



PATENTE DE INVENCION

10 ES	11 NUMERO 466.383	12 A 1
21	22 FECHA DE PRESENTACION 20 de Julio 78	

Con los datos el Registro de acuerdo
con los datos que figuran en la pre-
sente descripción y según el con-
tenido de la Memoria adjunta.

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO 768.551	14.2.77	Estados Unidos

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G 21 C	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

64 TITULO DE LA INVENCION

METODO Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA SUPERVISAR UN DETECTOR DE NEUTRONES.

71 SOLICITANTE (S)

GENERAL ELECTRIC COMPANY.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

1 River Road - Schenectady, New York 12305 - Estados Unidos.

72 INVENTOR (ES)

John Paul Neissel y Walter Kent Green, ambos de nacionalidad estadounidense y Yogeshwar Dayal, de nacionalidad india.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU.

El presente invento se refiere a un método y al aparato correspondiente para supervisar la salida de un detector de neutrones del tipo de cámara iónica.

5 El invento está relacionado con los detectores de neutrones del tipo de cámara iónica y a sistemas de estos detectores que se emplean para medir el flujo de neutrones en el núcleo de un reactor nuclear. Un ejemplo de un sistema de detectores incorporados al núcleo que se emplea para medir y supervisar el flujo de neutrones en un núcleo de reactor, con el cual puede utilizarse el presente invento, se describe en la patente de los Estados Unidos, número 3.565.650, a nombre de G. R. Parkos y socios.

10 Los detectores de neutrones del tipo de cámara iónica son bien conocidos y se describen, por ejemplo, por L. R. Boyd y socios, en la patente de los Estados Unidos, número 3.043.954. Usualmente, estas cámaras incluyen un par de electrodos separados que están aislados eléctricamente el uno del otro, con un material sensible a los neutrones y un gas ionizable entre ellos. Por ejemplo, en una cámara iónica del tipo de fisión, o cámara de fisión, el material sensible a los neutrones es un material tal como el U-235, que es fisionable por los neutrones. Cuando los neutrones incidentes producen fisiones del uranio en la cámara, los productos de fisión resultantes ionizan el gas proporcionalmente a la magnitud del flujo de neutrones en la cámara. Otros tipos de cámaras iónicas sensibles a los neutrones utilizan un material sensible a los neutrones, tal como el trifluoruro de boro bajo forma gaseosa. Cuando se aplica una tensión de corriente continua a través de los electrodos de estas cámaras iónicas, se crea una corriente de salida proporcional al grado de ionización y

por tanto proporcional al flujo de los neutrones en la cámara.

Es bien conocido que el flujo de neutrones en la cámara de fisión puede ser determinado, bien midiendo la corriente media que fluye a través de la cámara para generar una señal, normalmente llamada señal de CC (corriente continua) representativa de la corriente continua que fluye a través de la cámara, o midiendo la corriente alterna eficaz en la cámara, en una gama adecuada de frecuencias, para generar una señal, normalmente llamada señal de CA (corriente alterna) que es representativa de la corriente alterna que atraviesa la cámara. Cualquiera de estos métodos genera una señal que se utiliza como medición del flujo de neutrones en la cámara. Corrientemente, en los reactores de agua hirviente, la señal de corriente continua se utiliza como medición del flujo de neutrones en la gama de potencia del reactor, y la señal de corriente alterna se utiliza como medición del flujo de neutrones a niveles de potencia inferiores.

Como detectores de neutrones, las cámaras de fisión presentan las ventajas de una buena sensibilidad, una vida adecuada y una respuesta rápida a los cambios que se producen en el flujo de neutrones. Sin embargo, su respuesta tiende a ser no lineal y la corriente de salida en función del flujo de neutrones para cualquier cámara dada no es previsible con exactitud. Además, durante su utilización, las cámaras pueden ser recalibradas de manera bastante frecuente en razón de la pérdida de sensibilidad debida al grado de quemado del material sensible a los neutrones o debido a un cambio en la densidad del gas ionizable en la cámara. En general, el funcionamiento de estas cámaras de fisión se perturba fácilmente y los defectos de funcionamiento de varios tipos pueden producir cambios de sen-

sibilidad, cuya presencia y magnitud pueden permanecer desapercibidos hasta la recalibración.

Una de las partes más débiles de la cámara de fisión es la junta hermética entre la cámara y el cable de conexión. Esta junta mantiene el gas en la cámara y asegura una densidad de gas constante en la misma. En caso de fallo de la junta, el gas puede fluir bien fuera de la cámara hasta el cable o fuera del cable hasta la cámara según las presiones del gas en estas dos regiones en el momento del fallo de la junta. En cualquier caso, la sensibilidad de la cámara cambia y las señales de corriente alterna y de corriente continua generadas por la cámara son mediciones erróneas del flujo de neutrones. Ya que este cambio de densidad del gas puede producirse durante un periodo de tiempo que puede variar desde algunos minutos hasta varios días, según el grado del fallo, la lectura errónea puede llegar a no ser detectada. Además, aunque se detecte la lectura errónea, no existe ningún medio para determinar la amplitud del error, salvo recalibrando la cámara de fisión. Por tanto, existe una necesidad de un sistema capaz de detectar un cambio en la densidad del gas contenido en la cámara iónica y de medir la amplitud del error producido, de tal manera que la salida del detector pueda ser corregida automáticamente.

Otro problema que se presenta con los detectores de neutrones del tipo de cámara de fisión consiste en que la radiación gamma ioniza igualmente el gas contenido en la cámara y produce una señal de corriente continua proporcional a la radiación gamma en la cámara. No hay manera de distinguir la porción de la señal de corriente continua producida por los neutrones de la porción producida por la radiación gamma en la señal generada por la cámara. Por tanto, cuando se utiliza la se

ñal de corriente continua como medición del flujo de neutrones, como en el método actualmente utilizado en la gama de potencia de los reactores de agua hirviente, se considera que la cámara de fisión ha alcanzado el final de su vida cuando la corriente producida por los neutrones cae por debajo de una fracción pre-
5 determinada de la corriente total de la cámara. Sin embargo, no existe actualmente ninguna manera de determinar este acontecimiento, ya que el grado de exposición a las radiaciones gamma en la proximidad del detector, dentro del núcleo del reactor,
10 es desconocido y no puede ser medido con precisión. Por tanto, cuando se utiliza la señal de corriente continua como medición del flujo de neutrones, existe la necesidad de un sistema capaz de medir la fracción de la corriente de los detectores que es producida por la radiación de los neutrones, de tal manera
15 que sea posible prever el final de vida útil del detector.

Otro problema que se presenta con los detectores de neutrones del tipo de cámara de fisión consiste en que la respuesta de la cámara no es lineal. Esto quiere decir que su corriente de salida no es estrictamente proporcional al flujo de neutrones en la cámara. Esta no-linealidad se debe a las varia-
20 ciones de temperatura producidas por la potencia del reactor en el detector, que tienen como consecuencia el que se produzcan variaciones en la densidad del gas del volumen activo del detector que dependen de la potencia. Por tanto, se obtiene
25 una sensibilidad de los detectores que dependen de la potencia, y por tanto una respuesta de los detectores que es no-lineal. Ya que es imposible medir con precisión el flujo de neutrones en la proximidad de un detector incorporado al núcleo del reactor nuclear, la no-linealidad no puede ser determinada y corregida de la manera convencional, midiendo la tensión de salida
30

de la cámara en función del flujo de neutrones en la gama de flujo de neutrones en la que debe utilizarse la cámara. Sin embargo, es importante determinar la no-linealidad del detector ya que el nivel de potencia máxima a la cual puede funcionar, un reactor moderno de alta densidad de potencia, es una función de la no linealidad en sus detectores incorporados al núcleo. Por tanto, existe la necesidad de un sistema capaz de determinar la no linealidad de un detector de neutrones del tipo de cámara iónica a varios niveles de potencia.

En breves términos, el invento se lleva a la práctica utilizando un monitor detector de neutrones que emplea una relación entre las señales de corriente alterna y las señales de corriente continua generadas por la cámara de fisión, para detectar los cambios en la densidad del gas contenido en la cámara, para corregir estos cambios de densidad del gas, para predecir el final de la vida útil del detector cuando se emplea la señal de corriente continua como medición del flujo de neutrones, y para determinar la no-linealidad del detector a varios niveles de potencia.

De acuerdo con el invento, se forma una tensión, normalmente llamada señal de CA, proporcional a la corriente alterna eficaz en la cámara; se forma una tensión, normalmente llamada señal de CC, proporcional a la corriente continua en la cámara; se forma una relación entre las señales de CA y CC, y se supervisa esta relación. Los cambios rápidos en la relación indica un escape de gas o un cambio de la densidad del gas en la cámara. Se obtiene una señal proporcional al flujo de neutrones en la cámara, aunque independiente de la densidad del gas en la misma, dividiendo la señal de CC por la relación. Igualmente, la señal de CA generada por el detec

tor se corrige dividiendo la señal de CA por el valor de la relación elevada al cuadrado. El final de la vida útil de la cámara, cuando se utiliza la señal de corriente continua como medición del flujo de neutrones, se señala cuando la relación es igual a $M/(M+1)$ del valor original de la relación, definiéndose el final de la vida útil de la cámara cuando la corriente producida por los neutrones toma un valor igual a un múltiplo predeterminado, M, de la corriente producida por la radiación gamma en la cámara. La sensibilidad de CC de la cámara a altos niveles de potencia, y por tanto la no-linealidad de la cámara cuando se emplea la señal de CC, se determina multiplicando la sensibilidad de CC conocida a un nivel de potencia inferior por la relación entre las señales de CA y CC al nivel de potencia más alto, dividida por la relación entre las señales de CA y CC al nivel de potencia más bajo. La sensibilidad de CA de la cámara a niveles de potencia más altos, y por tanto la no-linealidad de la cámara cuando se utiliza la señal de CA, se determina multiplicando la sensibilidad de CA conocida al nivel de potencia más bajo por el cuadrado de la relación entre las señales de CA y de CC al nivel de potencia más alto, dividida por el cuadrado de la relación entre las señales de CA y CC al nivel de potencia más bajo.

En los dibujos:

La figura 1 es una representación esquemática de un núcleo de reactor con detectores de neutrones incorporados al núcleo.

La figura 2 es un diagrama en bloques de un circuito eléctrico de acuerdo con el invento.

La figura 3 es un esquema eléctrico de un modo de realización del invento.

La figura 4 es un esquema eléctrico de otro modo de realización del invento.

