



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 302 335**

51 Int. Cl.:  
**G01R 31/02** (2006.01)  
**G01R 31/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **96913760 .3**  
86 Fecha de presentación : **29.04.1996**  
87 Número de publicación de la solicitud: **0769150**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **23.04.1997**

54 Título: **Control de descargas internas parciales en un transformador eléctrico.**

30 Prioridad: **02.05.1995 SE 9501664**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.07.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.07.2008**

73 Titular/es: **Abb Research Ltd.**  
**P.O. Box 8131**  
**8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es: **Eriksson, Thomas y**  
**Leijon, Mats**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 302 335 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).

# ES 2 302 335 T3

## DESCRIPCIÓN

Control de descargas internas parciales en un transformador eléctrico.

### 5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un método para controlar descargas parciales en un transformador de energía eléctrica que funciona en condiciones operativas normales, y a un dispositivo para realizar el método.

10 El dispositivo comprende un sistema de dos detectores sensible a la dirección para detectar tanto el campo eléctrico como el campo magnético generado por una descarga.

### **Técnica anterior**

15 Los huecos u otros defectos en un material aislante pueden dar lugar a campos eléctricos no homogéneos en el material y en relación con esto la fuerza del campo puede hacerse tan alta tal que ocurra una descarga local, o una descarga parcial, en el material. Una descripción general de estos fenómenos se da, por ejemplo, en E. Kuffel, W.S. Zaengl: High Voltage Engineering, Pergamon Press, 1984.

20 Convencionalmente, las descargas parciales se miden usando un desacoplamiento capacitivo del objeto a medir y una unidad detectora, por ejemplo un puente o un convertidor digital rápido y un ordenador. En IEC Publication 270: "Partial Discharge Measurements", 1981, 2ª edición, se indican métodos normalizados para dichas medidas y para el calibrado del equipo de medida.

25 La medida de descargas parciales usando detectores inductivos basada en bobinas Rogowski se describe en Proceedings of the 1987 International Symposium on High Voltage Engineering, vol. 2, documento N° 42.02, H. Borsi, M. Hartje: "Application of Rogowski coils for Partial Discharge (PD), decoupling and noise suppression".

30 La Patente de Estados Unidos 4.897.607 describe un método para detectar y localizar fallos en instalaciones eléctricas, especialmente generadores o bloques de una estación generadora de energía, en el que las medidas de descarga parcial y las medidas de alta frecuencia se realizan en una o más localizaciones en la instalación eléctrica y posiblemente para todas las fases, y los valores medidos se comparan entre sí o con señales de calibrado, y se sacan conclusiones de los mismos teniendo en cuenta la localización y el tipo de fallo. El método propuesto necesita medir los valores de al menos tres puntos de medida, simulando los fallos en un modelo informático y finalmente comparando los valores medidos entre sí, incluyendo valores acústicos, con el resultado de la simulación.

35 La aparición de descargas parciales en un aparato de alta tensión a menudo es un indicio de que se está produciendo un fallo.

40 Un transformador de energía normalmente es un componente crítico en una red de energía. Un fallo extensivo en el transformador puede provocar largas interrupciones y reparaciones caras. Por lo tanto, es deseable descubrir estados que pueden conducir a fallos tan pronto como sea posible. Un transformador de energía a menudo está equipado con una conexión intermedia de ensayo capacitivo en sus casquillos de alta tensión, que puede utilizarse como desacoplador capacitivo. Por lo tanto, es posible realizar una medida convencional de las descargas parciales también en condiciones operativas normales.

