

358.307



358.307

P A T E N T E   D E   I N V E N C I O N

por VEINTE años

cuyo privilegio se solicita para España,  
sus territorios y plazas de soberanía, a  
favor de:

SINTEX ORGANICO-INDUSTRIAL S.A

entidad de nacionalidad española, domi-  
ciliada en Barcelona, calle Loretq, núms.  
13 y 15, relativa a:

"APARATO ELECTRONICO PARA CONTROL DE PRO-  
CESOS DE INTERCAMBIO IONICO"

=====

Inventor: D. Manuel Adroer Iglesias



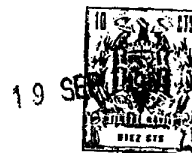
MEMORIA DESCRIPTIVA

5. La presente invención se refiere a un aparato electrónico para control de procesos de intercambio iónico, el cual permite conocer cuando un intercambiador iónico está agotado y necesita regeneración, lo cual es muy interesante por evitar el tener que recurrir a los periódicos análisis del efluente. - - - - -

10. Es conocido que la resistividad de una resina de intercambio iónico varía según el ión que neutraliza sus puntos activos. Así por ejemplo, la resistividad de una resina de intercambio catiónico varía según se encuentre en forma sódica, cálcica o magnésica; en el primer caso, la resistividad es menor que en los restantes.-

15. Basándose en este fenómeno, se han construido diferentes aparatos que permiten detectar el agotamiento de un lecho de intercambio iónico. Para ello se utiliza el hecho de que el agotamiento va progresando desde el punto de entrada hacia el de salida del efluente; es decir, la parte inferior del lecho, que es la más próxima a la salida, permanece prácticamente en la forma original casi hasta el final del proceso. Además, existe una zona de transición más o menos ancha, pero siempre relativa-

20.



mente estrecha, la cual va descendiendo a lo largo del lecho durante el proceso. En estas particularidades se fundamenta la presente invención. - - - - -

- El aparato de referencia se caracteriza por
5. el hecho de proporcionar un voltaje proporcional al cociente de dos resistencias, de las cuales, preferentemente, la que figura en el numerador es la resistencia medida entre dos electrodos colocados en un lecho de intercambio iónico, a poca distancia del fondo del mismo,
  10. por el que tiene lugar la salida del efluente, mientras la que figura en el denominador es la resistencia medida entre dos electrodos colocados en una célula de material aislante llena de resina agotada, a través de la cual pasa el líquido sin tratar antes de entrar en el
  15. dispositivo de intercambio iónico; en que el citado voltaje, convenientemente amplificado, sirve para activar un instrumento de lectura y para proporcionar dos señales, a través de los correspondientes circuitos de tipo digital, a dos distintos niveles, una cuando dicho voltaje alcance un valor que corresponda a la resina en proceso
  20. de agotamiento, y otra cuando aquel voltaje alcance un valor levemente más bajo pero próximo al que corresponde a la resina regenerada y libre de solución regenerante; en que las citadas señales, o la ausencia de las mismas,
  25. sirve para dar la alarma y/o desencadenar un proceso

19 SEP



5. automático de regeneración, indicar el final de la expulsión del regenerante y, en su caso, llevar a cabo el cambio de la disposición de válvulas abiertas y cerradas para dar paso al efluente ya tratado, o para dar la alarma en el curso de un proceso automático de regeneración si por cualquier causa la solución regenerante no ha penetrado en el lecho intercambiador. - - - - -

10. Eventualmente, la cubeta que contiene la resina agotada es sustituida por dos resistencias en paralelo, una de las cuales es una resistencia fija y la otra una cubeta con electrodos a través de la cual pasa el líquido antes de entrar en el lecho intercambiador. - -

15. Otra característica consiste en que la resistencia en paralelo con la cubeta anteriormente citada, estará constituida por un grupo de resistencias en serie y paralelo entre sí, una de las cuales será un termistor o resistencia variable con la temperatura, la cual será alojada en la tubería que lleva el líquido antes de tratar, de manera que se halle fuera del contacto del mismo pero tenga su misma temperatura, obteniéndose una variación del valor de la resistencia total que se mantiene, con la mayor exactitud posible y para diferentes temperaturas, proporcional a la resistividad que tendría la resina agoyada y sumergida en el líquido antes de tratar.-

20.