La figura 1 ilustra esquemáticamente una pluralidad de detectores 1 situados en un núcleo de reactor nuclear 2 para supervisar el flujo de neutrones en este último. Como es bien conocido, un núcleo de este tipo está constituido por una pluralidad de conjuntos de combustible separados 3, que contienen cada uno una pluralidad de elementos de combustible o barras conteniendo un material fisionable, tal como el U-235.

Los tubos de protección 4 están situados en los espacios formados entre los conjuntos de combustible 3 para recibir las unidades detectoras 1. Un refrigerante, que es normalmente agua, circula a través de los conjuntos de combustible para extraer el calor de ellos en la dirección indicada por las flechas 5.

Los tubos 4 pueden estar cerrados o pueden estar abiertos de la manera ilustrada para recibir una corriente de refrigerante que pasa por las unidades detectoras. En la práctica, un cierto número de unidades detectoras están distribuidas de acuerdo con una disposición predeterminada en el núcleo, estando situadas varias unidades detectoras a diferentes alturas del núcleo en cada tubo 4 para facilitar una indicación precisa de la magnitud de la distribución del flujo de neutrones en el núcleo, tal y como se representa y se describe más detalladamente en la patente de los Estados Unidos, número 3.565.760, mencionada más arriba.

Se ilustra esquemáticamente en la figura 2 un detector del tipo que puede ser utilizado con el presente invento. El detector 1 incluye dos electrodos conductores separados 11 y 12. El espacio o la cámara 13 entre los electrodos 11 y 12 está herméticamente cerrada y llena con un gas ionizable, por ejem-

plo un gas noble tal como el argón. Sobre la superficie de uno o de ambos electrodos 11 y 12 se halla una película, una tapa o un revestimiento 14 de un material activable por los neutrones, por ejemplo uranio fisionable. En presencia de un flujo de neutrones, el revestimiento 14 de material fisionable está sometido a reacciones de fisión en un grado proporcional al flujo de neutrones. Los productos de fisión resultantes producen la ionización del gas contenido en la cámara entre los electrones, proporcionalmente al número de fisiones. Una fuente de suministro de energía de tensión adecuada, conectada entre los electrodos 11 y 12, hace que los electrodos reciban los pares de iones. Esto da lugar a la circulación de una corriente alterna y de una corriente continua a través de la cámara y estas corrientes constituyen ambas unas mediciones del flujo de neutrón en la cámara.

De acuerdo con el método del presente invento, se forma una señal, V_{MSV} , llamada normalmente señal de CA, proporcional a la corriente alterna eficaz en la cámara, y se forma una señal, V_{DC} , normalmente llamada señal de CC, proporcional a la corriente media en la cámara. La señal de CC, V_{DC} , es directamente proporcional al flujo de neutrones en la cámara, y la señal de CA, V_{MSV} , es directamente proporcional al flujo de neutrones en la cámara. Se forma una relación, R, entre las señales V_{MSV} y V_{DC} , y se supervisa la relación R. Un cambio rápido de R indica un escape de gas o un cambio en la densidad del gas contenido en la cámara, La señal V_{DC} se corrige en función de los cambios de densidad del gas en la cámara, dividiendo V_{DC} por la relación R. La señal V_{MSV} se corrige en función de los cambios de densidad del gas contenido en la cámara, dividiendo V_{MSV} por el cuadrado de la relación R. Las señales V_{DC}

y V_{MSV} son ambas representativas del flujo de neutrones en la cámara, independientemente de la densidad del gas contenido en la cámara. El final de la vida útil de la cámara, cuando la señal de CC se utiliza como medición del flujo de neutrones, se indica cuando R es igual a $M/(M+1)$ del valor original de R, definiéndose el final de la vida de la cámara cuando la corriente producida por los neutrones toma un valor igual a un múltiplo predeterminado, M, de la corriente producida por las radiaciones gamma en la cámara. La sensibilidad de CC, S_{CC} , de la cámara a niveles de potencia más elevados y por tanto la no-linealidad de la cámara a niveles más altos de potencia, cuando la señal de CC se utiliza como medición del flujo de neutrones, se determinará multiplicando la sensibilidad de CC conocida a un nivel de potencia inferior, por R al nivel de potencia más elevado, dividido por R al nivel de potencia más bajo. La sensibilidad de CA, S_{CA} como de la cámara a niveles de potencia más elevados, y por tanto la no-linealidad de la cámara a niveles de potencia más elevados cuando se utiliza la señal de CA como medición del flujo de neutrones, se determina multiplicando la sensibilidad de CA conocida a un nivel de potencia más bajo por el cuadrado de R al nivel de potencia más alto dividido por el cuadrado de R al nivel de potencia más bajo. Este método se describirá más detalladamente en los siguientes términos matemáticos.

La corriente media producida por los neutrones que fluye a través de la cámara es:

$$\bar{I}_n = r_n \bar{Q}_n, \quad (1)$$

siendo \bar{I}_n = corriente media producida por los neutrones,

r_n = frecuencia de las fisiones que se producen en el revestimiento sensible a los neutrones de la cámara de fisión, y

\bar{Q}_n = carga media de un signo producida en el gas de la cámara de fisión por cada fisión en el revestimiento sensible.

De manera similar, la corriente producida por la radiación gamma que fluye a través de la cámara es:

5
$$\bar{I}_\gamma = r_\gamma \bar{Q}_\gamma , \quad (2)$$

siendo \bar{I}_γ = corriente media producida por radiaciones gamma,

r_γ = frecuencia de las interacciones gamma que se producen en la cámara, y

10 \bar{Q}_γ = carga media de un signo producida en el gas de la cámara de fisión por cada interacción gamma.

Por tanto, la corriente media total que fluye a través de la cámara es:

$$\bar{I} = r_n \bar{Q}_n + r_\gamma \bar{Q}_\gamma . \quad (3)$$

15 Esta corriente se transforma en una tensión, V_{DC} , proporcional a la corriente continua en la cámara, por medio de circuitos de amplificación normales adecuados. La salida de estos circuitos es:

$$V_{DC} = G(r_n \bar{Q}_n + r_\gamma \bar{Q}_\gamma) , \quad (4)$$

siendo V_{DC} = señal de CC amplificada, o señal de CC, y

20 G = impedancia de transferencia a baja frecuencia de los circuitos electrónicos.

Se observará que la ecuación (4) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$V_{DC} = G(\bar{I}_n + \bar{I}_\gamma) . \quad (5)$$

25 La corriente altera eficaz que fluye por cada intervalo de frecuencia a través de la cámara es:

$$I^2 = k(r_n^2 \bar{Q}_n^2 + r_\gamma^2 \bar{Q}_\gamma^2) , \quad (6)$$

siendo I^2 = corriente alterna eficaz por intervalo de frecuencia,

30 k = constante cuyo valor depende de la frecuencia,

$\overline{Q_n^2}$ = carga eficaz de un signo producida en el gas de la cámara de fisión por cada fisión en el revestimiento sensible,

y
 $\overline{Q_\gamma^2}$ = carga eficaz de un signo producida en el gas de la cámara de fisión por cada interacción gamma.

5
10
Cualquier cámara de fisión práctica está diseñada de tal manera que la corriente alterna eficaz producida por los neutrones sea muy superior a la corriente alterna eficaz producida por la radiación gamma. Por tanto, puede demostrarse que para cualquier cámara de fisión práctica:

$$r_n \overline{Q_n^2} \gg r_\gamma \overline{Q_\gamma^2} \quad (7)$$

y por consiguiente la ecuación (6) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$I^2 = k r_n \overline{Q_n^2} \quad (8)$$

15
20
y la ecuación (8) se emplea como la corriente alterna eficaz que fluye a través de la cámara. Esta corriente se transforma en una tensión, V_{MSV} , por unos circuitos de amplificación normales que incluyen un amplificador, un filtro pasabanda, un circuito de elevación al cuadrado, y un filtro pasabajo del tipo RC. La salida de estos circuitos es:

$$V_{MSV} = r_n \overline{Q_n^2} A \int_0^\infty k [H]^2 df \quad (9)$$

siendo: V_{MSV} = señal MSV amplificada, o señal de CC,

A = función de transferencia a baja frecuencia del circuito de elevación al cuadrado del dispositivo,

25
[H] = magnitud de la función de transferencia de la parte lineal de los circuitos electrónicos, y

f = frecuencia.

30
La banda pasante de la parte lineal de los circuitos puede estar situada de tal manera que el valor de la constante k sea uniforme en toda la banda pasante y no cambie si la

junta falla. La ecuación (9) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$V_{MSV} = Fr_n \bar{Q}_n^2, \quad (10)$$

en la cual:

$$F = Ak \int_0^\infty H^2 df. \quad (11)$$

Por tanto, la relación R, entre la señal de CA y la señal de CC es:

$$R = \frac{Fr_n \bar{Q}_n^2}{G(r_n \bar{Q}_n + r_\gamma \bar{Q}_\gamma)} \quad (12)$$

DETEERMINACION DEL FINAL DE LA VIDA DE LA CAMARA

La relación R se utiliza para determinar el final de la vida de la cámara cuando se emplea la señal de CC como medición del flujo de neutrones. Para esta aplicación se escribe la ecuación (12) de la siguiente manera:

$$R = \frac{F \bar{Q}_n^2}{G(\bar{Q}_n + \frac{r_\gamma}{r_n} \bar{Q}_\gamma)} \quad (13)$$

Cuando la cámara es nueva, la corriente producida por los neutrones es muy superior a la corriente producida por la radiación gamma, o:

$$r_n \bar{Q}_n \gg r_\gamma \bar{Q}_\gamma, \quad (14)$$

y la ecuación (14) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\bar{Q}_n \gg \frac{r_\gamma}{r_n} \bar{Q}_\gamma \quad (15)$$

Por consiguiente, la ecuación (13) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$R_1 = \frac{F \bar{Q}_n^2}{G \bar{Q}_n}, \quad (16)$$

en la cual R_1 = relación entre la señal de CA y la señal de CC de una cámara nueva.