45 Un problema que surge durante una medida en una estación transformadora comparado con una medida en una cámara de ensayo medioambiental son las alteraciones que se generan que rodean al aparato y las conexiones. Para hacer frente a estas alteraciones externas, se han propuesto y ensayado diferentes soluciones, por ejemplo PRPDA y reconocimiento de patrones usando redes neurales; véase, por ejemplo, las descripciones en IEE Proc.-Science Measurement and Technology, vol. 142, N° 1, enero de 1995, pág. 22-28, B.A. Fruth, D.W. Gross: "Partial discharge signal generation transmission and acquisition", y en IEE Proc.-Science Measurement and Technology, vol. 142, N° 1, enero de 1995, pág. 69-74, H. Borsi, E. Gock-enbach, D. Wenzel: "Separation of partial discharges from pulse-shaped noise signals with the help of neural networks". Estos dos métodos se basan en el aprendizaje de patrones de señales típicos. En un análisis de acuerdo con el método PRPDA, se recogen datos durante un cierto periodo de tiempo, tras lo cual el patrón para estos datos se compara con los patrones para tipos de descargas conocidos. Se enseña a las redes neurales para que reconozcan la forma de onda para ciertos tipos de descargas específicos. Para estos dos métodos, el desacoplamiento de las descargas parciales se realiza de una manera convencional.

### 60 **Sumario de la invención**

El objeto de la invención es proporcionar un método mejorado de la clase descrita en la parte preliminar de la descripción, que hace posible una separación de las descargas parciales internas en el transformador de las alteraciones externas y que puede usarse tanto en transformadores existentes como en transformadores nuevos, y un dispositivo para realizar el método.

65 Lo que caracteriza a un método y un dispositivo de acuerdo con la invención quedará claro a partir de las reivindicaciones adjuntas.

## ES 2 302 335 T3

El dispositivo será barato, fiable, y fácil de aplicar tanto en transformadores existentes como en transformadores nuevos y puede usarse también junto con los sistemas de adquisición más avanzados, tales como PRPDA, y mejorará el rendimiento de los mismos.

### 5 Breve descripción de los dibujos

La invención se explicará con más detalle describiendo las realizaciones con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

10 La Figura 1 muestra esquemáticamente parte de un transformador de energía con un casquillo de alta tensión y un dispositivo de acuerdo con una realización de la invención,

Las Figuras 2-4 muestran formas de señal para señales de salida desde un dispositivo,

15 Las Figuras 5-8 muestran otras formas de señal para señales de salida desde un dispositivo,

La Figura 9a muestra esquemáticamente parte de un detector inductivo,

20 La Figura 9b muestra esquemáticamente una vista lateral de un casquillo de alta tensión con una localización de los detectores inductivos,

La Figura 9c muestra esquemáticamente una vista final de un casquillo de alta tensión de acuerdo con la Figura 10b, y

25 La Figura 10 muestra en forma de diagrama de bloques una unidad de ajuste de señales.

### Descripción de las realizaciones preferidas

La siguiente descripción se refiere tanto al método como al dispositivo.

30

La Figura 1 muestra parte de un transformador de energía eléctrica 1 con un casquillo de alta tensión 2. Una unidad de ajuste de señales 3 se localiza en el transformador cerca del casquillo de alta tensión y está conectada, mediante un conductor 4, a una conexión intermedia de ensayo capacitivo 5. Un detector inductivo 6, que se describirá con mayor detalle más adelante y que comprende dos bobinas 6a, 6b, está conectado también mediante los conductores 7a, 7b a la unidad de ajuste de señales. El detector se dispone en la parte inferior del casquillo de alta tensión inmediatamente por encima de un reborde 8, a través del cual el casquillo pasa hacia el transformador.

35

El detector inductivo se basa en el principio de una bobina de Rogowski, aunque se ha modificado para obtener suficiente sensibilidad y para facilitar su instalación y fabricación. El detector inductivo comprende por tanto (Figuras 9a, 9b, 9c) dos bobinas relativamente cortas 6a, 6b, que están conectadas en serie mutuamente mediante un conductor 7c. Cada una de las bobinas, de las cuales en la Figura 9a se muestra una, se enrolla en un núcleo magnético 61a, 61b y las dos bobinas se conectan después en serie entre sí. La Figura 9a muestra un diseño de las bobinas y las Figuras 9b y 9c muestran una localización preferida de las mismas. Para suprimir las alteraciones, las dos bobinas se montan en el casquillo de alta tensión opuestas entre sí y se unen al mismo, por ejemplo, pegándolas.

45

Como detector capacitivo, se usa la conexión intermedia de ensayo capacitivo del casquillo de alta tensión.

