt} - \Gamma NB \frac{dX}{dt} + R_1 I \quad (2)$$

$$V = \frac{Q_T}{c} \quad (3)$$

Donde:

$INB\Gamma$ Es la fuerza que produce el campo magnético uniforme B generado por el imán permanente sobre la bobina de N vueltas que es atravesada por una intensidad de corriente I. Esta fuerza es aplicada directamente al bloque ferromagnético de masa M (la constante Γ tiene que ver con la geometría de las bobinas)

$-KX$ Es la fuerza provocada por las constantes elásticas de los piezoeléctricos K se obtiene a partir del módulo de Young de los piezoeléctricos.

$-\xi \frac{dX}{dt}$ Es la fuerza provocada por los componentes viscosas del sistema. Dónde ξ es un coeficiente que mide el amortiguamiento debido a la viscosidad (este valor se ajustó con los resultados experimentales)

$2IZ\rho$ Es la fuerza necesaria para provocar la polarización de los piezoeléctricos y la corriente en la salida del transformador. Esta relación se obtuvo pensando a los piezoeléctricos como capacitores, que se cargan al ser deformados.

$Z = Ze^{i\theta}$ es la impedancia de salida (en este caso la del voltímetro); siendo Q_1 la carga que se produce en los extremos de los piezoeléctricos (conectados a la salida del transformador) por la deformación de los mismo; ρ puede obtenerse a partir de las constantes piezoeléctricas tomando en cuenta sus dimensiones y como están conectados entre sí.

$-L \frac{dI}{dt} + RI$ Es el voltaje producido por la inductancia L y resistencia R total de la bobina de entrada.

$-INB \frac{dX}{dt}$ Es el voltaje producido por la bobina de N vueltas al interactuar con el campo magnético uniforme B producido por el imán permanente.

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$Q_1 = \rho X$ Es la carga que se produce por la deformación del cristal

$Q_2 = -\int_0^t I_1 dt + Q_{2,0}$ Carga en las placas de metal en contacto con el piezoeléctrico; I_1 es la intensidad de salida.

La resolución de estas ecuaciones para un voltaje de entrada sinusoidal $V_e =$

$V_0 \sin(\omega t)$ permite obtener el voltaje máximo de pico de salida V_0 :

$$= \frac{V_0 - D}{\rho \sqrt{(R_1(\xi w - 2D(-ZCw \sin(\phi) + 1)) + INBwNB\Gamma - Lw(-Mw^2 + K + 2DCwZ \cos(\phi)))^2 + ((Lw(\xi w + 2D(-ZCw \sin(\phi) + 1)) + (-Mw^2 + K + 2DCwZ \cos(\phi))R_1)^2}}$$

Siendo

$$D = \frac{-Z\rho^2 w}{\sqrt{(ZCw)^2 - 2ZCw \sin(\phi) + 1}}$$

Esta es la ecuación de la curva de la Fig. 6, como vemos los valores ajustan bastante bien con los datos experimentales. Hay que destacar que para el ajuste se respetaron los valores propios de nuestro transformador como la masa de el bloque ferromagnético M, el número de vueltas de la bobina N etc. el único valor que no teníamos y que se determinó a partir de los datos experimentales es ξ que mide el amortiguamiento debido a la viscosidad y esta relacionado con el ancho de la campana.

Para un transformador piezomagnético con $\xi \approx 0$ en resonancia, con una impedancia de carga de salida infinita, y con una resistencia R1 de entrada y una inductancia en la bobina L despreciable quedaría que:

$$V_0 = \frac{\rho}{C} \frac{V_{0e} N B \Gamma}{\sqrt{(\Gamma_1 N B w N B \Gamma)^2}} = \frac{\rho}{C} \frac{V_{0e}}{w N B \Gamma}$$

De esta manera, se obtiene la relación de transformación

$$\frac{V_o}{V_{oe}} = \frac{\rho}{w N B \Gamma C}$$

A partir del modelo teórico se obtuvo la frecuencia de resonancia f del equipo:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}} (1 + g(z)) \text{ con } 0 \leq g(z) < 0,1$$