5 Cuando la cámara envejece con la utilización, el material sensible a los neutrones se agota y la corriente producida por los neutrones disminuye con relación a la corriente producida por la radiación gamma. Eventualmente, la corriente producida por los neutrones llega a ser una fracción de la salida total de la cámara tan pequeña que la salida de la cámara deja de ser útil como medición del flujo de neutrones. Por tanto, se considera que la cámara ha alcanzado su final de vida cuando la corriente producida por los neutrones es un múltiplo predeterminado, \bar{M} , de la corriente producida por la radiación gamma; es decir:

$$r_n \bar{Q} = M r_r \bar{Q}_r \quad (17)$$

y la ecuación (17) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$\frac{r_r}{r_n} \bar{Q}_r = \frac{1}{\bar{M}} \bar{Q}_n \quad (18)$$

Combinando las ecuaciones (13) y (18)

$$R_2 = \frac{F \bar{Q}_n^2}{G(\bar{Q}_n + \frac{1}{\bar{M}} \bar{Q}_n)} \quad (19)$$

siendo: R_2 = la relación entre la señal de CA y la señal de CC para una cámara en su final de vida, y la ecuación (19) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$R_2 = \frac{F \bar{Q}_n^2}{G \bar{Q}_n (1 + \frac{1}{\bar{M}})} \quad (20)$$

Combinando las ecuaciones (16) y (20) se obtiene:

$$R_2 = \frac{M R_1}{M + 1} \quad (21)$$

La ecuación (21) indica que el final de la vida de la cámara, cuando se utiliza la señal de CC como medición del flujo de neutrones, se alcanza cuando la relación entre las señales de CA y CC, R_2 , toma un valor igual a $M/(M+1)$ de su valor

inicial, R_1 .

DETECCION DEL FALLO DE LA JUNTA HERMETICA

5 Si la junta hermética entre la cámara y su cable de conexión falla y la densidad del gas en el volumen activo de la cámara pasa de D a D' átomos o moléculas por volumen unitario, entonces la carga media por cada acontecimiento de neutrones viene dada por la siguiente ecuación:

$$\overline{Q}'_n = \frac{D'}{D} \overline{Q}_n, \quad (22)$$

10 en la cual la designación ($'$) se utiliza a continuación para indicar que se ha producido un fallo de la junta. La carga media por acontecimiento de radiación gamma viene dada por la siguiente ecuación:

$$\overline{Q}'_\gamma = \frac{D'}{D} \overline{Q}_\gamma, \quad (23)$$

15 La carga eficaz por cada acontecimiento de neutrones viene dada por la siguiente ecuación:

$$(\overline{Q}'_n)^2 = \frac{D'}{D} \overline{Q}_n^2, \quad (24)$$

y, utilizando la ecuación (12) la relación entre la señal de CA y la señal de CC después de un fallo de la junta hermética, viene dada por la siguiente ecuación:

$$20 \quad R' = \frac{Fr_n (\overline{Q}'_n)^2}{G(r_n \overline{Q}'_n + r_\gamma \overline{Q}'_\gamma)} \quad (25)$$

La sustitución de las ecuaciones (22), (23), y (24) en la ecuación (25) permite obtener:

$$25 \quad R' = \frac{Fr_n \left(\frac{D'}{D}\right)^2 \overline{Q}_n^2}{G\left\{r_n \left(\frac{D'}{D}\right) \overline{Q}_n + r_\gamma \frac{D'}{D} \overline{Q}_\gamma\right\}}, \quad (26)$$

y las ecuaciones (12) y (26) pueden ser combinadas para dar:

$$R' = \frac{D'}{D} R. \quad (27)$$

30 La ecuación (27) indica que la relación entre señal de CA y señal de CC después de un fallo de la junta hermética

5 tica, R' es una función directa de la relación entre las densidades del gas, D y D' , antes y después de un fallo de la junta hermética, respectivamente. Por tanto, si la relación R cambia de manera relativamente rápida, (es decir, en un periodo de tiempo incluido entre algunos minutos y algunos días) esto demuestra que se ha producido un fallo de la junta hermética y este fallo se detecta.

CORRECCION DE LA SENAL DESPUES DEL FALLO DE LA JUNTA HERMETICA

10 Si se emplea la señal de CC como medición del flujo de neutrones, método que se utiliza actualmente en la gama de potencia de los reactores de agua hirviente, su valor después de un fallo de la junta viene dado por:

$$V'_{DC} = G(r_n \bar{Q}'_n + r_r \bar{Q}'_r), \quad (28)$$

15 y, utilizando las ecuaciones (22) y (23), este valor puede ser descrito de la siguiente manera:

$$V'_{DC} = G \frac{D'}{D} (r_n \bar{Q}_n + r_r \bar{Q}_r). \quad (29)$$

Combinando las ecuaciones (4), (27) y (29) se obtiene:

$$V_{DC} = \frac{R}{R'} V'_{DC}. \quad (30)$$

20 La ecuación (30) indica que para restablecer el valor correcto de la señal de CC, la señal errónea debe ser multiplicada por R/R' o dividida por R'/R . En variante, la ecuación (30) puede escribirse de la siguiente manera:

$$\frac{V_{DC}}{R} = \frac{V'_{DC}}{R'}. \quad (31)$$

25 La ecuación (31) indica que la señal de CC después de un escape en la junta, dividida por la relación entre las señales de CA y CC después de un escape en la junta, es igual a la señal de CC antes del escape en la junta, dividida por la relación entre las señales de CA y CC antes del escape
30 en la junta. Por consiguiente, en ciertos casos puede ser pre-

ferible dividir continuamente la señal de CC por la relación entre las señales de CA y CC y utilizar este valor como medición del flujo de neutrones independientemente de la densidad del gas en la cámara.

5 Si se utiliza la señal de CC como medición del flujo de neutrones, su valor después de un fallo de la junta viene dado por:

$$V'_{MSV} = Fr_n \overline{(Q'_n)^2}, \quad (32)$$

10 y utilizando la ecuación (24) este valor puede ser escrito de la siguiente manera:

$$V'_{MSV} = F \left(\frac{D'}{D} \right)^2 r_n Q_n^2. \quad (33)$$

Sustituyendo las ecuaciones (10) y (27) en (33) se obtiene:

$$V_{MSV} = \left(\frac{R}{R'} \right)^2 V'_{MSV}. \quad (34)$$

15 Por tanto, para restablecer el valor correcto de la señal de CA amplificada, la señal errónea puede ser multiplicada por $(R/R')^2$, o puede ser dividida por $(R'/R)^2$.

En variante, la ecuación (34) puede escribirse de la siguiente manera:

$$20 \quad \frac{V_{MSV}}{R^2} = \frac{V'_{MSV}}{(R')^2}. \quad (35)$$

25 La ecuación (35) indica que la señal de CA después de un escape en la junta, dividida por el cuadrado de la relación entre las señales de CA y CC después del escape en la junta, es igual a la señal de CA antes del escape dividida por el cuadrado de la relación entre las señales de CA y CC antes del escape. Por tanto, en ciertos casos puede ser preferible dividir continuamente la señal de CA por el cuadrado de la relación entre las señales de CA y CC para obtener una señal proporcional al flujo de los neutrones, independientemente de la densidad del gas

30

en la cámara.

CORRECCION DE LA NO-LINEALIDAD DEL DETECTOR

Para pequeños cambios de densidad del gas contenido en el volumen activo de la cámara de fisión, la carga media de un signo producida en el gas por cada fisión en el revestimiento sensible o por cada interacción gamma, es proporcional a la densidad del gas, es decir:

$$\bar{Q}_n = k_1 \rho \quad (36)$$

$$\bar{Q} = k_2 \rho \quad (37)$$

siendo k_1 y k_2 constantes de proporcionalidad y siendo ρ la densidad del gas en el volumen activo de la cámara. Similarmente, la carga eficaz de un signo producida en el gas por cada acontecimiento de neutrones es proporcional al cuadrado de la densidad del gas:

$$Q_n^2 = k_3 \rho^2 \quad (38)$$

siendo k_3 una constante de proporcionalidad. Combinando las ecuaciones (36), (37) y (38) con la ecuación (13) se obtiene:

$$R = \frac{Fk_3 \rho^2}{G(k_1 + \frac{r_\gamma k_2}{r_n}) \rho} \quad (39)$$

Esta puede ser escrita de la siguiente manera:

$$R = k_4 \rho \quad (40)$$

siendo:

$$k_4 = \frac{Fk_3}{G(k_1 + \frac{r_\gamma}{r_n} k_2)} \quad (41)$$

Esta última cantidad, k_4 , es constante durante periodos de tiempo en los cuales r_γ/r_n no cambia apreciablemente. Por tanto, cualquier cambio que se produzca en R durante este periodo se debe a un cambio en la densidad del gas contenido en el volumen

activo, y el valor de R puede ser utilizado como medición de la no-linealidad del detector debida a los cambios de la densidad del gas en el volumen activo del detector. Si $S_{DC}(i)$ es la sensibilidad de CC del detector, $\rho(i)$ es la densidad del gas en el volumen activo y $R(i)$ es la relación entre las señales de CA y CC a un primer nivel de potencia; y si $S_{DC}(j)$ es la sensibilidad de CC, $\rho(j)$ es la densidad del gas en el volumen activo y $R(j)$ es la relación entre las señales de CA y CC a un segundo nivel de potencia, durante un periodo de tiempo en el cual r_r/r_n es constante, estas sensibilidades de CC, densidades y relaciones pueden ser relacionadas de la siguiente manera:

$$\frac{S_{DC}(i)}{S_{DC}(j)} = \frac{\rho(i)}{\rho(j)} = \frac{R(i)}{R(j)} \quad (42)$$

La ecuación (42) proporciona un método para determinar las sensibilidades de CC a varios niveles de potencia y por tanto la no-linealidad del detector a varios niveles de potencia.

De manera similar, si $S_{AC}(i)$ es la sensibilidad de CA del detector a un primer nivel de potencia, y si $S_{AC}(j)$ es la sensibilidad de CA a un segundo nivel de potencia durante un periodo de tiempo en el cual r_r/r_n es una constante, estas sensibilidades de CA, densidades y relaciones pueden ser relacionadas de la siguiente manera:

$$\frac{S_{AC}(i)}{S_{AC}(j)} = \left(\frac{\rho(i)}{\rho(j)}\right)^2 = \left(\frac{R(i)}{R(j)}\right)^2 \quad (43)$$

La ecuación (43) proporciona un método para determinar las sensibilidades de CA a varios niveles de potencia y por tanto la no-linealidad del detector a varios niveles de potencia.

Para determinar la no-linealidad, R puede ser representado en función de la señal de CC o de la señal de CA en

primera aproximación. Para esto es preciso suponer que la señal de CC o la señal de CA es una medición directa del flujo de neutrones, lo que es inexacto en el grado en que el detector es no-lineal. A continuación, corrigiendose de manera iterativa la señal de CC o la señal de CA para tener en cuenta la no-linealidad del detector con la ecuación (42) o (43), respectivamente, puede obtenerse una estimación correcta de la linealidad. Este método está perfectamente adecuado para los detectores con pequeña no-linealidad sistemática y no necesita una medición del flujo de neutrones, operación que constituye la mayor dificultad en los métodos convencionales de la determinación de la no-linealidad.