A la unidad de ajuste de señales (Figura 10) se le suministran señales respectivamente del detector inductivo 6 y de la conexión intermedia de ensayo capacitivo 5. La unidad de ajuste de señales comprende dos circuitos de ajuste 91, 92 para ajustar las señales respectivas al nivel de las otras y para amplificar a un nivel de señal adecuado. El ajuste se realiza mediante elementos de circuito pasivos con impedancias resistiva, inductiva, y capacitiva. Cada una de las señales de salida de los circuitos de ajuste respectivos se suministra entonces a un filtro de paso de banda 101, 102 diferente, ajustándose dichos filtros de paso de banda a la frecuencia de resonancia de las bobinas. La frecuencia de resonancia de las bobinas se ha elegido para obtener la mejor proporción señal/ruido.

55

Cada una de las señales de salida del filtro de paso de banda respectivo se suministra a un medio de amplificación 111, 112, y las señales de salida desde el mismo se suministran a un medio multiplicador 12, en el que las dos señales se multiplican entre sí. La señal de salida del multiplicador es ahora positiva o negativa, dependiendo del origen de la descarga.

60

El principio de medida se basa en determinar la polaridad de una descarga parcial con ayuda de la señal de salida de la conexión intermedia de ensayo capacitivo mientras que la dirección del pulso de corriente asociado con la descarga se determina con la ayuda de la señal de salida del detector inductivo. De esta manera, detectando el campo eléctrico y magnético generado por la descarga parcial, puede determinarse la dirección del flujo de energía de la descarga, y la señal de salida del medio multiplicador es positiva o negativa dependiendo de dónde se genere la descarga. Las descargas fuera del transformador corresponderán a señales positivas, o viceversa, dependiendo de cómo se enrollen las bobinas en el detector inductivo. La línea límite para esta inversión de polaridad es la localización en la que se aplican las bobinas, normalmente en la base del casquillo.

65

## ES 2 302 335 T3

Las señales de salida del medio multiplicador se suministran a un detector del valor del pico 13, que solo remite señales positivas. La señal de salida del detector del valor del pico se suministra entonces a un circuito envolvente 14, que prolonga el tiempo de extinción para su señal de entrada. La amplitud de la señal de salida del circuito envolvente está relacionada con el nivel de la descarga interna, de manera que un aumento en el nivel de descarga interna da como resultado un aumento del valor de la señal de salida del circuito envolvente. Esta señal de salida se suministra a un sistema de adquisición de datos 16, dispuesto fuera de la unidad de ajuste de señales, mediante un circuito de conversión 15 que convierte la señal de salida del circuito envolvente en una corriente continua PDI correspondiente. La corriente continua PDI de la unidad de ajuste de señales al sistema de adquisición de datos corresponderá por lo tanto a la cantidad de descarga interna. La corriente continua se compara en la unidad de adquisición de datos con un nivel de alarma preseleccionado, programado en la unidad de adquisición de datos, y se considera que una alarma es una indicación de un estado anormal en el transformador de energía y que debe realizarse una investigación más cuidadosa. Pueden realizarse investigaciones adicionales, por ejemplo, con algunas de las herramientas de diagnóstico que están disponibles; véase, por ejemplo, Proceedings of the 1995 Stockholm Power Tech Conference. C. Bengtsson: "Status and trends in Transformer Monitoring", para una visión de conjunto.

El sistema detector descrito puede mejorar también, por ejemplo, las medidas de diagnóstico PRPDA.

El sistema de dos detectores sensible a la dirección descrito para detectar descargas parciales ha mostrado, durante los ensayos en laboratorio, una buena capacidad para distinguir las descargas internas de las externas. Esto se ha verificado también durante una medida de campo realizada en un transformador de 100 MVA.

Las Figuras 2-4 y 5-8 muestran formas de señal típicas para señales de salida de la unidad de ajuste de señales con el tiempo  $t$  representado en el eje horizontal y la amplitud PDI de la señal de salida en el eje vertical.