Otros objetos y características de la invención se irán dando a conocer en detalle a lo largo de la descripción que sigue, haciendo referencia a los dibujos ilustrativos que la acompañan. - - - - -

5. Sin que se trate de limitar la invención al proceso de ablandamiento del agua, o sea sustitución de los iones calcio y magnesio por iones de sodio, la siguiente exposición se va a basar en este proceso por ser el más frecuente. - - - - -

10. Si se colocan dos electrodos a unos 12-15 cm. del final de una columna intercambiadora y se van obteniendo lecturas de la resistividad a medida que avanza el proceso, se verá que ésta tiene un valor constante, hasta el momento en que la zona de transición alcance los electrodos, en cuyo momento los valores de las lecturas empiezan a aumentar. - - - - -

Durante un cierto tiempo continuarán aumentando hasta que se estabilizarán de nuevo a un valor elevado, cuando los electrodos estén inmersos en la zona agotada.-

20. En un proceso de descalcificación normal, todavía se pueden observar ciertas oscilaciones, aunque muy pequeñas si se continúa pasando agua por el hecho ya agotado, y que probablemente son debidas a que las aguas normalmente contienen calcio y magnesio a la vez, cuyos iones son los que

19 SEP.



saturan la columna agotada, y ésta puede quedar primera-  
mente saturada con uno de ellos que posteriormente sea  
sustituído por el otro. - - - - -

5. No obstante, estas últimas variaciones no tie-  
nen importancia, primeramente por ser muy pequeñas y en  
segundo lugar porque en el proceso industrial de ablanda-  
miento del agua la regeneración ya debe haber tenido lugar  
mucho antes de que aparezcan. - - - - -

10. De lo expuesto se desprende que se puede desa-  
rrollar un proceso de control basado en la medición de la  
resistividad de la resina en la parte inferior del lecho.  
No obstante, el problema presenta en la práctica mayor  
complejidad por las siguientes razones: - - - - -

15. a) La resistividad que realmente se mide no es  
la intrínseca de la resina, sino la de las partículas de  
resina rodeadas por el agua, a causa de lo cual la resis-  
tividad propia del agua influye grandemente sobre este  
valor. A su vez, la resistividad del agua depende de las  
sales disueltas que contenga, pudiendo variar grandemente  
20. según sea el suministro de que se disponga. Por tanto, los  
niveles de resistividad propios de resina regenerada y de  
resina agotada, varían muchísimo de uno a otro caso, hasta  
el punto de que la resistividad propia del lecho agotado  
con una determinada agua, puede ser inferior a la del lecho



regenerado con otra agua. - - - - -

5. b) Las resistividades son función de la temperatura, de manera que los niveles de resistividad propios del lecho regenerado y del lecho agotado variarán con ésta. - - - - -

10. Para obviar estas dificultades se han propuesto aparatos que en lugar de medir resistividades miden la diferencia de resistividad entre dos pares de electrodos colocados a diferente altura dentro del lecho intercambiador. Después de la regeneración la diferencia medida es nula, pero cuando al irse agotando el aparato la zona de transición alcanza el par de electrodos situado más arriba, se detecta una diferencia que sirve para dar la alarma o poner en marcha un programador temporizado de regeneración. - - - - -

15. Este procedimiento elimina los citados inconvenientes pero no es una solución perfecta por las siguientes razones: - - - - -

20. a) El aparato sólo detecta diferencias y, por lo tanto, no señalará ninguna alarma cuando los dos pares de electrodos detectan la misma resistividad, tanto si ello es debido a que el lecho está regenerado, agotado o regenerando (embebido en una solución regenerante). - -

b) El valor de la diferencia de resistividades



detectado depende también de la resistividad propia del agua, de manera que si el agua es muy conductora está diferencia será menor que si el agua es poco conductora. Toda vez que no es posible hacer que funcione la alarma a la más mínima diferencia detectora, puesto que hay que dejar un margen de seguridad para impedir que el aparato funcione de un modo errático, cuando se trabaja con agua que contenga una elevada cantidad de sales disueltas la zona de que se dispone para la señal puede ser realmente pequeña, lo que obliga a trabajar sin un buen margen de seguridad. - - - - -