Este método puede llevarse a la práctica cuando el reactor debe funcionar a varios niveles de potencia diferentes durante un periodo de tiempo durante el cual r_T/r_n no cambia apreciablemente. Un periodo de tiempo de este tipo se producirá durante el arranque normal del reactor. Ya que la ecuación (42) puede escribirse de la siguiente manera:

$$S_{DC}(j) = S_{DC}(i) \frac{R(j)}{R(i)} \quad (44)$$

la sensibilidad de CC del detector a niveles de potencia más elevados puede ser determinada registrando la relación entre las señales de CA y CC en cada nivel de potencia, y, conociendo la sensibilidad de CC en el primer nivel de potencia por medio de las técnicas de calibración normales, la sensibilidad de CC a los siguientes niveles de potencia más altos puede ser calculada iterativamente con una ecuación (44).

Resulta igualmente que la ecuación (43) puede ser escrita de la siguiente manera:

$$S_{AC}(j) = S_{AC}(i) \left(\frac{R(j)}{R(i)} \right)^2 \quad (45)$$

Por tanto, la sensibilidad de CA del detector a niveles de po-

tencia más elevados puede ser determinada registrando la relación entre las señales de CA y CC en cada nivel de potencia y, conociendo la sensibilidad de CA en el primer nivel de potencia gracias a las técnicas de calibración normales, la sensibilidad de CA a los siguientes niveles de potencia más elevados puede ser calculada con la ecuación (45).

PUESTA EN PRACTICA DEL METODO

En la figura 2, se ilustra un diagrama en bloques de un circuito eléctrico para llevar a la práctica el método. Los electrodos 11 y 12 del detector 1 están conectados con los terminales 17 y 18 de un circuito de suministro de energía y de acondicionamiento de señal 19 por las líneas 20 y 21, respectivamente. La línea 21 está igualmente conectada a tierra. El circuito de suministro de energía y de acondicionamiento de señal 19 incluye una fuente de tensión de corriente continua para proporcionar el potencial necesario para el detector 1, un circuito para separar la señal de CA y la señal de CC generada por el flujo de neutrones en el detector 1, y unos circuitos adecuados de amplificación y de acondicionamiento de las señales de CA y CC. Las señales de CA y CC separadas y amplificadas aparecen en los terminales de salida 22 y 23, respectivamente, del circuito de suministro de energía y de acondicionamiento de señal 19. La salida del terminal 22 es V_{SMV} que es proporcional a la corriente alterna eficaz que fluye a través de la cámara 13 del detector 1. La salida del terminal 23 es V_{DC} que es proporcional a la corriente continua que fluye a través de la cámara. Unos voltímetros, registradores gráficos, o parecidos, 24 y 25 pueden ser conectados a los terminales 22 y 23 para proporcionar una indicación visual, o un registro, de V_{MSV} y V_{DC} , respectivamente.

Los terminales 22 y 23 están igualmente conectados a los terminales 26 y 27, respectivamente de un circuito calculador 29. El circuito calculador 29 es cualquier circuito calculador, ya sea analógico y digital, capaz de realizar los cálculos del método. El circuito calculador 29 recibe las señales de CA y CC, calcula la relación, R , entre las señales de CA y CC, calcula el cuadrado de la relación, R^2 , y forma las señales de CA y CC corregidas, V_{MSV}/R^2 , y, V_{DC}/R , respectivamente. Las salidas del circuito calculador 29 aparecen en los terminales 30, 31 y 32. La salida del terminal 30 es V_{MSV}/R^2 . La salida del terminal 31 es $1/R$. La salida de los terminales 32 es V_{DC}/R . Unos voltímetros, registradores gráficos, o parecidos, 33, 34 y 35 están conectados con los terminales 30, 31 y 32 para ilustrar o registrar cada tensión de salida respectiva. Las señales que aparecen en los voltímetros 24 y 25 son representativas de las señales de CA y CC no corregidas. Estos voltímetros sirven solamente para información y pueden ser omitidos en algunos modos de realización del invento. La señal que aparece en el voltímetro 34 es representativa de la relación, R , entre las señales CA y CC, y se utiliza esta señal para detectar los escapes de la cámara iónica con el objeto de predecir el final de la vida del detector, cuando se utiliza la señal de CC como medición del flujo de neutrones y para determinar la no-linealidad del detector. Las señales que aparecen en los voltímetros 33 y 35 son representativas de las señales de CA y CC corregidas, respectivamente. Estas señales corregidas son independientes de la densidad del gas en la cámara y se utilizan normalmente como medición del flujo de neutrones en el reactor.

Haciendo referencia a la figura 3, se ilustra es-

quemáticamente en ella un circuito particular para llevar a la práctica el método. El circuito rodeado por las líneas de puntos 19, realiza las funciones del circuito de suministro de energía y de acondicionamiento de señales 19 que se ilustra en forma de bloque en la figura 2. El circuito rodeado por las líneas de puntos 29 es un circuito calculador analógico que realiza las funciones del circuito calculador 29 ilustrado en forma de bloque en la figura 2. En la figura 3, otros componentes parecidos han recibido la misma designación numérica que en la figura 2.

El circuito de acondicionamiento de señal que se ilustra en la figura 3 incluye unos medios para proporcionar una tensión de polarización del detector que se representa aquí bajo la forma de una batería 40, aunque puede utilizarse generalmente una fuente de suministro de energía convencional que puede funcionar sin estar conectada a tierra. El amplificador diferencial 41 constituye la primera etapa de amplificación de un circuito de acondicionamiento de señal de corriente alterna. El amplificador de corriente 42 constituye la primera etapa amplificadora del circuito de acondicionamiento de señal de corriente continua. La entrada del amplificador diferencial 41 está conectada entre el electrodo conectado a tierra y el electrodo no conectado a tierra del detector 1. La fuente de tensión de polarización, o fuente de suministro de energía 40, está conectada entre el electrodo no conectado a tierra del detector 1 y la entrada del amplificador de corriente 42. Una resistencia de carga 33 de valor adecuado está conectada entre la fuente de suministro de energía 40 y el electrodo no conectado a tierra del detector 1. Unos condensadores 44 y 45 de valor adecuado se utilizan como filtro en la entrada del amplificador diferencial 41

para aislar la tensión de CC del circuito de acondicionamiento de señal de CA. Un condensador 46 de valor adecuado sirve para derivar la señal de corriente alterna alrededor de la fuente de suministro de energía 40 y del circuito de acondicionamiento de señal de corriente continua. Un amplificador adecuado para ser utilizado como un amplificador diferencial 41, es un amplificador fabricado por Fairchild, número de modelo UA749C. Un amplificador adecuado para ser utilizado como amplificador de corriente 42 está fabricado por Analogue Devices, Inc. número de modelo 506L.

El circuito de acondicionamiento de señal de corriente alterna incluye además un filtro pasabanda 50, un amplificador de tensión 51, un circuito de elevación al cuadrado 52, y un circuito tipo RC que incluye las resistencias 53, 54 y un condensador 55. El filtro pasabanda 50 está conectado en serie entre la salida del amplificador diferencial 41 y la entrada del amplificador de tensión 51. El filtro pasabanda 50 se elige de modo que deje pasar las señales incluidas en una gama predeterminada de frecuencias. La gama de frecuencias transmitida es cuestión de elección, ya que es bien conocido que la señal de corriente alterna es más fiable en ciertas gamas de frecuencias. La salida del filtro pasabanda 50 se aplica al amplificador de tensión 51 que es del mismo tipo que el amplificador diferencial 41 salvo que está conectado como amplificador de tensión. La salida del amplificador de tensión 51 se aplica a un circuito de elevación al cuadrado 52. La salida del circuito de elevación al cuadrado 52 está conectada con el circuito tipo RC que sirve para filtrar la señal. Se utiliza el circuito RC porque los circuitos empleados para medir el flujo de neutrones son ruidosos y propensos a fluctua-

ciones. La constante de tiempo del circuito RC se elige de acuerdo con la manera de emplear el monitor. Si el monitor se emplea principalmente para determinar la no-linealidad del detector y si la precisión de la lectura es particularmente importante, se eligirá un circuito tipo RC con constante de tiempo importante. Cuando se emplea el circuito para calcular la potencia del reactor y cuando es conveniente obtener una indicación rápida del flujo de neutrones, es conveniente utilizar un circuito tipo RC con constante de tiempo más reducido. Un filtro pasabanda adecuado para ser utilizado en 50 está fabricado por T. T. Electronics, Inc., número de modelo K8777-B. Un circuito de elevación al cuadrado adecuado para ser utilizado en 52 está fabricado por Analogue Devices, Inc., circuito multiplicador número de modelo 429B.

El circuito de acondicionamiento de señal de corriente continua está constituido por un amplificador de corriente 42 y por un circuito RC que incluye las resistencias 60, 61 y un condensador 62. El amplificador 42 está conectado con la fuente de suministro de energía 40 y con tierra bajo la forma de un amplificador de corriente. La salida del amplificador de corriente 42 está conectada al circuito tipo RC del circuito de acondicionamiento de señal de corriente continua. La constante de tiempo del circuito tipo RC del circuito de acondicionamiento de señal de corriente continua se elige de acuerdo con las mismas consideraciones mencionadas más arriba. Sin embargo, una vez que se ha elegido una constante de tiempo, se da a ambos circuitos tipo RC el mismo valor de constante de tiempo, ya que es necesario obtener señales de corriente alterna y de corriente continua represen

tativas del flujo de neutrones en el detector en el mismo momento.

Los terminales 22 y 23 del circuito de acondicionamiento de señal 19 están conectados con los terminales 26 y 27 del circuito calculador 19. Las señales de CA y CC se suministran así simultáneamente a través de las resistencias 64 y 65 a los terminales X y Z, respectivamente, de un circuito divisor 66. Las resistencias 64 y 65 están previstas solamente para adaptar el nivel de las señales de CA y CC al nivel de entrada del circuito divisor 66. El circuito divisor 66 puede ser de cualquier tipo adecuado en el cual la salida del terminal Y es proporcional a la tensión en el terminal Z dividida por la tensión en el terminal X. Por tanto, la tensión presente en la línea 67, que está conectada con el terminal Y, es igual a $1/R$, siendo R la relación entre la señal de CA y la señal de CC producida por el detector 1. Un voltímetro de corriente continua, un registrador gráfico, o equipo parecido, que se representa en 34 conectado a la línea 67 a través del terminal 29, se utiliza para indicar esta señal de $1/R$. Un incremento progresivo de la lectura del medidor 34 hasta $(M + 1)/M$ de su valor original, indica que el detector ha alcanzado su final de vida, cuando la señal de corriente continua se utiliza como medición del flujo de neutrones. Un brusco cambio en la señal indicada por el medidor 34 indicará inmediatamente un cambio de densidad del gas en la cámara, producido generalmente por un escape en la junta. Conociendo las sensibilidades de corriente continua y de corriente alterna del detector a niveles de potencia más bajos, se emplea la señal indicada por el medidor 34 para calcular las sensibilidades de corriente alterna y corriente continua, y por tanto la no-linealidad

del detector, a niveles de potencia más elevados.