Las Figuras 2-3 muestran formas de señal observadas en el entorno de un espacio de ensayo con los detectores aplicados a un casquillo de alta tensión diferente provistos con una conexión intermedia de ensayo capacitivo. Las descargas se simularon suministrando pulsos de calibrado tanto positivos como negativos de acuerdo con la Publicación EC 270 a ambos lados del casquillo. La Figura 2 muestra la señal de salida en el caso de un pulso calibrado aplicado externamente, y la Figura 3 muestra la señal de salida en el caso de un pulso calibrado aplicado internamente. Como quedará claro a partir de las figuras, el sistema puede distinguir claramente las descargas internas de las externas, puesto que las descargas externas dan como resultado una señal de salida negativa y una descarga interna da como resultado una señal de salida positiva.

La convención de signos se aplica también a las Figuras 4 y 5-8.

La Figura 4 muestra formas de señal observadas con los detectores aplicados a un transformador de laboratorio. Las alteraciones externas se simulan mediante un hueco de punto plano conectado a un nivel de alta tensión y la figura muestra una alteración externa (corona) para medio periodo (eje horizontal inferior) y con una resolución mayor con respecto al tiempo (eje horizontal superior).

Las Figuras 5-8 muestran formas de señal observadas en el campo con los detectores aplicados a 130/50 kV a un transformador de 100 MVA provisto con conexiones intermedias de ensayo capacitivo en los casquillos de alta tensión. El transformador no había mostrado anteriormente ninguna indicación de descargas parciales.

La Figura 5 muestra formas de señal observadas con los detectores aplicados a la fase 1 y fase 2 y con un pulso de calibrado externo aplicado a la fase 2. Como queda claro a partir de la figura, se observa una señal de salida con una polaridad negativa (eje horizontal inferior). Debido al acoplamiento capacitivo entre las fases, el pulso de calibrado da como resultado una señal de salida también en fase 1 (eje horizontal superior).

Las Figuras 6-8 muestran formas de señal observadas con el transformador conectado a una línea de 130 kV y con el lado de 50 kV abierto.

La Figura 6 muestra, con una alta resolución con respecto al tiempo, formas típicas de señal observadas en la fase 2 con numerosas descargas.

La Figura 7 muestra formas típicas de señal observadas durante un periodo completo, en fase 2 (eje horizontal superior) y fase 1 (eje horizontal inferior).

Para ambas fases, el perfil de descarga es bastante similar y solo se detectan señales negativas. Esto indica que no ocurren descargas internas y puede suponerse que las señales de salida observadas están provocadas por alteraciones externas (principalmente corona) de las conexiones y el interruptor conectado.

Se realizó una medida acústica de descargas parciales PD en paralelo a la medida eléctrica. No se observaron señales acústicas que indicaran defectos internos.

La Figura 8 muestra formas típicas de señal observadas durante el funcionamiento del conmutador de la conexión intermedia del transformador. Las partes positivas de la señal de salida indican corrientes transitorias internas. Las señales provocadas por el funcionamiento del conmutador de la conexión intermedia son mayores, en varios órdenes de

## ES 2 302 335 T3

magnitud, que las señales de descargas parciales que el dispositivo tiene que detectar. Por esta razón, los amplificadores se saturan y ocurre un desplazamiento de fase asociado. Esta es la razón que explica los valores negativos de la señal de salida en Figura 8.

5 Las Figuras 5-8 muestran que el sistema es capaz de distinguir entre descargas internas y externas también en condiciones de campo.

10 No es necesario diseñar el detector inductivo en forma de dos bobinas conectadas en serie si no que puede diseñarse como una sola bobina. Como detector capacitivo, pueden usarse preferiblemente las conexiones intermedias de ensayo capacitivo de los casquillos de alta tensión del transformador, aunque pueden usarse otros detectores para detectar el campo eléctrico asociado con la descarga parcial.