La presente invención elimina las dificultades reseñadas, a la par que permite un control efectivo de todas las fases por las que pasa el intercambiador, imposible de obtener con otro aparato o sistema conocido. - -

En esencial, dicha invención se basa en las siguientes experiencias. - - - - -

Se hicieron una serie de ensayos empleando aguas de composiciones muy diferentes y midiendo en cada caso las resistividades, en el lecho iónico, teniendo la resina en forma sódica y agotada. Se vió que las diferencias entre las dos resistividades variaba mucho entre sí en los diversos casos, mientras que la relación de resistividades era relativamente constante. - - - - -

19 SEP.



Por tanto, un aparato que midiera el cociente de las resistencias existentes entre unos electrodos colocados en la parte inferior de un lecho de resina y otros electrodos que midieran la resistividad de la resina agotada, a través de la cual estuviera pasando continuamente el agua cruda, daría unas lecturas compensadas respecto a las diferencias de temperatura, igual que en el caso anterior pero mucho más compensadas, respecto a las variaciones de la composición del agua. De hecho se obtiene un aparato que prácticamente, y dentro de amplios límites no necesita ajuste sea cual fuere la calidad del agua que se trate. - - - - -

En ensayos industriales llevados a cabo, se ha visto que la resistividad de la resina en forma sódica representaba un 50-52% de la resistividad de la resina agotada cuando se empleaba agua de 15<sup>2</sup> TH de dureza, con un contenido salino total del orden de 280 ppm y que la citada relación representaba 58-60% con un agua de 198<sup>2</sup> TH y 7350 ppm. de sales en solución. Naturalmente, lo que variaba mucho entre uno y otro caso era la dureza residual del efluente, pero esto es otra cuestión. - - - - -

Si el aparato se gradúa de forma que se obtenga la señal correspondiente a resina agotada cuando la resistividad medida en la parte inferior del lecho alcance el



70-75% de la resina agotada, el mismo podría funcionar indistintamente con cualquiera de las dos aguas mencionadas sin ninguna clase de ajuste. - - - - -

5. Pero es que además un aparato que trabaje de acuerdo con el principio mencionado, permite conocer una serie de datos y efectuar diversas maniobras que de otra manera serían imposibles. Esto es: - - - - -

10. 1) Si el aparato lleva un instrumento indicador (microamperímetro, registrador gráfico, etc.) en el cual aparezcan señalados los valores de la relación citada, será posible conocer en cada momento en que estado se encuentra el lecho intercambiador. Durante la regeneración el lecho está inmerso en una solución salina concentrada, por lo que la resistividad medida por los electrodos situados en la parte inferior del lecho del intercambiador iónico será muy baja (normalmente menor al 20% de la resina agotada inmersa en agua cruda). Cuando el aparato se encuentra en proceso de ablandado, estando la resina en forma sódica, el valor medio estará comprendido normalmente entre 40-60%, y cuando la resina situada entre los electrodos esté en proceso de agotamiento o agotada (final del ciclo), el valor medido estará entre 60-100%.- -

2) Se puede aprovechar la diferencia existente



19 SEP. 1952

5. en la relación de resistencias entre el período en que la solución regenerante está en el lecho, y cuando el aparato está ya libre de la misma dando agua ablandada, para accionar un sistema que dé una señal (cuando se tenga una lectura intermedia tal como 30%) que en los casos en que la regeneración se efectúe automáticamente, servirá para dar por terminada la operación de expulsión del regenerante y dar paso al agua hacia las conducciones de agua ablandada.

10. 3) En un sistema cuyo proceso de regeneración esté automatizado, el aparato a que se alude permite detectar el fallo posible de que, por cualquier circunstancia, la solución regenerante no hubiera entrado en el lecho (depósito de regenerante vacío, fallo en la bomba o eyector, etc.). En este caso no se produciría el importante descenso de la relación de resistividades que tiene lugar cuando se introduce la solución regenerante. Es posible por tanto proyectar los automatismos de forma que si no se produce el citado descenso durante el tiempo de la regeneración, suene una alarma indicando la anomalía. - - - - -

15.