También se obtuvo con el modelo teórico la relación de transformación N_t para un diseño de transformador piezomagnético como el de la Fig. 3.

$$N_t = \frac{V_{sal}}{V_{ent}} = \frac{e}{2\pi f l C \Gamma N B}$$

Donde:

N es el número de vueltas de la bobina

5 B es la intensidad del campo magnético que atraviesa la bobina, se supone
uniforme

C es la capacitancia del piezoeléctrico del transformador

Γ es el diámetro de la bobina

l es largo de cada piezoeléctrico

10 e es una constante de los piezoeléctricos [C/m^2]

f es la frecuencia de trabajo del transformador

M es la masa de la bobina y el bloque ferromagnético

K es una constante elástica que resulta de sumar las constantes elásticas de
los piezoeléctricos

15 z es la impedancia de salida

$g(z)$ es una función.

Para transformadores piezomagnéticos con varios piezoeléctricos
conectados en serie o paralelo, N_t se calcula dependiendo de cómo se realizan las
20 conexiones entre los piezoeléctricos, la ecuación no varía demasiado.

Por ejemplo, un dispositivo como el que se muestra en la figura 1 con una
bobina de 30 vueltas y con cerámicas piezoeléctricas del tipo pzt (aplicando las
formulas mostradas antes), tendría una relación de transformación de $2 \cdot 10^4$ y una
potencia máxima de salida de 10 W; esto significa que con un V de entrada de 10 V se

obtendrían en su salida aproximadamente 100000V con una potencia de 10 W, ideal para emisores de rayos x de baja potencia, etc.

El transformador piezomagnético objeto de la presente invención puede ser usado en fuentes de alta tensión para equipos tales como emisores de rayos x de mediana y baja potencia que suelen utilizarse en equipos de: espectrometría de rayos x,
5 radiología, difracción por rayos x, etc.; microscopios electrónicos SEM y TEM; emisores de rayos gamma que se emplean: en la esterilización de equipo médico, en medicina nuclear para realizar diagnósticos, en equipos que emplean técnicas de ensayos no destructivos, etc.; aceleradores lineales que se emplean, entre otras cosas,
10 para administrar terapia contra tumores cancerígenos, para la caracterización y el estudio de materiales biológicos e inorgánicos, y en procesos de fabricación industrial, por ejemplo, en microelectrónica; en sistemas de iluminación como lámparas de plasma, tubos de neón (con diferentes gases nobles) etc.

También el objeto de la presente invención puede ser empleado en aparatos eléctricos para la defensa personal, o para el arreo del ganado.

Es importante destacar que las diferencias principales con los transformadores del estado del arte, es que en el sistema convencional de transformador piezoeléctrico, la deformación sobre el piezoeléctrico de salida es producido por otro piezoeléctrico (de entrada), en cambio, en el transformador objeto de la presente
20 invención, la deformación del piezoeléctrico se realiza a través del bloque ferromagnético.

Las ventajas que tiene el transformador propuesto respecto a los transformadores convencionales electromagnéticos y piezoeléctricos, es que permite lograr en una etapa y en un pequeño volumen grandes relaciones de transformación. La
25 presente invención, además, no presentan en su salida efectos capacitivos e inductivos,

que imposibilitan, como en el caso de los transformadores electromagnéticos, trabajar con altas tensiones mayores a 1000 V en sistemas de mediana y baja potencia. Con respecto a los transformadores de pulsos como la bobina de Ruhmkorff, y el transformador de línea o Flyback, estos entregan voltajes de salida de difícil
5 rectificación. Esta invención al entregar un voltaje de salida sinusoidal permite la fácil rectificación. Con este transformador además es posible fabricar fuentes de alta tensión de media y baja potencia de muy bajo costo, y muy reducidas dimensiones, cosa que sería prácticamente imposible con los equipos mencionados anteriormente.