15 Los resultados del ensayo junto con la simplicidad, bajo coste y sencillez de instalación del sistema detector muestran que la invención es adecuada para un control conectado directamente de transformadores de energía nuevos y existentes.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

# ES 2 302 335 T3

## REIVINDICACIONES

5 1. Un método para controlar descargas parciales en un transformador de energía eléctrica (1) que funciona en condiciones operativas normales, que comprende las etapas de:

detectar un campo magnético en un casquillo de alta tensión (2) en el transformador de energía con un detector inductivo (6) que comprende al menos una bobina (6a, 6b) dispuesta en el casquillo de alta tensión;

10 detectar un campo eléctrico en el casquillo de alta tensión con un detector capacitivo (5);

suministrar señales de salida del detector inductivo y el detector capacitivo a una unidad de ajuste de señales (3) en la que cada señal de salida se filtra en un filtro de paso de banda (101, 102) diferente;

15 multiplicar las señales filtradas de salida entre sí;

formando con la unidad de ajuste de señales una señal de salida PDI correspondiente a la descarga interna parcial en el transformador que depende del resultado de la multiplicación para detectar descargas internas parciales en el transformador.

20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el detector capacitivo incluye una conexión intermedia de ensayo capacitivo (5) en el casquillo de alta tensión.

25 3. Un dispositivo para controlar descargas parciales en un transformador de energía eléctrica (1) que funciona en condiciones operativas normales, que comprende:

un detector inductivo (6) que incluye al menos una bobina (6a, 6b) dispuesta en un casquillo de alta tensión (2) en el transformador de energía;

30 un detector capacitivo (5) dispuesto en el casquillo de alta tensión; y **caracterizado** porque comprende también: una unidad de ajuste de señales (3) para recibir señales de salida del detector inductivo y el detector capacitivo y para formar una señal PDI de salida correspondiente a la cantidad de descarga interna parcial en el transformador, incluyendo la unidad de ajuste de señales filtros de paso de banda (101, 102) para filtrar las señales de salida del detector inductivo y del detector capacitivo, incluyendo también la unidad de ajuste de señales un multiplicador (12) para multiplicar las señales del filtro de paso de banda respectivo entre sí y producir la señal de salida PDI dependiendo del resultado de la multiplicación.

35 4. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el detector inductivo comprende dos bobinas conectadas mutuamente en serie (6a, 6b) dispuestas opuestas entre sí en el casquillo de alta tensión.

40 5. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-4, en el que el detector capacitivo incluye una conexión intermedia de ensayo capacitivo (5) en el casquillo de alta tensión.

45 6. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en el que la unidad de ajuste de señales incluye un detector del valor del pico (13) para recibir una señal del multiplicador y transmitir señales solo con una polaridad preseleccionada.

50 7. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-6, en el que la unidad de ajuste de señales incluye un circuito de conversión (15) para convertir una señal del multiplicador en una corriente continua correspondiente a la señal.