20. Todos estos efectos son imposibles de obtener con un aparato que trabaje simplemente a base de detectar las diferencias de resistividad entre dos pares de electrodos situados a diferentes niveles dentro de un lecho intercambiador. - - - - -



5. Mas adelante se hablará del sistema que permite obtener estas mediciones, considerándose a continuación los electrodos. Es conveniente trabajar con intensidades muy pequeñas y frecuencias relativamente altas (iguales o superiores a 1 KHz). Se ha visto que daban buenos resultados, como electrodos para la resina, dos cilindros de acero inoxidable 1 y 2, según la figura 1, de unos 35-40 mm. de diámetro y 10-12 mm. de largo, que se colocan sobre un cilindro 3 de plástico, separados de 50-70 mm. entre si. El electrodo 1 más cercano a la pared del recipiente está conectado a tierra al igual que todas las partes metálicas del aparato intercambiador. Las resistencias medidas son pequeñas normalmente inferiores a 100 ohmios.- -

15. El par de electrodos de referencia, o sea los que miden la resistividad de la resina agotada, pueden ser dos varillas de acero inoxidable 5 y 6, figura 2, colocadas en una célula de plástico 7 llena de resina 8 y colocada en derivación sobre la línea de entrada de agua cruda al aparato. Esta disposición puede tener algunos inconvenientes de tipo práctico, dado que por un lado la resina no debe ser regenerada nunca ni se lava (al revés de lo que sucede con la del lecho de intercambio), habiendo la posibilidad de que se vaya ensuciando por la retención de cualquier impureza que arrastre el agua, y cabe

20. la posibilidad de pérdida de la misma si existiese un agujero en la membrana que la retiene. Para obviar estos

25.



posibles inconvenientes se puede sustituir esta cubeta por el dispositivo que se mencionará. - - - - -

5. Se ha visto en numerosos ensayos que la resistencia que miden los electrodos en un lecho de resina, se puede considerar formada por dos resistencias en paralelo, la una constituida por la resistencia propia del agua y la otra por la propia de la resina. Ello se observó al trazar un gráfico en donde figuraba como ordenada la resistencia medida entre los electrodos y como abscisa la resistividad del agua. Tomando todos los puntos correspondientes a la resina en forma sódica, o en forma agotada, se obtenían unas curvas que era posible reproducir en forma muy aproximada y en una amplia zona, representando como ordenada la resultante de suponer una

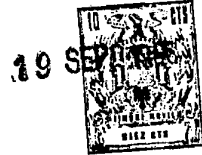
10. resistencia proporcional a la resistividad del agua en paralelo con una resistencia fija y poniendo como abscisa la resistividad del agua. - - - - -

15.

Por lo tanto, es posible sustituir la cubeta de la resina agotada por una resistencia fija en paralelo con una célula que mide la resistencia del agua cruda.

20. Un tipo de electrodo que ha dado buen resultado es el que se indica en la figura 3, a base de un electrodo simple l1 y un electrodo doble l2 estando unido a tierra este último. - - - - -

25. A partir de los gráficos resistencia-resistivi-



vidad se pueden calcular los valores que hay que dar a la resistencia fija, en paralelo con una cubeta de unas determinadas características para substituir una célula con un tipo de resina de intercambio iónico determinada agotada. - - - - -

5.

El montaje electrónico del presente aparato, puede ser según el esquema de la figura 4. Un oscilador 14 de 1-5 KHz proporciona una oscilación senoidal, rectangular etc., de amplitud constante. Una fracción fija de la tensión obtenida  $V_0$  en dicho oscilador se aplica a la base de un transistor  $T_1$ . La resistencia de emisor en continua es  $r_1$ , no obstante la resistencia de emisor en alterna es  $p = \frac{r_1 R_1}{r_1 + R_1}$ . Todos los condensadores 16 se pueden considerar como cortocircuitos a la frecuencia de trabajo. - - - - -

10.

15.

La resistencia  $r_1$  es fija mientras que  $R_1$  es la resistencia de la cubeta por la que circula el agua cruda y por tanto variable. Si el valor  $r_1$  se ha escogido de modo conveniente, el valor de  $p$  será proporcional a la resistividad que tendría la resina agotada sumergida en agua cruda. - - - - -

20.