REIVINDICACIONES

Habiendo así especialmente descrito y determinado la naturaleza de la presente invención y la forma como la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara reivindicar como de propiedad y derecho exclusivo:

5

1. Un transformador piezomagnético del tipo empleado en fuentes de alta y media tensión para equipos tales como microscopios electrónicos, emisores de rayos X y/o gamma, aceleradores lineales y lo similar, caracterizado porque comprende armaduras de soporte ubicadas en la parte superior e inferior, las cuales están unidas a armaduras ferromagnéticas entre las cuales se encuentra un imán permanente, a su vez en el centro de las armaduras de soporte y atravesando las armaduras ferromagnéticas y el material permanente se encuentra un núcleo de material ferromagnético, el cual conforma el bloque ferromagnético, el cual es mantenido centrado por ejes que contienen cristales piezoeléctricos; donde el bloque ferromagnético posee una bobina enrollada a su alrededor.

15

2. El transformador de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además un protector.

20

3. El transformador de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque comprende además un material elástico cuya función es la de mantener al bloque ferromagnético siempre unido al piezoeléctrico por medio de tornillos de ajuste.

4. El transformador de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque el tornillo de ajuste permite acercar al piezoeléctrico al bloque ferromagnético de manera de mantenerlo centrado entre los imanes permanentes.

5 5. El transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cuando una corriente sinusoidal circula en la bobina, ésta experimenta una fuerza debido a que la misma es atravesada por un campo magnético, dicha fuerza es transmitida a un bloque ferromagnético, y ésta a su vez la transfiere a los cristales piezoeléctricos provocando en ellos una polarización eléctrica
10 (piezoelectricidad).

6. El transformador de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque trabaja a altas relaciones de transformación de (V_{sal}/V_{ent}) entre 50 y 20000), potencias entre 0,1 W y 1000 W, y tensiones en sus
15 terminales de salida de entre 1000 V y 300000 V en un pequeño volumen de dispositivo.

RESUMEN

Un transformador piezomagnético, el cual respecto a los transformadores convencionales electromagnéticos y piezoeléctricos, es que permite lograr en una etapa y en un pequeño volumen grandes relaciones de transformación. La presente invención, además, no presentan en su salida efectos capacitivos e inductivos, que imposibilitan, como en el caso de los transformadores electromagnéticos, trabajar con altas tensiones mayores a 1000 V en sistemas de mediana y baja potencia. Con respecto a los transformadores de pulsos como la bobina de Ruhmkorff, y el transformador de línea o Flyback, estos entregan voltajes de salida de difícil rectificación. Esta invención al entregar un voltaje de salida sinusoidal permite la fácil rectificación. Con este transformador además es posible fabricar fuentes de alta tensión de media y baja potencia de muy bajo costo, y muy reducidas dimensiones, cosa que sería prácticamente imposible con los equipos mencionados anteriormente.