La señal de CC procedente del terminal 27 y la
señal $1/R$ procedente de la línea 67 se aplican a través de
las resistencias 70 y 71 a los terminales Y y X, respectiva-
5 mente, de un circuito multiplicador 72. Las resistencias 70
y 71 se utilizan solamente para adaptar las señales a los ni-
veles de entrada del circuitomultiplicador 72. El circuito
multiplicador 72 es de un tipo cualquiera en el cual la ten-
sión en el terminal Z es proporcional al producto de las ten-
10 siones en los terminales X e Y. Por tanto, la tensión en el
terminal Z es V_{DC}/R . Un voltímetro de corriente continua, un
registrador gráfico, u equipo parecido, que se representa en
35 indica V_{DC}/R . Esta señal es proporcional al flujo de neu-
trones en la cámara 13 del detector 1, independientemente de
15 la densidad del gas contenido en la cámara.

La señal $1/R$ procedente de la línea 67 se aplica
también al terminal X de un circuito de elevación al cuadra-
do 81 a través de la resistencia 82. La resistencia 82 sirve
para adaptar la señal $1/R$ al nivel de entrada del circuito de
20 elevación al cuadrado 81. El circuito de elevación al cuadra-
do 81 es de cualquier tipo adecuado en el cual la tensión en
el terminal Z es proporcional al cuadrado de la tensión en el
terminal X. Por tanto, la tensión que aparece en el terminal
Z es proporcional a $1/R^2$. Esta señal $1/R^2$ procedente del cir-
25 cuito de elevación al cuadrado 81, y la señal de corriente al-
terna procedente del terminal 26 se suministran a un circui-
to multiplicador 83. El terminal Z del circuito de elevación
al cuadrado 81 está conectado con el terminal X del circuito
multiplicador 83. La señal de corriente alterna procedente
30 del terminal 26 se suministra al terminal Y del circuito mul-

5 multiplicador 83 a través de la resistencia 84 elegida para adap-
tar la señal de corriente alterna al nivel de la entrada del
circuito multiplicador 83. El circuito multiplicador 83 es de
cualquier tipo adecuado en el cual la tensión en el terminal
Z es proporcional al producto de las tensiones en el terminal
X e Y. Por tanto, la salida en el terminal Z, que se indica
en un voltímetro de corriente continua, en un equipo registra-
dor gráfico, o equipo parecido, que se representa en 33, es
10 igual a V_{MSV}/R^2 . Esta señal V_{MSV}/R^2 representa el flujo de
neutrones en la cámara 13 del detector 1, independientemente
de la densidad del gas contenido en la cámara.

15 Un circuito divisor de tensión adecuado para ser
utilizado como divisor 66 es el modelo número 436B fabricado
por Analogue Devices, Inc. Un circuito adecuado para ser utili-
zado como circuito multiplicador 72, circuito de elevación al
cuadrado 82 y circuito multiplicador 83, es el modelo 435K fa-
bricado por Analogue Devices, Inc.

20 Haciendo ahora referencia a la figura 4 se ilustra
en ésta una variante de realización del invento que utiliza un
circuito de acondicionamiento de señal modificado y un circuito
calculador digital en lugar de un circuito calculador analógi-
co. Los componentes idénticos en las figuras 3 y 4 han recibi-
do la misma designación numérica. El circuito de acondiciona-
miento de señal está contenido en el contorno de las líneas
25 de puntos indicadas por 19'. El circuito calculador digiral
está contenido dentro del contorno de las líneas de puntos in-
dicadas en 29'. El circuito de acondicionamiento de señal de
la figura 4 difiere del de la figura 3 en que el amplificador
42 de la figura 3 ha sido sustituido por un amplificador no
30 conectado a tierra 90 que está conectado entre el electrodo no

conectado a tierra del detector 1 y la fuente de suministro de energía 40. En este caso, la fuente de suministro de energía 40 está conectada a tierra. Esta disposición es particularmente adecuada cuando el monitor ha de ser conectado entre una pluralidad de detectores. El circuito de acondicionamiento de señal de la figura 3 es preferible cuando se utilice un monitor solamente con un detector. Los circuitos de acondicionamiento de señal ilustrados en las figuras 3 y 4 son intercambiables y pueden emplearse alternativamente con los circuitos calculadores analógicos o digitales que se ilustran en la figura 3 y en la figura 4.

El circuito calculador digital 29' ilustrado en la figura 4 está constituido por los convertidores analógico/digital 95 y 96 y por un calculador digital programable 97. El convertidor analógico/digital 95 recibe la señal de corriente alterna procedente del terminal 26. El convertidor analógico/digital 96 recibe la señal de corriente continua procedente del terminal 27. Los convertidores analógico/digital 95 y 96 transforman las señales de corriente alterna y de corriente continua, respectivamente, en una forma digital para su aplicación a la entrada del calculador digital 97. El calculador digital 97 puede ser de cualquier tipo adecuado en el cual los cálculos del método pueden efectuarse. Las señales V_{MSV}/R^2 , $1/R$ y V_{DC}/R se aplican a los terminales 28, 29 y 30, respectivamente. Los medidores digitales 33, 34 y 35 facilitan una indicación visual de V_{MSV}/R^2 , $1/R$ y V_{DC}/R , respectivamente. Si se desea conservar un registro permanente de uno de estos valores, se utilizará un registrador gráfico tal como el que se ilustra en 100, con un convertidor digital/analógico 101 para transformar la salida digital del calculador 97 de acuerdo con

las necesidades de entrada del registrador gráfico 100. Unos convertidores analógico/digital adecuados para ser utilizados en 95 y 96 son el modelo número ADC-12QZ fabricados por Analogue Devices, Inc. Un calculador digital programable adecuado para ser utilizado en 97 es el número SBC 80/10 fabricado por Intel, Inc. Digital Computer. Un convertidor digital/análogo adecuado para ser utilizado en 101 es el convertidor digital/análogo número de modelo DAC-12QM fabricado por Analogue Devices, Inc.

10 En cualquiera de los modos de realización ilustrados en las figuras 3 ó 4, si se produce un fallo en la junta, la relación entre la señal de corriente alterna y la señal de corriente continua cambiará bastante rápidamente y el medidor 34 indicará este cambio ya que su lectura es V_{DC}/V_{MSV} ó $1/R$.

15 Cuando se ha producido un fallo en la junta, la lectura en los medidores 24 y 25 es errónea debido al cambio de sensibilidad del detector. Sin embargo, la tensión indicada por los medidores 34 y 35 no cambiará, ya que sus valores son proporcionales a V_{MSV}/R^2 y V_{DC}/R , respectivamente, que son independientes de la densidad del gas en el detector. Se utiliza igualmente el medidor 34 para indicar el final de la vida del detector cuando se emplea la señal de corriente continua como medición del flujo de neutrones. El final de la vida del detector se indica cuando la lectura del medidor 34 es igual a $(M + 1)/M$.

25 de su valor original. Si las sensibilidades de corriente alterna y de corriente continua del detector son conocidas a un nivel de potencia inferior, las sensibilidades a niveles de potencia superiores y por tanto la no-linealidad del detector, pueden calcularse utilizando las ecuaciones (44) y (45) durante el periodo de tiempo r_1/r_n es relativamente constante. Nor

30

1 malmente se emplean los medidores 33 y 35 para obtener una me
dición del flujo de neutrones en la cámara 13 del detector 1,
independientemente de la densidad del gas en la cámara. La se
ñal de corriente alterna corregida que se aplica al medidor 33
5 se utiliza normalmente a bajos niveles de potencia del reactor,
y la señal de corriente continua corregida se emplea normalmen
te en la gama de potencia del reactor. Los medidores 24 y 25
se utilizan para su valor de información general.

10 Se observará que la relación entre la señal de co
rriente continua y la señal de corriente alterna podría haber
sido utilizada en los cálculos en lugar de la relación entre
la señal de corriente alterna y la señal de corriente conti
nua. La forma matemática del resultado hubiese sido diferente,
pero el principio hubiese sido el mismo.

15 En resumen, la presente Patente de Invención que
se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

REIVINDICACIONES

20 1.- Método y su correspondiente aparato para supervisar
un detector de neutrones de un tipo que incluye una cámara lle
na con un gas ionizable que produce una corriente alterna y una
corriente continua que son ambas representativas del flujo de
neutrones en la cámara y una corriente continua representativa
de la radiación gamma en la cámara, estando dicho método cons
tituido por las operaciones que consisten en:

25 formar una señal de corriente alterna, V_{MSV} , pro
porcional a la corriente alterna en dicha cámara,

formar una señal de corriente continua, V_{DC} , pro
porcional a la corriente continua en dicha cámara,

30 formar una relación R, entre dicha señal de co
rriente alterna y dicha señal de corriente continua, y

supervisar dicha relación, para detectar un cambio en la densidad del gas contenido en dicha cámara.

2. - Método según la reivindicación 1, caracteriza do además porque incluye las operaciones que consisten en:

5 formar una relación, R' , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua después de que se ha producido un cambio en la densidad del gas,

10 formar una señal, V'_{DC} , proporcional a la corriente continua producida en dicha cámara después de que ha ocurrido un cambio en la densidad del gas, y

restablecer el valor correcto de V'_{DC} con la siguiente relación:

$$V_{DC} = \frac{R}{R'} V'_{DC}$$

15 3. - Método según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado además porque incluye la operación que consiste en:

20 dividir la señal, V_{DC} por la relación, R , con el objeto de formar una señal, V_{DC}/R , que es representativa del flujo de neutrones en dicha cámara, independientemente de la densidad del gas en dicha cámara.

4. - Método según las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado además porque incluye las operaciones que consisten en:

25 formar una señal, V'_{MSV} , proporcional a la corriente alterna producida en dicha cámara después de que ha ocurrido un cambio en la densidad del gas, y

restablecer el valor correcto de V'_{MSV} con la siguiente relación:

$$30 V_{MSV} = \left(\frac{R}{R'}\right)^2 V'_{MSV}$$

5. - Método según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado además porque incluye las operaciones que consisten en:

5 elevar al cuadrado la relación R, y
 dividir la señal, V_{MSV} , por el valor de R^2 para
formar una señal, V_{MSV}/R^2 , que es representativa del flujo de
neutrones en dicha cámara, independientemente de la densidad
del gas en dicha cámara.