El voltaje alterno de colector  $V_c$  será inversamente proporcional a la resistencia  $p$   $V_c = k_1 \frac{1}{p}$ . Este voltaje es amplificado por  $A$  con ganancia  $G_a$ , obteniéndose  $V_a = k_1 G_a \frac{1}{p} = K_2 \frac{1}{p}$  Si  $r_2 \gg R_2$  y si las impedancias de entrada de los amplificadores 17, 18 y 19 son muy

25.

19 SEP



superiores a R2 tendremos  $V_e = \frac{V_a}{r_2} R_2 = \frac{K_2}{r_2} \cdot \frac{R_2}{p} = K_3 \frac{R_2}{p}$ , siendo R2 la resistencia medida por los elec-

trodos sumergidos en la parte inferior del lecho intercambiador. Es decir que el valor de Ve será proporcional al cociente de la resistencia de la resina en la parte inferior del lecho intercambiador dividida por la resistencia de la resina agotada. - - - - -

5.

El amplificador 17 permite obtener una lectura de Ve a través de un instrumento 20 (microamperímetro), registrador gráfico etc. Los amplificadores 18 y 19 accionan dos circuitos basculantes E y F, los cuales bascularán a unos determinados valores de Ve, que dependerán de las respectivas ganancias G de dichos amplificadores. Graduando dichas ganancias G, se pueden fijar los disparos a los niveles deseados, uno de los cuales servirá para avisar el agotamiento del aparato intercambiador y el otro para el final de la expulsión de la solución regenerante. - - - - -

10.

15.

Mediante estos circuitos basculantes se conectan los relés 21 y 22, por medio de cuyos invasores se da la alarma o se provocan las maniobras de los automatismos anexos, en los momentos oportunos. - - - - -

20.

En la figura 5 se representa otro circuito electrónico idóneo para el presente aparato. Se dispone también de un oscilador 25 de 1-5 KHz dando un

25.



5. voltaje alterno  $V_0$ , pudiéndose considerar los condensadores 26 como cortocircuitos a la frecuencia de trabajo, siendo  $R_1$  la resistencia de la cubeta situada en la línea de entrada del agua cruda,  $R_2$  la resistencia medida por los electrodos situados en el lecho de resina.

Por tanto, si  $p \ll r_a$  y  $R_2 \ll r_2$ ,  $p = \frac{r_1 R_1}{r_1 + R_1}$   $V_a = \frac{V_0}{r_a}$   
 $p = K_1 p$   $V_b = \frac{V_0}{r_2} R_2 = k_2 R_2$ .

Si las ganancias de los amplificadores 27 y 28 son  $G_c$  y  $G_d$ ,  $V_c = K_1 G_{cp}$   $V_d = k_2 G_d R_2$ . - - - - -

10. El montaje es el clásico usado en computaciones análogicas para dividir tensiones por computación implícita, en donde 29 es un multiplicador y 30 un amplificador. Por tanto:  $V_e = k_3 \frac{V_d}{V_c} = K_3 \frac{K_2 G_d}{K_1 G_c} \frac{R_2}{p} = k_1 \frac{R_2}{p}$

15. El voltaje  $V_e$  puede ser ampliado y utilizado como en el caso anterior, para actuar sobre un instrumento de lectura y para accionar unos relés. - - - - -

Los ejemplos descritos no son limitativos y pueden realizarse otros circuitos con los que se obtenga la misma función. - - - - -

20. Cuando se hace uso del dispositivo compuesto por una resistencia y una cubeta, para medir la resistividad del agua, en lugar de una célula con resina agotada, es posible perfeccionarlo si en lugar de una



5. sola resistencia fija se coloca un conjunto de resistencias en serie y paralelo, una de las cuales sea un termistor o resistencia cuyo valor depende de la temperatura, el cual deberá estar alojado en la línea del agua cruda, aunque fuera de su contacto, con el fin de que esté a la misma temperatura que ella, y de esta forma que la resistencia total obtenida con el conjunto del dispositivo, resistencias más cubeta, se mantenga proporcional, del modo más exacto posible, a la resistividad que tendría la resina agotada sumergida en el agua cruda. Se escoge el conjunto de resistencias fijas termistor de manera que se conserve lo más proporcional posible, aunque cambie la temperatura, a la resistividad intrínseca propia de la resina agotada. - - - - -

10.