15

20

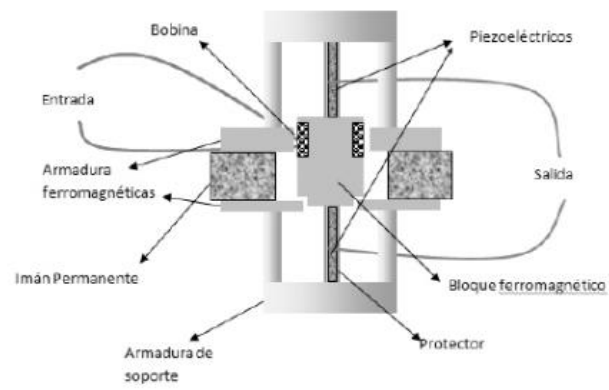


Fig 1

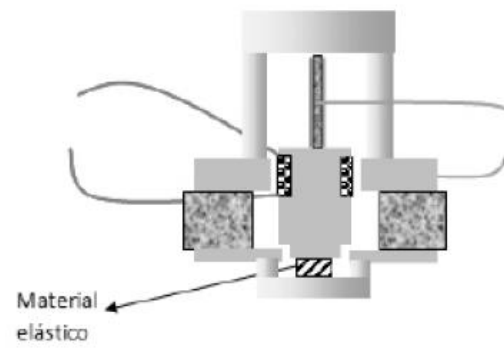


Fig 2

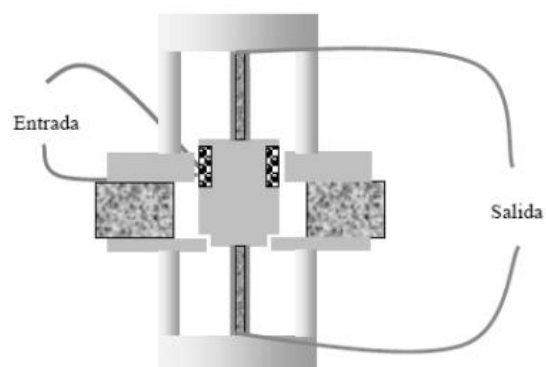


Fig 3

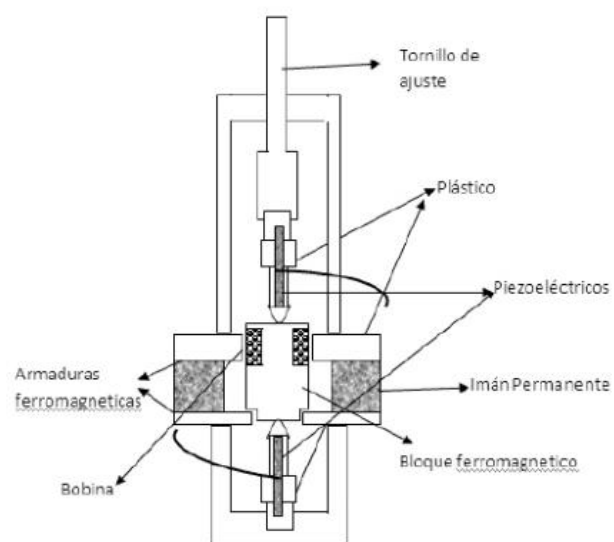


Fig 4

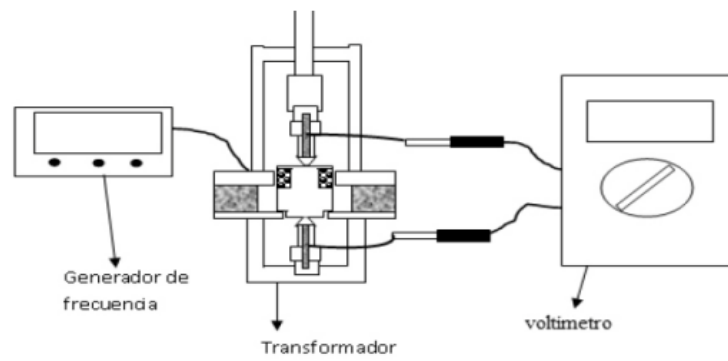


Fig 5

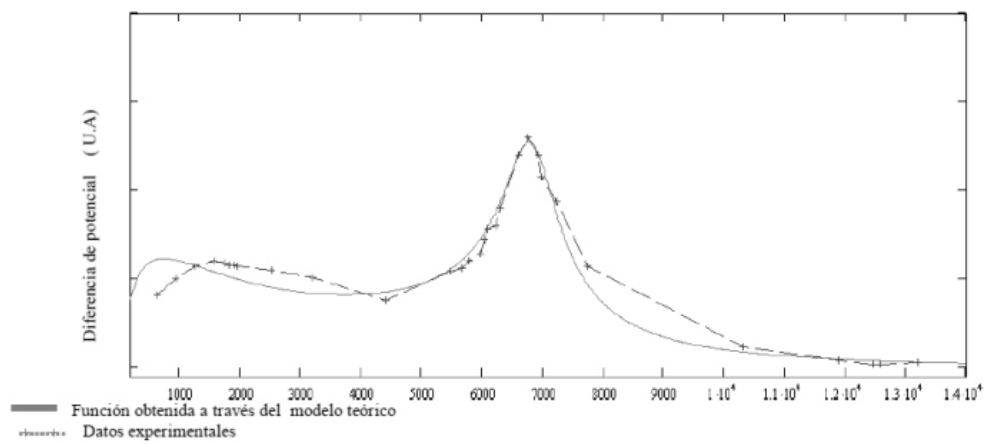


Fig 6