10 6. - Método según las reivindicaciones 1-5, caracterizado además porque incluye las operaciones que consisten en:

 formar una relación inicial, R_1 , entre dicha señal
de corriente alterna y dicha señal de corriente continua,
 formar una segunda relación, R_2 , entre dicha señal
15 de corriente alterna y dicha señal de corriente continua en un
momento ulterior, y

 detectar el final de vida de dicha cámara cuando
se utiliza dicha señal de corriente continua como medición del
flujo de neutrones,

20 detectándose el final de vida cuando se obtiene la
siguiente relación:

$$R_2 = R_1 \frac{M}{M+1}$$

 en la cual M es un múltiplo predeterminado que representa la
relación entre la corriente producida por los neutrones y la
25 corriente producida por la radiación gamma en el final de su
vida.

7. - Método según las reivindicaciones 1 - 5, caracterizado además porque incluye las operaciones que consisten en:

30 formar una relación, $R(i)$, entre dicha señal de co

1 corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia bajo,

determinar la sensibilidad de corriente continua, $S_{DC}(i)$, de dicha cámara a dicho nivel de potencia bajo,

5 formar una segunda relación, $R(j)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia más alto, y

determinar la sensibilidad de corriente continua, $S_{DC}(j)$, de dicha cámara al nivel de potencia más alto por medio de la siguiente relación:

$$S_{DC}(j) = \frac{R(j)}{R(i)} S_{DC}(i).$$

8.- Método según las reivindicaciones 1-5, caracteriza do además, porque incluye las operaciones que consisten en:

15 formar una relación, $R(i)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia bajo,

determinar la sensibilidad de corriente alterna $S_{AC}(i)$ de dicha cámara a dicho nivel de potencia bajo,

20 formar una segunda relación, $R(j)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia más alto, y

determinar la sensibilidad de corriente alterna, $S_{AC}(j)$ de dicha cámara al nivel de potencia más alto con la siguiente relación:

$$25 \quad S_{AC}(j) = \left(\frac{R(j)}{R(i)} \right)^2 S_{AC}(i).$$

9.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque para supervisar la salida del detector incluye las operaciones que consisten en:

30 formar una señal de corriente alterna, V_{MSV} , proporcional a la corriente alterna en dicha cámara,

1 formar una señal de corriente continua, V_{DC} , proporcional a la corriente continua en dicha cámara,

formar una relación R , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua,

5 formar una relación R , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua después de que ha ocurrido un cambio en la densidad del gas,

10 formar una señal, V'_{DC} , proporcional a la corriente continua en dicha cámara, después de que ha ocurrido un cambio en la densidad del gas, y restablecer el valor correcto de V'_{DC} con la siguiente relación:

$$V_{DC} = \frac{R}{R'} V'_{DC}$$

10.- Método según las reivindicaciones 1 y 9, caracterizado porque incluye las operaciones que consisten en:

15 formar una señal de corriente alterna, V_{MSV} , proporcional a la corriente alterna en dicha cámara,

formar una señal de corriente continua, V_{DC} , proporcional a la corriente continua en dicha cámara,

20 formar una relación R , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua,

formar una relación R' , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua después de que ha ocurrido un cambio en la densidad del gas,

25 formar una señal, V'_{MSV} , proporcional a la corriente alterna en dicha cámara, después de que se ha producido un cambio en la densidad del gas, y

restablecer el valor correcto de V'_{MSV} con la siguiente relación:

$$V_{MSV} = \left(\frac{R}{R'} \right)^2 V'_{MSV}$$

30 11.- Método según la reivindicación 1, caracterizado

1 porque, para predecir el final de la vida del detector, incluye las operaciones que consisten en:

formar una señal de corriente alterna proporcional a la corriente alterna en dicha cámara;

5 formar una señal de corriente continua proporcional a la corriente continua en dicha cámara,

formar una señal inicial R_1 , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua, y

10 formar una segunda relación R_2 , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua en un tiempo ulterior, y

detectar el final de vida de dicha cámara cuando se emplea dicha señal de corriente continua como medición del flujo de neutrones,

15 detectándose el final de vida cuando se produce la siguiente relación:

$$R_2 = R_1 \frac{M}{M+1}$$

20 en la cual M es un múltiplo predeterminado representativo de la relación de la corriente producida por los neutrones en dicha cámara al final de vida.

12.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque para determinar la sensibilidad de corriente continua, S_{DC} , y para corregir la no-linealidad a diferentes niveles de potencia, incluye las operaciones que consisten en:

25 formar una señal de corriente alterna proporcional a la corriente alterna en dicha cámara,

formar una señal de corriente continua proporcional a la corriente continua en dicha cámara,

30 formar una relación, $R(i)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de

1 potencia bajo,

determinar la sensibilidad de corriente continua,

$S_{DC}(i)$ de dicha cámara a dicho nivel de potencia bajo,

5 formar una relación, $R(j)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia más alto, y

determinar la sensibilidad de corriente continua,

$S_{DC}(j)$ de la cámara a un nivel de potencia más alto por medio de la siguiente relación:

10
$$S_{DC}(j) = \frac{R(j)}{R(i)} S_{DC}(i).$$

13.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque para determinar la sensibilidad de corriente alterna, S_{AC} , y para corregir la no-linealidad a diferentes niveles de potencia, incluye las operaciones que consisten en:

15 formar una señal de corriente alterna proporcional a la corriente alterna en dicha cámara,

formar una señal de corriente continua proporcional a la corriente continua en dicha cámara,

20 formar una relación, $R(i)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia bajo,

determinar la sensibilidad de corriente alterna $S_{AC}(i)$ de dicha cámara a dicho nivel de potencia bajo,

25 formar una relación, $R(j)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia más alto, y

determinar la sensibilidad de corriente alterna, $S_{AC}(j)$ de la cámara a un nivel de potencia más alto por medio de la siguiente relación:

$$S_{AC}(j) = \left(\frac{R(j)}{R(i)} \right)^2 S_{AC}(i).$$

1 14.- Método según la reivindicación 1, caracterizado además porque incluye las operaciones que consisten en:

formar una relación R' , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua después de que ha
5 ocurrido un cambio en la densidad del gas,

formar una señal V_{DC} , proporcional a la corriente continua producida en dicha cámara después de que ha ocurrido un cambio en la densidad del gas,

restablecer el valor correcto de V'_{DC} con la siguiente
10 relación:

$$V_{DC} = \frac{R}{R'} V'_{DC}$$

formar una señal V'_{MSV} , proporcional a la corriente alterna producida en dicha cámara después de que ha ocurrido un cambio en la densidad del gas,

15 restablecer el valor correcto de V'_{MSV} con la siguiente relación:

$$V_{MSV} = \left(\frac{R}{R'} \right)^2 V'_{MSV}$$

formar una relación inicial, R_1 , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua,

20 formar una segunda relación, R_2 , entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua en un tiempo ulterior,

25 detectar el final de vida de dicha cámara cuando se emplea dicha señal de corriente continua como medición del flujo de neutrones,

detectándose el final de vida cuando ocurre la siguiente relación:

$$R_2 = R_1 \frac{M}{M+1}$$

30 en la cual M es un múltiplo predeterminado que representa la relación entre la corriente producida por los neutro

1 nes y la corriente producida por la radiación gamma al final de vida,

formar una relación $R(i)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia bajo,

determinar la sensibilidad de corriente continua $S_{DC}(i)$ de dicha cámara a dicho nivel de potencia bajo,

formar una relación $R(j)$, entre dicha señal de corriente alterna y dicha señal de corriente continua a un nivel de potencia más alto,

determinar la sensibilidad de corriente continua, $S_{DC}(j)$ de dicha cámara al nivel de potencia más alto por medio de la siguiente relación:

$$S_{DC}(j) = \frac{R(j)}{R(i)} S_{DC}(i)$$

determinar la sensibilidad de corriente alterna $S_{AC}(i)$ de dicha cámara a dicho nivel de potencia bajo, y

determinar la sensibilidad de corriente alterna, $S_{AC}(j)$ de dicha cámara al nivel de potencia más alto por medio de la siguiente relación:

$$S_{AC}(j) = \left(\frac{R(j)}{R(i)} \right)^2 S_{AC}(i).$$

15.- Aparato supervisor de un detector de neutrones según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye:

un dispositivo conectado con dicho detector para separar dicha corriente alterna y dicha corriente continua, y para producir una señal V_{MSV} , proporcional a la corriente alterna en dicha cámara, y una señal V_{DC} , proporcional a la corriente continua en dicha cámara,

un dispositivo para recibir dicha señal V_{MSV} , y dicha señal, V_{DC} , y para dividir dichas señales para obtener una señal de salida, $1/R$, siendo R una relación entre dicha señal

1 V_{MSV} y dicha señal V_{DC} , y

un dispositivo que responde a dicha señal $1/R$, indicando los cambios rápidos en dicha señal $1/R$ un cambio en la densidad del gas de dicha cámara,

5 indicándose el final de vida de dicha cámara cuando se utiliza la señal de corriente continua como medición del flujo de neutrones, cuando dicha señal $1/R$ es igual a $(M+1)/M$ de su valor original,

10 siendo M un múltiplo predeterminado que representa una relación entre la corriente producida por los neutrones y la corriente producida por la radiación gamma al final de vida.

16.- Aparato supervisor de detector de neutrones según la reivindicación 15, caracterizado porque dicho dispositivo que recibe dicha señal V_{MSV} y dicha señal V_{DC} es:

15 un ordenador digital programable que está programado para dividir dichas señales y proporcionar una señal de salida, $1/R$, siendo R una relación entre dicha señal V_{MSV} y dicha señal V_{DC} .

20 17.- Aparato supervisor de detector de neutrones según la reivindicación 16, caracterizado porque dicho ordenador digital está programado para multiplicar dicha señal V_{DC} por dicha señal $1/R$ con el objeto de formar una señal V_{DC}/R representativa del flujo de neutrones en dicha cámara, independientemente de la densidad del gas en dicha cámara.

25 18.- Aparato supervisor de detector de neutrones según la reivindicación 17, caracterizado porque dicho ordenador digital está programado para formar una señal $1/R^2$ y para multiplicar dicha señal V_{MSV} por dicha señal $1/R^2$ con el objeto de formar una señal V_{MSV}/R^2 representativa del flujo de neutrones en dicha cámara, independientemente de la densidad del

30

1 gas en dicha cámara.