15. Describas las características de la invención se hace constar que en la misma podrán introducirse cuantas variantes de detalle pueda aconsejar la experiencia siempre que con ello no se modifique la esencialidad de la misma que es la que se resume y concreta en las reivindicaciones que siguen: - - - - -

20.

N O T A

Se declaran de novedad, propiedad para España sus territorios y plazas de soberanía, las siguientes:



REIVINDICACIONES

- 1.- Aparato electrónico para control de procesos de intercambio iónico, caracterizado por el hecho de proporcionar un voltaje proporcional al cociente de dos resistencias de las cuales la que figura en uno de los términos es la resistencia medida entre dos electrodos colocados en un lecho de intercambio iónico, a poca distancia del fondo del mismo, por el que tiene lugar la salida del efluente, mientras la que figura en el restante término es la resistencia medida entre dos electrodos colocados en una célula de material aislante llena de resina agotada, a través de la cual pasa el líquido sin tratar antes de entrar en el dispositivo de intercambio iónico; en que el citado voltaje, convenientemente amplificado, sirve para activar un instrumento de lectura y para proporcionar dos señales, a través de los correspondientes circuitos de tipo digital, a dos distintos niveles, una cuando dicho voltaje alcance un valor que corresponda a la resina en proceso de agotamiento, y otra cuando el voltaje alcance un valor levemente más bajo pero próximo al que corresponde a la resina regenerada y libre de solución regenerante en que las citadas señales o la ausencia de las mismas, sirve para dar la alarma y/o desencadenar un proceso automático de regeneración, indicar el final de la expul-
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.



5. sión del regenerante, y, en su caso, llevar a cabo el cambio de la disposición de válvulas abiertas y cerradas para dar paso al efluente ya tratado, o para dar alarma en el curso de un proceso automático de regeneración si por cualquier causa la solución regenerante no ha penetrado en el lecho intercambiador. - - - - -

10. 2.- Aparato electrónico para control de procesos de intercambio iónico, según la reivindicación anterior, caracterizado por el hecho de que eventualmente la cubeta que contiene la resina agotada es sustituida por dos resistencias en paralelo, una de las cuales es una resistencia fija y la otra una cubeta con electrodos a través de la cual pasa el líquido antes de entrar en el lecho intercambiador. - - - - -

15. 3.- Aparato electrónico para control de procesos de intercambio iónico, según las reivindicaciones anteriores caracterizado por el hecho de que la resistencia en paralelo con la cubeta, estará constituida por un grupo de resistencias en serie y en paralelo entre si  
 20. una de las cuales será un termistor o resistencia variable con la temperatura, la cual será alojada en la tubería que lleva el líquido antes de tratar, de manera que se halle fuera del contacto del mismo pero tenga su misma temperatura, obteniéndose una variación del valor de la resistencia total que se mantiene, con la mayor  
 25.



exactitud posible y para diferentes temperaturas, proporcional a la resistividad que tendría la resina agotada y sumergida en el líquido antes de tratar. - - -

4.- Aparato electrónico para control de procesos de intercambio iónico, según la reivindicación primera, caracterizado por el hecho de que en el numerador del cociente de dos resistencias proporcional al voltaje proporcionado por el aparato, figura el valor de la resistencia medida entre dos electrodos colocados en un lecho de intercambio iónico, mientras en el denominador se halla el valor de la resistencia medida entre dos electrodos colocados en una célula de material aislante llena de resina agotada. - - - - -

5.-"APARATO ELECTRONICO PARA CONTROL DE PROCESOS DE INTERCAMBIO IONICO". - - - - -

Todo ello tal como se describe y reivindica en la presente memoria que consta de veinte hojas foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras y de dos láminas de dibujos que la ilustran.