55

60

65

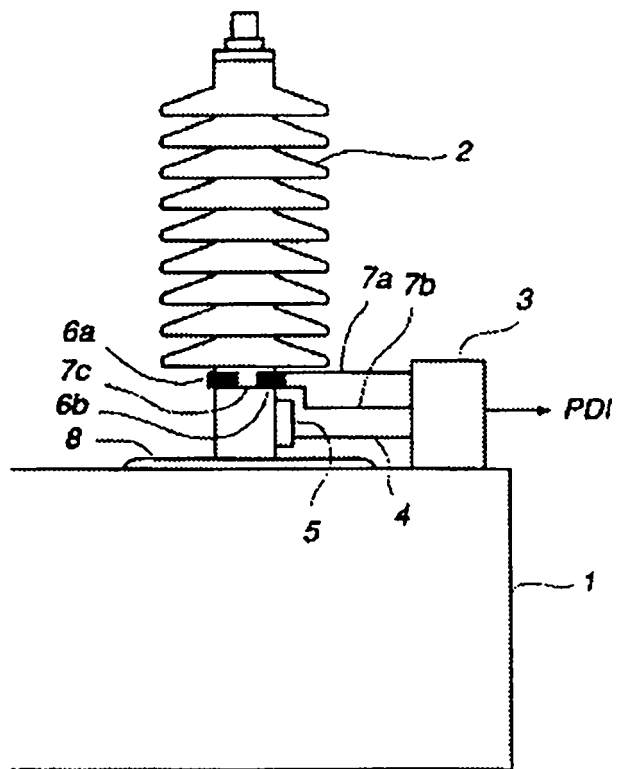


Fig. 1

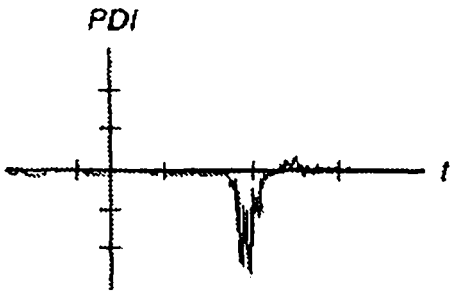


Fig 2

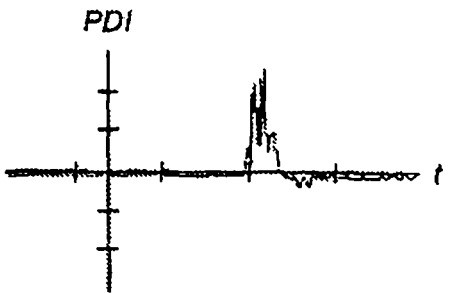


Fig 3

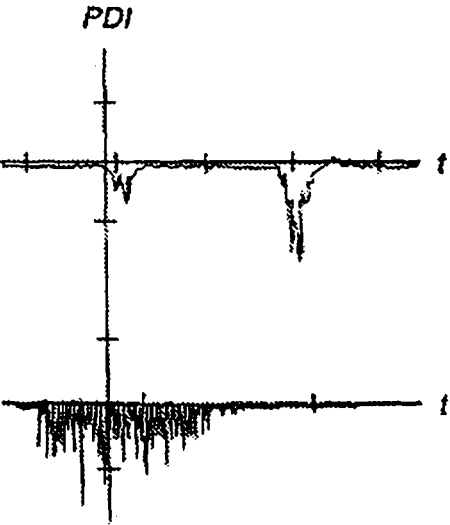


Fig. 4

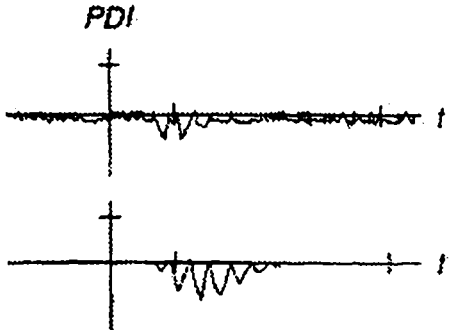


Fig. 5

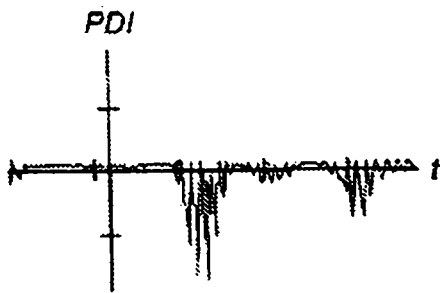