19.- Aparato supervisor de detector de neutrones según la reivindicación 15, caracterizado porque dicho dispositivo que recibe dicha señal V_{MSV} y dicha señal V_{DC} es:

5 un circuito divisor que tiene unas primera y segunda líneas de entrada y una línea de salida, un dispositivo conectado con dicha primera línea de entrada para aplicar dicha señal V_{DC} a dicho circuito divisor, un dispositivo conectado con dicha segunda línea de entrada para aplicar dicha señal V_{MSV} a dicho circuito divisor, proporcionando dicho circuito divisor en dicha línea de salida una señal $1/R$, siendo R la relación entre dicha señal V_{MSV} y dicha señal V_{DC} .

20.- Aparato supervisor de detector de neutrones según la reivindicación 19, caracterizado además porque incluye:

15 un primer circuito multiplicador que tiene unas primera y segunda líneas de entrada y una línea de salida, un dispositivo conectado con dicha primera línea de entrada para aplicar dicha señal V_{DC} a dicho circuito multiplicador, un dispositivo conectado con dicha segunda línea de entrada para aplicar dicha señal $1/R$ a dicho circuito multiplicador, proporcionando dicho primer circuito multiplicador en dicha línea de salida, una señal V_{DC}/R representativa del flujo de neutrones en dicha cámara, independientemente de la densidad del gas en dicha cámara.

25 21.- Aparato supervisor de detector de neutrones según la reivindicación 20, caracterizado además porque incluye:

30 un circuito de elevación al cuadrado que tiene una línea de entrada y una línea de salida, un dispositivo conectado con dicha línea de entrada para aplicar dicha señal $1/R$ a dicho circuito de elevación al cuadrado, proporcionando dicho

1 circuito de elevación al cuadrado en dicha línea de salida
una señal $1/R^2$, y

un segundo circuito multiplicador que tiene unas prime
ra y segunda líneas de entrada y una línea de salida,

5 un dispositivo conectado con dicha primera línea de en
trada para aplicar dicha señal V_{MSV} a dicho segundo circuito
multiplicador, un dispositivo conectado con dicha segunda lí-
nea de entrada para suministrar dicha señal $1/R^2$ a dicho se-
gundo circuito multiplicador, proporcionando dicho segundo
10 circuito multiplicador en dicha línea de salida una señal
 V_{MSV}/R^2 representativa del flujo de neutrones en dicha cámara
independientemente de la densidad del gas en dicha cámara.

22.- Se reivindica por último como objeto sobre el que
ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: "METODO
15 Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA SUPERVISAR UN DETECTOR DE
NEUTRONES".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la pre-
sente memoria descriptiva que consta de cuarenta y dos páginas
mecanografiadas y dibujos adjuntos.

20

Madrid, 26 de Enero de 1978

BERNARDO UNGRIA

P. U.

25

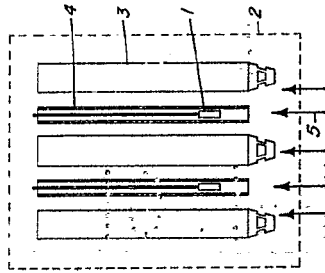


Fig. 1

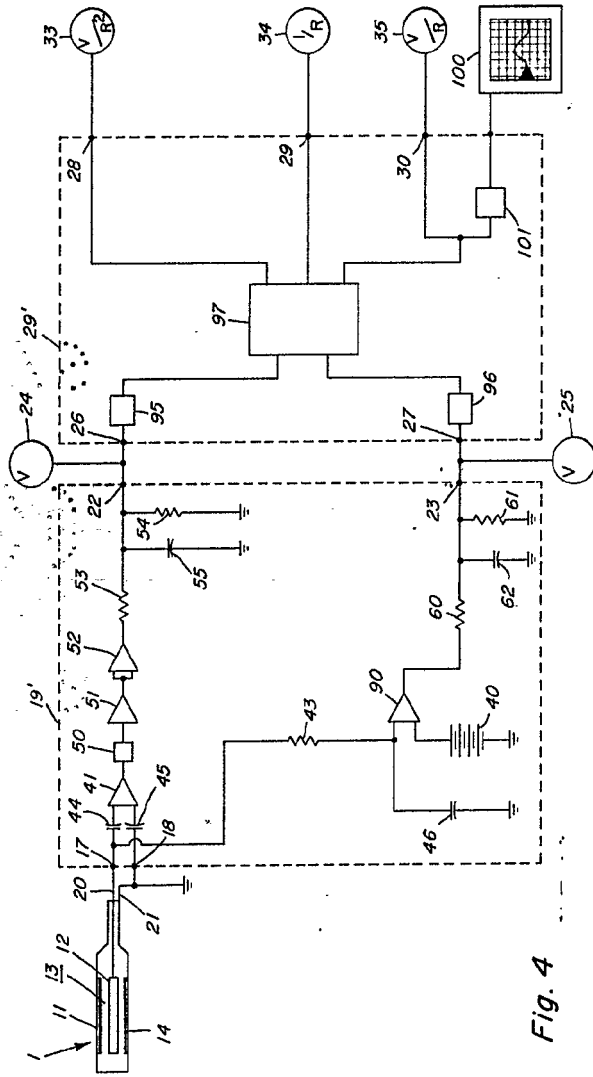


Fig. 4

ESCALA VARIABLE
 Madrid 25 de Enero 1.978
 BERNARDO HUNGRIA

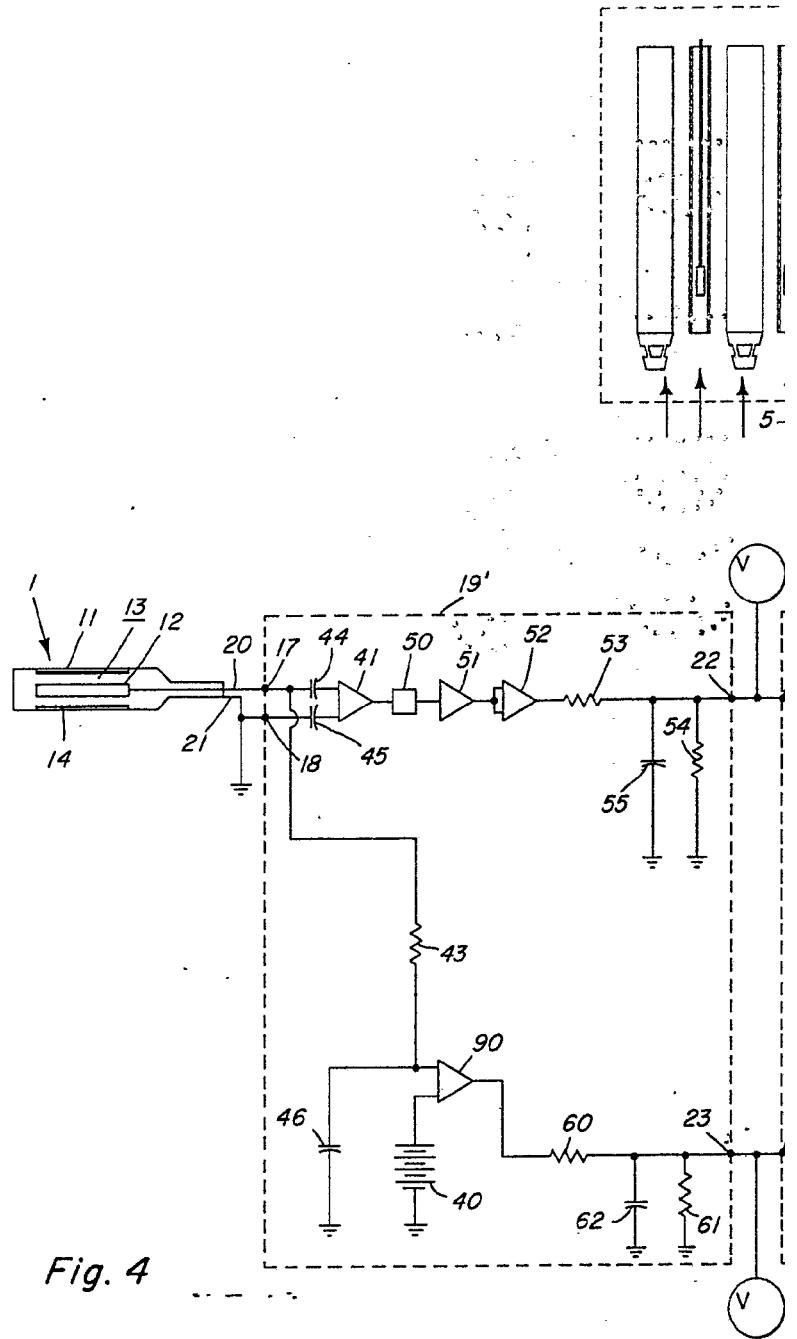


Fig. 4

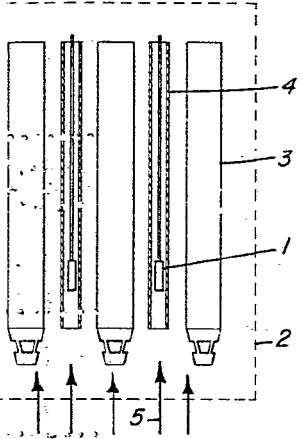
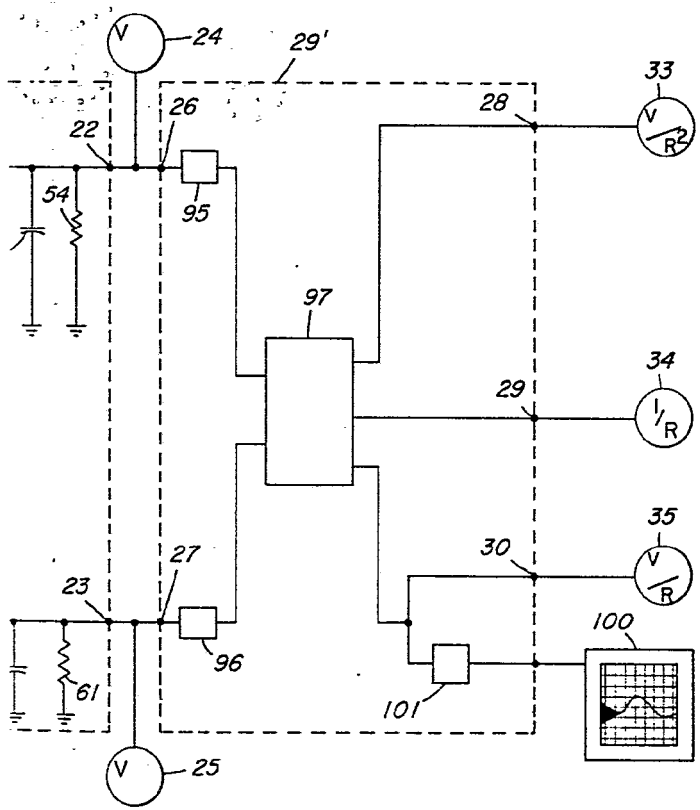