MADRID, 19 SE. 1966

P. A. M. CURELL SUÑOL

FIG. 1

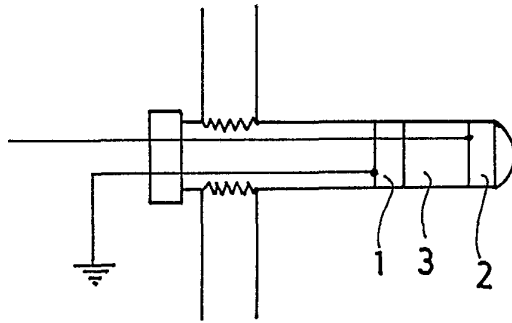


FIG. 2

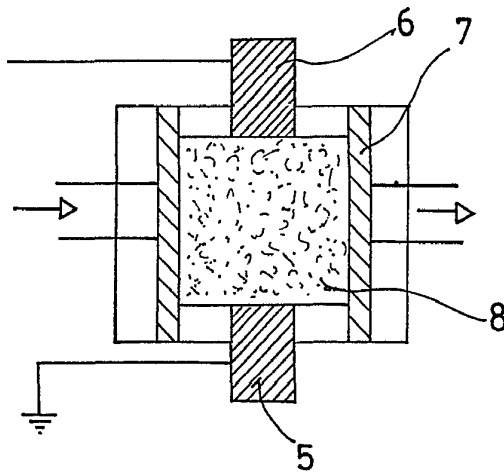
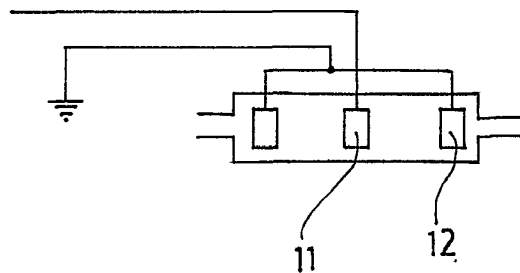


FIG. 3



*[Handwritten signature]*

FIG. 4

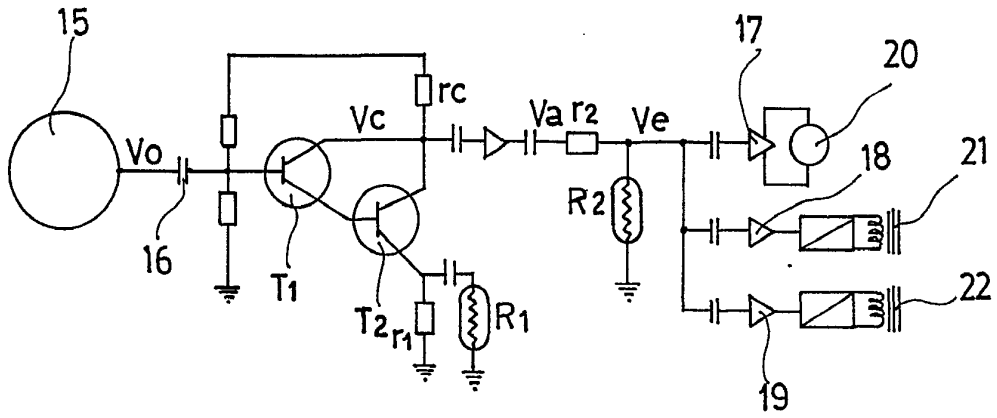
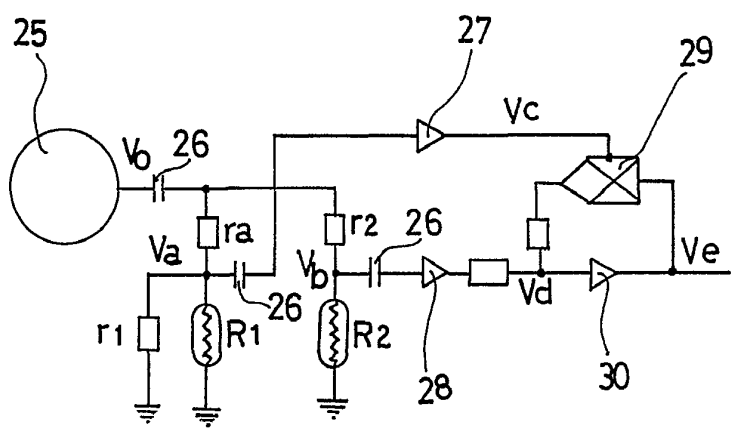


FIG. 5



*[Handwritten signature]*