Fig. 6

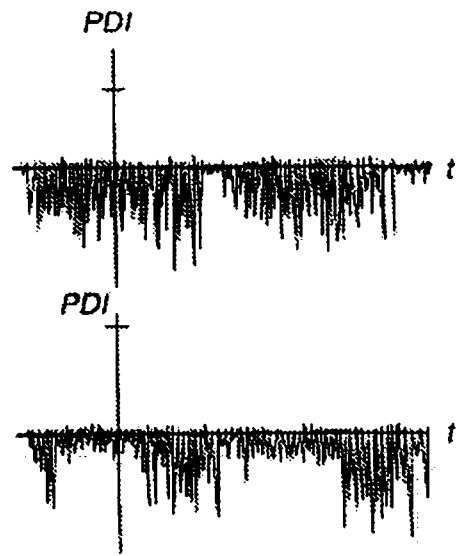


Fig. 7

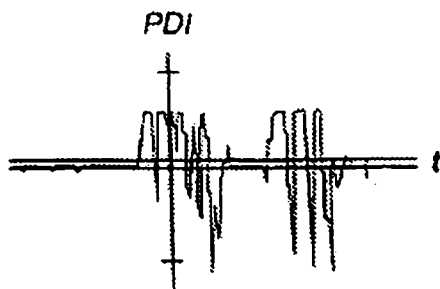


Fig. 8

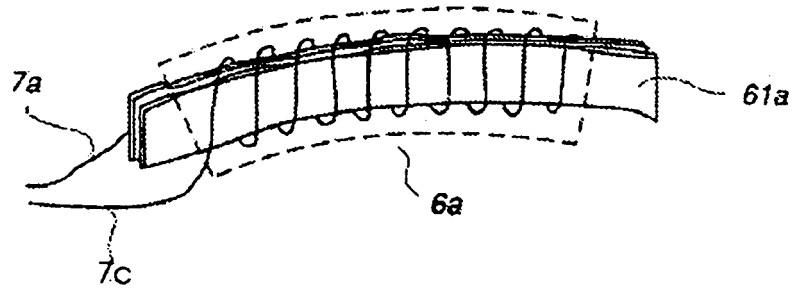


Fig. 9a

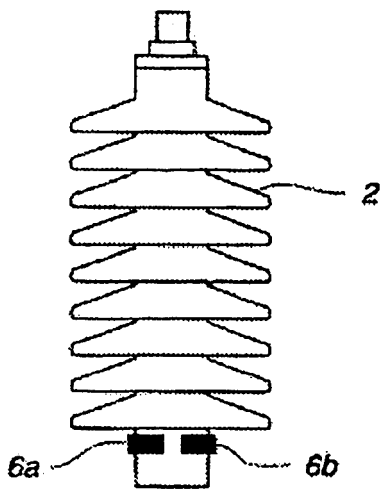


Fig. 9b

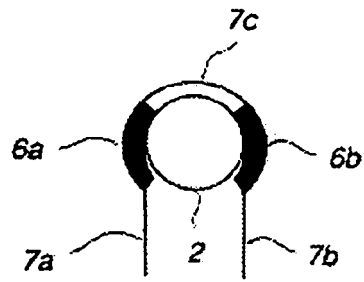


Fig. 9c

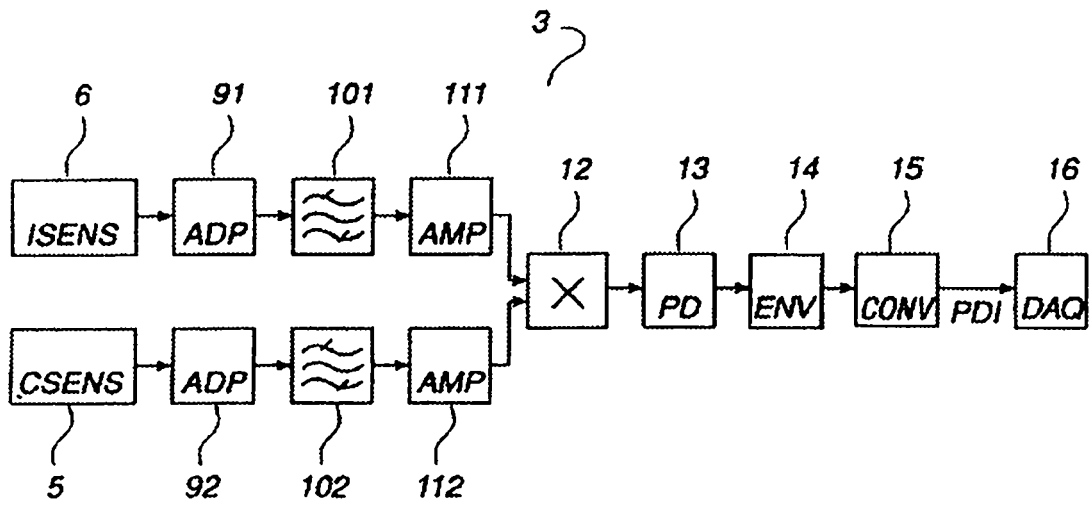


Fig. 10