Fig. 1



ESCALA VARIABLE
Madrid 26 de Enero 1.978
BERNARDO ENGRÍA

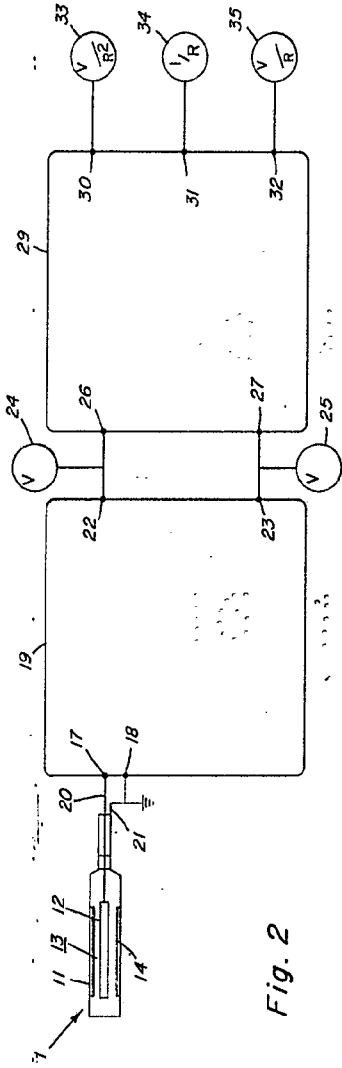


Fig. 2

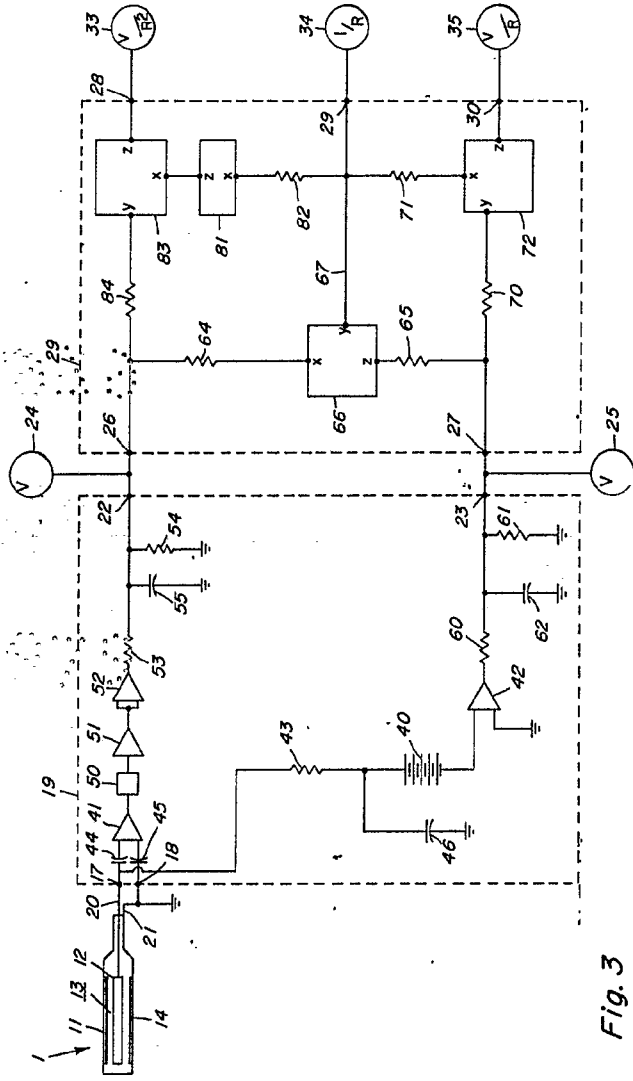


Fig. 3

ESCALA VARIABLE
 Madrid 16 de Enero 1.978
 BERNARDO UNZUETA

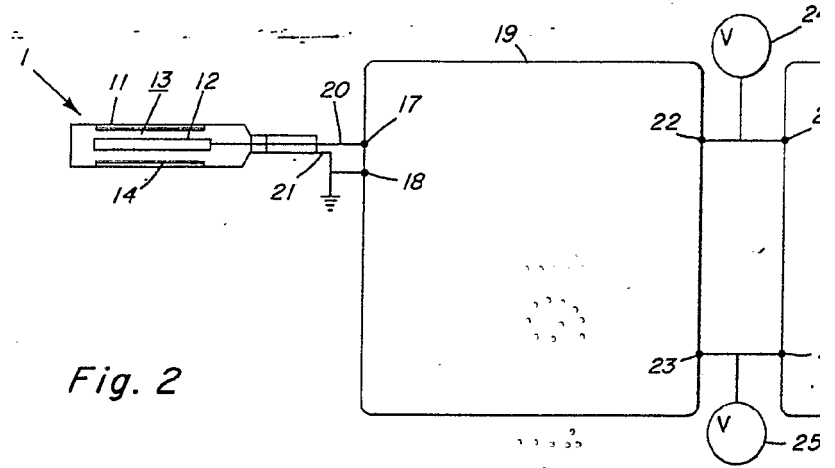


Fig. 2

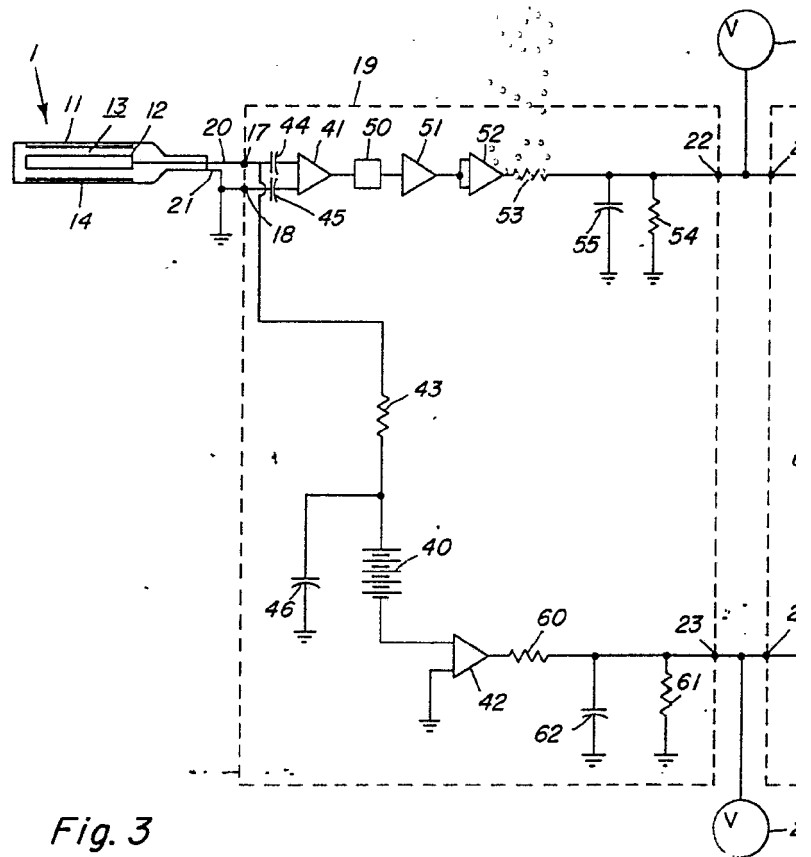
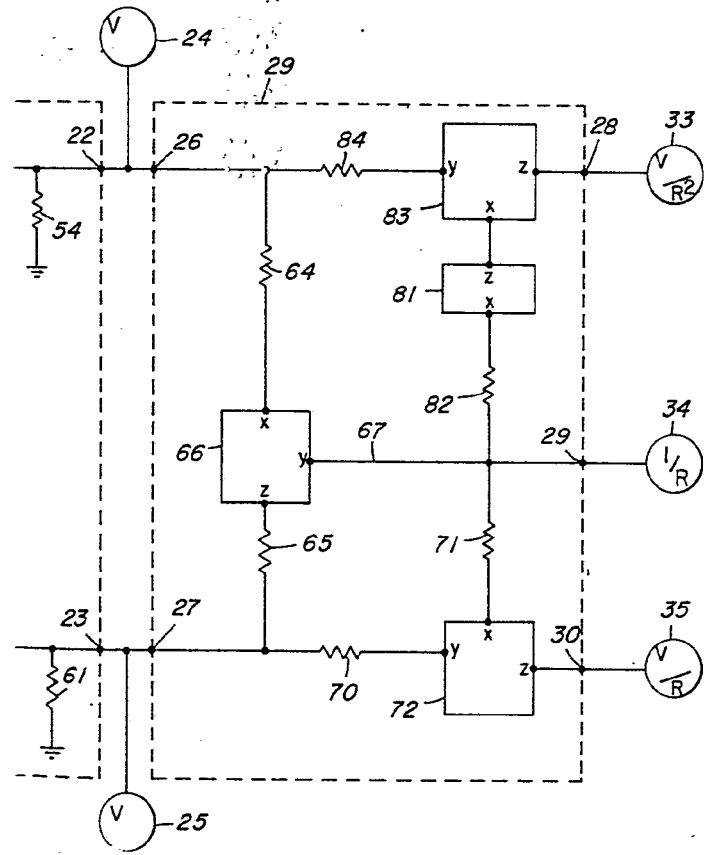
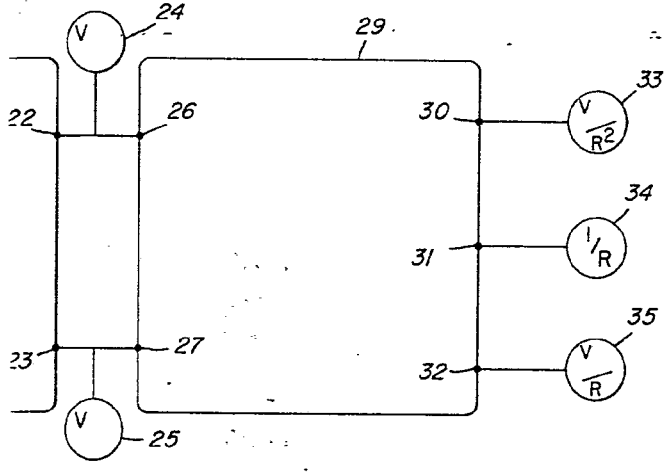


Fig. 3



ESCALA VARIABLE
Madrid 26 de Enero 1.978
BERNARDO UÑSILA
S.p.

